

泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目

# 可行性研究报告

(报批稿)

中国核电工程有限公司

工程咨询资格证书：工咨甲 9111000010000273

二〇一九年八月

# 工程咨询单位甲级资信证书

资信类别： 专业资信

单位名称： 中国核电工程有限公司  
住 所： 北京市海淀区西三环北路117号  
统一社会信用代码： 911100001000027329  
法定代表人： 卢洪早 技术负责人： 张超琦  
证书编号： 9111000010000273 有效期至： 2021年09月29日  
29-18ZYJ18  
业 务： 电力（含火电、水电、核电、新能源）， 核工业



发证单位：



中华人民共和国国家发展和改革委员会监制

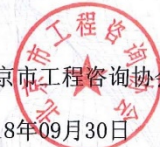
# 工程咨询单位乙级资信证书

资信类别： 专业资信

**单位名称：** 中国核电工程有限公司  
**住 所：** 北京市海淀区西三环北路117号  
**统一社会信用代码：** 911100001000027329  
**法定代表人：** 卢洪早      **技术负责人：** 张超琦  
**证书编号：** 9111000010000273 29-18ZYY18      **有效期至：** 2021年09月29日  
**业 务：** 建筑， 市政公用工程



**发证单位：** 北京市工程咨询协会  
2018年09月30日



北京市发展和改革委员会监制

## 前 言

2018年11月24日，我司受北泰州市城市管理局委托，承担《泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目可行性研究报告》编制任务。

2019年5月14日，泰州市城管局在局404会议室组织召开了《泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目可行性研究报告》（以下简称《报告》）技术审查会。参加本次审查会议的有泰州市发改委、政法委、生态环境局、行政审批局、自然资源和规划局、应急管理局，中国核电工程有限公司等单位。会议邀请7位专家组成专家评审组。会议听取了建设单位，泰州市城管局关于项目情况的介绍和编制单位中国核电工程有限公司对《报告》内容的汇报，与会代表及专家组认真审阅了《报告》文本，经深入经讨论、质询，形成如下意见（审查会专家意见附后），专家一致认为：泰州市社会经济发展迅速，生活垃圾产生量不断增加，建设泰州市垃圾焚烧发电厂二期项目有利于实现生活垃圾的无害化、减量化和资源化，促进泰州市经济社会可持续发展。项目的建设是完全必要和迫切的；选择在泰州市资源循环利用基地（生态保障园）建设本项目，符合城市总体规划和环卫专项规划；《报告》编制依据充分、内容完整，符合国家有关可研报告的要求，一致同意《报告》通过技术审查，建议进一步完善后上报。与会领导和专家本着对本项目高标准要求，按照科学严谨的态度，对《报告》提出了宝贵意见和建议。

会后，深圳设计院按照评审专家的意见进行修改完善，并补充相关支持性文件，完成了《泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目可行性研究报告》（报批稿）。在“报告”修编过程中，得到泰州市城管局等单位大力支持和协助，使我们在较短时间内完成“《报告》的报批稿，在此谨向上述有关领导和专家表示诚挚的谢意！

中国核电工程有限公司

2019年8月12日

# 泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目

# 可行性研究报告

(报批稿)

审定：魏嵘

审核：程明川

校对：甘喜生 王磊刚

编写： 工艺、环保 郑家红

电气 张霖

自控 钟民强

给排水 杨美发

暖通 李慧

总图、建筑 王池光

结构 叶仕林

经济 陈李霞

## 目 录

<b>第 1 章 概 述</b> .....	1
1.1 项目基本情况.....	1
1.2 项目背景和建设必要性.....	1
1.3 承担可行性研究报告编制单位情况.....	5
1.4 编制依据.....	7
1.5 编制原则.....	8
1.6 编制范围.....	9
1.7 研究结论.....	10
1.8 主要技术经济指标.....	13
<b>第 2 章 泰州市生活垃圾概况</b> .....	14
2.1 工程区域概述.....	14
2.2 生活垃圾产生情况.....	16
2.3 垃圾处理现状.....	20
2.4 工程规模的确定.....	21
<b>第 3 章 垃圾处理工艺选择</b> .....	22
3.1 常用垃圾处理工艺比较.....	22
3.2 国内外垃圾处理技术概况.....	28
3.3 垃圾处理工艺的确定.....	31
<b>第 4 章 厂址建设条件</b> .....	33
4.1 选址的基本要求.....	33
4.2 厂址位置.....	33
4.3 建厂条件.....	35
<b>第 5 章 焚烧工艺方案论证</b> .....	38
5.1 焚烧工艺技术方案的選擇.....	38
5.2 炉型选择.....	41
5.3 焚烧生产线的配置.....	56
5.4 余热锅炉选择.....	57
5.5 汽轮发电机组的配置.....	60
5.6 烟气净化工艺.....	61
5.7 固体废物灰渣处理.....	72
5.8 垃圾焚烧发电工艺流程框图.....	73

<b>第 6 章 工程设想</b> .....	<b>74</b>
6.1 厂区总平面布置.....	74
6.2 建筑设计.....	79
6.3 结构设计.....	83
6.4 垃圾接收、储存和运输系统.....	86
6.5 垃圾焚烧系统.....	94
6.6 烟气净化系统.....	113
6.7 余热利用系统.....	121
6.8 电气系统.....	126
6.9 自动控制系统.....	132
6.10 给排水系统.....	143
6.11 暖通及压空.....	152
6.12 供油系统.....	155
6.13 污水处理.....	155
6.14 固体废物灰渣处理.....	165
<b>第 7 章 飞灰（炉渣应急）填埋场设计</b> .....	<b>174</b>
7.1 项目概况.....	174
7.2 编制依据.....	174
7.3 设计原则.....	175
7.4 技术方案.....	175
7.5 填埋设备的选择.....	176
7.6 飞灰（炉渣应急）填埋场设计.....	176
<b>第 8 章 环境保护与监测</b> .....	<b>196</b>
8.1 污染物治理目标.....	196
8.2 污染物的组成及排放情况.....	199
8.3 污染物治理方案.....	201
8.4 环境管理与监测.....	204
8.5 环保投资.....	206
8.6 本项目环境影响.....	206
<b>第 9 章 劳动安全与工业卫生</b> .....	<b>208</b>
9.1 设计中所执行的法规和标准.....	208
9.2 生产过程危害因素分析.....	209
9.3 设计采取的主要防范措施.....	210

9.4 自然灾害及防范措施.....	214
9.5 劳动卫生措施.....	215
9.6 可能出现的事故预防及应急救援措施.....	216
9.7 预期效果.....	219
9.8 劳动安全和工业卫生投资概算.....	219
<b>第10章 消防.....</b>	<b>220</b>
10.1 设计依据.....	220
10.2 消防系统.....	220
10.3 建构筑物消防.....	223
10.5 防火监控及通信.....	225
10.6 通风和空调系统的防火.....	225
<b>第11章 节约能源.....</b>	<b>227</b>
11.1 概述.....	227
11.2 能源消耗种类、数量及能源使用分布情况.....	229
11.3 能耗分析.....	229
11.4 耗能指标.....	230
11.5 主要节能措施.....	231
11.6 效果分析.....	234
<b>第12章 组织机构及项目实施计划.....</b>	<b>235</b>
12.1 组织机构.....	235
12.2 工作制度及劳动定员.....	235
12.3 职工来源及培训计划.....	235
12.4 项目进度计划.....	236
<b>第13章 项目风险分析.....</b>	<b>238</b>
13.1 项目社会稳定风险的内涵.....	238
13.2 项目风险的表现形式及影响.....	238
13.3 风险防范措施.....	239
13.4 风险处理工作纲要.....	242
<b>第14章 投资估算.....</b>	<b>244</b>
14.1 工程规模及投资内容.....	244
14.2 编制依据.....	244
14.3 建设投资估算.....	244
14.4 资金筹措方案.....	248



<b>第 15 章 经济分析</b> .....	<b>249</b>
15.1 概述.....	249
15.2 财务评价基础数据.....	250
15.3 经济分析（定性分析）.....	255
15.4 综合评价与建议.....	256
<b>第 16 章 PPP 实施方案</b> .....	<b>257</b>
16.1 PPP 模式的基本规定.....	257
16.2 PPP 模式实施的必要性.....	258
16.3 PPP 模式实施的可行性.....	260
16.4 PPP 模式的优点.....	263
16.5 PPP 模式实施过程中应注意问题.....	264
<b>第 17 章 项目招投标</b> .....	<b>265</b>
17.1 建设项目招标范围及招标组织形式.....	265
17.2 投标、开标、评标和中标程序.....	265
17.3 评标委员会的人员组成和资质要求.....	266
17.4 招标意见.....	267
<b>第 18 章 结论与建议</b> .....	<b>268</b>
18.1 结论.....	268
18.2 建议.....	270

## 附表:

附表 1: 总投资估算汇总表

附表 2: 项目总投资使用计划与资金筹措表

附表 3: 流动资金表

附表 4: 折旧与摊销估算表

附表 5: 借款还本付息计划表

附表 6: 总成本费用估算表

附表 6-1: 外购原材料费用估算表

附表 6-2: 外购燃料和动力费估算表

附表 6-3: 其他制造费用估算表

附表 6-4: 工资及福利费用估算表

附表 7：项目投资现金流量表

附表 8：项目资本金现金流量表

附表 9：利润与利润分配表

附表 10：财务计划现金流量表

附表 11：资产负债表

附表 12：营业收入、营业税金及附加和增值税估算表

附表 13：主要技术经济指标表

### 附图：

1.	总图-1	垃圾焚烧厂总平面布置图
2.	总图-2	交通流线分析图
3.	总图-3	功能分区图
4.	总图-4	竖向布置图
5.	总图-5	飞灰（垃圾）填埋场总平面布置图
6.	总图-6	飞灰（垃圾）填埋场结构做法详图
7.	建筑-1	二期主厂房±0.000 米层平面图
8.	建筑-2	二期主厂房 8.000 米层平面图
9.	建筑-3	二期主厂房 15.000 米/19.000 米层平面图
10.	建筑-4	二期主厂房 29.000 米层平面图
11.	建筑-5	二期主厂房剖面图
12.	工艺-1	燃烧图
13.	工艺-2	质量平衡图
14.	工艺-3	热量平衡图
15.	工艺-4	垃圾焚烧系统工艺流程图
16.	工艺-5	锅炉汽水系统工艺流程图
17.	工艺-6	烟气净化系统工艺流程图
18.	工艺-7	SNCR+SCR 联合脱硝系统工艺流程图

19.	工艺-8	焚烧及烟气净化零米层设备平面布置图
20.	工艺-9	焚烧及烟气净化运转层设备平面布置图
21.	工艺-10	焚烧及烟气净化 15.00/19.00 米层设备平面布置图
22.	工艺-11	焚烧及烟气净化 29.22 米层设备平面布置图
23.	工艺-12	焚烧及烟气净化间设备剖面布置图
24.	工艺-13	飞灰固化系统工艺流程图
25.	工艺-14	油库工艺流程图
26.	工艺-15	汽机热力系统图
27.	工艺-16	汽机间 0 米层设备平面布置图
28.	工艺-17	汽机间 4.000 米层设备平面布置图
29.	工艺-18	汽机间运转层设备平面布置图
30.	工艺-19	汽机间设备剖面布置图
31.	暖通-1	压空系统工艺流程图
32.	暖通-2	除臭工艺流程图
33.	水工-1	二期夏季全厂水平衡图
34.	水工-2	循环水工艺流程图
35.	水工-3	除盐水工艺流程图
36.	水工-4	渗滤液处理工艺流程图
37.	水工-5	全厂消防系统图
38.	电气-1	电气主接线图及保护配置图
39.	自控-1	DCS 控制系统网络配制图

## 附件:

1. 泰州市发展和改革委员会文件《泰州市发展和改革委员会关于批准泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目建议书的函》，泰发改函 [2018]115 号，2018 年 9 月 21 日。

2. 泰州市城市建设管理委员会会议纪要，第一期，2019年2月2日
3. 泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目环境影响评价公众参与说明 泰州市城市管理局，2019年6月
4. 泰州市行政审批局文件《关于批准泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目环境影响报告书的批复》，泰行审批 [2019]20161号，2019年9月23日。
5. 稳评调查问卷、公示、意见和结论
6. 《泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目可行性研究报告专家审查意见》，2019年5月14日。

# 第 1 章 概述

## 1.1 项目基本情况

项目名称：泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目

投资单位：泰州市城市管理局

项目地址：泰州市资源循环利用基地（生态保障园）内，（原红旗良种场三工区）、泰州市生活垃圾焚烧发电项目一期西侧。

建设规模：垃圾焚烧发电厂：一期工程规模（1×850 吨/日+1×18MW），年处理能力约 31.025 万吨；垃圾池一次建成；二期建设规模按照泰州产生垃圾量而确定机炉配置。

飞灰（炉渣应急）填埋场：库容量为 40 万 m<sup>3</sup>，其中 32 万立方米用于本项目垃圾焚烧发电厂整合处理后的飞灰填埋，服务期约 27 年，剩余 8 万立方米用于本项目炉渣的应急填埋。此外，包含东侧部分园中路及西侧部分防护林建设。

项目性质与特许期：本项目为 PPP 特许经营管理项目，自项目签订特许经营补充变更协议之日起。

项目建设期：24 个月，自开工日起至具备运行条件止。

编制单位：中国核电工程有限公司

## 1.2 项目背景和建设必要性

### 1.2.1 项目背景

泰州地处江苏中部，位于北纬 32°01′ 57"~33°10′ 59"、东经 119°38′ 21"~120°32′ 20"。南部濒临长江，北部与盐城毗邻，东临南通，西接扬州，是长三角中心城市之一。全市总面积 5787 平方公里，其中陆地面积占 77.85%，水域面积占 22.15%。市区面积 1567 平方千米，截至 2018 年末户籍总人口 503.38 万人，现辖靖江、泰兴、兴化三个县级市，海陵、高港、姜堰三区和泰州医药高新区。2018 年实现地区生产总值 5107.63 亿元，增长 6.7%，完成一般公共预算收入 366.64 亿元。

泰州有 2100 多年的建城史，秦称海阳，汉称海陵，州建南唐，文昌北宋。南唐时（公元 937 年）为州治，称为“泰州”，兼融吴楚越之韵，汇聚江淮海之风。千百年来，风调雨顺，安定祥和，被誉为祥瑞福地、祥泰之州。这里人文荟萃、名贤辈出，施耐庵、郑板桥、梅兰芳是其中杰出代表。名胜古迹众多，光孝寺、崇儒祠、城隍庙、安定书院、日涉园、望海楼及梅兰芳纪念馆、人民海军诞生地纪念馆等传承历史，文脉灵动；溱湖湿地、千岛菜花、水上森林、天德湖公园、古银杏森林等生态自然，风光绮丽。

泰州是承南启北的水陆要津，为苏中门户，自古有“水陆要津，咽喉据郡”之称。700 多年前，马可·波罗游历泰州，称赞“这城不很大，但各种尘世的幸福极多”。是上海都市圈、南京都市圈、苏锡常都市圈重要节点城市。新长、宁启铁路，京沪、宁通、盐靖、启扬高速公路纵横全境。泰州火车站多条黄金始发线路通往全国上百个主要城市。扬泰机场通航，江阴长江大桥、泰州长江大桥“双桥飞渡”贯通大江南北。国家一类开放口岸泰州港跨入亿吨大港行列，六大沿江港区连接远海大洋。优越的区位和公铁水空一体化格局，凸显泰州长三角北翼交通枢纽的重要地位。

泰州所辖县级市全部建成国家级生态示范区、全国百强县，同时泰州也是全国文明城市、国家历史文化名城，国家环保模范城市、国家园林城市、中国优秀旅游城市、全国科技进步先进市、第一批国家农业可持续发展试验示范区。

随着泰州市城市经济迅速发展与城建环保资金投入的逐渐加大，城市垃圾的收集、转运与处理工作已经取得的很大的进步，尤其是在过去十年的发展，2013 年泰州市建成了处理规模为 1000t/d（2×500t/d）泰州垃圾焚烧发电项目，解决了罡杨生活垃圾填埋场面临封场带来的垃圾无处填埋问题。

但是，“十三五”期间，泰州市城镇化水平的提高和城市人口增长，泰州市城镇生活垃圾清运量保持迅速增长的趋势。据统计，生活垃圾产生量也以较快的速度逐年增多，垃圾处理压力日益增大。如不新建设垃圾处理设施，势必造成大量垃圾得不到处理，随意堆放的恶果，不仅占用及污染大量宝贵的土地资源，而且产生的污水、臭气会严重污染周围环境，产生不良的社会影响。因此，建设一

座规范的生活垃圾处理厂已迫在眉睫。从无害化、减量化、资源化来看，建设生活垃圾焚烧发电厂无疑是最好的选择，为了满足泰州城区日益增长的生活垃圾无害化、减量化、资源化处理需求，泰州市生活垃圾焚烧发电厂二期扩建项目建设提到议事日程，我司受泰州市城管局的委托，进行本项目可行性研究报告编制。

### 1.2.2 项目建设的必要性

城市环境卫生是城市现代化程序的重要标志之一，是城市基础设施建设的重要组成部分和改善投资环境的必要条件；城市垃圾问题伴随着城市化进程日趋尖锐，已成为一个人民关心、旅游观光者留心、新闻媒体关注、对政府部门压力较大的一个社会问题。

近年来，随着泰州市的社会和经济的不断发展，人们对所居住的环境也提出更高的要求，同时，近几年来人们对环境保护的意识越来越强烈。泰州市建设一个规范化的垃圾焚烧发电厂已势在必行。

#### (1) 本项目建设可有效改善泰州垃圾处理现状

为完善减轻生活垃圾污染，保护环境、改善居民生活质量、促进市域经济可持续发展，泰州于 2011 年 1 月着手兴建泰州市生活垃圾发电项目，于 2013 底投入使用该项目投运，解决了罡杨生活垃圾填埋场面临封场带来的垃圾无处填埋问题。

泰州垃圾焚烧发电项目一期处理规模为 1000t/d (2×500t/d)，根据近年来垃圾产量及未来人口增长预测，到 2020 年左右，项目服务区范围内生活垃圾产量近 1800t/d，预测远期增加到 2350 t/d。

生活垃圾焚烧发电是作为当今处理生活垃圾的一种通行方式，符合我国国家产业政策，符合绿色发展要求，既能节约土地资源，又能实现资源可再生利用，也是国内外普遍采用的现代化的生活垃圾处理方式，对改善和提升人居环境具有重大意义。多年的实践证明，生活垃圾焚烧发电项目是当前处理生活垃圾的最有效的方式之一。所以，泰州垃圾焚烧发电二期扩建项目建设，可有效改善泰州垃圾无害化、减量化、资源化处理现状，最终实现生活垃圾全量焚烧，原生垃圾零填埋。

## **(2) 本项目建设是国家“十三五”规划纲要的有效践行**

根据国家颁布的十三五规划纲要，“十三五”阶段要“坚持绿色发展，着力改善生态环境”。任务中明确要求要“坚持绿色富国、绿色惠民，为人民提供更多优质生态产品，推动形成绿色发展方式和生活方式，协同推进人民富裕、国家富强、中国美丽。推动低碳循环发展。推进能源革命，加快能源技术创新，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系。提高非化石能源比重，推动煤炭等化石能源清洁高效利用。加快发展风能、太阳能、生物质能、水能、地热能，安全高效发展核电。加强储能和智能电网建设，发展分布式能源，推行节能低碳电力调度。有序开放开采权，积极开发天然气、煤层气、页岩气。改革能源体制，形成有效竞争的市场机制。”根据十三五生态环境保护规划

而生活垃圾焚烧发电就是绿色生物质能。因此，本项目的实施，也是国家“十三五”规划纲要的有效践行，是对纲要的积极贯彻。

## **(3) 本项目建设是落实《中华人民共和国循环经济促进法》的体现**

根据《循环经济促进法》第四十一条要求，县级以上人民政府应当统筹规划建设城乡生活垃圾分类收集和资源化利用设施，建立和完善分类收集和资源化利用体系，提高生活垃圾资源化率。

城市生活垃圾处理是城市管理和环境保护的重要内容，是社会文明程度的重要标志，关系人民群众的切身利益。近年来，由于城镇化快速发展，城市生活垃圾激增，垃圾处理能力相对不足，严重影响城市环境和社会稳定。必须充分认识加强城市生活垃圾处理的重要性和紧迫性，按照全民动员、科学引导，综合利用、变废为宝，统筹规划、合理布局，政府主导、社会参与的原则，综合运用法律、行政、经济和技术等手段，加强全过程控制和管理，突出重点工作环节，不断提高城市生活垃圾处理水平，创造良好的人居环境。通过努力，到 2020 年，全国城市生活垃圾无害化处理率达到 80% 以上。

所以，本项目的建设，正是落实相关法律及政策要求的具体体现。

## **(4) 本项目建设符合我国的产业政策、技术政策**

垃圾焚烧发电技术是城市垃圾无害化、减量化和资源化的最有效的技术手段



之一，在国家经贸委会同国务院有关部门共同研究制定的《国家产业技术政策》中，已将生物质能发电技术列为“十二五”时期国家重点发展的产业技术。

泰州地区为经济较发达的地区，其垃圾热值较高，而土地资源紧缺，所以，本项目是因地制宜，并且选择的是成熟、可靠的垃圾处理技术。

本项目符合《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》中提出的选择垃圾处理技术的基本原则和指导性意见。

### **(5) 本项目是促进泰州市经济快速发展的迫切需要**

城市生活垃圾处理是城市管理和环境保护的重要内容，是社会文明程度的重要标志，关系人民群众的切身利益。近年来，由于城镇化快速发展，城市生活垃圾激增，垃圾处理能力相对不足，严重影响城市环境和社会稳定。必须充分认识加强城市生活垃圾处理的重要性和紧迫性，按照全民动员、科学引导，综合利用、变废为宝，统筹规划、合理布局，政府主导、社会参与的原则，综合运用法律、行政、经济和技术等手段，加强全过程控制和管理，突出重点工作环节，不断提高。

本项目的建成，保护了自然资源，保持了资源的可持续供给能力，逐步使资源、环境与经济、社会的发展相协调。

焚烧后产生的热能发电为社会提供大量清洁电能。焚烧后产生的残渣密实、无菌又可为社会提供筑路、制砖等用料。废铁等金属材料经磁选回收后又可为社会提供金属用料。因此本项目的建成保护了生态环境，为社会节约了资源，创造了财富。创建健康舒适的人居环境，提高城市综合竞争力，促进城市的可持续发展有一定作用。

综上，为彻底解决泰州市的城市垃圾问题，尽快启动泰州市城市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目，是一项十分紧迫的任务，意义重大。

## **1.3 承担可行性研究报告编制单位情况**

承担单位：中国核电工程有限公司

法人代表或负责人：卢洪早

中国核电工程有限公司（原核工业第二研究设计院），成立于 1958 年 1 月 8 日，是中国核工业系统中最大的综合性甲级工程研究设计院，也是国家批准的进行工程建设及总承包的研究设计单位和甲级资质工程监理单位，通过了 ISO9001 质量体系认证和国家保密认证，隶属于中国核工业集团公司。公司在国家工商总局注册，注册资金 2.5 亿元人民币。

深圳设计院（原深圳分院）成立于 1984 年，是公司下属分支机构，主要承接大型民用建筑工程和环保工程。1985 年设计了全国第一座垃圾焚烧发电厂，至今，累计进行了 50 多座垃圾焚烧发电工程项目的工程设计，参与近百个项目的咨询工作。

从国内第一个垃圾焚烧项目的设计开始，我院有幸见证了我国垃圾焚烧发电蓬勃发展的历程，业绩遍布祖国大江南北。其中，海口垃圾焚烧发电厂荣获 2012 年国家优质工程银质奖，南海垃圾发电厂二期第一批评语为 AAA 级垃圾焚烧发电厂；广州市第一资源热电厂二分厂项目荣获 2014 年中国人居环境范例奖，该厂是全国 54 个获奖项目中唯一一个关于城市固体废物环境教育的项目；在 2017，广州市第一资源热电厂二分厂、南海垃圾发电厂一厂改扩建项目、武汉星火垃圾焚烧发电项目、泰州垃圾焚烧发电项目、分别授予“AAA 级生活垃圾焚烧厂”称号。至今，我院获得国家 AAA 等级评定项目已有五座。

根据以上业务发展方向和垃圾处理行业的需求，本院将秉承“保护环境，造福人类”的使命，与社会各界携手努力，为泰州市良好的生态、投资环境和国民经济持续发展竭诚奉献力量！

#### 设计资质

- ◆ 工程设计综合资质甲级甲级
- ◆ 工程勘察证书甲级
- ◆ 工程咨询单位资格证书甲级
- ◆ 环境专项专业证书(水、固、气)甲级
- ◆ 质量管理体系认证证书
- ◆ 特种设备压力容器许可证书

## 1.4 编制依据

### 1.4.1 主管部门的批文、批件

(1) 泰州市发展和改革委员会文件《泰州市发展和改革委员会关于批准泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目建议书的函》，泰发改函 [2018]115 号，2018 年 9 月 21 日。

(2) 泰州市行政审批局文件《关于批准泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目环境影响报告书的批复》，泰行审批 [2019]20161 号，2019 年 9 月 23 日。

### 1.4.2 基础资料

(1) 本项目用地红线图；

(2) 委托方提供的基础资料；

(3) 《泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目建议书》，中国核电工程有限公司，2018 年 9 月。

### 1.4.3 合同

2018 年 11 月 24 日，泰州市城市管理局与中国核电工程有限公司深圳设计院签订的《泰州市生活垃圾焚烧发电二期项目技术咨询合同》，合同编号：

CNPMYN18JF1N0074/00-sz

### 1.4.4 主要法规标准

- ◆ 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；
- ◆ 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2013 年修订版）；
- ◆ 《中华人民共和国大气污染防治法》（2016 年 1 月）；
- ◆ 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日第二次修正）；
- ◆ 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2008 年）；
- ◆ 《中华人民共和国可再生能源法》，2006 年 1 月 1 日；
- ◆ 《国家发改委会第 9 号令》（产业结构调整指导目录 2011 年）
- ◆ 《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》环境保护部 国家发展和改革委员会 国家能源局 环发[2008]82 号；
- ◆ 《工程建设标准强制性条文》(房屋建筑部分)，2013 年版；

- ◆ 《工程建设标准强制性条文》(电力工程部分) 2011 年版；
- ◆ 《生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》建标 142-2010；
- ◆ 《生活垃圾焚烧污染控制标准》 GB18485-2014；
- ◆ 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ90-2009）；
- ◆ 《生活垃圾焚烧技术导则》（RISN-TG009-2010）；
- ◆ 《生活垃圾焚烧厂安全性技术评价导则》（RISN-TG010-2010）；
- ◆ 《生活垃圾焚烧厂评价标准》（CJJ/T137-2010）；
- ◆ 《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）；
- ◆ 《生活垃圾焚烧炉和余热锅炉》（GB/T18750-2008）；
- ◆ 《小型火力发电厂设计规范》（GB50049-2011）；
- ◆ 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）；
- ◆ 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- ◆ 《污水再生利用工程设计规范》 GB50335-2002；
- ◆ 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》 GB/T 18920-2002；
- ◆ 《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）；
- ◆ 《工业企业厂界噪音标准》(GB12348-2008)；
- ◆ 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- ◆ 《欧盟烟气排放标准》（欧盟 2010/75/EU）。

## 1.5 编制原则

本可行性研究报告按照高起点规划、高强度投入、高标准建设、高效能管理的要求，做到技术先进、环保达标、安全卫生、运行可靠、经济适用的原则，确定建设方案，结合本项目的具体情况，本报告编制重点遵循以下原则：

（1）按照“无害化、减量化、资源化”的原则，在实现清洁生产的前提下对城市生活垃圾及产生污水、固废（炉渣和飞灰）进行有效处理。污染物排放指标采用较高标准，并留有空间满足未来发展的需求；

（2）本项目建设规模：一期工程规模（1×850 吨/日+1×18MW），年处理

能力约 31,025 万吨；垃圾池一次建成，留有二期建设场地。为保障主体工程质量，焚烧炉拟进口先进焚烧技术在国内生产的机械炉排，其他主辅机采用国内先进工艺技术、设备，尽可能提高装备的自动化水平，在保证技术先进的前提下尽量做到节省一次性投资；

(3) 飞灰（炉渣应急）填埋场设计根据场址地形特征，选择经济合理、具有先进性、管理费用低的填埋技术,尽可能地增大填埋效率（单位土地面积的填埋容量），以充分利用有限的土地资源。并考虑炉渣的应急填埋库容，作为泰州市炉渣垃圾应急处理的设施。

(4) 加强园区绿化及景观设计，美化环境并降低噪音；在厂房外观设计上需与整个园区整体规划相协调。

(5) 增加环境友好设施的投入，园区内设有环保展览厅，生活垃圾焚烧厂主厂房内设有流畅参观通道，公众可通过预约到厂区进行参观和查询使之成为“垃圾处理、科普教育、绿色旅游、生态休闲”四位一体的亲民示范项目。

(6) 充分利用循环经济产业园优势，加强技术开发和孵化功能、达到社会效益、经济效益、生态效益相统一。

## 1.6 编制范围

在调查研究本项目服务区范围，并兼顾泰州地区生活垃圾应急处置的垃圾产生源、数量、特性以及收集转运系统基础上，并根据泰州市国民经济发展、和人口规划，预测城市垃圾增幅。确定本项目垃圾处理规模。

按照《生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》、《生活垃圾焚烧污染控制标准》、《生活垃圾填埋场污染控制标准》等标准、规范的选址原则。

根据泰州地区实际情况，对垃圾处理方式进行比选和推荐。

本报告主要研究下列内容：

- 1) 厂址选择及建设规模。
- 2) 焚烧厂工艺技术选择，包括：
  - (1) 焚烧工艺技术及流程；

- (2) 机炉配置方案；
- (3) 焚烧炉型比选，推荐本项目最适宜的炉型；
- (4) 烟气净化技术工艺选择。确保所选的工艺技术及设备先进、可靠，烟气排放指标达到国际先进水平。

3) 拟定工程设计方案。

4) 根据拟定工程方案，对环境保护、劳动安全卫生、节能措施进行评价。

5) 分析论证本项目的社会效益、环境效益、经济效益并进行投资估算等。

## 1.7 研究结论

### 1.7.1 厂址

本项目厂址位于泰州市资源循环利用基地（生态保障园）内，（原红旗良种场三工区）、泰州市生活垃圾焚烧发电项目一期西侧。焚烧厂区 104.04 亩，飞灰（炉渣应急）填埋场 75.12 亩。

### 1.7.2 建设规模

垃圾焚烧发电厂：一期工程规模（ $1 \times 850$  吨/日+ $1 \times 18\text{MW}$ ），年处理能力约 31.025 万吨，垃圾池一次建成。二期建设规模按照泰州产生垃圾量而确定机炉配置。

飞灰（应急）填埋场：库容量为 40 万  $\text{m}^3$ ，其中 32 万立方米用于本项目垃圾焚烧发电厂螯合处理后的飞灰填埋，服务期约 27 年，剩余 8 万立方米用于本项目炉渣的应急填埋。此外，包含东侧部分园中路及西侧部分防护林建设。

垃圾焚烧发电二期扩建项目一期工程建成后，生产线每年开工 333 天，三班制运行，每班 8 小时，设备每年有效工作 8000 小时，年处理垃圾 31.025 万吨，年均发电 11442 万度。

### 1.7.3 建设期限

项目计划工期为 24 个月，其中工程准备 8 个月，施工、安装、调试与试运 16 个月。

### 1.7.4 劳动定员

垃圾焚烧及发电工艺都是常年连续运行，人员编制按三班工作制，四班人员组成；其他辅助岗位，例如灰渣运输、地衡管理等岗位人员，可以实行两班制；厂部领导及其他辅助人员，可以实行常日班制。依据上述情况，一期焚烧厂定员为45人，飞灰（应急）填埋场12人，项目总定员57人。

### 1.7.5 原材料、燃料和动力供应

#### (1) 投产后需用的主要原材料

表 1.7-1 需用的主要原材料表（一期）

序号	名称	规格	用量	供应来源
1	生活垃圾		31.025 万 t/a	当地提供
2	燃油	轻柴油	198t/a	当地采购
3	生石灰	CaO $\geq$ 80%，S $\leq$ 0.45%。	3683 t/a	招标
4	消石灰	纯度 90%粉粒度 $\leq$ 200 目	567t/a	招标
5	活性炭	比表面积 $\geq$ 900m <sup>2</sup> /g， 碘吸附值 $\geq$ 900mg/g	142t/a	招标
6	氨水	20%-25%	1417t/a	当地采购
7	磷酸三钠		6t/a	当地采购
8	螯合剂		566t/a	招标采购
9	水泥		1133 t/a	当地采购
10	过滤布袋	PTFE+PTFE 覆膜	714 条/a	招标采购

#### (2) 水、电、及动力消耗

表 1.7-2 水、电消耗表（一期）

序号	名称	用途及规格	用量	供应来源
1	河水	生产水	约 6.33 $\times$ 10 <sup>5</sup> m <sup>3</sup> /a	
2	自来水	生活水	约 3.99 $\times$ 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /a	本厂

3	电	10000V/690V/380V	1.831×10 <sup>7</sup> kW.h/a	本厂
4	除盐水	锅炉给水 5μS/cm SiO <sub>2</sub> <20μg/L	约 2.8×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /a	本厂

### 1.7.6 工程技术方案

#### (1) 焚烧工艺方案

根据建设部、国家环保总局、科技部关于发布《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》的通知，“垃圾焚烧目前宜采用以炉排炉为基础的成熟技术，审慎采用其它型式的焚烧炉，禁止使用不能达到控制标准的焚烧炉”。同时，考虑到泰州市区垃圾增长的速度，推荐采用单台处理能力为 850t/d、进口先进焚烧技术在国内生产的机械炉排炉。

#### 2) 余热利用工艺方案

垃圾焚烧产生的高温烟气，通过余热锅炉产生蒸汽进行发电，配置 1 台 18MW 中温中压的凝汽式汽轮发电机组。

#### 3) 烟气净化工艺方案

本项目采用“SNCR 脱硝+半干法+干法+活性炭吸附+布袋除尘+SCR 脱硝”组合工艺，本项目焚烧炉排放的烟气执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）相关标准，HF 执行欧盟 2000 标准限值（EU2000/76/EEC）。

#### 4) 污水处理方案

卫生间的生活污水经化粪池，食堂的污水经隔油池初步处理后，排入厂区内排水管，后进入低浓度污水处理系统进行处理。垃圾渗滤液、高浓度冲洗水等进入厂区渗滤液处理系统处理进行处理。各类污水经处理后出水达到《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）中的敞开式循环冷却水系统补充水标准后回用至冷却塔。

#### 5) 灰渣处理方案

产生的炉渣外送炉渣综合利用厂，做免烧砖；产生的飞灰用螯合剂+水泥稳定化处理，符合《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008），运送到配套的飞灰填埋场填埋。

#### 6) 飞灰（应急）填埋技术方案



袋装飞灰采用“吊装，分层码垛作业”，炉渣采用“分层摊铺、往返碾压、分单元作业”的填埋处理工艺。

## 1.8 主要技术经济指标

本项目项目的主要技术经济指标见表 1.8-1:

表 1.8-1 主要技术经济指标 (一期)

序号	项目	单位	指标
1	垃圾处理量	t/a	31.025 万
2	余热锅炉蒸发量   设计点(MCR)	t/h	80
3	装机容量	MW	18×1
4	年运行时间	h	8000
5	总发电量	kW.h/a	1.144×10 <sup>8</sup>
	总上网电量	kW.h/a	9.611×10 <sup>7</sup>
7	厂用电率	%	16
8	厂区红线占地面积	m <sup>2</sup>	69364 (104.04 亩)
	飞灰(应急)填埋场红线占地面积		50085 (75.12 亩)
9	厂区总建筑面积	m <sup>2</sup>	32548
	飞灰场区总建筑面积		420
10	厂区建、构筑物用地面积	m <sup>2</sup>	24996
	飞灰场区建、构筑物用地面积		35845
13	焚烧厂定员	人	45
	填埋场定员		12
14	工程总投资(包括飞灰(应急)填埋场)	万元	70399
15	造价(包括飞灰(应急)填埋场)	万元/吨垃圾	82.82
16	自有资金	万元	21117
17	银行贷款	万元	49282

## 第 2 章 泰州市生活垃圾概况

### 2.1 工程区域概述

#### 2.1.1 行政区域和自然条件

##### 1、地理位置

泰州，江苏省地级市，位于江苏省中部。南部濒临长江，北部与盐城毗邻，东临南通，西接扬州，是长三角中心城市之一，是苏中入江达海 5 条航道的交汇处，是沿海与长江“T”型产业带的结合部。全市总面积 5787 平方公里，其中陆地面积占 77.85%，水域面积占 22.15%。市区面积 1567 平方千米。

##### 2、地形地貌

泰州全市除靖江有一独立山丘外，其余均为江淮两大水系冲积平原。地势呈中间高、南北低走向，南边沿江地区真高一般为 2 米~5 米，中部高沙地区真高一般为 5 米~7 米，北边里下河地区真高为 1.5 米~5 米。

##### 3、水文

泰州境内河网密布，纵横交织。北部地区，地势低洼，水网呈向心状，由四周向低处集中，这里的湖泊分布较多。江淮分水岭由西向东从中部穿过该市，境内河流大致以通扬公路为界，路北属淮河水系，路南属长江水系。人们习惯上把属于长江水系的老通扬运河和与之相连接的河流称为“上河”，而把属于淮河水系的新通扬运河和与之相连的河流称为“下河”。高水位时，上河水位高于下河水位 1.2 米左右，平均水位差为 0.9 米。

##### 4、气候

泰州市在北亚热带湿润气候区，受季风环流的影响，具有明显的季风性特征。这里四季分明，夏季高温多雨，冬季温和少雨，具有无霜期长，热量充裕，降水丰沛，雨热同期等特点。

泰州市的气温最高在 7 月，最低在 1 月，冬夏季南北的温差不大，年平均气温在 14.4℃~15.1℃之间;年平均降水量 1037.7 毫米，降雨日为 113 天，但受季风的影响，降水变率较大，且南北地域之间亦存在着差异。泰州市地区的温度带属亚热带、干湿

区属湿润区。

## 5、交通

泰州为苏中门户，自古就有“水陆要津，咽喉据郡”之称。优越的区位优势，凸显泰州承南启北交通枢纽重要地位。新长、宁启铁路，京沪、盐靖、启扬高速公路纵横全境。泰州长江大桥是江苏省规划的镇江通往江北的三大高速通道中最东端的一条通道，该通道结束了扬中岛没有高速公路的历史。

泰州港是长江中上游西部地区物资中转运输的重要口岸；是江海河联运、铁公水中转、内外贸运输的节点；是上海组合港中的配套港，是国际集装箱运输的支线港和喂给港；具有装卸、仓储、物流服务等综合化功能的港口。国家一类开放口岸——泰州港跨入全国亿吨大港行列。扬州泰州机场 2012 年 5 月 8 日正式通航。所以泰州市水、陆、空交通非常便捷。

## 5、泰州自然资源

泰州是闻名遐迩的传统鱼米之乡，是国家重点粮、棉、蔬菜和水产品生产基地。泰州是中国历史文化名城，文物古迹众多，泰州又是具有光荣革命斗争传统的城市。不仅有丰富旅游资源富，而且爱国主义和革命传统教育的基地。

## 5、市行政区划及简介

截至 2018 年 5 月，泰州市下辖海陵区、高港区、姜堰区等 3 区，代管县级兴化市、靖江市、泰兴市等 3 市，另辖医药高新区和农业开发区等 2 个功能区，有 71 个镇、5 个乡、20 个街道办事处，1425 个村民委员会，461 个居民委员会。

## 2.1.2 社会经济及人口状况

### 1、社会经济

泰州是快速崛起的新兴工贸城市，是江苏长江经济带重要组成部分，是上海都市圈的中心城市之一。近几年，经济保持平稳较快增长，呈现调速不减势、量增质更优的良好态势。

2018 年实现地区生产总值 5107.63 亿元，增长 6.7%，完成一般公共预算收入 366.64 亿元。，泰州现代化经济体系建设进入新时代。

### 2、人口状况

2018 年末户籍总人口 503.38 万人，其中市区 163.95 万人。当年出生人口 4.22 万人，人口出生率 8.4‰；死亡人口 4.25 万人，人口死亡率 8.46‰；人口自然增长率-0.06‰。

全市少数民族 52 个、人口 1.4 万多人，其中土家族、苗族、壮族、回族人口较多。少数民族人口占全市总人口 0.29%。

根据《泰州市城市总体规划（2011—2020 年）》，规划 2020 年中心城区城市人口规模 120 万人（中心城区范围：北到启扬高速公路和市区界线，南到长江，西到引江河，东到泰镇高速公路。即海陵区、高港区、医药高新区，不包含姜堰区）。姜堰区人口达 40 万人。本项目服务区域为泰州市市区范围即海陵区、姜堰区、医药高新区、高港区的生活垃圾。则 2020 年泰州市城区（包括海陵区、高港区、医药高新区，姜堰区）的人口规模将达到 160 万人。

## 2.2 生活垃圾产生情况

### 2.2.1 垃圾产生量及清运量

生活垃圾指人类在生活活动过程中产生的垃圾，是生活废物的重要组成部分。本报告中的生活垃圾包括泰州市区范围内的居民和企事业单位产生的垃圾。

根据《泰州市区城乡生活垃圾分类和治理专项规划（2017-2020）》，泰州市区 2012-2016 年生活垃圾清运量统计情况如下表所示。从表中可以看出，城区垃圾的清运量比例明显高于乡镇，这主要是由于城区生活垃圾的收运体系相对完善一些。

表 2.2-1 泰州市区生活垃圾清运量统计表

单位：万吨/年

区域		2012	2013	2014	2015	2016
海陵区	城区	13.89	14.31	14.66	15.25	15.56
	乡镇	1.69	1.74	1.83	1.90	2.00
医药高新区	城区	1.22	1.28	1.41	1.54	1.66
	乡镇	0.74	0.76	0.80	0.85	0.89
高港区	城区	2.74	2.99	3.01	3.61	4.09
	乡镇	1.08	1.21	1.34	1.49	1.59
姜堰区	城区	5.65	5.82	6.00	6.15	6.24
	乡镇	1.61	1.68	1.78	1.89	1.92

合计		29.62	29.79	30.83	32.68	33.95
----	--	-------	-------	-------	-------	-------

“十三五”期间，随着泰州市城镇化水平的提高和城市人口增长大，泰州市城镇生活垃圾清运量保持迅速增长的趋势，特别是收运体系的不断完善，城乡垃圾收运率将进一步提高，总的垃圾收运量将有较大幅度的增长。

## 2.2.2 垃圾收运与转运

### 1、垃圾收运

(1) 住宅区、商业区及大型企事业单位、集贸市场和主次干道两侧设置垃圾房或放置垃圾桶，垃圾由居民自行投入桶内。小型收集车定时收集，收集满后运至压缩转运站进行压缩装箱，最后由大型转运车运至处置场。

#### (2) 镇区

以镇区、街道办事处为中心建立收集、中转运输系统，做到“村组收集、镇转运、市集中处理”。

### 2、垃圾转运

(1) 主城区新居住区生活垃圾收集以居民收集点收集+中型压缩中转站为主要方式，通过拉臂车中转至处理处置设施。

(2) 主城区老城区生活垃圾收集以居民收集点收集+小型压缩中转站为主要方式，通过压缩车中转至处理处置设施。

(3) 商业、工业企业和其它企事业单位等处的生活垃圾收集方式可根据具体情况，设置垃圾容器间或直接通过集装箱垃圾车收集，通过中型压缩中转站，用 15t 以上的车辆中转至处理处置设施。

(4) 高港区居住区以垃圾上门收集或自投，从垃圾收集点通过后装式（侧装式）垃圾压缩车运输至大型垃圾压缩中转站，用 15t 以上的车辆中转至处理处置设施。

(5) 村镇等处的生活垃圾收集方式可根据具体情况，设置垃圾容器间或直接通过集装箱垃圾车收集，通过压缩中转站，用 15t 以上的车辆中转至处理处置设施。

(6) 主城区设置小型压缩中转站 19 座，中型压缩中转站 1 座，高港区设置中型

压缩中转站 3 座；规划远期主城区设置小型压缩中转站 21 座，中型压缩中转站 2 座，高港区设置小型压缩中转站 2 座，大型压缩中转站 1 座。

### 2.2.3 垃圾产生量预测

从国内外城市生活垃圾人均产量的统计资料可以看出，人均垃圾产量保持着一定的增长趋势，且随着经济发展水平、自然条件、生活习惯等诸多因素的变化而变化。

经济水平的高速发展，导致居民消费水平和结构的改变，造成人均垃圾产量的提高。但是，人均垃圾产量不可能无限制增加。当城市的发展由粗放型经济向高效高科技集约型经济发展时，随着各种可持续发展措施的实施，垃圾量将会在源头得到控制以实现减量化。

随着城乡环卫一体化体系的进一步完善和泰州市新型城镇化的进一步推进，项目服务区生活垃圾清运量从 2010 年开始都以平均 6 个百分点以上的速度递增。可以预测，泰州市在 2020 年以前，生活垃圾的产生量还将维持在一个较高的增长水平上，2020 年以后生活垃圾产生量的速度将逐渐放缓。

根据《城市环境卫生设施规划规范 GB50337-2003》，城市生活垃圾产生量采取下列公式进行计算：

$$Q=R \times C \times A_1 \times A_2 \times 365$$

Q—垃圾年产量

R—收集范围内居住人口数量

C—预测的人均垃圾日排出量 (kg/人·d)，本报告城区人口取 1.0，乡村人口取 0.4。

A<sub>1</sub>—生活垃圾日排出重量不均匀系数 A<sub>1</sub>=1.1~1.5，本次取 1.1。

A<sub>2</sub>—居住人口变动系数 A<sub>2</sub>=1.02~1.05，本次取 1.02。

根据规划确定的人口，根据《泰州市城市总体规划（2011—2020 年）》，2020 年项目服务区域内人口规模 160 万人，预测泰州市市区 2020 年生活垃圾总量约 1800 吨/日。根据泰州市城乡环境卫生整洁行动实施方案（2015—2020 年），到 2020 年底，城市生活垃圾无害化处理率达 98%以上，镇村生活垃圾集中收运率达 90%；并“加强城乡垃圾处理设施建设改造，加强城市环境卫生基础设施建设，改造老旧基础设施，开

展城乡存量垃圾治理工作”，预测远期生活垃圾达到 2350 吨/日。

### 2.2.4 垃圾热值及组成

城市生活垃圾的热值以及成分特性，对于垃圾焚烧项目的燃烧工艺的选择具有重要的意义。城市生活垃圾中不同物质的种类很多，同时，每天的垃圾成分都在变化，所以给分析统计带来很大的困难；但从总体上看，生活垃圾的组成还是有规律可循的。居民区的垃圾主要以塑料袋和菜叶、果皮、厨余为主，学校、机关行政单位、旅游点主要以塑料、纸张等为主，街道清扫垃圾主要以树叶、泥土等为主，而一些乡镇的垃圾特性带有明显的地区产业特征。

表 2.3-1 生活垃圾成份表（单位：%）

序号	项目	检测结果
1	纸类	5.50
2	橡塑类	13.97
3	纺织类	1.89
4	木竹类	0.02
5	金属类	0.40
6	玻璃类	0.95
7	灰土类	26.16
8	餐厨类	48.93
9	砖瓦陶瓷类	2.15
10	其他混合	0.03
11	可燃物	24.12

表 2.3-2 生活垃圾收到基元素分析

项目	符号	单位	检测结果
碳	Cad	%	50.24
氢	Had	%	5.94
氧	Oad	%	42.21

氮	Nad	%	1.23
硫	Sad	%	0.12
灰份	Aad	%	36.39
水份	Mad	%	39.49
低位发热量	Qnet, ar	kJ/kg	5300

从上表可以看出，类比项目的垃圾以易烧废纸、塑料、织物为主，混合后的热值 5300kJ/kg，可以满足《城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》的入炉垃圾焚烧热值大于 5000 kJ/kg 要求。结合泰州市经济发展、技术水平、区域自然条件和社会环境，本项目具备垃圾发电资源开发的条件。

## 2.3 垃圾处理现状

泰州市生活垃圾处置已形成“填埋和焚烧相结合”的处置模式。泰州市区的生活垃圾处理设施情况如下：

(1) 罡杨生活垃圾卫生填埋场：位于泰州城市西北方向罡杨镇罡门村东 700 米处的空旷地段。设计处理规模为 600 吨/日，填埋场规划分为 3 个阶段建设，阶段 1 库容 43 万 m<sup>3</sup>，阶段 2 库容 90 万 m<sup>3</sup>，阶段 3 库容 96 万 m<sup>3</sup>。目前填埋场只建设了阶段 1 库区。阶段 1 填埋库区东西向长约 300.0m，南北向长约 150.0m，服务年限约为 5 年，填埋场于 2005 年投产运营，2010 年填埋场饱和，2013 年正式封场。

(2) 前堡生活垃圾填埋场：位于姜堰区东北方向的前堡村，该处理场自 1999 年 6 月正式投入运行，日堆放填埋生活垃圾量 100-150t，总占地面积 55.5 亩，填埋区占地面积 32.12 亩。2009 年以来，鉴于库区已满，同时结合姜堰区“五城同创”工作的要求，姜堰区财政投入 600 多万全面启动封场工程，目前封场工程和绿化已全部竣工。自 2009 年 6 月 1 日以来，姜堰区城区生活垃圾全部运送至江苏盐城大吉焚烧发电有限公司焚烧处理，2012 年 10 月起送至海安县垃圾焚烧发电厂焚烧处理，2013 年起送至泰州市生活垃圾焚烧发电厂焚烧处理，全面实现了生活垃圾无害化处理目标。

(3) 泰州市（绿色动力）垃圾焚烧发电厂：项目总占地面积 112.73 亩，总建筑面



积约为 2.9 万平方米，于 2013 年 9 月正式开始运营，项目规模为设计日处理（进炉）生活垃圾 1000 吨，年处理生活垃圾约为 33.3 万吨。汽轮发电机容量为 18 兆瓦，采用 2 台 500 吨/天原装进口的垃圾焚烧炉。2016 年超负荷运转，实际日均处理量为 1138 吨/日，超出 138 吨/日，超出 13.8%。

目前泰州市生活垃圾除了焚烧发电厂可以处理外，已经没有其它的替代或应急处理设施，泰州市生活垃圾“向何处去”的问题已经成为迫在眉睫的问题。

## 2.4 工程规模的确定

泰州市生活垃圾焚烧发电项目，目前垃圾处理范围包括泰州市海陵区、高港区、姜堰区等区域的生活垃圾，设计处理规模为 1000 吨/日。随着服务区内垃圾产量增加以及优化垃圾收运系统，送往泰州市生活垃圾焚烧发电项目垃圾愈来愈多，造成设备超负荷运行，影响处理效果和使用寿命。

根据《泰州市区城乡生活垃圾分类和治理专项规划（2017-2020）》，泰州市资源循环利用基地（生态保障园）内（原红旗良种场三工区）、泰州市生活垃圾焚烧发电项目一期西侧，已规划建设用地，本项目一期拟建设一条垃圾处理能力为 850 吨/天垃圾焚烧发电生产线，使处理总规模达到 1850 吨/天后，可基本解决目前服务区生活垃圾无害化处理问题。根据泰州市城乡环境卫生整洁行动实施方案（2015—2020 年），到 2020 年底，城市生活垃圾无害化处理率达 98%以上，镇村生活垃圾集中收运率达 90%；并“加强城乡垃圾处理设施建设改造，加强城市环境卫生基础设施建设，改造老旧基础设施，开展城乡存量垃圾治理工作”。预测远期生活垃圾达到 2350 吨/日，因此根据现有垃圾运量及考虑未来的垃圾量增长，建议本项目总规模为日处理生活垃圾 1350 吨，分二期建设，其中一期规模日处理生活垃圾 850 吨，留有二期建设场地。不仅符合泰州市政府有关规划，而且能充分满足泰州市生活垃圾远期无害化处理需要。

## 第3章 垃圾处理工艺选择

### 3.1 常用垃圾处理工艺比较

城市生活垃圾的处理方法是指用物理、化学、生物等处理方法，将生活垃圾在生态循环的环境中加以迅速、有效、无害的分解处理之，以达到“减量化”、“无害化”、“资源化”的目的。目前，最常采用的处理方法有4种，即分类回收、卫生填埋、焚烧、堆肥。4种处理方法各有其优缺点，由于垃圾成份复杂，各地区在不同时期，其成份都有较大的差异。因此，在处理方法的选择上，应按照本地区的情况，选择适当的方法，有时还须采用综合处理方法，才能取得比较理想的环境和经济效益。

#### 1、分类回收

分类回收是指从垃圾中回收可以利用的物料加以利用，例如废纸、金属、玻璃、塑料和橡胶等。废纸可作造纸原料；金属（如铁、铝）可回炼；玻璃可重用；塑料和橡胶可用于制造再生物质或隔离空气裂化成石油类燃料等。此法过去用人工分拣，现在已采用机械分选法，如风力、重力、浮力、离心力、磁力、光学及震动筛分等法。

对已产生的城市生活垃圾，可以从垃圾中回收物质和能源，即实现垃圾的资源化。垃圾资源化的首要工作就是垃圾的分选。国外有些国家把城市垃圾分选工作让市民来做，在垃圾收集的首端就实现垃圾的分选，当然这种方法比较经济，对环境的影响也小，但目前就我国而言，这种方法尚不适用，因为我国民众垃圾分类收集尚未达到一定水平，在进入分拣环节之前就已经经过数道拾荒作业，导致垃圾分选可回收率严重下降，同时垃圾经分拣后仍有很大比例的垃圾需要后续再处理，进入焚烧厂焚烧或者卫生填埋，导致投资的重复性浪费。

八十年代以前，城市垃圾大部分是混合收集，不进行分类，因而要采用破碎机和分选设备提取城市垃圾中的有用物质，国外一些从事废物处理设备和工艺研制的厂商和专业公司利用机械破碎分选法对垃圾进行破碎分选处理。它们把从垃圾中分选回收出的废纸、废塑料、废金属、废玻璃等成份提供给有关厂商作二次原料使用，达到变废为宝、丰富社会资源的目的。国外垃圾分选中心使用的分选设备自动化程度比较高。这些设备主要是根据各种不同废物的物理性能，分别利用磁吸、电导、光电、振动、

离心、浮选等方法分选垃圾，利用磁吸法分选废铁；利用光滤系统和光电管可以分选各种玻璃；利用振动弹跳法可以分选出软硬物质；利用锥形旋风分离器或其它离心式分离器可分选比重不同的物质；利用弯曲管道底部送风法可分选轻重物质。

采用上述方式对混合收集的城市垃圾进行分类的效果并不理想，在末端工序上仍需进行大量的人工分选。而且技术复杂、投资大、运行费用高、耗能耗水、二次污染严重。另外，城市垃圾中的各种构成物质在混合收集过程中相互污染，大大降低了其回收利用价值。

在当前我国城市生活垃圾的收集管理体系下，生活垃圾进入处理厂之前，已经经过大量拾荒人员的筛拣，垃圾中可回收利用的材料比较少。目前最广泛采用的垃圾分选方法是从传送带上进行手选，然而这种方法效率低，工作人员工作环境恶劣，劳动强度大，不适合推广利用。

经过十余年的分选技术研究方面的经验和教训，人们明确地认识到，真正意义上的垃圾分类，应该从城市垃圾产生源开始，因此我国要实现垃圾分选处理的基础条件就是提高人民素质，使垃圾分类收集工作进一步完善和提高。

分类回收不是一种独立的处理方法，它须与堆肥、焚烧或其他处理方法结合。

## 2、卫生填埋

卫生填埋法是将垃圾置于防渗透层之上压实后覆土填埋，利用生物化学原理在自然条件下使天然有机物分解，对分解产生的渗沥液和沼气（填埋气体）进行收集处理，以期不产生公害，对城市居民的健康及安全不造成危害。这种方法目前在世界上采用得最多。

垃圾卫生填埋的优点为：最初投资低，适用性强，可接纳各种城市生活废弃物，处理能力大；建设投资除征地费不好确定外，一般而言，生产性投资较少，运行费用低，不受垃圾成份变化的影响，如有适当的土地可资利用，垃圾填埋处理是一种最为经济的城市垃圾处理方式。因此，在经济相对落后的内地中小城市，近期内仍将以卫生填埋作为城市垃圾处理的主要技术方式。

卫生填埋需要占用大量的土地资源，厂址选择较为困难。考虑到交通、水文、地质、地形等因素，许多城市甚至近郊也很难找到合适的场址，而被迫舍近求远，有的

平均运距超过 60 公里。填埋场占地较多是一大缺点，最好利用地价较低的沟谷荒坡，筑坝拦截，封场后还可复耕、还林。

卫生填埋另一个难题是渗滤液的处理。生活垃圾经雨水浸泡渗出的黑液为高浓度有害液体， $BOD_5$  浓度较高，其污染度是粪便的 3~5 倍，一旦渗漏，对地下水、土质和大气易造成污染。随着《生活垃圾填埋场控制标准》(GB16889-2008)的实施，对渗滤液处理后各种污染物的排放浓度作了更加严格的限制，处理成本大幅增加。所以，填埋场设计和建设过程中必须采取有效措施，最大限度地减少地面径流和地下水汇入垃圾库区，以减少渗滤液产出量和无害化处理难度。

目前，发达国家正在逐步减少原生垃圾的填埋量，尤其在欧盟各国，已强调垃圾填埋只能是最终的处置手段，而且只能是无机物垃圾，在 2005 年以后，有机物大于 5% 的垃圾不能进入填埋场。

此种方法比较简单、成熟、投资稍低，目前用得较多的垃圾处理方法。它适用于卫生填埋场地资源丰富或经济发展水平较低的地区。

卫生填埋是垃圾终处置方法，无论自然条件、经济条件如何，无论采用什么处理方法，卫生填埋必不可少。

### 3、焚烧

此法就是将垃圾焚烧。其减容效果最好（一般减容 90%，减重 70%以上），又能使腐败性有机物和难以降解而造成公害的有机物燃烧成为无机物和二氧化碳，而病原性生物在高温下死灭殆尽，使垃圾变成稳定的、无害的灰渣类物质。

但采用焚烧法处理垃圾时，首先要垃圾热值达到一定的水平，热值大于 3347kJ/kg 的垃圾始能焚烧，此时仍须添加辅助燃料方可维持稳定燃烧，因此，处理垃圾的费用较高，不经济。当垃圾热值大于 4187kJ/kg 时，才有可能不加辅助燃料，使垃圾在高温下燃烧。焚烧后配置余热锅炉和汽轮发电机组发电，售电以补助运行费用，降低垃圾处理的政府直接补贴费用。

垃圾焚烧的处理方法，以垃圾焚烧的方式分类，可分为全量燃烧和“燃料制备”后燃烧两种。采用全量燃烧方法只要垃圾的热值达到许可值以上，无须将垃圾分拣。此法工艺成熟、运行可靠、炉温较高、操作较简易、燃烧较充分，炉渣热灼减率可达到

小于 5%，与燃煤锅炉无异，且减容量可达 80%~90%，是垃圾减容和资源回收的常用的方法。目前西欧及美、日大部分焚烧厂采用此技术。但投资较高。另一种是对垃圾中的可燃组份用能焚烧处理，焚烧前需要进行“燃料制备”制成为二次燃料。它的热值高，一般要超过 6280kJ/kg，可替代部分常规燃料。因此，往往垃圾进炉前要经过分拣，将不燃物或低热值组份除去，有的还要求将垃圾破碎，使进炉垃圾的粒度大致均等。但此法投资省，回收有用物质多，综合利用程度高。

垃圾焚烧技术作为一种以燃烧为手段的垃圾处理方法。随着城市生活垃圾可燃物和易燃物的增加，及各种先进技术的发展和应用，使垃圾焚烧技术不断得到完善和发展。据不完全统计，到 2004 年全世界约有各种类型的垃圾焚烧厂 2200 余座。

垃圾焚烧是目前处理生活垃圾的有效途径之一。焚烧技术的主要特点：

(1) 无害化彻底：高温燃烧可使垃圾中有害物得到完全分解；完善可靠的烟气净化系统可以将烟气中污染物的含量处理到环保部门要求的范围内。

(2) 减容、减量效果好：使垃圾体积减少 80~90%；重量减少约 70%。

(3) 有利于资源再利用：燃烧产生的热量可用于发电或供热；

(4) 焚烧技术比较成熟，焚烧过程采用 DCS 控制，可保证燃烧过程处于最佳工况，所以二次污染小。

(5) 综合效果好：由于污染低、占地面积小，可靠近城市建厂，既节约用地、又减少运输成本，选址相对容易。

最近，在“垃圾围城”日益严峻的形势下，垃圾焚烧发电作为“减量化、无害化、资源化”处置生活垃圾的最佳方式，引起国家高度重视与关注。根据今年年初出台的《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》，“十三五”期间，全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设总投资约 2518.4 亿元；到 2020 年城镇生活垃圾垃圾焚烧处理能力要占总无害化处理能力的 50%以上。

#### 4、堆肥处理法

堆肥处理法是在控制的条件下（好氧或厌氧），借助微生物的生化作用，将垃圾中的天然有机物分解、腐熟，转化为稳定的腐殖质土。这种方法对以厨余等类成份为主的垃圾有较大的作用，但原生生活垃圾中，无机物和难以生化降解的橡胶、塑料、合

成纤维等的有机物还有较大的数量，必须分拣后才可以采用堆肥法。而且，未经分拣堆肥，制成的肥料中重金属含量多少仍为未知数，如金属含量高，则有机肥市场狭窄。

在我国城市垃圾处理中，堆肥方式是最早也是在早期阶段使用最多的方式，那时，大部分垃圾堆肥处理场采用敞开式静态堆肥。20世纪80年代以来，我国陆续开发了机械化程度较高的动态堆肥技术。目前，从普及程度看，堆肥处理在国内城市各种垃圾处理方式中，是仅次于填埋方式的一种重要方式。针对我国固体废物的特点，我国多家研究机构研究开发出多种有机固体废物的堆肥化技术，并发展包括配套的预处理技术、堆肥化技术在内的城市垃圾综合集成处理工艺技术。

近年来，城市垃圾堆肥化作为实现垃圾资源化、减量化的重要途径，在沉寂多年后又开始引起人们注意。一些新的堆肥化技术相继出现，大量堆肥场在建设。但是在运行中受到非技术的经济因素的制约，主要表现在：

(1) 我国城市混合收集的垃圾杂质含量高，为保证产品质量采用复杂的分离过程，导致产品成本过高。如果没有政府的补贴，很难正常运行下去，而垃圾中含有的玻璃成分，很难完全分离，为堆肥产品的应用带来限制。

(2) 一般堆肥场的粗堆肥产品只能作为土壤改良剂，销路取决于堆肥场所在地区土壤条件的适宜性。在黏性土壤地区，特别是南方的红黄粘土、砖红黏土、紫色土地地区有较好的销路。

(3) 堆肥场产品的经济服务半径一般较小，同时肥效较差，因此堆肥产品通常只能就近销售；而利用其制造的复合肥，也在与一般化肥和复合肥的竞争中不占优势。

(4) 堆肥产品销售有其季节性，而垃圾堆肥处理则是连续性的，生产与销售之间存在的这种“时间差”，将使垃圾堆肥厂的运行带来困难。

(5) 堆肥产品很难达到无害化的要求，不能保证彻底杀灭病菌以避免二次污染，同时，难以克服重金属成分的迁移问题。

国内新近上马的多数堆肥化处理场，缺乏对堆肥产品的市场潜力进行认真、科学的分析。仅仅从不定期运行的、简易小型的垃圾堆肥场堆肥产品有销路，就断定大型垃圾堆肥场产品能销售出去。实际上，尽管发达国家严格实行了垃圾分类，杜绝了危险废物的混入，且政府配套法规鼓励利用生物肥料，但国外利用堆肥处理城市垃圾所

占比例并不大，而且多数堆肥场主要是利用分类收集的厨房废物、庭院废物、污水处理污泥和粪便作为原料，用混合垃圾堆肥的实例并不多。而在城市居民环保意识不高、垃圾分类收集尚未有效执行的我国，一些中小城市可能比较适用堆肥方式处理垃圾，但堆肥处理技术不能盲目到处推广。

从上述对四种垃圾处理方法主要技术经济特点对比如表 3.1-1:

**表 3.1-1 主要处理工艺比较表**

内容	分选	卫生填埋	堆肥	焚烧
操作安全性	好	较好，注意防火	好	好
技术可靠性	可靠	可靠	可靠，国内有一些经验	可靠
占地	中等	大	中等	小
选址	较易，但需要在一定密闭条件下进行，离填埋场距离越近越好。	较困难，要考虑地形、地质条件，防止地表水、地下水污染，一般远离市区，运输距离较远。	较易，仅需避开居民密集区，气味影响半径小于200m，运输距离适中。	易，可靠市区建设，运输距离较近。
适用条件	无特殊要求，如分选后堆肥需要有机物 $\geq 40\%$ 。	无机物 $> 60\%$ 含水量 $< 30\%$ 密度 $> 0.5t/d$ 。	从无害化角度，垃圾中可生物降解有机物 $\geq 10\%$ ，从肥效出发应 $> 40\%$ 。	入炉垃圾低位热值 $> 5000kJ/kg$ 时不需添加辅助燃料。
最终处置	通过回收处理，剩余物仍需焚烧或填埋处理。	无	非堆肥物需作填埋处理，为初始量的20-25%。	仅残渣需作填埋处理，为初始量的10-20%。
产品市场	可回收部分原材料	可回收沼气发电。	建立稳定的堆肥市场较困难。	能产生热能或电能。
建设投资	适中	较低	适中	较高
运营成本	适中	较低	适中	较高
资源回收	前处理工序可回收部分原料，但取决于垃圾中可利用物的比例。	无现场分选回收实例，但有潜在可能。	前处理工序可回收部分原料，但取决于垃圾中可利用物的比例。	前处理工序可回收部分原料，但取决于垃圾中可利用物的比例。
稳定化时间	1天	20-50年	15-60天	2小时
地表水污染	在处理厂区无，但其剩余物资仍进	有可能，但可采取措施减少可能性。	在非堆肥物填埋时与卫生填埋相	在处理厂区无，在炉灰填埋时，其对

内容	分选	卫生填埋	堆肥	焚烧
	一步处理，污染可能性和填埋相仿。		仿。	地表水污染的可能性比填埋小。
地下水污染	在处理厂区无，但其剩余物资仍进一步处理，污染可能性和填埋相仿。	有可能，虽可采取防渗措施，但仍然可能发生渗漏。	重金属等可能随堆肥制品污染地下水。	灰渣中没有有机质等污染物，飞灰仅需填埋时采取固化等措施可防止污染，会产生一定比例的渗滤液。
大气污染	有，但一般在车间内运行，可以采取相关措施控制。	有，但可用覆盖压实等措施控制。	有轻微气味，污染指标可能性不大。	可以控制，但二噁英（Dioxin）等微量剧毒物需采取措施控制。
土壤污染	无	限于填埋场区。	需控制堆肥制品中重金属含量。	无
主要技术风险	因为国内垃圾分类收集实施较差，因此分选可回收物质较低，并分选后仍需堆肥、焚烧或填埋处理。	沼气聚集引起爆炸，场底渗漏或渗滤水处理不达标。	因生产成本过高或堆肥质量不佳而影响产品质量。	受垃圾热值影响较大，烟气治理不达标。

## 3.2 国内外垃圾处理技术概况

### 3.2.1 国外垃圾处理技术概况

目前国外发达国家的城市垃圾从收集、运输和处理管理与技术经过几十年的发展，已经走向了一个成熟的阶段，并且积累了许多建设运营经验。在收集方面大多数国家采用了分类收集和综合利用（再生循环利用）；在运输方面，都基本实现了密闭压缩运输；在处理方面广泛采用的城市生活垃圾处理方式主要有卫生填埋、焚烧，附以堆肥等处理方式，世界较发达工业国家城市垃圾处理方式的比例见表 3.2-1：

表 3.2-1 世界较发达国家城市垃圾处理方式比例 (%)

国家	焚烧	填埋	堆肥	其他处理方式
奥地利	24	48	8	20
比利时	54	43	0	3
加拿大	8	80	2	10
丹麦	71	16	4	20



国家	焚烧	填埋	堆肥	其他处理方式
芬兰	4	65	15	16
法国	42	45	10	5
德国	36	61	3	0
意大利	16	74	7	3
日本	75	20	5	—
卢森堡	75	22	1	2
荷兰	35	45	5	15
挪威	22	67	5	6
西班牙	6	64	17	13
瑞典	60	30	0	10
瑞士	76	11	13	0
英国	13	83	0	4
美国	19	67	2	12
新加坡	85	15	0	0

从上表可看出，在土地资源越来越紧张的情况下，垃圾焚烧处理正逐步为越来越多的国家所采用。堆肥处理目前在国外一般所占比例较小，因其产品质量与销路不能保障。对生活垃圾的最终处置而言，填埋处理也是目前唯一的最终处理方法，所以这种方法在今后乃至更长时间仍会继续存在并得以发展。

从发展来看，国外城市垃圾处理方法有以下发展趋势：

(1) 由于能源、土地资源日益紧张，焚烧处理并利用余热发电比例逐渐增多，与传统的卫生填埋和堆肥相比，垃圾焚烧发电或供热的处理方法能有效地减少垃圾重量70~80%，减少体积90%，可有效的节省用地。目前焚烧发电技术研究开发工作正不断得到发展，完善了余热利用系统和烟气净化系统，向“资源回收工厂”过渡。焚烧技术作为一种有效的垃圾处理工艺已被经济发达而土地资源相对紧缺的地区所采用，尽管在不断探索新的清洁垃圾处理技术，但焚烧技术在相当长的时间内仍将是垃圾处理技术的主导技术之一。

(2) 卫生填埋处理方法作为垃圾最终处置方法，今后仍会长期存在并得以完善。

(3) 单一的堆肥法在国外一般较少使用，除投资费用较贵的因素外，其主要原因是堆肥产品销路困难、质量不易控制。

### 3.2.2 国内垃圾处理技术

垃圾处理与垃圾特性有着密切的关系，我国生活垃圾成分归纳起来大致有如下一些特点：

- (1) 垃圾混合收集，成分复杂，相对无机物质含量较高，但有下降趋势。
- (2) 有机类物质中纸张、塑料等高热值物质较少，但有增加趋势。
- (3) 有机类物质中厨余垃圾含量高，导致垃圾含水率较高。
- (4) 基于前三点，垃圾热值相对较低。

(5) 进入九十年代以来，随着国民经济的发展和水平的提高，我国一些大中城市的垃圾成分发生了质的变化。根据我国城市垃圾的特点和具体国情，国家有关部门制定的中国城市垃圾处理技术政策已从八十年代中期的着重发展卫生填埋和高温堆肥处理技术向发展卫生填埋、焚烧与综合利用技术并举的发向过渡，逐步实现垃圾处理减量化、资源化、无害化的总目标。

在我国，对生活垃圾进行处理的模式一般有三种，即堆肥、焚烧和卫生填埋。

堆肥处理在我国上世纪 70~80 年应用较多，但是现在状况不容乐观，面临的主要问题是一方面大量的筛上物需要进行焚烧和填埋处理，另一方面堆肥的质量不高，肥效较低，特别是销路不畅，这些都严重制约着堆肥处理技术的发展。

焚烧处理作为生活垃圾的一种处置方法，能够达到减量化目的，但具有投资大，运行费用高及管理技术含量高的问题。由于该处理方法不仅受燃气普及率与集中供热普及率、季节差异、是否进行分区收集和分类收集、垃圾热值高低的影响，同时更受经济发展水平的制约，所以采用焚烧技术处理生活垃圾的在我国目前多在经济发达的地区得到发展并得到越来越广泛的应用。但目前在我国，有几个因素制约着城市生活垃圾焚烧处理的发展：(1)包括建设投资与运行费用的资金短缺。(2)根据国家相关规范和标准，焚烧飞灰要进行单独无害化处置后进行填埋，需要以填埋作为依托。

填埋处理是我国目前必不可少的处理方式，不论采取何种处理方式，都必须以卫生填埋方式作为最终处置方式。它是任何一种垃圾处理工艺中不可或缺的一种处理方

式，但是随着环保标准的日益严格，对垃圾填埋场的技术要求，以及填埋费用越来越高。

### 3.3 垃圾处理工艺的确定

#### 3.3.1 工艺确定原则

选择生活垃圾焚烧处理方案的原则是：技术成熟，设备可靠，能适应泰州市的垃圾特性，满足环境保护要求。在选择过程中应着重考虑下列因素的影响：

- (1) 城市的城镇建设和社会发展对环境的要求；
- (2) 城市生活垃圾物理和化学组成及变化趋势；
- (3) 垃圾最终消纳场所的位置、地形、地质和水文地质条件；
- (4) 对现有处理设施的合理利用；
- (5) 技术与设备的可靠性和适应性；
- (6) 对资源再利用的潜力和程度。

#### 3.3.2 本项目工艺确定

按照经济效益与环境效益考虑，城市垃圾热值达到一定水平后，以焚烧发电最好，它具有明显“减量、无害、资源化”的优点。

泰州的城市生活垃圾，具有以下三个特点：

一是，垃圾热值仍处于逐步升高的阶段，随着居民生活水平的增高，生活垃圾已达到了焚烧发电的要求，但其热值与发达国家相比，仍不是高的。

二是，由于居民生活习惯的影响，垃圾的含水量较多，厨余物质含量也较多，即使经过储存坑析出部分渗沥液，进炉中垃圾的水份含量仍高。处理这种垃圾比较成熟、操作可靠的处理方法是回收能源，以补助维持处理厂的营运。

三是，当地居民还未养成分类倒垃圾的习惯。因此，垃圾成份较为复杂，而供分拣回收利用的物质如玻璃、金属和橡胶塑料与厨余等物混在一起，垃圾湿且脏，转运后给分拣带来诸多不便。

因此，本项目建设的城市生活垃圾处理设施所采用的处理技术应以焚烧技术为主，但应用的焚烧炉需要对处理物料的热值变化范围有一定的适应能力。

泰州土地资源比较宝贵、可供选择的填埋场资源缺乏，可以考虑综合处理的办法，合理使用有限的垃圾处理场地资源，尽可能以焚烧处理为主要处理手段，并辅之以卫生填埋，再结合其他处理方法，逐步建成一个“源头削减、分类收集、资源回收、综合利用”的生活垃圾处理系统。

## 第4章 厂址建设条件

### 4.1 选址的基本要求

根据生活垃圾焚烧发电厂对环境影响特点，厂址的选择必须考虑对城市经济发展、城镇规划的影响，对生态环境、环境敏感区域的保护等。同时，根据《生活垃圾焚烧处理工程建设标准》（建标 142-2010）、《生活垃圾焚烧污染控制》（GB18485-2014）等标准、规范的相关技术要求，本项目厂址的选择原则如下：

（1）项目选址应符合当地土地利用规划、城乡建设总体规划、环境卫生专项规划以及国家现行有关政策法规、规范和标准的规定。

（2）符合当地大气污染防治、水资源保护、生态环境保护的要求。

（3）应具备项目建设要求的工程地质条件和水文气象条件。

（4）应保证项目的安全性，不受地震、洪涝灾害以及灾难性天气和突发事件的威胁。当受外界条件限制，必须在影响区建厂时，应同步高标准的提出防震、防洪、防涝等应对灾难性天气以及突发事件的措施。

（5）不宜建设在城市建成区。

（6）宜与服务区保持合适距离，运输距离应经济合理，交通便捷并减少运输路径，避免对周围环境造成二次污染。

（7）应充分考虑炉渣和飞灰的综合利用和安全处置。

（8）应保证项目安全、持续运行的电力和给水供应，以及污水处理系统。

（9）对于利用垃圾焚烧余热发电的焚烧厂，应考虑生产电力接入地区电网的可能性。对利用余热供热的焚烧厂，宜靠近热力用户。

（10）生活垃圾焚烧处理厂宜位于城市规划建成区边缘及下风向。

### 4.2 厂址位置

泰州垃圾焚烧发电二期扩建项目厂址，位于泰州市资源循环利用基地（生态保障园）内，（原红旗良种场三工区）、泰州市生活垃圾焚烧发电项目一期西侧。焚烧厂区 104.04 亩，飞灰（应急）填埋场 75.12 亩（包含东侧部分园中路及西侧部分防护林），厂

址地理位置见图 4.2-1：厂址区域位置见图 4.2-2：



图 4.2-1 厂址地理位置

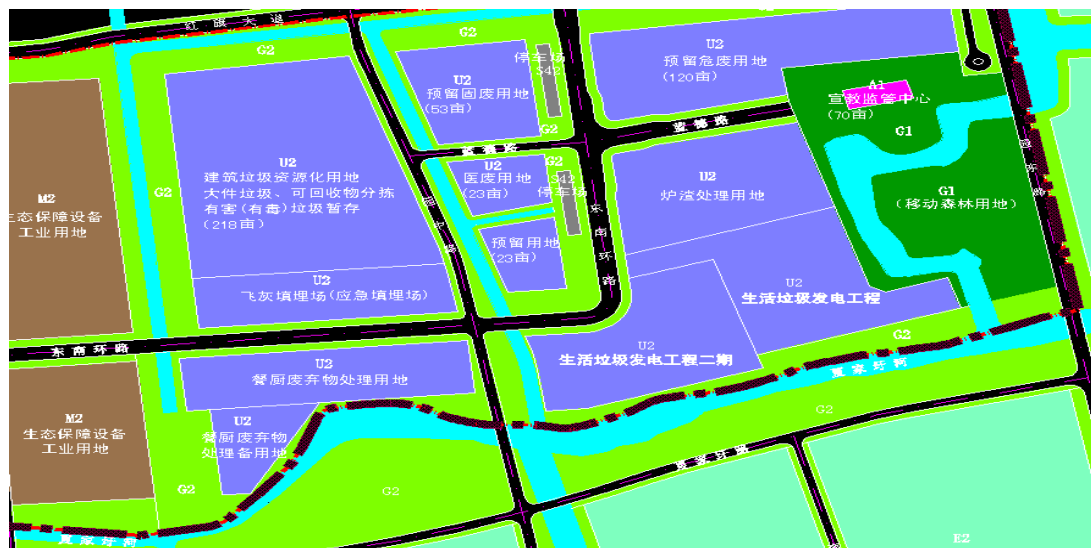


图 4.2-2 厂址区域位置

综观该地块的历史及其环境，具有几个有利因素：

- (1) 在城区主导风向下风向；
- (2) 距市中心距离适中，约 13.5 公里，垃圾运输成本较低；
- (3) 无拆迁工作量，远离镇居民生活集中区；
- (4) 水陆交通方便，有利于垃圾运输。
- (5) 与现有的垃圾运输通道一致。
- (6) 焚烧后的飞灰、残渣等就近处理比较方便。

## 4.3 建厂条件

### 4.3.1 气候条件

**气候：**泰州市在北亚热带湿润气候区，受季风环流的影响，具有明显的季风性特征。这里四季分明，夏季高温多雨，冬季温和少雨，具有无霜期长，热量充裕，降水丰沛，雨热同期等特点

**气温：**泰州市的气温最高在 7 月，最低在 1 月，冬夏季南北的温差不大，年平均气温在 14.4℃—15.1℃之间；年平均降水量 1037.7 毫米，降雨日为 113 天，但受季风的影响，降水变率较大，且南北地域之间亦存在着差异。泰州市地区的温度带属亚热带、干湿区属湿润区。

### 4.3.2 工程地质条件

#### 1、地震

根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2001）2016 版，场区抗震设防烈度为 7 度，设计基本加速度值为 0.1g，设计地震分组第一组。

#### 2、地形地貌特征

建设场址位于泰州泰州东北部，场地地形为平原，场地自然标高在 1.9 米~3.2 米之间，地势相当平坦。查阅附近地质资料，场地内无全新活动断层，亦无其它不良地质作用存在，故拟建场地是稳定和安全的，适宜拟建项目建设。设计阶段需委托进行厂址的地质勘测。

### 4.3.3 交通运输

厂址位于城区东北角，离泰州市中心 13.5 公里，距离火车站约 4.6 公里，周边有

启扬高速、兴泰公路穿域而过，满足大件运输条件。北侧的货流出入口和西边的人流出入口都接入泰州市资源循环利用基地（生态保障园）内东南环路，交通便捷。

#### 4.3.4 垃圾供应

垃圾的收集、运输由政府负责，统筹安排，在服务区的范围内统筹规划垃圾调配，并考虑泰州市垃圾应急处理情况。垃圾供应数量和质量能够保证。

#### 4.3.5 水源

本项目生产水源为河水(军民河)，生活水源为自来水。

#### 4.3.6 电力条件

根据本项目周边电网情况，本项目暂按 110kV 电压等级接入系统考虑。在电厂内设计一座 110kV 升压站，配置一台主变压器。主变压器变比为 10.5/121±8X1.25%kV，容量为 25MVA。厂内发电机组所发电量均经 110kV 升压站，通过一回 110kV 上网线路接入当地变电站。最终方案由当地电力部门接入系统设计及审批确定。

主厂房内 10kV 系统采用单母线分段接线。为了确保本项目在上网线路故障及发电机停运时机、炉设备的安全以及减少对周边环境的影响，考虑由附近引入一路 10kV 独立与上网线的电源，经保安变 800kVA（10/0.4）作为本项目的保安电源。在上网联络线及厂内发电机均故障时供全厂安全停机及保证重要负荷供电之用。

上网接入线路路径及外接 10kV 保安电源线路等的接线方式、设备配置及计量形式等均需当地电力部门批准。

#### 4.3.7 灰渣处理

垃圾焚烧后产生的固体废物主要由两部分组成：从焚烧系统中排出的炉渣、炉灰及烟气净化系统中排出的飞灰。按 GB18485-20014《生活垃圾焚烧污染控制标准》规定，焚烧炉渣可按一般固体废物处理，焚烧飞灰则应按危险废物处理。

本项目产生的炉渣外运炉渣综合利用制砖；产生的飞灰用螯合剂+水泥稳定化处理，符合《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）后，运送配套飞灰（应急）填埋场填埋处置。

#### 4.3.8 污水处理

本项目设渗滤液处理站处理站和低浓度污水处理站。



高浓度污水主要包括垃圾渗滤液、高浓度冲洗水、垃圾车冲洗水等，进渗滤液处理站处理；处理规模为 280m<sup>3</sup>/d。

低浓度污水主要包括生活污水、化验室污水、低浓度冲洗水、除盐水反冲洗水及初期雨水等，处理规模为 40m<sup>3</sup>/d。

全部污水处理后，出水需达到《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）中的敞开式循环冷却水系统补充水标准。

## 第 5 章 焚烧工艺方案论证

### 5.1 焚烧工艺技术方案的选择

垃圾焚烧是一种技术复杂、成本相对昂贵的生活垃圾处理技术。目前从发展源流及应用现状看均以欧美、日本等发达国家最具代表性，其应用的垃圾焚烧设备大致可分为以四种类型：机械炉排炉、流化床焚烧炉、静态热解焚烧炉、回转式焚烧炉。

以下对这四类焚烧炉作简要介绍和对比。

#### 1、机械炉排炉

机械炉排炉采用层状燃烧技术，具有对垃圾的预处理要求不高，对垃圾热值适应范围较广，运行及维护简便等优点。是目前世界最常用、处理量最大的城市生活垃圾焚烧炉。在世界各地得到广泛使用，其单台最大规模可达 1200t/d，技术成熟可靠。垃圾在炉排上通常经过三个区段：预热干燥段、燃烧段和燃烬段。垃圾在炉排上着火，热量不仅来自炉膛的辐射和烟气的对流，还来自垃圾层的内部。炉排上已着火的垃圾通过炉排的往复运动，产生强烈的翻转和搅动，引起底部的垃圾燃烧。连续的翻转和搅动也使垃圾层松动、透气性加强，有利于垃圾的干燥、着火、燃烧和燃烬。

#### 2、流化床焚烧炉

流化床技术在 70 年前便已被开发，之后在 20 世纪 60 年代用来焚烧工业污泥，在 70 年代用来焚烧生活垃圾，80 年代在日本得到一定的普及，市场占有率在 10%以上，但在 90 年代后期，由于烟气排放标准的提高和自身的不足，在生活垃圾焚烧上的应用有限。国内近些年来流化床焚烧炉得到了一定程度的应用，但该炉型多用于日处理垃圾 500t 以下规模的垃圾处理项目，且存在一定争议，有待进一步完善。

流化床焚烧炉的焚烧机理与燃煤流化床相似，利用床料的大热容量来保证垃圾的着火燃烬，床料一般加热至 600℃左右，再投入垃圾，保持床层温度在 850℃。流化床焚烧炉可以对任何垃圾进行焚烧处理，燃烧十分彻底。但对垃圾有破碎预处理要求，容易发生故障。另外，国内大部分流化床均需加煤才能焚烧。

#### 3、热解焚烧炉

热解焚烧炉是指在缺氧或非氧化性气氛中，在一定温度(500℃~600℃)下使垃圾中

的有机物热分解为气体(可燃混合气体),然后将热解气引入燃烧室内燃烧,从而分解有机污染物,余热用于发电、供热。热解技术使用范围广,可用来处理多种垃圾。但是,由于城市生活垃圾性质的波动较大,热解产生的可燃混合气性质(热值、成分等)不稳定,所以燃烧不易控制、垃圾难以燃烬且环保不易达标。此技术在加拿大和美国部分小城市得到一些应用,但是大中型城市一般不予采用。

另外,在欧洲和日本,热解焚烧炉多采用回转窑、流化床等型式,并在其后面加上燃烧熔融炉,将垃圾完全燃烬且熔融为玻璃质灰渣。此技术得到发达国家的部分应用,但是其要求垃圾热值较高,工厂建设成本高,且运行成本为机械炉排的两倍以上。

#### 4、回转窑焚烧炉

回转窑焚烧炉与水泥工业的回转窑相类似,主要由一倾斜的钢制圆筒组成,筒体内壁采用耐火材料砌筑,也可采用管式水冷壁,用以保护滚筒。垃圾由进料端进入筒体,并随筒体的旋转在重力作用下一边翻转一边向窑的另一端运动,垃圾的干燥、着火、燃烧、燃烬均在筒体内完成。可通过改变筒体的转速调节垃圾在窑内的停留时间。回转窑焚烧炉常用于处理成分复杂、有毒有害的工业废物和医疗垃圾,在当前城市生活垃圾焚烧中应用较少。

表 5.1-1 为四种常见垃圾焚烧炉性能的比较。

表 5.1-1 常见生活垃圾焚烧炉型比较表

项目	机械炉排炉	流化床焚烧炉	热解焚烧炉	回转窑焚烧炉
炉床及炉体特点	机械运动炉排,炉排面积较大,炉膛体积较大	固定式炉排,炉排面积和炉膛体积较小,	多为立式固定炉排,分两个燃烧室	无炉排,靠炉体的转动带动垃圾移动
垃圾预处理	不需要	需要	热值较低时需要	不需要
设备占地	大	小	中	中
灰渣热灼减率	易达标	原生垃圾在连续助燃下可达标	原生垃圾不易达标	原生垃圾不易达标
垃圾炉内停留时间	较长	较短	最长	长
过量空气系数	大	中	小	大

项目	机械炉排炉	流化床焚烧炉	热解焚烧炉	回转窑焚烧炉
单炉最大处理量	1200t/d	500t/d	200 t/d	500t/d
燃烧空气供给	易根据工况调节	较易调节	不易调节	不易调节
对垃圾含水量的适应性	可通过调整干燥段适应不同湿度垃圾	炉温易随垃圾含水量的变化而波动	可通过调节垃圾在炉内的停留时间来适应垃圾的湿度	可通过调节滚筒转速来适应垃圾的湿度
对垃圾不均匀性的适应性	可通过炉排拨动垃圾反转,使其均匀化	较重垃圾迅速到达底部,不易燃烧完全	难以实现炉内垃圾的翻动,因此大块垃圾难于燃烬	空气供应不易分段调节,因此大块垃圾不易燃烬
烟气中含尘量	较低	高	较低	高
炉渣热灼减率	中	低	较高	中
启停炉时间	较长	短	较长	较长
燃烧介质	不用载体	需石英砂	不用载体	不用载体
燃烧工况控制	较易	不易	不易	不易
运行费用	低	低	较高	较高
烟气处理	较易	较难	不易	较易
维修工作量	较少	较多	较少	较少
运行业绩	最多	较少	少	生活垃圾很少工业垃圾较多
综合评价	对垃圾的适应性强,故障少,处理性能和环保性能好,成本较低	需前处理且故障率较高,国内一般加煤才能焚烧,环保不易达标。	没有熔融焚烧炉的热解炉,灰渣不可燃热灼减率高,环保不易达标	要求垃圾热值较高(2500kcal/kg以上),且运行成本较高
投资	较高	较低	高	高
对本工程的适用性	合适	不合适	不合适	不合适

通过上表比较,机械炉排炉相对其它炉型有以下几个特点:

(1) 技术成熟、可靠，发达国家的大型生活垃圾焚烧厂大多采用该炉型，国内已建或在建的大型焚烧厂也多采用机械炉排炉。

(2) 机械炉排炉可实现可靠的燃烧控制，对垃圾适应性强，更能够适应国内垃圾水分、热值的特性，确保垃圾完全燃烧。

3、与相关行业相比，烟气污染物可控制在先进水平上。

4、经济性较好，垃圾不需要预处理直接进入炉内。

5、设备寿命长，运行稳定可靠，维护方便，国内已有成熟的技术和设备。

根据国家建设部、国家环保总局、科技部发布的《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》(建城[2000]120号) 6.2 中规定：“垃圾焚烧目前宜采用以炉排炉为基础的成熟技术，审慎采用其它炉型的焚烧炉。禁止使用不能达到控制标准的焚烧炉。”要求，所以，推荐本项目选用机械炉排型焚烧炉炉型。

## 5.2 炉型选择

### 5.2.1 炉排炉炉型简介

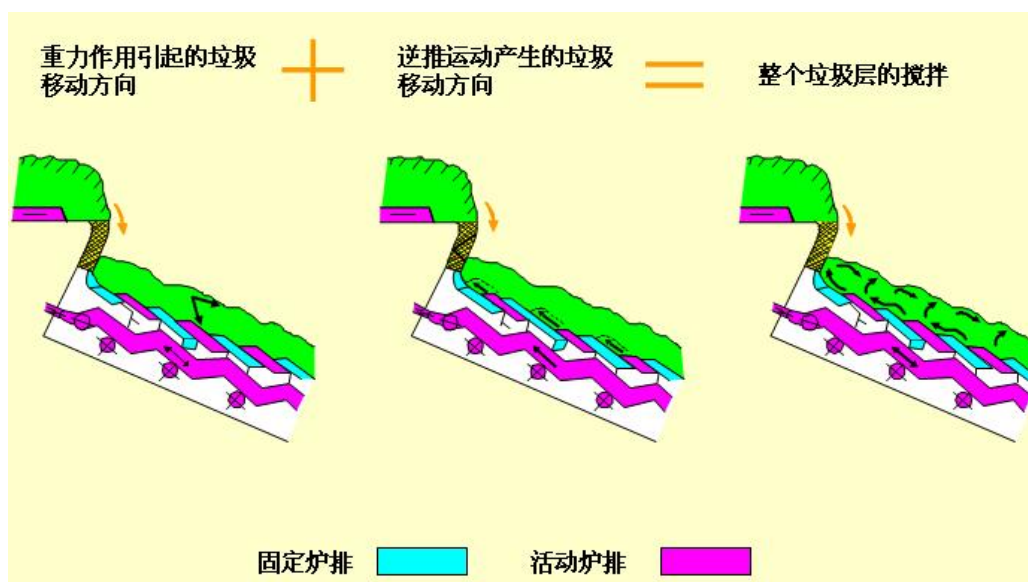
机械炉排炉早期在煤的燃烧中得到广泛应用，现在在垃圾的焚烧历程中发展成为技术最成熟、处理规模较大的生活垃圾焚烧炉。机械炉排炉炉膛一般分为干燥区、着火区、燃烧区和燃烬区等。生活垃圾直接接触在炉排上，同时靠炉排间的相对运动使垃圾不断翻动、搅拌并推向前进。正常运行时，垃圾进入炉内各分区与热空气接触并依次历经升温、干燥、着火、燃烬等各个阶段。炉膛温度维持在  $850^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，一般情况下，燃烧发出的热量可以维持炉温，在垃圾热值偏低的情况下，需要喷入燃料油作为辅助燃料。

机械炉排炉的关键设备是焚烧炉排，各种炉排炉的最大区别也在于炉排的结构型式和运动方式，国内几种应用较广的型式有：逆推式炉排炉、顺推式炉排炉及往复翻动式炉排炉等。著名的日本三菱、比利时西格斯 (SEGHERS)、法国 ALSTOM (SITY2000 焚烧技术已被德国马丁公司收购)、德国 DBA、日本田熊、丹麦 VOLUND、瑞士 VON-ROLL 等均开发、制造出适应中国高水分、低热值垃圾的大型炉排炉，如：广州李坑一期、深圳清水河、中山长青、泰州、河北廊坊、南海二期、南海一期改扩建、北京鲁家山、

北京通州等垃圾焚烧发电厂（日本三菱逆推式炉排炉）、深圳盐田、南山及宝安老虎坑等垃圾焚烧发电厂（比利时西格斯倾斜往复阶梯式炉排炉）、上海浦东御桥生活垃圾焚烧厂（法国阿尔斯通 SITY2000 倾斜逆推式炉排炉）、上海江桥生活垃圾焚烧厂（德国 DBA 液压顺推往复炉排炉）、宁波枫林生活垃圾焚烧发电厂（德国诺尔阶梯顺推炉排炉）、北京高安屯垃圾焚烧发电厂、天津双港生活垃圾焚烧发电厂（日本 Takuma 阶梯往复顺推式炉排炉）、徐州垃圾焚烧发电厂（国产二段式炉排炉）。几种主要的机械炉排炉简述如下：

### 1) 三菱-马丁型炉排炉

MARTIN 焚烧炉是德国（MARTIN）公司的焚烧技术，该技术已有几十年使用经验，在世界各地应用很广，世界上许多公司对这一技术加以发展。



5.2-1 三菱—马丁逆推式炉排

三菱—马丁炉排炉是逆推式炉排炉。炉排的炉排片分为两种，一种是固定炉排，另一种是活动炉排，这两种炉排按一定的斜度依次排列，这样，当炉排片上的垃圾在重力作用下向下移动的同时，垃圾料层下部受与重力方向相反的倾斜推力，使得一部分垃圾沿炉排表面相反方向移动，产生了向上运动，由此完成垃圾层的充分搅拌。这种逆推式运动，具有许多传统顺推装置所不具备的特点：

- a) 灼热的物料沿炉排表面向上滑动，使新加入的垃圾与灼热层混合在一起，因此干

燥和着火可很快完成。

b) 逆推倾斜炉排，没有阶段落差，炉排片前面设有角锥，对垃圾翻动、搅拌效果效果好；在燃烧过程中，整个垃圾层被均匀搅拌，以达到完全燃烧。燃烧阶段，残留可燃物通过同样的逆推方式送回燃烧区，继续燃烧，使燃烧更充分。在后燃烧阶段，残留可燃物通过同样的逆推方式送回燃烧区，继续燃烧，使燃烧更充分。

c) 从干燥到燃烧过程均在逆推炉排上进行，所以炉排的效率非常高，即燃烧负荷为  $350\sim 400\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 。采用高阻、高速燃烧炉排，可提高热负荷，供风比较均匀，受料层厚度影响小。炉排片型式较多，对垃圾搅拌有搅拌作用，不同宽度的炉排片交错排列，供风均匀。

d) 由于垃圾层能充分搅拌，因此料层非常平整，燃烧状态稳定，炉膛温度的波动可以控制在很小的范围内。

e) 炉排片由一级液压装置驱动，比较简单。

f) 采用溶渣滚筒可以调节料层高度。

三菱公司炉排为逆推倾斜往复炉排，炉排片倾角为  $26^\circ$ 。炉床内未分段，根据处理量大小，分为若干列。炉排片由固定炉排片与活动炉排片交替组成。整个炉排分为几个独立的区域，单独提供燃烧空气；炉排由若干形状的炉排片组成，使得空气分布更加均匀，为加强对垃圾的搅动，部分炉排片上带有角锥。炉排末段设有溶渣滚筒，可以调节料层厚度。采用高阻炉排，风室压力受料层厚度影响较小。由一组液压机构带动所有的活动炉排一起运动，结构简单。燃烧空气通过炉排片之间的窄小缝隙(约  $1\text{mm}$ )吹入炉床表面。炉排热膨胀靠侧补偿和中央补偿装置保证。ACC 控制采用趋势量模糊控制，简单、适用。

## 2) 西格斯 (SEGHERS) 炉排

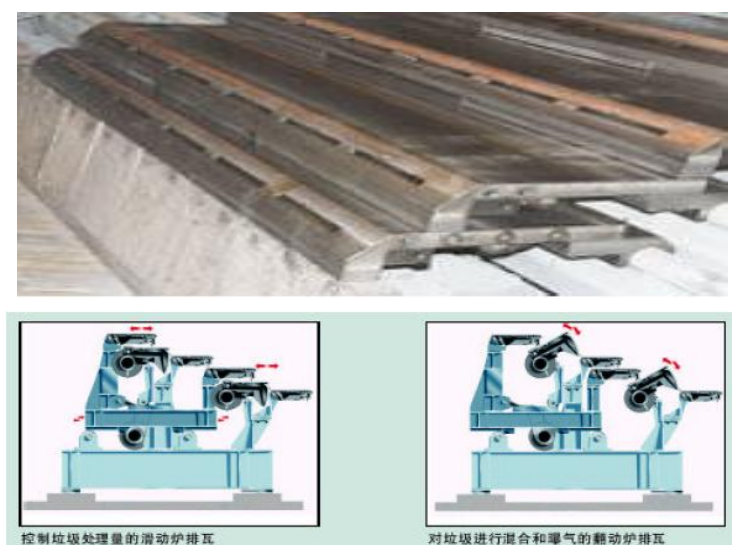


图 5.2-2 西格斯多级炉排实物及炉排运动简图

比利时西格斯炉是由不同炉排组件（或称单元）组成的倾斜往复阶梯式多级炉排。每个标准炉排单元都有 3 种炉排形式：滑动炉排，翻动炉排，固定炉排。焚烧炉由 4 个标准炉排单元和 1 个较长的末端燃烬炉排单元构成，炉排通过液压装置驱动，每台炉配一套液压装置。垃圾焚烧后的炉渣通过刮板捞渣机进入炉渣处理系统，从炉排泄漏的细灰经输送机送到渣池。

西格斯炉排系统已投产单台炉处理能力每小时 1.5~25 吨，炉排全程微机控制，可处理垃圾热值范围广，垃圾燃烬率高。

西格斯炉排系统有以下的特点：

- a) 它适应于宽范围热值变化垃圾的燃烧，负荷变化范围为 70%~110%；
- b) 采用垃圾输送和搅动/鼓风相互独立的垃圾集中燃烧系统，水平的垃圾输送与垂直的搅动/鼓风相互独立运动，使系统很容易根据垃圾成份变化做出相应调整，对垃圾具有很好的适应性；
- c) 垃圾的干燥、气化、燃烧、燃烬及冷却的一系列过程都发生在多级炉排上，为了实现各个过程的控制，整个炉子由长度不同的多个单元组成，并依次形成功能各不相同的三个区：干燥气化区——燃烧区——燃烬冷却区；
- d) 完善的供风系统，采用分离式送风机为每一排炉排供一次风，燃烧空气是水平供风方式而不是垂直供风方式，这使炉排缝隙的漏风率降到最低；



e) 由于采用了高品质的耐火铸钢, 通过耐火砖下部冷却散热装置的一次风的冷却作用, 以及在同一条线上耐火砖与耐火砖之间没有摩擦等, 保证了耐火砖持久耐用。

### 3) SITY2000 炉排

SITY-2000 型炉排炉是法国 Alstom 公司开发的技术, 该技术已被德国马丁公司收购。重庆钢铁集团下属重庆三峰环境产业有限公司 (持股 60%) 与美国 COVANTA HOLDING CORPORATION (持股 40%) 的合资企业获得德国马丁公司的授权, 提供针对中国市场的 SITY-2000 型炉排炉。SITY-2000 炉排推动原理及炉排片的结构与 MARTIN 炉排相近, 不同之处是炉排分成二段, 在燃烬段又增加一段炉排, 采用二套液压传动装置; 炉排的下倾角为  $24^{\circ}$ 。空气通过每块炉排片上的小孔喷出。炉排片通过连杆固定, 活动炉排同时运动, 传动机构比较简单。炉排材质为耐热铸铁, 造价低、投资小。上海浦东御桥垃圾焚烧厂、重庆同兴垃圾焚烧厂和福建红庙岭垃圾焚烧厂采用并已投运。

SITY2000 炉排为逆推炉排, 炉排与炉排片均向下倾斜, 整个炉排片无阶段落差, 送气孔设在炉排片两侧, 有自清作用。可动炉排片与固定炉排片呈阶梯式纵向交互配置。垃圾在炉排上靠重力向下滑落, 底层垃圾受可动炉排片逆向运动

的推力而涌向上层, 达到翻搅作用。垃圾在炉内分为三段燃烧: 干燥段、燃烧段和燃烬段, 各段的供应空气量和运行速度可以调节。SITY2000 炉排焚烧炉的主要特点:

- a) 适合中国垃圾高水分、低热值的特点;
- b) 焚烧性能良好, 灰渣未燃烬率  $0.7\sim 2\%$ , 烟气中飞灰含量  $< 3\text{g}/\text{m}^3$ ;
- c) 运行过程燃烧参数稳定;
- d) 维护成本低, 炉排有效寿命  $> 10$  年。

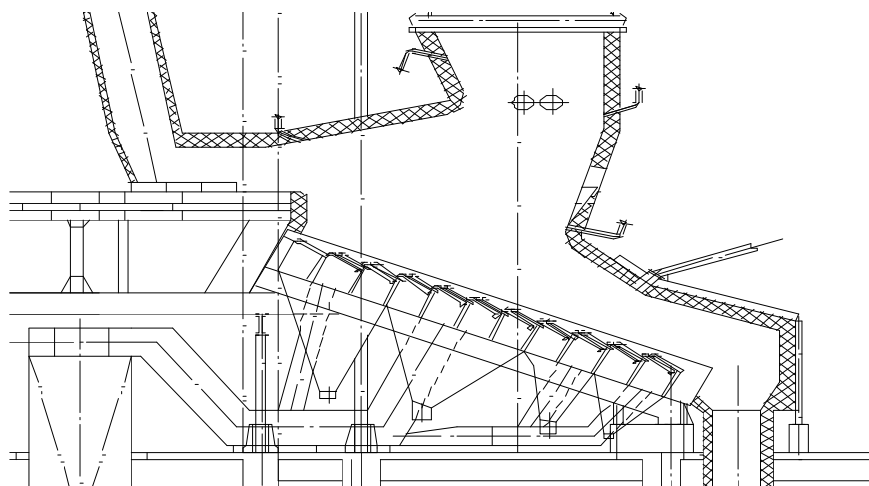


图 5.2-3 SITY2000 炉排示意图

#### 4) 意大利英波基洛公司炉排炉

意大利英波基洛公司目前是欧洲最大的焚烧炉生产厂家，其炉排系统由 Noell、Babcock 和 Steinmueller 三个公司合并组成，炉排技术特点有：

- 1、整个炉排系统垂直于垃圾运动方向分成五组炉排，每组炉排只需一个液压驱动，单个炉排运动速度和进风量都可以单独调解，确保燃烧的灵活性。
- 2、整个炉排系统由四根拉杆悬吊，这样在运行过程中能有效减少热位移。
- 3、炉排冷却方式为风冷，炉排系统也可以方便地改为水冷。

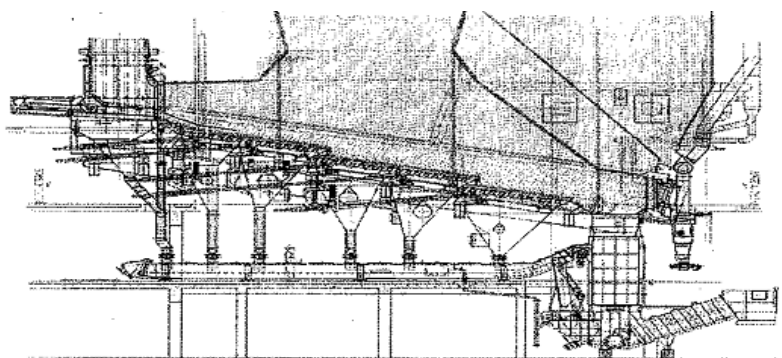


图 5.2-4 Steinmuller 炉排示意图

DBA 炉排为阶梯水平顺推往复式炉排，炉排面倾角为向下 12.5°。炉床内分为干燥

炉排、燃烧炉排和燃烬炉排片与活动炉排片交替组成。整个炉排分为几个独立的区域，单独提供燃烧空气；由三组液压机构分别带动三段活动炉排一起运动。燃烧空气通过炉排片之间的窄小缝隙吹入炉床表面，一次风入口面积约为 2%炉排表面积。

### 5) 日本田雄 Takuma 炉排炉

该公司于 1957 年开始着手垃圾焚烧设备的开发,1963 年 1 月建成日本国内第一座连续式机械炉排的大阪市住之江工厂 (150t/d×3)。其焚烧技术特点为:

- 1、在往复炉排的基础上新改良开发的新型炉排—SN 型炉排,采用足够的炉排面积,设置两个阶梯,使垃圾在炉内翻滚并燃烧;
- 2、根据燃烧特点,燃烧空气分布于灰斗内由垃圾流动而产生的 7 个部分。
- 3、具有较高的炉内通风能力,供气管不受垃圾层厚度的影响,它与各炉体组合,来均衡地提供空气。

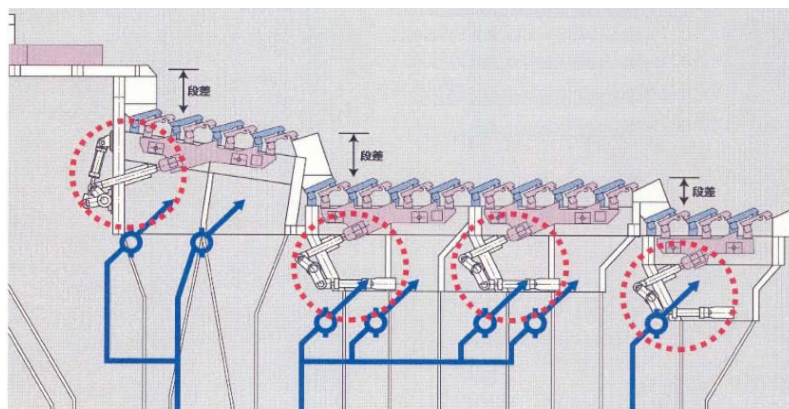


图 5.2-5 田雄 SN 炉排结构简图

### 6) 日本日立炉排炉

日立公司垃圾焚烧炉为顺推倾斜炉排,分三段,每段之间有一定的阶段落差,在燃烧炉排上设剪切刀,防止垃圾结团,同时对垃圾有一定的翻动作用。该炉排与其它炉排不同,在横向上分固定、活动炉排片。每段炉排面有向下 15° 倾角,单个炉排片为水平布置。针对中国垃圾,该公司对焚烧炉设计上采取的主要措施有:提高一、二次风空气温度、炉壁采用风冷、设剪切刀、设阶段落差等。

其炉排片之间的膨胀热补偿与其它炉排炉不同,靠炉排之间的间隙来保证,因此其炉膛在横向上未分列。燃烧供风由炉排片之间和下部的缝隙供风,由于炉排片之间

的缝隙较大，风阻又小，相对其它炉排而言，漏灰较大。

主要特点：

- a) 是顺推炉排倾斜，设剪切刀和阶段落差，对垃圾有一定翻动、搅拌效果；
- b) 在横向上设固定、活动炉排，有一定的死区；
- c) 燃烧图上加油点较高，且加油区域较宽，会造成运行成本增加；
- d) 燃烧供风由炉排片之间和下部的缝隙供风，由于炉排片之间的缝隙较大，风阻又小，相对其它炉排而言，漏灰较大；
- e) 采用烟气加热燃烧空气；
- f) 采用低氧燃烧技术，烟气中有害气体排放浓度较低。

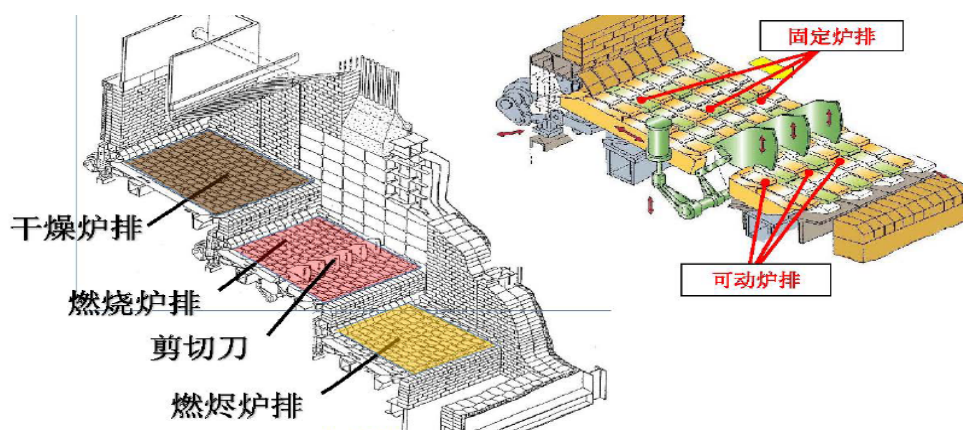


图 5.2-6 日本日立炉排

### 7) JFE 超级往复移动炉排炉

杰富意(JFE)公司的机械炉排焚烧炉技术是在 1970 年从丹麦 Volund 公司引进的，JFE 公司的垃圾焚烧技术具有下列特点：

- (1) 炉排搅拌效果较好。
- (2) 实现了炉排漏灰少、防止炉排漏灰堵塞和粘结。
- (3) 炉排条的材质具有高度的耐磨性、耐高温腐蚀性、抗裂性能。

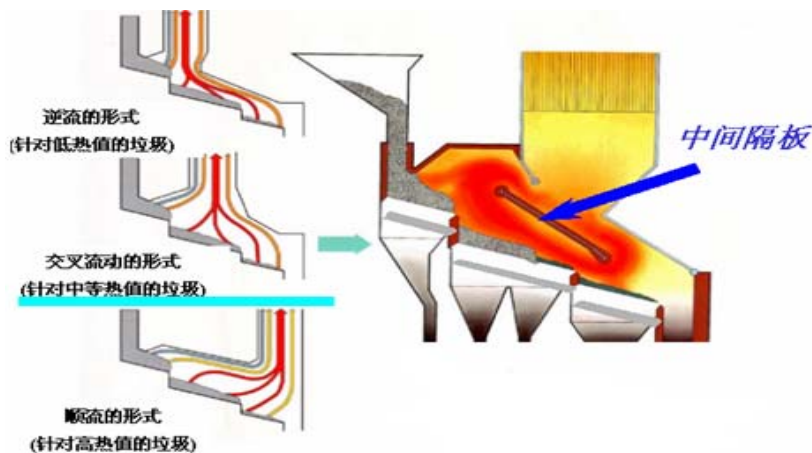


图 5.2-7JFE 超级往复炉排焚烧炉示意图

### 8) 荏原高速燃烧式 (HPCC) 炉排炉

荏原炉排为整体水平横列两段往复动作形式，以  $20^\circ$  仰角想斜上方推送，可充分进行垃圾的搅拌，分解，再加上焚烧用空气高速而均匀地分布，使得燃烧更加稳定。燃烧烟气温度在  $850^\circ\text{C}$  以上滞留时间保持在 4 秒以上，二次燃烧空气与燃烧烟气有效的混合搅拌，进行完全燃烧，可抑制二噁英的产生。

荏原 HPCC 炉排有以下特点：

#### (1) 水平炉排

炉排安装角度为水平，炉排片上推角度为  $20^\circ$ ，因此能够充分进行垃圾的搅拌，分解，加上适宜的炉排速度、形成控制，可有效地进行垃圾层的控制。

#### (2) 无缝炉排

横向一系列同时动作的横型炉排。由于提高了炉排片间的气密性和炉排片本身的吹出阻力。燃烧空气能高速而均匀的分布。

#### (3) 炉排热膨胀吸收装置

利用炉排热膨胀吸收装置，恰当地吸收炉排片的热膨胀，不会对炉排的动作产生约束，同时炉排片间的缝隙能经常地保持均匀。

#### (4) 独立驱动机构

干燥段、燃烧段 (1、2)、燃烬段、4 段分别独立驱动。通过燃烧炉排的范围来控制燃烬点，在后燃炉排贮留燃烧残余物，使其完全燃烧后排出炉外，因此可减少热灼

减量，降低灰的温度。

#### (5) 排烟

通过炉膛出口温度管理，确保二次燃烧的滞留时间，促进与未燃烟气的积极混合，达到完全燃烧，抑制二噁英产生的目的。

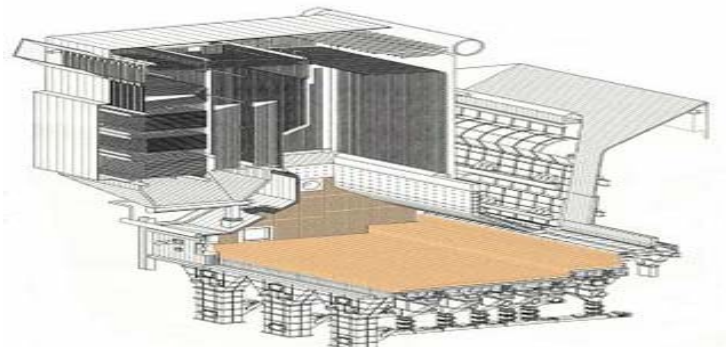


图 5.2-8 荏原高速燃烧式（HPCC）炉排炉示意图

#### 9) 日立 VON-ROLL 焚烧炉

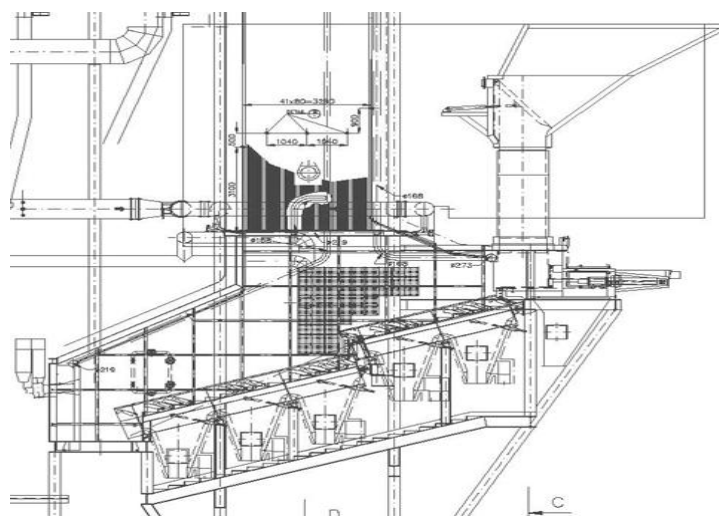


图 5.2-9 VON-ROLL 炉排

VONROLL 垃圾焚烧炉是日立造船从 VONROLL 公司（现为 AE&E）引进的技术，日立造船单独享有改炉型亚洲的商权。上海康恒环境工程有限公司于 2009 年初成功地从日立造船得到该技术的转让和生产授权，两者同时建立了战略合作关系。

VONROLL 炉排炉有别于其他焚烧技术之处是炉排以列为单位运动，并且在燃烧段设置了剪切刀以破碎垃圾的结块，改善燃烧状况。炉排为纵向排列，运动时相邻组合

的炉排一列运动，一列不动。这种运动方式可使垃圾在运动过程中在推动力的作用下，不停地向倾斜方向翻动，此外还增加了垃圾切割装置，它不仅起着充分搅拌垃圾作用，而且帮助助燃空气和垃圾充分接触，使垃圾燃烧完全。VON-ROLL 炉排由三段组成。炉排由液压装置按炉膛温度、烟气成份的分析值自动调速，并将垃圾从进口推向干燥段，垃圾干燥后经过跌落动作，形成大翻身，落到燃烧段，燃烧基本完成的垃圾又一次经过跌落动作，落到燃烬段。垃圾经过三阶段的跌落和空气混合，实现了垃圾完全燃烧。该炉排具有如下特点：

- ①炉排为列向运动，避免了炉排间的摩擦，延长了炉排的使用寿命，一般炉排的总体使用寿命可达 8 年，更换率低，节省大量的维修保养费用；
- ②针对高水分、高灰份、低热值的垃圾在燃烧过程中容易结块的情况，在燃烧炉排的中间位置设置了一组剪切刀，此装置在垃圾性质恶劣的情况下，能自动投入运行，从而有效地压碎、切断、扯碎和破碎块状垃圾，改善空气流通，防止垃圾结块；
- ③干燥炉排与燃烧炉排、燃烧炉排与燃烬炉排之间有近 1.3 米的落差，垃圾在炉排之间的落差段处跌落时能对结块的垃圾起到较好的破碎作用，有效改善空气接触；
- ④干燥炉排、燃烧炉排与燃烬炉排均单独驱动单独调节其运动速度、频率和往复幅度，使得可根据垃圾特性而调试出最佳的状态；
- ⑤可选用高温烟气空气预热器，该装置能把一次风温度最高加热至 300℃，即使垃圾含水率特别高，也能有效保证垃圾的充分干燥和完全燃烧；
- ⑥辅燃投料点低，在运行时基本上不需要开启辅助燃烧器，节省昂贵的辅助天然气费用；
- ⑦二次风喷嘴组在前后拱处交错设置，多股高速气流交汇搅拌，产生强烈湍流，使还原性气体完全燃烧，高效抑制二噁英的生成；
- ⑧在燃烧炉排上方燃烧旺盛的部位设置空冷壁，有效抑制炉膛结焦，与此同时，空冷壁入口的冷空气得到加热，出口的热空气作为一次燃烧空气，提高了整体热利用效率；
- ⑨垃圾焚烧技术采用的 ACC 自动燃烧控制系统具有很高的可靠性和稳定性，投运率达到 100%。

奥地利能源和环境集团（AE&E, Austrian Energy & Environment）已收购原瑞士冯

诺尔（VONROLL）炉排炉，通过日立造船向亚洲市场提供该炉排炉；日立造船通过上海（康恒）环境工程有限公司向中国市场提供该炉排炉。

在国内，截止 2017 年，该垃圾焚烧技术已累计占有全国市场的 40%。在国内已有 170 多个项目使用该焚烧炉，南至海南海口和三亚、北至哈尔滨和大连、东至上海老港、西至拉萨等。

在引进消化技术的基础上，康恒已经开发了新的炉排技术和设备，并拥有自主知识产权。康恒生产的炉排已经销售至国际市场。

### 10) 丹麦 VOLUND 焚烧炉

VOLUND 炉排连同加料段共有六段，除加料炉排外，其它均有单独的调节装置，可针对垃圾中水份、热值变化进行自由调节。

VOLUND 炉排是由相同形状的炉排片组成块，再由炉排块组成列，固定-活动相邻排列。活动炉排被支撑在偏心运动的转轴上，炉排运动呈曲线运动，它不仅能将炉排上的垃圾按时按量地向焚烧炉尾部推动，并伴有翻身和切割垃圾层作用。加料段与干燥段，干燥段与燃烧段，燃烧段与燃烬段之间均设置落差，使垃圾燃烧完全。

伟伦公司拥有 Volund 和 B5 两种炉型，该公司在国内推荐 Volund 炉型。

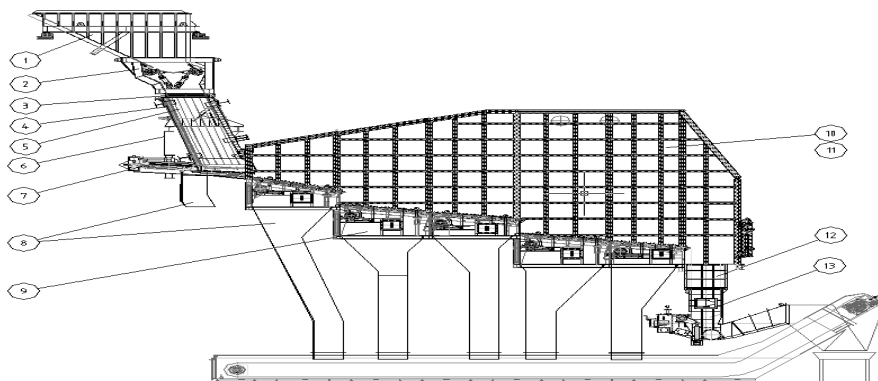
该垃圾焚烧炉为顺推倾斜炉排，根据需要可以分段，每段之间有一定的阶段落差，对垃圾有一定的翻动作用。该炉排与日立公司一样，与其它炉排不同，在横向上分固定、活动炉排片。干燥和燃烧段炉排面有向下 15°倾角，燃烬段炉排面有向下 7°倾角，单个炉排片为向上 12°倾角布置。根据垃圾处理量，可以在横向上分列。炉排片的膨胀由一自动调间隙装置保证。供风由炉排面上的小孔供给，风压小，风速低，容易漏灰。炉排片之间缝隙很小。针对中国垃圾，该公司在焚烧炉设计上采取的主要措施有：二次风在前、后拱，前、后墙上均有布置，而且不对称，加强了对烟气的扰动；高一、二次风空气温度；设阶段落差等。由于时间紧，资料准备不充分，其焚烧炉设计针对性不强。

主要特点：

- a) 是顺推炉排倾斜，设阶段落差，对垃圾有一定翻动、搅拌效果；
- b) 在横向上设固定、活动炉排，有一定的死区；



- c) 燃烧供风由炉排片上部的孔供风，风阻小，相对其它炉排而言，漏灰较大；
- d) 二次风的多处供风设计，有利于烟气的扰动和空气动力场的优化，有利于垃圾的燃烧；
- e) 采用低氧燃烧技术，烟气中有害气体排放浓度较低。



1—进料斗 2—进料挡板 3—膨胀节 4—水冷斜槽 5—保温与外护板 6—隔热外护板 7—推料器 8—推料器与炉排下灰斗 9—炉排 10—燃烧室 11—隔热部件 12—出渣斜槽 13—出渣机

图 5.2-10 丹麦 VOLUND 焚烧炉

### 11) 中国二段式炉排炉

杭州新世纪联合杭州锅炉集团股份有限公司等单位充分吸收了国内外同类型垃圾焚烧炉排炉成熟、先进技术经验的基础上，自行开发设计出新型垃圾焚烧设备——二段式垃圾焚烧炉，开创了大型垃圾焚烧装置国产化的先河。拥有自主知识产权的垃圾焚烧炉、烟气处理系统、垃圾渗滤液处理装置和飞灰处理装置等组成的城市生活垃圾焚烧成套技术及设备，是国家高技术研究发展计划（“863”计划）项目，并于 2005 年 8 月通过科技部的验收。该公司作为牵头单位，联合城市建设研究院、杭州锅炉集团股份有限公司、重庆大学等单位参加的国家“十一五”科技支撑计划——“生活垃圾焚烧处理技术与装备研发”课题目前正在顺利推进中，该课题的核心内容是以 350t/d 为突破口，研发二段往复式垃圾焚烧炉排的大型化、标准化、系列化研发。

该焚烧炉第一段是逆推炉排，由固定炉排片和活动炉排片组成，活动炉排片在纵向作往复运动，逆推炉排面呈 25° 倾斜布置，固定炉排片和活动炉排片以交错方式配

置，末端设有调节料层厚度的挡板。垃圾在该段上实现干燥、着火燃烧。第二段是顺推炉排，炉排面呈水平布置，固定炉排片和活动炉排片以交错方式配置。该炉排为燃烬炉排。两段炉排之间有约 800mm 的阶段落差。该公司还有将第二段水平顺推炉排改为倾斜顺推炉排技术。

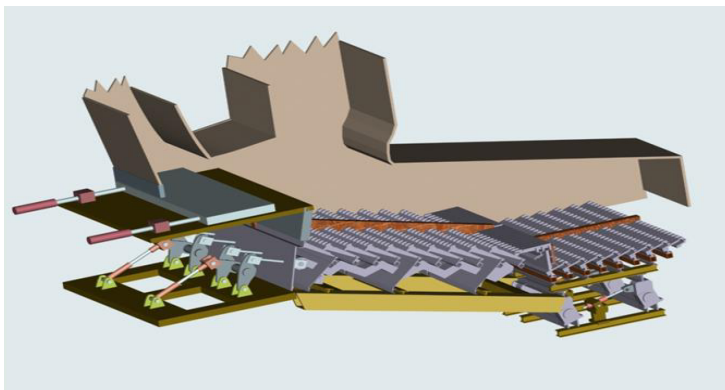


图 5.2-11 二段式炉排

二段式炉排的主要特点:

a) 采用逆推炉排和顺推炉排相组合，可使垃圾燃烧更可靠，更完全。通过逆推炉排的逆向运动，使新加入的垃圾与灼热层内的垃圾混合在一起，可在短时间内完成干燥和着火。

b) 在逆推炉排上，垃圾层能充分得到搅拌，料层非常平整，燃烧状态稳定，炉膛温度的波动可以控制在很小的范围内。

c) 逆推炉排与顺推炉排之间，设置了台阶，使燃尽与未燃尽的垃圾灰渣能够进一步地搅动，使之燃烧完全，保证了垃圾焚烧的低灼减率。

d) 通过对料层调节档板的控制，能够有效地建立料层高度，确保焚烧炉具有较高超负荷能力。

e) 所有的运动部件均用统一的液压系统驱动，便于遥控操作，而且结构紧凑，炉排消耗的动力低。

f) 设备对不同类型的垃圾适应性较大。

g) 具有完善的自动控制装置，以高性能的西门子 S7-300 型 PLC 元件为核心，实现燃烧的自动控制，大大减轻运行人员的工作量。

## 12) 三驱动焚烧炉

深圳绿色动力环境工程有限公司在充分吸收了国内外同类型垃圾焚烧炉排炉成熟、先进技术经验的基础上，自行开发设计出的新型垃圾焚烧设备，三驱动垃圾焚烧炉。

### a) 三驱动炉排炉的燃烧原理

三驱动垃圾焚烧炉主要流程为：抓斗将垃圾从垃圾池送入落料槽，在给料机的推送下进入炉膛落在倾斜的逆推炉排上，垃圾在床面上不断翻滚、搅拌，完成干燥、着火、燃烧、燃尽过程，最后灰渣经除渣机排出炉外。采用三驱动，可以控制逆推段燃烧区域的速度，根据不同的垃圾成分，控制垃圾干燥、着火燃烧、燃尽过程在炉排的停留时间，让垃圾更加充分的干燥、着火和燃烧，从而充分燃尽。

### b) 三驱动炉排炉的主要特点

采用三驱动逆推炉排使垃圾燃烧更可靠，更完全。

逆推炉排的逆向运动使新加入的垃圾与灼热层混合在一起，干燥和点火可在很短时间内完成。

在逆推炉排上，垃圾层能充分得到搅拌，料层非常平整，燃烧状态稳定，炉膛温度的波动可以控制在很小的范围内。

逆推炉排使燃尽与未燃尽的垃圾灰渣能够进一步地搅动，使之燃烧完全，保证了垃圾焚烧的灼减率。

通过对逆推炉排的速度控制，能够有效地控制垃圾干燥、着火、燃烧、燃尽时间，建立料层高度，确保焚烧炉具有较高超负荷能力。

所有的运动部件均用统一的液压系统驱动，便于遥控操作，而且结构紧凑，炉排消耗的动力低。

设备对不同类型的垃圾适应性大。

具有完善的自动控制装置，以高性能的西门子 S7-300 型 PLC 元件为核心，实现燃烧的自动控制，大大减轻运行人员的工作量。

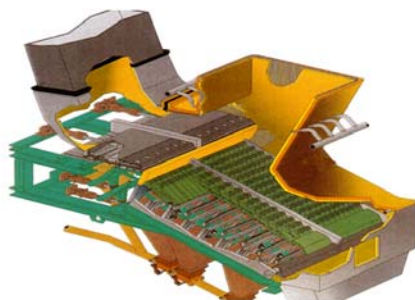


图 5.2-12 三驱动焚烧炉全貌

### 5.2.2 推荐炉型

国外垃圾特点是：分类充分，热值比较高（2000~3000kcal/kg），水份低、灰份低，对垃圾搅拌和干燥的要求不高，因此，普遍采用顺推、阶梯分段炉排，同时，前后拱高、高温烟气大部分从炉膛中后部进入余热锅炉。

由于我国垃圾具有未分类、热值低（1000~1700kcal/kg）及水分和灰分高的特点，为使垃圾得到稳定可靠的燃烧和充分燃烬，要求焚烧炉必须具有良好的干燥、翻动、搅拌和拨火功能。各种炉型在国内的运行实践表明，逆推式炉排炉和具有翻动、搅拌功能的顺推炉排炉运行情况较好，兼有逆推和顺推的中国二段式炉排炉运行情况也较好。除了对垃圾的翻动、搅拌要求外，还要求利用高温烟气的对流、辐射作用对入炉垃圾进行充分的预热和干燥。

鉴于以上分析，本项目单炉处理能力大，宜选择进口技术在国内生产的机械炉排炉；推荐采用对垃圾干燥、翻动、搅拌良好的逆推式炉排炉或对垃圾具有强烈搅拌、翻动功能的顺推往复炉排炉，具体炉型根据建设单位的实际要求和招投标情况确定。

## 5.3 焚烧生产线的配置

根据《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》的规定和国内外城市生活垃圾焚烧发电厂建设的经验，对于 II 类处理规模的垃圾焚烧发电厂，焚烧生产线数量应为 2~4 条。根据本项目一期处理规模 850t/d 的要求，对 1 条、2 条焚烧生产线二种方案进行分析比较。二种生产线布置方案各自的处理能力配置详见表 5.3-1：

表 5.3-1 焚烧生产线配置方案表

项目		方案一：1 炉方案	方案二：2 炉方案
主厂房占地面积		较少	较多
投资	投资	较少	较多
	土建	较少	较多
	设备	较少	较多
同等收益的垃圾补贴费用		较少	较多
停炉对垃圾处理影响		停炉后，影响 100%处理量	停 1 炉后，影响 50%处理量
设备运行可靠性		可靠	可靠
维护工作量		较少	一般

由表 5.3-1 可知，从技术可行性方面考虑，单台处理能力为 850t/d 和 500t/d 的焚烧系统都属于大型垃圾焚烧炉的技术，国内已有成功建设和运行的经验，都能够适应泰州的生活垃圾处理。

从设备维修方面考虑，焚烧线数量越多，故障和检修对焚烧发电厂的影响越小，有利于垃圾正常处理。从投资角度考虑，采用焚烧线数量越少，单台垃圾焚烧炉规模越大，基本建设投资也就越少，垃圾补贴费用也低。

本项目建设规模为 850 t/d，一次性建成，从节约用地、减少投资角度出发，推荐采用 1 条 850 t/d 焚烧生产线的配置。

## 5.4 余热锅炉选择

### 5.4.1 余热锅炉蒸汽参数的确定

垃圾焚烧产生热能，通过余热锅炉产生蒸汽，回收余热。

在城市生活垃圾焚烧的热能回收过程中，由于垃圾所含盐分、塑料成分较高，焚烧所产生的烟气中含有大量的氯化氢等腐蚀性气体和灰分，是余热锅炉系统中各换热部件发生严重腐蚀的主要因素。因此，选择合适的过热蒸汽参数对全厂发电效率和过热器寿命都有着重要的意义。本节内容对余热锅炉过热器出口蒸汽参数问题进行较为

全面的研究和分析，为泰州垃圾焚烧发电厂余热锅炉系统过热蒸汽参数的选择提供依据。

目前垃圾焚烧余热锅炉出口过热蒸汽参数，通常采用中温中压参数（400℃，4.0MPa）或（450℃，4.0MPa）较多，也有采用中温次高压参数（6.5MPa，450℃）。

两种参数及过热器材质比较见表 5.4-1 表 5.4-2：

**表 5.4-1 过热蒸汽参数比较表**

比较内容	中温中压 (4MPa, 400℃)	中温次高压 (6.5MPa, 450℃)
锅炉出力	100%	97%
锅炉换热面积	100%	111%
受压件重量	100%	126%
余热锅炉投资	100%	115%
发电机出力	100%	110%
售电量	100%	108%
过热器材质	合金钢	耐高温耐腐蚀合金钢
过热器寿命	长	较短
技术成熟性	成熟	较成熟
使用业绩	较多	少

**表 5.4-2 两种蒸汽参数下几种过热器材质的性价比**

蒸汽温度	450℃			400℃	
	碳钢	SUS310	镍合金	碳钢	SUS310
材料腐蚀速度 (mm/a)	2.5	1.0	0.5	1.2	0.3
材料寿命 (a)	1	3	6	2.5	> 5
价格	100%	800%	4000%	100%	800%

由于垃圾焚烧厂以无害化处理生活垃圾为主要目的，而增加外售电主要目的是回收能源、降低焚烧厂运行费用、减少垃圾收费补贴。因此，应确保焚烧厂稳定、安全、环保的运行应放在首位。从上表可以看出，对于同一种过热器材质，采用中温中压参

数(4MPa, 400℃)的锅炉过热器,使用寿命相对较长且成本较低;而中温次高压参数(6.5MPa, 450℃)锅炉过热器,需要使用耐腐蚀的合金钢才能达到合理的使用寿命和性能,而该合金钢价格昂贵,势必造成锅炉成本的大幅增加,若采用碳钢或不锈钢的话,过热器腐蚀较快,只能维持1~3年,将造成过热器的频繁更换,加大维修和维护的工作量,无法确保焚烧厂稳定的运行。同时从表5.4-1中可以看出,虽然采用次高温高压参数余热锅炉的发电量和售电量较多,但从运行期内成本和收入综合考虑,该参数并不具备明显的经济优势。

目前,国内焚烧发电厂采用中温中压参数(400℃, 4.0MPa)和中温中压参数(450℃, 4.0MPa)较多,在蒸汽压力不变的情况下,提高锅炉出口蒸汽过热度,能够提高汽轮机的生产效率,提高发电量。

综合以上原因,本工程选用在我国城市生活垃圾焚烧发电厂中已经得到成熟应用并被证明是十分稳定、可靠的中温、中压(450℃, 4.0MPa)余热锅炉系统。

#### 5.4.2 余热锅炉型式选择

垃圾焚烧余热锅炉通常采用单锅筒自然循环水管式锅炉,按其对流受热面的布置形式通常可分为立式锅炉和卧式锅炉。对流受热面的布置形式的确定主要依据是造价、耗钢材量、使用性能、安装检修维护的方便性等方面,对于两种方式的比较如下:

卧式余热锅炉的特点:

- (1) 持续运行时间长,更能够保证年8000小时以上的运行;
- (2) 炉内管束为垂直悬吊结构,积灰程度轻;
- (3) 可采用机械振打清灰装置,对受热面损伤小,且清灰效果好;
- (4) 漏风量小;
- (5) 受热面管束易于组装、检修、维护;
- (6) 占地面积大。

立式余热锅炉的特点:

- (1) 对流管束为常规弯管,焊接少,成本低;
- (2) 整体耗钢材料少,设备投资小;
- (3) 锅炉占地小;

- (4) 灰斗数量少，输灰系统简单；
- (5) 对流段水平布置，便于疏水；
- (6) 炉内水循环系统简单。

一般单台容量大于 500t/d 焚烧炉配置卧式锅炉，本项目单台容量大于 850t/d，因此从运行稳带定和积灰清理方面考虑，推荐采用卧式余热锅炉。

## 5.5 汽轮发电机组的配置

### 5.5.1 机型选择

汽轮机组有背压式汽轮机、抽汽背压式汽轮机、纯凝式汽轮机、抽汽凝汽式汽轮机四种机型。

#### 1、背压式汽轮机

背压式汽轮机是将汽轮机的排汽供热用户使用的汽轮机。这种机组的主要特点是设计工况下的经济性好，节能效果明显。另外，它的结构简单，投资省，运行可靠。主要缺点是发电量取决于供热量，不能独立调节来同时满足热用户和电用户的需要。因此，背压式汽轮机多用于热负荷全年稳定的热电厂。

#### 2、抽汽背压式汽轮机

抽汽背压式汽轮机是从汽轮机的中间级抽取部分蒸汽，供需要较高压力等级的热用户，同时还具有背压排汽，供需要较低压力等级的热用户使用的汽轮机。这种机组的经济性与背压式机组相似，设计工况下的经济性好，但对负荷变化的适应性差。

#### 3、抽汽凝汽式汽轮机

抽汽凝汽式汽轮机是从汽轮机中间级抽取部分蒸汽供热用户使用的凝汽式汽轮机。这种机组的主要特点是当热用户所需的蒸汽负荷突然降低时，多余蒸汽可以经过汽轮机抽汽点以后的级继续膨胀发电。这种机组的优点是灵活性较大，能够在较大范围内同时满足热负荷和电负荷的需要。因此适用于热负荷变化幅度较大、变化频繁的热电厂中。它的缺点是热经济性较差，而且辅机较多，价格较贵，调节系统和热力系统也较复杂。

#### 4、纯凝汽式汽轮机



纯凝汽式汽轮机是仅从汽轮机中间级抽取部分蒸汽供给水加热的凝汽式汽轮机。供汽压力和流量会随着机组的发电能力波动，发电量大，供汽能力也增大，发电量小，供汽能力也减小，调节系统和热力系统相比抽汽凝汽式汽轮机简单，只是热经济性更差。

以上四种是电厂汽轮机组的主要型式，现将它们的主要特点综合列入表 5.5-1:

表 5.5-1 四种汽轮机特性比较表

项目		机组型式			
		背压式	抽汽背压式	抽汽凝汽式	纯凝汽式
相同锅炉容量 和参数情况下	供热量	多	较多	少	较少
	发电量	少	较少	较多	多
系统复杂性		简单	较简单	复杂	较复杂
结构复杂程度		简单	简单	复杂	较复杂
辅机配套数量		少	少	多	多
可适应电负荷变化幅度		小	小	较大	大

本项目所在地无对外供蒸汽，所以，本项目采用凝汽式汽轮发电机组。

## 5.5.2 容量计算

本项目一期处理规模为 850 吨/日，单台日处理垃圾 850 吨。设计工况下，垃圾的低位热值为 7000kJ/kg，共可产生中温中压参数（450℃，4MPa）的蒸汽约为 80t/h。

电功率计算：

$$80\text{t/h} \times 1000 \div 4.9\text{kg/kW.h} = 16.33\text{MW}$$

式中，4.9kg 为汽机产生 1 度电需蒸汽量

$$\text{焚烧炉超负荷 } 10\% \text{ 时，电功率为：} 16.33\text{MW} \times 110\% = 17.963 \text{ MW}$$

根据计算结果，本项目一期选择一台额定功率为 18MW 的凝汽式汽轮发电机组。

## 5.6 烟气净化工艺

### 5.6.1 烟气成分及排放标准

我国目前执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）标准。

基于本项目为泰州市垃圾焚烧发电厂示范工程，本项目焚烧炉排放的烟气执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）相关标准，HF 执行欧盟 2000 标准限值（EU2000/76/EEC），详见表 5.6-1：

表 5.6-1 焚烧炉烟气排放限值<sup>[1]</sup>

序号	污染物名称	单位	《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）		
			1h 均值	24h 均值	测定均值
1	颗粒物	mg/m <sup>3</sup>	30	20	/
2	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	300	250	/
3	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	100	80	/
4	HCl	mg/m <sup>3</sup>	60	50	/
5	汞及其化合物	mg/m <sup>3</sup>	/	/	0.05
6	镉、铊及其化合物	mg/m <sup>3</sup>	/	/	0.1
7	锑、砷、铅、铬、钴、铜、镍及其化合物	mg/m <sup>3</sup>	/	/	1.0
8	二噁英类	ngTEQ/m <sup>3</sup>	/	/	0.1
9	CO	mg/m <sup>3</sup>	100	80	/
10	HF	mg/m <sup>3</sup>	/	1 <sup>[3]</sup>	/

注：(1) 本表规定的各项标准限值，均以标准状态下含 11% O<sub>2</sub> 的干烟气为参考值换算。

(2) 烟气最高黑度时间，在任何 1h 内累计不得超过 5min。

(3) HF 执行欧盟 2000 标准标准限值（EU2000/76/EU），日均值 1 mg/m<sup>3</sup>。

## 5.6.2 除尘设备选择

粉尘去除常用工艺有静电除尘、袋式除尘和文丘里洗涤等。垃圾焚烧烟气中的颗粒物粒度很小（ $d < 10\mu\text{m}$  的颗粒物含量相对而言较高），文丘里洗涤器虽然可以达到很高的除尘效率，但能耗高而且存在后续的废水处理问题，所以仅对电除尘器和布袋除尘器进行比较。

### （1）静电除尘器

静电除尘器内含有一系列交错组合的电极和集尘板。带有粒状污染物的烟气沿水平方向通过集尘区段，其中粒状物受电场感应而带负电，由于电场引力的影响，被渐渐移动至集尘板而收集。采用振打方式在集尘板上产生震动以震落吸附在集尘板上的

粒状物，落入底部的飞灰收集入灰斗内。振打频率可视操作状况而调整，以维持良好的集尘效率。由于在振打过程中可能是附着于集尘板的粒状物再次被气体带起，除尘器通常采用多电场方式，以提高除尘效率。

静电除尘器除尘效率较高，通常可达 95% 以上，并广泛用于燃煤发电厂。影响集尘效率的因素很多，有气体流量、湿度、电场强度、气体在电场的滞留时间、粒尘粒径、气体含尘浓度、气体分布及集尘板面积等。影响静电除尘器效率的另一重要因素是烟尘的比电阻，比电阻过高或过低都会使除尘效率降低。

## (2) 布袋除尘器

袋式除尘器可除去粒状污染物及重金属。袋式除尘器通常包含多组密闭集尘单元，其中包含多个由笼骨支撑的滤袋。烟气由袋式除尘器下半部进入，然后由下向上流动，当含尘烟气流经滤袋时，粒状污染物被滤布过滤，并附着在滤布上。滤袋清灰方法通常有下列三种方式：反吹清灰法、摇动清除法及脉冲喷射清除法。清灰下来的粉尘掉落至灰斗并被运走。在袋式除尘器的设计上，气布比是非常重要的因素，对投资费用及去除效率有决定性的影响。

袋式除尘器通常以清灰方式分类，在城市垃圾焚烧设施中，较常使用的型式为脉冲清灰法。脉冲喷射清除法可具有较大的过滤速度，废气是由外向滤袋内流动，因此其尘饼是累积在滤袋外。在清除过程时，执行清除的集尘单元将暂停正常操作，由滤袋出口端产生高压脉冲气流以清除尘饼。脉冲喷射清除法将使滤袋弯曲，造成尘饼破碎，而掉落在灰斗中。

如前所述，袋式除尘器同时兼有二次酸气清除的功能，上游的酸气清除设备中部分未反应的碱性物附着在滤袋上，在烟气通过时再次和酸气反应。

袋式除尘器的缺点是滤袋材质脆弱；对烟气高温、化学腐蚀、堵塞及破裂等问题甚为敏感。八十年代后，各国致力于滤料技术开发，尤其聚四氟乙烯薄膜滤料（PTFE）在袋式除尘器上开发应用，使袋式除尘器上述弊端得以极大改观。薄膜式过滤袋利用薄膜表面，以均匀微细的孔径，取代传统的一次尘饼，去除粉尘的效率非常高。由于薄膜本身的低表面摩擦系数、疏水性及耐温、抗化学特性，使过滤材料拥有极佳的捕集效果。袋式除尘器目前已广泛应用于新建的城市垃圾焚烧厂及老厂改造上。袋式除

尘器和静电除尘器比较见表 5.6-2:

**表 5.6-2 袋式除尘器、静电除尘器性能比较**

项目		袋式除尘器	静电除尘器
集尘效率 (%)	<1 $\mu$	>90	<20
	1-10 $\mu$	>99	>95
	>10 $\mu$	>99	>99
风速 (m/s)		<0.02	<1
压力损失 (Pa)		~1500	300-500
耐热性		一般耐热性较差, 高温时需选择适当的滤布。	耐热性能佳, 一般可达 350 $^{\circ}$ C, 特殊设计可达 500 $^{\circ}$ C。
对烟气化学成分变化适应性		好	差
脱除二噁英		较好	差, 存在二噁英再合成现象
耐酸碱性		可选择适当的滤布	好
动力费用		略高	略低
设备费		基本相同	基本相同
操作维护费		较高	较低

随着环保要求的日益严格, 电除尘器不仅不能满足脱除有机物(二噁英等)、重金属的需要, 同时也不能满足粉尘排放的要求, 所以, 现在已基本不再采用电除尘器作为焚烧垃圾厂的粉尘处理装置。国家标准 GB18485-2014 中明确规定生活垃圾焚烧炉除尘装置必须采用布袋除尘器。因此, 本项目采用布袋除尘器除尘。

### 5.6.3 酸性气体净化工艺确定

垃圾焚烧过程中产生的酸性气体主要是 SO<sub>x</sub>、HCl、HF 和 NO<sub>x</sub>, 其净化方法有干法、半干法和湿法、三种, 这三种方法各有其优缺点。酸性气体的脱除工艺可单独使用某一种方法也可对这些方法进行组合运用。

#### 1、干法

干法除酸一般有两种方式, 一种是干式反应塔, 干性药剂和酸性气体在反应塔内进行反应, 然后一部分未反应的药剂随气体进入除尘器内与酸进行反应。另一种就是典型干法: 在进入除尘器前喷入干性药剂, 药剂在烟道内和除尘器内和酸性气体反应。

除酸用药剂大多采用消石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ，消石灰微粒表面直接和酸气接触，发生化学中和反应，生成无害的中性盐颗粒，在除尘器里，反应产物连同烟气中粉尘和未参加反应的吸收剂一起被捕集下来，达到净化酸性气体的目的。

消石灰吸附  $\text{HCl}$  等酸性气体并起中和反应，要有一个合适温度（ $140\sim 170^\circ\text{C}$ ），而从余热锅炉出来的烟气温度往往高于这个温度，为增加反应塔的脱酸效率，需通过换热器或喷水调整烟气温度，一般采用喷水法来实现降温。

此种方法的特点是：

(1) 易于维护

本系统工艺简单，不需配置复杂的石灰浆制备和分配系统，直接将消石灰粉喷入烟道中，设备故障率低，维护简便。

(2) 工艺流程简单，系统设备少，布置紧凑，节省占地。

(3) 系统压降低，节省了引风机的耗电量。

(4) 药剂使用量偏大，运行费用略高。

(5) 除酸效率相对湿法和半干法低，但一般情况下可以满足本工程的烟气排放要求；当烟气中酸性气体含量超标时，干法与半干法或湿法同时使用，也可以确保达到本工程的要求。

## 2、半干法

半干法除酸的吸收剂一般用氧化钙（生石灰  $\text{CaO}$ ）或氢氧化钙[消石灰  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ]为原料，制备成氢氧化钙（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）浆液（也有使用其它碱液的）。在烟气净化工艺流程中通常置于除尘设备之前，因为注入石灰浆后在反应塔中形成大量的颗粒物，必须由除尘器收集去除。由喷嘴或旋转喷雾器将  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  浆液喷入反应器中，形成粒径极小的液滴。由于水分的蒸发从而降低烟气的温度并提高其湿度，使酸性气体与石灰浆反应成为盐类，掉落至底部的灰斗。烟气和石灰浆采用顺流或逆流设计，无论反应器采用何种流动方式，其主要的目的均为维持烟气与石灰浆液滴充分反应的接触时间，以获得较高的除酸效率。

半干式反应塔内未反应完全的石灰，可随烟气进入除尘器，若除尘设备采用袋式除尘器，部分未反应物将附着于滤袋上与通过滤袋的酸性气体再次反应，使脱酸效率

进一步提高，相应提高了石灰浆的利用率。

此种方式的特点是：

(1) 脱酸效率较高，对 HCl 的去除率可达 96% 以上，此外对一般有机污染物及重金属也具有良好的去除效率。

(2) 不产生废水排放，耗水量较湿式洗涤塔少。

(3) 系统工艺流程较简单，但反应塔喷嘴要求很高，目前主要依赖进口，价格昂贵，且需要配置备用喷嘴。

(4) 石灰浆制备系统较复杂，系统易堵、易磨损，维护工作量很大。

### 3、湿法

湿法脱酸采用洗涤塔形式，洗涤塔分为吸收部和减湿部，在吸收部喷入 NaOH 溶液，烟气进入吸收部后经过与 NaOH 溶液充分接触得到很高的脱酸效果，且可喷入少量的螯合剂去除烟气中的 Hg。经吸收部处理后的烟气进入减湿部，在减湿部喷入大量自来水，使烟气急骤冷却达到饱和温度以下，降低烟气中水分。洗涤塔设置在除尘器的下游，以防止粒状污染物阻塞喷嘴而影响其正常操作。湿法洗涤塔产生的废水经处理后，其产生的污泥经浓缩脱水后，以干态形式排出。

此种方式的特点是：

(1) 净化效率很高，国外应用多年的业绩均可证明其对 HCl 的脱除效率可达 99% 以上，对 SO<sub>2</sub> 亦可达 95% 以上。

(2) 产生含高浓度无机氯盐及重金属的废水，根据工程所在地环保排放要求，采用相应处理工艺对该废水进行处理，达标后排入城市污水管网。

(3) 处理后的废气因温度降低至烟气露点温度以下，为防止烟囱出口形成白烟现象，以及防止对后续建筑物的腐蚀，需要配置再加热装置。

(4) 设备投资高，运行及维护费用也较高。

### 4、干法、半干法和湿法的特点比较

干法、半干法和湿法的特点比较如表 5.6-3 所示：

表 5.6-3 干法、半干法和湿法脱酸特点比较

比较项目	干法	半干法	湿法
脱酸效率	较高	高	极高
技术成熟性	成熟	成熟	成熟
应用广泛性	较广泛	较广泛	一般
有无后续废水	无	无	有
初期投资	较低	中等	高
运行维护费用	较低	较低	高
操作性	简单	较复杂	复杂

通过以上分析比较，湿法净化工艺的酸性气体脱除效率最高，超过了本工程的酸性气体脱除需要，其工艺组合形式也多种多样，但由于流程复杂，配套设备较多，并有后续的废水处理问题，一次性投资和运行费用高，多在经济发达国家应用。

干法净化工艺在日本的焚烧厂建设中有较多的应用，其工艺比较简单，投资低，运行维护方便，干法工艺净化效率相对于半干法和湿法较低。

半干法净化工艺可达到较高的净化效率，不产生废水，设备投资较高，维护工作量较大。欧洲的焚烧厂采用半干法的较多，半干法在国内也已经有较多成功的应用实例，并积累了一定的运行经验。

烟气净化工艺方案的确定是以立足国情，适当超前，方便操作，技术成熟，达到目前国际水平为指导思想。

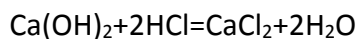
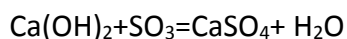
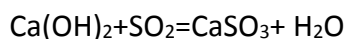
综合以上的分析，本工程的酸性气体脱除工艺基于半干法可达到但不能保证任何工况下达到排放指标要求的情况，根据实际运行经验，拟采用“半干法+干法”的组合工艺，确保达标排放。这种组合工艺技术成熟，运行可靠，控制方便灵活。当 HCl 和 SO<sub>x</sub> 原始浓度高的时候，可以通过增加干法工艺中碱性物质的喷入量以去除酸性气体。

### 5、“半干法+干法”组合工艺系统特点

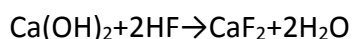
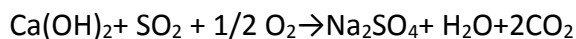
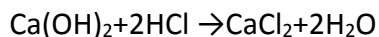
从余热锅炉出来的烟气进入半干式反应塔，塔的顶部设有石灰浆溶液旋转喷雾装置。从塔顶的喷嘴喷射碱溶液与烟气中的酸性气体发生中和反应，同时相应减少塔中

减温水的喷射量以保持半干式反应塔出口烟气温度稳定在约 160℃，这样同时也可以保证在整个过程中不会产生废水。烟气从反应塔出来后往布袋除尘器去，在反应塔与布袋除尘器之间的烟道内喷射碱性粉末进一步中和烟气中的酸性气体。

半干法：用氧化钙（CaO）或者氢氧化钙（Ca(OH)<sub>2</sub>）制备成氢氧化钙（Ca(OH)<sub>2</sub>）浆液。由旋转喷雾器将 Ca(OH)<sub>2</sub> 浆液喷入半干式反应器中，形成粒径极小的液滴。由于水分的蒸发从而降低烟气的温度并提高其湿度，使酸性气体与石灰浆反应成为盐类，掉落至底部的灰斗。反应式如下：



干法：NaHCO<sub>3</sub> 对比消石灰作为干法药剂的反应活性更高，本工程不考虑使用过于昂贵的 NaHCO<sub>3</sub> 脱酸。直接向烟气中增加喷射消石灰作粉末，也可以进一步降低烟气中的酸性气体浓度。反应式如下：



因此，综合考虑烟气排放指标及项目运行的安全稳定，本项目选用生石灰制成 Ca(OH)<sub>2</sub> 浆液作为半干法脱酸的碱，选用 Ca(OH)<sub>2</sub> 粉末作为干法脱酸的碱。

此种组合工艺的特点是：

- (1) 在半干式反应塔内喷射 Ca(OH)<sub>2</sub> 溶液，与酸性气体的反应效率较高。
- (2) Ca(OH)<sub>2</sub> 粉末喷射系统简单、易维护，可靠性高且使用灵活。
- (3) 脱酸系统中设备简单、不易出故障，稳定性好。
- (4) 由于 Ca(OH)<sub>2</sub> 与酸性气体的反应效率很高，与半干法的 Ca(OH)<sub>2</sub> 浆液喷射系统同时使用，可以确保烟气中的酸性气体排放稳定达标。
- (5) 脱酸药剂统一，可以并采购有益于运行管理。

从烟气排放达标的稳定性、设备运行的可靠性以及系统控制的方便灵活性考虑，



采用“半干法（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液）+干法（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$  干粉）”的组合工艺作为本工程的脱酸工艺。

#### 5.6.4 氮氧化物去除

垃圾焚烧厂脱氮常用的方式主要是选择性催化还原法（SCR）和选择性非催化还原法（SNCR）两种。SCR 以氨水为还原剂在专用的催化脱氮器中完成，脱除效率高，被认为是最好的固定源脱氮技术，但是投资和运行费用高，还原剂的泄漏也是需要关注的问题。SNCR 法是在高温（ $800\sim 1100^\circ\text{C}$ ）条件下，利用还原剂氨或碳酰胺（尿素）将  $\text{NO}_x$  还原为  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  方法，与 SCR 相比，脱除效率低，运行费用低，技术已工业化，但缺点是温度控制较难，氨气泄漏可能造成二次污染。

对于脱氮工艺，若要求脱氮效率高达 80% 以上，则需采用 SCR 工艺，若脱氮效率要求低一些，则可用 SNCR 工艺。SNCR 工艺的脱氮效率对新设计的焚烧炉喷氨位置在合适的温度窗口，则其效率可达 50% 左右。SNCR 工艺最大的优点是投资低，占地面积小，约为 SCR 工艺的  $1/3\sim 1/7$ 。

垃圾焚烧烟气氮氧化物初始浓度大约在  $350\sim 400\text{ mg}/\text{Nm}^3$ ，单独的 SNCR 系统很难使  $\text{NO}_x$  降低到  $80\text{ mg}/\text{Nm}^3$  以下，即满足 80% 的脱氮效率，而单独采用 SCR 工艺虽能满足 80% 的脱氮效率，但其投资成本又过于昂贵，因此，推荐采用 SNCR+低温 SCR 的联合脱氮工艺，该工艺具有以下优点：

- 在满足 80% 的脱氮效率前提下，投资成本最少；
- 节省还原剂使用量；
- 氨逃逸率低；
- 催化剂具有二噁英脱除功能。

#### 5.6.5 重金属及其化合物的治理

重金属类污染物源于焚烧过程中生活垃圾所含的重金属及其化合物的蒸发。由于不同种类重金属及其化合物的蒸发点差异较大，生活垃圾中的含量也各不相同，所以它们在烟气中气相和固相存在形式的比例分配上也有很大差别。“高效的颗粒物捕集”和“低温控制”是重金属净化的两个主要方面。

锅炉出口烟气温度约  $195\sim 230^\circ\text{C}$ ，烟气中的各种重金属分别以气态、液态、固态

三种形式存在。其中，Hg 和 As 这二种金属的挥发温度很低，在烟气中始终为气态，其它在垃圾焚烧过程上被蒸发的重金属在烟气温度为 400-500℃时，便由于冷却形成离散的重金属或其化合物的颗粒气溶胶固态微粒，然后生成细小烟气微粒或吸附沉淀在飞灰颗粒表面。细灰连同重金属形成的细小烟尘，在通过布袋除尘器时，被筛分过滤，附着在布袋除尘器表面，最终经布袋除尘器下的集灰斗排出。

布袋除尘器本来是用来除去废气中的粉尘等浮游物质的装置，但用于生活垃圾焚烧炉后的布袋除尘器，由于在气体中加入消石灰和活性炭，废气中的有害气体被反应吸附，然后通过布袋除尘器过滤而除去。关于利用布袋除尘器除去有害物质的机理如下：

首先是由粉尘在滤袋表面形成一次吸附层，随着吸附层的形成，废气中的粉尘在通过滤袋和吸附层时被除去；考虑到运行的可靠性，一次吸附层的粉尘量大致为 100g/m<sup>2</sup>。

一般生活垃圾焚烧炉烟气中的重金属，基本上可被布袋除尘器除去，汞（Hg）的去除率略低些，这是由于汞（Hg）的化合物作为蒸汽存在的原因。

本项目采用“半干法+干法+活性炭吸附+布袋除尘”的烟气净化工艺，配以活性炭吸附装置和高效的布袋除尘器，可以有效去除重金属，达标排放。

### 5.6.6 控制二噁英的措施

二噁英(PCDD)及呋喃(PCDF)是到目前为止发现的无意识合成的副产品中毒性最强的物质，是由苯环与氧、氯等组成的芳香族有机化合物，被认为是能致癌、致畸形、影响生殖机能的微量污染物。PCDD 有 75 种以上的同分异构体，PCDF 有 135 种以上的同分异构体，其中毒性最强的是 2、3、7、8 四氯联苯(2、3、7、8TCDD)。

二噁英的生成机理相当复杂，已知的生成途径可能有以下几方面：

(1) 垃圾中本身含有微量的二噁英。由于二噁英具有热稳定性，尽管大部分在高温燃烧时得以分解，但仍会有一部分在燃烧以后排放出来。

(2) 在燃烧过程中由含氯前体物生成二噁英。含氯前体物包括的聚氯乙烯、氯代苯、五氯苯酚等，在燃烧中前体物分子通过重排、自由基缩合、脱氯或其他分子反应等过程会生成二噁英。这部分二噁英在高温燃烧条件下大部分也会被分解。二噁英在

一定温度下分解 99.99% 所需时间见图 5.6-1。

(3) 当燃烧不充分时，烟气中产生过多的未燃尽物质，在 300~500℃ 的温度环境下，若遇到适量的触媒物质（主要为重金属，特别是铜等），在高温燃烧中已经分解的二噁英将会重新生成。

控制二噁英的技术措施有如下三种：

(1) 燃烧管理：选用合适的炉膛和炉排结构，使垃圾充分燃烧；炉温控制在 850℃ 以上，停留时间不小于 2 秒，O<sub>2</sub> 浓度不少于 6%，并合理控制助燃空气的风量、温度和注入位置，也称“三 T”控制法，使含二噁英类的未燃气体完全燃烧，从而把二噁英的生成抑制到最低水平。缩短烟气在处理和排放过程中处于 300~500℃ 温度域的时间，以防二噁英重新合成

(2) 袋式除尘器：选用高效的布袋除尘器，袋式除尘器对固体颗粒具有高效的拦截效果，可拦截烟气中固相的二噁英。

(3) 活性炭喷射吸附去除。在袋式除尘器入口部的烟道直接喷射粉末状活性炭，喷射的活性炭吸附烟气中的汞蒸汽及气相二噁英类。

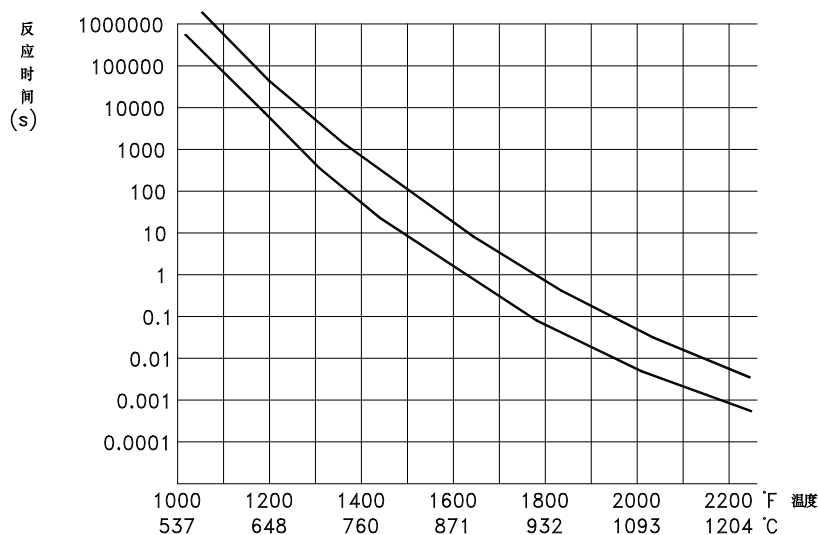


图 5.6-1 二噁英（TCDD）分解 99.99% 所需时间

### 1、焚烧炉的燃烧管理

通过燃烧管理和袋式除尘器的配合使用，能够使烟气中的二噁英含量降到

$\leq 0.1\text{ng}/\text{Nm}^3$ 。可以大大减少活性炭的消耗量。这是因为通过焚烧炉和自动燃烧控制系统(ACC)的配合实现了焚烧炉的完全燃烧。

### 2、在袋式除尘器里去除二噁英

袋式除尘器可以拦截固相二噁英，去除率可达 90%以上。

### 3、活性炭吸附方式

通过实际焚烧厂的实验，已经确认了向袋式除尘器的前面烟气中喷射少量的活性炭能够高效率地吸附二噁英类物质。

## 5.6.7 推荐工艺技术方案

本项目烟气净化系统采用“SNCR 脱硝+半干法+干法+活性炭吸附+布袋除尘+SCR 脱硝”组合工艺，烟气污染物排放执行表 5.6-1 排放标准。

## 5.7 固体废物灰渣处理

垃圾焚烧后产生的固体废物主要由两部分组成：从焚烧系统中排出的炉渣、炉灰及烟气净化系统中排出的飞灰。按 GB18485-2014《生活垃圾焚烧污染控制标准》规定，焚烧炉渣可按一般固体废物处理，焚烧飞灰则应按危险废物处理。其他烟气净化装置排放的固体废物按 GB5085.3《危险废物鉴别标准》判断是否属于危险废物，如属危险废物，则按危险废物处理。

### 5.7.1 炉渣处理

本项目中垃圾焚烧发电厂产生的炉渣约为原生垃圾的~17%左右，为避免炉渣随意倾倒对环境造成危害，焚烧炉排出的炉渣采用机械输送系统送至渣池，再经抓斗抓至运渣车，外运配套设施进行炉渣综合利用。经高温燃烧后的炉渣，经筛分、除铁后作建筑材料：可作水泥混凝土和滤青混凝土的骨料；可制墙砖或地砖；可作道路填充用材料。根据质量平衡，本项目每年炉渣产量 56700 吨。

### 5.7.2 飞灰处理

本项目中烟气净化系统收集的飞灰，来自于半干法反应塔与布袋除尘器落灰斗收集的飞灰组成。约为原生垃圾的 4%左右。作为危险废弃物飞灰,经刮板输送机输、斗式提升机送入灰库。在固化车间进行螯合剂/水泥稳定化处理，经检验合格后运至配套飞

灰（应急）填埋场填埋。根据质量平衡，本项目每年飞灰产量 11322 吨。

### 5.8 垃圾焚烧发电工艺流程框图

本项目垃圾焚烧发电工艺流程框图见图 5.8-1：

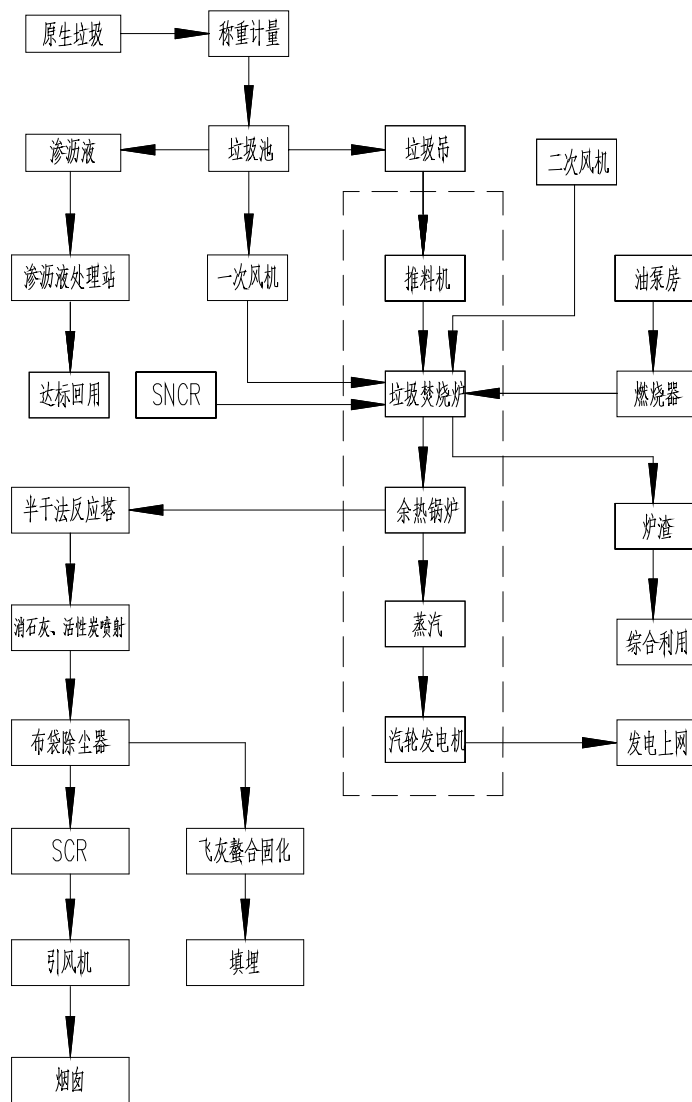


图 5.8-1 垃圾焚烧发电工艺流程框图

## 第6章 工程设想

### 6.1 厂区总平面布置

#### 6.1.1 设计依据及基础资料

##### 6.1.1.1 设计采用的国家及地方标准和规范

- ◆ 《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018年版）；
  - ◆ 《厂矿道路设计规范》GBJ22-87，1988年；
  - ◆ 《工业企业总平面设计规范》GB50187-2012；
  - ◆ 《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB18485-2014；
  - ◆ 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》CJJ90-2009；
  - ◆ 《生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》建标142—2010；
  - ◆ 《小型火力发电厂设计规范》GB50049-2011；
  - ◆ 《火力发电厂总图运输设计技术规程》DL/T 5032-2005，2005年；
  - ◆ 《火力发电厂与变电所设计防火规范》GB50229-2006；
- 其它相关的国家及地方规范、条例、标准等。

##### 6.1.1.2 基础资料

- (1) 垃圾焚烧厂1:500红线地形图；
- (2) 《泰州市生态保障园基础设施工程设计项目建议书》二〇一七年八月。

#### 6.1.2 总平面布置原则

- ◆ 满足生产工艺流程要求，人流、物流顺畅，各类管线便捷、合理；
- ◆ 因地制宜，充分利用地形条件，节约用地，减少土石方，节省建设投资，方便管理；
- ◆ 利用自然条件，注意保护环境；
- ◆ 根据功能区的不同特点，采取分区布置的方式；
- ◆ 严格执行国家现行的防火、卫生、安全等有关技术规范，确保生产安全；
- ◆ 降低工程造价，减少运行费用。

### 6.1.3 总平面布置

本项目厂址位于本项目厂址位于泰州市资源循环利用基地（生态保障园）内（原红旗良种场三工区）、泰州市生活垃圾焚烧发电项目一期西侧。焚烧厂区占地 104.04 亩，符合泰州市城市总体规划。

垃圾焚烧厂总平面布置图见：总图-1。

#### 6.1.3.1 功能分区

根据本垃圾焚烧发电厂各部分在生产中所起的作用不同，将整个厂区划分如下四个功能区：主要生产区、辅助设施区、运输设施区、办公生活区。

功能分区图见：总图-3

##### （1）主要生产区

本区由焚烧主厂房、烟囱组成；主厂房由垃圾卸料大厅（它的下层为水处理间、机修、电修间、化验室、压空间等）、垃圾池、焚烧锅炉间、烟气净化间、固化车间、汽机间、中央控制室（下层为高低压配电室）、值班室、门厅等组成一个联合厂房，布置在厂区东部；烟囱布置在主厂房南侧。以达到缩短工程管线、提高环境质量和生态平衡的目的。

##### （2）辅助设施区

本区主要有两部分组成，一部分是位于主厂房西南侧，一部分位于主厂房南侧。第一部分的辅助设施区由循环水泵房及水池冷却塔、清水泵房及清水池、污水站，第二部分的辅助设施由升压站、取水提升泵站、小油库

##### 3、运输设施区

本区由地磅房及地磅、货流出入口大门、垃圾运输坡道等组成，地磅设电子汽车衡，主要用于称量进厂垃圾，同时也用于称量出厂的飞灰、飞灰固化块、旁通废弃物及不可处理的废弃物。在地磅房前设置检视区域。地磅及地磅房布置在厂区东北角的垃圾进厂道路上，距垃圾进厂大门约 30m。垃圾运输坡道长 100m，宽 8.0m。

##### （4）办公生活区

本区由综合楼、门卫房、广场、停车场及文体活动场、环保教育基地组成，布置在主厂房西侧，在周边（特别是西面、南面）做丰富的园林绿化设计、园林小品等。

与主厂房中间有道路及绿化区隔离，以减少生产区对生活区的影响。

### 6.1.3.2 总平面布置说明

焚烧主厂房是焚烧发电厂的核心设施和主体建筑，考虑垃圾运输情况、工艺流程及当地主导风向等因素，主厂房布置在厂区的东部，焚烧工艺流程由北向南延伸，烟囱设置在主厂房南侧，形成厂区主要生产区。

厂区人流出入口设置在西北侧，人流线路便捷。综合楼南侧设置办公停车区，用于办公人员的停车使用。

辅助生产区主要布置在主厂房周围，便于工艺和各种管线布置。块区布置方式基本为：

水工区布置在主厂房西南侧，管线距离较短，工艺流程合理。

污水站在主厂房东南侧。

厂区内部人流和物流分离，尽量避免主要人流和物流之间交叉干扰，物流出入口布置在厂区西北角。人流出入口布置在西北侧，建一座地磅房，其中设两台 80t 地磅。

### 6.1.3.3 厂区建、构筑物子项组成

本项目子项组成见表 6.1-1:

表 6.1-1 工程子项一览表

子项号	子项名称	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	用地面积 (m <sup>2</sup> )	备注
01	主厂房	22155	13300	
02	烟囱		120	高 80m
03	门卫房	30	45	
04	循环水泵房及水池冷却塔	595	1870	
05	清水泵房及清水池	150	790	
06	垃圾运输坡道		1310	
07	污水处理站	1563	3960	
08	升压站	350	380	
09	综合楼	6580	1550	
10	取水提升泵站	35	200	



11	地磅房及地磅污	20	161	
12	小油库	50	300	
13	飞灰晾晒车间	1020	1020	
	合计	32548	24996	

#### 6.1.4 竖向设计

竖向布置图见总图-4。

厂区竖向布置结合场地整平及工艺流程要求，确定垃圾卸料大厅与主厂房地坪标高采取错层的办法，以减少垃圾池的开挖量。

厂区所在地位平原地区，故厂区竖向布置采用平坡式布置。根据土方平衡的原则，场地场平标高为 3.5 米，建构筑物室内外高差为 0.3~0.45 米，以利于向道路排水。厂区雨水、污水由给排水系统统一收集、处理后再循环利用。

#### 6.1.5 道路与运输

本项目交通流线分析图见：总图-2

##### 6.1.5.1 厂区出入口设置

厂区设置两个出入口，分别为人流出入口和物流出入口，以实现人、物分流。人流出入口位于厂区厂西侧，物流出入口位于厂区西北角。

##### 6.1.5.2 厂外道路

项目厂址位于城区东北角，离泰州市中心 13.5 公里，距离火车站约 4.6 公里，启扬高速、兴泰公路穿域而过，满足大件运输条件。北侧的货流出入口衔接泰州市农业开发区生态保障园东南环路，可作为本项目的垃圾运输线路，进入本项目主厂房。

##### 6.1.5.3 厂内道路

厂区道路采取环形布置形式，以满足生产、运输及消防等的要求。厂内道路路面宽度分别为 8.0m、6.0m，厂区道路最小转弯内半径分别为 6.0m、9.0m；单向转弯道路中心线半径为。垃圾运输专用道路最小曲线中心半径为 16.0m。垃圾车入口大门至卸料大厅约 100m，为垃圾专用运输道。根据厂矿道路设计规范，以及交通量，技术标准宜采用三级厂矿道路。

##### 6.1.5.4 运输组织及交通流向

厂区生产运输均采用汽车运输。

垃圾车从物流出入口进入，经称量后通过垃圾运输通道及上料坡道进入主厂房卸料平台，空车经原路返回出厂。

灰渣车经厂外道路通过物流出入口进出厂区。其它辅助生产资料运输均通过物流出入口进厂，经厂内道路到达各车间。

行政管理车辆、生活资料运输及人员通过人流出入口出入厂区。

#### 6.1.5.6 消防

消防车可经厂区人流出入口、物流出入口进出厂区，通过厂区内的环形通道到达各车间、设施、场地。消防车辆能无阻碍到达厂区任意区域。垃圾运输坡道底与其下路面高差大于 4 米，满足消防车辆通行要求。

#### 6.1.6 厂区室外管线种类

本项目室外管线包括：生产生活给水管、消防水管、生产生活污水管、渗滤液管、雨水管、循环水管、电力电缆线（管沟）、自控电缆线、照明电缆线、通讯管线、供油管线等。

#### 6.1.7 厂区绿化布置

##### 6.1.7.1 绿化理念

厂区的绿化美化的目的不仅可以展现企业形象、调节工厂小气候、过滤和滞尘，而且可以改善职工的工作环境。

为美化厂容厂貌，减少垃圾处理过程中对环境造成的影响，创造良好的工作环境，设计充分利用厂区内空地栽种抗污染较强的树种和植物。设计采用“点、线、面”结合的手法，为人们创造一个清新、优雅的绿化环境。“点”是充分利用车间周围的零星空地种植草坪，“线”是道路两侧及围墙内侧栽种的行道树，“面”是综合楼综合楼南面及主厂房西面和周边形成厂前绿化区，种植草皮、花卉、灌木、乔木和园林建筑小品。在道路两侧以及产生噪音和灰尘的地点适当种植滞尘、隔音的树种。

厂区绿化面积 20809 平方米，绿化系数 30%。在红线范围外进厂道路两侧同时考虑适当的绿化。厂区四周平整过的坡地应及时种植草皮及灌木、花卉等，防止水土流失，

保持生态平衡。

### 6.1.7.2 景观设计

厂区的景观绿化与生产设施、管理设施有机结合起来是本厂景观设计的一个特点。厂区内除采用了“点、线、面”结合的绿化手法外，还对厂前区进行了重点的景观规划。

### 6.1.8 厂区主要技术经济指标

厂区的各项技术经济指标见表 6.1-2:

表 6.1-2 厂区主要技术经济

序号	名称	单位	数量	备注
1	厂区征地面积	m <sup>2</sup>	69364	104.04 亩
2	厂区总建筑面积	m <sup>2</sup>	32548	
3	厂区建、构筑物用地面积	m <sup>2</sup>	24996	
4	建筑密度	%	33.7	
5	厂区道路广场面积	m <sup>2</sup>	5501	
6	绿化用地面积	m <sup>2</sup>	20809	
7	容积率		0.49	
8	绿化率	%	30	
9	土方量 填方	m <sup>3</sup>	10 万	
10	停车位	个	30	

## 6.2 建筑设计

### 6.2.1 本设计依据的主要技术规范

- ◆ 《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）2018 年版；
- ◆ 《火力发电厂与变电所设计防火规范》（GB50229-2006）；
- ◆ 《建筑地面设计规范》（GB50037-2013）；
- ◆ 《建筑模数协调统一标准》（GB/T50002-2013）；

- ◆ 《地下工程防水技术规范》（GB50108-2008）；
- ◆ 《屋面工程技术规范》（GB50345-2012）；
- ◆ 《无障碍设计规范》（GB50763-2012）。

## 6.2.2 主厂房建筑设计

### 6.3.2.1 建筑物功能

主厂房是本项目的核心建筑物，垃圾焚烧生产线，汽轮发电机组，均布置安装在这里。按使用功能，主厂房主要由卸料大厅、化水间、化验间、仓库、机修间、电修间、仪修间、压空间、垃圾池、焚烧锅炉间、出渣间、烟气净化间、烟气净化配电间、固化车间、制浆间、汽机间、除氧器间、高低压配电室、中央控制室及生产辅助用房等组成。

### 6.2.2.2 建筑物平、立剖面设计

焚烧锅炉间、烟气净化间和垃圾池主体为单层，局部二层；卸料大厅、汽机间、中央控制室及其它用房为二层或多层。

生产用房、辅助用房和垂直交通通道在平面布置上采用矩形组合形式，使得工艺联系紧密，运输路线短捷。

根据设备规格及其检修要求，合理设计厂房高度。本建筑物设计有四个大跨度屋面，屋顶采用轻钢、网架及钢筋混凝土。

### 6.2.2.3 安全及防火设计

本建筑物为丁类建筑，耐火等级为二级。设复合防火卷帘门。钢桁架及彩钢板喷涂耐火极限 1.5 小时的防火涂料。地下工程防水等级为一级，不允许渗漏，垃圾池、渗虑液池、渣池等采用钢筋混凝土自防水，并采用多层多种防水防腐材料，抗渗等级为 P8。工程耐久使用年限 50 年。

### 6.2.2.4 外观造型

本厂区建筑提倡建筑风格与工艺气息相协调，并与地域特色相融合的原则，为尽可能减少本项目对其周围环境的影响，对厂区各项设施进行合理布局和设计，我们强调建筑要随时代而发展，现代建筑应同工业化社会相适应；强调研究和解决建筑的实

用功能和经济问题；主张积极采用新材料、新结构，在建筑设计中发挥新材料、新结构的特性；主张坚决摆脱过时的建筑样式的束缚，放手创造新的建筑风格；主张发展新的建筑美学，创造建筑新风格。

主厂房外墙材料采用金属板、面砖、幕墙、铝合金百页、涂料等，屋顶为轻钢网架压型钢板屋面，外观现代、简洁、大气、优雅。

#### 6.2.2.5 主厂房参观通道设计

为了使本项目成为泰州市环保教育基地，满足各界人士的参观需求，本项目考虑了参观流线设计，参观流线体现了现代环保企业的开放性，也为城市提供一处重要的科普教育基地。

参观人员首先从主厂房的主入口进入 0.0m 层展览厅，参观各种展示，包括图片展示、产品展示以及多媒体展示等。从大厅乘坐电梯到 8.0m 运行层，走进参观走廊，沿途右侧，可通过开敞的窗扇观察到锅炉焚烧间及烟气净化间主要设备布置，左侧大开扇玻璃隔断，可到中央控制室，通过中央控制室的大屏幕可观察到全厂的实时垃圾从进厂到焚烧及烟气净化的处理的全部流程，及现场运作的各种指标。走出中控室回到参观走廊直走可到达汽机间的展示走廊，走廊两侧墙上悬挂的大屏幕展现全厂的工艺流程图。进入汽机间运转层，观察汽轮机组的运转，参观走廊的端头为消防楼梯，沿梯可上到 13.5 米层的除氧器间，亦可转到 0 米层步出厂外。参观人员也可沿参观走廊折返回来，通过防火门进入焚烧锅炉间的炉前及炉后平台做进一步的近距离参观，在炉前平台通过密闭间可到达卸料大厅参观垃圾卸料车卸料至垃圾池全部过程，通过卸料大厅可回到参观走廊，再通过电梯或楼梯即可上到 13 米层及垃圾吊控制室观察垃圾吊的操作及控制过程。

#### 6.2.3 综合楼及其它建筑物设计

本项目综合楼是集行政办公、生活服务为一体的综合性公共建筑，本设计为 5 层建筑。作为本项目办公、员工生活设施。总体布置考虑采用东西方向，阳台布置在东面，保证房间采光要求。

宿舍楼房间按照标准双人间设计，每个房间设有独立的卫生间和淋浴系统。主要

为行政宣传人员、运行管理人员等驻厂员工提供倒班住宿，满足全厂倒班人员的住宿需求。结构采用框架结构，保证结构整体的安全性。

楼梯分别安排在建筑物中部、东侧及西侧，从而合理的组织垂直交通空间。

建筑风格结合自然的肌理，创造出富于现代感的简洁建筑立面形象。体块划分丰富，设计了多个层次的室内外空间；立面开窗简洁，比例适宜，以经济的造价创造出优雅有韵律的立面风格。外墙饰面以白色涂料为主，局部装饰灰色涂料及窗框和金属构件，没有多余的装饰构件，干净利落。

周围环境的关系：建筑与环境布局从功能出发，综合一字型全开敞广场式的特点，与主入口和厂房形成呼应。

厂区的生产区域在和厂区的货流道路的地磅房是独立分开的，突出厂区的大门的气势。门卫造型设计尽量采用现代的夸张的钢结构造型要求，可以满足大跨度的异性样式设计，突出厂区的入口气势效果，给人塑造一个很大气的气势，营造一个现代化的绿色环保的厂区文化理念。

在设计考虑垃圾运输坡道设计的时候，从厂区环境和生态绿色的角度出发，我们将垃圾运输坡道设计成全封闭的玻璃幕墙的样式，这样除了可以达到厂区干净整洁的效果，同时也可以减少厂区臭味的扩散，营造安全卫生的厂区环境。

同时在垃圾运输坡道入口的起点位置，我们设计考虑有专门的坡道冲洗水的收集排水沟，在排水沟的一侧，设计考虑专门的冲洗水的收集池，同时将厂区的冲洗水和厂区的污水站的管道相联通，将冲洗废水打入污水站处理净化，二次回用。

厂区内污水站的设计，可以满足的 850 吨/天的生产线，同时考虑未来再次扩建的场地。

本项目共有 13 个建筑物，主厂房、综合楼、门卫房和地磅房、垃圾运输坡道、烟囱、循环泵房及冷却塔、清水泵房及清水池、升压站、污水处理站，取水泵房、小油库。它们的建筑为单层、二层及多层，建筑的类别均为戊级，耐火等级为二级，工程耐久年限为 50 年。

烟囱的设计，追求的是一种烟囱和标志性的标杆，具有一定的象征意义。烟囱的设计感觉与厂区群体建筑的互动、协调，突出造型化，弱化传统烟囱呆板的感觉。

## 6.2.4 主要建、构筑物防渗措施

由于垃圾池及渗滤液处理站内有大量的有毒废水，不进行妥当的防渗处理，会导致这些有毒物质渗透地下，并对地下水等资源造成破坏，进而影响人类的身体健康。本项目从维持电厂环境的角度出发，采用了比较好的防渗措施，对底板和侧壁根据不同的侧重点，均采取了不同的防渗手段。

垃圾池和渗滤液调节池底（从上到下）：300 μm 厚环氧玻璃鳞片涂层、10 厚环氧砂浆层、4 厚环氧玻璃钢隔离层（五布六涂）、C20 细石混凝土找坡 2%，最薄处 30 厚、K-210、K-220 水泥基渗透结晶 1.2mm 厚、C40/P8 抗渗防水混凝土底板（加聚丙烯纤维）、K-210、K-220 水泥基渗透结晶 1.2mm 厚、20 厚水泥砂浆保护层、聚乙烯薄膜（PE）隔离层、2.0 厚聚合物水泥基防水涂膜、20 厚 1:2.5 水泥砂浆找平层、100 厚 C15 混凝土垫层，随打随抹平、素土夯实。

垃圾池壁和渗滤液调节池壁（从内到外）：4mm 环氧玻璃钢隔离层（四布六油）、25 厚聚合物水泥砂浆找平层、K-210、K-220 水泥基渗透结晶 1.2mm 厚、C40/P8 抗渗防水混凝土底板（加聚丙烯纤维）、K-210、K-220 水泥基渗透结晶 1.2mm 厚、20 厚水泥砂浆保护层、聚乙烯薄膜（PE）隔离层、2.0 厚聚合物水泥基防水涂膜、20 厚 1:2.5 水泥砂浆找平层、50 厚聚苯板外保护墙。

## 6.2.5 建筑节能措施

综合楼墙体材料采用蒸压加气混凝土砌块砌筑；外墙保温材料采用保温砂浆、预制复合保温板等；屋面保温材料采用硬泡沫聚酯板、发泡陶瓷保温板等；窗扇玻璃采用 LOW-E 中空节能玻璃等。

## 6.3 结构设计

### 6.3.1 遵循的主要技术规范

- ◆ 《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB 50068-2001）；
- ◆ 《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）；
- ◆ 《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223-2008）；
- ◆ 《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）2016 年版；

- ◆ 《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2010);
- ◆ 《砌体结构设计规范》(GB 50003-2011);
- ◆ 《烟囱设计规范》(GB 50051-2013);
- ◆ 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011);
- ◆ 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79-2012
- ◆ 《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008);
- ◆ 《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2012);
- ◆ 《钢结构设计规范》(GB50017-2003);
- ◆ 《空间网格结构技术规程》(JGJ 7-2010);
- ◆ 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018-2002);
- ◆ 《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》(CJJ90-2009);
- ◆ 《给水排水工程构筑物结构设计规范》(GB 50069-2002);
- ◆ 《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》(CECS 138:2002);
- ◆ 《地下工程防水技术规范》(GB 50108-2008);
- ◆ 《电力工程地基处理技术规程》(DL/T 5024-2005);
- ◆ 《火力发电厂土建结构设计技术规定》(DL5022-2012);
- ◆ 《火力发电厂主厂房荷载设计技术规程》(DL/T5095-2007);

### 6.3.2 场地条件

建设场址位于泰州泰州东北部，场地地形为平原，场地自然标高在 1.9 米~3.2 米之间，地势相当平坦。查阅附近地质资料，场地内无全新活动断层，亦无其它不良地质作用存在，故拟建场地是稳定和安全的，适宜拟建项目建设。设计阶段需委托进行厂址的地质勘测。

据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001) 2016 版，场区抗震设防烈度为 7 度，设计基本加速度值为 0.1g，设计地震分组第一组。

### 6.3.3 主厂房结构

#### (1) 结构安全等级

根据《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068-2001) 本建筑设计使用年限为 50 年，安全等级二级；根据《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223-2008) 本建



筑结构抗震设防类别为丙类。

### (2) 结构形式

考虑结构抗震的复杂性及厂房总长度及宽度超过规范规定的伸缩缝最大间距，结合建筑工艺要求，拟在纵向设一抗震兼伸缩缝：汽机间、中央控制楼及办公部分为一块，采用钢筋混凝土框架结构，钢筋混凝土汽轮机基础与主体结构设缝分开；卸料大厅、垃圾池、锅炉间及烟气净化间为一块，采用钢筋混凝土框架-剪力墙结构，考虑剪力墙偏心，在端跨横向设柱间支撑以加强抗震抗风能力。结构横向设后浇带。

屋面拟采用轻钢网架结构。主体结构混凝土强度等级地面以下拟采用 C35，地面以上拟采用 C30，垃圾池拟轻钢防腐双层屋面，内夹玻璃保温棉。

### (3) 地基基础

综合考虑结构安全可靠、技术经济合理、施工方便等各种因素，柱及大型设备基础拟采用桩基础、独立基础或筏板基础。荷载较小的设备基础拟采用天然地基基础。

### (4) 垃圾池

垃圾池壁及底板采用混凝土强度等级为 C35。垃圾池壁及底板的受力钢筋拟选用符合抗震性能指标的 HRB400 级热轧钢筋。混凝土的密实性应满足抗渗要求，混凝土的抗渗等级要求 P8。垃圾池不设温度伸缩缝及后浇带，为了避免混凝土的收缩开裂，在垃圾池、渗滤液池、渣池混凝土内掺加高性能混凝土膨胀防腐抗裂剂及聚丙烯纤维，以抵消温度收缩应力。卸料大厅楼面梁板采用钢纤维混凝土，增加楼面的抗磨蚀性能及韧性。

## 6.3.4 其它建、构筑物结构

综合楼、门卫房，结构安全等级二级，抗震设防类别为丙类，拟采用钢筋混凝土框架结构，混凝土强度等级拟采用 C30，基础拟采用天然地基基础。

烟囱结构安全等级二级，抗震设防类别为丙类，拟采用钢筋混凝土结构，采用标准设计，基础拟采用桩基础。

清水泵房及清水池、地磅房及地磅、循环泵房及冷却塔等均为地上一~二层，部分有地下室及半地下室钢筋混凝土框架或框、剪结构，按建筑工艺要求设置，基础采用天然地基基础。

### 6.3.5 防灾方案

#### (1) 地震

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)及当地相关规定,本地区抗震设防烈度为7度,设计基本地震加速度值为0.10g。

其基本的抗震设防目标是:当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,主体结构不受损坏或不需修理可继续使用;当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时,可能发生损坏,但经一般性修理仍可继续使用;当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时,不致发生倒塌或发生危及生命的严重破坏。

#### (2) 水灾

为了有效防御灾害性洪水,规范防汛抗洪程序,切实保障人民生命财产安全,最大程度的减轻灾害损失,根据《中华人民共和国防洪法》和《中华人民共和国防汛条例》规定,结合当地防汛工作的实际情况,制定相应的预案。在结构设计时地下部分根据最不利地下水位考虑抗浮设计,同时有组织排水,确保地面不大面积积水。

#### (3) 火灾

严格按照《建筑设计防火规范》GB50016-2014要求设计消防通道及配置相应的消防设备。为了做好电厂的消防工作,确保广大员工的人身生命财产安全,落实消防工作“以防为主,防消结合”的基本原则,应付突发的火灾事故,制定相应的消防预案。

## 6.4 垃圾接收、储存和运输系统

生活垃圾由垃圾收集车或垃圾中转车运入本厂,经地磅称重计量后,进入垃圾卸料大厅,将垃圾卸入垃圾池贮存,并用垃圾吊车搅拌混合垃圾后再将垃圾送入焚烧炉。系统主要包括以下设施:地磅、垃圾运输坡道、垃圾卸料大厅、垃圾卸料门、垃圾池、垃圾吊车、除臭设施。

### 6.4.1 垃圾运输路线及对沿线敏感点的影响及防治对策

#### 6.4.1.1 垃圾运输路线

项目厂址位于城区东北角,离泰州市中心13.5公里,距离火车站约4.6公里,周边有启扬高速、兴泰公路穿域而过,满足大件运输条件。北侧的货流出入口接泰州市

资源循环利用基地（生态保障园）内东南环路。垃圾通过货流进厂大门，地磅、垃圾专用道路及垃圾运输坡道运入主厂房卸料大厅，将垃圾卸入垃圾池，然后按原路返回。

垃圾车入口大门至卸料大厅约 100m，为垃圾专用运输道。根据厂矿道路设计规范，以及交通量，技术标准宜采用三级厂矿道路。

#### 6.4.1.2 垃圾运输对沿线敏感点的影响及防治对策

- 1) 采用带有垃圾渗出水储槽的垃圾密封运输车装运，对在用车加强维护保养，并及时更新垃圾运输车辆；
- 2) 定期清洗垃圾运输车，做好道路及其两侧的保洁工作；
- 3) 在厂前路设置专用的污水收集管道和雨水收集管道；
- 4) 每辆运输车配备必要的通讯工具，当垃圾运输路途中发生事故，尽快通知有关管理部门及时、妥善处理。

#### 6.4.2 垃圾称重接收系统

##### 6.5.2.1 检视

在汽车衡前后均设有检视缓冲区，以提供空间方便地磅管理人员对于需检查车辆的检查，在检查的同时又不影响其他车辆的正常进出。汽车衡前的缓冲区还可以作为高峰时的车辆缓冲区，以避免堵塞进厂道路，也避免车辆停留在厂外道路，从而影响周边居民的正常生活。

城市垃圾由专用垃圾车运入本厂，先进行检视，以认定其是否符合接受标准（如不接收危险废物）。检视平台位于地磅入口前之道路旁，以方便地磅管理人员对可疑车辆所载运废弃物进行检查。符合《垃圾处理服务协议》的许可垃圾，进行过磅作业，否则，令其返回。

##### 6.5.2.2 称重

垃圾称重系统主要功能是：对进厂的垃圾进行统计和称重，主要包括称重、记录、传输、打印与数据处理等功能。实现日常数据处理，制作日报表、月报表及向中控室数据处理装置的数据传送，设有监控与数据传输系统，同时将报表定期送交有关部门进行核算和计费。

本项目总设计规模为一期 850 吨/日，考虑二期垃圾量，选择规格为 80t 的汽车衡

2套，为避免垃圾车进厂高峰时造成拥堵，两套汽车衡具备双向读卡功能。

本项目采用具有先进水平的自动电子汽车衡系统，汽车衡可实现全自动称量（即自动指挥车辆上下秤、自动识别车号、称重数据自动记录和保存），分为硬件系统和软件系统两部分组成。

系统硬件设备包括：网络硬件设备（含服务器、工作站、网络配件、UPS电源等）、感应式IC卡及读写设备、全自动挡车道闸、车辆检测器、LED中文电子收费显示屏、交通灯（红绿灯）、电子汽车衡（地磅）等。

软件系统包括服务器操作系统和数据库管理系统。

地磅所用的计算机系统采用网络彼此联结，一台地磅的计算机系统发生故障，该地磅仍可由另一台计算机系统进行操作。地磅称量所得到的资料，均可传送至计算机系统，达到信息共享目标，并与厂内主控计算机联网，所记录数据不能修改。

#### 6.4.2.3 垃圾运输垃圾运输坡道

在进入垃圾卸料大厅前，设一座双向车道的垃圾运输垃圾运输坡道，垃圾车从一个进出口进入垃圾卸料大厅。垃圾运输垃圾运输坡道全封闭设计，避免臭味外溢，同时设有雨水、渗沥液收集沟。

#### 6.4.2.4 垃圾卸料大厅

垃圾卸料厅功能：供垃圾车辆的驶入、倒车、卸料和驶出，以及垃圾车辆的临时抢修。

卸料大厅通过垃圾运输坡道与地磅站相连。经称量后的垃圾运输车按指定路线和信号灯指示驶入卸料大厅。

卸料大厅宽度定为22m，卸车大厅标高8m，长84m。采取二层进料方式不仅增加地表以上垃圾池有效容积、减少垃圾池土建投资费用，同时在下层布置化水间、化验间、中水回用车间、仓库、机修间、电修间、仪修间、压空间等，节约土地。

在卸料大厅一侧设置垃圾吊检修运出垂直通道，垃圾吊可通过该通道直接由垃圾抓斗检修平台送至卸车平台进行检修或由卡车运出。

卸料大厅清洗主要采用人工清池扫，只考虑少量水冲洗。卸车平台在宽度方向有1%坡度，坡向垃圾池侧，垃圾运输车洒落的渗沥液，流至垃圾池门前的排水孔，导入

垃圾池。

#### 6.4.2.5 卸料门

本项目共设置 5 座垃圾卸料门，可实现分区作业。卸料门前装有红绿灯的操作信号，指示垃圾车卸料。卸料门具有电动和手动二种功能。为使垃圾车司机能准确无误地把车对准垃圾门，将垃圾卸入垃圾坑内而不使车翻到垃圾坑中，在每个门前有白色斑马线标志，靠门处设高度为 300mm 的车挡。根据国内现有一些焚烧厂的运行经验，在小型垃圾车卸料门处，距平台适当高度处设置翻车挡，同时在地面设置地锚，以防止车辆倾翻；垃圾卸料门间设有隔离岛，以避免垃圾车相撞，并给工作人员提供作业空间。在卸料门前设空气幕，以防垃圾倾倒时臭气外逸。

垃圾卸料门的尺寸为宽×高=3800mm×6000mm。

#### 6.4.2.6 交通指挥控制系统

为便于卸料大厅内垃圾运输车辆的管理和防止事故的发生，厂内设置交通指挥控制系统一套，系统终端设置在吊车控制室内。卸料大厅每个垃圾门上设置显示牌，垃圾门口卸车处设置红外开关，卸料大厅入口处设置红绿灯及红外开关。

当运输车辆进入大厅入口处，可根据红绿灯指示及车位状态显示牌或等候或驶入空闲车位。当车辆驶入卸车位后，触发红外信号，连锁启动垃圾卸料门，开始卸料。当各车位处于满位情况时，大厅入口处显示红灯，车辆在此等候。为防止垃圾倾倒在垃圾抓斗上，导致对垃圾抓斗及其电缆造成损坏，要求垃圾抓斗起重机系统与卸料门连锁控制。

为配合卸料大厅入口管理，入口处设置摄像机，视频信号送到吊车控制室。

### 6.4.3 垃圾池

垃圾贮存池为密闭、且具有防渗防腐功能，并处于负压状态的钢筋混凝土结构的池。

#### 6.4.3.1 垃圾贮坑容积

确定垃圾池的容积必须考虑以下因素：

- (1) 垃圾日供应量可能出现的大波动；
- (2) 要考虑进厂原生垃圾含水量较大，不适合直接进炉焚烧，需要在垃圾池内堆

存以便垃圾适度发酵和垃圾渗沥液的尽量析出，保证焚烧炉的稳定燃烧。

(3) 要考虑到停炉检修时预留一定的垃圾接收与贮存空间。

我们设定垃圾平均容重为  $0.45\text{t}/\text{m}^3$  为垃圾池容量的计算基础。垃圾池长度  $67.2\text{m}$ ，宽度  $27.4\text{m}$ ，深  $14\text{m}$ ，池底标高  $-6.000\text{m}$ ，设至卸料平台高度处可储存容积为  $25778\text{m}^3$ 。垃圾池在应急时还可以在卸料门对侧斜着堆放一定数量的垃圾，则池总堆放容积可达到  $30300\text{m}^3$ ，可满足  $850$  吨焚烧生产线不少于  $16$  天的垃圾焚烧量。

#### 6.4.3.2 渗沥液导排

针对泰州市生活垃圾热值低、含水率高、随季节变化幅度大等特点，本项目对垃圾池进行了以下设计：

(1) 本项目能够储存近  $16$  天的垃圾量，不仅使垃圾在池内能够充分的脱水、混合，以改善焚烧炉的燃烧状况，提高入炉垃圾的热值。而且能使焚烧厂在自身或外界负荷变化下有较强的缓冲能力。

(2) 垃圾池在宽度方向有  $2\%$  坡度，并在靠近垃圾门垃圾池侧设一定数量的双层格栅门，污水沟宽  $0.5\text{m}$ ，外侧留有宽度  $1\text{m}$  以上的人行通道，以利格栅门维修及清除垃圾堵塞。渗沥液通过拦污栅进入污水导排沟内，最后汇集在渗滤液池。在渗沥液导排不畅的情况下，检修人员可以身着防护装备进入污水导排沟内进行清理作业。

(2) 从建筑结构角度考虑，垃圾贮坑底部位于地下  $7\text{m}$  处，除承受土压、水压外，还有支撑贮坑内垃圾、上部房屋与吊车的重量的作用，因此垃圾池壁及底板的受力钢筋拟选用符合抗震性能指标的 HRB400 级热轧钢筋。混凝土的抗渗等级要求 P8。垃圾池不设温度伸缩缝及后浇带，为了避免混凝土的收缩开裂，在垃圾池、渗滤液池混凝土内掺加高性能混凝土膨胀防腐抗裂剂及聚丙烯纤维，以抵消温度收缩应力。

(3) 设置一个渗滤液池和两台渗滤液泵，由于渗滤液池位于地下  $-6$  米以下，收集池按照  $367\text{m}^3$  设计，约能储存  $1.5$  天的渗沥液量，当收集池内液位到达一定高度时，污水泵将渗沥液送往焚烧发电厂内的污水处理装置处理。。为了保证安全，设有瓦斯检测仪表；所有电机为防爆设计，其他电气和自控接点均按防爆设计。设有新鲜空气进风系统和排气系统，采用防爆风机。

(4) 垃圾池和渗滤液池底部和四周都采取了必要的防渗措施，既防止了渗沥液的

渗出，也避免了地下水的渗入。

通过以上措施，能够做到及时导排渗沥液，大大减少垃圾贮坑内渗沥液的淤积，从而降低入炉垃圾的含水率，提高热值。

垃圾池上部设有焚烧炉一次风机的吸风口。风机从垃圾贮坑中抽取空气，用作焚烧炉的助燃空气。这可维持垃圾贮坑中的负压，防止坑内的臭气外溢。

#### 6.4.3.3 卸料大厅和垃圾池的密封、负压及除臭

卸料大厅和垃圾池的密封、负压及除臭对于焚烧厂来说至关重要，本项目主要采取以下措施来保证：

(1) 为了防止垃圾渗沥液漏入卸料大厅地面并渗入水泥中，垃圾卸料大厅地面采取防渗措施，防止卸料大厅地面渗入臭气物质。

(2) 为了解决国内垃圾焚烧发电厂普遍存在的臭气问题，在卸料大厅通往主厂房的通道门前设置气密室，通过向气密室送风使其室内保持正压，可有效防止臭气进入主厂房。另外在焚烧车间通往外部的所有通道门前均设有气密室。

(3) 在卸料平台的相应部位设置供水栓，以利于清洗卸料时污染的地面，卸料平台设计有一定的坡度使之易于排出清洗污水。

(4) 在卸料大厅进、出口处设置空气幕，以防臭气外逸。

(5) 为了减少垃圾贮坑臭气外逸污染环境，在垃圾池上部设抽气风道，由鼓风机抽取作为焚烧炉一次燃烧空气，使得垃圾池保持负压状态。

(6) 在停炉检修时，由设置的专用风道通过除臭风机抽取垃圾池臭气，经活性炭除臭装置处理后达标后排入大气。

(7) 为保证垃圾池的密闭性，卸料门采用密封性良好的产品，不卸料时关闭卸料门，控制垃圾卸料门同时开启数量；为确保垃圾池的安全，设置甲烷等可燃气体的浓度测量装置，设自动报警装置。

8) 在垃圾吊控制室、焚烧炉料斗、进入垃圾仓的管道、电缆桥架、检修孔洞等用密封材料进行密封，进出垃圾池的检修门设置双道门隔离。

## 6.4.4 垃圾吊车

### 6.4.4.1 垃圾吊车选择

我国垃圾成分复杂，热值变化大，热值低，水分高，为了保证焚烧炉的稳定燃烧，垃圾的均匀化非常重要，这一过程主要靠垃圾吊车和操作人员来实现。

在垃圾吊车设置应附合下列要求：

- 1) 配置应满足作业要求，且不宜少于两台；
- 2) 应有计量功能；
- 3) 宜设置备用抓斗；
- 4) 应有防止碰撞措施。

为确保垃圾吊车操作人员的安全可靠操作，垃圾吊车控制室应附合下列要求：

- 1) 垃圾吊车控制室应有换气、空调措施；
- 2) 吊车控制室面对垃圾池的一面应有密闭、安全防护的观察窗，观察窗设计应有防反光、防结露及清洁措施。

根据以上原则及本项目垃圾处理量，拟选用 2 台 16t ( $V_{\text{抓斗}}=10\text{m}^3$ ) 垃圾吊车，1 用 1 备，垃圾吊车可以实现手动、半自动或全自动的切换。

为保证技术的先进性，本项目拟采用国产著名品牌垃圾吊车，和进口抓斗，其控制可以实现手动、全自动、半自动或全自动的切换。

### 6.4.4.2 垃圾吊车配置

垃圾池上方设 2 台起重量 16t，抓斗容积为  $10\text{m}^3$  的多瓣式液压抓斗吊车（配 2 个抓斗，二期建设时再配备一台抓斗作为两条线的备用抓斗）。吊车上设置称量装置，并且具有分系统计量、预报警、超载保护及防摆、防倾、自定位、防撞等功能，能进行记录并能在吊车控制室显示统计投料的各种参数，并与垃圾卸料门的开启进行连锁控制。吊车配备手动操作系统和自动操作系统切换口，可供焚烧炉加料及对垃圾进行混合、倒垛、搬运、搅拌等，并按顺序堆放到预定区域，以确保入炉垃圾组分的均匀及稳定燃烧。鉴于垃圾池内恶劣环境，抓斗吊车运行在吊车控制室进行遥控，控制室与垃圾池完全隔离，由控制室操作人员控制抓斗吊车运行。

在垃圾池长度方向一端，标高 29.22m 处设置一个检修孔。抓斗检修可通过检修孔，



将抓斗下放至 8.00m 平台，再转送室外检修。在检修孔上方设有垃圾吊检修电动葫芦。

表 6.4-1 垃圾吊设备技术规范

数量	2 台
型式	桥式抓斗起重机
工作级别	A8
跨度	36.5m
轨道长度	84m
起升高度	35m
起重量	16t
抓斗提升速度	0~40m/min
抓斗下降速度	0~50m/min
小车运行速度	0~50m/min
大车运行速度	0~50m/min
抓斗型式	电动液压抓斗
抓斗容积	10m <sup>3</sup>
抓斗关闭时间	15S
抓斗打开时间	8S
操纵形式	在垃圾吊控制室进行全自动/半自动/手动操作
控制系统	PLC+变频调速

#### 6.4.5 垃圾接收储存及输送系统主要设备

表 6.4-2 垃圾接收储存及输送系统主要设备

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量		备注
				工作	备用	
1	地磅	最大称重 80t 分度值20kg	台	2		
2	垃圾门	W×H=3.8×6m（滑升门）	座	5		
3	垃圾池	L×B×H=67.2m×27.4m×14m, V= 25778m <sup>3</sup>	个	1		砼

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量		备注
				工作	备用	
4	垃圾吊车	型号：桥式抓斗起重机 起重量：16t 抓斗容积：10m <sup>3</sup>	台	1	1	国产著名品牌，抓斗进口共2个
5	垃圾渗滤液池	L×B×H= 21m×7m×2.5m， V=367m <sup>3</sup>	个	1		砼
6	渗滤液泵	Q=50m <sup>3</sup> ，H=40mH <sub>2</sub> O	台	1	1	

## 6.5 垃圾焚烧系统

### 6.5.1 焚烧工艺参数的选定

#### (1) 垃圾热值

余热锅炉受热面的布置是按一定的燃烧强度考虑，留有裕度，但如果垃圾热值上下偏离设计点过大，则会对焚烧炉的适应范围要求过宽，从而对垃圾处理厂的正常运行和运行成本有较大的影响。若设计点定得过低，则当实际垃圾热值较高时造成受热面超温和垃圾处理量下降，甚至达不到额定处理量的要求；反之，若设计点定得过高，则余热利用系统设备投资费用相应增加，当垃圾实际热值较低时，设备长期处于低负荷运行，从而使产汽量和蒸汽参数不足，甚至需要喷油等助燃以保证达到环保指标和发电参数的要求。因此，最佳设计点的设定，关系到焚烧厂的长期运行工况及长期运行成本，至关重要。

垃圾设计热值的确定一般需考虑下述因素：

- a) 本地垃圾和周边垃圾热值状况：泰州市生活垃圾焚烧发电项目于 2013 年运行，其垃圾低位热值设计点 6490kJ/kg。
- b) 年内垃圾热值波动情况：一年内夏季热值最低，冬季最高，相差 1500~3000kJ/kg。
- c) 常年垃圾热值发展趋势：垃圾处理厂运行期 25 年，根据我国经济增长水平，随着市民生活水平逐步提高，垃圾热值相应增大，沿海经济发达地区的垃圾热值明显高于内地城市，即是例证。
- d) 垃圾收集运输及在垃圾贮存坑的状况会使垃圾的水分发生变化，进而影响其热

值。一般垃圾水分每降低 1%，其热值增加 168kJ/kg (即 40kcal/kg)。而根据其他垃圾焚烧发电厂经验，对含水率 60%以上低热值生活垃圾，在入炉燃烧前进行 2-3 天堆酵，可除 12%左右的渗滤液，整体减重 20%，实际入炉垃圾低位热值增加 836kJ/kg(200kcal/kg)。

e) 垃圾管理规范化程度，也一定程度影响垃圾有回收价值（例如橡胶、塑料及纸张等）的成份比率进而影响垃圾热值。

f) 垃圾设计热值和焚烧炉处理量的匹配。

g) 参考国内外类似状况的垃圾热值变化记录，比如与我们生活习性相似的日本在上世纪六十年代的垃圾热值为 1000kcal/kg，到了八十年代的时候垃圾热值已到达 1600 kcal/kg，而到了九十年代的时候已高达 2000 kcal/kg；深圳市市政环卫综合处理厂最初的设计热值为 1000 kcal/kg，而现在深圳的垃圾热值已达到 1800 kcal/kg。

综合上述所述需考虑的因素，本项目确定焚烧炉设计垃圾低位热值如下：

表 6.5-1 垃圾设计参数

序号	设计参数	
1	垃圾低位热值	最高点：8400 kJ/kg (2007 kcal/kg)
		设计点：7000 kJ/kg (1672 kcal/kg)
		最低点：4186 kJ/kg (1000 kcal/kg)
		辅助燃料添加点：5000 kJ/kg (1195 kcal/kg)
2	灰分含量	15~25%

## (2) 单炉容量

随着我国城市化水平的逐步提高，城市规模越来越大，在经济发达地区城市与农村的边界难以分清。由于选址困难和规模效益，现在垃圾焚烧厂正在逐渐向大型化方向发展。

现在 600t/d、750t/d、850t/d 规模的焚烧炉技术已非常成熟可靠。随着规模扩大后，必须降低投资和占地，焚烧线条数的减少是最佳途径，因此，相应地单炉容量越来越大。

在我国已投运的单炉容量在 850 吨/日的焚烧炉有不少实例，经运行表明技术是成熟可靠的，制造技术经过二十余年的发展，也完全有保证，而且，台数少可有效地减

少焚烧炉、余热锅炉、烟气净化系统、垃圾吊等主要设备的投资和占地面积，推荐本项目采用单炉容量为 850t/d 的配置方案。

### (3) 燃烧图

基于上述垃圾低位热值，进行计算得到 850t/d 焚烧炉燃烧图见：图 6.5-1。

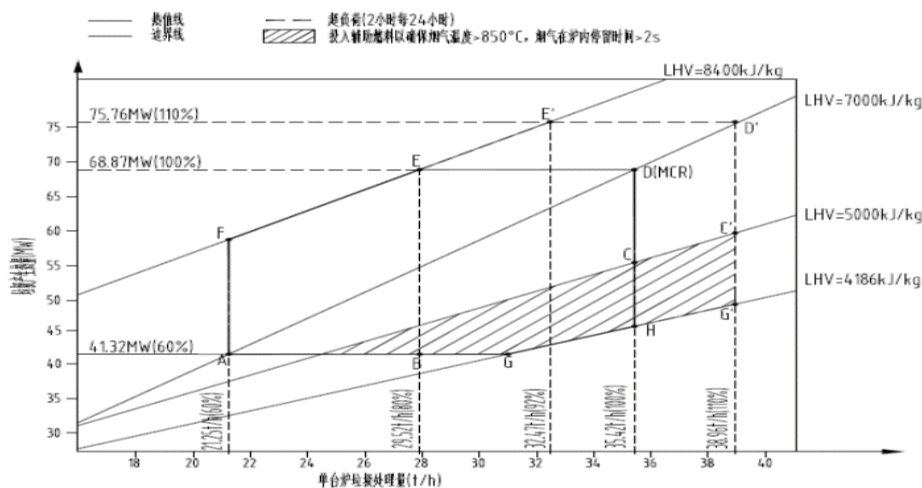


图 6.5-1 850t/d 焚烧炉燃烧图

燃烧图说明：

- 1) 焚烧炉适应垃圾低位热值范围：4186~8400 kJ/kg。
- 2) 机械负荷范围在 MCR70%到 100%之间连续运行 24 小时/日。
- 3) 热负荷范围在 MCR60%到 110%之间连续运行 24 小时/日。
- 4) MCR 工况下热灼减率 $\leq 3\text{wt}\%$ 。
- 5) A-G-C-D-E-F-A 区域（正常运行区域）

本区域垃圾处理量在额定容量的 60%(21.25t/h 台)到 100%(35.42t/h/台)之间，并且总热输入在 60%MCR(以点 A 表示)到 100% MCR(以点 D 表示)之间时的正常运行区域；在本区域垃圾能够自动燃烧，并达到炉渣热灼减率 $\leq 3\text{wt}\%$ 。

- 6) A-G-C-C'-D'-E'-E-F-A 区域（不添加辅助燃料区域）

本区域内垃圾可以无须助燃燃烧器喷油，维持炉温不低于 850℃不少于 2 秒。

- 7) G-C-C'-B'-B-G 区域（添加辅助燃料区域）

在本区域内，因进入炉膛内的垃圾总热输入值低于 C- C'分界线的情况下，垃圾燃

烧时要维持炉温不低于 850℃ 不少于 2 秒必须添加辅助燃料。

#### 8) B-B'-C'-D'-E'-E-D-C-B 区域（超负荷区域）

在本区域内是垃圾处理量在额定容量的 100%(35.42t/h/台)到 110%(38.96t/h/台)之间，并且热输入量为 MCR 的 60%到 110%之间时的超负荷运行区域。本区域内每 24 小时内允许的超负荷运行为 2 小时。

质量平衡图见附图工艺-2，热量平衡图见附图工艺-3。

### 6.5.2 垃圾焚烧工艺描述

垃圾焚烧系统包括垃圾进料系统、垃圾焚烧系统、焚烧炉液压传动系统、出灰渣系统、燃烧空气系统、启动点火与辅助燃烧系统及其他辅助系统。垃圾池内的垃圾由垃圾抓斗吊抓取投入给料斗，然后沿着水冷给料溜管滑至焚烧炉。给料炉排保证垃圾定量进入焚烧炉排。炉排系统由每条焚烧线配套的液压系统驱动。为了确保焚烧过程中炉内温度不低于 850℃，停留时间不少于 2 秒，炉膛装设辅助燃烧器助燃，在炉膛温度低时自动投入使用。一次风从垃圾池侧墙吸风，由空气预热器间接加热后送至炉排下方。二次风从锅炉间就地吸风，送至炉内，加强助燃空气和烟气的混合，以利于气体的完全燃烧。燃烧后的炉渣通过除渣机进入炉渣输送系统。少量炉排漏灰，由漏渣输送机收集送至除渣机中，然后进入炉渣输送系统。垃圾焚烧炉设火焰监视器，使操作人员能够在中央控制室随时观测炉膛内的燃烧状况。氮氧化物在垃圾焚烧时产生，它的形成与炉内温度及空气含量有关，主要成份为 NO，一般在 1200℃ 以上开始生成。本项目的燃烧温度控制在 850~950℃，并控制过量空气系数。本项目设置除氮氧化物系统，脱氮系统拟采用选择性非催化还原法（SNCR）对垃圾焚烧烟气中的 NO<sub>x</sub> 进行处理，排放的氮氧化物浓度符合国家标准。

考虑到随垃圾热值提高，部分渗滤液浓缩液回喷于焚烧炉内，焚烧炉预留渗滤液浓缩液喷射接口。垃圾焚烧系统工艺流程图见：工艺-4。

表 6.5-2 焚烧炉技术参数表

焚烧炉数量	1 台
类型	机械炉排
焚烧炉运行参数	

垃圾低位热值适应范围	4186~8400kJ/kg
7000 kJ/k (MCR)	80t/h
烟气最少滞留时间	从最后的二次风喷入点开始 850℃ 以上 2 秒
一次风温度	180~220℃
二次风温度	20℃~220℃
炉渣的组成	
未燃物	热灼减率≤3%
水分	30%
运行寿命	30 年

### 6.5.2.1 进料系统

本系统是用垃圾抓斗起重机将垃圾投入料斗并将垃圾连续不断地、安全地输送到炉排上的系统，该系统由下列设备构成。设备的特长：在垃圾料斗方面采取了合适的措施，使其能防冲撞、耐腐蚀及耐磨损；在架桥破解装置和推料器方面，采用了先进的设计。

- 垃圾料斗
- 料斗盖兼架桥破解装置
- 垃圾溜管
- 推料器
- 连接用膨胀节
- 料位探测器
- 冷却系统

料斗内的垃圾经设置在底部的垃圾溜管送到推料器上。在设计上充分考虑了避免垃圾料斗和溜管架桥现象的发生，使供料保持顺畅。

万一发生架桥时，可以通过设置在料斗咽喉部的架桥破解装置破除架桥。这个架桥破解装置还兼料斗盖，停炉时可以隔断炉膛与垃圾池。

为了使推料器连续稳定地向炉排供料，对液压缸的速度采用连续的流量控制，并使其重复往返运动。

以下是各个设备的详细说明：

#### (1) 垃圾料斗、溜管及连接部的膨胀节

本料斗、溜管以及连接部分的膨胀节，是为了让垃圾吊车投进来的垃圾能够在焚烧炉内连续、顺畅地向前输送而设置的设备，为了实现这个功能，它具有以下的特征：

①形成垃圾架桥的主要原因是堆积作用，为了避免这种现象，溜管底部采用宽口式结构。

②在垃圾从抓斗起重机落下的地方安装有耐磨板，并为了使其能承受即使在被抓斗偶尔撞击或块状垃圾掉下时的冲击，为料斗配置了加强材料，使其有足够的强度。另外，在焚烧炉进口的咽喉部设置了可更换的保护板，以便炉子进口处产生磨损和破损时更换。

③料斗的倾斜角，是凭借长年的经验确定的恰当角度，能够保证供料顺畅。

④料斗开口的尺寸是在考虑了起重机抓斗张开状态的尺寸以及使垃圾不撒落到料斗平台上，切实降低抓斗撞击垃圾料斗的危险性等因素后确定的。即至少比起重机抓斗打开时的尺寸宽 1m。

⑤料斗具有焚烧炉 MCR 运行 1 小时以上的容量。

⑥料斗及溜管垂直处的滞留垃圾，可以提高炉内的气密性，防止漏进空气及烟气漏出。

⑦料斗的底部及溜管处设置了水冷套，以防止来自炉内的热辐射、倒吸火等造成烧伤。各冷却水套的回水温度超过 80℃时，向中央控制室发出报警，使之可以测出由水量不足、倒火而引起的温度上升。

⑧料斗和溜管之间设置了可以充分吸收炉内热膨胀的高气密性膨胀节。

⑨料斗上设置监视用工业电视、专用照明及作业用安全装置。为安全起见，料斗顶部与料斗平台保持 1 米以上的距离。

#### (2) 料斗盖兼架桥破解装置

①料斗盖兼架桥破解装置装在垃圾料斗咽喉部的锅炉一侧，由 2 个液压缸驱动。停炉时以及启动升温过程中，料斗盖应关闭，该状态输出到 DCS 和垃圾抓斗起重机操作室。。

②料斗盖兼架桥破解装置的开关既可以在 DCS 操作也可以在就地操作。这一装置在作为料斗盖使用时，挡板在被全关限位开关检测出前处于关闭；在不使用时，在被全开限位开关检测出之前处于开启状态。另外，料斗盖作为架桥破解装置使用时，挡板在被中间限位开关检测前处于关闭状态。这两个操作用不同的按钮来区别。因此，本装置由 3 个限位开关，在就地柜（燃烧装置控制柜）上进行控制。

料斗架桥的报警信号在满足下列条件中的一个时成立：

垃圾料斗中的料位在超过某个规定的时间时还不变化时；

垃圾溜管部的温度升高时。

根据这些条件，架桥现象被检测出来时，若事先选择架桥破解装置为自动模式时，架桥破解装置自动启动，进行 3 次破解作业。若不能破解时，再次向 DCS 报警。

③料斗盖兼架桥破解装置可以由定时器检测出多处停滞并报警，其报警统一发往 DCS。

④为便于维修，在料斗盖的阀门组的供应及回路管道上设置了手动断流阀。为了调整液压缸的速度，在供油和回路系统上设置了速度控制器。使用 3 位电磁阀切换前进和后退动作。

⑤为了防止来自炉内的热辐射、倒回火等造成烧伤，在料斗盖兼架桥破解装置上设置水冷系统。

### (3) 推料器

推料器的供料能力为 MCR 时 36t/h。

①通过推料器的向前运动将垃圾溜管内的垃圾往炉排推，当推料器退到尽头时，由于重力的关系，上方的垃圾落入刚刚腾出的空间，接着由推料器的下一个前进动作，把垃圾推到炉排上。

②推料器由 2 列组成，每列用 1 个液压缸驱动，驱动速度由自动燃烧控制系统决定。

③推料器既可远程操作也可就地操作。在远程操作，可以使其重复前进和后退的动作。在就地（燃烧装置控制柜）操作，可以通过按动前进/停止/后退的各个按钮，进行微动。



④在 DCS 上推料器的控制有位置控制和速度控制。前进和后退的速度由 DCS 发出的速度控制信号控制。此信号在联动模式下由自动燃烧装置决定。DCS 发出的信号经过装在燃烧装置控制柜内的放大器进行放大，然后供油系统中的电磁比例方向量控制阀根据放大信号控制油量。

⑤为了便于推料器阀门组的维修，在供油及回路管道上设置手动断流阀。并使用 3 位电磁阀切换前进动作和后退动作。另外，3 位电磁阀与电磁比例流量控制阀是一体型的（比例方向流量控制阀）

⑥推料器可以由定时器检测出多出停滞并报警，其报警统一发往 DCS。

⑦推料器在前进、后退的各个位置被同步，然后由流量控制阀均匀地供应油量，使推料器同步。

⑧为了在停炉前将全部垃圾推到炉排上，设置了液压缸全行程动作。从而抑制停炉过程中二噁英、一氧化碳等的形成。

⑨考虑到中国的垃圾性质，在推料器部分产生的渗沥液通过推料器下部的料斗和溜管回送到垃圾坑。

#### (4) 料位探测器装置

料斗的垃圾料位由超声波式料位仪监测，低低位、低位和高位警报传送到垃圾抓斗起重机及 DCS。低低位警报是为了防止气密性遭到破坏，高位警报是为了减少架桥现象发生的可能性。

#### (5) 冷却设备

冷却水从高位水箱通过重力送到垃圾料斗、垃圾溜管的水冷套和料斗盖兼架桥破解装置。从各个设备中排出的冷却水送至废水处理设备或再生水箱。在入口管道设置温度探测器和流量探测器，在进行实时 DCS 监测的同时，由温度探测器发送温度高报警、由流量探测器发送流量低报警。

流量控制基本上以手动阀门的开度进行调整，但根据不同的要求，也可由温度对 ON-OFF 阀门的开关进行控制。

### 6.5.2.2 焚烧炉

推料器送来的垃圾在炉排上一边燃烧一边送往炉渣料斗。为了使垃圾充分燃烧，

它的运送速度由自动燃烧控制系统控制。垃圾在干燥炉排上干燥、在燃烧炉排上燃烧、在燃尽炉排上完全燃尽。本系统主要由以下设备组成。

- 干燥炉排
- 燃烧炉排
- 燃尽炉排
- 剪切刀

各炉排拥有活动炉排列和固定炉排列，通过活动炉排列的动作，炉排反复进行前进后退动作。由此垃圾一边燃烧一边被炉排运送。各炉排由 2 组构成，每组通过 2 个油缸，按自动燃烧系统控制的间隔定速驱动。在《燃烧图》所示的运行范围内，炉排的面积能够实现热灼减率在 3% 以下。

各设备的说明如下：

#### (1) 干燥炉排、燃烧炉排以及燃尽炉排

各炉排可以遥控和就地运行。遥控运行时，在自动模式下，各炉排按重复前进、后退动作；在手动模式下，仅作 1 个循环的动作。在就地运行时（通过就地操作箱），可以按下前进、后退各按钮，进行微动。

为了维修，在各炉排阀门组的供油和回流管道上设置手动停止阀；为了调节油缸速度，速度控制器设置在供应管道上。为了切换前进、后退的动作，使用 3 位电磁阀。另外，虽然炉排由 2 列组成，但因使用集中在一个阀门组中的分流/集流阀，油量平均，可以同步运行。

各炉排的运行由自动燃烧系统的停止定时器功能控制，运行时的炉排速度为定速。定时器控制的各炉排的停止时间由自动燃烧控制装置决定。

各炉排有几个停滞警报被定时器检出，该警报作为整体报警，发往 DCS。

#### (2) 剪切刀

剪切刀设置在燃烧炉排处，可封住空气短路孔，破碎块状垃圾。一系列燃烧炉排的剪切刀用一个液压缸驱动，一台焚烧炉有二个液压缸。剪切刀的液压回路与炉排的液压相同，按定速进行前进和后退。在一个公用阀门组中设置了分流/集流阀，可以同步运行。油量由速度控制器调节。

每条焚烧线的剪切刀可以遥控和就地现场操作。遥控启动时，在自动模式下反复进行往复动作；在手动模式下，进行一个循环。另外，也可进行根据设定蒸发量与实际蒸发量偏差的联动控制。

### 6.5.2.3 出炉渣系统

本项目处理垃圾 850t/d，产生的锅炉灰渣约为 170t/d 出渣系统由落渣管、出渣机、渣池和渣吊等组成。

#### 1) 出渣流程

垃圾经充分焚烧后产生炉渣，热灼减率 $\leq 3\%$ 。在燃烬炉排上完全燃烧后的炉渣从焚烧炉的后部经落渣管排出，落到出渣机。从炉排间隙中落下的漏渣经过炉排下部渣斗和溜管被引入炉排漏渣输送机，由该输送机送到落渣管溜管、落入出渣机。在各炉排下部渣斗溜管上设置炉排漏渣挡板，合计设置 6 个/列 $\times 2$  列=12 个。在各列的下部设置炉排漏渣输送机。另外，锅炉飞灰输送机运出的锅炉飞灰和省煤器飞灰经锅炉飞灰溜管导入落渣管下溜管，排到出渣机。

上述的炉渣和漏渣及锅炉炉灰和省煤器炉灰由内部充满水的出渣机冷却。落渣管也由此分成 2 路。每台焚烧炉设置 2 台出渣机。出渣机冷却后的湿炉渣，由出渣机刮板的往复动作，排入溜板滑入渣坑。渣池长 19m，宽 4.5m，深 5m，池底标高-5.000m，总容积 427.5m<sup>3</sup>，可满足本项目 约 3 天贮存量。

贮存在炉渣坑中的炉渣被设置在炉渣坑上方的炉渣起重机装入运渣车，由招标方负责运输至政府指定的地点填埋。

余热锅炉二、三通道收集的炉灰，经水冷螺旋输送机后进入出渣机与炉渣一并处理；尾部通道收集的炉灰经星形卸灰阀到埋刮板输送机后进入烟气净化飞灰输送系统，再到飞灰固化系统做稳定化固化处理。

#### 2) 稳定性和可靠性

本系统利用出渣机和炉排漏渣输送机清除焚烧炉炉渣，是日立公司的成熟技术，国内外众多工程的运行情况表明，这套出渣系统运行稳定可靠，另外，采用螺旋输送机清除余热锅炉炉灰，以及采用灰渣吊将炉渣装车外运的方式在国内外大部分项目中得以运用，是足够稳定、可靠的。日立公司在众多项目成功运行的基础上，不断进行

技术革新，以保持系统的先进性。

出渣机是本系统关键性设备，拟采用进口设备，并采用可靠的液压驱动方式，控制采用的西门子的产品，另外渣吊采用的是液压驱动的抓斗，并且设计两台，一用一备，能可靠的清除炉渣。

在出渣机及炉灰输送系统的输送设备周围均设计检修平台，便于检修维护；渣吊设检修走道板，走道板沿运行轨道设置，渣吊停在任何位置均可进行检修和维护工作。方便的检修和维护设施可为出渣系统稳定运行提供强力保障。

#### 6.5.2.4 焚烧炉液压系统

##### 1) 系统简介

本系统是为液压驱动的推料器、炉排、剪切刀、料斗盖兼架桥破解装置以及出渣机而设置，由液压泵、油箱、液压油冷却器等组成，拟采用进口设备。

(1) 液压泵把液压油升压后，向各被驱动装置供油。泵的形式是叶片泵或活塞泵。

(2) 各焚烧线设置 2 台液压泵。其中 1 台常用，另一台备用。如果在运行中液压泵出故障时，在自动模式下，备用泵自动启动。

(3) 液压泵既可以遥控、也可以在就地起动/停止。

(4) 油箱是为了储存液压动作油而设置的。液压油在通过油箱出口的过滤器后，被液压泵送到各驱动装置，通过冷却器和入口过滤器后回到油箱。

(5) 油箱装有温度开关、温度计、液位开关、液位仪，在温度 H 和液位 L 时，向 DCS 报警。

(6) 油压由溢流阀调节，设置在输出侧的压力仪可确认压力。

(7) 液压油冷却器是为了冷却液压动作油的回油而设置的。采用壳管式热交换器。

##### 2) 成熟性、可靠性和先进性

拟采用的液压系统为世界知名的美国伊顿液压品牌，以保证整个焚烧系统运行的成熟性、可靠性和先进性。

所有报警信号及设备运行状态都通过 DCS 传送到中央控制室。并且液压系统和燃烧自动控制系统（ACC）相配套，既可以手动操作，更可以由 ACC 自动控制，自动化水平非常高，省时省力、高效方便。

### 6.5.2.5 燃烧空气系统

焚烧炉的燃烧空气由两部分组成：一次风、二次风。

每台焚烧炉设 1 台一次风机，炉排分段供风，风机的转速由变频器控制。

每台焚烧炉配置 1 台二次风机，风机的转速由变频器控制。二次风在炉前和炉后通过喷嘴喷入炉内。喷嘴的数量和位置由计算机模拟进行优化设计。二次风的优化设计降低了烟气中 CO 等污染物的含量。

焚烧炉助燃一次风部分由一次风机从垃圾池上部抽出，部分来自空冷炉墙，总风量为  $81319\text{Nm}^3/\text{h}$  (MCR)，经一级蒸汽空气预热器加热（空气温度 $\sim 100^\circ\text{C}$ ），再经二级蒸汽空气预热器进行二级加热（空气温度  $180^\circ\text{C}$  (低热值时  $220^\circ\text{C}$ )) 后，进入炉排底部的公共风室，最后经各空气调节挡板进入炉膛燃烧，一次风还起到冷却炉排片作用。一次空气的风量通过一次风机变频器调速和风门来控制。为了控制一次风温度，在蒸汽空气预热器的二级蒸汽进口管道设调节阀控制。一级加热蒸汽来自汽机一级抽汽，其参数为  $1.69\text{MPa}$ ， $327^\circ\text{C}$ ，二级加热蒸汽来自主蒸汽，其参数为  $4.0\text{MPa}$ ， $450^\circ\text{C}$ 。

二次风是由二次风机取自焚烧炉间尾部空气总风量为  $34851\text{Nm}^3/\text{h}$  (MCR)，从焚烧炉上方左右墙的二次喷嘴喷入炉内（空气温度 $\sim 20^\circ\text{C}$ ），在垃圾低热值低于  $4186\text{kJ}/\text{kg}$  时，经蒸汽空气预热器加热（空气温度 $\sim 220^\circ\text{C}$ ），以使空气、烟气充分反应，将烟气中的 CO 浓度降到最低。并使烟气在  $850^\circ\text{C}$  下停留 2 秒以上，以确保二噁英全部分解。二次风加热器也为二段式，蒸汽参数与一次风一致。从一、二次风的蒸汽空气预热器排出疏水经阿姆斯特壮倒置桶型疏水阀后直接排到除氧器。

为了防止焚烧炉炉墙上结渣，本焚烧厂的焚烧炉炉墙冷却装置采用空冷耐火砖。焚烧炉冷却空气风机从锅炉房吸入冷却空气，供应到空冷耐火砖的空气室，再由冷却空气引风机把冷却空气从空气室排出。为了避免焚烧炉内的烟气漏进空气室，同时尽可能避免冷却空气漏进炉膛，空气室保持微小的正压。为了热量的再利用，被加热的冷却空气由冷却空气引风机再送到一次风机入口风道。

根据质量平衡计算，在设计点热值下，一次风 MCR 点风量  $81319\text{Nm}^3/\text{h}$ ，风道及炉排总阻力初步估算  $4400\text{Pa}$ 。风机选型时，风量按 1.3 倍裕量考虑，风压按 1.2 倍裕量考虑。

根据质量平衡计算，MCR 状态下，二次风风量  $34851\text{Nm}^3/\text{h}$ ，风道及喷嘴阻力初步估算  $5200\text{ Pa}$ 。风机选型时，风量按 1.3 倍裕量考虑，风压按 1.2 倍裕量考虑。

一次、二次风采用变频电机加调节风门进行总风量的调节，对于一次风的每个燃烧段都采用了独立的供风室加独立的调节风门调节；设备布置时，在一二次风机周围留足够的检修空间，且在它们上面的楼板设检修葫芦，用于风机的检修和维护。

#### 6.5.2.6 启动点火及辅助燃烧系统

##### 1) 燃烧器配置

每台焚烧炉和锅炉各配 2 台点火燃烧器和 2 台辅助燃烧器，均使用 0#轻柴油为燃料。

点火燃烧器是为了在焚烧炉启动时提高炉温而设置的。它由点火器、点火燃烧器用燃烧风机、挡板、配管、阀和仪表、点火燃烧器控制盘组成。点火燃烧器以一定倾角安装在焚烧炉后壁的外壳上。该角度与炉排的倾角相同。点火燃烧器由燃烧器本体、点火器、点火气阀单元、电磁阀单元、燃烧空气单元、冷却空气挡板及附件组成。在 DCS 和就地均可操作燃烧器点火程序控制器和燃烧器风机的起停和停止。

辅助燃烧器是为了焚烧炉启动时提升炉内温度或当炉内温度降低时为保持适当温度而设置。它由辅助燃烧器、辅助燃烧器用燃烧风机、挡板、配管、阀和仪表、辅助燃烧器控制盘组成。辅助燃烧器的运转、操作与点火燃烧器相同。辅助燃烧器安装在焚烧炉膛出口处侧墙。

当炉内温度低于  $850^\circ\text{C}$ ，点火和燃油流量控制的运行模式都选择在自动模式时，辅助燃烧器的点火程序控制器开始动作，然后在最小燃烧状态下点火。在试车时已预先依据炉内压力和温度的实际变动调整好燃油流量的增加速度，当炉内温度低于  $850^\circ\text{C}$ ，辅助燃烧器启动以提高炉内温度，在焚烧炉能够以适当的温度连续运行时，燃油流量逐渐降至最小流量，直至辅助燃烧器自动熄火。

##### 2) 合理性和可靠性

根据招标文件，本项目燃烧器燃料选择 0#轻柴油是合理的。

燃烧器功率能满足《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)对点火和助燃的要求，在点火时可保证炉膛烟气温度  $\geq 850^\circ\text{C}$  2 秒投放垃圾，助燃时维持  $850^\circ\text{C}$  2 秒；

点火燃烧器风机和辅助燃烧器风机的风量按燃烧需要风量的 1.25 倍选取，可保证燃料充分燃烧，是合理的。

本系统基于国外成熟的技术设计，点火燃烧器和辅助燃烧器均采用进口设备，拟选择利雅路、百得、威索、力威等国际知名品牌的燃烧器，保证燃烧器的高效率，可达 99.9% 以上，相同出力情况下，轻柴油消耗量低。在国内外多个项目有成功运行经验，可保证足够的可靠性。

#### 6.5.2.7 空气预热器

##### 1) 技术参数

本项目焚烧系统采用蒸汽空气预热器加热燃烧空气。

每台锅炉配一组一次风、二次风蒸汽空气预热器。蒸汽在管内流动放热，空气在管外横向冲刷。一、二次风蒸汽空气预热器均分二级，一级空气预热器用低压蒸汽对空气进行加热，一级加热蒸汽来自汽机一级抽汽，其参数为 1.517 MPa，301℃，二级加热蒸汽为锅筒抽取的饱和蒸汽，其参数为 4.4MPa，257℃。

一次风空预器设计风量为 81319Nm<sup>3</sup>/h，第一级把空气从 31℃ 加热到 110℃，设计热值时，第二级把上级的空气从 110℃ 加热到 180℃；低热值时，第二级把上级的空气从 110℃ 加热到 220℃。二次风空预器设计风量为 34851Nm<sup>3</sup>/h，设计热值时，无需加热，低热值时，第一级把空气从 20℃ 加热到 110℃，第二级把上级的空气从 110℃ 加热到 220℃。

##### 2) 成熟性、可靠性和先进性

空气预热器拟采用卧式布置的管壳式换热器，利用加热蒸汽从管组中流过来加热壳体中通过的空气。为增强传热，采用螺旋翅片管。管组采用 20G 材质，壳~体采用 Q235-B 材质，均能够满足其运行温度下对材质的要求。管组穿过壳体处预留膨胀间隙并密封，且设备安装时，其支座一端固定，另一端滑动，以免影响膨胀。空气预热器管组拉出预留足够空间，以便于检修维护。管壳式换热器是一种相当成熟的技术，对于垃圾焚烧项目来说，也是足够先进的技术，在很多项目中都得以运用。根据以往运行经验，采用此技术的空气预热器运行稳定可靠，由于结构简单，故障率很低，使用寿命长。

### 6.5.2.8 冷却水系统

本项目冷却水主要包括空压机、液压装置、汽水取样装置、一二次风机和引风机等设备的冷却水。为了节约用水，冷却水量大的工艺设备如液压装置，采用循环冷却水，其它需要冷却的设备（取样装置、引风机等）的冷却水用生产上水，冷却回水用于循环冷却水的补充水。

## 6.5.3 余热回收

### 6.5.3.1 余热回收工艺流程

垃圾焚烧产生热能，通过余热锅炉产生蒸汽，回收余热。

锅炉汽水系统工艺流程图见工艺-5

高温烟气经第一、二通道冷却和沉降后进入第三通道，依次进入蒸发器、过热器、省煤器后经烟道排往烟气净化系统。

锅炉补水为来自水处理间的除盐水，经除盐水泵送到除氧器除氧。130℃的锅炉给水从除氧器水箱流至低压给水母管，再经给水泵加压，通过锅炉高压给水母管供3台余热锅炉的给水和减温水；给水经省煤器加热后进入汽包。为了控制汽包水位和主蒸汽温度，在锅炉给水和减水管上设电动调节阀门，锅筒水位是通过三冲量串级调节，操作员可通过设在水位计旁摄像头在中控室的工业电视上观察锅筒水位。

锅筒中产生的饱和蒸汽通过三级过热器（低温、中温、高温）和二级喷水减温器后得到压力为4.0MPa(g)，温度为450℃过热蒸汽，1台余热锅炉产生主蒸汽汇集在一条蒸汽母管中，供1台汽轮机发电机组发电。

锅炉加药需用的药水由加药装置的加药泵送至锅筒。为保证蒸汽品质，锅炉设连续排污和定期排污，连续排污水和定期排污水分别进入连续排污扩容器和定期排污扩容器。连续排污扩容器二次蒸汽排往除氧器，其排污水排往定期排污扩容器；定期排污扩容器二次蒸汽直接排入空气，其排污水排入室外降温池。

为了防止烟尘在锅炉各水冷壁积累而导致锅炉热效率降低，在各对流管受热面设不同类型吹灰器若干台。其中，在水平烟道蒸发管束前、低温过热器前、高温过热器前区域炉两侧各设置2台（每炉共12台）蒸汽吹灰器，在其后各受热面设置燃气脉冲



吹灰器。

蒸汽吹灰利用蒸汽的动能和热能除灰，汽源来自主蒸汽减温减压。燃气脉冲吹灰技术工作原理是：利用可燃气体乙炔，与空气按一定比例混合成具有爆燃特性的气体，在高旋流状态和可调脉冲频率基础上，通过燃烧混合气体产生强波喷射气流、同时伴有冲击波及高速气流激振加辐射热，它通过综合应用气体的动能，声能和热能进行除灰，炉灰经星形卸灰阀至冷灰机输送到渣池。

### 6.5.3.2 余热锅炉

表 6.5-3 余热锅炉技术参数表

数量	1 台
型式	自然循环式水管锅炉
锅炉工作参数	
锅炉最大连续蒸发量 (MCR)	80t/h
蒸汽压力 (末级过热器出口)	4.0MPa (g)
蒸汽温度 (末级过热器出口)	450℃
锅筒工作温度	263℃
锅筒工作压力	4.9MPa (g)
给水温度	130℃
排烟气温度	190℃
烟气量 (MCR)	158088Nm <sup>3</sup>
锅炉效率	>80%

### 6.5.3.3 余热锅炉结构

垃圾中含有大量的塑料，在燃烧过程中会产生氯化氢，当烟气水平超过 650℃时，过热器受热面腐蚀严重，其寿命不到一年，由于更换时间长，给垃圾焚烧带来不便。基于从投资和运行稳定性考虑，目前，国内外大多数焚烧厂余热锅炉参数定为中温中压，这样可以节省投资，延长过热器寿命；我国的锅炉制造标准中温中压锅炉均为单锅筒自然循环。选用卧式布置方式有利于充分利用余热。

本项目的余热锅炉为单锅筒自然循环，四垂直烟道，垂直全悬吊结构，室内布置。余热锅炉位于炉排的上方，包括四个垂直烟道：

第一和第二烟道为没有对流受热面的膜式壁；

第三烟道为膜式壁，内部装有一级蒸发管束、高温过热器、低温过热器和二级蒸发管束；

第四烟道为护板结构，内部装有省煤器管束，位于第二和第三烟道下的灰斗为非水冷式，内部衬有耐火材料。

#### 6.5.3.4 成熟性、可靠性和经济性

本项目拟采用国产余热锅炉，国内兴建的垃圾焚烧厂基本都是配置的国产余热锅炉，经过多年发展，国内厂家在这方面已经积累了丰富的经验，技术已经相当成熟。可保证年运行时间大于 8000 小时。相对于进口余热锅炉的高价来说，国产余热锅炉是足够经济的。

#### 6.5.4 垃圾焚烧系统厂房布置

垃圾焚烧工艺厂房包括卸料大厅、垃圾渗滤液间、垃圾池、焚烧锅炉间、出渣间以及烟气净化间六部分，它们同处在一个厂房内。

垃圾焚烧及烟气净化间设备平面布置图见：工艺-8~工艺-11，垃圾焚烧及烟气净化间设备剖面布置图见：工艺-12。

##### (1) 卸料大厅

本项目卸料大厅：位于 ②⑤ ~ ②⑧ 轴线、(A) ~ (M) 柱列范围，长度 84m，宽度 22m。卸料大厅地面标高 8.000m。垃圾车经栈桥进入卸料平台，通过 5 座垃圾门将垃圾倒入垃圾池。卸料平台下方±0.000m 层为化水间、空压间、化验室、维修间、库房等。

##### (2) 垃圾池

垃圾池位于 ②① ~ ②⑤ 轴线、(B) ~ (L) 柱列范围内，长度 67.2m，宽度 27.4m，深 14m，池底标高-6.000m，垃圾池总容积 25778 m<sup>3</sup>。一般垃圾池在应急时还可以在卸料门对侧斜着堆放一定数量的垃圾，本项目在应急时垃圾池总堆放容积可达到 30300 m<sup>3</sup>，可满足 850 吨焚烧生产线不少于 16 天的垃圾焚烧量。垃圾池上方装有 2 台 16t/10m<sup>3</sup> 的垃圾吊车，1 用 1 备。垃圾吊车将垃圾送入料斗，供焚烧炉燃烧。此外，垃圾吊车又可完成池内垃圾的搬运和倒垛。垃圾池与垃圾料斗设在密闭的大房间内，垃圾门只有

在垃圾车卸料时打开，其他时间关闭，以保持垃圾池内负压并防臭气外逸。

### (3) 垃圾渗滤液收集间

渗滤液收集间位于 ②5 ~ ②6 轴线、①A ~ ①B 柱列之间的地下室，包括一条污水沟道、1 个渗滤液池。

垃圾池底部的垃圾渗滤液通过 ②5 轴线垃圾池壁的多个格栅门流入污水沟再流入位于 ①A 柱一端的渗滤液池。渗滤液池长 21m，宽 7 m，深 2.5m，池底标高-8.500m，总容积 367 m<sup>3</sup>，满足约 1.5 天的垃圾渗滤液储存需要。渗滤液池设 2 台渗滤液泵。污水沟宽 0.5m，外侧留有宽度 1m 以上的人行通道，以利格栅门维修及清除垃圾堵塞。

### (4) 风道间

风道间位于 ②0 ~ ②1 轴线、①G ~ ①L 柱列之间，宽度 9m，其地面布置一次风风机、一次风蒸汽空气预热器等，其上方楼层布置焚烧炉液压站、炉排控制柜、给料器、落料槽、进料斗等。

### (5) 垃圾焚烧炉及余热锅炉间

焚烧锅炉间位于 ①4 ~ ②1 轴线，①F ~ ①N 柱列范围内，长度 43m，宽度 49.3m，布置一台 850 t/d 焚烧炉及卧式余热锅炉。

### (6) 出渣间

出渣间位于余热锅炉水平烟道及省煤器烟道下方，在 ①6 ~ ①7 轴线、①F ~ ①L 柱列之间。出渣间内靠近焚烧炉一侧设置渣池，渣池长度 19m，宽度 4.5m，池底标高-5m，

有效容积 427.5 m<sup>3</sup>，可满足约 3 天的炉渣储存需要。垃圾焚烧后的炉渣由出渣机推出，经过溜板滑落至渣坑，再经渣吊车将炉渣送到运渣车上，外运综合处理。

出渣间顶部标高为 15m，其上布置余热锅炉水平烟道、尾部烟道、炉灰输送机、吹灰设备等。

## 6.5.5 垃圾焚烧系统主要设备

表 6.5-3 垃圾焚烧系统主要设备表

序	设备名称	型号规格及主要技术特性	单	数量	备注
---	------	-------------	---	----	----

				工 作	备 用	
1	焚烧炉	炉排垃圾焚烧炉 Q=850t/d	台	1		
2	余热锅炉	锅炉型号：LC850-4.0/450，单锅筒自然循环水管锅炉，过热蒸汽出口蒸汽参数：4.0MPa（G）、450℃	台	1		
3	液压装置		套	1		随炉配套
4	出渣机	Q=10t/h	台	2		随炉配套
5	点火燃烧器	500kg/h	台	2		随炉配套
6	助燃燃烧器	1300kg/h	台	2		随炉配套
7	燃烧器助燃风机		台	2		
8	燃烧器冷却风机		台	2		
9	一次风机	流量：122900Nm <sup>3</sup> /h，风压：7000Pa，20℃，电机功率：480kW10.5kV	台	1		入口带电动调节风门
10	二次风机	流量：30000Nm <sup>3</sup> /h，风压：6200Pa，25℃，电机功率：110 kW380V	台	1		入口带电动调节风门
11	引风机	流量：202900Nm <sup>3</sup> /h，风压：7000Pa，180℃，电机功率：1500kW10.5KV	台	1		入口带电动调节风门
12	一次风蒸汽-空气预热器	两段式蒸汽--空气预热器	台	1		随余热锅炉配套
13	二次风蒸汽-空气预热器	两段式蒸汽--空气预热器	台	1		随余热锅炉配套
14	一次风蒸汽-空气预热器疏水扩容器		台	1		
15	炉灰埋刮板输送机		台	2		
16	渣吊车	双梁桥式液压抓斗起重机 Q=6.3t，V=2.5m <sup>3</sup> ，大车轨距 8.4m，功率 75kW	台	1		（增一台备用抓斗）

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量		备注
				工作	备用	
17	渣池	L×B×H=19m×4.5m×5mV=427.5m <sup>3</sup>	个	1		砼
18	渣水池	L×B×H=1m×1m×1mV=1m <sup>3</sup>	个	1		砼
19	渣水泵	便携式潜污泵，Q=25m <sup>3</sup> /h， H=30mH <sub>2</sub> O，N=7.5kW	个	1	1	

## 6.6 烟气净化系统

### 6.6.1 烟气净化工艺系统描述

#### (1) 概述

本项目采用“SNCR 脱硝+半干法+干法+活性炭吸附+布袋除尘+SCR 脱硝”组合工艺，对生活垃圾焚烧后产生的烟气进行净化处理，每台焚烧锅炉配一套烟气净化装置。

从焚烧炉出来的烟气，首先经过 SNCR 炉内脱硝系统去除烟气中的 NO<sub>x</sub> 气体，烟气通过烟道进入反应塔。石灰浆制备系统配置好的石灰浆由输送系统送至半干式反应塔，石灰浆被半干式反应塔顶部高速旋转的雾化器雾化后，与含有 HCl、HF、SO<sub>2</sub> 等酸性气体的热烟气发生化学反应，中和并收捕集酸性物质。通过 PID 自动控制，使烟气中酸性气体降低到一定浓度。减温水通过自动控制连同石灰浆液喷入反应塔，保持反应塔出口烟气温度稳定在约 150℃。

为了进一步降低烟气中酸性气体再进行干法脱酸，采用氢氧化钙喷射系统预喷涂以及干法脱酸。干粉储仓每个出口均设有定量给料装置及堵塞报警装置，可以独立供料，由定量给料装置控制氢氧化钙的添加量，经文丘里喷射器喷入反应塔出口管道。从喷射风机来的空气将给料装置排出的氢氧化钙喷入反应塔和布袋除尘器间的烟道中，与烟气中的酸性气体 SO<sub>x</sub>，HCl 等进行反应。与氢氧化钙反应后的烟气带着飞灰和各种粉尘进入布袋除尘器。当粉末活性炭经活性炭喷射装置喷射进入烟道，在烟道内与烟气充分混合，烟气中的重金属、二噁英等污染物被活性炭吸附随烟气进入袋式除尘器，被活性炭吸附的重金属、二噁英以及粉尘在袋式除尘器内被分离，经灰斗排

出，通过输送设备进入灰仓。经袋式除尘器排出的烟气经过 SNCR 炉内脱硝系统去除烟气中的 NO<sub>x</sub> 气体，则为洁净烟气，通过引风机经烟囱排入大气。

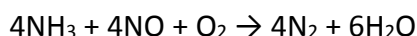
脱酸塔底下及布袋除尘器灰斗收集到的飞灰，通过飞灰收集和输送系统送至灰库中暂存，然后运至飞灰固化车间进行后续处理。

烟气净化系统工艺流程图见：工艺-6。

SNCR+SCR 联合脱硝系统工艺流程图见：工艺-7。

## （2）炉内脱硝系统

本项目采用选择性非催化还原法（SNCR）烟气脱硝系统来去除烟气中氮氧化物（NO<sub>x</sub>）。该系统主要有七个模块组成，分别是氨储罐模块、储罐注液模块、氨输送模块、稀释水模块、计量混合模块、氨喷射模块、控制单元模块。浓度 25%氨水由厂外运来，由氨水加注单元泵送入储存罐内储存，储罐内氨水由氨水输送单元泵送入混合分配模块，同时软水也用泵打入此单元中，在此将氨水配制成一定浓度的氨水溶液后依靠泵的压头送入喷射器，喷射器为二流体式喷射器，分内外枪管，还原剂由内枪管喷入，压缩空气由外枪管喷入，在喷枪端雾化段实现雾化，被压缩空气打散雾化的还原剂被喷入炉内。在高温（850℃~1050℃）条件下，利用还原剂氨水将 NO<sub>x</sub> 还原为 N<sub>2</sub>。其化学反应式如下：



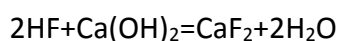
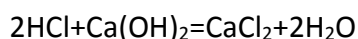
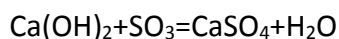
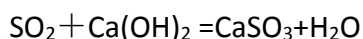
根据锅炉内氮氧化物的浓度，自动调节喷入的氨水量。可以选择就地、遥控模式。

## （3）反应塔系统

旋转喷雾脱酸反应塔由耐磨合金制造的机械旋转喷雾盘、旋转喷雾器高速电机（12000~18000r/min）、旋转喷雾器冷却器、脱酸反应塔本体和相关控制系统组成。石灰浆泵赋予耐磨合金旋转喷雾盘进料管一个恒定的压力，以保证给料调节系统的稳定运行。旋转喷雾器高速电机是旋转喷雾脱酸反应塔的关键组件，它带动耐磨合金旋转喷雾盘高速均匀的旋转，使石灰浆雾化成极细的雾滴以提高吸收效率。塔顶部的烟气流分布器使气体形成涡流状态，可延长反应时间。旋转喷雾脱酸反应塔的体积可保证达到预定的脱除效率，同时满足使石灰浆水分蒸发成为干粉的要求。

焚烧锅炉出口含酸性气体的烟气进入反应塔进行脱酸处理，同时降温（根据烟气出反应塔的温度自动调节冷却水的补给量）。由制浆系统输送过来的石灰浆液通过塔顶的旋转喷雾器进行雾化，石灰浆液被雾化成粒径 120~200 $\mu\text{m}$  左右的雾滴，这些细小的雾滴与酸性气体充分接触，在一系列的化学反应后去除烟气中绝大多数的酸性气体。反应过程中，雾滴吸收烟气中的热量不断蒸发水分，结合反应塔独特设计，塔内的高温烟气使得浆液雾滴在下降的过程中得到干燥，并在到达塔底前将水分充分蒸发，形成固体反应物从塔底排出。灰斗外壁设有电加热器，使锥斗处烟气温度始终保持在 110 $^{\circ}\text{C}$  以上，以防止塔内积灰结块。锥斗设有空气炮和在排灰口处装有破碎机，以消除积灰架桥和飞灰结块现象，保障利飞灰的顺利排出。

去除酸性成分的化学反应方程式如下：



在反应发生的同时，雾滴中的水分被烟气干燥蒸发，最终的反应产物是粉末状的干料（主要成分为  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{CaSO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和烟尘），这些粉尘在塔底部及后面的布袋除尘器中被收集下来。烟气中剩余的气相污染物在通过滤袋时与未完全反应的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  进一步反应而被去除。另外由于烟温降低，烟气中的部分有毒有机物和重金属也可以被凝聚或被干燥的粉尘吸附而除去。

旋转喷雾脱酸反应塔喷入的石灰浆量是通过其后的烟气在线监测仪自动控制，根据烟气在线监测仪测得的烟气量及其中  $\text{SO}_2$  及  $\text{HCl}$  含量，调节石灰浆高位槽前的石灰浆回流调节阀，以控制进入反应塔所需的石灰浆量。由于喷入的石灰浆量不能将烟气温度从 220 $^{\circ}\text{C}$  降至 150 $^{\circ}\text{C}$ ，需向反应塔内补充调温水量，使调温水与石灰浆一同喷入反应塔内。根据反应塔入口温度及布袋除尘器出口温度和烟气露点之间的关系，控制反应塔调温水量，保证排烟温度高于露点温度 20~30 $^{\circ}\text{C}$ ，避免烟气结露而影响布袋除尘器的正常工作，减少因烟气结露引起设备腐蚀。

旋转雾化器装在吸收塔中心通道的上部，系统运行中可在线更换备用雾化器。旋

转喷雾器工作时高速旋转，剧烈的摩擦使轴承发热，温度较高。因此需设置循环冷却水降温。

#### (4) 石灰浆制备系统

石灰浆制备系统由生石灰储仓、生石灰给料装置、石灰浆制备罐、石灰浆存储罐、石灰输送泵和石灰浆输送管路等组成。

将石灰与水在石灰浆制备罐内混合搅拌制备一定浓度的石灰浆溶液，制备好的石灰浆溶液储存在存储罐内。存储罐内的石灰浆溶液由石灰浆泵送到反应塔顶部的旋转喷雾喷嘴。石灰浆溶液经过旋转喷雾喷嘴喷出，呈雾状的石灰浆与烟气均匀接触并发生反应。在反应塔里，烟气中的氯化氢、硫氧化物等酸性有害气体与石灰浆溶液反应后被去除，同时水分的完全蒸发得以使烟气温度降低到合适的温度。

吸收反应系统所需的吸收剂由本系统供应，所使用的吸收剂原料为氧化钙干粉。

生石灰（CaO 干粉）从厂外由槽车运来，输送至生石灰仓中。

正常运行阶段，生石灰仓底部设有出料装置(带计量)，可将石灰定量送至石灰浆制备罐，再将合格的石灰浆液送入石灰浆存储罐，由石灰浆输送管路送入半干式反应塔。

#### (5) 消石灰喷射系统

此系统具有以下两个功能：预喷涂以及干法脱酸。干粉储仓每个出口均设有定量给料装置及堵塞报警装置，可以独立供料，由定量给料装置控制氢氧化钙的添加量，经文丘里喷射器喷入反应塔出口管道。从喷射风机来的空气将给料装置排出的氢氧化钙喷入反应塔和布袋除尘器间的烟道中，与烟气中的酸性气体  $SO_x$ ， $HCl$  等进行反应。与氢氧化钙反应后的烟气带着飞灰和各种粉尘进入布袋除尘器。该系统的主要用途在于：

(1) 在焚烧炉启停炉期间，由于锅炉排烟温度低，半干法脱酸系统无法正常投运，此时可以启动干粉喷射系统，达到脱酸的目的，防止高浓度酸性气体对布袋除尘器造成腐蚀；

(2) 新布袋装好后需用氢氧化钙对布袋进行预喷涂，该系统的增设使预喷涂工作变得简单高效；

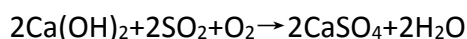
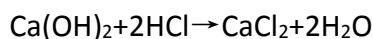
(3) 在旋转喷雾器维护期间，焚烧炉排烟直接进入布袋除尘器则很容易对除尘器



造成损伤，而启动干粉喷射系统，既可以使烟气达标排放又避免高浓度酸性气体对布袋除尘器造成腐蚀。

(4) 在酸性气体浓度高的工况下，作为旋转喷雾半干法脱酸系统的补充，起二级脱酸的作用，进一步降低酸性气体浓度，保证净化后的烟气达标排放。

氢氧化钙粉末喷射脱酸反应方程式如下：



干粉喷射系统的组成：该套系统由氢氧化钙储仓、仓顶除尘器、仓顶电动起吊装置（用于起吊袋装氢氧化钙）、仓内微压计、储仓高低料位计、储仓称重仪、仓低流化风装置、气动圆顶阀、手动插板阀、金属补偿器、缓冲仓、平衡阀、缓冲仓高低料位计、变频螺旋给料机、罗兹风机、输送管道、控制系统、钢结构及平台扶梯等。

#### (6) 活性炭储存与喷射系统

活性炭储存在活性炭仓中，通过失重称经罗茨风机输送到烟道中，以去除烟气中的二噁英和重金属。

活性炭由电动葫芦投料（袋装活性炭）方式送入仓内并存储。

活性炭仓顶部安装机械振打式袋式除尘器。在活性炭仓进料期间，仓顶袋式除尘器风机开启，使活性炭进料口形成负压，以保证活性炭仓装料时无扬尘。

活性炭的投放量，根据烟气流量多少而定，根据烟气在线监测装置所测的烟气流量来实时监测并参与控制活性炭仓下部失重称螺旋给料机的电机，由自动调节装置控制从而达到活性炭投放量的定量供给，以确保活性炭用量的经济性。

活性炭储存与喷射系统电控信号先进入现场控制箱，再由现场控制箱进入 DCS，并且实现现场和 DCS 双重控制。

#### (7) 袋式除尘器系统

本项目为了使烟尘达标排放，每条烟气净化线配置一台离线高压脉冲清灰布袋除尘器，并选用进口滤料，滤料具有良好的防酸、碱、抗水解性能，其最高耐温高达 280℃。

本项目为了使烟尘达标排放，每条烟气净化线配置一台离线高压脉冲清灰布袋除

滤材寿命大于 3 年。

布袋除尘器的作用是为了高效捕捉灰，并利用滤层中未反应完的石灰和活性炭进一步吸附二噁英和重金属；它由钢结构的仓室和滤袋组成，每台布袋除尘器有若干独立的仓室，每个仓中有等数的滤袋，每个仓都配备进口及出口隔离挡板，清灰时可与烟气流完全隔离。清灰的目的是为了保证清洁烟气的正常通过和始终保持一定的滤层。滤层有两重作用：过滤灰粒与作为反应媒介。本方案采用压缩空气脉冲直接清洗，清洗由进出口压差检测装置控制，压差达规定值时系统自动清灰。

入口设均流板使烟气均流，可有效延长布袋寿命。

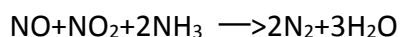
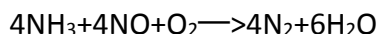
为了防止灰因潮湿而板结、架桥，影响除尘效果，设备和灰斗外壁设电伴热装置和增设保温层。在起动和短期停止期间，还设有循环热空气加热系统以保护布袋，温度调节由电热器进行控制。

工作原理：当脱酸反应后的含尘气体，由反应塔进入布袋除尘器进风口，与导流板相撞击，在气流随后折转向上，通过内部装有金属架的滤袋，粉尘被捕集在滤袋的外表面，使气体净化。净化后的气体进入滤袋室上部的清洁室，汇集到出风管排出。随着除尘器的连续运行，当滤袋表面的粉尘达到一定厚度时，气体通过滤料的阻力增大，布袋的透气率下降，用脉冲气流清吹布袋内壁，将布袋外表面上的粉饼层吹落，尘层跌入灰斗，滤袋又恢复了过滤功能。本设备采用 12~16 个独立仓，采用“离线脉冲反吹清灰”的清灰方式。清灰采用“定时清灰”和“差压清灰”两种控制方式，采用优先控制原则，时间到，定时清灰优先；差压到，差压清灰优先。定时清灰：当清灰时间到，布袋除尘器将自动清灰，清灰结束后，重新计时。定压清灰：当布袋除尘器进口差压达到设定值 1500Pa（可根据调试情况调整），布袋除尘器将自动清灰，清灰结束后，重新计时。除尘器的底部灰斗中的灰，经埋刮板输送机排出。烟气经布袋除尘器除尘后，经烟道和引风机后送入 SCR 系统。布袋除尘器供气由独立贮气罐供给，压缩空气由设于卸料大厅下部的压空站供给。本系统除尘效率≥99.9%，正常阻力 1500Pa。

为了保证袋式除尘器顶盖密封效果，上部检修门设计配套大顶盖，并配有维修时起吊装置。

## （8）SCR 炉外脱硝系统

选择性催化还原(SCR)技术是目前应用最多而且最有成效的烟气脱硝技术。SCR 技术是在钒催化剂作用下,以  $\text{NH}_3$  作为还原剂,将  $\text{NO}_x$  还原成  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。 $\text{NH}_3$  不和烟气中的残余的  $\text{O}_2$  反应,而如果采用  $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$  等还原剂,它们在还原  $\text{NO}_x$  的同时会与  $\text{O}_2$  作用,因此称这种方法为“选择性”。主要反应方程式为:



目前,世界各国采用的垃圾焚烧烟气 SCR 系统多采用低温或中温催化剂方案,技术成熟运行可靠,  $\text{NO}_x$  脱除率高。

如壳牌低温催化剂,设计反应温度  $\geq 170^\circ\text{C}$ ,最低反应温度范围  $150^\circ\text{C}$ 。

还原剂氨水储存及制备系统为 SNCR 与 SCR 公用。

25%氨水溶液通过输送泵输送至 SCR 计量混合分配模块,该模块可以调节氨水溶液喷量,其调节量与反应器进出口  $\text{NO}_x$  浓度联锁,实现自动调节喷射量。氨水溶液由计量混合分配模块调节后,通过二流体雾化喷枪进入氨水蒸发混合器,通过稀释风机出口电加热器对稀释空气进行加热,热空气将氨水完全蒸发并混合稀释。蒸发混合后气体,其  $\text{NH}_3$  体积浓度小于 5%,保证安全性。最后,混合气体由喷氨格栅进入烟道与烟气均匀混合,在低温催化剂作用下,与  $\text{NO}_x$  发生反应。

SCR 反应器前采蒸汽-烟气加热器(SGH)对烟气进行升温,SGH 将布袋除尘器出口烟气从  $150^\circ\text{C}$  加热至  $180^\circ\text{C}$ ,采用 4.0MPa,  $450^\circ\text{C}$  主蒸汽加热。

SCR 脱氮系统包括 SCR 催化反应器、氨水气化及注入系统等。

SCR 催化反应器的核心组件是催化剂块,催化剂块使用含有氧化钛·五氧化二钒,适应污浊烟气能力强,具有优秀脱氮能力的蜂窝状催化剂。氨水气化及注入系统由氨水气化装置及管道系统等组成。

经 SCR 反应器脱氮后的烟气,在引风机作用下通过烟道和钢烟筒排入大气。

### (9) 飞灰收集与输送贮存系统

本烟气处理工艺有两个出灰点:一部分是反应塔出灰,这部分灰主要是烟气初步沉降积灰和反应塔事故排灰,灰量比较少;还有一部分是从布袋除尘器下埋刮板输送机出来的灰,占大部分。

本烟气净化系统的灰输送系统，在反应塔下方设置一用一备两路集合理刮板输送机。每台反应塔的排出的飞灰通过分叉管排入一用一备集合理刮板输送机中，每台布袋除尘器的飞灰由两台埋刮板输送机收集并输送到集合理刮板输送机上方通过分叉管排入一用一备集合理刮板输送机中。集合理刮板输送机将各自收集的飞灰输送到烟气净化间外的飞灰收集间，通过一用一备斗式提升机提升至飞灰仓顶部落入飞灰仓。

为了防止飞灰的飞扬对环境的影响，在飞灰仓上部设有布袋除尘器。

飞灰仓中暂存的飞灰在稳定间内稳定化处理，符合《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）后，运送本项目配套的填埋场填埋。

### （10）烟道系统

烟道材质采用 Q235-A，壁厚为 5mm 的钢板焊制。

### （11）引风机

本项目引风机带有变频电机，转速采用变频控制。转速控制盘设置在有空调的电气室内。引风机可在就地或 DCS 起动或停止。引风机电机线圈中装有温度探测器，各相的温度值在 DCS 上显示，并设报警。

### （12）烟囱

本项目一、二期共用一座高度为 80m 钢筋混凝土烟囱，内设 2 个钢烟筒，分别对应两条焚烧线。在 MCR 点工况下，一期钢烟筒出口温度约 180℃，烟气量为 264546m<sup>3</sup>/h（180℃）。此外，在烟囱内设钢平台和爬梯，顶部设避雷针和环形避雷带、航空障碍灯。

## 6.6.2 烟气净化间布置

烟气净化间位于 ①～⑬ 轴线、⑥～⑭ 柱列范围内，烟气净化间布置 1 套烟气净化装置。

烟气净化间内沿烟气流向依次布置了旋转喷雾脱酸塔、袋式除尘器、SCR 脱氮系统、引风机等。

## 6.6.3 烟气净化系统主要设备

表 6.6-1 垃圾焚烧系统主要设备表

设备名称	单位	数量	备注
反应塔	台	1	
布袋除尘器	台	1	
SCR 脱氮系统	套	1	
石灰制浆系统	套	1	
干法脱酸系统	套	1	
活性炭喷射系统	套	1	
飞灰仓	台	1	
集合理刮板输送机	台	2	
除尘器埋刮板输送机	台	2	
斗式提升机	台	2	

## 6.7 余热利用系统

在垃圾焚烧炉中垃圾燃烧产生高温烟气，其热量被余热锅炉中的给水和蒸汽吸收，变成所需要的中温中压蒸汽，并将蒸汽送到汽轮机中带动汽轮发电机发电，从而使本项目发挥最佳的社会经济效益。

### 6.7.1 对余热利用系统的总体要求

利用余热发电，汽轮发电机组不参加电网调峰，发电除自用外余电全部上网，不对外供热。

采用定压启动、运行及停机的运行方式。

炉、机汽水管道采用母管制系统，设计力求简单、可靠。

汽轮发电机组采用岛式双层布置，两台机组分两期建设完成。

凝汽器冷却方式，采用机力通风冷却塔二次循环冷却供水系统。

### 6.7.2 产能分析

根据 5.5.2 节计算结果，本项目选择一台额定功率为 18MW 的汽轮发电机组。

一台锅炉运行时，在 MCR 点机组功率为 16.33MW，考虑到锅炉有 10% 的超负荷能力，当超负荷 10% 的垃圾时发电量可达 17.96MW，可达到机组的额定负荷。锅炉产生的蒸汽压力为 4.0MPa (g)，温度 450℃。对于垃圾焚烧发电厂，由于垃圾焚烧炉是以

城市生活垃圾为燃料，垃圾成分和热值会随季节和区域变化，造成焚烧炉燃烧和锅炉出口蒸汽参数不稳定，要求汽轮机跟随焚烧炉负荷的变化作变功率运行。汽轮发电机组的设置既能充分利用垃圾焚烧后产生的热量，同时应能保证焚烧炉的正常运行，即“机跟炉”运行。

表 6.7-1 汽轮发电机组性能参数表

项目	单位	数据
汽轮机数量	台	1
型号		N18-3.8
额定功率	MW	18
额定转速	r/min	3000
进汽压力	MPa	3.8
进汽温度	℃	440
进汽流量	t/h	80
排汽压力	MPa	
发电机数量	台	1
额定功率	MW	20
额定电压	kV	10.5kV
功率因数		0.8
额定转速	r/min	3000
冷却方式		空冷
汽轮发电机组效率	%	97

### 6.7.3 系统组成

本项目汽机系统主要由热力系统和调节、保护及润滑油系统等组成，热力系统主要由主蒸汽系统、主给水系统、主凝结水系统、旁路主蒸汽系统、回热抽汽系统、真空泵抽气（真空）系统、循环冷却水系统和疏水系统等组成。

汽机热力系统图见：工艺-15。

#### (1) 主蒸汽系统

按 1 炉 1 机配置，主蒸汽系统采用单母管制系统。1 台锅炉产生的蒸汽先引往一根

蒸汽母管集中后，再由该母管引往 1 台汽轮机和各用汽处。该系统阀门少、系统简单、可靠，适合小容量机组。

## （2）主给水系统

给水管道采用母管制系统。1 台锅炉共设置 2 台电动给水泵，正常工况下，1 台运行，1 台备用。由于不设高压加热器，本系统共设二根给水母管，即给水泵吸水侧的低压给水母管，给水泵出口侧的高压给水母管。二根给水母管均采用单母管制。

为了防止给水泵在低负荷时产生汽化，在给水泵的出口处设有给水再循环管，该再循环管通过母管与除氧水箱相连，从而增加了运行的灵活性和可靠性。

给水操作台设置在锅炉后的平台上。

## （3）回热抽汽系统

汽轮机具有三级非调整抽汽，第一级抽汽供给蒸汽—空气预热器，预热锅炉一次风，其疏水回收到除氧器；第二级抽汽供给中压旋膜除氧器除氧并加热给水至 130℃，在汽机处于低负荷时，除氧汽源亦可由一级减温减压器后蒸汽经减压阀后供给；在锅炉启动时，新蒸汽经减温减压后作为蒸汽—空气预热器和除氧器的汽源。

第一、二级抽汽管路上都装有液动止回阀，以防止抽汽管有汽流倒流至汽机，还能在汽机故障时迅速关断抽汽口，防止事故扩大。

第三级抽汽供汽轮机低压加热器用汽，低压加热器和汽封冷却器的疏水自流到凝汽器。

## （4）旁路系统

为保证在汽轮机故障情况下不影响垃圾炉的正常运行，同时还能回收大部分工质，采用了旁路冷凝系统。在汽轮机故障停机后，主蒸汽通过旁路减温减压器减温减压后，进入旁路凝汽器（主凝兼作旁路凝汽器）冷凝成水，被重新回收利用。

## （5）凝结水系统

凝结水管道采用母管制系统。

1 台凝汽式汽轮发电机组装设 2 台凝结水泵。按设计规程 1 台运行，1 台备用，通过凝结水泵增压将凝汽器内的凝结水经汽封加热器、低压加热器加热输送到除氧器继

续加热、除氧。

#### **(6) 冷却水系统**

冷却水采用机力通风冷却塔循环冷却供水系统。

本项目按1台18MW机组容量设计循环水量。循环水量主要包括凝汽器的冷却水量，汽机冷油器，发电机空气冷却器等用的冷却水量。

#### **(7) 真空抽气系统**

为保证凝汽器有一定的真空，及时抽出凝汽器内不凝结气体，每台汽轮机各设置有两台水环真空泵，一用一备。

#### **(8) 汽封系统**

汽轮机转子与汽缸的前后汽封均采用高低齿封结构，可有效阻止蒸汽轴向泄漏，可有效阻止前轴封的蒸汽轴向泄漏和后轴封外的空气漏入凝汽器中。

前后轴封进汽由均压箱供给。均压箱的补汽开机时由新蒸汽减温减压后供给，运行中前轴封后段漏汽进入均压箱中，多余的蒸汽排至凝汽器中冷凝成水。前后轴封末端漏汽由汽封加热器抽走冷凝后再排入凝汽器中。

#### **(9) 疏水系统**

设1台连续排污扩容器和1台定期排污扩容器，连续排污扩容器的二次蒸汽接入除氧器的汽平衡管，其污水接入定期排污扩容器扩容后，统一排入废水处理系统。

锅炉和汽轮机的疏放水采用母管制，设1台疏水箱和1台疏水扩容器，同时设有两台疏水泵（一用一备），可将疏水送入除氧器，同时疏水箱也可作为停炉放水的收集水箱。除氧器的溢放水也排入此箱内，疏水箱上装有除盐水补水管路。

汽机低压加热器的疏水利用压差自流至冷凝器；汽机主蒸汽管、本体及汽封管路疏水、抽汽管路疏水及调节阀杆疏水接入本体疏水膨胀箱，扩容后的蒸汽进入冷凝器上部汽侧，闪蒸后的水则进入凝汽器集水井。疏水汇集按如下次序：压力最高的疏水离疏水膨胀箱最远。

### **6.7.4 汽机间布置**

汽机间内的设备和管道布置在±0.000m层，4.00m层，8.00m层和锅炉间炉后



15.000m 层。

### (1) 汽轮机房的设备布置

汽机房内汽轮发电机组采用岛式双层布置。

在汽机房零米层及其以下，布置有凝结水泵、油泵、冷油器、发电机空冷器、真空泵等设备，机组尾端设有检修场地。

汽机房 4.00m 层为加热器平台，布置有低压加热器、汽封加热器、均压箱、疏水膨胀箱等设备。

汽机房 8.00m 层为运转层，布置有汽轮机、发电机等设备。

### (2) 除氧器及辅助设备的布置

汽机间副跨 0m 层布置有锅炉给水泵、疏水箱、疏水扩容器、疏水泵、高低压给水管等。

4.0m 层为管道间，布置有一级减温减压器、旁路减温减压器、主蒸汽管、主蒸汽、抽汽管、疏水母管、旁路蒸汽管道等。

8.0m 层为参观走廊。

在焚烧锅炉间的 15.000m 层锅炉后平台布置有 1 台旋膜式中压除氧器、1 台连续排污扩容器和一台蒸预器疏水扩容器及检修操作平台等。

### (3) 安装及检修设施

汽机房设置 1 台 30/5t 吊钩桥式起重机，以满足汽轮机、发电机及其它辅机检修之用。

## 6.7.5 汽轮发电机系统主要设备

表 6.7-2 汽轮发电机系统主要设备表

序号	名称	型号与规格	数量		备注
			工作		备用
1	凝汽式汽轮机	N18-3.8,18MW	1		
2	发电机	QF20-2, 10.5kV 18MW	1		
3	凝汽器		1		随汽机供货

4	凝结水泵		1	1	变频泵
5	汽封加热器		1		随汽机供货
6	低压加热器		1		随汽机供货
7	冷油器		1	1	随汽机供货
8	空气冷却器		1		随发电机供货
9	本体疏水膨胀箱		1		随汽机供货
10	真空泵		1	1	
11	除氧器水箱		1		
12	旋膜中压除氧器		1		
13	疏水扩容器		1		
14	除氧间疏水扩容器		1		
15	疏水箱		1		自制或外购
16	疏水泵		1	1	
17	锅炉给水泵		1	1	其中 1 台变频运行
18	连续排污扩容器		1		
19	一级减温减压器		1		
20	旁路减温减压器		1		
21	主油箱		1		
22	事故油箱		1		自制或外购
23	高压电动油泵		1		随汽机供货
24	交流辅助油泵		1		随汽机供货
25	直流辅助油泵		1		随汽机供货
26	真空滤油机		1		
27	汽机吊	30/5t-13.5mA4 电动双梁桥式起重机	1		

## 6.8 电气系统

### 6.8.1 电气设计内容和原则

电气设计内容：本项目厂区红线内所有子项的电气系统，包括发电、配电、照明、

控制、防雷接地、应急电源等。

电气系统原则：要求电气主接线方面力求简单、可靠；电气设备布置以便于运行维护为原则，尽量紧凑集中，达到节约投资及运行费用，降低成本的目的；继电保护的配置采用微机保护，以便准确、迅速的切除故障并满足电厂自动化要求。

### 6.8.2 电气主接线

泰州市生活垃圾焚烧发电项目二期项目，本期计划装设一台处理能力为 850 吨/日的焚烧炉，发电机组一台，装机容量为 18MW。

根据本项目周边电网情况，上网电压暂按 110kV 电压等级接入系统考虑。在电厂内设计一座 110kV 升压站，配置一台主变压器。主变压器变比为  $10.5/121 \pm 8X1.25\%kV$ ，容量为 25MVA。厂内发电机组所发电量均经 110kV 升压站，通过一回 110kV 上网线路接入当地变电站。最终方案由当地电力部门接入系统设计及审批确定。

主厂房内 10kV 系统采用单母线分段接线。为了确保本项目在上网线路故障及发电机停运时机、炉设备的安全以及减少对周边环境影响，考虑由附近引入一路 10kV 独立与上网线的电源，经保安变 800kVA (10/0.4) 作为本项目的保安电源。在上网联络线及厂内发电机均故障时供全厂安全停机及保证重要负荷供电之用。

10kV 开关柜采用金属铠装开关柜，内装真空断路器、配弹簧操作机构。

上网接入线路路径及外接 10kV 保安电源线路等的接线方式、设备配置及计量形式等均需当地电力部门批准。

电气主接线图及保护配置图见：电气-1。

### 6.8.3 厂用电系统

经初步估算，本项目平均厂用电负荷约为 3750kVA。根据工艺需要，引风机、一次风机采用高压变频调速，对全厂其它负荷均采用 380V/220V 低压厂用电系统供电。10kV 系统采用中性点不接地方式，380/220V 系统采用中性点直接接地方式(TN-S 系统)。

10kV 厂用电系统采用单母线分段接线方式，厂内设 2 台 2000kVA (10/0.4kV) 厂用变，另设 1 台 2000kVA (10/0.4kV) 的干式变压器作为备用变压器，并分别与 2 台厂用变压器在 0.4kV 低压母线段联络，当任意一台厂用工作变压器故障检修、任意一段 0.4kV 工作母线失压时，由备自投装置 (BZT) 动作使备用变压器投入使用。

低压厂用电（AC380/220V）接地型式采用 TN-S 系统。

#### 6.8.4 二次线、继电保护自动装置

继电保护采用微机保护，工作站安装在主控室内。控制室及就地均可对发电机、厂用变及联络线进行控制，就地具有最高优先级。自动装置分列如下：

- （1）发电机自动调整励磁装置及自动灭磁装置。
- （2）发电机自动准同期装置。
- （3）建立于多媒体基础上的事故信号及预告信号装置，根据反措要求，保留部分硬接线报警。
- （4）电源自动切换投入装置。
- （5）事故照明自动切换装置。

#### 6.8.5 直流系统和 UPS

厂内设一组 220V 直流系统，主要供给直流油泵、事故照明、直流操作电源等。直流系统包括全封闭、免维护铅酸蓄电池组、蓄电池充电装置、直流配电屏等。

220V 直流系统采用单母线分段接线，一组蓄电池，正常以浮充电方式运行。两组充电器，一组工作，一组备用。整个直流系统由两路交流电源供电，在其内部切换。两路交流电源引自厂用变低压不同母线段。初步估计直流系统容量约需 600Ah（蓄电池与 UPS 共用）。

全厂设置一台交流不停电电源 UPS，容量为 40kVA，UPS 由两路 380VAC 供电，其中一路来自保安电源，另一路来自相应低压厂用电母线段。UPS 输出 220VAC，当 UPS 逆变器故障时由旁路经稳压器向外供 220VAC 单相电源。UPS 装置布置于仪表间，与直流系统共用蓄电池。

#### 6.8.6 电气系统 GPS 系统

本项目全厂配置 1 套时间同步系统 GPS，DCS 设置两台主时钟，一主一备。需要进行时间同步的设备如下：故障录波装置、微机保护测控装置、安全自动装置、同期装置、电能量采集装置、电能量监控终端、发电厂电气监控系统 ECMS、分散控制系统 DCS、各类管理信息系统 MIS 及其他需要时间统一的装置。

### 6.8.7 过电压保护及接地

根据《过电压保护设计规程》、《接地设计规程》及《建筑物防雷设计规范》，设计必要的设施及装置，保证建筑物、设备及人身安全。工作接地，防雷接地及保护接地共用一接地网，接地电阻不大于 1 欧姆。当接地电阻不能满足要求时，则补打人工接地装置。全厂各子项接地装置通过热镀锌扁钢带连成一个整体。

### 6.8.8 照明

设置交流正常照明和直流应急照明两个系统。

正常照明系统故障时，应急照明系统将自动切换到 220V 蓄电池组直流电源，供主控室、电子设备间、配电室等重要场所照明。辅助子项厂房应急照明采用带蓄电池灯具。

为确保厂区人员和车辆的安全，厂区户外设有充分的照明。户外照明设施能够承受外界天气变化的影响，具有足够的强度及防蚀特性。

烟囱依照相关的航空管制法规要求，设置照明指示信号。

### 6.8.9 通讯系统

#### 1) 电话系统

由于厂内生产岗位集中，厂内不设程控交换机，利用市政电话网组成虚拟专网或集群电话网络以满足生产岗位及行政办公内部通话之用。

#### 2) 无线对讲系统

向当地无线电委员会申请一定量的无线对讲机，以满足生产保安、设备巡视、检修调试流动通信之用。

#### 3) 网络系统

根据需要在厂内引入宽带网络，在主厂房设置若干终端接口，以方便厂内外信息资源交流与共享。

#### 4) 有线电视系统

厂内接入有线电视系统，在办公室、会议室、单身宿舍及主厂房办公室等地方预留电视插座。

#### 5) 工业电视系统

在生产重点部位，为了观察准确，及时正确操作，设工业电视摄像机，观察信号送至中央控制室。同时在厂区主要出入口，重要库房及职能部门也设摄像机，观察信号送保安室或中央控制室。

#### 6) 广播系统

为火灾报警，寻人及发布通知需要，设立广播系统。

#### 7) 电力系统通信

除配置专用调度电话外，配合远动两遥，设置光纤通信实现与电网调度之间的通讯。具体通信配置要求根据电力接入系统设计及审批要求设置。

### 6.8.10 电缆选型及敷设

全厂电缆均采用阻燃电缆，消防设备电缆均采用耐火电缆，室外电缆和长距离敷设电缆需采用铠装护套类型。

至 110kV 升压站主变压器低压侧的单回 10kV 回路采用 10kV 单芯电缆。电缆从高低压配电室引至室外电缆桥架内敷设。汽轮发电机出线与 10kV 开关柜的连接也采用 10kV 单芯电缆。

高低压配电室及各电气配电间采用电缆桥架设方式，主厂房内采取电缆沟和电缆桥架相结合的敷设方式，至电机、设备端采用分支桥架及穿钢管相结合的敷设方式。主厂房至各辅助车间厂区电缆采取电缆桥架和电缆埋管相结合的敷设方式。各辅助设备间电缆采用电缆桥架和埋管敷设相结合的方式。单芯电缆采用非磁性管。

考虑电厂电缆火灾事故的危险性，为防止电缆延燃，在电缆夹层、桥架、电缆沟进行防火阻隔封堵，以防止火灾蔓延。

### 6.8.11 电缆防火的主要措施

在主厂房及各个建筑物通向外部的沟道的出口处设封闭的防火墙。主厂房架空电缆桥架全线加阻燃盖板。所有贯穿电缆的各种孔洞（如穿墙、穿楼板、盘底孔洞、竖井孔洞等）均应封堵，凡有电缆接头处两侧均用阻火包封堵。

### 6.8.12 电气安全

建构筑物的雷电防护措施（防直击雷，防雷电波侵入，防雷电感应）和降低雷击电磁脉冲干扰措施（如屏蔽、线路敷设、等电位联接及接地、装设电涌保护器）等应

符合《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010)。防电击和防触电措施：低压配电采用 TN-S 系统；电气设备的布置应满足带电设备的安全防护距离要求，设置必要的隔离防护（装设栅栏和遮栏）和防止误操作措施；设置必要的防静电、保护接地、工作接地、等电位联接等措施；加强设备绝缘和防护等级；防触电 I 类设备与保护导体（PE 线）可靠连接，必要时设置剩余电流保护器或采用 SELV 安全特低电压供电。

### 6.8.13 安防监控系统

为发电厂设计一套安全监控系统，该系统在主要道路、大门、围墙等设置视频监控摄像机，视频监控信号送至保卫部门，并上传至企业信息管理网络。保卫部设置监控主机、液晶显示器、大容量硬盘、报警主机等设备。

在围墙设置电子围栏，可以保证在长距离范围内，安全有效的防止非法翻越围墙，该设备智能人性，非法入侵时可及时在保卫室报警主机上发出报警信号。

### 6.8.14 修理与试验

按《小型火力发电厂设计规范》GB50049-2011 和根据工艺要求，分别在主厂房内锅炉房区域、烟气净化区域、汽机房区域、检修间等设置检修电源及插座。

### 6.8.15 消防系统

在重要库房、设备间、控制室、电缆夹层等部位设火灾自动报警探测器。在中控室设置集中报警及消防联动控制装置，发生火灾时联动相关消防泵等灭火装置，并显示各种报警及联动状态。

配电间、办公室、控制室、仪表间等按规范要求设备有相应规格和数量的感温或感烟探测器；在电缆夹层、重要电缆沟、电缆桥架处设置有缆式线型定温探测器；垃圾池因厂房高大，普通探测器不能满足要求，设置有红外光束感烟探测器；在垃圾贮液池等处设置有探测甲烷气体的可燃气体探测器。

主厂房垃圾池比较高，着火点比较特殊，一般措施不能达到目的，故采用自控扫描场内高温点，摄像机观察冒烟及火光点，再通过中控室显示。遥控或现场手动操作喷水装置，扑灭局部着火点。

所有消防用电设备均采用双路电源供电，并在末端进行自动切换。消防设备的接地要求与主接地网相连，接地电阻小于 1 欧姆。消防设备的电缆均采用耐火电缆，敷

设方式采用桥架和穿管相结合的方式。

### 6.8.16 电气系统主要设备

序号	设备名称	技术参数	单位	数量	备注
1	主变压器	SZ11-25000/121 121±8X1.25%/10.5kV	台	1	国产
2	110kV GIS 间隔	主变间隔、PT 间隔、出线间隔	个	3	合资
3	高压开关柜（10kv）	KYN28-12A	台	16	合资
4	环氧浇注干式变压器	SCB13-2000/102000kVA	台	3	国产
5	环氧浇注干式变压器	SCB11-800/10800kVA	台	1	国产
6	低压抽屉式开关柜	MNS	台	21	国产
7	高压变频柜	引风机 1100kw*1 一次风机 315kw*1	台	2	合资
8	低压变频柜	二次风机 110kw*1 给水泵 200kw*1 凝结水泵 55kw*2	台	4	合资
9	10.5kV 保护装置	微机型(分散安装在高压开关柜内)	套	8	国产
10	直流蓄电池	600AH	套	1	国产
11	UPS 系统	40kVA	套	1	国产
12	电气继电保护与综合自动化系统		套	1	国产
13	火灾报警控制系统		套	1	国产

## 6.9 自动控制系统

### 6.9.1 概述

本项目一期建设规模为 850 吨/日（1×850 吨/日+1×18MW），采用炉排炉，蒸汽温度：450℃（末级过热器出口）蒸汽压力：4.0MPa（g）（末级过热器出口）；配置一台 18MW 汽轮发电机组及配套的辅机和共用系统。设置全厂中央控制室，对 1 台炉排垃圾焚烧炉、1 台汽轮发电机组及相应热力系统、公用系统采用一套 DCS 进行集中监



视和控制。

为保证全厂更加安全、稳定地运行，提高全厂的自动化水平，满足机械化焚烧系统对自动控制的严格要求，必须采用先进的自控仪表和自控技术对整厂的焚烧处理实施生产自动化控制。

本厂的自动仪控系统，包括中央控制系统和现场控制仪表。本设计选用的中央控制系统为可靠性高、技术先进、具有双重结构的开放式 DCS 集散控制系统。本设计选用的现场控制仪表设备均是与上述 DCS 集散控制系统相匹配的先进可靠的仪控设备。

DCS 集散控制系统的监视控制范围包括：垃圾接收贮存系统（含地磅站、垃圾抓斗等）、垃圾焚烧线（含焚烧炉、余热炉、烟气净化系统、烟风系统、炉渣系统等）、热力系统（含除氧给水系统、疏水系统、蒸汽系统、循环水系统等）、汽轮发电机组、燃油泵房、厂用电系统及辅助生产系统。

### 6.9.2 控制系统水平（DCS、SIS、MIS）

除机组启动前的准备工作和垃圾卸投料及灰渣输送控制外，整套机组启动、停止、正常运行和事故处理均能在中央控制室内通过 LCD 及鼠标、键盘完成。对辅助车间正常运行时可无人值守的水平。中央控制室内设数名运行值班人员，（机组及辅助车间启停及运行工况中的少量现场操作由 2~3 名巡视人员配合完成），实现全厂的运行控制管理。设置 SIS、MIS 系统，DCS 系统监控层留有同 SIS、MIS 系统的接口，实现过程级、厂级监控信息系统、电厂管理信息系统相结合的真正管控一体化系统。

#### 厂级监控信息系统 SIS

1、通过接口机可以将 SIS 网络同 DCS 网络连接起来。SIS 系统一方面提供从厂控制系统 DCS 及辅助车间系统取得的实时数据及其处理后的信息（SIS 可以通过通讯和 DCS 系统连接，使 DCS 系统向 SIS 单向上传数据），为生产过程的实时监控和管理服务；另一方面通过计算和分析，提取出生产过程综合信息作为管理和操作的依据和指导，让管理者能科学的决策。SIS 的实时/历史数据库系统采用高性能、高可用性、升级便捷和维护方便的企业级数据库服务器。同时数据库服务器采用容错或冗余配置，实现故障自动切换。另数据库服务器平台能支持实时/历史数据库数据文件的备份、恢复功

能，归档文件的创建、复制、删除、备份等管理功能以支持数据的二次计算及其结果数据的存储功能，确保系统数据安全。

## 2、SIS 的主要功能：

- 1) 全厂生产过程实时监控信息共享；
- 2) 全厂机组间负荷经济分配及调度；
- 3) 机组级及厂级性能计算和分析；
- 4) 运行优化操作指导、绩效考核
- 5) 机组性能试验、主要设备状态（泄漏、磨损等）检测和计算分析
- 6) 过程信息统计和报表管理

## 3、SIS 的主要结构及配置：

1) 全厂网络系统采用一体化布局，主干网采用 1000Mb/s 以太网，各下层控制系统到主干网的连接介质采用 100Mbps 光纤，网络结构为星型拓扑结构

2) 配置一台核心交换机及两台数据交换机。

3) 采用两台互为冗余配置的数据库服务器。

4) SIS 系统操作系统采用的是全面满足客户机/服务器体系结构的网络操作系统 Windows 2000 及以上版本。服务器端应用软件和客户端应用软件相对独立

## 信息管理系统 MIS

1、电厂管理信息系统 MIS 是一个以人为主导，利用计算机硬件、软件、网络通信设备以及其他办公设备，进行信息的收集、传输、加工、储存、更新和维护，支持组织高层决策、中层控制、基层运作的集成化的人机系统。

2、电厂 MIS 按照业务功能与业务部门相结合的划分方法，划分为：系统维护、厂长查询、劳人、财务、物资、计划、生技、运行、安监、设备、燃料、环保、教培等子系统，不同电厂的实际情况有不同的划分方法。与厂级实时监控信息系统（SIS 系统）进行联网，以实现全厂生产过程信息共享。

## 3、MIS 的主要结构及配置：

- 1) 主干网络为千兆以太网，1000Mbps 连接到各服务器，100Mbps 到桌面。

2) 在中心机房配置核心交换机和二级交换机。

3) 配置网管软件, 采用防火墙、路由器、单模光纤链路接入集团公司信息管理系统。

DCS 系统直接控制包括但不限于焚烧炉(炉排控制系统除外)、余热锅炉(包括吹灰、脱硝)、烟气净化系统、锅炉辅助设备、汽机及其辅助设备、烟气在线监测和汽水取样分析等系统的监视和控制。对电气自动化系统需要与 DCS 系统进行通讯。对重要的相对独立的辅助系统垃圾吊、地磅房、化学水、压空机组、污水、飞灰固化等在就地设有独立的 PLC 和人机操作接口, 用于调试、启动和异常时在就地进行监视和操作, 为实现正常运行时无人值守, 采用通讯接口方式与集散控制系统相连, 在中控室内进行监视和控制。

DCS 用来执行下列功能: 信号收集、信号调节、信号指示、闭环回路控制、开环回路控制、警报的处置及警示、事件发生顺序记录、自动操作和手动操作、计算、资料记载、趋势图显示、工艺流程图形显示、管理报表的产生、系统误动作的自我监视、资料和图形的打印等功能。

总之, 所选的 DCS 控制系统必须是安全可靠的, 并且具有工程使用业绩; 应为今后的维修服务和备品备件的来源提供方便, 并能根据工程特点编制应用软件; 具有一定的工程业绩, 并且价格合理、服务周到; 分散控制系统的选型, 有待以后在招标过程中, 经过详细的技术经济比较后确定。

### 6.9.3 DCS 系统

#### 6.9.3.1 DCS 系统总体结构

DCS 系统结构分为三级。第一级为分散过程控制级, 第二级为集中操作监控级, 第三级为综合信息管理级。各级之间由通信网络连接, 级内各装置之间由本级的通信网络进行通信联系。现场具有通讯功能的仪表和现场 PLC 的通讯方式采用 Profibus-DP 通讯协议, 与 DCS 进行数据通讯, 构成一套完整的全厂控制系统。DCS 系统采用全冗余结构, 电源、通信网络和控制器等都为 1:1 冗余, 最大程度的保证了系统的安全性和可靠性。

DCS 控制系统网络配制图见: 自控-1。

### 6.9.3.2 DCS 系统软件

DCS 系统软件包括系统软件、组态软件、现场控制站的软件。

系统软件：是一组支持开发、生成、测试、运行和程序维护的工具软件，它一般与应用对象无关。DCS 的系统软件一般由以下几个主要部分组成：实时多任务操作系统，面向过程的编程语言，工具软件。

组态软件：DCS 提供一个（或一组）功能很强的软件工具包（即组态软件），该组态软件提供一个友好的用户界面，使用户在不需要编什么代码程序的情况下便可生成自己需要的应用“软件”。

现场控制站的软件系统：DCS 的最突出特点是利用某种通信网络将分散在现场执行数据采集和控制功能的各现场控制站与位于操作中心（或监视中心）的各个操作、管理站连接起来，共同实现分散控制、集中管理的功能。其中有包括：输入/输出软件、DCS 反馈控制软件、顺序控制功能软件等。

### 6.9.3.3 DCS 系统硬件构成及功能

#### 1、现场控制站

现场控制器（可冗余）完成装置相对独立区域系统的自动控制，向上通过以太网（可用光纤、可冗余）与操作员站和工程师站通讯，向下通过 PROFIBUS 总线与远程 I/O（可冗余）通讯。

##### a) 现场控制站的硬件构成

控制站由冗余控制器、输入、输出、通讯等单元构成。

机热备结构，即采用两套配置完全相同的控制系统，每套控制系统中各有一个 CPU、热备转换模块、双口远程 I/O 通讯模块、以太网通讯模块与电源。其中一台为控制主机，另一台为后备机，它随时准备在主机出现故障时代替主机来继续对远程 I/O 进行控制。主控制器与后备控制器同步扫描，它们采用光纤通讯，主机的 I/O 状态表在每一个扫描周期传给后备机，以便随时更新系统状态。这样的系统在部件或电源出现故障时，可无扰动切换，提高了系统的安全性和可靠性。

通讯系统为双缆冗余，部分重要输入、输出考虑冗余，参与保护的参数实现三取

二确保安全、可靠。三取二配置的 I/O 要接入不同的 I/O 模板上。

b) 现场控制站功能

数据采集功能

闭环控制功能

顺序控制功能

信号报警功能

数据通讯功能

c) 现场控制站的划分

焚烧炉和余热锅炉设一个现场控制站，共 1 个；烟气净化系统设一个现场控制站，共 1 个；汽机设一个现场控制站，共 1 个；电气及公用系统设 1 个现场控制站；总共设 4 个现场控制站。

随焚烧炉供应燃烧控制装置 PLC（与 DCS 通信），电气设一个 ECS 控制站（电气其余 I/O 点分别分布于锅炉、汽机控制站），另外随工艺设备成套供应的相对独立的控制系统如垃圾吊控制系统、污水处理系统、化水处理系统、地磅控制系统、吹灰系统、燃烧器系统、压空系统、汽水取样系统、加药系统、烟气在线监测系统通过通讯同 DCS 连接。这样的系统可以使事故分散，更有利于机组的单独安全运行。

## 2、操作员站

操作员站在以太网上可以灵活布置在需要的操作室，现场控制器与远程 I/O 也可以布置在测控点相对集中的区域。

a) 操作员站的硬件构成

操作员站由监控计算机、键盘、显示器、打印机等几部分构成。

b) 操作员站的功能

操作员站功能主要是对工艺过程进行监视和运行操作，在 DCS 系统中，通常采用以下主要画面指示工艺运行状况。

总貌画面

组貌画面

回路画面

图形显示功能

趋势曲线画面

操作指导画面

任何显示和控制功能均应能在任一操作员站上完成。

### c) 操作站的划分

为便于操作，中控室增设 4 个操作站（1 个锅炉 DCS 操作站、1 个烟气操作站、1 个汽机 DCS 操作站、1 个 DEH 操作站）。此外，设工程师站、值长站（包括打印机台）。

## 3、工程师站

工程师站在中控室内单独设置一个房间，具有比操作员站更多的权限，可以实现对控制系统设置和诊断以及对系统的日常维护。

### a) 工程师站的构成

工程师站由监控计算机、键盘、显示器、打印机等几部分构成。具体配置与操作站一样。

### b) 工程师站的功能

工程师站功能主要包括系统的组态功能、控制功能、维护功能和管理功能等。用于整个集散控制系统的硬件配置、通讯网络组态、连续和顺序过程运行组态、操作和监控策略设计、在线调试和程序修改等用途。

通常情况下，工程师站同时具有操作员站的功能。

## 4、历史站

工厂的历史数据对公司来说是很有价值的，实时数据库的核心就是数据档案管理，它采集并存储与流程相关的数据，多年应用历史数据库管理的经验告诉我们，现在很难知道将来进行分析时哪些数据是必须的。因此，保存所有的数据是防止丢失所需信息的最好方法。实时数据库为最终用户提供了快捷、高效的工厂信息，由于工厂实时数据存放在统一的数据库中，工厂中的所有人，无论在什么地方都可看到和分析相同

的信息，客户端的应用程序可使用户很容易对工厂级实施管理，诸如工艺改进、质量控制、故障预防维护等。通过实时数据库可集成产品计划、维护管理、专家系统、化验室信息系统、模拟与优化等应用程序，在业务管理和实时生产之间起到桥梁作用。

一个实时数据库系统的优劣，主要体现在它提供的功能是否齐备，系统性能是否优越，能否完成有效的数据存取，各种数据操作、查询处理、存取方法、完整性检查，保证相关的事务管理，事务的概念、调度与并发控制、执行管理及存取控制，安全性检验。因此本项目单独设置历史站，建立实时数据库采集并存储与流程相关的数据。

#### 6.9.3.4 DCS 的控制对象

##### 1、焚烧炉系统

炉排控制系统：点火燃烧器控制系统；辅助燃烧器控制系统。

##### 2、余热锅炉系统

余热锅炉控制：余热锅炉外围设备的控制。

##### 3、烟气处理系统

烟气排放参数监控：加药量监控。

##### 4、汽轮发电机组系统

汽轮发电机组汽水系统监控；汽轮发电机组本体油系统、轴系统的监控；汽轮发电机保护系统。

##### 5、除氧器系统

水位；压力、温度。

##### 6、电厂的辅助系统

循环水系统的监控；工业水及生活水系统的监控；污水处理系统的监控；垃圾进料吊车控制系统；空压站控制系统；地磅房称重设备。

#### 6.9.4 在线检测及自动控制仪表

##### 6.9.4.1 温度测量仪表

选用符合 IEC 标准且为电厂设计的热电偶、热电阻测温元件。热电偶、热电阻的

信号直接进入 DCS 的输入模件，在模件内实现冷端温度补偿和线性化处理；

联锁保护用温度信号一般选用温度开关或电接点双金属温度计；

就地温度显示选用双金属温度计。

#### 6.9.4.2 压力测量仪表

选用智能型电容式压力、压差、差压流量、差压液位变送器。联锁保护用压力信号一般选用压力开关或电接点压力表。

就地显示采用不锈钢弹簧管压力表，压力低于 40kPa 选用膜盒式压力表。集中显示或远传控制选用电动智能差压变送器。

#### 6.9.4.3 流量测量仪表

一般的汽、水、风流量可以采用德尔塔巴测量，石灰液流量采用电磁流量计，燃油流量采用质量流量计。其它介质流量可选用电磁流量计、超声波流量计、金属管转子流量计等。

#### 6.9.4.4 物位测量仪表

位测量一般选用智能型差压变送器。常压容器选用静压式液位变送器；

固体物位选用超声波物位计；

液位信号测量可选用磁性浮子液位开关；

料位信号测量选用旋阻式料位开关或超声波料位开关。

#### 6.9.4.5 调节阀

选用进口电动调节阀作为调节回路的执行元件

执行器应带有手轮和位置发讯机构。

#### 6.9.4.6 变频器

为节省电，选用变频器改变电机的转速进而达到改变送、引风机风量，泵出口流量的目的。

#### 6.9.4.7 变送器电源与信号

变送器一般采用 24VDC 电源，二线制输出信号为 4~20mADC。



#### 6.9.4.8 烟气排放在线监测系统

每台炉设一台多参数烟气排放在线监测系统，根据 HCl、SO<sub>2</sub> 含量控制 Ca(OH)<sub>2</sub> 的加入量，确保烟气的排放指标符合国家标准，同时还测量 CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、O<sub>2</sub>、HCl 等含量，在线监测指标数量满足标准要求，本系统将设置足够的接口以便将有关检测数据输测数据与监管部门联网，送至当地的环保部门，每台炉设一台烟尘监测仪表。

在焚烧厂显眼位置设大屏幕显示在线监测主要烟气参数，便于公众监督。

#### 6.9.5 中央控制室与仪表柜间的布置

机、炉、电集中在一个中央控制室实现统一监视和控制，布置在运转层上，有通向锅炉间和汽机间的门，控制间净高为 3.6m。

##### 1) 中央控制室

中央控制室内布置操作员控制台，每个控制台正立面安放人一机接口的显示器。台面上安置操作键盘，鼠标和紧急操作按钮。（工程师站可单独设置）

##### 2) 仪表柜间

布置 DCS、PLC 柜、信号柜、电源柜、UPS 柜、锅炉与汽机热力配电箱、电气柜等。中央控制室面向锅炉间、汽机间，过道为双层玻璃，便于参观。

#### 6.9.6 仪表供电、接地

本项目控制室由电工专业提供相应的 UPS 不间断电源，电源规格为单相、220V/AC，50Hz、TN—S 方式。UPS 容量为 40kVA。

系统的（或仪表）接地，要求等电位接地，遵循《石油化工仪表接地设计规范 SH/T3081—2003》。

#### 6.9.7 仪表用压缩空气

仪表用压缩空气来自空压站仪表用贮气罐，供气压力为 0.6~0.8MPa（表压）。

气源质量要求：仪表用的压缩空气必须经过除油、除水、除尘、干燥等空气净化处理。

仪表气源品质与压力将符合各相关规定和要求，并设置专用气罐以便维持 15 分钟的用气量。

### 6.9.8 热工自动化实验室、仪表检修间

- 1、在主厂房内设一个三等标准热工自动化试验室，增设相应的标准测试仪器。
- 2、在主厂房内设一仪表检修间，配备一些必要的检修用仪器。

### 6.9.9 编码标准

全厂统一按 GB/T50549-2010《电厂标识系统编码标准》执行。

### 6.9.10 其他

- 1、锅炉汽包水位，垃圾装卸区及焚烧区等重要区域设置工业电视探头。
- 2、垃圾车进厂设置汽车衡及车辆监控管理。
- 3、PH 值、电导率测量应选用可靠性高的，精度高的智能型进口产品。

### 6.9.11 结论

采用集散型控制系统，则能集中监视操作，便于科学管理，采用图像显示，完善人——机联系，提高了机组的自动化水平。扩展控制范围、修改系统参数比较容易，由于采用数据通讯，可减少现场配线。应用了自诊断技术和冗余结构，提高了控制系统的可靠性，目前集散型控制系统在我国已经得到了大量使用，焚烧垃圾发电厂均采用集散型控制系统，为此本项目拟采用集散型控制系统。

### 6.9.12 自动控制系统主要设备

序号	设备名称	技术参数	单位	数量	备注
1	DCS 集散控制系统	2800 点 I/O	套	1	国产
2	MIS 系统		套	1	公用
3	CEMS 烟气在线监测系统		台	1	锅炉
4	室内大屏幕系统		套	1	公用
5	室外大屏幕系统		套	1	公用

## 6.10 给排水系统

### 6.10.1 设计依据

本项目的给排水工程设计依据国家和行业相关技术规范及标准，具体如下所述：

- ◆ 《建筑给水排水设计规范》（GB50015-2003）2009 版；
- ◆ 《室外给水设计规范》（GB50013-2006）；
- ◆ 《室外排水设计规范》（GB50014-2006）2016 版；
- ◆ 《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）；
- ◆ 《固定消防炮灭火系统设计规范》（GB50338-2003）；
- ◆ 《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014）；
- ◆ 《火力发电厂与变电所设计防火规范》（GB50229-2006）；
- ◆ 《小型火力发电厂设计规范》（GB50049-2011）；
- ◆ 《工业循环冷却水处理设计规范》（GB50050-2017）；
- ◆ 《工业循环水冷却设计规范》（GB/T50102-2014）；
- ◆ 《火力发电厂化学设计技术规程》（DL/T5068-2006）；
- ◆ 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- ◆ 《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923-2005）；
- ◆ 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）；
- ◆ 《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）；
- ◆ 《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）；
- ◆ 《生活垃圾渗滤液处理技术规范》CJJ150-2010；
- ◆ 《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）；

各有关专业所提的相关设计资料。

### 6.10.2 设计范围

本项目设计处理规模为：1 台 850t/d 的机械炉排焚烧炉，配 1 套 18MW 凝汽式汽轮发电机组及辅助设施；

本项目水工设计范围：原水预处理系统、工业给水系统、循环冷却水系统、生活

给水系统、消防给水系统、化学水处理系统、生活垃圾渗滤液处理系统、雨排水系统。

### 6.10.3 水源及水量

本项目工业用水、循环水补水、冲洗水等水源为经过净化后河水，夏季额定工况下最大用水量约 1902m<sup>3</sup>/d。二期夏季全厂水平衡图见水工-1。

本项目生活用水及化验室用水水源为自来水，焚烧厂加填埋场合计按 57 人考虑，生活用水量按 150L/d·人，生活用水量按 9t/d 考虑，化验室用水按 2t/d 考虑，合计自来水用水量约为 11t/d；同时考虑使用自来水作为全厂工业用水的备用水源。

表 6.10-1 用水量表

水源	用水点	夏季额定用水量 (m <sup>3</sup> /d)	水源及去向
自来水	生活用水	9	使用自来水，排低浓度污水处理系统，处理后回用至冷却塔
	化验室用水	2	
	合计	11	
河水	除盐水制备用水	139	使用净化后河水，用于 SNCR、SCR、加药、锅炉补给
	循环冷却水直接补充水	1335	使用净化后河水，进入冷却塔集水池
	给水泵冷却	72	使用净化后河水，全部回用至冷却塔集水池
	一次风机冷却	72	
	二次风机冷却	72	
	引风机冷却	72	
	旋转雾化器冷却	36	
	焚烧炉落料槽水夹套	12	
厂区道路冲洗	20	使用净化后河水，消耗	

水源	用水点	夏季额定用水量 (m <sup>3</sup> /d)	水源及去向
	绿化用水	30	
	未预见用水	15	
	锅炉间冲洗	3	使用净化后河水， 排低浓度污水处理系统，处理后回用至冷却塔
	灰渣输送区冲洗	2	
	烟气净化间冲洗	3	
	垃圾车冲洗	8	使用净化后河水， 排入渗滤液处理系统，处理后回用至冷却塔
	卸料大厅冲洗	3	
	污水沟道间冲洗	1	
	渗滤液管道冲洗	2	
	净水站排泥	5	使用河水，污泥脱水后送至垃圾池
	合计	1902	
复用水	烟气净化	191	使用循环排污水、定连排污水及渗滤液处理系统高盐浓液，消耗
	飞灰稳定化	8	使用循环排污水、定连排污水，消耗
	出渣机补水	90	使用循环排污水、定连排污水及除盐水系统浓水，消耗
	合计	289	

### 6.10.3.1 取水及原水预处理系统

本项目工业水水源为河水，取水泵房设在河边。本项目运行后其生产用水量约 80m<sup>3</sup>/h，考虑到取水管网损失等因素，设计规格 100 m<sup>3</sup>/h 取水泵房，取水泵型号为 Q=100m<sup>3</sup>/h，H=14m，1 用 1 备，取水管管径为 DN150。

为保证其供水安全性，考虑设计河水净水装置。在厂区内设置 1 套全自动净化装

置，处理能力 100m<sup>3</sup>/h。

在加药间设加药装置，当悬浮物超标时投加混凝剂，混凝剂通过计量泵计量，进入管道混合器中与原水混合，后进入全自动净水器，净水器具有混凝、沉淀、过滤功能。净水器出水自流进入生产消防水池，再由生产水泵加压至各用水点。污泥送至净水站污泥脱水间，干化后送至垃圾池。

原水经过处理后，浊度≤5。

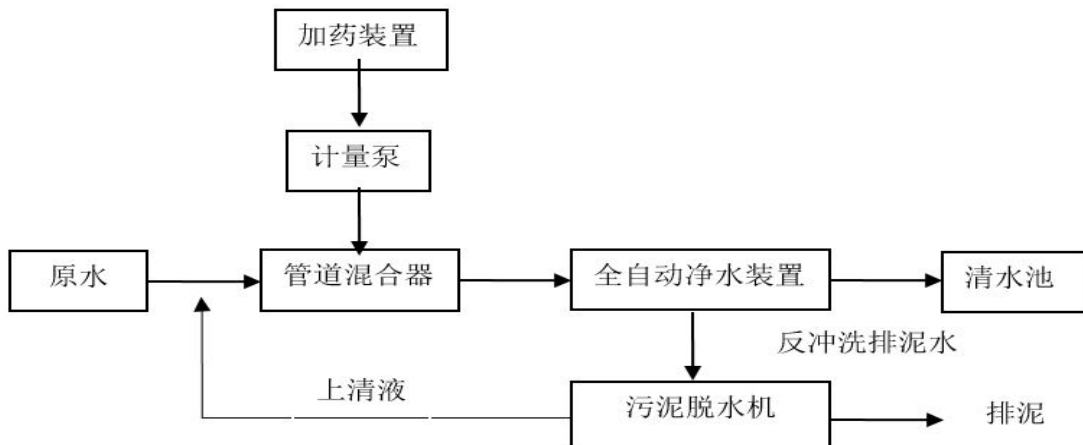


图 6.10-1 一体化净水器处理工艺流程

经过一体化净水器处理后，需达到《工业循环冷却水处理设计规范》(GB50050-2007) 间冷开式系统循环冷却水水质指标，作为工业水使用。

表 6.10-2 间冷开式系统循环冷却水水质指标

项目	单位	限值
pH 值	—	6.8-9.5
浊度	NTC	≤10
钙硬度-甲基橙碱度 (以 CaCO <sub>3</sub> 计)	mg/L	1100
总 Fe-	mg/L	≤1.0
Cu-	mg/L	≤0.1
Cl-	mg/L	≤700

硅酸（以 SiO <sub>2</sub> 计）	mg/L	≤175
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	≤10
石油类	mg/L	≤5
CODCr	mg/L	≤100

### 6.10.3.2 工业水系统

工业水系统主要包括：除盐水制备用水、主厂房辅机设备冷却用水、循环水系统补充水、绿化及冲洗水等。

河水经净水装置处理后，出水一部分进入清水池，一部分直接送至冷却塔集水池。清水池分 2 格，有效容积 2000m<sup>3</sup>，其中生产水 1352m<sup>3</sup>，满足事故检修 17h 的用水量，消防水 648m<sup>3</sup>。

清水泵房内设有生产水泵 2 台，1 用 1 备，水泵参数为 Q=40m<sup>3</sup>/h，H=50m，N=15kW，1 台变频。其中生产水泵备用泵作为冷却塔补水泵，在厂外供水系统事故状态下，生产水泵可利用清水池的储水直接补水至冷却塔。

水泵房为半地下式，面积 24×6=144m<sup>2</sup>，水泵自灌式启动。泵站起重设备选用一台起重量为 2t 的手动单轨吊；泵房排水采用二台潜水泵，水泵参数为 Q=50m<sup>3</sup>/h，H=15m，N=4kW。

### 6.10.3.3 生活给水系统

本项目生活用水及化验室用水水源为自来水，用水量约为 12m<sup>3</sup>/d，生活水管引自厂外市政自来水管。

### 6.10.4 循环冷却水系统

本项目循环水系统采用带机力通风冷却塔的开式循环冷却水系统。

循环水工艺流程图见水工-2。

表 6.10-3 循环水系统用水量

用水点名称	夏季额定用水量（m <sup>3</sup> /d）	去向
凝汽器	115200	经冷却塔冷却后回集水池
冷油器	4800	

空冷器	3000	
液压站	216	直接回冷却塔集水池
空压站	480	
螺旋冷灰机	480	
汽水取样装置	480	
合计	124656	

冷却水经循环水泵送至汽轮机凝汽器、发电机空气冷却器、汽轮机油冷却器，使用后空冷器、冷油器和凝汽器的回水利用余压进入冷却塔进行冷却，经冷却塔冷却后的水再通过循环水泵送至以上用水点循环使用。

冷却塔选用机力通风冷却塔装 2 台，单塔设计冷却水量为 2600m<sup>3</sup>/h，冷却塔风机用电功率 140/55kW，组合布置，电机采用双速电机。

循环水泵房为半地下式，设 2 用 1 备单级双吸离心泵，2 台工频，1 台变频，性能参数如下：

$Q=2600\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=23\text{m}$ ， $N=250\text{kW}$ 。

泵房内设 3t 电动单梁悬挂吊车一台，作为设备检修用。

为了缓解换热器的腐蚀和结垢，在循环水中投加有机磷酸盐作为缓蚀阻垢剂。设备布置在泵房的加药间内。

循环水加杀菌采用次氯酸钠杀菌装置，设备也布置在循环水泵房的加药间内。格网起吊采用一台起重量为 1t 的手动单轨小车。

循环水补充水由工业水、工业冷却水部分回水、低浓度污水和渗滤液处理后回用水四部分供给。

### 6.10.5 除盐水系统

#### 1、水源及水质

锅炉补给水制备原水采用净化后河水、自来水作备用水源。

#### 2、水汽质量标准

依据《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》(GB/T12145-2008)，及《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》(CJJ90-2009)要求，锅炉给水执行高一等级标准。



### 3、锅炉补给水处理系统

#### (1) 锅炉补给水处理系统出力

电厂汽水损失及各种用汽情况详见表 6.10-4:

表 6.10-4 电厂汽水损失及各种用汽量

序号	损失种类	水量 (t/h)
1	正常汽水损失	1.792
2	排污损失	0.583
3	启动或事故增加损失	10
4	厂内其它用水用汽损失	1.75
5	机组正常补水量	4.125
6	机组最大补水量	14.125

根据上表计算结果, 结合本工程确定的装机方案, 确定锅炉补给水出力为 15t/h。

#### (2) 工艺流程

除盐水工艺流程图见水工-3。

##### 1) 原水箱

原水箱用于贮存进入本系统的原水, 其目的是为了防止进水压力波动影响系统运行。

##### 2) 原水增压泵

为下道工序提供稳定的压力和水量, 原水增压泵配置有三台, 正常工作的二用一备。

##### 3) 砂滤

砂过滤是为去除水中的悬浮物而设置的, 同时为了去除水中更细小的胶体物, 在此之前投加高效絮凝剂, 破坏胶体的稳定性, 使悬浮物和胶体有效去除, 使其出水的污染指数 SDI 稳定在 4 以下。

##### 4) 活性炭过滤器

活性炭过滤器是为了去除水中的有机物和异味, 并吸附经过处理的河水中的余氯,

防止下游反渗透膜被氧化。

#### 5) 中间水箱及水泵

中间水箱用于贮存进入本系统的预处理产水，即经过处理的河水经预处理之后的水和凝结回水经初步处理之后的水在此混合。

#### 6) 反渗透(RO)预除盐系统

5 $\mu$ 保安过滤器作用是截留原水带来的大于 5 $\mu$ m 的颗粒，以防止其进入反渗透系统。这种颗粒经高压泵加速后可能击穿反渗透膜组件，造成大量离子泄露的情况，同时划伤高压泵的叶轮。过滤器的滤芯为可更换熔喷滤芯，当过滤器进出口压差大于设定的值（通常为 0.07-0.1MPa）时，应当更换滤芯。

高压泵的作用是为反渗透本体装置提供足够的进水压力，保证反渗透膜的正常运行。根据反渗透本身的特性，需有一定的推动力去克服渗透压等阻力，才能保证达到设计的产水量。

反渗透技术是近二十几年来新兴的高新技术，它利用反渗透原理，采用具有高度选择透过性的反渗透膜，能使水中的无机盐去除率达到 99%，同时，也能脱除水中的各种有机物、微粒，大大提高产品清洗合格率，且无污染，因而在纯水制备方面得以广泛采用。

经过预处理后合格的原水进入置于压力容器内的膜组件，水分子和极少量的小分子有机物通过膜层，经收集管道集中后，通往产水管再注入纯水箱。系统的进水、产水和浓水管道上都装有一系列的控制阀门、监控仪表及程控操作系统，它们将保证设备能长期保质、保量的系统化运行。

本系统一级 RO 装置配备 RO 自动低压冲洗系统，同时配置有一套化学清洗装置。

由于原水中高价离子的含量比较高，因此当停机时，膜浓水侧的污染物会沉淀在 RO 膜表面，并且由于 RO 膜浓水侧的含盐量很高，RO 膜会失去与之平衡的反渗透压，RO 膜透过水侧的淡水会吸干而造成对膜的严重损害。因此，在高压泵停止运行的同时应开启冲洗装置，由进水置换 RO 膜内的药品及污物，从而保护膜，本操作过程由控制系统程序控制，自动执行。

化学清洗装置用于 RO 膜的定期化学清洗，以延长 RO 膜的使用寿命。该装置同时

兼作 EDI 化学清洗系统。它由化学清洗箱、清洗水泵和 5 $\mu$ 保安过滤器组成，以达到最佳清洗效果。5 $\mu$ m 过滤器可截留清洗液的杂质，防止对膜产生新的污染。

RO 水箱用于贮存进入本系统的 RO 产水。

#### 7) EDI 深度除盐系统

技术很好地融合了电渗析技术和离子交换技术，是一种将混床树脂填充于离子交换膜之间，在直流电场作用下实现连续除盐的新型水处理方法。它兼有电渗析技术的连续除盐和离子交换技术深度脱盐的优点，又避免了电渗析技术浓差极化和离子交换技术中的酸碱再生等带来的问题。

#### 8) 加氨装置

锅炉补给水水质要求带弱碱性，因此需在成品水泵出口设置加氨装置。

#### (3) 化学加药和分析取样系统

本厂设炉水加磷酸盐装置 1 套。该装置由溶盐槽、加药泵及管道阀门等组成。

为了确保焚烧锅炉、汽轮发电机安全经济运行及监督控制垃圾焚烧过程产生的废气、污水、固体废物，本厂设化验室进行化学分析，并设汽水在线分析取样装置。所有在线分析装置均可将测定数据转变成 4-20mA 标准信号送中控室计算机，便于操作员巡检和记录打印。

### 6.10.6 排水系统

厂区排水采用生产污水、生产废水、生活污水和雨水分质排放系统。

#### 1) 生活污水排放系统

卫生间的生活污水经化粪池，食堂的污水经隔油池初步处理后，排入厂区内排水管，后进入低浓度污水处理系统，处理达标后回用至冷却塔。

#### 2) 生产污水、生产废水排放系统

冷却塔排污水用于烟气净化，飞灰固化以及出渣机补水。

化学水处理产生的浓水进入浓水箱作为出渣机补水。

锅炉定连排污水进入降温池用于烟气净化，飞灰固化以及出渣机补水。

锅炉间、灰渣输送区，烟气净化间等低浓度冲洗水排入低浓度污水处理系统。垃圾车冲洗，卸料大厅、污水沟道以及渗滤液管道冲洗水进入渗滤液处理系统。各类污

水经处理达标后均回用至冷却塔。

### 3) 雨水排放系统

主厂房钢网架屋面雨水排水采用虹吸式压力流排水系统，设计重现期 10 年，其它小屋面厂房及综合楼、泵房等其它建筑采用重力排水系统，设计重现期为 5 年。室外雨水管道设计重现期为 2 年。暴雨强度公式参照附近扬州市，公式如下：

$$q=8248.13 \times (1+0.641 \lg P) / (t+40.3)^{0.95}$$

厂区面积为 46666m<sup>2</sup>，按照降雨历时 20min，径流系数 0.55 计算，厂区暴雨总流量为 514.1 L/s，采用重力流排水系统收集后，排至厂区雨水管网。管网采用 HDPE 排水管，坡度 0.2~0.4%，出水总管管径 DN800。

根据厂区布置，生产区可收集的初期雨水汇雨面积约为 5000m<sup>2</sup>，初期雨水平均降雨深度 6mm 计，初期雨水量为 30m<sup>3</sup>。初期雨水收集后暂存于厂区的初期雨水收集池，有效容积为 100m<sup>3</sup>，初期雨水收集后分批送至厂区低浓度污水处理站，经处理达标后回用。

## 6.10.7 消防给水

全厂设有独立的消防给水系统。垃圾池为独立的消防炮给水系统，由一组高压消防泵及稳压系统单独供给；主厂房室内外消防由另一组消火栓给水泵组提供，并设稳压系统。消防水池与清水池合建，有技术措施保证消防水量不被挪用，消防水池容积为 648m<sup>3</sup>；消防水量按室外消火栓 25L/s、室内消火栓 35L/s 设计，室内外消火栓的延续时间按 2 小时计；垃圾池间固定消防水炮消防水量按 60L/s 设计，延续时间 1h，储存在清水池内。详见第十一章消防。

## 6.11 暖通及压空

### 6.11.1 通风和空调系统

#### 6.11.1.1 主厂房通风系统

焚烧锅炉间、烟气净化间、汽机间采取自然进风、自然排风方式。下部设进风百叶，屋顶分别设置流线型屋顶自然通风器将室内热空气排至室外。主厂房内的高低压配电间设置机械进风和空调降温系统，同时设置换气次数为 10 次/h 的事故排风系统，

并兼作平时排风用。进风加过滤装置。平时运行轴流风机排风，在室外气温比较高时，启动空调降温，同时关闭进风和排风机。

电缆夹层设置不少于 6 次/h 换气的机械排风装置，事故排风机并兼作平时排风用。

出线小室设置不少于 10 次/h 的机械排风，自然进风的通风装置，进出风加装防火阀，进风加过滤装置。

垃圾池设事故排烟系统，事故排烟按 2 次/时计算风量，消防灭火后排烟为恢复生产创造条件。

地下渗滤液池设计机械进风，机械排风，按 12 次/时计算风量，风机电机采用防爆型。

水处理间、出渣间、取样间等设计自然进风机械排风，按 10 次/时计算风量。

垃圾池侧上方安装除臭风管，进风口装电动蝶阀，平时焚烧炉正常运行时，阀门关闭。当全厂检修或者需要人工清理垃圾池等事故状态时，阀门开启，同时开启风机，垃圾池内臭气经活性炭除臭装置处理后达排高空排放。

其余各设备间按规范要求计算风量。以上各通风系统，凡有防爆、防腐要求的设备，均采用特殊的耐腐蚀材料和配用防爆型电机，渗滤液间送排风机要求联锁启动。

垃圾吊控制室与电气室应有良好的通风条件，必须保障外墙侧窗户为可开启式，保证空气流通及扩散通路。垃圾吊控制室与电气室必要时设机械通风。办公区内走廊设机械通风，兼做消防排烟。主厂房内主要房间通风设计方案如表 6.11-1:

表 6.11-1 主厂房内主要房间通风设计方案

建筑部位	换气次数或通风量	通风方式
高低压配电间	12次/h	自然进风，机械排风
烟气净化配电间	12次/h	自然进风，机械排风
出线小室	12次/h	自然进风，机械排风
地下渗滤液间	12次/h	机械进风，机械排风
化水间	8次/h	自然进风，机械排风
空压站	8次/h	自然进风，机械排风

### 6.11.1.2 主厂房空调系统

主厂房中高低压配电间，中央控制室，仪表柜间，吊车控制室，办公室等房间设置空调系统。

中控室、仪表柜间及办公室采用风冷式智能多联中央空调机组，室内配置天花板四面出风室内机，室外机布置上方屋顶，室内气流组织为上送上回。中控室、仪表柜间共用一套多联机系统，办公室共用一套多联机系统，无外窗的中控室由从室外引入新风。其他房间设置分体空调，为舒适性空调，温度湿度不做要求。所有空调就地控制。

表 6.11-2 室内空调设计参数

房间名称	夏季		冬季	
	温度 (°C)	相对湿度 (%)	温度 (°C)	相对湿度 (%)
高低压配电间	26±1	50±10	20±1	50±10
中控室	26±2	50±10	20±2	50±10
仪表柜间	26	/	18	/
吊车电气间	26±1	50±10	20±1	50±10

### 6.11.2 压缩空气

根据工艺、仪表工种对主厂房压缩空气的具体要求，空压站内设置两套压缩空气系统，其总容量为  $2 \times 32 \text{m}^3/\text{min}$ ，平时一台工作，一台备用，在事故情况下，备用系统自动投入运行。压空系统工艺流程图见暖通-1。

仪表用的压缩空气必须经过除油、除水、除尘、干燥等空气净化处理，其气源品质必须符合下列要求：

露点：工作压力下的露点温度为 $-40^\circ\text{C}$ 。

含尘：净化后的气体中，含尘粒直径不应大于  $0.01 \mu\text{m}$ 。

含油：气源装置送出的气体，油份含量应控制在  $0.01\text{ppm}$  以下。气源压力为： $0.7\text{MPa}$ 。

当空气压缩机停止时，贮气罐的气量应满足设备  $10 \sim 15\text{min}$  的使用时间。

### 6.11.3 除臭方式确定

主厂房内臭味集中的地区有卸料大厅，垃圾池，渗滤液收集间，渗滤液处理间，灰渣间及附近等地方，通过以下方式进行除臭处理：

A：垃圾池侧上方安装除臭风管，进风口装电动蝶阀，平时焚烧炉正常运行时，阀门关闭。当全厂检修或者需要人工清理垃圾池等事故状态时，阀门开启，同时开启风机，垃圾池内臭气经活性炭除臭装置后达到排放标准后外排。

B：渗滤液收集间设置机械进风和机械出风系统，出风排至垃圾池。渗滤液处理间，污水处理站设置除臭风管，通过活性炭除臭装置后达到排放标准后外排。

C：污水处理站臭气进过管道收集后送到垃圾，与垃圾池臭气混合后被焚烧炉一次风机吸取作为助燃风。

除臭工艺流程图见：暖通-2

## 6.12 供油系统

每台焚烧炉设 2 台启动点火用油燃烧器和 2 台辅助油燃烧器。它们使用的 0#轻柴油是由本项目配套建设的油库供给。当焚烧炉点火或保持炉膛内烟气 850℃ 停留 2 秒状态需喷油时，启动油泵，将油罐中 0#柴油输送到燃烧器，回油通过回油管流至油罐。

小油库内设置 1 个 50m<sup>3</sup>油罐和 2 台供油泵（一用一备），供油量和油压满足燃烧器要求。小油库有防雷、防火等安全措施。油库工艺流程图见：工艺-13。

## 6.13 污水处理

### 6.13.1 渗滤液进水水质及规模

高浓度污水主要包括垃圾渗滤液、高浓度冲洗水、垃圾车冲洗水等。其中生活垃圾渗滤液平时产生量按垃圾量 20%考虑，雨季按垃圾量的 30%考虑，故本期渗滤液最大产生量为 255t/d。考虑到其他高浓度冲洗水及垃圾车冲洗水进入，以及渗滤液产生量的波动性，设计渗滤液处理系统规模为 280t/d。

表 6.13-1 渗滤液水质水量表

污水种类	水量 (t/d)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	pH	SS (mg/L)
垃圾渗滤液	255	~60000	~30000	~2000	4~8	~6000
高浓度冲洗水	5	~10000	~3000	~300	6~9	~500
车辆冲洗水	8	~1000	~300	~30	6~9	~400
合计	268					

### 6.13.2 出水水质标准

全部污水处理后，出水需达到《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）中的敞开式循环冷却水系统补充水标准。

表 6.13-2 《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）

#### 敞开式循环冷却水系统补充水标准

序号	水质指标	水质标准
1	pH（无量纲）	6.5~8.5
2	BOD <sub>5</sub> ≤	10
3	COD <sub>Cr</sub> ≤	60
4	浊度（NTU）≤	5
5	色度（度）≤	30
6	NH <sub>3</sub> -N（以 N 计）≤	10（冷却系统换热器材质为非铜）
7	总磷（以 P 计）≤	1
8	溶解性总固体≤	1000
9	石油类≤	1
10	铁≤	0.3
11	锰≤	0.1
12	氯离子≤	250
13	总硬度≤	450
14	总碱度≤	350
15	硫酸盐≤	250
16	阴离子表面活性剂≤	0.5



### 6.13.3 渗沥液特点

#### (1) 可生化性

渗沥液是由垃圾池里堆放过程中渗出的高浓度的有机废水以及部分冲洗水组成的。其有机物通常可分为三类：低分子量的脂肪酸类、腐殖质类高分子的碳水化合物、中等分子量的灰黄霉酸类物质。这些化合物中含有已被确认的可疑致癌物、促癌物、辅助致癌物以及被列入中国环境优先污染物“黑名单”的有机物等。焚烧厂贮仓渗沥液中的低分子量可溶性脂肪酸较多，以乙酸、丙酸和丁酸为主，这类物质容易降解；其次还有大量难以降解的高分子和溶解性腐殖质，以及较多的芳香族梭基的灰黄霉酸。生活垃圾在焚烧厂贮仓停留时间很短，渗沥液中的挥发性脂肪酸没有经过充分的水解发酵，不似填埋场渗沥液，挥发性脂肪酸随垃圾填埋时间延长而减少，而灰黄霉酸物质的比重则相对增加，这种有机物组分的变化趋势，意味着焚烧厂渗沥液的 BOD/COD 高于填埋场，即此类渗沥液的可生化性较高。

#### (2) 氨氮含量

由于生活垃圾组分中有含氮有机物，且易被溶出或厌氧发酵，所以渗沥液中的含氮化合物浓度都很高。由于垃圾在焚烧厂贮仓的停留时间短，产生的渗沥液中含氮化合物以有机氮形式为主。

#### (3) 重金属离子

渗沥液中通常含有多种金属离子，其浓度与垃圾的类型、组分和厌氧时间等密切相关。由于垃圾本身成分的复杂性及垃圾厌氧反应与代谢过程的复杂性，重金属元素等也会出现在渗沥液中。据报道，生活垃圾中的微量重金属溶出率很低，在水溶液中为 0.05~1.80%，微酸性溶液中为 0.5~5.0%，且垃圾本身对重金属有较强的吸附能力。所以对处理城市生活垃圾焚烧厂渗沥液而言，重金属浓度较其它污染物低得多。除了重金属离子之外，由于垃圾中 Fe、Al、Ca 的含量较大，所以渗沥液中此类金属的浓度较高。

#### 4) 总溶解性固体

垃圾渗沥液中一般均含有浓度较高的总溶解性固体。水分流经垃圾层时对垃圾中的可溶性固体有萃取作用，所以焚烧厂和填埋场中渗沥液的总溶解性固体浓度都很高。

由垃圾固相中溶出潜力最大的应是生物可降解的有机组分； $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 因其良好的可溶性也占有较大比例；Fe、Al、Ca在固相中的含量较大，且有一定的溶解性，因此在渗滤水中也有较高的浓度。尽管渗滤液的组成状况极其复杂，但理论分析和大量的现场监测资料表明，渗滤液的特征污染物是耗氧性有机物(COD、BOD)和 $\text{NH}_3\text{-N}$ ，同时由于生成环境长期处于厌氧状态，厌氧生化过程使渗滤液具有典型的高色度与恶臭特征。

### 6.13.4 渗滤液处理工艺比较

在当今世界范围内，生活垃圾渗滤液处理技术研究学者已达成共识：从生态及经济效益双赢的角度考虑，生化工艺是渗滤液处理整套过程中不可省略的预处理阶段，通常，充分的生化处理工艺可达到间接排放标准。但仅仅依靠生化阶段是无法满足直接排放要求，必须与其他工艺技术进行合理优化组合。

目前，国内外应用较好的处理渗滤液工艺有如下2种。

#### 1) 厌氧+A/O+UF+RO工艺

针对垃圾渗滤液的有机负荷高的特点，厌氧工艺是一个较为合适的选择，其原因在于：

- (1) 厌氧工艺不需要曝气，从而节省能源；
- (2) 产生的固体量低；
- (3) 进水水质、水量可以通过调节池稳定。

由于厌氧生物处理工艺具有节能、运行费低、能产生沼气等特点，所以一般认为针对高浓度有机废水处理较宜先采用厌氧工艺，然后再作进一步处理。

通过2~3重A/O工艺去除渗滤液中的生物可降解有机污染物、氨氮和硝酸盐。

由于A/O出水不能稳定达标，在A/O后增加MF和RO工艺。污水经过膜处理系统深度处理，最终达标排放。

该工艺组合方式优点为厌氧反应效率高，为传统工艺的组合，运行经验较丰富。但生化池容积较大；污泥膨胀对工艺影响较大，沉淀效果易受影响。

#### 2) 厌氧+膜生化反应器(MBR)+NF+RO

在膜生化反应器(MBR)中用膜分离(通常为超滤)替代了常规生化工艺的二沉池。

与传统活性污泥法相比，MBR 对有机物的去除率要高得多，因为在传统活性污泥法中，由于受二沉池对污泥沉降特性要求的影响，当生物处理达到一定程度时，要继续提高系统的去除效率很困难，往往需要延长很长的水力停留时间也只能少量提高总的去除效率，而在膜生物反应器中，由于分离效率大大提高，生化反应器内微生物浓度可从常规法的 3~5g/L 提高到 15~30g/L，可以在比传统活性污泥法更短的水力停留时间内达到更好的去除效果，减小了生化反应器体积，提高了生化反应效率，出水无菌体和悬浮物，因此在提高系统处理能力和提高出水水质方面表现出很大的优势。MBR 对渗滤液中的氨氮有良好的去除效果，氨氮的去除率基本上维持在 99%以上，这得益于膜的截留使世代周期长的硝化菌得以富集。

MBR 的主要特点：

(1) 对污染物的去除率高，抗污泥膨胀能力强，出水水质稳定可靠，出水中没有悬浮物；

(2) 膜生物反应器实现了反应器污泥龄 STR 和水力停留时间 HRT 的分别控制，因而其设计和操作大大简化；

(3) 膜的机械截留作用避免了微生物的流失，生物反应器内可保持高的污泥浓度，从而能提高体积负荷，降低污泥负荷，具有极强的抗冲击能力；

(4) 由于 SRT 很长，生物反应器又起到了“污泥消化池”的作用，从而显著减少污泥产量，剩余污泥产量低，污泥处理费用低；

(5) 由于膜的截留作用使 SRT 延长，营造了有利于增殖缓慢的微生物。如硝化细菌生长的环境，可以提高系统的硝化能力，同时有利于提高难降解大分子有机物的处理效率和促使其彻底的分解；

(6) 较大的水力循环导致了污水的均匀混合，因而使活性污泥有很好的分散性，大大提高活性污泥的比表面积。MBR 系统中活性污泥的高度分散是提高水处理效果的又一个原因。这是普通生化法水处理技术形成较大的菌胶团所难以相比的；

(7) 膜生物反应器易于一体化，易于实现自动控制，操作管理方便；

(8) MBR 工艺省略了二沉池，减少占地面积。

在 MBR 后增加 NF 和 RO 工艺。经过 NF 及 RO 处理系统处理后，污水达标。

以上 2 种渗滤液处理工艺方案汇总比较详见表 6.13-3:

**表 6.13-3 工艺比选分析**

项目	方案一	方案二
主要工艺流程	厌氧+AO+UF+RO	厌氧+MBR+NF+RO
处理原理	生化	生化+物化
进水水质影响	进水水质对系统影响较大	进水水质对系统相对影响较小
对 COD 的去除	较好	很好
对氨氮的去除	对氨氮的去除率较高	对氨氮的去除率很高
运行管理	运行管理较为复杂	运行管理较为简单
占地面积	较大	较小
投资费用	一般	较高
运行成本	一般	一般
产泥量	较多	较少

从工艺特点、对水质波动的适应性、占地、运行管理等因素，进行综合比选后认为方案二为优选方案。

1) 厌氧反应器 (UASB) 可将高浓度的渗滤液污染物大幅降解，对于渗滤液处理是必不可少的，可为后续处理打下良好的基础；

2) 膜生物反应器 (MBR) 具有较强的适应性和操作上的灵活性，能适应大范围的水质波动；

3) 系统产生的污泥量很小，污泥处理费用很低，浓缩液较易处理；

4) 此工艺技术在垃圾渗滤液处理已有多个成功的工程及运行实践经验。故推荐的渗滤液处理工艺为：预处理+厌氧反应器+膜生物反应器 (MBR)+纳滤 (NF)+反渗透 (RO)。

### 6.13.5 渗滤液污水处理系统

渗滤液污水处理系统采用“UASB+MBR+NF+RO”工艺。渗滤液处理工艺流程图见水工-4，渗滤液污水处理系统工艺流程框图见图 6.13-1:

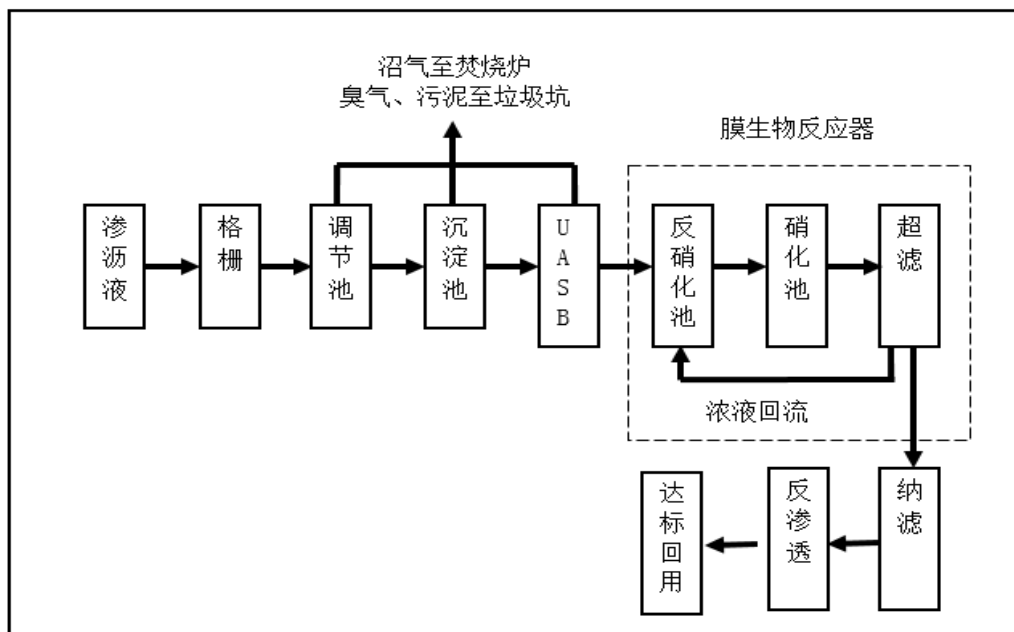


图 6.13-1 渗滤液处理系统流程图

其工艺流程说明如下：

(1) 垃圾渗滤液经过格栅机去除废水中较大的杂物后进入混凝沉淀池，在混凝沉淀池内进一步对渗滤液杂质进行沉淀，防止杂物进入调节池；

(2) 在经过初沉池后溢流进入到调节池，停留时间 7 天，以均衡水质水量，调节池内设潜水搅拌机，以防止池内污泥沉降；

(3) 调节池废水经提升泵送入水解酸化系统。水解酸化系统有如下作用：

1) 使废水中的含硫物质转化为  $H_2S$ ，并将废水中的硬度成分和重金属形成金属硫化物沉淀下来；

2) 生物污泥会对废水中的 SS 或胶体物质进行吸附去除，大幅度去除了渗滤液中的 SS 和胶体物质；

3) 形成酸化体系，与后面的厌氧系统形成两相厌氧的作用；

(4) 预处理系统出水进入厌氧进水池，废水经水泵提升进入 UASB 反应池，停留时间 8 天；UASB 池设置两座，废水在 UASB 池中去除大部分有机污染物，并对难降解

的大分子有机物降解为小分子的有机物，以利于后续生化处理；

(5) 厌氧池出水经提升泵提升进入硝化反硝化系统。废水先进入反硝化池，停留时间 3 天，在反硝化菌的作用下去除废水中亚硝态氮；反硝化池中设有搅拌装置，保证池内污泥与渗滤液充分接触混合；反硝化池出水进入硝化池，硝化池设置两座，停留时间共 8 天；池中供入一定量的氧，将氨氮转化为亚硝态氮；硝化池设置硝化回流泵，将部分亚硝化液回流至反硝化池，利用短程硝化反硝化作用，提高了系统脱氮效果；

(6) 硝化池的泥水混合液通过提升泵进入外置式超滤系统，对混合液进行泥水分离。超滤系统设置内循环泵，提高泥水混合物在膜管内的膜面流速为 3~5m/s，减缓膜的污染，延长清洗周期，超滤系统设置 1 套，超滤膜系统产生的透过液进入超滤产水箱，浓液回流进入反硝化池，或进入污泥浓缩池；

(7) 超滤系统出水进入纳滤系统，通过纳滤对有机物及高价态盐分的高选择性截留能力，去除水中绝大部分有机物及高价盐分。纳滤系统设置一套，纳滤系统采用抗污染纳滤膜元件，按一级两段式运行，设备设计回收率达到 80%，NF 系统运行压力为 6~15bar；纳滤系统产生的浓液主要为腐殖酸浓液，腐殖酸浓液回喷垃圾表面。

(8) 纳滤清液经泵升压后进入反渗透系统，通过反渗透对有机物及盐分的高截留能力，进一步去除水中的有机物及盐分。反渗透系统设置一套，反渗透设备设计回收率达到 70%，反渗透系统按照一级两段式运行，运行压力为 20~40bar，出水可稳定达到本项目的出水水质要求。

(9) 超滤系统和深度处理膜系统各设置清洗系统一套，便于膜系统的恢复清洗。清洗系统设置 PH、流量计等检测仪表，可直观准确地监测膜系统数据及清洗效果；

(10) 生化系统会产生一定量的剩余污泥，定期排至污泥浓缩池，经污泥处理系统脱水处理后，最终送至垃圾池焚烧处理。污泥脱水清液进入调节池。

(11) 厌氧配置加温系统，当厌氧池温度过低时，启动蒸汽加热系统，提高厌氧池内废水温度，提高生化去除效果；

(12) 生化系统配置冷却系统，当生化池温度超高时，启动冷却系统，保证生化

系统处于正常温度范围。

从垃圾池来的渗滤液中悬浮物含量较高，渗滤液经专用的收集管道进入初沉池将这些悬浮物去除，在进入初沉池的管道上安装螺旋格栅机以去除较大的颗粒的漂浮物。初沉池出水进入调节池，不同时间从垃圾仓来的渗滤液在这里停留混合，起到均衡水量、均化水质及降温的作用。设置搅拌装置，经过均质均量的废水，通过厌氧反应器供料泵泵送至厌氧反应器，在厌氧反应器中利用厌氧生物将高浓度有机废水最终转化为沼气排放，废水中绝大部分有机物被降解、消化。厌氧出水经袋式过滤器过滤后，通过布水系统进入膜生化反应器 MBR，去除可生化有机物。低浓度生活污水直接送入中间水池，直接进入 MBR 处理系统。MBR 由反硝化、硝化和超滤单元组成。生化系统产生的剩余污泥，脱水后送至焚烧厂进行焚烧，脱水上清液回生化系统处理。

经过 MBR 处理的出水 BOD、氨氮、悬浮物等已经达到排放标准。但是 COD、总氮及部分重金属仍然超标，因此设计采用 NF+RO 系统对超滤出水进行深度处理，进一步去除 COD、重金属和总氮，以确保出水达标。清液达标排放，浓缩液经过浓缩液处理系统。

渗滤液处理过程中产生的污泥包括：格栅系统栅渣、生化处理系统剩余污泥。污泥通过污泥提升泵打至污泥池，经螺杆泵提升进入脱水机房进行脱水处理，脱水后的含水率低于 80% 的泥饼运至垃圾仓。污泥池上清液和脱水滤液部分回流至生化系统。

污水处理站区域内设置有事故水池，保证在特殊事故工况中污水暂存，后续待事故状态解除后在进入渗滤液处理系统处理后回用；产生的沼气引入焚烧炉燃烧，同时在焚烧炉检修的情况下采用火炬燃烧的方式处理该部分气体；本项目设置有一套臭气收集系统，主要处理调节池、生化池、中间水池、污泥脱水间、污泥池、一级反硝化池和二级反硝化，收集后的臭气通过管道进入主厂房垃圾池内。

各工艺段处理效果见表 6.13-4：

表 6.13-4 各工艺段处理效果

项目		CODcr (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	SS (mg/L)
预处理	进水	65000	30000	1500	4000

项目		COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	SS (mg/L)
	出水	52000	30000	1500	3600
	去除率	20%	-	-	10%
厌氧反应器	进水	52000	30000	1500	3600
	出水	13000	6500	1500	3600
	去除率	75%	78.3%	-	-
反硝化硝化	进水	13000	6500	1500	3600
	出水	1300	325	60	3600
	去除率	90%	95%	96%	-
MBR	进水	1300	325	60	3600
	出水	455	97.65	42	3.6
	去除率	65%	70%	30%	99.90%
NF	进水	455	97.65	42	3.6
	出水	91	14.65	27.3	-
	去除率	80%	85%	35%	100%
RO	进水	91	14.65	27.3	-
	出水	18.2	2.93	10.92	-
	去除率	80%	80%	60%	-

### 6.13.6 低浓度污水处理系统

本项目低浓度污水处理规模为 40m<sup>3</sup>/d。

表 6.14-5 低浓度污水水质水量表

污水种类	水量(t/d)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	pH	SS (mg/L)
生活污水	7	~300	~150	~25	6~9	~200
化验室	2	~300	~150	~30	5~8	~200
低浓度冲洗水	7	~500	~150	---	6~9	~200
除盐水反	7	~100	~30	---	6~9	---



冲洗水						
初期雨水	10	~500	~300	—	6~9	~200
合计	33					

低浓度污水处理装置工艺流程如下：

生产生活污水——>调节池——>MBR 系统——>消毒池——>出水

生产生活污水经过调解池均质均量后进入 MBR 系统，MBR 膜生物反应器为膜分离技术与生物处理技术有机结合之新型态废水处理系统。在生物反应器中保持高活性污泥浓度，提高生物处理有机负荷，以膜组件取代传统生物处理技术末端二沉池，从而减少污水处理设施占地面积，并通过保持低污泥负荷减少剩余污泥量。膜生物反应器因其有效的截留作用，可使出水水质达到较高的水平，再经过消毒后可直接回用于生产。经处理后，达到《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923-2005）敞开式循环冷却水系统补充水水质标准。

本项目设置 1000m<sup>3</sup> 的事故废水收集池，确保各类事故废水有效收集和妥善处理。

## 6.14 固体废物灰渣处理

垃圾焚烧后产生的固体废物主要由两部分组成：从焚烧系统中排出的炉渣、炉灰及烟气净化系统中排出的飞灰。按 GB18485-2014《生活垃圾焚烧污染控制标准》规定，焚烧炉渣可按一般固体废物处理，焚烧飞灰则应按危险废物处理。其他烟气净化装置排放的固体废物按 GB5085.3《危险废物鉴别标准》判断是否属于危险废物，如属危险废物，则按危险废物处理。

### 6.14.1 炉渣处理

本项目中垃圾焚烧发电厂产生的炉渣约为原生垃圾的~20%左右，为避免炉渣随意倾倒对环境造成危害，焚烧炉排出的炉渣采用机械输送系统送至渣池，再经抓斗抓至运渣车，外运配套设施进行炉渣综合利用。经高温燃烧后的炉渣，经筛分、除铁后作建筑材料：可作水泥混凝土和滤青混凝土的骨料；可制墙砖或地砖；可作道路填充用材料。根据质量平衡，本项目每年炉渣产量 56700 吨。

## 6.14.2 飞灰处理

### 6.14.2.1 飞灰处置标准

垃圾焚烧产生的飞灰因其含有较高浸出浓度的重金属等危险废弃物，必须按危险固体废物处置要求，执行《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)和《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889-2008)，经过固化/稳定化处理后，满足下列条件，运输至填埋场进行安全处置。

按照《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008)第6.3章节明确：生活垃圾焚烧飞灰经处理后满足下列条件，可以进入生活垃圾填埋场单独分区填埋。

- (一) 含水率小于 30%；
- (二) 二噁英含量低于 3 $\mu$ gTEQ/Kg；

按照 HJ/T 300 制备的浸出液中危害成分浓度低于表 6.14-1 规定的限值。

表 6.14-1 浸出液污染物浓度限值

序号	污染物项目	浓度限值 (mg/L)
1	汞	0.05
2	铜	40
3	锌	100
4	铅	0.25
5	镉	0.15
6	铍	0.02
7	钡	25
8	镍	0.5
9	砷	0.3
10	总铬	4.5
11	六价铬	1.5
12	硒	0.1

### 6.14.2.2 飞灰的性质

- (1) 物理性质

#### 1) 颜色

一般来说，生活垃圾焚烧飞灰因其组成不同，颜色从白色到灰色和黑色不等。

2) 粒径分布

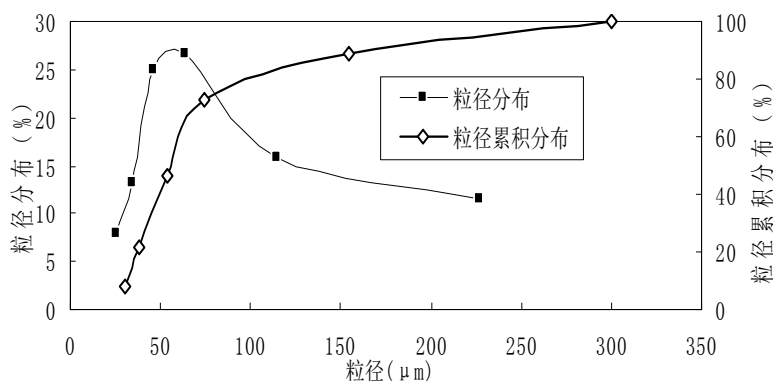


图 6.14-1 飞灰粒径分级曲线

粒径多分布于 38.5~74μm，小于 74μm 部分占总量的 73%，具体如图所示。

3) 密度

堆积密度为 0.6~0.8g/cm<sup>3</sup>，真密度为 2.4~2.6 g/cm<sup>3</sup>。

4) 比表面积

比表面积为 1.2~1.5m<sup>2</sup>/g，具有较高的吸湿能力。

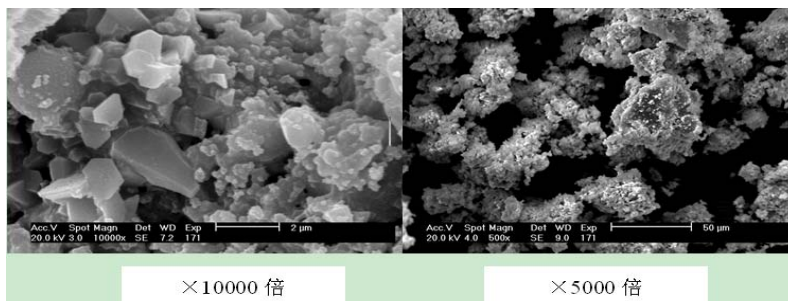


图 6.14-2 生活垃圾焚烧飞灰电镜扫描图

5) 形态

宏观形态：多为粉末状固体。微观形态：电镜扫描结果显示，飞灰的孔隙率较高，表面凹凸不平。

(2) 化学性质

1) 元素组成

Si、Al、Ca、Cl、Na、K、Mg、Fe、C 和 S 是飞灰的主要组成元素，具体如表 6.14-2

和表 6.14-3 所示:

表 6.14-2 生活垃圾焚烧飞灰主要元素组成表

元素名称	Si	Al	Ca	Cl	Na	K	Mg	Fe
含量 (%)	8.0-12.7	3.9-5.0	13.4-36.8	8.4-11.0	2.5-5.6	2.3-4.0	1.4-3.5	1.5-2.9

表 6.14-3 生活垃圾焚烧飞灰中微量元素组成表

微量元素名	含量 (mg/kg)	微量元素名称	含量 (mg/kg)
C	15100-16850	Cr	253-384
S	22138-23897	Ni	85-147
Zn	3334-5179	As	27.9-89.2
Pb	878-2594	Cd	44.2-79.6
Mn	806-1119	Co	35.8-48.5
Cu	555-793	Ag	14.2-27.4
Hg	4.57-24.8		

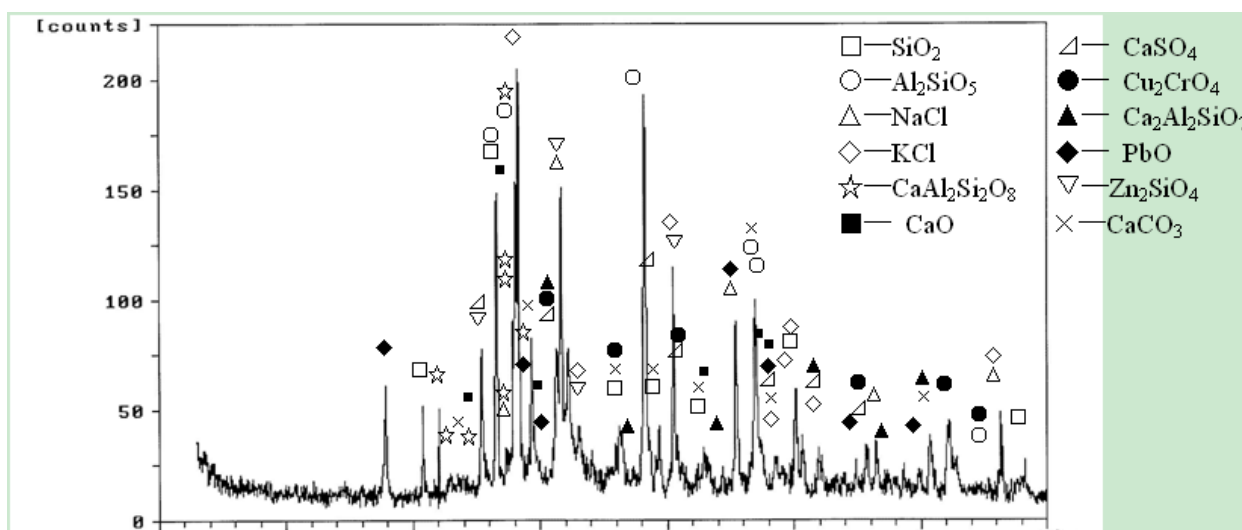


图 6.14-3 生活垃圾焚烧飞灰 XRD 分析谱图

2) 矿物组成

灰的矿物组成较复杂, 主要为 SiO<sub>2</sub>、NaCl、KCl、CaSO<sub>4</sub>、CaCO<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> 和 CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>,

还有少量的 CaO、Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub> 和 Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> 等物质，飞灰的活性较强。

表 6.14-4 生活垃圾焚烧飞灰矿物组成表

成分	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl
含量 (%)	16.95	23.15	9.34	3.48	4.41	0.13	1.75	11.45	6.30

### 3) 水溶解性盐

飞灰中溶解盐的含量高达 17.9%~22.1%，主要为 Ca、Na 和 K 的氯化物，处置时不仅有可能污染地下水和附近水体，氯化物的大量存在还会增加其它某些污染物的溶解性，如 Pb 和 Zn，而且不利于飞灰的稳定化或熔融处理。

### 4) 酸中和能力

飞灰的酸中和能力约为 3.0meq/g~6.0meq/g（以 pH=7 为终点），碱性强（浸出液的 pH 值≥12），对环境 pH 变化的抵抗能力强。由于重金属氢氧化物的溶解度一般都很低，高 pH 值对抑制重金属的浸出有利。

### 5) 熔点

由于垃圾焚烧飞灰是以金属与非金属氧化物等成分的混合物形式存在，所以垃圾焚烧飞灰的熔点是在某一个温度范围。当加热到一定温度时，飞灰中的低熔点成分开始熔化，随着温度的升高，熔化成分逐渐增多，最后全部变为液态，其中包含一些物相的生成反应。一般而言，飞灰的熔点为 1200℃~1400℃。

## 6.7.2.3 飞灰产生量

本项目中，垃圾焚烧厂产生的飞灰约为入炉垃圾的 4%左右，日产生量 34 吨，每年产量约 11322 吨。

## 6.7.2.4 飞灰处理方案确定

现行飞灰处理方法主要有稳定法处理、化学处理、安全填埋、高温处理等四大类处理法。

飞灰的稳定化处理根据稳定化基材和稳定化过程可分为：水泥稳定化、沥青稳定化、熔融稳定化和螯合物稳定化等工艺。水泥是目前常用的一种主要稳定化基材，水

泥作为结构材料使用已有近百年的历史，采用水泥作主要稳定化材料的优点是：水泥价廉，有应用经验，技术成熟，处理成本低，工艺和设备比较简单。

在水泥稳定化过程中，水泥中的硅酸二钙、硅酸三钙等经水合反应转变为  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot m\text{H}_2\text{O}$  凝胶和  $\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot m\text{H}_2\text{O}$  凝胶等，包容飞灰后逐步硬化形成机械强度很高的  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  稳定化体。而  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的存在，固化体不但具有较高的 pH 值，而且使大部分重金属离子生成不溶性的氢氧化物或碳酸盐形式被固定在水泥基体的晶格中，有效防止重金属浸出。

为了改善稳定化条件，提高稳定化效果，本项目稳定化过程中还配以一定比例的有机螯合剂，以进一步确保稳定化体达到进入填埋场的毒性浸出标准。

本项目采用螯合剂+水泥稳定化方法。

飞灰固化系统工艺流程图见工艺-13。

本项目飞灰总量约为 34t/d，水泥投加量约为 3.4 t/d(比例 10%)，加水量约 7 t/d（比例 20%），加螯合剂量约 1.7 t/d（比例 5%）稳定化处理后增重 35%左右。飞灰稳定化系统中灰仓总容量设计值为 200m<sup>3</sup>，可保留约 4 天的灰量。水泥仓容量设计值为 100m<sup>3</sup>，可存储 5 天的水泥用量。通过车载压缩机或破带上料机把物料送入贮仓。

本系统设有飞灰仓、水泥仓、螯合剂罐、混炼机和相应的输送设备，设置一条稳定化处理生产线，处理能力为 10t/h，单线每天运行 5 小时即可满足处理量要求。

飞灰储仓中的飞灰经旋转卸灰阀卸至螺旋输送机至飞灰称重斗；水泥经螺旋输送机送至水泥称重斗；水泥、螯合剂与水按上述比例混合后进入混炼机，再装车或打包外运，送入稳定化产物最后卸出，稳定化飞灰经检验合格运送至本项目配套的飞灰填埋场填埋。

飞灰稳定化系统流程如下：

水泥→螺旋输送机→称重斗↘

飞灰→双向螺旋输送机→称重斗→混合机→装车或打包→汽车至填埋场

水储罐→水泵→称重斗↗

通过处理后的飞灰，将达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008)中相关的要求，送至填埋场填埋。

### 6.7.2.5 飞灰稳定化系统设计

系统主要由以下六部分设备所组成，分别为物料接收存储设备、输送设备、计量设备、搅拌设备、自动控制设备和检测分析设备。

#### (1) 接收存储设备

接收存储设备主要由飞灰料仓、水泥仓、螯合剂罐组成。

垃圾焚烧飞灰自焚烧厂烟气净化系统底部收集后，通过公用埋刮板输送机（全厂共设 1 台）和斗提机（全厂共设 1 台）进入密闭的飞灰料仓。

为保证本项目的正常连续运转，必须设置容量适宜的药剂罐以存储足够量的药剂，采用专用车辆运送至本项目场地，并利用泵通过螯合剂罐和料仓底部的入口分别泵入罐内和仓内。

料仓顶部设置袋式除尘器，压缩空气经袋式除尘器过滤后才可被排放，袋式除尘器所收集的物料将被重新送回料仓内。为防止物料吸收空气的水分而出现板结和架桥现象导致堵塞，在料仓底部出口处设置振动破碎装置。

#### (2) 输送设备

由于处于未加湿状态下的飞灰颗粒细小、易飞扬，故应采用封闭式设备对其进行输送，选用螺旋式输送设备作为本项目的飞灰输送设施。自出料后直至进入混合搅拌器的整个输送过程中，飞灰均处于密封状态，不会形成扬尘导致作业环境恶化。

由于水泥颗粒细小，属于易飞扬物质，为改善作业环境和控制颗粒污染物浓度，对水泥也采用密闭式输送设备，选用螺旋输送机运送。

#### (3) 计量设备

计量设备由飞灰计量设备、水泥计量设备组成。

在输送设备与混合搅拌器之间，设置带称重传感器的称重仓，按照飞灰、螯合剂、水泥的添加比例对进入混合器的物料进行准确计量。

#### (4) 搅拌设备

搅拌混合设备内，以喷雾的形式加入适量比例的水，确保反应能充分进行，并使

得飞灰重金属浸出值达到处理要求。为满足这一要求，通过对市场搅拌设备的调研，选择双轴加湿搅拌机，确保物料和水的充分混合。双轴加湿搅拌机自带水流量控制设备，可对水流量大小进行调节。为确保物料无泄漏，工作场地中无扬尘，在搅拌混合设备上，安装除尘装置。

### （5）自动控制设备

采用红外探头和感应装置获取信息，采用 PLC 编程，通过可视化软件对飞灰、药剂、水泥从出料、称量、混合搅拌到输送至转运车辆的飞灰处理全部过程，进行自动化控制。在控制设备的操作上，又分为程序控制和人工控制两种方式，根据实际运行情况，可相互切换。

### （6）检测分析设备

本项目中有两个需要进行分析检测的环节：即飞灰处理前和飞灰处理后出厂。

对进厂飞灰进行分析检测的目的：详细了解处理前飞灰重金属浸出浓度的变化，以便于对处理工艺的药剂进行必要的微调，从而保证达到最佳的处理效果；也可在一定程度上反映本项目烟气净化系统的运行状况。

对出厂稳定化产物根据《固体废物浸出毒性浸出方法-醋酸缓冲溶液法》HJ/T300-2007 进行分析检测的目的：确保飞灰经稳定化处理后已完全满足《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB16889-2008 规定的入场要求。

建设专门的实验室并配备相关试验人员，采用原子吸收分光光度计和原子荧光光度计进行检测，并配备制样和检测所需的其他仪器及药品。

#### 6.14.2.6 主要设备

本系统主要设备如下表所示：

表 6.14-5 飞灰稳定化系统主要设备表

序号	设备名称	规格	数量	单位	备注
1	双向螺旋输送机	10t/h	1	台	
2	药剂螺旋输送机	10t/h	1	台	



序号	设备名称	规格	数量	单位	备注
3	药剂储仓	100m <sup>3</sup>	1	个	
4	飞灰灰仓	200m <sup>3</sup>	1	个	
5	飞灰称重斗	V=2000L	1	个	附带附带锥形搅拌机
6	药剂称重斗	V=1000L	1	个	
7	水称重斗	V=500L	1	个	
8	水箱	10m <sup>3</sup>	1	个	
9	混炼机	10m <sup>3</sup> /h	1	台	
10	加水泵	Q=10m <sup>3</sup> /h, H=30m	2	台	
11	回用水池输送泵	Q=10m <sup>3</sup> /h, H=15m	2	台	
12	事故螺旋输送机		1	台	
13	事故卸灰散装机		1	台	

## 第7章 飞灰（炉渣应急）填埋场设计

### 7.1 项目概况

#### 7.1.1 项目名称

泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目-飞灰（炉渣应急）填埋场

#### 7.1.2 项目拟建地区、地点

拟建场址位于泰州市农业开发区生态保障园东南环路北侧

#### 7.1.3 建设单位

泰州市城市管理局

#### 7.1.4 工程内容、建设规模及服务对象

工程内容：拟建项目飞灰（炉渣应急）填埋场一座，配套飞灰填埋场渗滤液调节池、填埋场管理用房、道路、广场及绿化等。

建设规模：库容量为 40 万 m<sup>3</sup>，其中 32 万立方米用于本项目垃圾焚烧发电厂整合处理后的飞灰填埋，服务期约 27 年，剩余 8 万立方米用于本项目炉渣的应急填埋。此外包含东侧部分园中路及西侧部分防护林建设。

服务对象：泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目的焚烧环节产生的飞灰固化块，及本项目产生炉渣的应急填埋。

### 7.2 编制依据

#### 7.2.1 依据及资料

- (1) 飞灰填埋场 1:500 红线地形图；
- (2) 《泰州市生态保障园基础设施工程设计项目建议书》二〇一七年八月。

#### 7.2.2 设计采用的主要标准、规范

- ◆ 《危险废物污染防治技术政策》（国家环境保护总局，2001）；
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋处理工程建设标准》（建标[2009]124号）；
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋技术规范》（CJJ17-2004）；
- ◆ 《生活垃圾填埋污染控制标准》（GB16889-2008）；

- ◆ 《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）；
- ◆ 《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》（GB5085•3-2007）；
- ◆ 《危险废物填埋污染控制标准》（GB18598-2001）；
- ◆ 《危险废物安全填埋处置工程建设技术要求》；
- ◆ 《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）；
- ◆ 《固体废物浸出毒性浸出方法-醋酸缓冲溶液法》（HJ/T300）；
- ◆ 《生活垃圾综合处理工程项目建设标准》（建标 153-2011）；
- ◆ 《生活垃圾卫生填埋场封场技术规程》（CJJ112-2007）；
- ◆ 《生活垃圾填埋场环境监测技术要求》（GB/T18772）。
- ◆ 国家和地方相关规范、规定、标准以及文件。

### 7.3 设计原则

（1）本填埋场按照国家目前最新相关标准、规范进行设计建造和运营，达到飞灰填埋场有关要求。

（2）根据厂址地形特征，选择经济合理、具有先进性、管理费用低的填埋技术，以取得良好的环境效益、经济效益和社会效益。

（3）在满足安全、可靠的前提下，尽可能地增大填埋效率（单位土地面积的填埋容量），以充分利用有限的土地资源。

（4）采取优化的分区填埋工艺和清污分流措施，减少填埋场淋溶水的产生量。

（5）科学、合理、紧凑的总图布置，不但使物流顺畅，便于运输车的进出和生产管理，而且节省占地。

（6）注重场区的绿化、美化和防护林带的设计，减少填埋场的景观污染。

（7）选用高效、节能的设备，降低营运成本

（8）利用现有垃圾填埋区地貌进行填埋场封场设计，扩大绿化面积，尽量恢复原有自然环境。

### 7.4 技术方案

本填埋场建设技术方案为：

### (1) 人工防渗

为保证飞灰固化块及淋溶水不会污染地下水，整个填埋区域将采用人工防渗系统对场地进行处理。根据目前国内外的实际状况，采用 HDPE 膜作为主防渗层，是唯一最佳的选择。

### (2) 飞灰（炉渣应急）填埋工艺

袋装的飞灰固化块采用“吊装，分层码垛作业”，炉渣采用“分层摊铺、往返碾压、分单元作业”的填埋处理工艺。

## 7.5 填埋设备的选择

### (1) 吊装设备

用于袋装飞灰固废从运输车卸料及码垛，2 台汽车吊或叉车。

### (2) 摊铺设备

生活垃圾在填埋作业面倾倒后，为有利于下一步的压实作业，需要进行摊铺。本设计选用的摊铺设备是 2 台推土机。

### (3) 碾压设备

碾压设备是提高堆填在填埋库区的飞灰固化块压实密度、节省库容的关键。它能最大限度地发挥投资效益、减少填埋场的不均匀沉降。目前，国内填埋场使用的碾压设备主要有履带式推土机和垃圾专用压实机两种。

### (4) 喷药和洒水设备

为防止蚊蝇、昆虫的孳生和减少场区扬尘，国内的垃圾填埋场目前大都采用洒水喷药多用车对填埋场及其周边地区喷药（与人工喷雾器相结合）和对产生扬尘场所洒水。

本项目选用洒水车一辆，规格 4000L，喷药车一辆，规格为 1000L。

## 7.6 飞灰（炉渣应急）填埋场设计

### 7.6.1 建场条件

#### 7.6.1.1 地理位置及交通

本填埋场位于泰州生活垃圾焚烧发电厂的西北侧区域，飞灰（炉渣应急）填埋场

场区征地面积 50085 m<sup>2</sup> (约 75.12 亩), 飞灰 (炉渣应急) 填埋场用地面积 35094 m<sup>2</sup>, 调节池面积 380 m<sup>2</sup>, 填埋场管理用房用地面积 210 m<sup>2</sup>, 地磅房及地磅用地面积 161 m<sup>2</sup>。

厂址位于城区东北角, 离泰州市中心 13.5 公里, 距离火车站约 4.6 公里, 附近有启扬高速、兴泰公路穿域而过。南侧的货流出入口人流出入口与泰州市资源循环利用基地 (生态保障园) 内东南环路相接, 交通便捷。

### 7.6.1.2 地形地貌特征

建设场地的位于泰州东北部, 场地地形为平原, 场地自然标高在 1.9 米~3.2 米之间, 地势相当平坦, 不存在岩溶、泥石流、土洞、采空区及大的活动断裂等不良地质作用, 场地适宜于兴建本工程。

### 7.6.1.3 气象条件

本项目所在区域泰州市属亚热带季风气候区, 冬冷夏热, 四季分明。从 2001-2005 五年气象资料来看, 当地平均年降水量为 1298.2mm, 年平均气温 18.0℃, 极端最高气温 39.6℃, 极端最低气温-4.9℃, 年平均相对湿度 72.1%, 年平均气压 1013.3hpa, 年平均风速 2.9m/s, 主导风向为北北西; 定时最大风速 16.4m/s, 为西北风。年平均雷电日数 24 天; 年最多雷电日数 32 天; 年最少雷电日数 15 天。

### 7.6.1.4 电力、供水条件

本项目用电、用水依托生活垃圾焚烧发电二期扩建项目。

## 7.6.2 填埋场设计

### 7.6.2.1 填埋规模和容量

泰州市生活垃圾发电厂二期扩建项目, 每天产生飞灰约 74 吨 (一期每天 34 吨), 经螯合剂+水泥稳定化处理后飞灰固化块约 85 吨/天, 在本填埋场进行填埋处理。应急炉渣填埋库容 8 万 m<sup>3</sup>

根据填埋场总用地面积及地下深 6 米, 地上高度 8 米计, 计算填埋场库容约为 40 万 m<sup>3</sup>。

### 7.6.2.2 飞灰填埋处置废物进场要求

根据《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008) 6.1 条规定, 生活垃圾焚

烧飞灰在厂内经固化+稳定化处理后，满足危险废物鉴别标准——浸出毒性鉴别（GB5085.3-2007）和《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB 16889—2008）的要求后，运输至指定填埋场进行填埋。标准见表 7.6-1：

表 7.6-1 灰渣控制标准

序号	指标	危险废物鉴别标准—浸出 毒性鉴别(GB5085.3-2007)	《生活垃圾填埋场污染 控制标准》(GB 16889—2008)
		mg/L	mg/L
1	Pb	5	0.25
2	Cd	1	0.15
3	Cu	100	40
4	Zn	100	100
5	Ni	5	0.5
6	Cr	15	4.5
7	Cr(VI)	5	1.5
8	Hg	0.1	0.05

### 7.6.2.3 总平面布置

本项目为泰州是生活垃圾发电二期扩建项目配套工程，包括飞灰（应急）填埋场、飞灰（炉渣应急）填埋场调节池和填埋场管理用房、地磅房及地磅四个子项。

总平面布置和厂房设计在满足功能的同时，重视厂区建筑外形、景观绿化设计，营造一个绿色美丽工作环境；飞灰（炉渣应急）填埋场总平面布置图见：总图-5、飞灰（垃圾）填埋场结构做法详图见：总图-6。

填埋厂区经济指标表见表 7.6-2：

表 7.6-2 飞灰填埋场区经济指标表

序号	名称	单位	数量	备注
1	场区征地面积	m <sup>2</sup>	50085	75.12 亩
	其中：东侧道路	m <sup>2</sup>	2214	

	西防护林	m <sup>2</sup>	15601	
2	场区总建筑面积	m <sup>2</sup>	420	
3	场区建、构筑物用地面积	m <sup>2</sup>	35845	
4	建筑系数	%	71.57	
5	厂区道路广场面积	m <sup>2</sup>	1501	
6	绿化用地面积	m <sup>2</sup>	10017	
7	容积率		0.01	
8	绿化率	%	20	
9	土方量挖方	m <sup>3</sup>	11 万	
10	停车位	个	10	

填埋场区建、构筑物子项一览表见表 7.6-3:

表 7.6-3 填埋场区建、构筑物子项一览表

子项号	子项名称	建筑面积 m <sup>2</sup>	用地面积 m <sup>2</sup>	备注
1	管理用房	400	210	
2	调节池		380	
3	地磅房及地磅	20	161	
4	飞灰填埋		35094	
	合计	420	35845	

### 7.6.2.3 飞灰填埋作业流程及说明

(1) 飞灰填埋场作业流程图见: 图 7.6-1:

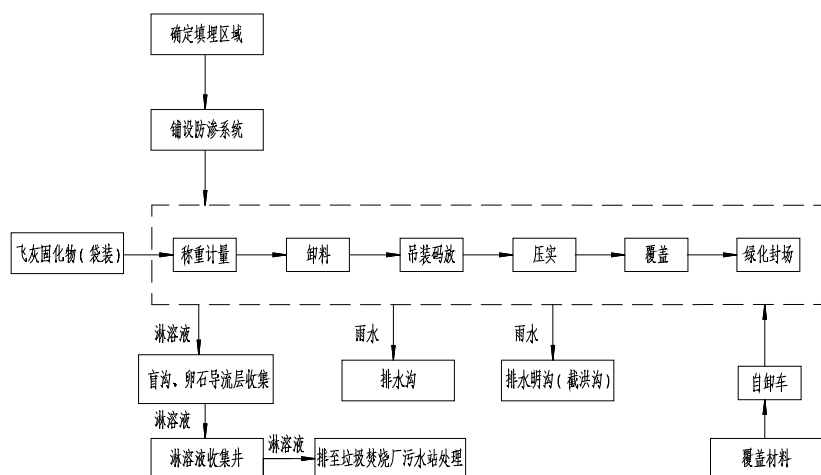


图 7.6-1 飞灰填埋作业流程图

## (2) 飞灰填埋作业说明

### 1) 飞灰固废的运输

飞灰在焚烧发电厂进入螯合剂/水泥稳定化处理，用自卸卡车（封闭式）从填埋场地磅房进场，经地磅称重后，在现场管理人员指挥下，运送至当日填埋单元填埋。

### 2) 飞灰固废的卸料、码垛

装载废物的车辆进入作业区的速度控制在 15km/h；车辆至卸料点，使用汽车吊用于装卸，在指挥人员示意后，方可卸料。

填埋作业小区是填埋场的基本结构单元，为便于集中压实和减少覆盖土用量，其宽度应按尽可能窄的原则设置，但也要考虑方便运输车的进场卸车，并留有余地，以便应对紧急情况的发生等因素。

本项目正常飞灰固化产物采取袋装方式，采用袋装飞灰稳定化产物码放。要求码放均匀、密实，空隙小。

### 3) 作业方式的选择

安全填埋作业有“堆坡法”和“填坑法”两种可供选择。

采用“堆坡法”进行填埋作业时，使用推土机可取得更好的压实效果；摊铺作业更容易控制；可有效避免废物散落现象。缺点是推土机工作量大，所有废物须自下向上堆起，作业负荷高。



填坑法作业自上而下进行，推土机作业负荷较低，但对摊铺作业控制要求较高，若摊铺作业控制不好，易造成废物散落。

在填埋作业过程中，可根据实际情况灵活选择填埋作业方式。由于本场填埋场类型及飞灰袋装方式，推荐使用“填坑法”作业。

#### 4) 作业单元

根据本工程的飞灰处理规模与飞灰稳定化物运输车辆的车型与车次，设计的工作面宽度定为 15~20m，长度为 20~30m，面积按 500m<sup>2</sup> 控制，每天堆填高度 2-3m，高峰期可适当增大作业面积。

填埋场一般不在雨天作业。当发生极端情况（如长时间降雨，垃圾焚烧厂飞灰暂存量超过贮存设施的贮存能力）确需在雨天作业时，填埋作业面搭建钢结构的防雨棚，以室内作业的方式防雨。防雨棚为可拆建和移动式，当一个作业区完成后，可移至另一个作业区。

#### 5) 库底初始填埋

各阶段开始准备填埋时，对于摊铺于防渗系统上的第一层废物，厚度至少为 1m，且不应有尖锐物，这些废物在“监督人员”的监督下被仔细摊放，从而最大限度地减少刺穿或破坏填埋场防渗系统和渗滤液收集系统的可能性。

铺在水平防渗系统和边坡上的第一层废物仅使用推土机适度摊铺，任何作业机械及车辆都不应在填埋场防渗系统上直接作业。

#### 6) 日覆盖、中间覆盖与最终覆盖。

每天填埋工作结束后，应对废物压实表面进行临时覆盖，这就是日覆盖。每日覆盖可以最大限度地减少废物暴露，减少气味挥发，减少疾病通过媒介（如鸟类、昆虫、鼠类等）传播的风险，减少火灾风险以及改善道理交通和填埋场景观。

中间覆盖是在填埋场在完成一个区域较长时间段内不填埋废物情况下，为减少渗滤液的产生而采取的措施。覆盖对填埋工艺各项单体组成部分的顺利和成功实施具有重要的作用。

本工程日覆盖拟采用的是 1.0mmHDPE 膜，每日作业完成后覆盖膜，第二天作业前掀开膜继续作业，即节约覆土量又可控制雨污分流。中间覆盖也采用 1.0mmHDPE 膜。

当填埋作业至设计填埋最终高程后，进行填埋场最终覆盖，对填埋区顶部表面进行密封，以达到减少雨水渗入目的。封场后种植草皮或浅根植物，美化环境。

#### 7) 库区作业道路

飞灰稳定化产物经预处理后采用自卸汽车运输至填埋库区。在堤顶标高以下的区域作业时，自卸汽车从固化车间经堤顶道路、临时作业道路至库区底部，临时作业道路随废物堆体的不断抬高而自然埋入填埋体，随着废物堆体的堆高，重新调整布置临时作业道路。

当填埋堤顶标高以上区域时，可根据不同的填埋高程，从堤顶道路上引出临时作业道路到不同填埋作业平台处。随着封场的进行，部分临时作业道路逐步改建为永久性道路。

#### 8) 特殊季节和特殊环境的填埋作业

特殊季节主要指干旱、雨雪较为严重的季节，如夏天高温来临的时候，在填埋过程中要加强灭蝇、注意避暑等；一到雨季要注意防汛，加强检查，提前做好防汛抗洪准备；遇到强降雪天气，要注意清扫进场道路，确保进场车辆安全。

### 7.6.2.4 炉渣填埋作业流程及说明

#### 1) 炉渣填埋作业流程

炉渣由自卸运输车运至填埋场，经填埋场入口处的地磅称重记录后驶入炉渣填埋区，在现场人员的指挥下按填埋作业顺序进行倾倒、摊铺、压实和洒药覆土，炉渣按单元分层填埋压实。其填埋作业流程如下：

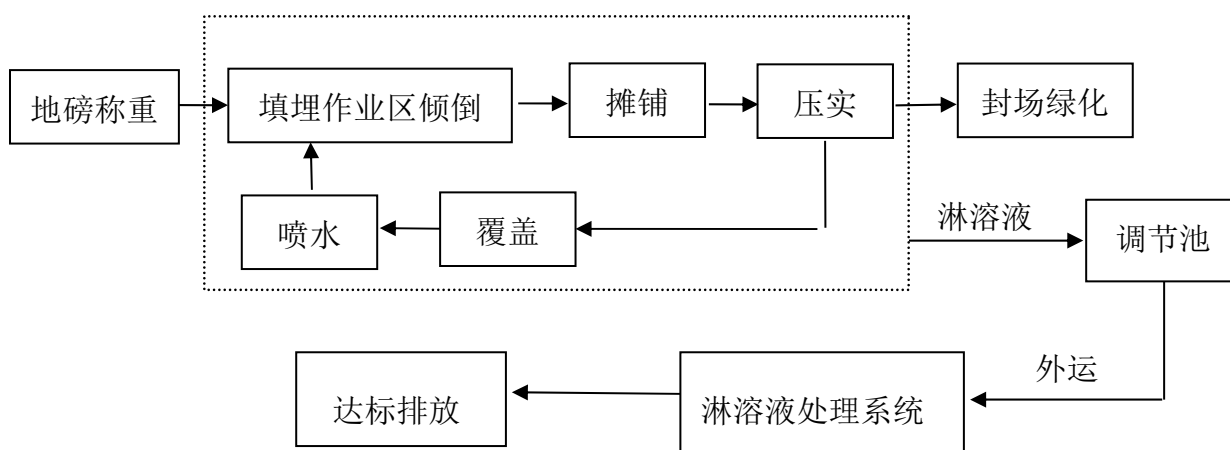


图 7.6-2 炉渣填埋作业流程图

## 2) 炉渣填埋作业

进场炉渣分单元进行卫生填埋，每天一个作业单元，填埋作业过程包括场地准备、炉渣的运输、倾倒、摊铺、压实及覆土。

在整个填埋过程中必须随时进行场区道路的清扫及场区的洒水、洒药、及污水回收工作，使填埋作业正常运行，同时填埋场的各项指标应达到卫生填埋的要求。

填埋单元的作业方法以填坑法与堆高法相结合，在填埋作业过程中，可根据实际情况灵活选择填埋作业方式。

各阶段开始准备炉渣填埋时，对摊铺于防渗系统上的第一层垃圾，厚度至少为 2m，且都应由精选的不含长的钢材、木条以及较大结块的松散垃圾构成，这些垃圾在“监督人员”的监督下被仔细堆放，从而最大限度地减小刺穿或破坏填埋场防渗系统和渗沥液收集系统的可能性。铺在水平防渗系统和边坡上的第一层垃圾使用推土机适度压实，任何作业机械及车量都不应在填埋场防渗系统上直接作业。

炉渣摊铺必须分层进行，每层厚度 0.4~0.6m，铺匀后用压推土机压实 3~5 次，压实密度不少于 0.8t/m<sup>3</sup>。按此程序摊铺 3~4 层，使压实后的垃圾总层厚达到 1.6~2.4m 左右，在每日填埋作业结束时进行每日覆盖，覆盖土厚度为 0.15m。

在形成的垃圾堆体上修筑临时道路和临时卸车平台，以便向前、向左或向右开展新单元的填埋作业。以此方式完成一个单元层的垃圾填埋作业，然后再进行上面单元层的垃圾填埋作业。一般情况下，单元层坡面的坡度以 1:3~1:6 为宜。在整个填埋过程中应该随时保持卫生填埋场具有卫生、整洁的面貌。

炉渣填埋作业顺序图及填埋操作图参见下图：

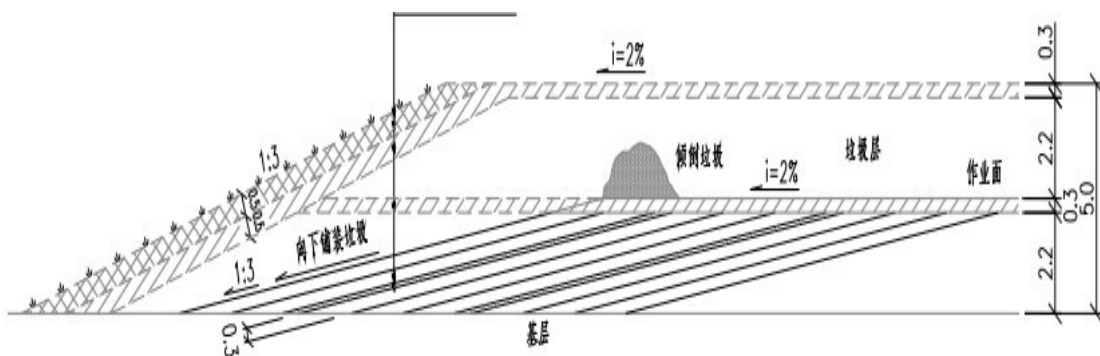


图 7.6-3 第一层炉渣填埋作业顺序示意图（向下堆填）

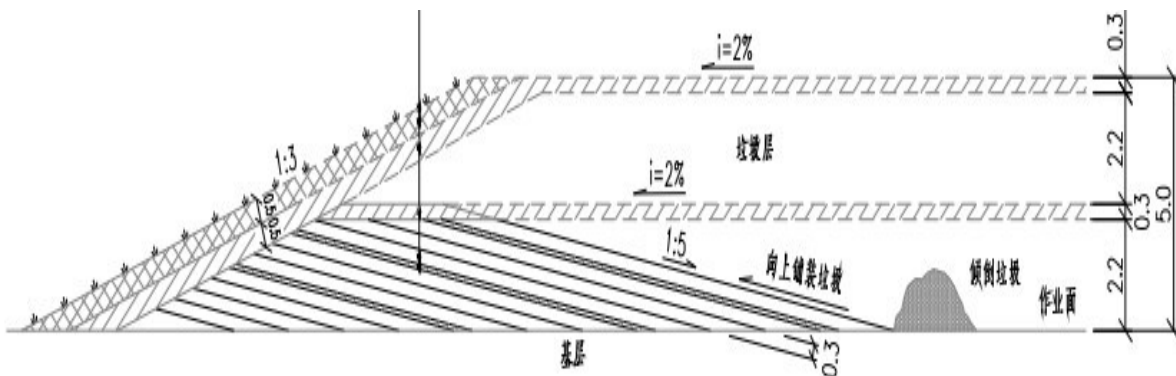


图 7.6-4 第二层及以上填埋作业顺序示意图（向上堆填）

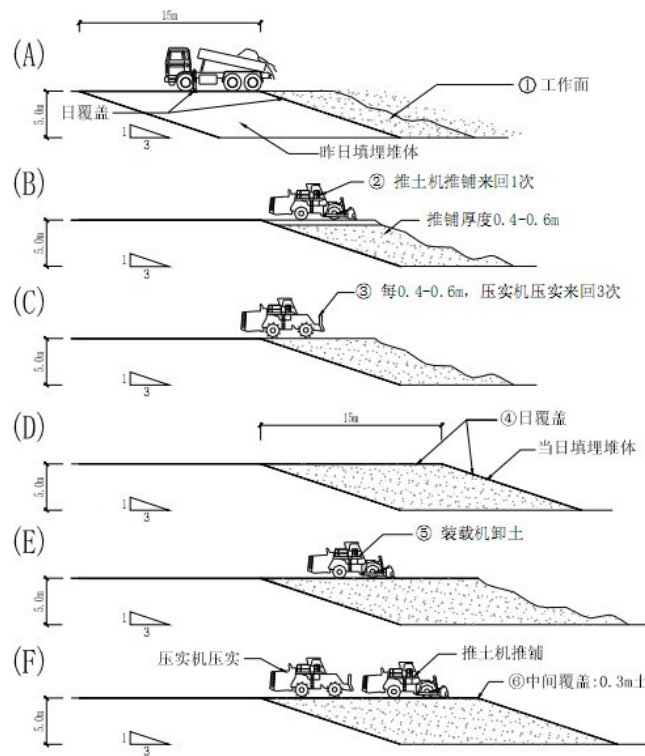


图 7.6-5 第一层炉渣填埋操作示意图

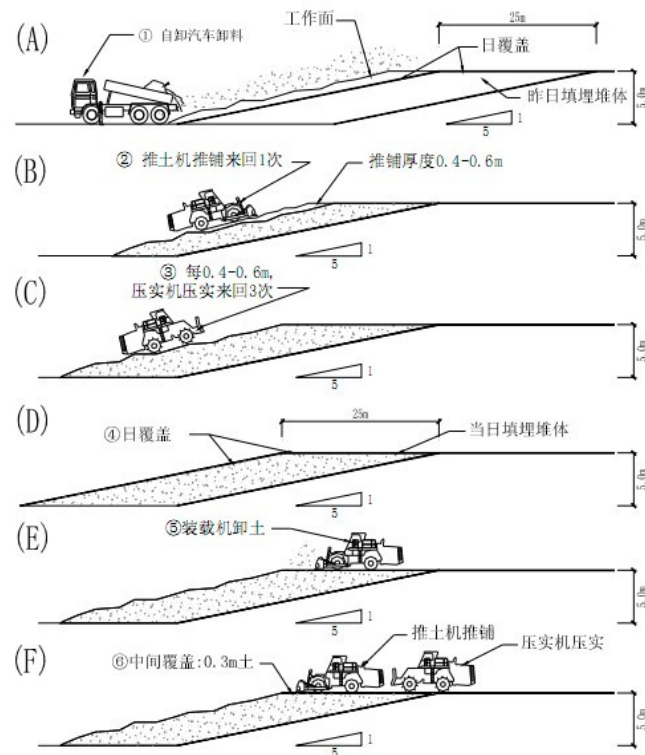


图 7.6-6 第二层以上炉渣填埋操作示意图

### 3) 压实作业

压实作业是卫生填埋操作中的重要环节。炉渣压实能够减少沉降，有利于堆体稳定；能够减少空隙和空穴的形成，从而减少虫害和蚊蝇的孳生；减少炉渣产生的扬尘和轻物质飞散；能够有效延长卫生填埋场使用年限。

在填埋场压实作业过程中，影响压实的因素很多，主要有以下几个方面：

(1) 炉渣层的厚度：层厚是最为关键的因素。为了获得最佳的压实密度，垃圾摊铺层层厚一般以 0.4~0.6m 左右为宜，单元层层厚以 0.5m 为宜。

(2) 碾压次数：碾压次数也影响压实密度，一般碾压 3~5 次能达到较好的效果，超过 5 次，从成本-效应分析角度来看是不合算的。

(3) 单元层的坡度：坡度应保持小一点，一般 1: 3~1: 6 的坡度能使压实达到很好的压实效果。

(4) 含水量：粘土和炉渣的含水量对它们压实密度都有较大影响。一些现场数据显示最大压实密度的最佳含水率在 50%左右。

(5) 压实设备：一般选用进口设备比同类型国产设备压实效果好，性价比较高，故有条件地区尽量选用进口设备。

### 4) 覆盖作业

卫生填埋场的覆盖有三种：日覆盖，中间覆盖和最终覆盖。

日覆盖是指每天填埋工作结束后，应对炉渣压实表面进行临时覆盖。每日覆盖可以最大限度地减少垃圾暴露，减少气味挥发和垃圾碎片的飞扬，减少疾病通过媒介（如鸟类、昆虫、鼠类等）传播的风险，减少火灾风险以及改善道路交通和填埋场景观。中间覆盖是卫生填埋场在完成一个区域较长时间段内不填埋垃圾情况下，为减少炉渣淋溶液的产生而采取的措施。最终覆盖是指填埋场达到设计填埋最终高程后进行的封场覆盖，对填埋区顶部表面进行密封，以达到减少雨水渗入、抑制病菌繁殖的目的，封场后种植草皮或浅根植物。使封场后的维护工作减至最小、有效地保护公众健康与周边环境和封场后充分利用填埋场地的土地效益。

覆盖材料可根据工艺要求和当地的实际情况而定，一般采用渗透性差的粘土或其它人工合成材料。每日覆盖可根据卫生填埋工艺要求分别采用粘性土和砂质土，以加快垃圾的分解，其土层厚度为 0.1~0.2m。而对于中间覆盖，其目的是防止填埋气体的无序排放和雨水的渗入，其粘土层厚度为 0.2~0.3m。

#### 5) 防飞散网

为防止垃圾特别是塑料袋等轻物质的飘散，在填埋场周边设置 4m 防护刺网。

### 7.6.2.5 填埋场作业管理技术要求

#### (1) 建立三维网格图形

为了跟踪填埋废物，必须建立三维网格图形。按作业分层，垂直方向以 0.3m 作平面网格，填埋库区每平面（单元）网格尺寸为 10m×10m，网格的尺寸可根据废物数量进行调整，每个网格均用数学符号区别，不得更改。

#### (2) 填埋记录

填埋场必须记录每天处理运输至填埋场的废物名称、性质、数量，一式四份，一份交填埋场作业区，其它三份分别送处理处置中心主管部门、办公室和档案室。

填埋场每天入库的废物必须记录，标记在图上，并记录在电子档案内，注明其在填埋场的方位、距离、深度及填埋单元，另外每一个填埋单元填埋的废物形式及方位均须列入记录。

废物填埋三轴坐标的定位步骤如下：

① 选择填埋场内明显易见且不易移动的坐标点作为测量的永久基准点。

② 依东、西、南、北，将填埋场划分为若干网格，每个网格边长约 10m。配合场内地形等高线及淋溶水集排系统，以方便操作管理，填埋废物绘制在平面图上。每一单元与永久基准点相关方位、坐标及深度均须记录编号。

③ 填埋废物由技术员排序编号，填写三轴坐标记录表、填埋材料设施运营记录申请表，再交由现场操作人员执行。待填埋操作完成，经现场操作人员签字再送回技术人员保存，并将原件送政府档案部门永久保存。

### 7.6.2.6 飞灰（炉渣应急）填埋场地基处理

需根据详勘资料，综合考虑结构安全可靠、技术经济合理、施工方便等各种因素，选定地基基础。

### 7.6.2.7 飞灰（炉渣应急）填埋场防渗设计

防渗是填埋处理技术的主要指标，它能防止飞灰固废及生活垃圾在填埋过程中产生的淋溶液（渗滤液）、对填埋场的水体和土壤污染，减少渗滤液的产生量。防渗层的功能是通过铺设渗透性低的材料来阻隔渗滤液于填埋场中，防止其迁移到填埋场之外的环境中，也可防止外部的地表水和地下水进入填埋场中。

从整个园区的环保理念上，我们设计将飞灰（炉渣应急）填埋按照相关规范的最高标准进行设计。

(1) 库区底部的水平防渗结构由上至下依次为：

垃圾层：飞灰

反滤层：土工滤网，规格为 200g/m<sup>2</sup>

渗滤液导滤层：卵石，粒径 3-5cm,厚度 30cm

膜上保护层：非织造土工布，规格为 600g/m<sup>2</sup>

膜防渗层：HDPE 土工膜，厚度 2.0mm

膜下保护层：非织造土工布，规格为 400g/m<sup>2</sup>

检测层：5mm 双肋土工复合排水网

膜上保护层：非织造土工布，规格为 400g/m<sup>2</sup>

膜防渗层：HDPE 土工膜，厚度 2.0mm，底部铺设一层 4800/m<sup>2</sup>GCL 膨胀土垫

膜下保护层：粘土层渗透系数不大于 1.0×10<sup>-5</sup>cm/s,厚度不小于 30cm

地下水导流层：卵石，粒径 3-5cm,厚度 30cm，上覆非织造土工布规格为 200g/m<sup>2</sup>

反滤层：土工滤网，规格为 200g/m<sup>2</sup>

30cm 泥结碎石褥垫层：土压实度不小于 95%

强夯地基

(2) 库区边坡防渗结构由上至下依次为



保护层：700×500 土工编织袋装土铺垫

膜上保护层：非织造土工布，规格为 600g/m<sup>2</sup>

渗滤液导滤层：卵石，粒径 3-5cm,厚度 30cm

膜下保护层：非织造土工布，规格为 400g/m<sup>2</sup>

检测层：6mm 三维土工复合排水网

膜上保护层：非织造土工布，规格为 400g/m<sup>2</sup>

膜防渗层：HDPE 土工膜，厚度 2.0mm，底部铺设一层 4800/m<sup>2</sup>GCL 膨胀土垫

膜下保护层：非织造土工布，规格为 400g/m<sup>2</sup>

整平压实层：（坝体压实系数为 0.93）

防渗工程的施工与验收按照《《生活垃圾填埋场防渗系统工程技术规程》（CJJ113-2007）的相关规定执行。

#### 7.6.2.8 淋溶液收集导排系统

淋溶液收集系统由四部分组成，一是场底导流层，二是场底排液管沟，三是竖向气体导出管，四是废物覆盖后的锚固沟。

1) 场底导流层：在库区谷底防渗层上部铺设 0.3m 厚的卵石导流层。卵石的直径为 50~100mm。

2) 场底排液管沟：

为了尽快导出场内堆体产生的淋溶水。沿场底控制轴线设置了一条淋溶水收集主盲沟。沟内设 DN350 的 HDPE 穿孔主管。并在主盲沟两侧每隔 50m 设置一条淋溶水收集支盲沟，沟内设置 DN200 的 HDPE 穿孔管。HDPE 主管连接飞灰淋溶水调节池。

在场底两层 HDPE 土工膜之间设置了淋溶水次导排层，用于检测填埋场的渗漏情况，并及时将渗透过主防渗层的淋溶水引出填埋场。

3) 竖向导出管

在场底部集排水主管之上每隔 50-80 米距离设置有一个集排水竖井，竖井底部与主管排水竖井可以将上层飞灰堆体中的淋溶水及时排至场底。

4) 飞灰覆盖后的锚固沟

中间锚固沟，当其被飞灰覆盖时，在沟内铺设卵石，即成为淋溶水收集盲沟。收集的淋溶水可经切换装置导入淋溶水排水陡槽，再自陡槽流入淋溶水调节池。

### 7.6.2.9 截排洪系统

本项目产生的淋溶水主要是由于直接降水进入填埋场堆体产生的。为减少飞灰淋溶水的产生量，采取如下措施：

#### 1) 雨污分流措施

①填埋库区周边设置截排水沟，雨水直接进入排水沟，从而减少了飞灰淋溶水的产生量。

②整个填埋库区分区填埋，通过合理安排填埋作业次序、并及时做好中间覆盖和终场覆盖，减少雨水转化为淋溶水（渗滤液）的量。

③填埋作业中，当日飞灰当日覆盖，以减小雨水的入渗。

④填埋场达到使用年限后，进行终场覆盖。同时，场地内进行绿化，以减少雨水冲刷和入渗。

#### 2) 雨水排水系统

在填埋场场区内建设完整的雨水排水系统，设置排洪沟、排水口、临时性排水沟等设施，将场区范围内的雨水排入生活垃圾发电厂雨水收集池，收集雨水，用于道路洒扫和绿化。

#### 3) 淋溶液导排系统

为防止地下水由于虹吸效应向上渗透，形成淋溶液，在库底设置排出地下水盲沟。主盲沟采用三角形断面，盲沟中铺设 HDPE 穿孔排水花管和级配卵石，库底用中粗砂满铺。

### 7.6.2.10 污染监测及监测井设置

根据《生活垃圾填埋污染控制标准》（GB16889-2008）的要求，本场区设 4 口地下水监测井，监测井分别位于库区两侧，各设 2 口。以取得填埋区地下水本底值及监测填埋区在运行后是否对场区地下水造成影响。另外，将场区地下水导排出口及调节池地下水导排出口作为场区地下水监测的重要设施。

### 7.6.2.11 飞灰填埋场稳定分析

#### 1、填埋场稳定破坏的几种形式

##### (1) 边坡及坡地破坏

这种破坏类型可能发生在开挖或铺设衬垫系统但尚未填埋时。这要求进行岩土勘探和边坡稳定分析。在分析结果基础上采取相应的边坡治理措施，如削坡、修建挡墙、锚喷支护等。

##### (2) 沿衬垫系统破坏

废弃物作为一个完整的块体单元，会沿复合衬垫系统内强度较低的接触面向下滑动。这种滑动的稳定性常受接触面抗剪强度，填埋场的几何形状及其容重等因素所控制。这种形式的稳定破坏通常可通过降低高差或放缓边坡加以避免。

##### (3) 封场和覆盖层的破坏

由土和土工合成材料组成的封场系统用于斜坡上时，抗剪强度低的接触面常导致覆盖层的不稳定而沿填埋的废弃物坡面向下滑动。这种情况可以通过严格控制填埋场封场坡度得到解决。

#### 2、确保稳定的工程措施

##### (1) 避免边坡破坏的工程措施

根据勘查报告，场址区具有相对稳定的地质环境，适宜建筑。建议在对水文、地质灾害做进一步勘查。

##### (2) 避免堆体沿防渗系统破坏的工程措施

由于本场地场底坡度为 2%（约 1.15°），而土工布与 HDPE 防渗膜之间残余内摩擦角在 10°左右，远远大于场地坡度，因此填埋物不会沿渗系统产生滑动而破坏。

##### (3) 避免封场层破坏的工程措施

根据封场边坡的设计情况，对封场边坡采用理正软件进行分析，搜索出最不利滑动面滑动安全系数为 1.598，大于 1.3。

### 7.6.2.12 飞灰（炉渣应急）填埋场生态修复方案

本飞灰填埋场的生态环境保护措施如下：

#### 1) 场区周围设置绿化防护带，起保护和恢复生态的作用；

2) 严格填埋场封场管理，在封场覆盖设密封层外，还要在密封层上覆盖>15cm 的营养土，以保证植被生长；

3) 终场时，封场面形成一定的坡度，以利排除降水，表面种植绿化保护，防止雨水对裸露土壤的冲刷；

4) 分区封场进行绿化，恢复场区植被生态。

### 7.6.3 填埋场淋溶液调节池

#### 7.6.3.1 飞灰稳定化产物淋溶液产量计算

根据项目地区的 10 年一遇降雨量资料计算的淋溶液产生量，再考虑可能出现临时不利因素（如出现局部防渗膜破漏、清污分流不彻底等）导致的淋溶液增加。

依据《生活垃圾卫生填埋技术规范》及《生活垃圾卫生填埋处理工程项目建设标准》进行计算及同类地区的经验确定：即首先根据多年逐月平均降雨量计算出每个月的淋溶液产生量；除去淋溶液处理量 80t/d，计算出最大累计余量，该值即为调节池最低调节容量。

初步确定飞灰调节池容量为 800m<sup>3</sup>。

根据已有经验和国外文献，计算模型如下：

$$Q=0.001 \times I \times (C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2)$$

式中：Q—淋溶液产生量；

I—降雨量；

C<sub>1</sub>—作业单元的渗透参数（取 0.9）；

C<sub>2</sub>—未作业区及已封场的渗透参数（取 0.1）

A<sub>1</sub>—作业单元的面积（按每周为一作业单元需要面积为 500 平方米）；

A<sub>2</sub>—未作业及已封场的渗透参数渗透参数的面积（根据填埋作业规划已封场面积为 26312 平方米）。

7.6-4 飞灰稳定化产物淋溶液产生量

月份	月降雨量 (mm)	填埋区月淋溶 液产生量 (t)	未处理量 (t)	合计未处 理量 (t)	调节池体 积(m <sup>3</sup> )	处理及排 放规模 (t/d)

1	142.6	439.38	39.38			
2	33.2	102.30	-297.70			
3	164.7	507.47	107.47			
4	107.8	332.15	-67.85			
5	132.5	408.26	8.26			
6	216.6	667.39	267.39			
7	193.5	596.21	196.21			
8	156.7	482.82	82.82			
9	33.9	104.45	-295.55			
10	57.6	177.48	-222.52			
11	6	18.49	-381.51			
12	32.9	101.37	-298.63			
合计	1278	3937.77	-862.23	594.31	800	80

#### 7.6.3.2 飞灰淋溶液调节池做法

根据场地情况，设置一座有效容积为 800m<sup>3</sup>的调节池，调节池采取与库区防渗相同结构和材料的人工衬层防渗。

#### 7.6.4 飞灰稳定化产物淋溶水处理方案

由于飞灰稳定化块的淋溶水主要是重金属可能超标，排放前需要检验是否超标。如达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB16889-2008 中表 2 的相应排放标准，则可排放，如不达标，需进入污水处理站处理，达标后方可排放。本项目设计飞灰稳定化产物淋溶水处理装置规模为 80t/d。

表 7.6-5 生活垃圾填埋场污染控制标准

序号	控制污染物	排放质量浓度限值
1	色度（稀释倍数）	40
2	化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）/（mg/L）	100
3	生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）/（mg/L）	30

4	悬浮物/ (mg/L)	30
5	总氮/ (mg/L)	40
6	氨氮/ (mg/L)	25
7	总磷/ (mg/L)	3
8	粪大肠菌群数/ (个/L)	10000
9	总汞/ (mg/L)	0.001
10	总镉/ (mg/L)	0.01
11	总铬/ (mg/L)	0.1
12	六价铬/ (mg/L)	0.05
13	总砷/ (mg/L)	0.1
14	总铅/ (mg/L)	0.1

飞灰稳定化产物的淋溶水可能含有悬浮物、盐分、微量重金属。可采用如下处理工艺可使污水达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB16889-2008 中表 2 的相应排放标准水质要求。

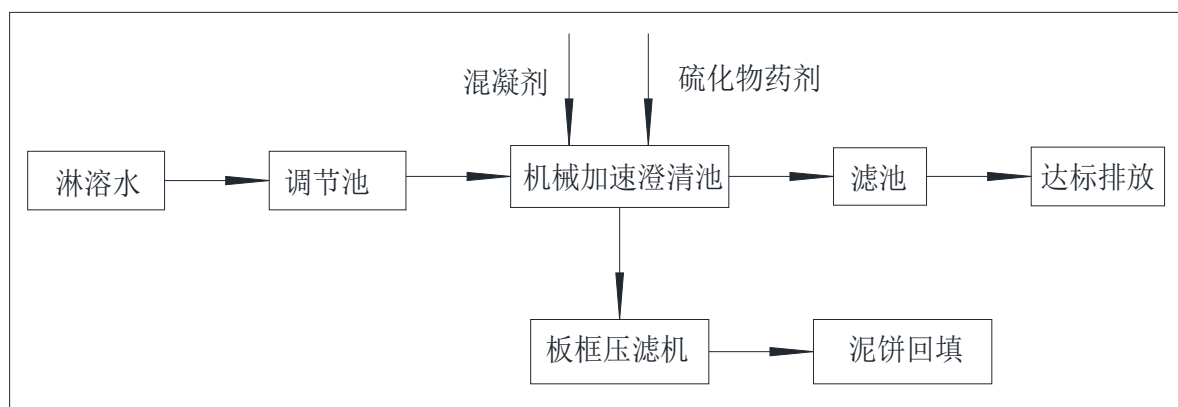


图 7.6-5 淋溶水处理工艺流程图

飞灰稳定化产物淋溶液进入调节池，调节池设置在填埋场红线内，处理设施设在填埋场污水站附近。若淋溶液检验合格则排入市政污水管网，若检验不合格，则送至焚烧厂淋溶液处理站，进入机械加速澄清池，并加入混凝剂及硫化物药剂，在加速澄清池内发生混凝反应，硫化物药剂与淋溶液中重金属发生沉淀反应，达到去除悬浮物及重金属的目的。后进入滤池过滤，检测达到后《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB16889-2008 中表 2 的相应排放标准后，达标排入市政污水管网。其中沉淀的悬浮物

污泥和与硫化无反应的重金属污泥，经过板框压滤机后泥饼回填填埋场。淋溶液处理设施布置在垃圾焚烧厂的污水处理站内。

### **7.6.5 填埋场管理用房**

填埋场管理用房为二层建筑，一层设接待室、值班室等；二楼设宿舍、办公室等，建筑高度为 7.5 米，占地面积 210 平方米，建筑面积本为 400 平方米。主要结构类型：钢筋混凝土框架结构。建筑设计使用年限分类：3 类（50 年）。建筑抗震设防烈度：8 度建筑物耐火等级：二级火灾危险性类别：戊类，本建筑设一个防火分区。建筑物屋面防水等级：二级。

## 第 8 章 环境保护与监测

### 8.1 污染物治理目标

#### 8.1.1 大气污染物排放标准

我国目前执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）标准。

基于本项目为泰州市垃圾焚烧发电厂示范工程，本项目焚烧炉排放的烟气执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）相关标准，HF 执行欧盟 2000 标准限值（EU2000/76/EEC），详见表 8.1-1：

表 8.1-1 焚烧炉烟气排放限值<sup>[1]</sup>

序号	污染物名称	单位	《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）		
			1h 均值	24h 均值	测定均值
1	颗粒物	mg/m <sup>3</sup>	30	20	/
2	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	300	250	/
3	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	100	80	/
4	HCl	mg/m <sup>3</sup>	60	50	/
5	汞及其化合物	mg/m <sup>3</sup>	/	/	0.05
6	镉、铊及其化合物	mg/m <sup>3</sup>	/	/	0.1
7	锑、砷、铅、铬、钴、铜、镍及其化合物	mg/m <sup>3</sup>	/	/	1.0
8	二噁英类	ngTEQ/m <sup>3</sup>	/	/	0.1
9	CO	mg/m <sup>3</sup>	100	80	/
10	HF	mg/m <sup>3</sup>	/	1 <sup>[3]</sup>	/

注：（1）本表规定的各项标准限值，均以标准状态下含 11% O<sub>2</sub> 的干烟气为参考值换算。

（2）烟气最高黑度时间，在任何 1h 内累计不得超过 5min。

（3）HF 执行欧盟 2000 标准标准限值（EU2000/76/EU），日均值 1 mg/m<sup>3</sup>。

#### 8.1.2 采用的法规标准

根据生活垃圾焚烧处理工艺的特点以及国家的有关规定，采用的环境保护标准及规范包括但不限于：

- ◆ 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年）；
- ◆ 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2013 年修订版）；



- ◆ 《中华人民共和国大气污染防治法》（2016年1月）；
- ◆ 《中华人民共和国水污染防治法》（2017年6月27日第二次修正）；
- ◆ 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2008年）；
- ◆ 《工业企业噪声控制设计规范》（GB50087-2013）；
- ◆ 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- ◆ 《建设项目环境保护管理条例》（国务院[2017]682号令）；
- ◆ 《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）；
- ◆ 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- ◆ 《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）；
- ◆ 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）
- ◆ 《危险废物标准鉴别—浸出毒性鉴别》GB5085.3-2007；
- ◆ 《固体废物浸出毒性测定方法》GB5080.1-5085.2-2007；
- ◆ 《固体废物浸出毒性测定方法》GB/T15555.1-15555.11-1995；
- ◆ 《固体污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T16157-1996）；
- ◆ 《锅炉烟尘测试方法》（GB5468-91）；
- ◆ 《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T20-1998）；
- ◆ 《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008）；
- ◆ 《危险废物填埋污染控制标准》（GB18598-2001/XG1-2013）；
- ◆ 国环字（87）第002号《建设项目环境保护设计规定》；
- ◆ 《城镇污水再生利用工程设计规范》（GB50335-2016）；
- ◆ 《欧盟烟气排放标准》（2010/75/EU）。

### 8.1.3 固体废弃物控制标准

按 GB18485-2014《生活垃圾焚烧污染控制标准》规定。

### 8.1.4 污水排放标准

污水站出水达到《城市污水再生利用 工业用水水质》敞开式循环冷却水系统补充水水质后回用至冷却塔。

### 8.1.5 恶臭控制标准

恶臭应执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)厂界标准值中的二级标准(新改扩建)要求,见下表。

表 8.1-2 恶臭污染物厂界标准值

序号	控制项目	单位	二级排放标准
1	氨	mg/m <sup>3</sup>	1.5
2	三甲胺	mg/m <sup>3</sup>	0.08
3	硫化氢	mg/m <sup>3</sup>	0.06
4	甲硫醇	mg/m <sup>3</sup>	0.007
5	甲硫醚	mg/m <sup>3</sup>	0.07
6	二甲二硫	mg/m <sup>3</sup>	0.06
7	二硫化碳	mg/m <sup>3</sup>	3
8	苯乙烯	mg/m <sup>3</sup>	5
9	臭气浓度	无量纲	20

### 8.1.6 噪声控制标准

本项目施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011),标准值见表 8.1-3:

表 8.1-3 项目施工期应执行的场界噪声标准单位: dB(A)

昼间	夜间
70dB(A)	55dB(A)

本项目运营期项目厂界执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 3 类标准,见表 8.1-4:

表 8.1-4 工业企业厂界环境噪声排放标准

区域	声环境功能类别	标准值 dB (A)		依据
		昼间	夜间	
厂界	3 类	65	55	《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348-2008

## 8.2 污染物的组成及排放情况

### 8.2.1 废气

废气主要是垃圾焚烧时产生的烟气，烟气中主要包含以下几类污染物：①烟尘②酸性气体，如 NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、HCl 等；②重金属，主要是 Hg、Pb、Cd 及其化合物③有机污染物，主要是二噁英、呋喃和恶臭。

按处理垃圾的元素分析，每台焚烧炉烟气排放量为 158088 Nm<sup>3</sup>/h。

表 8.2-1 垃圾焚烧炉出口烟气量及其成分

序号	污染物名称	单位	数值
1	烟气量	Nm <sup>3</sup> /h	158088
2	烟温	℃	200~230
3	水	容积比	23
4	CO <sub>2</sub>	容积比	7.6
5	烟尘	mg/ Nm <sup>3</sup>	1000~5000
6	HF	mg/ Nm <sup>3</sup>	50
7	SO <sub>x</sub>	mg/ Nm <sup>3</sup>	500~800
8	HCl	mg/ Nm <sup>3</sup>	950
9	Hg	mg/ Nm <sup>3</sup>	0.36
10	Cd	mg/ Nm <sup>3</sup>	1.3
11	Pb+As+Sb+Cu	mg/ Nm <sup>3</sup>	27
12	PCDD	ng.TEQ/ Nm <sup>3</sup>	≤5

### 8.2.2 固体废物

固体废物主要包括从垃圾焚烧炉排出的炉渣和布袋除尘器等烟气净化设备捕集到的飞灰。固体废物来源于生活垃圾中不可燃的无机物以及部分未燃尽的可燃有机物。

本扩建项目炉渣的产出量约为 170t/d，产生飞灰量约为 34 t/d（包括烟气处理时加入消石灰和活性炭）。

### 8.2.3 污水

#### (1) 高浓度污水

高浓度污水主要包括垃圾渗滤液、高浓度冲洗水、垃圾车冲洗水等。其中生活垃

垃圾渗滤液产生量按垃圾量 30%考虑，本扩建工程为 255t/d。考虑到其他高浓度冲洗水及垃圾车冲洗水进入，渗滤液水质水量 8.2-2:

表 8.2-2 渗滤液水质水量表

污水种类	水 量 (t/d)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	pH	SS (mg/L)
垃圾渗滤液	255	~60000	~30000	~2000	4~8	~6000
高浓度冲洗水	5	~10000	~3000	~300	6~9	~500
车辆冲洗水	8	~1000	~300	~30	6~9	~400
合计	268					

垃圾渗滤液是一种高浓度的有机污水，氨氮含量也高，主要污染物为 BOD<sub>5</sub>、COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、SS 及重金属等。

#### (2) 低浓度污水

低浓度污水主要包括生活污水、化验室污水、低浓度冲洗水、除盐水反冲洗水等。

本项目低浓度污水水质水量见表 8.2-3:

表 8.2-3 低浓度污水水质水量表

污水种类	水量(t/d)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	pH	SS (mg/L)
生活污水	7	~300	~150	~25	6~9	~200
化验室	2	~300	~150	~30	5~8	~200
低浓度冲洗水	7	~500	~150	---	6~9	~200
除盐水反冲洗水	7	~100	~30	---	6~9	---
初期雨水	10	~500	~300	---	6~9	~200
合计	33					

#### 8.2.4 噪声

噪声是由不同频率和振幅组成的无调杂音，它让人烦躁、厌恶，对人体危害极大。

按照产生机理可分为空气动力性噪声、机械振动噪声和电磁性噪声。本项目的噪声源主要来自设备，如汽轮发电机、锅炉排汽系统、风机、水泵等；另外，车辆也会产生一定的噪声。设备噪声源强见表 8.2-4：

表 8.2-4 设备噪声源强

序号	设备名称	声级范围〔dB(A)〕
1	锅炉对空排汽	130~140
2	汽轮机、发电机、风机	90~95
3	各类水泵	80~85

### 8.2.5 恶臭

垃圾在堆放和焚烧过程中，会产生恶臭等有毒物质。恶臭物质多为有机硫化物或氮化物，它们刺激人的嗅觉器官，引起人们厌恶或不愉快，有些物质还会损害人体健康。尽管垃圾焚烧厂的恶臭并不严重，但由于恶臭对厂区周围的影响较大，所以必须加以有效处理。

## 8.3 污染物治理方案

### 8.3.1 烟气治理

高效的烟气净化系统的设计和运行管理，是防止垃圾焚烧厂二次污染的关键。本项目采用了“SNCR 脱硝+半干法+干法+活性炭吸附+布袋除尘+SCR 脱硝”组合工艺，它具有净化效率高且无需对反应产物进行二次处理的优点。烟气经反应器、药剂喷射系统、布袋除尘器后，烟气中的污染物可以达到规定标准，最烟筒排至大气，以提高烟气扩散能力，减轻本项目空气污染物排放对当地特别敏感受体的影响。钢烟筒高度待环评计算后确定。烟气净化系统描述详见 6.6.1 节。

为了满足电厂运行过程对烟气中污染物排放监督管理的需要，确保电厂污染物达标排放，也为了适应不断完善的企业污染物排放收费制度，在烟道上安装烟气排放连续监测装置，其监测主要项目为：NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、HCl、烟尘、温度、压力等；另外在烟道上设置采样孔，便于取样与环保监测。

### 8.3.2 污水处理

高浓度污水处理采用“预处理+厌氧反应器+膜生物反应器（MBR）+NF+RO”的组合工艺，低浓度污水采用“调节池→MBR系统→消毒池”工艺，详见6.13.5节—渗滤液处理6.13.6节低浓度污水处理。本项目设置1000m<sup>3</sup>的事故废水收集池，确保各类事故废水有效收集和妥善处理。

### 8.3.3 灰渣处理

垃圾焚烧后产生的固体废物主要由两部分组成：从焚烧系统中排出的炉渣、炉灰及烟气净化系统中排出的飞灰。按GB18485-2014《生活垃圾焚烧污染控制标准》规定，焚烧炉渣炉灰可按一般固体废物处理，飞灰则应按危险废物处理。其他烟气净化装置排放的固体废物按GB5085.3《危险废物鉴别标准》判断是否属于危险废物，如属危险废物，则按危险废物处理。

本项目中，为避免飞灰和炉渣随意倾倒对环境造成危害，焚烧炉排出的炉渣，外送配套项目综合利用厂处理。

烟气处理系统收集的飞灰，集中到飞灰仓在飞灰固化车间稳定化处理后，运送配套飞灰填埋场填埋。

### 8.3.4 噪声防治

#### 8.3.4.1 施工期噪声治理

合理安排施工时间，尤其对噪声大的施工设备的作业时间的安排，是避免设备噪声扰民的必要措施。

高噪音设备安装位置要远离人集中区，并采取适当声屏障（如绿化带）以降低噪声对周围环境的影响。

#### 8.3.4.2 运行期噪声治理

采用工艺先进、噪声小的机械设备，设备采购合同中提出设备噪声的限制要求，从噪声源头控制。

对高噪音设备采取降噪措施，如在高压蒸汽紧急排放口、风机进出口、余热锅炉安全阀排气和点火排汽口、主蒸汽母管排汽口都装有小孔消声器；发电机和水泵等设

备外加噪音隔离罩；风机进出口、水泵进出口加装橡胶接头等振动阻尼器；水泵等基础设减振垫，从传播途径控制噪声的传播。

提高自动控制水平，风机、水泵等高噪声设备的参数检测和自控运行做到无需要人员在现场工作。检修时应对有关人员的工作时间作出相应规定以减少人员受噪声危害。

主厂房合理布置，噪声源相对集中，控制室、操作间采用隔音的建筑结构。

总图合理布局并加强厂区绿化，充分利用厂内建筑物的隔声作用，利用绿化带降低噪声，减少噪声对周围环境的影响。

车辆产生的噪声，可以通过加大车辆行驶管理力度，如限制鸣笛和车速来降低交通噪声。

以上措施可使车间噪声水平符合《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）所规定的限值。再经过厂房建筑的隔声、空气的吸收以及噪声传播过程中的衰减，厂界噪声水平能符合 GB12348-2008 II 类区所规定的限值，对环境不会产生大的影响。

### 8.3.5 恶臭治理

控制恶臭主要采用隔离的方法。

1) 加强对垃圾转运站与垃圾运输过程的管理，垃圾运输车辆采用专用密闭式的垃圾运输车辆，防止飞扬散落，跑冒滴漏，并由市政环卫部门定期对沿途运输道路进行冲洗，减少沿途运输道路臭味的聚集；

2) 在厂内设置垃圾车冲洗清洁设施，对垃圾运输车辆出厂前进行冲洗，定期清洗厂内垃圾运输道路；

3) 垃圾卸料厅进出口采用空气幕，防止卸料厅臭气外逸；

4) 垃圾贮坑采用密封设计，垃圾贮坑与卸料平台间设置自动卸料门，无车卸料时保证垃圾贮坑密封，维持垃圾贮坑负压，减少恶臭外逸。

5) 焚烧炉正常运行期间：垃圾库顶部设置带过滤网的一次风抽气口，将臭气抽入炉膛内作为焚烧炉助燃空气，同时使垃圾贮坑内形成微负压，防止臭气外逸。

6) 焚烧炉停炉检修期间：为防止垃圾贮坑内可燃气体聚集，垃圾贮坑内设置可燃

气体检测装置。当锅炉全部停运时，自动开启除臭风机，将臭气送入除臭间内的活性炭除臭装置过滤并喷洒植物液剂确保达标后排入环境空气中。

7) 规范垃圾库的操作管理，利用抓斗对垃圾进行搅拌和翻动，不仅可使垃圾进炉垃圾热值均匀，且可避免垃圾的厌氧发酵，减少恶臭产生。

8) 渗滤液池为密闭结构，其内部的恶臭气体以自然流动的方式通过管道连接到垃圾池，与垃圾池中的恶臭气体一并作为一次进风燃烧处理。

9) 为避免臭气外逸，主厂房为封闭厂房。在建筑设计上尽量减少气流死角，防止气味聚积。

10) 在厂区总平面布置时，根据当地的主导风向，把生产区和生活区分开合理布置，将恶臭的影响降低到最低程度。在厂区四周种植一定数量的高大乔木，减少影响。

11) 本项目还设有喷药系统，定期向垃圾池内喷洒化学药剂，既可减轻异味，又可防止微生物滋生。

12) 污水处理站产生的臭气抽至垃圾池，最后进入炉内焚烧处理。

根据工程实践，采取上述措施可使厂界恶臭浓度控制在要求的《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)厂界标准值中的二级标准以下。

### 8.3.6 厂区绿化

本项目设计绿化的重点为综合楼西面及主厂房区周边，还有建、构筑物周围及围墙内侧，厂区设置集中绿地，种植草皮、花卉、灌木、乔木和园林建筑小品；同时，在道路两侧以及产生噪音和灰尘的地点适当种植滞尘、隔音的树种。使厂区内形成点、线、面相结合的绿化空间体系，为人们创造一个清新、优雅的绿化环境。绿化率为30%。

在红线范围外进厂道路两侧同时考虑适当的绿化。厂区四周平整过的坡地应及时种植草皮及灌木、花卉等，防止水土流失，保持生态平衡。

## 8.4 环境管理与监测

### 8.4.1 环境管理机构

垃圾焚烧厂是一个环保项目，如因管理不善，会产生更大的污染；根据我国环保法的有关规定，企业亦应设置环境保护管理机构，负责组织、落实、监督企业内部的



环境保护工作。本工程由副厂长和工艺工程师主管全厂的环境管理和监测工作。环境管理机构的主要职责是：

- ◆ 贯彻执行环境保护法规和标准；
- ◆ 组织制定本企业的环境保护管理规章制度；
- ◆ 领导和组织本企业的环境监测；
- ◆ 检查本单位的环保设施运行情况；
- ◆ 向环保部门申报污染物排放情况。

### 8.4.2 环境监测

根据厂内污染物排放的实际情况及企业发展规划，由环保科人员负责企业污染源和环境质量的监测任务。监测项目包括但不限于如下：

(1) 烟气中的污染物，实时在线检测内容：烟气流量、温度、压力、湿度、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、烟尘、HCl、HF、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、CO 浓度。

对每个烟囱预留监测取样孔，同时设置监测平台。

测试频率为每分钟 1 次或几分钟 1 次，每年进行 1 次检测。烟气中的污染物，实验室监测内容：重金属浓度、二噁英浓度。利用实验室常规方法，根据政府部门的要求，在厂内定期测试或者对外委托测试。

(2) 污水中的污染物，实验室监测主要内容为：COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、SS、NH<sub>3</sub>-N、pH 值、污水处理量等。测试频率为每周 1 次。

(3) 飞灰中的污染物，以重金属浓度测试为主；同时，在对烟气中的二噁英浓度测试时，附加对飞灰中的二噁英浓度进行测试。采用对外委托专业机构取样测定方式，检测频率为每半年 1 次，对厂区空气中的监测为每年 1~2 次。

(4) 炉渣的测试，以热灼减率测试为主，同时可兼顾其他指标的测试，如密度、含水率、粒度等，由厂内实验室测试。测试频率根据生产需要确定。

(5) 噪音的测试，根据噪声的产生源：汽轮发电机组、焚烧炉、各种泵、风机、空压机等。在距主要噪声源最近的厂界和环境敏感处设 4 个监测点。厂内购买噪音测试仪表根据 GB12524《建筑施工场界噪声测量方法》有关规定对各个噪声源进行监测。

监测频率为每月 1 次，每次 2 天，每天昼夜各测 1 次。

(6) 臭气的测试，根据国家相关标准，确定测试内容。重要指标包括：H<sub>2</sub>S、甲硫醇、氨等。

(7) 厂内垃圾分析：主要是对垃圾的容重、含水率、热值等进行检测。

### 8.4.3 环境监督

本项目实行行业监督、环保监督、社会公众监督、周边居民监督四层次、全方位监督。

- (1) 接受泰州市城管局及周边居民监管小组驻厂监督。
- (2) 在厂门口设置大屏幕电子显示器，实时公布运营数据，接受社会各界监督。
- (3) 接受社会大众咨询和监督，认真接受各方意见。

## 8.5 环保投资

本项目本身即是环保项目，用在污染物方面的环保投资为 8533.90 万元（未计垃圾焚烧处理部分，未摊工程建设其它费用）。

表 8.5-1 环保投资表

项目名称	费用（万元）
烟气治理	3830.00
渗滤液处理	2410.00
臭气治理	81.23
噪声治理	97.47
烟气在线监测设备	108.30
烟囱	344.00
防渗处理	1329.40
环保监测站仪器	80.00
绿化	208.00
环境影响评价费	45.50
合计	8533.90

## 8.6 本项目环境影响

随着泰州市经济发展，生活垃圾已经成为了城市最严重的公害之一，如垃圾任意

堆放，则产生的恶臭和渗滤液对地下水和地表水水质的影响，会造成周围环境质量的恶化，影响公众的生活质量。所以，它不但影响到市容市貌，还污染了泰州市的生存环境，给居民带来了极大的危害。特别是在当前日益恶化的生态环境面前，妥善地处理生活垃圾是改善人类生存环境、建设优美、整洁、文明的现代化城市不可缺少的条件，而且是当务之急。

本项目采用焚烧的方式对生活垃圾进行处理，可最大程度地实现垃圾的“无害化、减量化与资源化”，不但处理了生活垃圾，而且还可利用焚烧热能发电，节约了国家的不可再生资源，弥补了国内电力的不足。对生活垃圾的无害化、资源化处理，是一项处理生活垃圾和保护环境质量的公益性事业，具有很大的环境效益和社会效益。此外，本项目采用国内外最先进烟气净化、污水处理、除臭等技术和设备，通过多重环保净化措施，确保污染物的对外排放降至最低。

## 第9章 劳动安全与工业卫生

为了认真贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”的方针和“生产必须安全，安全为了生产”的设计思想，确保该项目符合国家及行业有关安全的规定和标准，促进工程的安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用，并有助于保障劳动者在生产过程中的安全，降低工程的事故风险。必须设置必要的安全防范和防护措施，并实施有效控制，防止事故的发生，实现装置的“安、稳、长、满、优”生产。

### 9.1 设计中所执行的法规和标准

- ◆ 《中华人民共和国安全生产法》2014年12月；
- ◆ 《建设项目安全设施三同时监督管理暂行办法》（安监总局令第36号）；
- ◆ 《安全生产事故应急预案管理办法》（国家安全生产监督管理总局令第17号）；
- ◆ 《生产设备安全卫生设计总则》（GB5083-1999）；
- ◆ 《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2010）；
- ◆ 《建筑设计防火规范》（GB5006-2014），2018年版；
- ◆ 《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）；
- ◆ 《火力发电厂与变电所设计防火规范》（GB50229-2006）；
- ◆ 《火灾自动报警系统设计规范》（GB50116-2013）；
- ◆ 《建筑照明设计标准》（GB50034-2013）；
- ◆ 《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）；
- ◆ 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- ◆ 《城市电力规范》（GB50293-2014）；
- ◆ 《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）；
- ◆ 《工业场所有害因数职业接触限值》（GBZ2.1/2.2-2007）；
- ◆ 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）；
- ◆ 《锅炉安全技术监察规程》（TSG G0001-2012）；
- ◆ 《固定式压力容器安全技术监察规程》（TSG R0004-2009）；

- ◆ 《用电安全导则》(GB/T13869-2008);
- ◆ 《安全标志 及其使用导则》(GB2894-2008)。

## 9.2 生产过程危害因素分析

### 9.2.1 主要有毒有害物质的名称、数量及主要危害

#### (1) 垃圾

垃圾可视为生产过程中的原料，一期每天接收 850 吨。垃圾在储运过程中会散发恶臭，污染周围空气；垃圾的渗滤液，既有异味，又会滋生微生物。如果防范措施不当，对工作人员也会造成身心损害。

#### (2) 化学试剂

用于化学水处理的酸、碱，在贮运或生产使用中，若意外泄漏，则有可能会对人身造成化学伤害。用于烟气净化系统的石灰粉和活性炭粉，在储存和输送和生产过程中产生的粉尘，会污染工作场所，影响工人健康。

#### (3) 烟气

垃圾焚烧时，伴随产生烟气。在锅炉出口处，烟气的温度约为 190℃，流量约为 158088Nm<sup>3</sup>/h。烟气中含有大量的有毒、有害物质。

#### (4) 灰、渣

灰、渣是焚烧垃圾的产物，针对设计热值的垃圾，每天产飞灰量 34 吨，每天产渣量 170 吨。飞灰中重金属和二噁英的浓度较高，属于危险废物。

### 9.2.2 生产过程中有害作业的部位和程度

#### (1) 高温、高压、易燃、易爆部位

蒸汽系统和锅炉给水系统的设备管道均是承压部件，有爆裂的危险；表面温度较高，易使工作人员烫伤。

焚烧炉点火油系统、汽轮机润滑油系统、电力变压器、垃圾池和渗滤液收集池等，均为易燃、易爆、易发生火灾的部位。

#### (2) 振动、噪声部位

焚烧炉厂房和汽轮发电机厂房，许多设备都是较强的噪声源，如送、引风机、二

次风机、各种泵、汽轮发电机组、蒸汽排空、管道疏水等，单机噪声水平均介于 90~110dB(A)之间。长时间连续处在此高噪声环境下，工作人员的身心健康会受到严重影响。

### (3) 恶臭部位

垃圾池、垃圾吊车、垃圾加料设备及焚烧炉，因存放或接触垃圾，均会产生异味。垃圾池底部会有垃圾渗滤液，既有异味，又会滋生微生物。如果防范措施不当，对工作人员也会造成身心损害。

### (4) 粉尘部位

烟气处理工艺所需的石灰粉末和活性炭粉末，余热锅炉和除尘器的烟灰排放，灰渣卸料及其装运，均会发生扬尘或遗撒，从而污染工作环境。

### (5) 意外伤害部位

起吊设备、井、坑、孔、洞等，会造成意外的机械伤害。

旋转设备和带电设备，会造成意外的伤害。

## 9.3 设计采取的主要防范措施

### 9.3.1 防火、防爆措施

#### 9.3.1.1 消防系统

a) 本项目设单独的消防系统，采用稳压泵的消防系统。火灾初期采用稳压泵保证初期水量和水压，消防时消防主泵启动供水灭火。

b) 探测报警系统：主控室采用集中监控的智能式火灾自动报警系统，垃圾池内设有自动报警装置。

c) 移动式灭火系统：油库及各建筑物内设置移动式灭火器具。

#### 9.3.1.2 建构筑物防火、防爆措施

本项目设有主厂房四周有 6.0m 宽的道路环绕，可以满足灰渣外运和厂内消防通道要求。建构筑物间设有防火间距，均满足防火规范要求。

根据现行《建筑设计防火规范》和《小型火力发电厂设计规程》，确定本项目主厂房为丁类建筑，以此为依据进行主厂房防火分区划分，防火墙及安全出口设置。此外，垃圾池内虽然有可燃气体，量虽很小，仍考虑防爆问题。

### 9.3.1.3 燃油系统防火措施

燃油管路尽量采取焊接形式，减少法兰连接，防止漏油。法兰及设备均设有防静电接地设施。

### 9.3.1.4 电气设备的防火、防爆措施

a) 主要设备均设有防静电接地设施。

b) 全厂电缆均采用阻燃电缆，消防设备电缆均采用耐火电缆，室外电缆和长距离敷设电缆需采用铠装户套类型。

a) 考虑电厂电缆火灾事故的危险性，为防止电缆延燃，在电缆夹层、桥架、电缆沟进行防火阻隔封堵，以防止火灾蔓延。

### 9.3.1.5 压力容器防爆措施

为了防止压力容器发生事故，所有压力容器均装有安全阀，排汽能力满足压力容器标准。

## 9.3.2 防尘措施

烟气系统装有高效袋式布袋除尘器，除尘器出口含尘量为  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

焚烧炉烟气净化生石灰仓、消石灰仓、活性炭仓、飞灰仓的加料口处会产生粉尘。在排气管装有布袋除尘器，除尘器出口含尘量  $<10\text{ mg}/\text{Nm}^3$ 。

为防止炉渣输送时产生扬尘，采用带水封的液压出渣机排除炉渣。垃圾抓斗运行时会产生灰尘飞扬，为此，垃圾吊车控制室。设在垃圾池侧上方，并用大玻璃窗封闭。

此外，在卸灰口还设有喷水加湿，防止扬尘措施。加强绿化，以尽量减少粉尘的危害。

## 9.3.3 除二噁英措施

1) 控制焚炉膛烟气温度，保证  $850^\circ\text{C}$  烟气在炉膛内停留 2 秒钟，达到二噁英的分解。

2) 二次风喷嘴交错布置，产生烟气的扰动，促使二噁英的分解。

3) 采用活性炭喷入系统+高效布袋除尘器的组合，可有效吸收二噁英。

## 9.3.4 除恶臭措施

控制恶臭主要采用隔离的方法。

除恶臭措施详见 6.11.3 节。

### 9.3.5 防化学伤害

垃圾电厂在产生有害气体的厂房内设机械通风设施，进行强制通风，避免对人体的毒害作用。当需要检修人员进入垃圾池、垃圾渗滤液池间或其它有毒区域检修时，应戴防毒面具，身着防护服，检修时间不超过 2h。

### 9.3.6 防电伤

(1) 防雷击：全厂设置统一的接地网。主厂房、烟囱及各独立建筑物顶采取防雷击措施；油系统等采取防静电接地措施；电气设备及管道的接地满足有关规定的要求。

(2) 带电设备与操作人员间隔防护措施：所有带电设备的安全净距不应小于各有关规程规定的最小值；开关柜均采用封闭式开关柜，符合五防要求；电气设备的外壳应接地或接零。

### 9.3.7 防机械及坠落伤害

(1) 在所有回转机械的转动外露部分设置防护罩，各转动部件的联轴节外装防护罩。

(2) 为防止人受到坠落伤害，厂内井、坑、孔、洞均加装盖板或护栏，有些部位既加盖板也加护栏。

(3) 厂内梯子、平台周围均加装栏杆，防止人坠落，栏杆的设置满足有关规范要求。

### 9.3.8 防噪声

焚烧炉厂房和汽轮发电机厂房，许多设备都是较强的噪声源，如一、二次风机、引风机、各种泵、蒸汽排空、管道疏水等，单机噪声水平平均介于 90~110dB(A)之间。长时间连续处在此高噪声环境下，工作人员的身心健康会受到严重影响。防噪音措施如下：

- (1) 尽可能选用低噪声设备。
- (2) 总图布置上将生产区与生活区分开，高音设备集中布置在主厂房内。
- (3) 设备基础作减振处理。
- (4) 对送风机、引风机、空压机等安装消声器。



(5) 利用建筑物的隔声作用，减弱噪声声强。

(6) 对可能产生振动的管道，特别是泵和风机出口管道，采取柔性连接的措施，以控制振动噪声。

### 9.3.9 吊车保护措施

为了保证工作人员在设备维修和检修时，安全靠近垃圾吊车，垃圾吊车配备如下保护装置：

(1) 吊车配备安全运行防碰撞系统。

(2) 吊车配备超载保护设备，在吊重超过额定载荷 10% 时给予提示。

(3) 吊车配备绳索松动测试装置，当抓斗突然下降时，能被及时止住。

(4) 吊车配备区域保护设备，限制抓钩的活动范围。

(5) 提升吊车只能在抓钩所被限定的最大和最小范围之间运动。桥式吊车的滑行根据标准设置限值切换开关。

(6) 吊车的提升和滑行电动机采用变频控制，抓斗的振动将减到最小。

(7) 吊车缆绳鼓配备机电保护装置，以防止提升缆绳错位或绊住。

(8) 吊车在任何时候都能采用急停方式停止工作。

(9) 桥式吊车两边的通道有栏杆保护。

对汽机房吊车，安装和检修时要求定位精确，小车行走和吊钩速度必须选用慢速，以防对设备的撞击。

### 9.3.10 通风

采用自然加机械的方式进行进排风的设计。

(1) 电厂锅炉房采取自然进风，自然排风的通风方式。

(2) 汽机房采取自然进风，自然排风的通风方式。

(3) 为排除渣池中的余热及余湿，采取机械进风，机械排风系统。

(4) 为排垃圾渗滤液间及滤滤泵间的浊气，设置排风装置，将浊气排至垃圾池统一处理；污水泵间采用机械进风，机械排风系统，从室外吸取新鲜空气，排风排至垃圾池。

(5) 由于配电间及电缆夹层自然进风面积不能满足规定要求，故采用机械进风和

机械排风系统，作为事故排风及时排除室内余热。进排风管道与管道风机组成机械通风系统，正常情况下，该系统运行；火灾发生时，通风系统停止工作；需排烟时，再开启通风系统进行排烟。

(6) 发电机小室、汽水取样间等由于进风不满足要求，故采用机械进风和机械排风系统。

(7) 其他需通风的工艺车间如化水车间、加药间，10kV 配电间化验室等均采用自然通风，机械进风系统。

### 9.3.11 安全照明

从安全角度出发，在电厂易造成爆炸、火灾或人身伤亡等严重事故的场所，装设因正常照明系统发生故障，供继续工作或人员疏散用的事故照明，其照度符合有关规定的要求。

(1) 事故照明系统：主厂房内的事故照明采用交直流切换，附属车间的事故照明采用应急灯。

(2) 照明标准：主要工作场所和通道的照明标准及灯具的选择，符合《发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T5390-2014)及《建筑照明设计标准》(GB50034—2013)的规定。

### 9.3.12 设置安全标志

按照国家标准设置安全标志和安全标志使用导则，各有危险部位设立安全警示牌，在烟囱的顶部设置飞机航行指示灯。

## 9.4 自然灾害及防范措施

### 9.4.1 雷电

为了防止雷电造成的危害，厂房作了避雷设计。

(1) 主厂房、辅助设备用房、综合楼等建筑物按规范要求屋面装设避雷带，利用柱内主筋作引下线，利用建筑物基础作自然接地体，并在不同处至少引出两个连接点，与人工接地体相连。

(2) 烟囱设独立避雷针。

(3) 本厂防雷接地、保护接地及工作接地共用接地系统，其接地电阻不大于 1 欧姆，当接地电阻不能满足要求时，则补打人工接地装置。全厂各子项接地装置通过扁钢带连成一个整体。

#### 9.4.2 防洪

本项目防洪标准按 50 年重现期考虑。为了防止内涝，及时排除雨水，避免积水毁坏设备、能适应 50 年一遇降雨形成的洪水。厂区内的场地排水通过道路中的雨水排水系统汇集，统一排出厂外排水系统。

#### 9.4.3 地震

泰州市抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为 0.10g，设计地震分组为第一组，设计按 7 度设防。

### 9.5 劳动卫生措施

#### 9.5.1 给水卫生

生活饮用水水质符合《生活饮用水卫生标准》。

#### 9.5.2 工作照明

工作照明采用高效节能灯具，焚烧厂房采用钠汞混光灯，办公室采用节能型日光灯，照明照度不低于 60 lx，以保护工作人员视力。

#### 9.5.3 自动化水平

本厂的焚烧炉给料、燃烧控制系统，烟气净化控制系统，发电机组控制系统以及除氧给水系统的自动化水平均较高，大大减轻了岗位工人的劳动强度。

#### 9.5.4 厂区保洁

随时清扫厂区撒落的垃圾入垃圾池，垃圾车清洗由环卫处负责厂外实施。

#### 9.5.5 绿化

通过厂区绿化，净化与美化环境，改善微小气候。

#### 9.5.6 定期体检

每年对岗位工人进行一次体检。

### 9.5.7 劳动安全卫生机构及其他

(1) 为了满足安全及卫生的需要，本项目拟设立相应的安全卫生机构，并配备专职与兼职的安全卫生设施维修、保养、日常监测检验人员与监督管理人员，负责厂区的安全卫生工作。

(2) 设置环境监测室，定期对主厂房各生产车间及厂区内的粉尘及有害物质进行采样，提出化验报告。

(3) 设立医务室，解决职工常见病的医治和工伤事故的临时处置。

(4) 厂长是全厂安全生产的第一责任人。

(5) 安全环保主管是全厂各种安全、环保、卫生制度的监督人。

(6) 安全环保主管定期和不定期到现场巡视，一旦发现安全、环保隐患，应及时要求整改。不服从者，根据厂内有关制度执行。

(7) 安全环保主管直接向厂长汇报工作。对于重大安全隐患，现场工作人员具有采取应急措施的权利。

## 9.6 可能出现的事故预防及应急救援措施

### 9.6.1 突发性公共卫生事件的应急措施

本项目为生活垃圾焚烧发电厂，以焚烧处理生活垃圾为主要功能，但遇到外界突发事件时应采取必要的措施，以免事故的发生和应对外界的变化。

焚烧炉设专门突发紧急事故垃圾投入口，当出现突发性公共卫生事件时，可协助处理其它专用处理设施无法处理的突增的大量非生活垃圾（如医疗垃圾），并不会造成二次污染。

### 9.6.2 设备故障应急措施

垃圾电厂设备发生故障时，应迅速查清故障点和故障原因，采取必要的应急措施。主要故障与应对措施有如下：

(1) 焚烧炉和余热锅炉发生故障时，可以采取降负荷、停炉、排空等措施。

(2) 汽轮机产生故障和隐患时，采取降低负荷、停机等措施，蒸汽通过减温减压器和旁路凝汽器后回收。为防止汽轮机进水，在汽轮机抽汽管道上装设止回阀和闸阀，

并设计通畅的疏水系统。为防止热管道蒸汽倒流，汽轮机工业抽汽管道上装设止回阀和电动闸阀，并将电动闸阀与主汽门联锁，在停机时避免热蒸汽倒流和汽轮机超速。

汽轮机停机真空破坏门设电动和手动各一个，可在控制室或就地操作，以保证汽轮机迅速停运。

(3) 为防止除氧器超压爆炸，除氧器及其水箱设全启式安全阀。

(4) 循环泵、给水泵等设备用设备，发生故障时，迅速启动备用设备，避免对运行造成影响。

(5) 烟气处理系统出现故障时，可以采取降负荷、停炉、排空等措施。

(6) 接入系统线路发生故障时，高压线路主断路器断开，此时发电机应减负荷运行，发电量降低，维持厂用电负荷运行或保证机组安全停机，进行故障点检修。

(7) 在运行维护中必须有严格的规章制度，严禁违反操作规定，防止误操作事故发生。

### 9.6.3 火灾、爆炸处置方案

(1) 发现火情，应立即有的放矢地灭火器将火扑灭，同时发出警示标志。

(2) 及时向上级报告，说明事故情况及原因。

(3) 当事态严重，无法控制，应立即拨打外部电话求救。

(4) 当将火势控制后，认真检查有无隐患，及时排除防止次生事故发生。

(5) 当事态严重，请求外援，消防车赶赴现场时，主动配合消防人员施救。

### 9.6.4 烫、烧伤急救处置方案

(1) 及时让伤者脱离事发区域，就近寻找水源向伤者烫、烧伤部位浇水降温，以降低高温对皮肤的灼伤。

(2) 不得强行脱除烫、烧伤人员的工作服，以免扩大损伤、烫伤表皮。对烫、烧伤严重者应禁止大量饮水，以防休克。

(3) 联系 120 急救中心及时将伤者送专业医疗部门救治。

### 9.6.5 创伤急救处置方案

(1) 创伤急救的原则是先抢救、后固定、再搬运。

(2) 抢救前应先判断伤者受伤程度，如有无出血、骨折、休克，然后进行创伤急救。

(3) 及时联系 120 急救中心，及时将伤者送专业医疗部门救治。

### 9.6.6 触电急救处置方案

(1) 发现有人触电，应立即断开有关电源，使触电者在脱离电源后在没有搬移、不急于处理外伤的情况下，立即进行心肺复苏急救，并根据伤情迅速联系医疗部门救治。发现触电者呼吸、心跳停止时，应立即在现场就地抢救，用心肺复苏法支持呼吸循环，对脑、心重要脏器供氧。

(2) 触电者未脱离电源前，救护人员不准直接用手触及伤员。脱离电源要把触电者接触的那部分带电设备的开关、刀闸或其他断路设备断开，或设法将触电者与带电设备脱离。在脱离电源的过程中，救护人员也要注意保护自己。

(3) 如果触电者处于高处，为防止解脱电源后自高处坠落应采取预防措施。

(4) 触电者触及低压带电设备，救护人员应设法迅速切断电源，如拉开电源开关、刀闸，拔除电源插头等；或使用绝缘工具、干燥的木棒、木板、绝缘绳子等不导电的材料解脱触电者；也可抓住触电者干燥而不贴身的衣服，将其拖开，切记要避免碰到金属物体和触电者的裸露身体；也可用绝缘手套或将手用干燥衣物等包起绝缘后解脱触电者；救护人员也可站在绝缘垫上或干木板上进行救护。

(5) 触电者触及高压带电设备，救护人员应迅速切断电源，或用适合该电压等级的绝缘工具（绝缘手套、穿绝缘鞋、并使用绝缘棒）解脱触电者，救护人员在抢救过程中应注意保持自身与周围带电部分必要的安全距离。

(6) 高处触电紧急救护，救护人员应在确认触电者已与电源隔离，且救护人员本身所涉及环境安全距离符合要求时，方能接触伤员进行抢救，并应注意防止发生高空坠落的可能性。应立即用绳索迅速将伤员送至地面，或采取可能的、迅速有效的措施送至平台上。触电伤员送至地面后，应立即继续按心肺复苏法坚持抢救。

(7) 联系 120 急救中心及时将伤者送专业医疗部门救治。

### 9.6.7 中毒急救处置方案

(1) 先使伤者离开中毒区域放置在通风场所，医务人员及时到场采取临时救治措施。

(2) 联系 120 急救中心及时将伤者送专业医疗部门救治。

### 9.6.8 高空坠落急救处置方案

- (1) 救助伤者。
- (2) 停止他人工作，保护事故现场，防止他人进入。
- (3) 立即拨打 120 急救电话，联系医院赶赴事发地点实施紧急救治。
- (4) 由医生做出伤势诊断或根据伤者意见做出转院决定。

## 9.7 预期效果

本项目设计中贯彻“适用、安全、经济、美观”的建设方针，坚持“安全第一、预防为主”的原则，结合我国的国情采取的防治措施，技术上成熟，经济上可行，达到了既节约投资，又保证了安全和文明生产的目的。

## 9.8 劳动安全和工业卫生投资概算

垃圾焚烧发电各系统、各专业所涉及的各项劳动安全和工业卫生方面的设施费，均计入相应各专业建设费用中，列支在工程预算部分，确保安全与工业卫生费用的落实。劳动保护措施在技术上可行，经费上落实，能够为该厂安全运行提供可靠的基础，完全符合劳动保护措施的“同时设计、同时施工、同时投产”精神。

## 第 10 章 消 防

### 10.1 设计依据

消防设计必须贯彻执行国家有关方针政策，按国家规范、规定和标准进行设计。消防应遵循“预防为主、防消结合”的方针，本设计范围内设置了消防系统，并按各车间、工作岗位、工作场所可能发生的火灾性质和特点，选择不同的消防措施，防止火灾危害，确保本厂人身设备安全、正常运行。

- ◆ 《小型火力发电厂设计规范》（GB50049-2011）；
- ◆ 《火力发电厂与变电所设计防火规范》（GB50229-2006）；
- ◆ 《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）；
- ◆ 《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）；
- ◆ 《电力设备典型消防规程》（DL5027-2015）；
- ◆ 《固定消防炮灭火系统设计规范》（GB50338-2003）；
- ◆ 《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2003）；
- ◆ 《火灾自动报警系统设计规范》（GB50116-2013）；
- ◆ 《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2010）；
- ◆ 《小型油库及汽车加油站设计规范》（GB50160-92）；
- ◆ 《火力发电厂设计技术规程》（DL5000-2000）；
- ◆ 《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014）。

### 10.2 消防系统

#### 10.2.1 消防水源及水量

本项目消防水源为经处理后的河水。

本项目清水池为生产、消防合用水池，有技术措施保证消防水量不被挪用。

本项目设单独的消防系统，采用稳压泵的消防系统。火灾初期采用稳压泵保证初期水量和水压，消防时消防主泵启动供水灭火。

垃圾焚烧发电厂主厂房生产类别为丁类，耐火等级为二级，建筑高度约 45m（工



艺控制标高), 属于高层工业厂房。根据规范要求, 本项目消防用水量见表 10.2-1:

表 10.2-1 消防用水量表

序号	名称	用水量 (L/s)	消防时间 (h)	总用水量 (m <sup>3</sup> )
1	室内消防	25	2	180
2	室外消防	35	2	252
3	消防炮	60	1	216
	合计			648

注: 清水池贮存一次消防水量 648m<sup>3</sup>, 有技术措施保证消防水量不被挪用。

在厂区内设置 DN200 消防给水管网, 供给室内外消防用水量, 由设置在水泵房内的消防泵加压, 保证室内外消防用水量及水压要求。初期室内消防用水由消防稳压泵供给, 保证消防初期的水量和水压要求。整个厂区的室内外消防水量 V=648m<sup>3</sup>, 贮存在厂区的清水池内, 有技术措施保证消防水量不被动用。

消防主泵选用二台 XBD6.5/60-150-435 型水泵, Q=60L/S, H=65m, N=75kW, 一用一备; 消防加压稳压系统型号为 ZW(W)-II-X-A, 增压稳压泵 2 台, 25LGW3-10X6(3m<sup>3</sup>/h, 60m, 2.2kw); 卧式隔膜式气压罐 1 个 SQW1000X1.5, 工作压力比 a=0.78, 消防储水容积 300L, 稳压水容积 72L.; 消防炮给水泵选用二台 XBD18/50-150D/6 型水泵, Q=60L/S, N=132kW, 一用一备, 并设置消防炮稳压泵及稳压罐, 稳压泵为 XBD14.8/5-65G/9(Q=18m<sup>3</sup>/h, H=146m, N=18.5kW), 稳压罐容积为 5.3m<sup>3</sup>。消防主泵及消防炮给水泵设在清水泵房内。消防稳压泵系统设于主厂房屋顶的稳压泵房内。

### 10.2.2 室外消火栓系统

厂区消防给水管网布置成环状, 室外消火栓沿道路敷设, 室外消火栓保护半径不超过 150m, 消火栓间距不超过 120m, 室外消火栓均采用地上式, 应有一个直径为 150mm 或 100mm 和两个直径为 65mm 的栓口。

### 10.2.3 室内消火栓给水系统

室内消火栓布置成环状, 且管道直径不小 100mm, 水枪充实水柱不小于 13m, 室

内消火栓间距不超过 30m，室内消火栓的布置，能保证两支水枪的充实水柱到达室内任何部位。

消火栓规格：栓口 DN65，水枪  $d=19\text{mm}$ ，水龙带 DN65mm，长 25m。所有消火栓箱内均设消防启泵按钮，并将信号传至中央控制室。消防泵可在中控室内启动，也可在水泵房内就地启动。

室内消火栓给水系统设置三组 DN150 三合一消防水泵结合器。

#### 10.2.4 消防炮给水系统

垃圾池消防炮系统设 2 根立管，并与室外消防炮给水管道形成环状。消防炮单台水量 30L/s，保护半径 65m。保证垃圾池每一点被 2 台消防炮保护到。

消防炮给水系统设置两组 DN150 三合一消防水泵结合器。

#### 10.2.5 系统控制

发生火灾时自动启动消防泵，也可按下任一消火栓箱处的碎玻按钮向消防中心报警。消防控制室亦可直接启动消防泵；也可在泵房内手动开、停水泵。消火栓水泵开启后，水泵运转信号反馈至消防控制中心和消火栓处。该消火栓和该层或防火分区内的消火栓的指示灯亮。所有消火栓箱内均设消防启泵按钮，且临时高压给水系统的每个消火栓处按钮不作为直接启动消防水泵的开关，可作为发出报警信号的开关，并将信号传至中央控制室。

消火栓给水加压泵在泵房内和消防控制中心均设手动开启和停泵控制装置。

消火栓备用泵在工作泵发生故障时自动投入工作。

消防炮有自动控制和手动控制两种模式，自动控制状态时，烟感和火感探测器探测到火情，传给中控室并报警，消防炮开始喷水灭火，同时消防主泵工作。

#### 10.2.6 灭火器配置

按照国家现行《建筑灭火器配置设计规范》，在主厂房的中央控制室、高低压配电室及变压器、汽机间及就地机柜室、油泵房、电缆夹层等处按规范要求设置推车或手提式磷酸铵盐干粉灭火器和二氧化碳灭火器。

## 10.3 建构筑物消防

### 10.3.1 总平面布置

根据本垃圾焚烧发电厂各部分在生产中所起的作用不同，将整个厂区划分如下几个功能区：主要生产区、辅助设施区、运输设施区、办公生活区。

#### (1) 主要生产区

本区由焚烧主厂房、烟囱组成；主厂房由垃圾卸料大厅（它的下层为水处理间、机修、电修间、化验室、压空间等）、垃圾池、焚烧锅炉间、烟气净化间、固化车间、汽机间、中央控制室（下层为高低压配电室）、值班室、门厅等组成一个联合厂房，布置在厂区东部；烟囱布置在主厂房南侧。以达到缩短工程管线、提高环境质量和生态平衡的目的。

#### (2) 辅助设施区

本区主要有两部分组成，一部分是位于主厂房西南侧，一部分位于主厂房南侧。第一部分的辅助设施区由循环水泵房及水池冷却塔、清水泵房及清水池、污水站，第二部分的辅助设施由升压站、取水提升泵站、小油库

#### (3) 运输设施区

本区由地磅房及地磅、货流出入口大门、垃圾运输坡道等组成，地磅设电子汽车衡，主要用于称量进厂垃圾，同时也用于称量出厂的飞灰、飞灰固化块、旁通废弃物及不可处理的废弃物。在地磅房前设置检视区域。地磅及地磅房布置在厂区东北角的垃圾进厂道路上，距垃圾进厂大门约 30m。垃圾运输坡道长 100m，宽 8.0m。

#### (4) 办公生活区

本区由综合楼、门卫房、广场、停车场及文体活动场、环保教育基地组成，布置在主厂房西侧，在周边（特别是西面、南面）做丰富的园林绿化设计、园林小品等。与主厂房中间有道路及绿化区隔离，以减少生产区对生活区的影响。

### 10.3.2 建构筑物的防火间距

总平面布置在考虑生产工艺流程的同时，重点考虑防火区域的划分。设计中各主要建、构筑物间距均满足《建筑设计防火规范》和《火力发电厂及变电所防火设计规范》

的要求。本项目主要建、构筑物的实际防火间距见表 10.3-1:

表 10.3-1 主要建、构筑物的实际防火间距

相邻两建筑物的类型及耐火等级		规程或工艺要求的最小防火间距(m)	实际间距(m)
主厂房（丁、二）	冷却塔（戊、三）	25	约 64
主厂房（丁、二）	油库（丙、二）	12	约 32
烟囱（丁、二）	油库（丙、二）	15	大于 43

### 10.3.3 防火

主厂房的火灾危险性为丁类建筑物，建筑物的耐火等级为二级，设复合防火卷帘门。厂房设有多个安全疏散出口，满足消防疏散距离要求。

焚烧锅炉间、烟气净化间和垃圾池主体为单层，局部二层；卸料大厅、汽机间、中央控制室及其它用房为二层或多层。

主厂房钢网架及钢屋架涂刷耐火极限不低于 1.5 小时的白色薄型防火涂料。室内钢梯涂刷耐火极限不低于 1 小时的银灰色薄型防火涂料。

建筑内部各部位装修材料的燃烧性能等级为 A 级。

主厂房的四个方向均有出入大门和疏散楼梯，西门是主厂房的主要进口，汽机间的端头有疏散梯，烟气净化厂房东侧有通室外的大门；卸料大厅及其楼下的辅助用房在北侧均有进出大门。每个防火分区建筑面积均满足规范要求，防火分区之间用防火墙、防火门窗分割，管道穿过防火分区，自设封闭系统。

### 10.3.4 防爆泄压

焚烧锅炉间在长度方向北邻垃圾池，南邻烟气净化间，东侧毗一期主厂房。按规范要求，除适当位置设侧窗以满足进风面积，兼作泄压外，焚烧间轻钢屋面亦作为泄压面积。

此外，垃圾渗滤液池内虽然有可燃气体，本项目设置机械进排风，使其量不足以引发大的爆炸，故不考虑防爆问题。

## 10.4 消防供电

与消防有关用电设备如消防泵等均由厂用 380V 两段母线引两路电在末端切换供电。

主厂房事故照明由直流供电，电源取自中控室直流屏。

全厂电缆采用防火阻燃电缆，并在各车间和区段对电缆通道进行防火阻隔封堵，以防止火灾蔓延。

## 10.5 防火监控及通信

为保证主厂房生产设备安全运行，设置火灾自动报警系统。在中控室、宿舍值班室设置火灾报警控制器及联动控制柜，在重要库房、电缆夹层、设备间、控制室等部位设置火灾探测器。火灾报警控制器对所有火灾探测器进行监控，可以显示火灾发生地址，发出声光报警信号，自动记录报警事件等。在主厂房、宿舍消火栓处设置碎玻按钮，任一碎玻按钮动作，都能启动消防泵，以保证消防水压。垃圾池厂房高大，着火点比较特殊，一般措施难以达到监控目的，故采用自控扫描场内高温点，摄像机观察冒烟及着火点，现场手动启动消火栓，扑灭局部着火点。

厂内设立广播系统。扩音器设在中控室，在主厂房各设备间、通道，宿舍各层走廊及厂区内设置广播扬声器箱，发生火灾事故时播送疏散撤离信息，也可作为找人、召集会议、发布通知之用。

## 10.6 通风和空调系统的防火

主厂房中高低压配电间，中央控制室，仪表柜间，吊车控制室，办公室等房间设置空调系统。中控室、仪表柜间及办公室采用风冷式智能多联中央空调机组，室内配置天花板四面出风室内机，室外机布置上方屋顶，室内气流组织为上送上回。

其他房间设置分体空调，为舒适性空调，温度湿度不做要求，所有空调就地控制。

主厂房内锅炉房、烟气净化间、汽机间设计自然进风，自然排风。主厂房内高低压配电间设计自然进风，机械排风。排风机兼作事故风机，排风量按 12 次/h。

烟气净化配电间设计机械进风，机械排风，进风需过滤。排风机兼作事故风机，排风量按 12 次/h。地下渗滤液池设计机械进风，机械排风。排风量按 12 次/h，臭气

排至垃圾池高位处。进排风机采用防腐防爆型。垃圾池设事故排烟系统，事故排烟按 3 次/时计算风量。排烟风机前加装 280℃ 防火排烟阀，风机出口加装自垂百叶。待消防灭火确认火灾熄灭后，开启排烟阀门及排烟风机。平时焚烧炉正常运行时，风机关闭，百叶同时也关闭，防止垃圾池内臭气外逸。楼梯间、垃圾吊控制室及办公区参观走廊

每层楼梯间均开窗，自然通风，自然排烟，与垃圾池毗邻的办公区楼梯间平台设机械通风。垃圾吊控制室与电气室应有良好的通风条件，必须保障外墙侧窗户为可开启式，保证空气流通及扩散通路。垃圾吊控制室与电气室必要时设机械通风。办公区内走廊设机械通风，兼做消防排烟。其余各设备间按规范要求计算风量。以上各通风系统，凡有防爆、防腐要求的设备，均采用特殊的耐腐蚀材料和配用防爆型电机，有送排风系统的要求连锁启动。

## 第 11 章 节约能源

### 11.1 概述

本项目为生活垃圾焚烧发电项目，利用垃圾焚烧处理的余热发电，变废为宝，本身就是一个节能、环保工程。建设规模为日处理城市生活垃圾 850 吨。一期建设 1 条处理能力 850t/d 焚烧线，采用 1 台蒸发量 80t/d 余热锅炉，每条垃圾焚烧生产线配置一套采用“SNCR 脱硝+半干法+干法+活性炭吸附+布袋除尘+SCR 脱硝”组合工艺烟气净化装置。同时配置 1 套额定功率 18MW 凝汽式汽轮发电机组。本项目建成后，每年可处理生活垃圾约 31.025 万吨，扣除垃圾处理所需的自用电外，额定工况下每年最大可向电网供电  $9.611 \times 10^7$  kWh，为社会提供优质电能。

节约能源与合理利用能源是一项非常重要的国策，本项目在设计中认真贯彻节约与开发并重、合理利用能源的要求。

#### 11.1.1 编制依据

《中华人民共和国节约能源法》（2016 年修正）；

《节电技术经济效益计算与评价方法》GB/T13471-2008；

《公用建筑节能设计标准》GB50189-2015

《中华人民共和国循环经济促进法》2009 年 1 月 1 日起施行；

《国务院关于加强节能工作的决定》（国发〔2006〕28 号）；

《国务院关于印发“十三五”节能减排综合工作方案的通知》（国发〔2016〕74 号）

《小型火力发电厂设计规范》（GB50049-2011）；

《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）；

《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272-2008；

《设备及管道绝热设计导则》GB/T8175-2008；

《节电措施经济效益计算与评价方法》GB/T13471-2008；

《综合能耗计算通则》GB/T2589-2008

《公用建筑节能设计标准》GB50189-2015。

### 11.1.2 能源供应条件

本项目所需消耗能源及原材料包括生活垃圾、辅助燃油、水、电、生石灰、活性炭、消石灰、水泥、螯合剂等。

#### (1) 生活垃圾

生活垃圾既是本项目所需进行减量化、无害化处理的固体废物，也是一种可利用的资源，为焚烧炉的燃料。生活垃圾由泰州市政府提供，一期年垃圾供应量 31.025 万吨。

本项目生活垃圾低位热值设计值为 7000kJ/kg，垃圾低位热值设计变化范围为 4186~8400kJ/kg。

#### (2) 辅助燃油

辅助燃气用于焚烧炉启动点火、停炉期间使用以及垃圾热值低于 5000kJ/kg 时使用。厂内设油库，燃油由石油公司供应，汽车运输到厂。。

#### (3) 水源

本项目有 2 个水源，工业水源取自河水；生活水及化验室用水来自市政自来水；供水由政府负责接至厂区。

#### (3) 电力

本项目配置 1 套 18MW 汽轮发电机组，发电机出口电压为 10.5kV。

本项目拟将发电机所发电能除去自用外盈余部分，通过厂内 1 回 110kV 上网线路接入当地变电站（具体以接入系统批复为准）。

考虑由附近引入一路 10kV 独立与上网线的电源，作为本项目的保安电源。在上网联络线及厂内发电机均故障时供全厂安全停机及保证重要负荷供电之用。

#### (4) 生石灰、消石灰、活性炭、氨水

生产用生石灰、消石灰、活性炭及氨水由外部供应，汽车运输到厂。

#### (5) 水泥、螯合剂



水泥、螯合剂由外部供应，定期汽车运输到厂。

## 11.2 能源消耗种类、数量及能源使用分布情况

### 11.2.1 生活垃圾

一期日焚烧处理生活垃圾 850 吨，年处理能力 31.025 万吨。

### 11.2.2 辅助燃油

辅助燃油用于焚烧炉启动点火及停炉期间使用。

焚烧炉低于额定焚烧量运行，且垃圾低位热值小于 5000kJ/kg 时，根据自动燃烧控制系统的指令，辅助燃料系统可自动启动，由辅助燃烧器向炉内喷辅助燃料，以确保炉膛温度 $>850^{\circ}\text{C}$ ，并维持 2s。

### 11.2.3 水源

本项目水源消耗分为：生活用水，消耗量为  $11\text{m}^3/\text{d}$ 。工业用水主要用于工艺设备用水、厂区冲洗水、绿化用水等，工业水消耗量为  $1902\text{m}^3/\text{d}$ 。

### 11.2.4 电力

据全厂工艺负荷情况、焚烧线的运行工况以及厂用变压器的供电范围进行计算，厂用负荷率约为 16%。

### 11.2.5 生石灰、消石灰、活性炭

一条焚烧线在 MCR 条件下运行时，全年约消耗生石灰 3683t，消石灰 567t，活性炭 142t，氨水 850 t 可使烟气排放达到标准。

### 11.2.6 水泥、螯合剂

本项目飞灰处理工艺采用螯合剂稳定化+水泥固化工艺。其中螯合剂和水泥耗量如下：

螯合剂用量 566t/a

水泥用量 1132t/a

## 11.3 能耗分析

本项目为生活垃圾焚烧发电项目，利用垃圾焚烧处理的余热发电，变废为宝，本

身就是一个节能、环保工程。故本项目的能耗不能与采用优质燃料（煤炭或油、气等）的火力发电机组的能耗水平相比，但本项目在工艺方面采用了具有国内先进水平，热效率较高的生活垃圾焚烧炉、余热锅炉，以及发电效率较高的汽轮发电机组，在最大程度上做到节省能源。

根据国际能源机构（IEA）分析结果，燃煤火力发电生产 1 千瓦时电力的生命周期中排放的 CO<sub>2</sub> 约为 987g，燃气生产 1 千瓦时电力的生命周期中排放的 CO<sub>2</sub> 约为 446g，垃圾焚烧发电生产 1 千瓦时电力的生命周期中排放的 CO<sub>2</sub> 为 367g。因此，具有垃圾焚烧具有明显的温室减排效益。

### 11.3.1 焚烧炉、余热锅炉（产汽）

本环节通过吸收垃圾焚烧生成的热量，以产生具有给定参数的蒸汽。这部分蒸汽主要用于汽轮机发电以及加热燃烧空气。

### 11.3.2 发电耗汽

属于连续用汽的环节有：汽轮机用汽、除氧加热用汽、低压加热器用汽等。各种损耗性用汽有：蒸汽泄漏以及凝汽器中乏汽被冷凝等。

### 11.3.3 厂用电

厂用电环节有：焚烧线设备用电、水处理系统用电、给水系统用电、汽轮发电机系统用电、烟气净化系统用电、压缩空气系统用电、飞灰稳定化系统用电、热工仪表及控制系统用电、照明及检修用电等。

### 11.3.4 耗水

本项目有 2 个水源，河水和自市政自来水。市政自来水主要消耗生活用水和化验室的消耗；工业水源的消耗主要是：冷却塔的蒸发损失、风吹损失、排污损失，飞灰固化、烟气净化用水、绿化用水、道路冲洗水、厂房地坪冲洗水、车辆冲洗等。

## 11.4 耗能指标

本项目为生活垃圾焚烧处理工程，每年处理垃圾 31.025 万吨，生产时间累计为 8000 小时，在生产过程中运行需要用水用电等。耗能指标如下：

表 11.4-1 能耗指标表

序号	名称		单位	数量	备注
1	0 号 柴油	启动	kg/t 垃圾	0.64	按每年每炉点火 4 次, 每次 17 小时正常运行时不需要
		停炉			
2	电耗		kWh/t 垃圾	59	
3	水耗	生活	m <sup>3</sup> /d	11	
		生产		1902	
4	消石灰		kg/t 垃圾	1.83	
5	生石灰		kg/t 垃圾	11.87	
6	活性炭		kg/t 垃圾	0.45	
7	水泥		kg/t 垃圾	3.65	
8	螯合剂		kg/t 垃圾	1.83	

## 11.5 主要节能措施

### 11.5.1 工艺系统主要节能措施

(1) 热力系统设置蒸汽旁路装置, 汽轮机启动、停机或甩负荷运行时, 主蒸汽通过旁路装置减温减压后排到凝汽器, 减少不必要的汽水损失, 既节约能源, 又保证安全生产。

(2) 所有选用的机电产品均为国家推荐采用的节能型或先进的产品。

(3) 采用先进垃圾焚烧设备, 焚烧炉和锅炉系统的热效率可达 80% 以上, 能够更有效的回收热能。汽轮机采用高参数、发电机采用高转速制造技术, 以保证优质和高效。

(4) 热力设备和热管道, 均采用良好的绝热保温材料和最经济的保温层厚度, 减

少管道散热带来的能量损失。对外表面温度高于 50℃ 的设备和管道均给予保温，减少系统热损失，提高全厂热效率。

(5) 采用合理的流速计算、选择管道规格，避免过高的流速造成能量的损失及水泵损耗。

(6) 烟气净化除尘选择较优秀、运行可靠、系统压降小且波动小的设备，以减少引风机的耗电量，减少厂用电率。

(7) 充分重视主要辅机的选择，要求其有良好运行实绩，以确保机组有较高的可靠性和可用率。

(8) 在能源供应入口安装电、水、热等计量装置，对所用能源进行计量，以控制消耗、降低成本。

(9) 汽水管道、设备安装严密，采用优质蒸汽疏水器，防止在生产过程中蒸汽的损失。

(10) 焚烧发电厂产生的余热可以供给厂内的淋浴室等设施，充分利用能源。

(10) 设备、系统的布置在满足安全运行、方便检修的前提下，尽可能做到合理、紧凑，以减少各种介质的能量损失。

### 11.5.2 节约用水的措施

(1) 本项目工业用水采用河水，大大节约自来水源。

(2) 本项目设有工业水开式循环冷却水系统，节约城市供水量，机力冷却塔的排污水，一部分可用做出渣机浓水箱补水，其余用做烟气净化制浆，使排水量降低到最小。

(3) 工业用水重复利用，提高水的重复利用率。设备冷却回水，作为冷却塔的补水重复循环使用，除盐水制备过程中产生的浓水，作为出渣机的冷却用水；

(4) 汽水管道优化设计，防止跑、冒、滴、漏，减少汽水损失；

(5) 在烟气净化系统中，冷却塔设置了烟气出口温度调节回路，节约了用水。

(6) 汽机的乏汽经凝汽器冷却后，变为凝结水，全部进入除氧器，减少了化学水补水量。

(7) 本项目化学水处理系统采用预处理+反渗透装置+EDI 工艺路线，提高了水的

利用率和产水量，同时减少了酸碱药剂的耗量。

(8) 加强对各用水点运行上的管理，制定指导性的运行操作规程，严格控制用水量。

### 11.5.3 电气、自动控制系统主要节能措施

(1) 为控制本项目 0.4kV 供电线路的距离，高低配电间设置在本建筑物一层，减少供电半径及线路损耗。变压器数量及容量按用电量估算设置。

(2) 由于本项目的动力照明用电以及景观照明等单相负荷较多，尽量使运行时充分考虑变压器间的负荷分配均衡问题，有效降低因变压器负荷率不平衡引起的变压器铜损。采用低损耗高效率的节能型变压器。

(3) 全厂照明系统设置交流正常照明和应急照明，正常照明系统采用节能型的 T5 荧光灯与 LED 荧光灯结合设计，户外路灯采用节能的 LED 路灯设计。综合楼及门卫室采用直管形荧光灯或节能灯为主要照明光源，荧光灯灯具配节能型电感镇流器或电子镇流器，单灯功率因数不小于 0.9；单相照明负荷尽可能均匀平衡到三相负荷中，以减少电压损失，影响光源的发光效率；有外窗房间照明灯具的布置对应使用功能按临窗区域及其他区域合理分组，并采取分组控制

(4) 本项目采用相应自控系统使电气设备的控制在满足正常使用功能的同时，为人们在管理使用时节电提供手段，创造条件。

(5) 采用变频调速控制电机，使其在负荷率变化时自动调节转速，以提高点击轻载时的工作效率。

(6) 选用高品质电缆、电线降低自身损耗。

### 11.5.4 建筑节能措施

(1) 建筑能耗指标按标准设计计算。单位面积能耗指数应达到现行国家或行业标准水平和国内先进水平。

(2) 建筑围护结构、供热管网采取保温隔热措施。

(3) 空调制冷系统规模按设计负荷设置，并设有调节控制装置及能量计量仪表。

(4) 节能性建筑设备与产品的选用，包括门窗、室内供热系统控制与计量、设备及散热器、空调、燃油燃烧器具、照明电器及控制系统等。

(5) 合理布置各厂房间距离，在满足各建筑物和地下管道防火规范要求前提下，尽可能布置紧凑，使厂区管道尽可能短捷，以减少能源损失。

(6) 厂区照明采用太阳能路灯，进一步降低项目厂用电率。

### 11.5.5 节地措施

采用垃圾焚烧处理方式相对垃圾填埋处理方式本身就是一种非常节约土地的节地措施。

(1) 焚烧厂区合理布置各厂房间距离，在满足各建筑物和地下管道防火规范要求前提下，尽可能布置紧凑，使厂区道路尽可能短捷。

(2) 主厂房采用二层垃圾进料，在进料大厅下的结构空间布置水处理间、空压站、机修间等，垃圾池渗滤水收集池等布置在主厂房内，节约用地，增加绿化面积。

## 11.6 效果分析

1) 本项目属于利用生活垃圾作为燃料转化优质能源的项目。项目的实施实现了垃圾处理的“减量化、资源化、无害化”的同时，利用垃圾焚烧处理的余热发电，变废为宝，大大改善了城市环境，有利于当代，造福于子孙。

2) 本项目建成后，每年焚烧处理城市垃圾 31.025 万吨，垃圾减容达 90%，减重量可达 80%，大大减少填埋垃圾用地。

3) 本项目建成后，利用垃圾焚烧余热发电，除本项目自用电外，年约有  $9.611 \times 10^7 \text{kWh}$  的电量供给社会，上网售电有相当的经济收入。

4) 生活垃圾处理卫生填埋处理时,由于生活垃圾大部分为有机物质，填埋后会因发酵而产生大量的甲烷（俗称沼气）、二氧化碳、二氧化硫等气体。每年 31.025 万吨垃圾用焚烧法处理代替卫生填埋处理可减排约  $1.396 \times 10^7$  立方米的甲烷。

## 第 12 章 组织机构及项目实施计划

### 12.1 组织机构

本厂以企业单位方式管理，必须严格控制职工人数，提高人员素质，达到高效率的企业化管理机制。

焚烧厂实行厂长负责制，组织系统由下列机构组成见图 13-1：

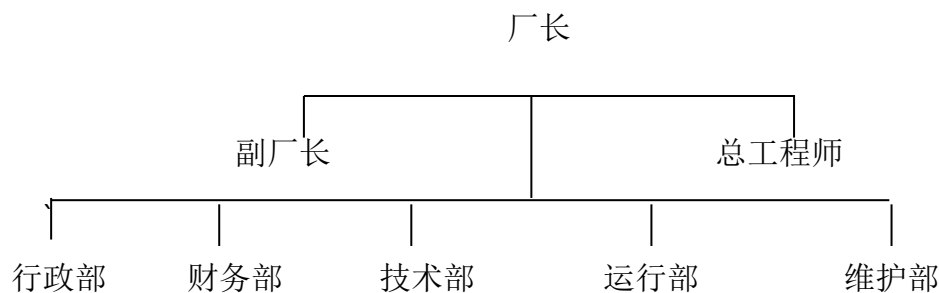


图 13-1 全厂机构组成图

### 12.2 工作制度及劳动定员

垃圾焚烧及发电工艺都是常年连续运行，人员编制按三班工作制，四班人员组成；其他辅助岗位，例如灰渣运输、地衡管理等岗位人员，可以实行两班制；厂部领导及其他辅助人员，可以实行常日班制。依据上述情况，焚烧厂需配备管理和技术人员 45 人。填埋场的管理人员及操作工人配备 12 人，本项目定员 57 人。

### 12.3 职工来源及培训计划

#### 12.3.1 职工来源

- (1) 职工主要从社会上招聘。
- (2) 管理人员应具有较高的文化素质，不但熟悉业务，而且善于组织管理。
- (3) 技术人员应具有大专以上学历或中级以上技术职称。

#### 12.3.2 培训计划

- 1) 请专家授课；
- 2) 实习；
- 3) 现场培训；
- 4) 国外培训。

## 12.4 项目进度计划

本工程计划工期为 24 个月，其中工程准备 8 个月，施工、安装、调试与试运 16 个月。具体详见表 12.4-1:

### 12.4.1 工程准备阶段

该阶段主要是进行施工前的各项准备工作，包括初步设计及其评审、设备采购、施工图设计及其评审、施工场地准备以及施工单位招标和施工报建等，计划时间大约为 8 个月。

### 12.4.2 施工及安装阶段

该阶段主要是进行施工技术交流、土建施工、设备安装、管道安装以及水、电、通风、空调等安装工程，同时进行人员培训和部分设备的单机调试。该阶段计划时间大约 13 个月。

### 12.4.3 调试与试运行阶段

该阶段主要是进行安装工程扫尾、设备单体试车、全线联动试车和试运行以及性能测试与工程验收等。该阶段计划时间大约 4 个月。

项目实施进度安排表见下表:



表 12.4-1 项目实施进度安排表

单位:月份

工期 \ 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24								
	前期准备阶段									土建施工及设备安装阶段											调试阶段											
可行性研究	■																															
初步设计			■																													
初步设计评审				■																												
施工图设计					■																											
设备采购					■																											
土建施工						■																										
设备安装								■																								
电器仪表安装											■																					
调试																			■													
联合试车																									■							

## 第 13 章 项目风险分析

### 13.1 项目社会稳定风险的内涵

社会稳定风险，广义上是指一种导致社会冲突，危及社会稳定和社会秩序的可能性，是一类基础性、深层次、结构性的潜在危害因素，对社会的安全运行和健康发展会构成严重的威胁。一旦这种可能性变成现实，社会风险就会转变成公共危机。广义的社会风险是一个抽象的概念，涵盖了生态环境领域、政治领域、经济领域、社会和文化等领域的各种风险因素。在狭义上，社会风险是指由于所得分配不均、政府施政对抗、失业人口增加等造成社会不安、社会发生内争等社会因素引起的风险，仅指社会领域的风险。

具体到特定的项目来讲，社会风险包括社会对项目的影响和项目对社会的影响两方面。社会对项目的影响是指项目预测的社会条件、社会环境发生变化，给项目建设及运营带来的损失；项目对社会的影响是指项目的实施对社会生产、生活带来的不利影响。

### 13.2 项目风险的表现形式及影响

项目风险的形式包括公众阻力、环境影响评价、社会治安、涉众经济案件、群众信访、安全生产施工等形式，全面落实维护项目实施与社会稳定工作的各项措施，深入开展社会不稳定因素排查化解，着力夯实维稳基础，妥善处置各类突发群体性敏感性事件，有力推动项目实施及维护社会稳定。

一般情况下，本项目问题产生之初，其表现多是书信、电子邮件、传真、电话、走访等形式中的一种或几种方式，数量零星，也比较缓和。但随着事态发展，可能发生越级信访、集体上访、进京上访等，特殊情况下甚至发展为非法集会游行示威、蓄意破坏、群体性罢工、械斗、暴乱等群体性事件。

正常情况下，项目问题出现的症结是发起者为了维护合法利益，表达诉求的一种方式之一，本身不会对社会造成不良的影响。但如果演变成恶性的群体性事件，不但影响项目的正常推进，更对社会稳定产生无法估量的影响。其表现为：对工程项目建设而言会分散建设精力、增加投入、延迟工期、工程停工、甚至造成破坏；对社会来讲会打乱居民正常生活、妨碍社会正常运转、扰乱社会治安、影响社会稳定等。

另外本项目在噪声、交通组织以及施工期间工程建设和今后的运营产生的环境影响等方面，会对当地居民、经营户、企事业单位造成一定的不利影响，这些影响可能会导致出现不利于社会稳定的问题。

根据类似工程的以往经验，项目风险分析及评价见下表：

表 13-1 项目风险分析

序号	风险因素	风险可能性	风险评价
1	公众阻力	公众对于项目不认同、伴有恐惧心理，进而抵制项目实施	大
2	环境影响评价	公众不信任，环境影响评价无法通过，项目无法进一步实施，项目暂停	大
3	施工噪声和环境问题影响周边群众	施工中产生的噪声和环境问题对项目产生不稳定性	较大
4	沿线住户出行交通影响	施工期间施工车辆对道路的破坏导致拥堵会引发不稳定因素	一般
5	施工期间环境影响、安全问题及施工单位内部管理不善等问题	施工风险因素较多，既包括对外影响，也包括施工期间对内部的不稳定因素	一般
6	项目运营中监管不善产生的环境污染等问题	运营过程中产生的噪声以及环境污染若得不到有效治理，将会有较大社会稳定风险	大
7	地质灾害	由于现阶段尚未进行地质勘探，项目厂址地质情况尚无法判定，项目的建设对地质的影响属于未知。	一般

同时，还应注意到项目风险问题的发生和发展具有很大的不确定性，在项目实施过程中，如果有关措施落后于项目建设或没有按要求实施，则发生项目风险的可能性较大，反之会较低；另外，社会稳定问题及早得到妥当处理可以有效避免事态扩大和再次发生。

### 13.3 风险防范措施

#### 13.3.1 公众阻力的消除

公众阻力问题产生根源在于公众对于项目不认同、伴有恐惧心理，以及工程实施

对公众造成的各种影响。因此项目建设单位应通过电视、报纸、广播、网络、开通热线电话等方式加强宣传工作，宣传工程实施的意义，取得公众理解和支持；加强与周围村、社区的沟通和交流，倾听意见和建议，及时给予反馈，并在可能范围内尽量向他们提供方便和支持；化解群众不满情绪，引导有异议的群众采取合理合法的方式反映问题；切实做好项目的各项工作，给公众以信心。泰州市城市管理局（本项目建设单位）委托泰州亿阳环境科技有限公司承担泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目社会稳定风险评估工作，2019年3月28日在泰州市城市管理局网站进行“泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目决策事项稳评公示”，取得周边公众理解和支持。

### 13.3.2 通过环境影响评价

项目顺利实施的一个重要环节就是项目环境影响评价得以顺利通过。首先，项目在工艺方案、污染物排放治理等方面要高标准、严要求，这是前提；其次，要正确引导公众，消除公众的误解，决不能遮遮掩掩，与公众保持通畅的交流渠道，在公众参与环节取得公众的认同；对于存疑的公众应该表示理解，应通过多种方式消除疑惑与化解矛盾，讲究方式、方法，绝不能简单粗暴。

2018年8月，泰州市城市管理局（本项目建设单位）委托南京国环科技股份有限公司承担泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目环境影响评价工作。根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》、《环境影响评价公众参与暂行办法》、《环境影响评价公众参与办法》等文件规定，建设单位完成了本项目环境影响评价首次公示和征求意见稿公示。

2018年8月29日，建设单位在泰州市城市管理局政府网站进行了本项目环境影响评价首次公示，公示有效期为10个工作日。公示主要内容为项目概况、环境影响评价的主要工作内容、征求公众意见的主要事项、公众提出意见的主要方式、建设单位和环评单位信息及联系方式等。

2019年1月28日，建设单位在泰州市城市管理局政府网站进行了本项目环境影响评价征求意见稿公示，公示有效期为10个工作日。公示主要内容为征求意见稿查阅方式、征求意见范围、公众提出意见的方式途径等，以及环境影响报告书征求意见稿、公众意见表的网络链接。在网络公示期间，我公司通过报纸、现场张贴公告的形式对本项目环境影响报告书进行同步公示。

环评信息公示期间，建设单位、环评单位均没有收到单位、群众质疑、反对本工程建设的有关意见。

为了解本项目所在地周围公众对本工程项目及周围环境的意见和建议，建设单位于2019年1月对本项目可能造成环境影响的地区，就公众参与的有关内容开展调查工作。调查工作按以下方式进行：第一，有关工作人员向参加调查的公众介绍建设项目建成后的有关环保情况；第二，就公众对本项目关心的环保问题进行交流、沟通和解答；第三，在充分了解建设项目的情况后，请公众填写“建设项目环境影响评价公众意见表”，广泛征求意见。绝大多数调查者都是支持本项目的建设，没有收到公众的反对意见，因此不需要对公众意见进行处理。

泰州市城市管理局按照《办法》要求，在《泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目环境影响报告书》编制阶段开展了公众参与工作，在环境影响报告书中充分采纳了公众提出的与环境影响相关的合理意见，对未采纳的意见按要求进行了说明，并按照规定编制了公众参与说明。提交的《泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目环境影响评价公众参与说明》内容客观、真实，未包含依法不得公开的国家秘密、商业秘密、个人隐私。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由泰州市城市管理局承担全部责任。

### 13.3.3 噪声治理

噪声的污染防治是一个总体工程，从最初的环境规划，到工程设计、管理，到最后的污染防治，是一个整体的防治系统，只有各个环节均做到良好的控制，沿线与周边的噪声影响才可达到最低限度。为此措施包括工程设计措施、管理和规划措施、声学技术措施、环境敏感点噪声防治措施等四个方面内容。

### 13.3.4 交通组织

考虑到项目施工对交通的影响，工程需要制定如下方案：施工单位加强工程车辆驾驶人员交通安全教育，施工车辆按指定线路行驶，在穿越村庄、人口密集区域要减速慢行；长期经过学校、市场、交通要道等人口密集区域施工单位应指派专人负责现场交通安全管理；严禁超载、超限车辆上路，对大吨位车辆进出狭小的村道，要积极采取防范和完善措施，在工程车辆经过的道路应设置符合交通技术规范的标志牌。

### 13.3.5 施工组织

合理组织工期、规范劳动用工管理、及时足额发放工程款工人工资，加强工人业余活动安排与管理；做好工程维护、安全保障、施工标示，规范作业，杜绝施工扰民。

### 13.3.6 环境保护

严格执行项目环评批复的环保排放标准，其中包括污水、烟气、噪声、臭气、炉渣、飞灰、沼渣等，最大限度降低项目对全社会的环境影响。

## 13.4 风险处理工作纲要

### 13.4.1 基本要求

#### (1) 坚持以人为本，切实维护社会和谐稳定

各级政府部门、项目建设单位及其他有关单位在项目建设及管理过程中要始终坚持以人为本，尽量避免和减轻对群众可能带来的不利影响，倾听群众声音，加强组织引导，强化服务意识，努力维护社会和谐稳定。

#### (2) 加强组织保障，落实责任主体

设立维稳工作组织，各有关职能部门积极配合，明确参与人员，加强领导，强化责任意识，明确建设单位、施工单位、职能部门、基层组织的责任。

#### (3) 完善措施手段，加强宣传引导

总结借鉴以往经验教训，加大相关投入，做实做细维稳措施。利用多种途径加强工程建设、施工的宣传和解释工作，取得公众认可和支持。

#### (4) 健全维稳职能，提高维稳应对能力

要设立维稳工作岗位，配备专兼职维稳工作人员，建立维稳首问负责制。加强维稳工作人员知识技能培训，不断提高维稳接待和处置能力，引导社会稳定问题通过正常途径反映和解决问题。

### 14.4.2 风险处理应急预案

本项目建设规模大、时间跨度大、社会稳定牵涉点多面广，在建设过程中，要坚持社会稳定问题全过程管理，及时发现问题，制定应急预案，并根据实际情况不断调整完善。

#### (1) 工作原则

应急预案工作原则：重点稳控，紧急处置，职责明确，统筹配合。

## （2）组织保障

各有关责任部门的主要领导担任第一责任人，建立高效的联动工作机制。

## （3）应急措施

应急处理相关的衔接单位：

- 1) 项目部应急处理小组；
- 2) 镇、街道办事处；
- 3) 市政府各级主管部门。

报告程序：

1) 项目部负责人为事故报告第一人。如发生紧急事故，项目部负责人第一时间内通知应急处理小组组长，第一时间采取措施，防止事态进一步扩大。

2) 对问题复杂、规模较大的群体性事件，应急处理小组组长应逐级上报，有关领导要迅速抵达现场，组织工作，及时提出处理意见。

行动措施：

1) 应急处理小组组长在接到报告后，第一时间安排指挥协调处理，并在第一时间内赶赴现场指挥处理。根据报告情况或现场发生情况决定报告上级主管部门及相关领导。

2) 所有应急处理小组成员，应在接到事故通知的第一时间内赶赴现场参加处理工作。

3) 应急处理小组组长应根据情况，在事故现场第一时间召开维护社会稳定工作会议，通报不稳定情况和处理情况，分析研究可能出现的重大问题及对策。

4) 对已发生的群体性事件，相关部门要认真接待，根据起因做好耐心细致的疏导工作，防止矛盾激化，并将不稳定情况向市政府等有关部门报告，请求帮助和支持。

**处罚措施：**

- 1) 明确责任并明确到人。
- 2) 实行行政处罚直至开除。
- 3) 违反法律法规的必须承担法律责任。

## 第 14 章 投资估算

### 14.1 工程规模及投资内容

本期建设规模 850 吨/天，垃圾焚烧处理生产线每年开工 333 天；三班制，每班 8 小时；设备每年有效工作 8000 小时。年均处理垃圾 31.025 万吨，年均发电 11442 万度。

本项目的总投资为 70399 万元，其中土地按招拍挂考虑，按 50 万/亩，焚烧厂约 104.04 亩，填埋场约 75.12 亩；飞灰填埋场工程约 5575 万元（其中包含东侧部分园林道路 301 万元、西南东四周防护林 187 万元）以及主厂房和辅助设施建筑一次性建成。

### 14.2 编制依据

(1) 本项目的规模、工程进度计划、劳动定员等，并考虑本项目的工程技术风险和运营维护风险。

(2) 国家有关的法律法规、产业政策、行业标准：

《市政工程投资估算编制办法》（2007）164 号

《江苏省建筑与装饰工程计价定额》（2014 年）

《江苏省安装工程计价定额》（2014 版）

《江苏省市政工程计价定额》（2014 版）

(3) 参考类似工程项目的技术经济指标。

(4) 主要设备参考厂商询价及以往相似的订货价格。

(5) 材料的现行市场价格。

### 14.3 建设投资估算



表 14.3-1 投资计划与资金筹措表单位：万元

序 号	自然年	合 计	2019 年	2020 年	2021 年
	计算年		1	2	3
1	<b>总投资</b>	<b>70399</b>	<b>26326</b>	<b>43570</b>	<b>503</b>
建设 投资	1、工程费用	43595	17620	25975	
	建筑工程	20642	10734	9908	
	设备购置	19323	5797	13526	
	安装工程	3630	1089	2541	
	2、工程其他费用	14402	6481	7921	
	3、预备费	10200	2040	8160	
建设 期 利息	1、建设期利息	1699	185	1514	
	1.1、建设期资金利息	1699	185	1514	
	1.2、融资费用				
流动 资 金	流动资金	503			503
2	<b>资金筹措</b>	<b>70399</b>	<b>26326</b>	<b>43570</b>	<b>503</b>
2.1	项目资本金	21117	19452	1514	151
2.1.1	用于建设投资	19267	19267		
2.1.2	用于流动资金	151			151
2.1.3	用于建设期利息	1699	185	1514	
2.2	债务资金	49282	6874	42056	352
2.2.1	用于建设投资	48930	6874	42056	
2.2.2	用于建设期利息				
2.2.3	用于流动资金	352			352
2.3	其他资金				

### 14.3.1 建设投资

本项目的直接工程费用为 43595 万元，包括：

建筑工程费 20642 万元

设备购置费 19323 万元

安装工程费 3630 万元

本项目建设其他费用共计 14402 万元，主要包括：

表 14.3-2 投资估算表

序号	项目名称	合计	备注
1	其他费用	14402	
1.1	建设用地费	8958	
1.1.1	土地征用费	8958	土地按招拍挂考虑，按 50 万/亩，焚烧厂约 104.04 亩，填埋场约 75.12 亩。
1.2	建设管理费	1349	
1.2.1	建设单位管理费	739	财建【2016】504 号
1.2.2	工程建设监理费	610	发改价格【2007】670 号
1.3	前期工作费及技术服务费	179	计价格【1999】1283 号
1.4	研究试验费	0	暂不考虑
1.5	勘察设计费	1589	
1.5.1	工程勘察费	349	工程费用*0.8%
1.5.2	工程设计费	1240	
1.5.2.1	设计费	1051	计价格【2002】10 号、发改价格【2014】1573 号
1.5.2.2	施工图预算编制费	105	设计费*10%
1.5.2.3	竣工图编制费	84	设计费*8%

序号	项目名称	合计	备注
1.6	环境影响咨询服务费	49	计价格【2002】125号
1.7	劳动安全卫生评审费	87	工程费用*0.2%
1.8	场地准备及临时设施费	218	工程费用*0.5%
1.9	工程保险费	131	工程费用*0.3%
1.10	特种设备安全监督检验费	36	安装工程费*1%
1.11	生产准备费及开办费	266	定员57人
1.11.1	生产准备费	62	人数*60%*6*3000元
1.11.2	办公和生活家具购置费	11	定员人数*2000元
1.11.3	工器具及生产家具购置费	193	设备购置费*1%
1.12	联合试运转费	230	(设备购置费+安装费)*1%
1.13	专利及专有技术使用费	0	暂不考虑
1.14	工程招投标代理服务费	39	计价格【2002】1980号、发改价格【2014】1573号
1.15	施工图审查费	81	设计费*6.5%
1.16	市政公用设施费	0	
1.17	引进技术和进口设备项目的其他费用	0	暂不考虑
1.18	项目交易费	56	
1.19	造价咨询服务费	3	苏价服(2014)383号
	污染物排放指标	400	
1.19	噪声治理费用	731	

### 14.3.2 预备费用

基本预备费按工程费用和其他费用的 10% 计算，根据国家计委“计投资(1999)1340 号文”的规定，本项目基本预备费按 5800 万元，涨价预备费按 4400 万元考虑。

### 14.3.3 建设期利息

根据现行中国人民银行长期贷款利率 4.9% 上浮 10% 考虑，结合资金投入计划，建设期利息计 1699 万元。

### 14.3.4 铺底流动资金

按照 2006 年国家发改委、建设部颁布的《建设项目经济评价方法与参数(第三版)》的规定，结合本项目的实际情况，按分类详细估算法估算本项目流动资金。

经测算，本项目流动资金为 503 万元。

## 14.4 资金筹措方案

本项目资金来源为两部分：(1) 银行贷款。长期借款额 49282 万元，占总投资的 70.00%。(2) 自有资金。自有资金 21117 万元，占总投资的 30.00%。

## 第 15 章 经济分析

### 15.1 概述

#### 15.1.1 项目概况

垃圾焚烧发电厂：一期规模为日处理生活垃圾 850 吨。二期扩建规模按照泰州产生垃圾量确定。

一期工程规模（1×850 吨/日+1×18MW），垃圾池一次建成，留有二期建设场地。

飞灰(应急)填埋场：库容量约 40 万立方米，其中约 8 万立方米作为应急炉渣填埋场，配套实施场外东侧部分园中路、西侧部分防护林。

垃圾焚烧发电二期扩建项目一期工程建成后，生产线每年开工 333 天，三班制运行，每班 8 小时，设备每年有效工作 8000 小时，年处理垃圾 31.025 万吨，年均发电 11442 万度。

本项目的总投资为 70399 万元，其中土地按招拍挂考虑，按 50 万/亩，焚烧厂约 104.04 亩，填埋场约 75.12 亩；飞灰填埋场工程约 5575 万元（其中包含东侧园林道路 301 万元、西边东四周防护林 187 万元）以及主厂房和辅助设施建筑一次性建成。

各项取费参照国内同类工程技术经济指标、本院有关技术经济指标以及相关地区的有关费率。

项目建成投产后，除发电上网可获得一定收益外，政府还需按垃圾处理量给予补贴，其来源为征收的垃圾处置费。

#### 15.1.2 主要技术经济指标

根据国家计委、建设部颁布的《建设项目评价方法与参数》（第三版）中的原则和规定，结合现行财税制度及有关规定、本行业特点及有关优惠政策，按照投资估算额度，进行本项目的经济评价。

- 1、垃圾处理规模：日处理生活垃圾 850 吨
- 2、发电量：最大年上网电量： 11442 万度/年
- 3、劳动定员： 57 人
- 4、工程总投资： 70399 万元

5、单位经营成本：123.78 元/吨

6、贷款偿还期：13 年

7、垃圾补贴费：165 元/吨

8、财务评价指标（全部投资）

所得税后：财务内部收益率 6.03%

所得税后：投资回收期为 13.63 年（含建设期）

自有资金财务内部收益率：6.46%

## 15.2 财务评价基础数据

### 15.2.1 编制依据

根据国家计委、建设部颁布的《建设项目评价方法与参数》（第三版）中的原则和规定，结合现行财税制度及有关规定、本行业特点及有关优惠政策，按照投资估算额度，进行本项目的经济评价。

### 15.2.2 生产规模及计算期

本工程日处理生活垃圾 850 吨，年处理 31.025 万吨。

按照项目协议，本工程建设期 2 年；生产期为 22 年，整个计算期为 24 年。

### 15.2.3 投资估算及资金筹措

#### 15.2.3.1 投资估算

项目总投资由固定资产投资、建设期借款利息和流动资金组成，共计 70399 万元，其中：

固定资产投资 68197 万元；

流动资金为 503 万元；

建设期借款利息为 1699 万元。

详见 附表 2 项目总投资使用计划与资金筹措表；

附表 3 流动资金估算表。

#### 15.2.3.2 资金筹措

本项目投资中 49282 万元银行贷款，其余资金由业主自筹。银行贷款按最大还款

能力法还款。

固定资产、无形资产和其他资产的形成

固定资产原值由工程费用（包括建筑工程费用、安装工程费用和设备工器具购置费用）、工程其他费用中除无形资产的全部费用、预备费、以及建设期利息组成。

工程其他费用中生产职工培训费计入无形和其他资产。

## 15.2.4 生产成本

### 15.2.4.1 可变成本计算

(1)外购原材料费，材料费包括消石灰、生石灰、活性炭、氨水、水泥、螯合剂及滤袋等的费用，达产年全年所需材料费共计 1336.07 万元（不含税价）。

详见附表 6-1 外购原材料费估算表。

(2)燃料及动力费，燃料费：达产年每年耗柴油共计 131.42 万元/年（不含税价）。动力费即工业水费，达产年每年共计 17.90 万元（不含税价）。

详见附表 6-2 外购燃料和动力费估算表。

(3)其他制造费用，包括渗沥液处理费达产年每年为 205.66 万元，固化后飞灰及炉渣的运输费达产年每年为 13.59 万元；填埋费暂不计取。

详见附表 6-3 其他制造费估算表。

可变成本为上述费用之和，共计 1704.63 万元/年。

### 15.2.4.2 固定成本计算

(1)固定资产折旧和无形、递延资产摊销计算：项目固定资产折旧采用平均年限法，建筑物折旧年限按特许经营期 22 年；设备（含安装费用）综合考虑折旧年限 22 年。建设期其它费用折旧年限按特许经营期 22 年。无形资产按 10 年摊销，其他资产（开办费等）按 5 年摊销，详见附表 4 折旧与摊销估算表。

(2)维修费，按照固定资产原值的 2%计算，年均维修费为 1156.55 万元。

(3)人工费，其中工人 39 人，人均工资为 7.5 万元/年，维修人员 12 人，人均工资为 10 万元/年，管理人员 6 人，人均工资为 12 万元/年，年福利费按工资总额的 14% 计列，年总工资为 552.33 万元。详见附表 6-3 工资及福利费用估算表。

(4)其他管理费用指项目运行期间的办公费、保险费用、差旅交际费、印花税和车

船使用税等以及环保宣传基金等均计入管理费用中，按上述费用的 8%考虑，年费用为 273.08 万元。

(5)财务费用为生产期需支付的长期贷款利息及流动资金贷款利息之和。

(6)房产税按建筑房屋的原值\*0.7\*1.2%计入成本中，年均费用为 71.31 万元。

(7)土地使用税按泰政办发〔2017〕11 号文考虑，年均费用为 82.40 万元。

固定成本平均 5897.93 万元/年。

详见附表 6 总成本费用估算表（生产要素法）。

#### 15.2.4.3 总成本

年平均总成本 7602.56 万元；

运营期内年均单位处理总成本 245.05 元/吨。

#### 15.2.4.4 经营成本

经营成本指项目总成本扣除固定资产折旧费、无形及其他资产摊销费和财务支出后的全部费用。本项目的平均经营成本为 3840.30 万元/年。

运营期内年均单位经营成本 123.78 元/吨。

根据以上数据编制“总成本费用估算表（生产成本加期间费用法）”（见附表 6）

### 15.2.5 财务分析与评价

#### 15.2.5.1 收入估算

总收入=主营业务收入+财政补贴

本工程投产后向电网输送电力，可获得一定收益。用以维持焚烧厂的正常运行，缓解政府财政补贴压力。参照《国家发展改革委关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》（发改价格[2012]801 号）文件的规定，本项目上网电价在吨垃圾上网电量 280 度以内的部分按照 0.65 元/kWh 进行估算，超出 280 度以外的电量的电价按照 0.391 元/kWh 进行估算，在最大热值下年最大上网电量 9610.92 万度，年均可获收入 5316.64 万元/年（不含税收入）。

为使本项目在财务上可行，必须收取一定的垃圾处理费，在垃圾收费未落实之前，应由财政予以补贴。设定基准内部收益率为 6.00%，项目投资的所得税税后内部收益率为 6.03%，高于银行贷款利率，则收费垃圾补贴标准为 165 元/吨，年收入为 4530.20



万元/年（不含税收入）。

#### 15.2.5.2 税金估算

增值税：税率按 13%考虑；销项税额为上网发电收入所含增值税，作为抵扣的进项税额为生产的原材料，燃料等所含增值税。根据财政部、国家税务总局《关于部分资源综合利用产品增值税的优惠政策》(财税〔2015〕78号)，利用垃圾发电资源综合利用产品实行增值税即征即退的政策,同时劳务按照 30%征税，70%退税的政策执行，相关的城市维护建设税、教育费附加、地方教育费附加按规定征收。

企业所得税：税率 25%，根据国家规定实行“三免三减半”的政策。

详见附表 12《营业收入、营业税金及附加和增值税估算表》。

#### 15.2.5.3 利润估算

按收费标准 165 元/吨(含税价)，上网电价按 0.65 元/kWh 时的情况分析企业利润，项目在运营期内年平均净利润可达 2113.84 万元/年。

盈余公积金按当年税后利润的 10%提取。计算详见附表 9“利润与利润分配表”。

#### 15.2.5.4 盈利能力分析

本项目的盈利能力可通过“全部投资现金流量表”（附表 7）和“自有资金现金流量表”（附表 8）来反映，按收费标准 165 元/吨（含税价）和 0.65 元/kWh 的上网电价的情况进行全部投资现金流量分析，基准收益率为 6.00%，可得：

所得税后

财务内部收益率 FIRR= 6.03%

财务净现值(FNPV, ic=6%)=170.79 万元

投资回收期(含建设期)= 13.64 年

全部投资财务现金流量分析以全部投资作为计算基础，用以考察项目全部投资的盈利能力。自有资金现金流量分析考察项目自有资金的盈利能力，如附表 8 中计算，自有资金财务内部收益率为 6.46%。

根据主要技术经济指标表计算可以得出，本方案投资利税率为 5.10%，可见具有一定获利能力。

#### 15.2.5.5 贷款偿还

本项目利用银行中长期贷款贷 49282 万人民币，贷款年利率按中国人民银行长期贷款利率 4.90%上浮 10%考虑，为了降低运行初期的还款压力，采用最大偿还能力法，从第三年起逐年偿还本金，利息照付。贷款偿还本金来源为项目折旧费、摊销费和税后利润。贷款偿还期为 13 年（含建设期 2 年），《贷款还本付息》计算见附表 5。

#### 15.2.5.6 项目清偿能力分析

本方案计算期末累计盈余资金为 63017.97 万元。

详见附表 10 财务计划与现金流量表。

本项目具有一定的清偿能力。

#### 15.2.5.7 敏感性分析

针对本工程，影响财务内部收益率的主要敏感因素有固定资产投资、垃圾补贴收入、经营成本、售电收入。

表 15.2-1 敏感性分析表

序号	变动因素	变动幅度	内部收益率 (%)	敏感系数	敏感程度
1	基本方案		6.03%		
2	固定资产投资	10%	4.91%	-18.58%	1
		-10%	7.22%	19.73%	
3	垃圾补贴收入	10%	6.83%	13.26%	3
		-10%	5.25%	-12.94%	
4	经营成本	10%	5.42%	-10.12%	4
		-10%	6.66%	10.44%	
5	售电收入	10%	6.92%	14.75%	2
		-10%	5.12%	-15.10%	

分析表明，本工程就固定资产投资、垃圾补贴收入、运营成本、售电收入分别采取提高或降低 10%的变化幅度，其它指标不变的情况下，其敏感性分析得出：固定资产投资最为敏感，对本项目内部收益率的影响最强烈，是本项目关键之重；售电收入和垃圾补贴收入对内部收益率的影响较强；经营成本的影响较弱。

### 15.2.5.8 盈亏平衡分析

#### 1、盈亏平衡点

以生产能力利用率表示该项目的盈亏平衡点：

$BEP(\text{生产能力利用率}) = \frac{\text{年固定成本}}{(\text{年营业收入} - \text{年可变成本} - \text{年营业税金及附加})} \times 100\% = 67.84\%$

#### 2、分析

计算结果表明，在其他条件不变的情况下，当该项目生产能力达到设计能力的67.84%，项目可保本经营，可见本项目具备较强的抗风险能力。

## 15.3 经济分析（定性分析）

本项目属于对泰州市长远建设和经济发展具有重要作用的项目，在国民经济发展中社会效益和环境效益始终显著，因此在经济分析中仅就间接效益给予定性描述。

#### 1、环境效益

本项目实施后，可很好地改善该市的环境质量，快速的使垃圾无害化、减量化和资源化，具有巨大的环境效益。

#### 2、促进身心健康

垃圾的无害化处理，总体环境质量的改善，都有益于人们的身心健康，减少疾病的发生，提高人们的生活质量，降低医疗费用。

#### 3、增加就业机会

垃圾处理厂的建设与投产，可以安置一批富余劳动力，增加就业机会，促进劳动力的转移，产生良好的社会效益。

#### 4、其他社会经济效益

城市环境质量的提高，将会为泰州市吸引更多投资，并促进旅游产业和其他第三产业的发展，其间接带来的经济效益是巨大的。

本项目有很大的间接效益，因而其国民经济内部收益率必将远远大大于财务内部收益率，其经济内部收益率也能满足大于基准经济收益率（社会折现率）的要求。因此，从国民经济评价的角度来看，本项目是可行的。

## 15.4 综合评价与建议

通过对上述内容的分析研究，作出以下评价结论：

### 15.4.1 财务费用效益评价

本垃圾处理项目主要体现环境效益和社会效益，项目本身的经济效益较低，必须通过征收垃圾处理费或财政补贴的形式维持运营。对于本项目，生活垃圾收费或补贴按 165 元 / 吨（含税价），上网电价按 0.65 元/kWh 计算的方案，其全部投资财务内部收益率为 6.03%，自有资金收益率为 6.46%，高于社会平均折现率，但鉴于该行业属于新兴环保行业，较之成熟行业有更大风险，为使垃圾焚烧厂财务上可持续经营，使城市环卫事业实现良性循环，逐步减少政府补贴，政府尽快研究和落实进一步提高垃圾收费标准的计划。

### 15.4.2 经济费用效益评价

本项目有很大的间接效益，因而其经济内部收益率必将大于财务内部收益率。因此，从经济分析的角度来看，本项目是可行的。

根据以上主要分析指标和项目整体情况看，本项目财务费用效益和经济费用效益均好，项目可行。

## 第 16 章 PPP 实施方案

本项目拟采用 PPP 模式，泰州市人民政府(以下简称“市政府”)授权泰州市城市管理局(以下简称“市城管局”)，作为本项目实施机构，具体负责本 PPP 项目的前期准备、项目采购、与项目公司签署《PPP 项目合同》、项目建设期运营期监管、负责对项目公司进行绩效考核及项目移交等项目全生命周期内的相关工作。PPP 中标方负责建设、运营，运营期满移交给泰州市政府指定机构。

### 16.1 PPP 模式的基本规定

(1) 特许期：垃圾资源化处理项目的特许期含建设期一般为 25~30 年，建设期一般为 2~3 年。

(2) “协议照料”：“协议照料”原则是 PPP 项目中重要的信用保证形式。在项目的运行期，政府或其授权机构必须按照协议规定向该项目提供垃圾和接受垃圾处理服务，并支付垃圾处理费；如果政府或其授权机构未能按照协议规定向该项目提供垃圾，政府或其授权机构同样要按预先预定支付垃圾处理费。设置“最低(年)垃圾供应量”是实施“协议照料”原则的主要措施。

(3) 独占性：垃圾资源化处置项目 PPP 模式的独占性指在一定区域内将具有独占性，还表现为对同一区域内扩建或新建垃圾处理项目的种种优先权。

(4) 项目融资：垃圾资源化处置项目融资是指以其未来的垃圾处理费收入和售电收入作为主要抵押，同时加上项目投资者和其他与该项目有关的各个方面对项目所做出的有限承诺，为项目所安排的融资。

(5) 项目移交：一般项目的各种设计安排应能使 PPP 发起人在正常特许经营期间还清项目债务并有一定利润，这样，项目移交是无偿的移交。

(6) 风险分担原则：在 PPP 协议的生命周期中，政府作为公共建设的保证者和社会成本的支付者，既要维持垃圾焚烧厂的建设、运营的质量水平以达到其政策目标，又要给予企业足够的自由度去发挥，在公共利益与企业的合理利润中间取得平衡；投资商则应站在政府的立场，根据企业实力按期建设运营生活垃圾工程项目，严格执行

国家环保标准，取得社会公众的认可。PPP 项目面临的主要风险包括技术风险(建设的和运营的)、垃圾供应风险(数量的和质量的)、支付风险(垃圾处理费和电费)、政策风险(国家环保标准的提高和城市规划的改变)等。对能够预测的风险采取如下“风险分担”原则：对于项目的工程设计、运行与维护等工程技术风险，投资商比政府拥有更多的专业人才和专业经验，因此该类风险应由投资商承担；对于垃圾供应风险、支付风险、政策风险，政府或其授权机构有一定的行政协调能力，因此，该类应由政府部门承担。对不能预测的风险(如不可抗力)的分担，则由政府和投资商根据《特许权协议》的有关规定共同分担。

## 16.2 PPP 模式实施的必要性

### 1、专业化运作的需要

本项目具有很强的专业性和技术性，项目建设和运营效果直接关系到环境排放标准是否达标。因此，为保证项目顺利运行，保证环境质量安全，需要依靠具有丰富经验和专业技术能力的专业化企业进行建设和运营管理。

### 2、国家经济政策的要求

2016 年 10 月，财政部发布的《关于在公共服务领域深入推进政府和社会资本合作工作的通知》(财金[2016]90 号)中明确要求：在垃圾处理、污水处理等公共服务领域，项目一般有现金流，市场化程度较高，PPP 模式运用较为广泛，操作相对成熟，各地新建项目要“强制”应用 PPP 模式。

2017 年 7 月，财政部、住房城乡建设部、农业部、环境保护部等共同颁布《关于政府参与的污水、垃圾处理项目全面实施 PPP 模式的通知》(财建[2017]455 号)。为进一步规范污水、垃圾处理行业市场运行，提高政府参与效率，充分吸引社会资本参与，促进污水、垃圾处理行业健康发展，总体目标是政府参与的新建污水、垃圾处理项目全面实施 PPP 模式，并且有序推进存量项目转型为 PPP 模式。尽快在该领域内形成以社会资本为主，统一、规范、高效的 PPP 市场，推动相关环境公共产品和服务供给结构明显优化。

### 3、切实践行供给侧结构性改革的需要

PPP 的目标定位是：稳增长、促改革、调结构、惠民生、防风险。

PPP 是切实践行供给侧结构性改革的最新要求，进一步推动公共服务从政府供给向合作供给、从单一投入向多元投入、从短期平衡向中长期平衡转变。

PPP 不仅仅是一种融资手段，承担起促进体制机制变革、提升执政能力的使命，成为一项牵动全局的重大改革举措。PPP 不仅是一种投融资模式的改革，更是一种资源配置机制和政府治理理念的创新与转变。实现了公共服务单纯由政府供给向合作供给的转变。实现了公共服务由低效供给向高效供给的转变。实现了政府由公共服务的所有者、管理者向监督者、合作者的转变。通过 PPP 模式，让渡部分公共资源的建设权、管理权、经营权、收费权，换取社会资本对公共服务领域的投入，使政府从微观管理事务中脱离，拿出更多的精力用在发展战略和加强监督上面。

#### 4、扩大有效供给，提高公共服务的供给质量和效率的需要

PPP 的初衷是解决公共服务问题。PPP 是我们治理方式的转变，也是一种新的效率模式。PPP 就是社会各方利用各自优势来提供公共服务产品，需要政府监管、民众付费、优秀资质的建设方和投资方。

最终 PPP 要达到目的是使我们的公共服务供给增加、多样性增加、性价比增加。

#### 5、是民间资本规范有序参与 PPP 模式项目的良好途径

国家及江苏省出台相关政策鼓励民间资本参与到 PPP 模式项目建设中来：《国务院办公厅关于进一步激发民间有效投资活力促进经济持续健康发展的指导意见》（国办发〔2017〕79 号）要求，鼓励民间资本规范有序参与基础设施项目建设，促进政府和社会资本合作（PPP）模式更好发展，提高公共产品供给效率，加快补短板建设，充分发挥投资对优化供给结构的关键性作用，增强经济内生增长动力。

江苏省 2017 年发布的《关于进一步鼓励、支持民营资本参与政府和社会资本合作（PPP）项目的实施意见》（苏财金〔2017〕99 号）指出：鼓励、支持民营资本积极参与政府和社会资本合作（PPP）项目投资、建设、运营，更好地发挥 PPP 模式在激发社会领域投资活力方面的重要作用。

因此，PPP 项目的实施，是民间资本规范有序参与 PPP 模式项目的良好且必然途径。

## 16.3 PPP 模式实施的可行性

### 1、项目采用 PPP 模式实施具有深厚的法律依据和实践基础

2002 年 9 月，国家发展计划委员会、建设部、国家环境保护总局《关于印发推进城市污水、垃圾处理产业化发展意见的通知》（计投资[2002]1591 号），为解决城市环境保护问题，“十五”期间，要将环境保护作为经济结构调整的重要方面，使其成为扩大内需的投资重点。

2002 年 12 月，建设部发布《关于加快市政公用行业市场化进程的意见》，垃圾处理作为市政公用行业无疑成为推进市场化的重头兵。

2004 年 2 月，建设部出台《市政公用事业特许经营管理办法》（建设部令第 126 号），城市供水、供气、供热、公共交通、污水处理、垃圾处理等行业，依法实施特许经营的，适用本办法，该办法一经出台在污水处理、垃圾处理行业开始实施特许经营模式。

自 2014 年以来，特许经营模式与 PPP 相融合，使得特许经营或单独存在或常成为 PPP 的一种方式运行，同时，随着国家环保力度加强，国家出台一系列政策鼓励垃圾处理项目行业运用 PPP 模式进行项目建设。

2015 年 4 月，国家发改委、财政部、建设部等六部委共同颁布《基础设施和公用事业特许经营管理办法》（六部委 25 号令），中华人民共和国境内的能源、交通运输、水利、环境保护、市政工程等基础设施和公用事业领域的特许经营活动，适用本办法，该办法的出台是 2004 年建设部令第 126 号的补充和修订，将 PPP 相关政策融入进来，显然，垃圾处理是鼓励采用特许经营和 PPP 模式的领域之一。

2015 年 5 月，国务院发布的《关于在公共服务领域推广政府和社会资本合作模式指导意见的通知》（国办发[2015]42 号）的规定：“明确鼓励在环境保护领域开展 PPP 模式”。

在国家一贯鼓励的法律和政策要求下，江苏省也明确规定鼓励垃圾处理采用 PPP。

2017 年 10 月，江苏省人民政府办公厅发布的《省政府办公厅关于转发省发展改革委省住房城乡建设厅江苏省生活垃圾分类制度实施办法的通知》（苏政办发〔2017〕136



号)鼓励采用政府购买服务、PPP等形式,吸引社会力量参与垃圾分类收运、处置和运营服务。积极探索特许经营、承包经营、租赁经营等方式,通过公开招标引入专业化服务公司。

2018年12月,江苏省人民政府办公厅发布的《省政府办公厅关于印发江苏省城乡生活垃圾治理工作实施方案的通知》(苏政办发〔2018〕113号)对全省生活垃圾无害化处理设施处理能力、餐厨废弃物无害化处理能力、渗滤液处理能力等提出了规划要求。鼓励地方依法合规采用政府和社会资本合作(PPP)等方式,开展生活垃圾治理领域基础设施和公共服务项目建设运营,充分发挥社会资本的专业优势,提高公共产品供给质量。

另外,采用PPP模式开展垃圾处理项目已有比较广泛的实践经验,截至2018年底,全国已有313个垃圾处理项目进入财政部PPP管理库,有144个垃圾处理项目进入项目储备清单。江苏省近年来也在积极推进垃圾处理设施的建设,江苏省已有8个垃圾处理项目进入财政部PPP管理库、11个垃圾处理项目入项目储备清单,此数据仅表明入库信息,不包含入库以前采用特许经营模式、PPP模式实施的此类项目。可见,我国及江苏省在此类项目上采用PPP模式已有丰富的经验,且已趋于成熟。

## 2、项目特点适合采用PPP模式

首先,垃圾处理本身具有公共产品的性质。如生活垃圾涉及环境安全,因而垃圾的处理并不是完全市场化的,而是具有一定的公益性。《国家发展改革委关于开展政府和社会资本合作的指导意见》(发改投资[2014]2724号)明确将垃圾处理项目作为一种公共服务项目,鼓励采用PPP模式,本项目作为提供垃圾处理公共服务的基础设施,其建设与运营自然也适合采用PPP模式。

其次,生活垃圾处理项目专业性强,需要专业的投资运营管理经验,同时由于垃圾处理技术复杂,专业性强,新建项目需大量建设资金,需要借助社会资本方的资金和技术优势。

此外,本项目中生活垃圾经焚烧处理后,可以产生可观的电力输出,有一定的市场收益(国家发改委有明确的政策支持),因此,本项目存在第三方收入的基础,项目现金流比较稳定,引入社会资本合作不会显著增加政府的财政负担。同时也对于社会

资本具有一定吸引力。

综上所述，从项目性质而言，垃圾处理项目是符合国家财政部、发改委对于 PPP 模式所适用项目的政策精神和基本要求的，适合采用 PPP 模式。

### 3、项目采用 PPP 模式实施能实现多方共赢

通过 PPP 模式实施本项目，可以实现政府、社会资本和公众三方共赢。

对政府来说，通过引入社会资本，引入资金和专业的管理经验，可以实现少量的政府财政支出迅速实现垃圾无害化处理，快速提升城市基础设施建设，减轻政府债务压力。

对社会资本来说，响应国家号召，资金投入环境保护治理，运用自身的专业运作能力赢取合理的收益。

对公众来说，因为资金落实到位以及专业经验的辅助，项目得到迅速推进，公众获得了高效率的环境服务，环境满意度提升。

### 4、本项目采用 PPP 模式实施具有一定的优越性

#### (1) 创新投融资模式，转变政府职能

本项目采用 PPP 模式进行建设，由社会资本组建的项目公司负责项目的投融资、建设、运营维护并在特许经营期满后无偿移交，因此对社会资本的投融资及运营管理要求较高。

引入有实力的社会资本力量，让“专业人干专业事”，是提高政府基本公共服务水平的关键。在特许经营期内，政府主要履行对项目公司的监督、管理、考核职责，不干预项目公司日常管理，也不承担项目公司商业风险，政府方由原来公共产品的直接“提供者”转变成了社会资本的“合作者”及项目的“监管者”，避免了政府既是提供者又是监管者的尴尬处境。

#### (2) 缓解财政压力，降低财政开支风险

2013 年下半年以来，国家多次发文，对地方债务、融资管理愈加严格，并逐步剥离政府融资平台的融资功能，融资平台公司不得新增政府债务。《国务院关于加强地方政府性债务管理的意见》（国发[2014]43 号）明确提出：“修明渠，堵暗道”，要求各级政府推广使用政府与社会资本合作模式，鼓励社会资本通过特许经营等方式，参与城

市基础设施等公益性事业投资和运营。

政府对项目公司按《PPP 项目合同》约定，依法承担合理定价、财政补贴等相关责任，不承担社会资本或项目公司的偿债责任。从而有效降低财政开支风险，平滑每年财政支出，做到年度财政支出平稳可预测。

### （3）降低全生命周期成本，提升服务质量效率

经本项目物有所值定量分析，本项目的 PSC 值大于 PPPS 值，因此本项目采用 PPP 模式（政府和社会资本合作模式）较传统的政府投资模式能够降低全生命周期成本，提升服务质量效率。

在 PPP 模式下，通过竞争性方式采购，选择资金实力雄厚和专业经验丰富的社会资本，政府通过将政府付费与项目公司绩效挂钩，充分鼓励社会资本的积极性。

项目公司全面参与项目投融资、建设、运营过程，能够全面考虑项目的建设成本、运营成本并全面控制项目风险，从而降低本项目生命期成本和全社会总资源消耗，提升项目服务质量。

通过以上分析，采用 PPP 模式运作本项目，在转变政府职能、便利融资、提升管理效率、节约成本、提高公共服务质量及社会经济效益等方面会有显著效果，较传统投资建设模式具有一定的优越性。

## 5、项目 PPP 实施依据充分

本项目符合泰州市城市总体规划，是泰州市 2019 年重点城建项目之一，项目建设的必要性和可行性经过充分论证。前期工作一直在市委市政府的领导下逐步开展。目前，本项目前期工作充分，已具备开展 PPP 项目实施的相关条件

## 16.4 PPP 模式的优点

（1）缓解了当前垃圾处理设施建设资金和政府财力有限之间的矛盾，可以减轻政府当前的投资压力。

（2）此模式下，一旦确定投资建设运营主体，项目建设事务完全由 PPP 方负责，政府只要居间协调，做好相关的报批手续即可。

（3）加快了垃圾处理设施建设和设备更新的步伐。

(4) 提供专业的管理人才和技术人才。

(5) 社会资金进入也带来了先进的管理经验和技术。

(6) 政府职能转变：从投资建设主体，转变为监管主体。在 PPP 模式下，政府部门不需要直接负责项目的工程建设管理，主要负责项目前期准备和后期监管，因而能够集中人力、物力，保障项目质量。

### 16.5 PPP 模式实施过程中应注意问题

(1) 在项目立项后，PPP 项目公司的招标程序较为繁琐，且前期的合同谈判比较复杂，可能影响项目的建设进度。

(2) 项目资金风险较大。

(3) 公众对此模式存在一定顾虑，尤其在项目运营阶段。

## 第 17 章 项目招投标

为了确保项目建设的工程质量，防范和化解工程建设中的违规行为，制定项目的招投标方案。

### 17.1 建设项目招标范围及招标组织形式

招标的范围包括：

建设项目的勘察设计招标；

施工监理招标；

施工企业选择招标；

面向社会委托公开邀请招标和邀请招标的方式。

### 17.2 投标、开标、评标和中标程序

根据建设规模和建设要求，在招投标过程中必须遵守如下程序：

1) 项目经上级部门批复同意后，项目承办单位在指定的媒体上发布招标公告。

2) 在招标文件开始发出之日起 30 日内，具有承担投标项目能力的法人或者其它组织都可以投标。投标人少于 3 个时，应当重新进行招标。投标文件应当对招标文件提出的实质性要求和条件做出响应，招标项目属于建筑施工的，招标文件的内容还包括拟派出的项目负责人与主要技术人员的简历、业绩和拟用以完成招标项目的机械设备。

3) 开标时委托招标代理单位主持，邀请所有投标人参加，由招标人委托公正机构检查并公证。投标人的投标应当符合下列条件之一：能够最大限度的满足招标文件中规定的各项综合评价标准或者能够满足招标文件的实质性要求，并且经评审的价格合理。

4) 评标按照《中华人民共和国招标投标法》的规定和程序进行。

5) 中标人确定后，招标人向中标人发出中标通知书，该通知书具有法律效力，若中标人放弃中标项目，应当承担法律责任。自中标通知书发出 30 日之内，按照招标文件，项目承办单位和中标人签订书面合同，同时，中标人不得向他人转让中标项目，

不得将中标项目肢解后分别向他人转让。

### 17.3 评标委员会的人员组成和资质要求

项目采用委托公开邀请招标和邀请招标的方式，因此，在招投标过程中，为保证项目的公开，对评标委员会的组成和资质有如下要求：

#### 1) 评标委员会人员组成

评标委员会由项目承办单位的代表和有关技术、经济等方面的专家组成。根据本方案在项目开标当天从省市发改委专家库中随机抽取。评标委员会主任由资深的专家担任，评标委员会采用单数制，但最低不少于 5 人，并且技术、经济等方面的专家不得少于成员总数的三分之二；评标委员会要严格按照招标文件确定的评标标准和方法，对投标文件进行评审和比较。投票采用打分制，以得分高者中标。

#### 2) 评标委员会成员的资格要求

评委会成员职称要求在副高（副教授）级以上，从事本专业至少在 8 年以上，对工程项目有较深入的研究，并且职业道德良好，与投标单位无任何利害关系。评标委员会成员应当客观公正的履行职务，遵守职业道德，对所提出的评审意见承担个人责任。招标基本情况见下表：

表 17.3-1 招标基本情况表

项目	招标范围		招标组织形式		招标方式		不采用招标方式	招标估算金额 (万元)	备注
	全部招标	部分招标	自行招标	委托招标	公开邀请招标	邀请招标			
勘察			√			√			
设计			√			√			
建筑工程	√			√	√				
安装工程	√			√	√				
监理	√			√	√				

设备		√		√	√	√			
重要材料		√		√	√	√			
其它		√		√		√			

### 17.4 招标意见

根据《建设项目可行性研究报告增加招标内容以及核准招标事项暂行规定》（2001年6月18日发布的第9号国家计委令），结合本项目项目的性质和建设情况，为了加快工程进度和保证工程质量，针对本项目的特点，提出以下招标意见供参考。

勘察：采用自行邀请招标方式。

设计：采用自行邀请招标方式。

建筑工程：采用委托公开邀请招标方式

安装工程：采用委托公开邀请招标方式

监理：采用委托公开邀请招标方式

设备：可采用委托公开邀请和邀请招标方式选购。

重要材料：可采用委托公开邀请和邀请招标方式选购。部分材料可以直接在市场采购。

其它：生产过程中所需的材料主要是试剂消耗品，如柴油、生石灰、熟石灰、活性炭等，可酌情部分招标。

## 第 18 章 结论与建议

### 18.1 结论

通过对泰州市社会经济状况分析及垃圾处理现状调查，建设泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目，是解决泰州市垃圾出路、垃圾处理设施能力不足和环境影响问题，实现生活垃圾减量化、无害化和资源化的最佳选择。其配套飞灰(炉渣应急)填埋场建设作为解决泰州市的飞灰固化物出路，并作为泰州市炉渣应急处理的设施是十分必要的。

本项目的建设可以有效减少环境污染，既保护了环境，又为社会的可持续发展提供了良好条件和必要保障，对经济发展、社会进步具有促进作用，其社会效益显著。

根据委托单位提供的有关资料及现场调研基础上，对泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目的必要性、处理规模、工艺方案、工程方案、投资估算等各方面进行了深入的分析、研究和论证，最终认为本项目的建设实施是可行的，具体形成如下结论：

#### 1) 项目建设的必要性

由于泰州城市建设步伐不断加快，城市范围扩大，城市保洁范围不断拓展，保洁标准不断提高，城乡环卫一体化的推进，2020年垃圾总量近期约1800吨/日、远期有大幅增长。目前泰州市生活垃圾除了焚烧发电厂可以处理外，已经没有其它的替代或应急处理设施。

本项目建成后，可有效改善泰州垃圾处理现状，提高垃圾无害化、减量化、资源化比例，彻底解决泰州市垃圾围城问题。

#### 2) 厂址评价

泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目厂址，位于泰州市农业开发区（生态保障园）内、泰州市生活垃圾焚烧发电项目一期西侧。根据《泰州市区城乡生活垃圾分类和治理专项规划（2017-2020）》，规划泰州市生活垃圾焚烧发电西侧地块约104.04亩，作为泰州市生活垃圾焚烧发电二期扩建项目厂址，泰州生活垃圾焚烧发电厂的西北侧区域约75.12亩（包含东侧部分园中路、西侧部分防护林）作为飞灰（应急）填埋场的场址，该厂址具备建厂各种优越条件：一是毋须拆迁居民，避免产生“邻避效应”；二



是，在同处生态保障园建设垃圾焚烧厂和飞灰（炉渣应急）填埋场，与现有的垃圾运输通道一致，便于政府监管；三是，焚烧后的飞灰、炉渣等就近处理比较方便。

### 3) 处理规模

根据泰州市垃圾产生量的预测，本项目一期规模日处理生活垃圾 850 吨。二期规模按照泰州产生垃圾量确定机炉配置。

一期工程规模（1×850 吨/日+1×18MW），年处理能力约 31,025 万吨；垃圾池一次建成，留有二期建设场地，方案是合理、可行的。基本满足近期泰州市生活垃圾快速增长无害化处理需要，远期达到原生垃圾全量焚烧、零填埋的目标。

### 4) 技术方案

（1）通过多种焚烧炉型的分析比较，推荐采用单台处理能力为 850t/d、进口先进焚烧技术在国内生产的机械炉排炉。该炉型是以炉排炉为基础的成熟技术，有较多的应用业绩，它比较符合我国国情，具有适合焚烧处理高水分、多变化、低热值城市生活垃圾的特点。应用实例表明，该类垃圾焚烧炉，各项技术指标均能达到设计要求。

（2）本项目一期工程采用 1 条焚烧线，单台处理能力为 850t/d；焚烧后产生的烟气，采用“SNCR 脱酸+半干法+干法+活性炭吸附+布袋除尘+SCR 脱硝”烟气净化组合工艺，本项目焚烧炉排放的烟气执行《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）相关标准，HF 执行欧盟 2000 标准限值（EU2000/76/EEC）。

（3）余热锅炉的蒸汽参数为 4.0MPa/450℃，利用焚烧垃圾余热发电，根据垃圾焚烧发电厂的特点，以及本项目在不考虑对外供热需求的情况下，推荐设置 18MW 的凝汽式汽轮发电机组一套，采用机跟炉的运行方式，使得运行操作灵活，维修方便，既能充分利用垃圾焚烧后产生的热量，又能保证焚烧炉的正常运行。

（4）本项目产生的废水经处理后全部回用，实现污水零排放，产生的炉渣外送灰渣综合利用厂制砖，产生的飞灰用螯合剂+水泥稳定化处理后，符合《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB16889-2008），运送到本项目配套的飞灰（炉渣应急）填埋场填埋。

### 5) 综合效益

本项目建设符合我国国家产业政策，符合绿色发展要求，既能节约土地资源，又能实现资源可再生利用。

经济分析与评价表明，该项目具有较好的财务状况和抗风险能力，不但在经济上是可行的，而且社会效益和环境效益显著。

所以，项目建成后可基本解决泰州急待解决的城市垃圾问题，有效地改善泰州市的生态环境和投资环境，不但有利于人们健康，同时也有利于促进地区的可持续发展。

## 18.2 建议

1) 垃圾焚烧发电厂是跨行业的综合性工程项目，应由政府部门统一管理下，加强市政、环卫、电力行业之间合作，还需对现有垃圾管理体制进行改革，建立和健全垃圾收费制度，为垃圾处理提供必要经费，使本项目运营正常，减少政府的负担。

2) 政府环卫部门应加强垃圾收运体系的建设，扩大收运范围，提高清运率，满足项目垃圾供应的需要；建设垃圾转运站，实现合理资源配置。

3) 政府环卫部门采购规范化垃圾运输车辆，减少垃圾运输对居民的影响和改善垃圾运输道路卫生。

4) 建设单位应定期检测服务范围内垃圾特性，为设计和运营管理提供合理依据。

5) 本项目飞灰填埋场，填埋经螯合剂+水泥稳定处理后固化块，应按相应标准进行试验和检测，满足入场条件才允许进本填埋场填埋处置，建议政府需要加强对危废产品的监管。