

XXXX

XXX

中国电机工程学会标准

P

XXX-XXXX

生活垃圾焚烧处理工程土建结构

设计标准

Design standard for civil structure of domestic waste incineration project

征求意见稿

20××-XX-XX 发布

20××-XX-XX 实施

中国电机工程学会 发布

中国××出版社

2024 北京

前 言

根据电机咨[2019]47号中国电机工程学会关于印发“中国电机工程学会2019年标准计划（第一批）”的通知，由中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司会同有关单位，编制《生活垃圾焚烧处理工程土建结构设计标准》。

目前与生活垃圾焚烧处理工程相关的规程规范，主要规定了工艺、设备、运行等方面的要求。本标准规定生活垃圾焚烧处理工程土建结构设计的荷载取值、抗震设防指标，以及垃圾运输坡道、烟囱、垃圾池防腐抗渗等方面的结构设计要求，为垃圾焚烧厂房结构设计提供依据。

本标准由中国电机工程学会负责管理，由中国电机工程学会电力土建专业委员会负责日常管理，由中国电力工程顾问集团华北电力设计院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司（地址：北京市西城区黄寺大街甲24号院，邮编：100120）。

本标准主编单位：中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

本标准参编单位：(以章节先后为序，待调整)

山东电力工程咨询院有限公司

武汉大学

中国五洲工程设计集团有限公司

中国航空空规划设计研究总院有限公司

中国恩菲工程技术有限公司

中冶南方都市环保工程技术股份有限公司

深圳能源环保股份有限公司

瀚蓝环境股份有限公司

本规程主要起草人员：(以章节先后为序) 魏亚庆 陈 静 刘凯雁 李兴利 周建军 王子庠
傅昊阳 张振昌 徐俊祥 申加胜 安旭文 颜伟华
王庆海 刘 耀 高宗瑞 朱建文 孙亚民 邹金生
向道明 原晓华

本规程主要审查人员：**

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	荷载与作用	7
4.1	一般规定	7
4.2	楼面和屋面活荷载	8
4.3	设备与管道荷载	9
4.4	垃圾池储料荷载	10
4.5	吊车荷载	10
4.6	风荷载和雪荷载	11
4.7	温度作用	11
5	地基与基础	12
5.1	一般规定	12
5.2	地基计算	13
5.3	基础	13
6	垃圾厂房	15
6.1	一般规定	15
6.2	垃圾储料跨结构布置	15
6.3	垃圾卸料跨结构布置	16
7	锅炉及烟气净化间、除渣间	17
7.1	一般规定	17
7.2	锅炉及烟气净化间	17
7.3	除渣间	17
8	汽机房	18
8.1	一般规定	18
8.2	结构计算	18
9	垃圾运输坡道	19
9.1	一般规定	19

9.2	结构设计及计算	19
9.3	构造规定	19
10	烟囱	21
10.1	一般规定	21
10.2	烟囱的防腐蚀措施	21
10.3	钢烟囱和钢筋混凝土异形烟囱	23
11	渗滤液处理站	24
11.1	一般规定	24
11.2	渗滤液处理站厂房	24
11.3	渗滤液处理站其它构筑物	24
12	抗震设计	26
12.1	一般规定	26
12.2	地基与基础	27
12.3	地震作用和结构抗震验算	27
12.4	垃圾厂房	28
12.5	锅炉及烟气净化间	29

1 总则

1.0.1 为了在生活垃圾焚烧处理工程（以下简称垃圾电厂）建筑结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于单台机组垃圾处理规模为 1000t/d 级以内的垃圾电厂土建结构设计。

1.0.3 本标准是根据国家有关规范并结合垃圾电厂的特点制定的。凡本标准未涉及的内容，应符合国家和行业相关标准的规定。

2 术语

2.0.1 综合厂房

由垃圾厂房、锅炉及烟气净化间、汽机房、电控楼等组成的综合性工业厂房建筑。

2.0.2 垃圾厂房

由垃圾卸料跨、储料跨及与储料跨相邻跨组成的厂房建筑。

2.0.3 锅炉及烟气净化间

锅炉及烟气净化区域的封闭厂房建筑，包括焚烧炉基础、各层锅炉平台及飞灰稳定车间。

2.0.4 卸料平台

垃圾厂房卸料跨内与垃圾池相连，用于垃圾车投放垃圾的平台。

2.0.5 垃圾池

垃圾厂房储料跨内用于储存垃圾的箱体结构。

2.0.6 渗滤液收集池

与垃圾池相连，用于收集垃圾池内导出的渗滤液的箱体结构。

2.0.7 除渣间

用于存放炉渣、支撑部分锅炉钢架的车间。

2.0.8 垃圾运输坡道

连接厂区道路与卸料平台的坡道部分。

2.0.9 烟囱

钢筋混凝土外筒与排烟筒(或内衬)组成的排放烟气的高耸构筑物。

2.0.10 渗滤液处理站

垃圾厂房区域以外，净化处理渗滤液的厂房建筑。

3 基本规定

3.0.1 垃圾电厂结构设计应遵循安全、适用、经济、环保、美观的原则，做到建筑外观与主体工程协调统一、结构布置合理、便于检修维护。

3.0.2 垃圾电厂建（构）筑物结构形式应综合考虑抗震设防、自然条件、材料供应、施工条件、使用功能、建设进度等因素，做到安全适用、经济合理，并通过必要的综合技术经济比较后确定。

3.0.3 垃圾电厂结构设计除应符合承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计规定外，还应满足耐久性、防爆、防火及耐腐蚀等要求。

3.0.4 垃圾电厂结构设计应在总结实践经验和试验研究的基础上，消化吸收国内外先进经验，密切配合工艺布置和施工条件，积极慎重地采用新技术、新布置、新结构、新材料。

3.0.5 垃圾电厂建(构)筑物的安全等级应按二级考虑。

3.0.6 除临时性结构外，垃圾电厂建(构)筑物的结构和构件的设计工作年限应为 50 年。

3.0.7 垃圾电厂钢结构的防火设计应符合《建筑防火通用规范》GB55037、《建筑设计防火规范》GB 50016、《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB 50229 等相关国家标准的规定。

3.0.8 地下建(构)筑物的防水设计应符合《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030、《地下工程防水技术标准》GB 50108 等相关国家标准的规定。

3.0.9 汽机房、汽轮发电机基础、烟囱等常规建（构）筑物的设计除应满足本标准外，还应满足《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL5022 的的有关规定。

3.0.10 垃圾厂房钢筋混凝土竖向结构框、排架结构柱在吊车梁顶面标高处，由一台最大吊车的水平荷载标准值产生的横向位移，应符合以下规定：

当按平面结构图形计算时，不应大于 $H_i/1250$ ；当按空间结构图形计算时，不应大于 $H_i/2000$ 。

其中， H_i 为柱脚底面至吊车梁顶面的高度。

3.0.11 垃圾厂房钢筋混凝土竖向框-排架结构在多遇地震作用下弹性层间位移角及罕遇地震作用下弹塑性层间位移角应符合表 3.0.11 的规定。

表 3.0.11 垃圾厂房结构地震作用下的位移角限制

结构类型	弹性层间位移角	弹塑性层间位移角
钢筋混凝土框架	1/550	1/50
垃圾池	1/1000	1/120
竖向框排架结构（垃圾厂房	1/400	1/30

结构类型	弹性层间位移角	弹塑性层间位移角
运转层以上排架结构)		

3.0.12 垃圾厂房钢筋混凝土竖向框-排架结构在风荷载作用下的柱顶位移宜符合下列要求：当排架柱顶高度大于或等于 30m 时，不宜大于 $H/550$ ；当柱顶高度小于 30m 时，不宜大于 $H/500$ 。其中 H 为厂房柱柱脚底面至柱顶的高度。

3.0.13 锅炉及烟气净化间钢结构柱层间位移角宜符合下列规定：在风荷载或多遇地震作用下，结构的最大弹性层间位移角不宜超过 $H/250$ （无桥式起重机）。

3.0.14 垃圾厂房钢筋混凝土受弯构件的挠度不宜超过表 3.0.14 的容许值。

表 3.0.14 垃圾厂房受弯构件挠度容许值

项次	构件类别	挠度容许值
1	框架梁	$l/300$
2	钢筋混凝土次梁：计算跨度 $l \leq 9\text{m}$	$l/250$
	计算跨度 $l > 9\text{m}$	$l/300$

注：构件挠度应按荷载的准永久组合并考虑荷载长期作用的影响进行计算。

3.0.15 钢结构受弯构件的挠度宜符合表 3.0.15 的容许值。

表 3.0.15 钢结构受弯构件挠度容许值

项次	构件类别	挠度容许值	
		[v _T]	[v _Q]
1	吊车梁（按自重和起重量最大的一台吊车计算挠度）	l/400	—
	1) 手动或电动葫芦的轨道梁		
	2) 手动起动机和单梁起动机（含悬挂起动机）	l/500	—
	3) 轻级工作制桥式起动机	l/750	—
	4) 中级工作制桥式起动机	l/900	—
	5) 重级工作制桥式起动机	l/1000	—
2	楼（屋）梁或桁架、工作平台梁和平台板	l/400	l/500
	1) 主梁或桁架（包括设有悬挂启动设备的梁和桁架）		
	2) 仅支承压型金属板屋面和冷弯型钢檩条	l/180	—
	3) 除支承压型金属板屋面和冷弯型钢檩条外，尚有吊顶	l/240	—
	4) 一般次梁	l/250	l/300
	5) 平台	l/150	—

注：1 [v_T]为永久和可变荷载标准值产生挠度的容许值；[v_Q]为可变荷载标准值产生挠度的容许值。

3.0.16 主要建筑物的布置宜符合下列要求：

1 综合厂房结构平面布置宜简单、规则，水平荷载的合力作用线宜接近抗侧力结构的刚度中心，两个主轴方向动力特性宜接近，尽量减小局部凹凸变化。结构竖向布置宜规则、

均匀,宜使侧向刚度和受剪承载力沿竖向均匀变化,柱距宜相等,各柱列的侧移刚度宜均匀,尽量避免采用错层结构,避免形成结构薄弱层。

2 综合厂房应根据建(构)筑物的体形、长度、重量及地基的情况设置变形缝,变形缝的设置部位应避开垃圾池、渗滤液收集池及渣池。

3 垃圾厂房与锅炉及烟气净化间之间宜设置变形缝。

4 荷载与作用

4.1 一般规定

4.1.1 垃圾厂房建（构）筑物结构设计的荷载及荷载效应组合，除应满足现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 及《工程结构通用规范》GB55001 的规定外，还应满足本标准的要求。

4.1.2 结构上的作用可分为以下三类：

1 永久作用，包括结构自重、土压力、预应力和水浮力等；

2 可变作用，包括施工、安装、运行、检修状况下的楼（地）面活荷载及屋面活荷载、设备和管道荷载、吊车荷载、储料荷载、积灰荷载、风荷载、雪荷载、车辆荷载和温度作用等；

3 偶然作用，包括爆炸力、短路力矩撞击等。

4.1.3 垃圾厂房建（构）筑物结构设计时，各类荷载应按以下规定选取代表值：

永久荷载应采用荷载标准值作为代表值；可变荷载可根据设计要求分别采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值；偶然荷载可按工艺专业提供的资料，或根据试验资料结合工程经验确定代表值。

4.1.4 结构设计应根据使用过程中可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自最不利的荷载组合进行设计。

4.1.5 厂房结构进行整体分析时可不考虑施工、安装阶段大型设备运输、起吊等临时荷载，但应采取临时措施解决，或对承受该类荷载的构件及连接进行承载力验算；厂房结构进行整体分析时可不考虑设备和管道在非正常运行工况下的可变荷载及事故爆炸、撞击等偶然荷载，但应对直接承受该类荷载的构件及连接进行承载力验算。

4.1.6 采用荷载准永久组合计算地基变形时，可不计入施工和检修荷载。

4.1.7 基本组合的荷载分项系数应按下列规定采用：

1 永久荷载：荷载对结构不利时应取为 1.3，对结构有利时应取 1.0。

2 可变荷载：

一般情况应取为 1.5，荷载效应对结构有利时应取为 0；

2) 标准值大于 4.0kN/m^2 的工业建筑楼（屋）面活荷载，应取为 1.4；

3) 动力荷载应取为 1.5；

4) 垃圾池及灰渣坑的储料荷载，应取为 1.4。

4.1.8 地下结构抗浮稳定验算及抗浮结构承载力计算时，应满足《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的规定。

4.2 楼面和屋面活荷载

4.2.1 生产区域的楼（地）面活荷载标准值应根据设备及管道的安装、使用和检修的实际情况，由相关工艺专业提供，当工艺专业仅提供主要设备及管道荷载时，可按表 4.2.1 的规定确定楼(地)面活荷载标准值的取值。

厂区附属建筑物的楼（地）面活荷载应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定取值。

表 4.2.1 生产区域屋面、楼(地)面活荷载标准值

序号	位 置	标 准 值 (kN/m ²)	组合值 系数	频遇值 系数	准永久 值系数
1	垃圾卸料平台	15~20	0.8	0.7	0.5
2	抓斗检修区域楼面	10~15	0.7	0.7	0.5
3	垃圾储料间炉前平台	4	0.7	0.7	0.6
4	垃圾储料间上料平台	4	0.7	0.7	0.6
5	除渣间锅炉平台	8~10	0.7	0.7	0.6
6	垃圾焚烧间地面	10	0.7	0.7	0.5
7	烟气净化区地面	10	0.7	0.7	0.5
8	汽机房集中检修区域地面	15~20	0.7	0.7	0.5
9	汽机房其他区域地面	10	0.7	0.7	0.5
10	汽机房加热器区域平台	6	0.8	0.8	0.7
11	汽轮发电机检修区域楼面及汽轮发电机基座平台	15~20	0.7	0.7	0.5
12	汽轮发电机基座中间层平台	4	0.8	0.8	0.7
13	汽机房悬挑走道板	4	0.7	0.7	0.6
14	除氧器层楼面	4	0.7	0.7	0.6
15	钢盖板（钢格栅）	4	0.7	0.7	0.5
16	集中控制室	4	0.9	0.9	0.7
17	电控楼电缆夹层	4	0.95	0.9	0.7
18	电子设备间	4	0.9	0.8	0.7
19	10kV 及以下配电室	4~7	0.9	0.8	0.7

20	35kV 配电室	8	0.9	0.8	0.7
21	生产厂房走廊、楼梯间	3.5	0.7	0.6	0.5
22	汽机房、电控楼屋面	1.0	0.7	0.5	0.2
23	垃圾厂房、锅炉及烟气净化间 屋面	0.7	0.7	0.5	-

注：1 表中均布荷载不包含设备及主要管道荷载，配电室活荷载已包含配电开关的荷载。

2 无设备、管道及检修堆料的厂房楼面和工作平台，可考虑不小于 2.5 kN/m² 的操作荷载，包括操作人员、一般器具、零星堆料的自重。

3 垃圾卸料平台楼面活荷载可根据计算结构按以下两种方式取值：

1) 计算框架主体结构时，应按本表规定取值；

2) 计算平台楼板及次梁时，应根据实际运输车辆的最大荷载及尺寸计算车辆的等效均布荷载。

4.2.2 计算厂房框架主体结构及基础时，垃圾卸料平台活荷载折减系数应满足现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定，表 4.2.1 中其他楼面的活荷载折减系数可取 0.70~0.85。

4.2.3 垃圾厂房、锅炉及烟气净化间屋面采用轻型钢结构屋盖时，屋面活荷载标准值可取为 0.50 kN/m²。

4.2.4 垃圾运输坡道荷载应符合下列规定：

- 1 垃圾车荷载可采用集中荷载或等效均布荷载两种方式加载计算。
- 2 坡道梁、柱和基础等采用等效均布荷载计算时，局部构件应按集中荷载进行验算。
- 3 车辆启动或刹车的动力系数可取为 1.2~1.3，动力荷载只传至板和梁。
- 4 汽车行驶速度超过 5.0km/h 时，应考虑汽车水平制动力和弯道离心力的作用。

4.3 设备与管道荷载

4.3.1 机组正常运行时，设备和管道内的介质荷载、运行荷载、动力荷载、摩擦力及管道推力等，可按正常运行工况的可变荷载考虑。机组非正常运行时，设备和管道的事故积粉（积灰、满水）、水压试验荷载、一般电气设备短路电流荷载等，可按非正常运行工况的可变荷载考虑。

4.3.2 设备和管道荷载标准值可按工艺专业提供的资料采用，也可按现行行业标准《发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022 规定的原则取值。

4.3.3 设备和管道在正常工况下可变荷载（包含设备及容器中的填充物或储料）的组合值系

数、频遇值系数和准永久值系数应取为 1.0。

4.3.4 当动力设备的功率较小，且结构固有频率与扰力频率相差较大时，动力设备的动力荷载可将设备重量乘以动力系数等效为静力荷载。设备制造厂家未提供设备的动力荷载资料时，可按表 4.3.4 所列的动力系数取值。

表 4.3.4 楼面常用动力设备的动力系数

设备名称	设备转速	动力系数
离心泵、风机、 电动机	$n \leq 750 \text{r/min}$	1.5
	$n = 1000 \text{r/min}$	2.0
	$n \geq 1500 \text{r/min}$	2.5~3.0
振动给料机	--	5.0

4.4 垃圾池储料荷载

4.4.1 垃圾重度应根据工艺提供的资料确定。当无实测资料时，垃圾重度宜按固液的综合重度取值，卸料平台以上可在 $4.0 \text{ kN/m}^3 \sim 7.0 \text{ kN/m}^3$ 之间取值，卸料平台以下至地面标高处可在 $8.0 \text{ kN/m}^3 \sim 10.0 \text{ kN/m}^3$ 之间取值，地面标高以下至池底可在 $10.0 \text{ kN/m}^3 \sim 12.0 \text{ kN/m}^3$ 之间取值。

4.4.2 垃圾池池壁的侧向压力应按式 (4.4.2-1) 计算。

$$p = k\gamma z \quad (4.4.2-1)$$

式中， p ——垃圾池池壁的侧向压力 (kN/m^2)；

k ——垃圾池池壁侧压力系数；

γ ——垃圾综合重度 (kN/m^3)；

z ——计算点至垃圾池池顶的高度 (m)。

4.4.3 垃圾池池壁侧向压力计算时，考虑固液的综合影响确定池壁的侧压力系数 k ，卸料平台以上可取 $k=0.35$ ；卸料平台以下至地面标高处 k 可在 $0.35 \sim 0.50$ 之间取值；地面标高以下 k 可在 $0.55 \sim 0.65$ 之间取值。

4.5 吊车荷载

4.5.1 吊车的纵向和横向水平荷载取值、厂房多台吊车的组合，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的有关规定。

4.5.2 垃圾抓斗起重机的工作级别宜为 A8；炉渣抓斗起重机的工作级别宜为 A6、A7；汽机房桥式吊车及其他厂房检修吊车的工作级别宜为 A1~A3。

4.5.3 吊车荷载的基本数据应根据起重机制造厂的产品资料确定，包括吊车额定起重量、最大轮压、最小轮压、吊车整机自重、小车自重、吊车跨度、吊车最大宽度及轮距等。

4.6 风荷载和雪荷载

4.6.1 除本标准特别规定外，垃圾厂房风荷载和雪荷载应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001 和《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定。

4.6.2 主要建（构）筑物的风荷载体型系数可按表 4.6.2 采用。建（构）筑物的体型与表中体型不同时，可按有关资料或通过风洞实验确定相应的风荷载体型系数。围护结构的局部风荷载体型系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 确定。

表 4.6.2 主要建构筑物风荷载体型系数

名称	体型系数
垃圾电站 综合厂房	

4.7 温度作用

4.7.1 工程结构或构件在均匀温度作用下，温度作用的标准值应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB55001、《建筑结构荷载规范》GB50009 的有关规定。

4.7.2 当综合厂房超长时，应采取合适的设计及施工措施，减小温度作用对结构的影响。

4.7.3 超长结构计算温度作用时，应考虑结构封闭时的温度与运行期间可能遇到的最高或最低月平均温度之间的温度差。封闭时的温度应根据结构的合拢或形成约束的时间确定，或根据施工时结构可能出现的温度按最不利情况确定。

5 地基与基础

5.1 一般规定

5.1.1 地基基础设计应根据工程地质勘察资料，结合垃圾厂房各类建（构）筑物的使用要求，充分吸取当地的建设经验，综合考虑结构类型、材料情况及施工条件等因素，通过技术经济比较后，确定安全、经济、合理的地基基础形式。

5.1.2 地基基础设计应根据相应设计阶段的工程地质勘察资料进行。对于复杂的地质条件（如杂填土、岩溶、暗浜及特殊地基土等）和有特殊要求的重要建（构）筑物，必要时尚应进行施工勘察。

5.1.3 根据地基复杂程度、建（构）筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成的建筑物破坏或影响正常使用的程度，将地基基础的设计分为三个设计等级，设计时应根据具体情况按表 5.1.2 选用。

表 5.1.2 地基基础的设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	高度 200m 及 200m 以上的烟囱； 场地和地基条件复杂的建(构)筑物。
乙级	综合厂房、烟囱（高度 200m 以内）、汽机房（含基座）； 除甲、丙级以外的其他生产建筑、辅助及附属建筑物。
丙级	综合楼或办公楼、垃圾运输坡道、渗沥液处理站、综合水泵房、循环水泵房、检修间、材料库、地磅房、传达室、厂区围墙、自行车棚及临时建筑； 场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下的一般建筑。

5.1.4 建（构）筑物的变形允许值应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 或地方标准的有关规定。

5.1.5 综合厂房、垃圾焚烧锅炉基座、汽轮发电机基座和烟囱，应设置沉降观测点，其中烟囱及汽机基座还应设置位移观测点。垃圾厂房其余各建（构）物单体按现行标准《建筑变形测量规程》JGJ 8 及《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022 的有关要求设置观测点。

5.1.6 对于建造在软弱地基、山区地基、湿陷性黄土地基的垃圾电厂各建（构）筑物，应根据工程地质条件、结构安全等级、结构类型及荷载大小等特点，按照相关规范的要求选择适宜的地基处理方案，同一结构单元地基宜采用一种地基处理方法。

5.1.7 新建工程在不同地质条件下的单桩承载力应根据试验确定。试桩方案应结合地质条件、地区经验和使用要求选定。

对于扩建工程，若地质条件不同或桩型、桩长不同时，也应进行试桩。每种桩型的试桩数量应为工程桩总数的 0.1%~0.5%，且不应少于 3 根。

5.1.8 施工完成后，工程桩应进行桩身完整性检验和竖向承载力检验。承受水平力较大的桩应进行水平承载力检验，抗拔桩应进行抗拔承载力检验。

5.1.9 桩基施工中，应根据地质条件、桩型及成桩质量确定桩基质量检测方式，桩基检测宜按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106、《电力工程基桩检测技术规程》DL/T 5493 要求进行。

5.1.10 为防止垃圾池基础等大体积混凝土基础出现裂缝，应采取控制裂缝的措施。如设置后浇带、膨胀加强带、加强配筋或采取其他有效措施。

5.2 地基计算

5.2.1 垃圾厂房各建（构）物除岩石地基外，天然地基上筏板基础的埋置深度不宜小于建筑物高度的 1/15；桩筏基础的埋置深度（不计桩长）不宜小于建筑物高度的 1/18。

5.2.2 当地质条件和建筑类型满足现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的相关规定时，建（构）筑物可不进行地基变形验算。

5.2.3 当垃圾池、渗沥液处理池以及其它地下池体结构的地下水位较高时，应进行抗浮稳定验算。

5.2.4 建造在斜坡或边坡附近的建（构）筑物和软土地基上的大面积堆载场地，应对地基的稳定性和不均匀沉降进行验算。

5.3 基础

5.3.1 基础设计除按本标准的规定执行外，尚应满足国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003、《建筑地基基础设计规范》GB50007 以及《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL5022 的有关要求。

5.3.2 基础和承台周围的回填土应分层夯实。当基础和承台有抗拔、抗倾覆要求时，其周围以及顶面的回填土应分层夯实，且压实系数不应小于 0.94。

5.3.3 垃圾厂房应进行沉降计算，避免垃圾池基础与周边框架基础之间产生较大的沉降差。

5.3.4 垃圾厂房各建（构）物基础、基础梁，应满足《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的相关要求；当各建（构）物基础、基础梁处于腐蚀环境介质中，尚应按《工业建筑防腐蚀

设计标准》GB/T 50046 的要求采取有效的防腐措施。

6 垃圾厂房

6.1 一般规定

- 6.1.1** 垃圾厂房的布置应符合固废处理、热、电生产工艺流程，做到设备布局紧凑、合理，管线连接短捷、整齐，厂房布置简洁、明快。
- 6.1.2** 厂房布置应根据厂区、厂房内各工艺专业设计的布置要求及扩建条件确定。有扩建计划的厂房应考虑扩建部分的预留；扩建厂房宜与原有厂房协调一致。
- 6.1.3** 垃圾厂房的卸料跨和储料跨设计中应考虑气密性要求，并应具有足够的耐腐蚀性能。
- 6.1.4** 垃圾厂房内的卸料平台、垃圾池宜采用钢筋混凝土结构。
- 6.1.5** 垃圾池结构宜与厂房框架结构采取整体受力分析。
- 6.1.6** 垃圾厂房各层楼板宜采用现浇钢筋混凝土梁板结构。沿垃圾池周边各层宜布置楼板与垃圾池直接连接，且楼板宜采用加厚、双层双向配筋等措施加强。
- 6.1.7** 垃圾厂房抗浮稳定验算时，应明确抗浮设计水位。施工期抗浮稳定的安全系数不应小于 1.05，使用期抗浮稳定的安全系数不应小于 1.10。抗浮稳定不能满足要求时，宜优先采用自重抗浮等措施。

6.2 垃圾厂房储料跨结构布置

- 6.2.1** 垃圾厂房储料跨下部结构宜采用钢筋混凝土池体结构，并配以周边辅助框架，垃圾池顶至屋盖宜采用竖向框-排架结构，屋面承重结构可采用钢桁架、实腹钢梁或网架结构。
- 6.2.2** 垃圾储料跨内混凝土结构的环境类别不应低于五类，腐蚀性等级不应低于中等腐蚀。
- 6.2.3** 垃圾池单边最大长度不宜超过 90m，渗滤液收集池布置数量应与垃圾池保持一致。
- 6.2.4** 垃圾池扶壁柱间距大于 8m 时，宜在跨中增设扶壁柱；工艺无特殊要求时，扶壁柱顶宜伸至 0m 或卸料平台标高处。
- 6.2.5** 垃圾池侧壁四周在地面标高附近宜设置面外支撑扶壁框架。
- 6.2.6** 垃圾池底部应设置不小于 1% 的导排坡度，垃圾池靠卸料门内侧墙上布置不锈钢排水格栅，运行期间应及时检查排水格栅的通畅性，排水格栅损坏时应及时更换。
- 6.2.7** 垃圾池结构计算可按下述方法进行。
- 1 宜采用能够对垃圾池施加侧向压力荷载、具有面外设计能力的计算软件。当垃圾池侧壁无法施加侧向压力荷载时，应将侧向压力荷载导算到框架柱上。
 - 2 当垃圾池侧壁未进行整体计算时，应单独对垃圾池侧壁受力进行计算，计算时应根据板的四边支撑刚度，选取合理的周边约束条件。

3 对于垃圾池侧面无楼板支撑的梁，当计算软件对水平向弯矩不能进行配筋计算时，应单独核算水平向弯矩作用下梁的配筋。

6.2.8 垃圾池长度超过 60m 时，宜计算温度作用。

6.2.9 垃圾池混凝土池壁的最大裂缝宽度不应大于 0.20mm；混凝土抗渗等级不应低于 P8。

6.2.10 垃圾池侧壁厚度宜按计算确定，锅炉侧及可能形成堆载的侧壁厚度不宜小于 300mm，卸料门侧厚度不宜小于 250mm。

6.2.11 垃圾池内表面宜设置防撞、抗裂层，并保证各层之间具有良好的粘结性能。

6.3 垃圾厂房卸料跨结构布置

6.3.1 垃圾厂房卸料跨上部结构采用钢筋混凝土竖向框-排架结构，屋面承重结构可采用钢桁架、实腹钢梁或网架结构。

6.3.2 垃圾卸料跨运转平台及以上环境类别不应低于二 b 类。

6.3.3 卸料平台主要承受垃圾车荷载，梁板布置可采用以下两种方式：

1 密肋梁板：密肋方向主梁、一级次梁梁高可取跨度的 1/8~1/9；支承一级次梁的主梁梁高可取跨度 1/6~1/8；

2 井字梁板：次梁梁高可取跨度的 1/10；主梁梁高可取跨度的 1/6~1/8。

6.3.4 卸料平台板厚一般取为 150~250mm，平台板可按 1%坡降向垃圾池方向找坡。

6.3.5 卸料平台表面应布置耐磨保护层。

7 锅炉及烟气净化间、除渣间

7.1 一般规定

7.1.1 锅炉及烟气净化间可采用钢筋混凝土框-排架或钢框-排架结构。

7.1.2 除渣间宜采用现浇钢筋混凝土框架结构。

7.1.3 当锅炉及烟气净化间采用钢结构时，除渣间宜与锅炉及烟气净化间脱开布置。飞灰稳定间宜与烟气净化间整体布置，并独立封闭。

7.1.4 钢结构构件应进行防火设计，设计应满足《建筑防火通用规范》GB 55037、《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的要求。钢结构的防火涂料应根据耐火极限确定，钢柱及柱间支撑宜采用非膨胀型防火涂料，其它钢构件宜采用膨胀型防火涂料。防火设计应采用大空间火灾升温曲线，基于整体结构进行耐火验算。

7.2 锅炉及烟气净化间

7.2.1 钢筋混凝土框-排架结构中，当框架柱柱高大于 1.8m 时，宜采用双肢柱，框架梁宜设置双纵梁，在柱两侧各设置一道柱间支撑。

7.2.2 钢框-排架结构布置应结合焚烧炉、烟气净化设备、飞灰稳定设备及相应管道合理布置。

7.2.3 钢结构主受力柱宜采用四肢钢格构柱，抗风柱宜采用四肢或两肢钢格构柱，外侧宜设置横向抗风桁架，抗风桁架与钢柱可采用固接连接。

7.2.4 钢柱、钢梁柱肢及缀条可采用圆钢管、热轧 H 型钢、焊接 H 型钢和焊接箱形钢。

7.2.5 锅炉及烟气净化间纵向温度伸缩缝的最大间距，当采用钢筋混凝土结构时，不宜大于 75m；当采用钢结构时，不宜大于 150m。当有充分依据、经过温度作用计算并采取有效措施满足设计要求时，可适当增大温度伸缩缝间距。

7.2.6 钢结构下部支撑结构宜与屋盖系统共同建模，采用有限元空间计算软件按弹性设计方法进行整体计算。

7.3 除渣间

7.3.1 除渣间应考虑余热锅炉传递的风荷载及地震作用的影响，室内布置的余热锅炉承受的风荷载可按 0.2kN/m^2 取值。

7.3.2 钢筋混凝土框架结构支承屋架及吊车梁的牛腿处，宜设置通长的纵向框架梁。

7.3.3 吊车梁宜采用钢吊车梁。

8 汽机房

8.1 一般规定

8.1.1 汽机房宜采用现浇钢筋混凝土框-排架结构。

8.1.2 汽机房变形缝的设计应符合下列规定：

1 应根据汽机房的结构布置、体型、荷载、工程地质和抗震设防烈度，设置变形缝。

2 纵向温度伸缩缝的最大间距，对于现浇混凝土框-排架结构不宜超过 75m；对于钢结构不宜超过 150m。

8.1.3 汽轮机基座底板及上部结构应与汽机平台整体脱开。基座设计及计算应满足《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL 5022 的有关规定，并充分考虑设备低频振动的影响，汽机房的自振周期宜避开设备的自振周期。

8.1.4 汽机房屋面承重结构可采用实腹钢梁、钢屋架或空间网架结构。

8.1.5 汽机房屋面宜采用压型钢板加保温防水层或自防水复合压型钢板的轻型有檩体系，也可采用压型钢板底模轻质钢筋混凝土现浇板有檩体系。当屋面承重结构采用钢屋架或空间网架结构时，屋面板可采用小型预制板结构；当屋面承重结构采用实腹钢梁时，屋面宜采用压型钢板轻型结构。施工条件允许时，汽机房屋盖也可采用预应力大型屋面板。

8.1.6 汽机房设计及构造除满足本标准要求外，还应满足《火力发电厂土建结构设计技术规程》DL5022 的有关规定。

8.2 结构计算

8.2.1 对于汽机房及除氧间合建的框-排架结构，宜采用三维空间体系进行结构整体分析。还宜选择荷载较大的代表性框-排架进行平面校核。

8.2.2 汽机房框-排架结构可采用柱中心线的连线与梁中心线(或梁顶面)的连线的几何图形作为计算简图，柱底应取至基础顶面。当上柱对下柱有偏心时，应考虑偏心产生的影响。

8.2.3 在汽机房框-排架结构内力与位移计算中，可考虑框架梁、柱节点刚域的影响。

8.2.4 汽机房框-排架结构分析时，宜按实际刚度计入现浇或装配整体式楼（屋）盖刚度的影响。在内力和位移计算时，可假定楼（屋）盖平面内刚度无限大，设计应采取有效措施保证其整体刚度。当楼（屋）盖平面较狭长，楼板平面有较大凹凸或较大开洞时，应考虑楼（屋）盖平面内变形的影响。

对于钢框-排架垂直支撑杆的中心线宜汇交于梁柱中心线交点，难以满足时可汇交于梁柱翼缘边，此时梁、柱承载力计算应考虑偏心连接的影响。

9 垃圾运输坡道

9.1 一般规定

9.1.1 垃圾运输坡道一般采用钢筋混凝土框架结构形式；也可采用市政桥梁的结构形式，当采用市政桥梁的结构形式时，结构设计应符合城市或公路桥梁设计相关规范的要求。

9.1.2 坡道长度、宽度、坡度、标高等参数应根据总图运输及通行车辆要求确定。坡道一般仅供车辆行驶，不设人行或非机动车道；双向通行时，坡道宽度不宜小于 7m；单向通行时，坡道宽度不宜小于 4m；曲线坡道中心圆半径不宜小于 15m；纵向坡度不应大于 8%。曲线坡道与卸料平台衔接前，宜留设一定长度的直线段。

9.1.3 坡道柱位、柱距布置应根据坡道长度、总图布置、转弯位置等综合确定，宜均匀布置；当坡道长度超过 35m 时，宜设置伸缩缝将坡道分为若干个温度区段，伸缩缝处结构应设置双柱脱开。

9.1.4 垃圾运输坡道与卸料平台衔接处，宜通过布置双柱设缝脱开；特殊情况下也可从坡道边柱上挑出梁、板，与卸料平台楼板设缝脱开。

9.1.5 坡道设计应明确最高限速要求，并在现场设置限速标志。

9.2 结构设计及计算

9.2.1 当坡道采用框架结构时，宜采用有限元空间计算软件进行建模、计算。

9.2.2 坡道采用框架结构时，其抗震等级应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 中框架结构的相关要求确定。

9.2.3 正常使用极限状态下，结构构件的裂缝控制等级宜为三级，最大裂缝宽度限值为 0.20mm。

9.2.4 对坡道顶部的轻钢雨棚结构，应验算其自身结构及其与主体结构连接的强度及稳定性。

9.2.5 防撞栏板（包括上部栏杆）自身结构及其与底座的连接应安全可靠，高度不应小于 1.1m。

9.3 构造规定

9.3.1 坡道主体结构混凝土的强度等级不应低于 C30。坡道面梁、板应采用防水混凝土，抗渗等级不应低于 P6。

9.3.2 对于处在严寒或寒冷地区的坡道结构，应按结构所处的环境条件确定采用混凝土的抗冻等级。

9.3.3 坡道面层可采用沥青混凝土或钢筋混凝土；当采用钢筋混凝土面层时，混凝土的强度

等级不宜低于 C40，抗渗等级不宜低于 P6，必要时可采用纤维混凝土。

9.3.4 沥青混凝土面层厚度不宜小于 80mm，坡道面层横向找坡可采用沥青混凝土找坡，也可采用 C40 混凝土找坡后，再铺设等厚度的沥青混凝土面层。

9.3.5 钢筋混凝土面层厚度不宜小于 100mm，顶面应配有钢筋网或焊接钢筋网片，规格不宜小于 $\phi 10@100$ ，其保护层厚度不宜小于 35mm。

9.3.6 钢筋混凝土面层表面应进行切缝，纵向和横向接缝应垂直相交，均匀、对称布置，接缝间距 3.0m~5.0m；切缝深度 20mm，宽度 3mm，面层达到设计强度后，方可进行切缝，切缝完成并清理干净后，采用专用填缝材料进行填缝。

9.3.7 水泥混凝土面层表面应进行刻槽，应采用专用刻槽机进行硬刻槽，刻槽作业时混凝土强度应达到设计强度的 90%以上，刻槽深度一般为 5mm，宽度不大于 2mm，间距一般为 15mm。在横桥向切缝处两端各留 100mm 宽的范围不刻槽。

9.3.8 坡道温度区段之间及坡道与卸料平台之间设置伸缩缝，伸缩缝宽度根据计算确定，且不小于 50mm。

9.3.9 伸缩缝装置应与主体结构牢固锚固，宜选用城市或公路桥梁专用的伸缩装置。也可根据项目实际情况选用其他类型的伸缩装置。

9.3.10 坡道起坡点与路面的衔接做法可采用搭板的方式，搭板长度不宜小于 6m，宽度与坡道宽度相同，厚度不宜小于 300mm，应采用双层双向配筋。搭板一端简支于坡道最后一列梁柱牛腿上，其余部分置于经分层压实回填的填料上，填料可选择级配砂石、碎石、灰土等，并尽量与相邻路基做法协调。

9.3.11 坡道应根据需要设置排水、照明、交通信号标志、防雷接地等设施。

10 烟囱

10.1 一般规定

10.1.1 垃圾电厂的烟囱设计，应根据使用条件、烟囱高度、材料供应及施工条件等因素，确定采用砖烟囱、混凝土烟囱或钢烟囱。但下列情况不应采用砖烟囱：

- 1 高度大于 60m 的烟囱；
- 2 抗震设防烈度为 9 度地区的烟囱；
- 3 抗震设防烈度为 8 度时，Ⅲ、Ⅳ类场地的烟囱。

10.1.2 常用的烟囱结构型式可分为单筒式、套筒式和多管式三种。烟囱结构选型应结合烟气排放条件、安全可靠要求、烟气腐蚀性等级及建筑景观等要求，经综合比较安全、技术和经济性条件后进行合理选择。

10.1.3 套筒式或多管式烟囱排烟筒体系的选择，应根据烟气脱硫工艺条件、烟气腐蚀性等级、烟气温湿度条件、防腐体系成熟可靠性、防腐施工质量可控性、使用业绩、机组供热条件、防腐体系检修维护便利条件等因素综合确定。砖砌排烟筒可采用分段支承式、自立式结构体系，钢排烟筒和玻璃钢排烟筒可采用整体悬挂式、分段悬挂式、自立式结构体系。

10.1.4 烟囱高度和顶部出口内径参数由工艺专业和环保专业确定。

10.1.5 当烟囱高度小于 200m 时，烟囱安全等级不应低于二级。

10.1.6 套管式和多管式烟囱应在钢筋混凝土外筒与排烟筒之间设置垂直交通系统，多层检修维护平台、排烟筒止晃装置和内外筒间照明设施。应按照环保检测法规的要求设置通往排烟筒烟气排放连续监测系统 CEMS 装置工作平台的电梯或折梯。

10.2 烟囱的防腐蚀措施

10.2.1 垃圾厂房烟囱排放烟气的腐蚀性等级按表 10.2.1 确定。

表 10.2.1 垃圾厂房烟囱排放烟气的腐蚀性等级

国内垃圾焚烧工程烟气脱硫工艺	干法	半干法	湿法	
			烟气加热	烟气不加热
烟气温度	干烟气 ≥150℃	干烟气 ≥150℃	干烟气约 120℃~ 140℃	湿烟气约 60℃
腐蚀源	烟囱中烟气凝结露酸液			
腐蚀性等级	弱		强	

10.2.2 烟囱设计应考虑周围环境对烟囱外部的腐蚀情况，可按现行国家标准《工业建筑防

腐蚀设计标准》GB/T 50046 的规定采取防腐措施。安装现场需要焊接作业或螺栓连接时，设计文件应对现场焊接节点、焊缝和连接螺栓有明确的防腐处理措施。

10.2.3 根据安全、可靠、成熟、耐久、适用的使用要求，烟囱结构体系及防腐措施应按表 10.2.3 的规定选用。

表 10.2.3 烟囱结构体系及防腐措施选用表

烟气脱硫工艺及 腐蚀性等级		干法	半干法	湿法	
				烟气加热	烟气不加热
烟囱结构体系及防腐措施		弱		强	
砖烟囱	耐火砖及耐酸胶泥或耐酸砂浆砌筑		☆		×
单筒式钢筋 混凝土烟囱	硼硅酸盐泡沫玻璃砖内衬		□		☆
	耐酸砖内衬		☆		×
套筒式 和多管式 烟囱	钛钢复合板排烟筒		□		☆
	缠绕纤维增强塑料排烟筒		□		☆
	钢内筒+内贴硼硅酸盐泡沫玻璃砖防腐体系排烟筒		□		☆
	钢内筒+内刷防腐涂层体系排烟筒		☆		△
钢烟囱	耐候钢+内刷防腐涂层		□		△
	耐候钢+轻质耐酸浇筑料		□		×

注：1 ☆表示建议采用，△表示谨慎采用，□表示可采用，×表示不可采用。

2 选择表中所列防腐材料时，其性能应与排烟筒实际运行工况和使用年限要求相适应，宜选用有工程应用业绩的烟囱防腐材料。

3 两台及多台炉共用一个排烟筒时，应按更加可靠的防腐材料选用。

4 在有可靠工程经验和成功工程业绩时，允许选用新型防腐材料。

5 当采用套筒式和多管式烟囱时，如内筒采用钢内筒，钢内筒宜采用耐候钢，在顶部平台以上范围采用不锈钢。

10.2.4 烟囱排烟筒的防腐方案应考虑防火设计。对于纤维增强塑料、有机涂层材料和有机粘贴胶（剂）类型材料的排烟筒防腐方案，应增加确保排烟筒防腐层遇明火不燃的设计要求。

10.3 钢烟囱和钢筋混凝土异形烟囱

10.3.1 钢烟囱可分为自力式、塔架式和拉锁式烟囱。钢烟囱选用的材料应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 及《烟囱工程技术标准》GB/T 50051 的有关规定。钢烟囱内衬防腐设计应按本标准表 10.2.3 选用，

10.3.2 烟囱的钢筋混凝土筒壁和排烟筒宜优先采用圆形及矩形等规则形状，外形宜避免尖角和局部突出。

10.3.3 异形烟囱风荷载可按下列规定采用：

1 异形烟囱体型与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《高耸结构设计规范》GB 50135 所列体型相同，风荷载体形系数可按上述规范的有关规定采用；

2 异形烟囱体型与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《高耸结构设计规范》GB 50135 所列体型不同，且无其他借鉴时，风荷载体形系数、风振系数应由物理风洞试验或数值风洞计算确定。

10.3.4 垃圾厂房的烟囱设计，应符合现行国家标准《烟囱工程技术标准》GB /T 50051 的有关规定。

11 渗滤液处理站

11.1 一般规定

11.1.1 渗滤液处理站宜布置在厂区主导风向的下风向。结构布置应尽量规则、整齐合理、受力明确，并应考虑工艺布置和扩建条件。

11.1.2 渗滤液处理站内建（构）筑物结构设计，可按现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB55008、《钢结构通用规范》GB55006、《混凝土结构设计规范》GB50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 的有关规定进行设计，对于建造在地震区、湿陷性黄土或膨胀土等地区的构筑物的结构设计，尚应符合现行有关标准的规定。对水池类构筑物除应进行承载能力极限状态验算外，尚应进行变形、抗裂或裂缝宽度验算。

11.1.3 根据介质对渗滤液处理站内建（构）筑物的腐蚀性，应采取有效的防腐措施，并应符合国家现行标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB 50046 的有关规定。

11.1.4 渗滤液处理站建（构）筑物环保措施应满足工程环境影响评价报告书批复文件的要求。

11.2 渗滤液处理站厂房

11.2.1 渗滤液处理站厂房上部结构形式应根据抗震设防烈度、场地类别、工艺布置等综合条件确定，宜采用钢筋混凝土结构。

11.2.2 厂房混凝土楼、屋面板宜采用现浇混凝土梁板结构；当厂房跨度大于 12m 时，屋面承重结构可采用钢屋架或实腹钢梁。电气与热控设备房间宜采用现浇钢筋混凝土屋面或有可靠防水构造的轻型？屋面。

11.2.3 加药间、酸贮存间、碱贮存间、膜车间等有侵蚀性物质的房间，其楼面、地面、踢脚等表面应采取防腐措施。

11.2.4 酸、碱储坑四周应设防护围堰，储坑及围堰宜采用抗渗混凝土，坑底、坑内壁及围堰应采取防腐防渗措施。

11.2.5 厂房内有防腐要求的设备基础、排水沟应采取防腐措施。排水沟应采用抗渗混凝土，盖板宜采用非金属材质，排水沟伸缩缝应设止水带，排水沟底板应按工艺排水要求设计排水坡度。严禁将电缆沟作为地面冲洗水和其它液体的排放通道。

11.3 渗滤液处理站其它构筑物

11.3.1 渗滤液池顶板宜采用梁板式结构，如池内部布有立柱时，应与射流曝气器错开。隔墙

计算时应考虑一侧放空、一侧满水的工况。

11.3.2 渗滤液池混凝土应采用防水混凝土，并满足强度要求。根据工作环境、设计使用年限等具体情况，分别满足抗渗、抗冻、抗侵蚀等耐久性的要求。

1 混凝土材料的最低强度等级、最小胶凝材料用量、最大水胶比、胶凝材料中最大氯离子质量比、最大碱含量等基本要求，应符合国家现行标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB 50046 的有关规定。

2 水池混凝土的抗渗等级，当最大作用水头与混凝土厚度的比值小于 10 时，应采用 P6；当最大作用水头与混凝土厚度的比值为 10~15 时，应采用 P8；当最大作用水头与混凝土厚度的比值为 15~20 时，应采用 P10。当最大作用水头与混凝土厚度的比值大于 20 时，应采用 P12。混凝土抗渗等级应根据试验确定。

3 当水池外露时，对严寒地区（最冷月平均气温低于 -8°C ），混凝土的抗冻等级不低于 F250；对寒冷地区（最冷月平均气温 $-4^{\circ}\text{C}\sim-8^{\circ}\text{C}$ ），混凝土的抗冻等级不低于 F200；对微冻地区（最冷月平均气温 $0^{\circ}\text{C}\sim-4^{\circ}\text{C}$ ），混凝土的抗冻等级不低于 F150。

11.3.3 水池类构筑物变形缝、施工缝设置应符合下列规定。

1 宜不设或少设伸缩缝，可根据实际情况采用后浇带、膨胀加强带等替代措施。

2 矩形钢筋混凝土水池的长度、宽度较大，需设置伸缩缝时，伸缩缝的间距应满足《给排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 的规定。缝内防水构造应由止水带、填缝板和嵌缝材料组成。

3 变形缝处混凝土结构的厚度不应小于 300mm。

4 底板应一次浇筑完成，不设置施工缝。池壁不设垂直施工缝，水平施工缝应设置在高出底板顶面不小于 500mm 处，施工缝均应设置止水带，施工缝其它防水构造应符合《地下工程防水技术规范》GB 50108 的相关规定。

11.3.4 当水池承受地下水浮力时，应进行抗浮稳定验算。抗浮稳定验算时的荷载均取为标准值，抗力应计入永久荷载，但不包括池内盛水的永久荷载和水池侧壁上的摩擦力，抗浮稳定的安全系数不应小于 1.05。

11.3.5 调节池、生化池、硝化池、事故池、浓缩池、污泥池和沉淀池等渗滤液池应加盖密封处理，设备孔、检修孔等恶臭污染源也应采用加盖密封处理。

11.3.6 与渗滤液接触的爬梯、护笼、盖板等宜采用非金属材料或不锈钢材料。

12 抗震设计

12.1 一般规定

12.1.1 垃圾厂房建（构）筑物的抗震设计应贯彻执行《中华人民共和国建筑法》、《中华人民共和国防震减灾法》及相关条例，并实行以预防为主方针，使其经抗震设防后，减轻地震破坏，避免人员伤亡，减少经济损失。

12.1.2 垃圾厂房建（构）筑物抗震设防烈度应按国家规定的权限审批、颁发的文件（图件）确定，并应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《中国地震动参数区划图》GB 18306 的有关规定。按有关规定进行地震安全性评价的垃圾厂房，抗震设防烈度应按批准的地震安全性评价报告确定。

12.1.3 垃圾厂房建（构）筑物抗震设防分类应符合《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《电力设施抗震设计规范》GB 50260 和《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的有关规定。定义为丙类？。

12.1.4 建筑场地为I类时，丙类建（构）筑物应允许按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施，但不应低于6度。

12.1.5 建筑场地为III、IV类时，对设计基本地震加速度0.15g和0.3g的地区，建（构）筑物宜分别按8度(0.2g)和9度(0.4g)采取抗震构造措施。

12.1.6 垃圾厂房多层建（构）筑物不宜采用单跨框架结构，当采用单跨框架结构时，应采取提高结构安全度的可靠措施。

12.1.7 结构布置应重视抗震概念设计的要求，厂房结构应与工艺专业统一规划，平面和竖向布置宜规则、均匀，合理布置结构抗侧力体系和结构构件，提高结构体系的抗震性能。

12.1.8 屋面结构应采用自重轻、重心低、整体性强的结构，屋架和柱顶、屋面板与屋架、支撑与主体之间的连接应牢固。不宜采用无端屋架或屋面梁的山墙承重结构。

12.1.9 当垃圾厂房储料跨屋面板采用抗剪连接件与钢梁组成钢—混凝土组合屋盖或大型屋面板且开孔较小时，屋架上弦可不设置水平支撑。

12.1.10 锅炉及烟气净化间钢结构与垃圾厂房钢筋混凝土结构之间宜设置抗震缝，形成相对独立的结构体系。当未脱开时，计算应采用三维空间模型进行整体分析。

12.1.11 位于抗震设防烈度为8度、9度地区的垃圾厂房可采用结构消能减震、结构和设备隔震设计。消能减震和隔震设计除应满足本规范的要求外，还应符合相关设计规范的要求。

12.1.12 防震缝宽度应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的相关规定。防震缝宽度应保

证相邻建（构）筑物间纵、横向的自由变位，选择合适的结构方案时，可不设防震缝。固定设备不应跨抗震缝设置。

12.2 地基与基础

12.2.1 根据岩土工程勘测报告对场地抗震有利、不利和危险地段作出的综合评价，结合工程需要，对不利地段，应提出建（构）筑物避开要求；当无法避开时，应采取有效措施。对危险地段，严禁建造乙类建筑，不应建造丙类建筑。

12.2.2 建（构）筑物应避免采用未经处理的可液化土层作为天然地基持力层。场地液化判断和处理应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

12.2.3 地基和基础的设计应符合下列要求：

1 同一结构单元的基础不宜设置在性质截然不同的地基上；

2 同一结构单元不宜部分采用天然地基，部分采用桩基（主要针对软土地基）；当基础类型不同或基础埋深显著不同时，应根据地震时两部分地基基础的沉降差异，在基础、上部结构的相关部位采取相应措施；

3 边坡附近的建筑基础应进行抗震稳定性设计。建筑基础与土质、强风化岩质边坡的边缘应留有足够的距离，其值应根据设防烈度的高低确定，并采取措施避免地震时地基基础破坏。

4 处于液化土中的桩基承台周围，用密实干土填筑夯实；

12.2.4 结构类型、基础荷载等与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 规定相当的建筑可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算。

12.2.5 承受竖向荷载为主的低承台桩基，当地面下无液化土层，且桩承台周围无淤泥、淤泥质土和地基承载力特征值不大于 100kPa 的填土时，结构类型、基础荷载等与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 规定相当的建筑可不进行桩基承载力验算。

12.3 地震作用和结构抗震验算

12.3.1 建（构）筑物一般情况下仅需考虑水平地震作用，并应在两个主轴方向分别进行抗震验算。下列情况下建（构）筑物可不进行地震作用计算，但应符合抗震措施的规定。

1 6 度时建（构）筑物，但建造在 IV 类场地的主厂房建筑以及高度大于 40m 的其它建（构）筑物除外；

2 6 度和 7 度区 I、II 类场地时，柱高不超过 10m，且结构单元两端均有山墙的单跨和等高多跨的钢筋混凝土单层厂房；

3 6 度、7 度和 8 度区 I 类场地的地下管沟、独立的电缆隧道等地下构筑物；

4 6度和7度区 I、II类场地、基本风压不小于 0.5kN/m² 的钢筋混凝土烟囱。

12.3.2 对于8度和9度的屋盖网架、烟囱，8度地区跨度大于24m和9度地区大于18m的大跨度屋架及托架、垃圾运输坡道和长悬臂(7度0.15g、8度地区为2m，9度地区为1.5m)结构，均应计算竖向地震作用。9度时高度大于40m米的建(构)筑物应计算竖向地震作用。

8、9度采用隔震设计的建(构)筑物，应按有关规定计算竖向地震作用。

12.3.3 水平地震作用的计算应符合以下规定：

1 高度不超过40m，以剪切变形为主且质量和刚度沿高度分布较均匀的结构，以及近似单质点体系的结构，可采用底部剪力法等简化方法。

2 除第一款的建筑物外，宜采用振型分解反应谱法。结构布置不规则，质量和刚度分布明显不对称的结构，应计入双向水平地震作用下结构扭转的影响。

12.3.4 抗震变形验算应符合以下规定：

1 垃圾厂房建(构)筑物应进行多遇地震作用下弹性阶段抗震变形验算；

2 建(构)筑物在罕遇地震下的结构变形验算应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

3 下列结构应进行罕遇地震作用下薄弱层的弹塑性变形验算：

1) 7度~9度时楼层屈服强度系数小于0.5的钢筋混凝土结构。

2) 采用隔震和消能减震设计的结构。

12.3.5 厂房结构的地震作用计算分析，应计入内部连接平台、相邻连接结构的相互影响，连接构件的地震作用效应宜乘以地震增大系数1.2。

12.4 垃圾厂房

12.4.1 垃圾厂房采用钢筋混凝土结构时，适用的最大高度应符合表 11.4.1 的规定。

表 11.4.1 适用的最大高度(m)

结构类型	6度	7度	8度		9度
			0.2g	0.3g	0.4g
框排架-垃圾池	120	110	90	70	45

注：1 表中高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋面部分）；

2 超过表中所列高度时，应进行专门研究和论证，并采取加强措施。

12.4.2 垃圾厂房钢筋混凝土框排架-垃圾池结构中的框架和混凝土墙应根据设防类别、烈度、结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和抗震构造要求。丙类框排架-垃圾池结构的框架和混凝土墙的抗震等级应按下表来确定。

表 12.4.2 丙类框排架-垃圾池结构的框架和混凝土墙的抗震等级

结构类型		6度		7度			8度			9度	
框架结构	高度(m)	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24	≤24	>24		
	框架	四	三	三	二	二	一			一	
	大跨度框架	三		二			一			一	
结构类型		6度		7度			8度			9度	
框排架-垃圾池结构	高度(m)	≤55	>55	≤24	24~55	>55	≤24	24~55	>55	≤24	24~45
	框架	四	三	四	三	二	三	二	一	二	一
	混凝土墙	三		三	二		二	一		一	

注：1 设置少量混凝土墙的框架-混凝土墙结构，在规定的水平力作用下，底层框架部分所承担的地震倾覆力矩应大于框架-混凝土墙总地震倾覆力矩 50%，其框架部分的抗震等级应按表中框架结构对应的抗震等级确定，混凝土墙的抗震等级应与其框架等级相同。

2 大跨度框架指跨度不小于 18m 的框架。

3 柱顶高度大于 30m，且有重组工作制起重机厂房的钢筋混凝土框排架结构，和框架-混凝土墙结构中的框架部分，其抗震等级宜按相应的抗震等级规定提高一级。

12.4.3 垃圾厂房框-排架结构分析和地震作用计算时，框架柱承担的地震剪力设计值可按各抗侧力构件有效侧向刚度比例分配确定；有效侧向刚度的取值，框架可不折减，垃圾池侧壁混凝土墙可乘以 0.5 的折减系数。

12.5 锅炉及烟气净化间

12.5.1 锅炉及烟气净化间一般为单层空旷钢结构房屋，主要由横向、纵向抗侧力体系组成，其中横向和纵向抗侧力体系可采用框架-中心支撑体系。

12.5.2 钢结构主厂房结构布置和支承形式应保证结构具有合理的传力途径和整体稳定性；平面结构应设置平面外的支撑体系；格构柱的柱网布置在纵向及横向宜对齐。

12.5.3 柱间支撑的间距应根据建筑的纵向柱距、受力情况和安装条件确定。当房屋高度相对于柱间距较大时，柱间支撑宜分层设置。柱间支撑的抗震验算及抗震构造措施应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

12.5.4 结构的布置，应符合下列各项要求：

- 1 应能将屋盖的地震作用有效地传递至下部支承结构。
- 2 结构布置宜均匀对称，避免形成薄弱部位，产生过大的内力、变形集中；对于可能出现的薄弱部位，应采取措施提高其抗震性能。
- 3 宜优先采用两个水平方向刚度均衡的空间传力体系。
- 4 宜采用轻型屋面系统。

12.5.5 当屋盖分区域采用不同的结构形式时，交界区域的杆件和节点应加强；也可设置防震缝。

12.5.6 当采用框架-支撑结构体系时，宜采用刚接埋入式柱脚，6、7度且高度不超过50m时，也可采用外露式刚接柱脚。

主要引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
 - 2 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
 - 3 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
 - 4 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
 - 5 《钢结构设计标准》 GB 50017
 - 8 《烟囱工程技术标准》 GB 50051
 - 11 《建筑结构可靠度设计统一标准》 GB 50068
 - 12 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
 - 12 《发电厂土建结构设计规程》 DL5022
 - 13 《火力发电厂与变电站设计防火标准》 GB 50229
 - 14 《电力设施抗震设计规范》 GB 50260
 - 15 《大中型火力发电厂设计规范》 GB50660
 - 15 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
 - 17 《建筑基桩检测技术规程》 JGJ106
 - 18 《电力工程基桩检测技术规程》 DL/T5493
- 《工程结构通用规范》 GB 55001-2021
- 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 《组合结构通用规范》 GB 55004
- 《钢结构通用规范》 GB 55006
- 《砌体结构通用规范》 GB 55007
- 《混凝土结构通用规范》 GB 55008

中国电机工程学会标准

生活垃圾焚烧处理工程土建结构设计标准

DL 5-20XX

条文说明

目 次

4 荷载与作用	36
4.1 一般规定	36
4.2 楼面和屋面活荷载	36
4.3 设备与管道荷载	39
4.4 垃圾池储料荷载	40
4.5 吊车荷载	50
5 地基与基础	51
5.2 地基计算	51
6 垃圾厂房	52
6.1 一般规定	52
6.2 垃圾储料跨结构布置	52
7 锅炉及烟气净化间、除渣间	54
7.1 一般规定	54
7.2 锅炉及烟气净化间	54
7.3 除渣间	54
8 汽机房	55
8.1 基本规定	55
8.2 结构计算	55
9 垃圾运输坡道	57
9.1 一般规定	57
9.2 结构设计及计算	57
9.3 构造规定	57
10 烟囱	59
10.2 烟囱的防腐蚀措施	59
10.3 钢烟囱和钢筋混凝土异形烟囱	60

11 渗滤液处理站	61
12 抗震设计	63
12.4 垃圾厂房	63
12.5 锅炉及烟气净化间	63

4 荷载与作用

4.1 一般规定

4.1.2 工程中通常将对结构产生各种效应的原因统称为结构上的作用,包括直接作用和间接作用。直接作用是指施加在结构上的集中力或分布力,例如结构自重、楼面活荷载和设备自重等;间接作用是指引起结构外加变形或约束变形的作用,如温度的变化、混凝土的收缩或徐变、地基的变形、和地震等。其中由直接作用习惯上称为荷载,本标准主要对直接作用进行规定,因此统一用荷载来表述结构上的作用。

根据现行国家标准《工程结构通用规范》GB55001、《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定,并结合垃圾发电厂的特点,将位置固定的设备和管道的自重归属为永久荷载(包括设备和管道的自重,设备和管道中的固定填充物重,附件及保温的自重),将设备和管道的其他荷载(包括设备和管道中的介质荷载,设备运行荷载,动力荷载,设备摩擦力及管道推力等)归属为可变荷载。当工艺专业不能区分提供设备和管道的自重及其他荷载时,可将设备和管道荷载统一按可变荷载考虑,此时设备和管道荷载的基本组合分项系数可适当降低。

对于地下水浮力的作用类别目前国内工程界尚无明确的定论。实际上,地下水浮力是介于永久、可变之间的一类作用,参考《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476,本标准将其归为永久作用。按照国家现行有关标准的规定,通常将多遇地震作用归属于可变作用范畴中,将罕遇地震作用归属于偶然作用范畴中。

4.1.5 根据垃圾发电厂运行特点,将设备和管道荷载分为正常运行工况可变荷载和非正常运行工况可变荷载,以便确定恰当的荷载效应组合。正常运行工况可变荷载在结构使用过程中一定出现,且持续期很长,其持续期一般与设计使用年限为同一数量级,它对应于持久设计状况。非正常运行工况可变荷载在结构使用过程中出现概率较大,但与设计使用年限相比,其持续期很短,它对应于短暂设计状况。机组非正常运行时,由设备和管道产生的荷载,如设备管道的事故积粉(积灰)荷载、水压试验荷载、事故满水荷载和一般电气设备的短路电流荷载等,应按非正常运行工况可变荷载考虑。

4.2 楼面和屋面活荷载

4.2.1 垃圾发电厂建(构)筑物的楼(地)面活荷载,是指采用正常的安装和检修措施时产生的楼(地)面等效均布活荷载,是在生产、检修和施工安装过程中,由设备、管道、材料堆放和运

输工具等产生的荷载,均应由工艺专业提供。作用于土建结构上的设备和管道支吊架等荷载,属于设备和管道荷载,需由工艺专业提供。当工艺专业不能够提供生产区域的楼(地)面等效均布活荷载时,设计可按按照本标准表 4.2.1 采用。

在进行综合厂房的主结构设计时,楼屋面荷载可采用表中的等效均布荷载,并考虑工艺专业提供的设备荷载及主要的管道荷载;在进行楼板及肋梁设计时,楼屋面荷载可采用表中的等效均布荷载,及全部的设备及管道荷载。对于配电室及电缆夹层楼面活荷载,表盘、低压开关柜等一般设备荷载可不再考虑,电缆夹层的电缆荷载不再重复计入。无设备及管道的厂房楼面和工作平台区域,可仅采用操作荷载,包括操作人员、一般工具、零星原料,可按均布活荷载计入,但不宜小于 2.0kN/m^2 。

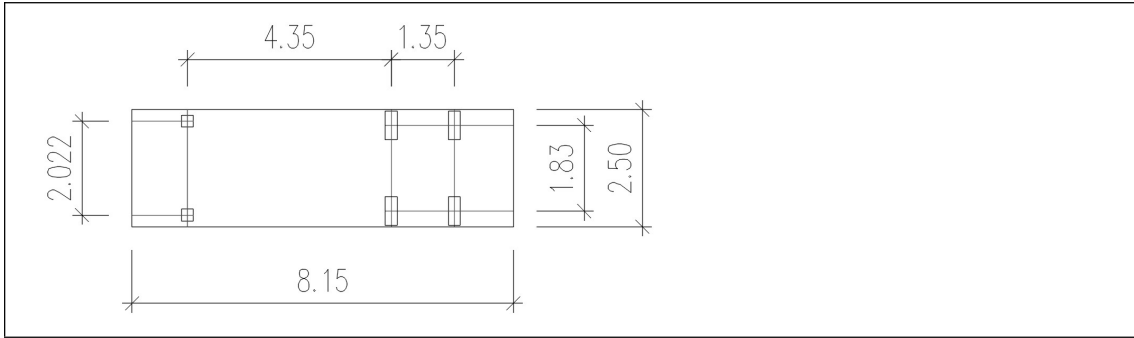
4.2.4 垃圾运输坡道荷载

1 不同项目受地域、规模等影响,环卫垃圾车辆的吨位相差很大,车型众多;同时国内也没有标准的垃圾车规范性文件可供依据,因此荷载确定之前应取得项目当地最大垃圾车相关资料,并综合考虑远期发展情况。

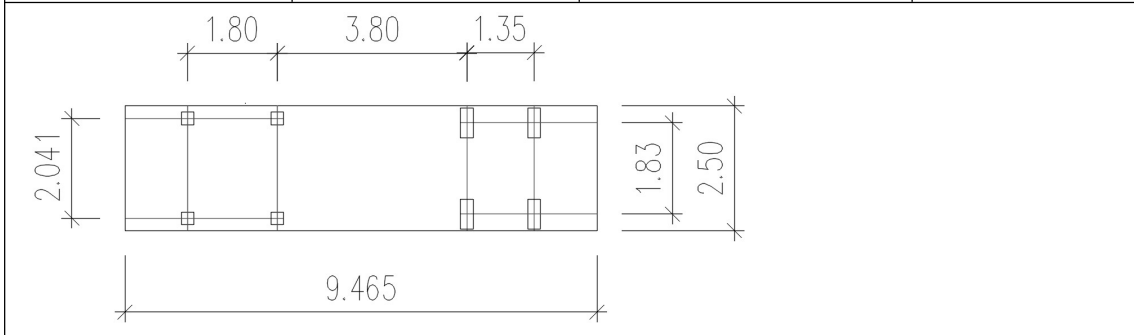
部分垃圾车尺寸及重量参数参考:

外形尺寸 (长 x 宽 x 高)	6620x2480x3230	满载总质量(kg)	16000
轴距 (mm)	3800	满载前轴重 (1 轴) (kg)	6000
轮距(前/后) (mm)	1800/1860	满载后轴重 (2 轴) (kg)	10000

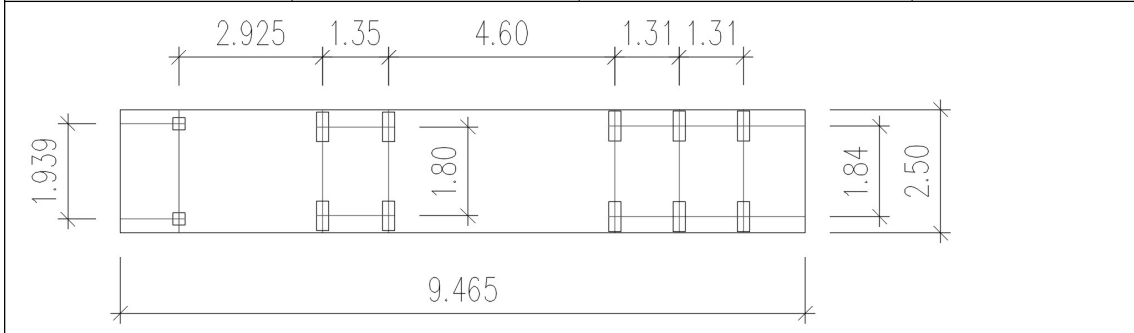
外形尺寸 (长 x 宽 x 高)	8150x2500x3160	满载总质量(kg)	25000
轴距 (mm)	4350+1350	满载前轴重 (1 轴) (kg)	7000
轮距(前/后) (mm)	2022/1830	满载后轴重(2、3 轴)(kg)	16000



外形尺寸（长 x 宽 x 高）	9465x2500x3150	满载总质量(kg)	31000
轴距（mm）	1800+3800+1350	满载前轴重(1、2轴)(kg)	13500
轮距(前/后)（mm）	2041/2041/1830	满载后轴重(3、4轴)(kg)	17500



外形尺寸（长 x 宽 x 高）	13945x2550x3380-4000	满载总质量(kg)	49000
轴距（mm）	2925+1350+4600+1310+1310	满载前轴重（1轴）（kg）	7000
轮距(前/后)（mm）	1939/1800/1840	满载后轴重(2、3轴)(kg)	18000
		满载后轴重(4~6轴)(kg)	24000



2) 集中荷载方式，依据垃圾车样本将车辆荷载简化为轮压点荷载，每个点荷载着地面积

可取 0.25m×0.25m（单胎）、0.25m×0.6m（并装双胎），点荷载间距依据垃圾车样本中轴间距及轮距确定。将点集中荷载针对板、次梁、主梁、柱及基础分别进行单车或多车的最不利布置。当进行多车布置时车辆横向及纵向最小净距可取 0.6m。

2) 均布荷载方式，根据垃圾车最大轮压、板布置形式及板跨等参数确定等效均布荷载并施加于结构板上。当采用等效均布荷载进行计算时，次梁、主梁、柱及基础的计算荷载应分别根据具体情况进行折减。

4 汽车水平制动力和汽车离心力可按下述方式考虑：

汽车水平制动力可按一单独结构单元内可能同向行驶汽车总重力（不考虑动力系数）的 10% 确定，制动力的着力点在坡面以上 1.2m 处。

坡道曲线段汽车荷载引起的离心力标准值按设计垃圾车车辆荷载（不考虑动力系数）标准值乘以离心力系数 C 计算。离心力系数按下式计算：

$$C = \frac{v^2}{127R}$$

式中：v——设计速度（km/h），应按坡道设计速度采用；

R——曲线半径（m）。

离心力着力点在车道面以上 1.2m 处；为计算简便也可移至车道面上，不计由此引起的作用效应。

4.3 设备与管道荷载

4.3.1 位置固定的设备和管道的自重归属为永久荷载，设备和管道的其他荷载归属为可变荷载。设备的自重即为设备制造厂家正式设计图纸或资料中标注的设备总重，管道的自重包括管道、保温层、管道零部件及附件的重量。设备和管道内介质荷载是指如水（油）箱、换热器中的水（油）重、除尘器灰斗中的灰重、给料仓中的燃料重、管道中的水（灰）重等。设备运行荷载包括正常运行时设备的扭矩反作用力、与设备相连的管道因位移、自重和持续外荷载产生的作用于设备上的竖向作用力。设备和管道的水平荷载可分为可平衡水平荷载和不可平衡水平荷载两种类型，工艺专业提资时应明确注明荷载工况、荷载类型以及荷载的大小、方向和作用点，以便结构设计人员判断水平荷载是否同时出现、是否平衡，并正确输入计算分析程序。对于水平荷载作用点处的埋件、结构构件及其连接承载能力计算，则不论水平荷载是否为可平衡水平荷载，计算时均应考虑。

4.3.4 各类动力设备进行平动、转动、往复运动或冲击作业时，作用在其支承结构或基础上的动力荷载值或相关参数，应由设备制造厂提供，或按现行国家标准《动力机器基础设计标准》GB50040、《建筑振动荷载标准》GB/T51228 等的有关规定。

设置在结构楼面上的动力设备，除了其中部分设备转速低、功率小、扰力值很小，其动力作用的影响可以忽略不计外，多数大、中型机器设备均应进行工程结构的动力计算，并需要采取有效的隔振措施。根据实践经验，支承在混凝土楼板上的动力设备，当具备下列条件之一时楼盖可以不进行动力计算：(1)设备转速较低(一般小于 200r/min)，且功率较小(一般在 75kW 以下)，以及标准扰力值小(一般为 100N)时；(2)设备转速、功率及扰力值虽然较前款稍大，但动力设备支承结构的自振频率与设备的扰力频率比值小于 0.70 或大于 1.30 时。当具有以上条件可不进行结构的动力计算，可将动力设备的重量或运动部分重量及机器中的物料重量乘以动力系数，作为等效静力计算荷载进行验算。不满足以上条件时，应按现行国家标准《工业建筑振动控制设计标准》GB50190，对工业建筑楼盖进行振动控制设计。

4.4 垃圾池储料荷载

4.4.1 垃圾池内垃圾重度的取值

垃圾重度是垃圾池结构设计的关键指标之一。在城市生活垃圾的收集、运输、堆积和沉降的过程中，垃圾重度是不断变化的。因此，垃圾重度的合理取值以及取值方法是否科学合理，对于垃圾电厂垃圾处理系统的设计及其技术经济评价的合理性和垃圾池结构设计的可靠性影响很大。

我国工程上所采用的垃圾重度有堆积重度、压实重度和沉降重度。堆积重度为垃圾自然堆积状态下、未经外力压实的单位体积的垃圾重量，俗称容重。压实重度为垃圾在填埋场经机械压实后单位体积的垃圾重量；沉降重度是指填埋场垃圾经过多年的生物发酵分解后，逐渐沉降形成的相对稳定的重度。在垃圾焚烧厂垃圾池中，垃圾未经专门设备压实的进厂垃圾视为堆积重度。

垃圾的堆积重度因垃圾成分不同而存在较大的差异。目前，我国工程结构设计中，生活垃圾的堆积重度多采用 $4.0\sim 7.0\text{kN/m}^3$ 。国内对各个城市生活垃圾的堆积重度以及卫生填埋场垃圾的压实重度研究较多，但对生活垃圾焚烧厂中垃圾的堆积重度研究较少。

国内相关统计资料表明，城市新鲜垃圾的重度较小，大约为 $1.6\text{kN/m}^3\sim 3.5\text{kN/m}^3$ ，且与各地的生活习惯和垃圾成分有很大的关系，东部或南部沿海地区的垃圾重度较小，而西部和北方地区的垃圾重度较大，且各地垃圾随季节而有所不同。新鲜垃圾由收集站、经中转站运送至垃圾焚烧厂垃圾池堆积，当垃圾达到一定的堆积高度时，堆积在下层的垃圾由于受到上层垃圾的压缩而使其重度增大，越靠近垃圾池底，垃圾的堆积重度越大。同时在堆积过程中，

随着堆积时间增加，垃圾发酵产生部分沉降，垃圾堆积重度也会明显增加。

根据目前收集的资料可知，目前国内对垃圾电厂垃圾池内垃圾重度的取值差异较大。本规范编制过程中，分别在湖南岳阳、湖北孝感和河北任丘选择三个生活垃圾发电厂对垃圾池内垃圾的堆积高度、垃圾对池底的竖向压力和对池壁的侧向压力进行监测。

(1) 池底竖向压力的监测结果。

根据监测结果，对垃圾池底部竖向压力进行统计分析时，将垃圾超过测点的高差分为 0.0~7.0m、7.0~14.0m、14.0~21.0m、21.0~23.0m、23.0~26.0m 和 26.0~29.7m 等六个区段，对各区段的样本数据进行统计分析，结果见表 1。

表1 三个垃圾池在不同垃圾堆高下的池底竖向压力统计结果

湖南岳阳		河北任丘		湖北孝感	
垃圾堆高(m)	竖向压力(kN/m ²)	垃圾堆高(m)	竖向压力(kN/m ²)	垃圾堆高(m)	竖向压力(kN/m ²)
5.529	31.6	6.150	28.1	4.725	21.0
12.164	65.4	10.651	54.1	11.560	67.1
16.814	98.3	17.157	92.6	16.446	96.1
22.381	151.7	22.098	124.7	22.000	139.3
24.372	174.4	24.873	143.2	24.500	160.2
28.449	225.3	28.350	171.8	28.050	192.3
29.750	241.6	30.700	191.2	30.100	210.8

由表 1 可以看出，由于各地垃圾种类或垃圾含水率差异较大，在不同垃圾堆高下，垃圾池池底的竖向压力相差较大。其中，以湖南岳阳垃圾池池底的竖向压力为最大，当垃圾堆满时，池底竖向压力的平均值为 241.6kN/m²，主要可能是由于湖南地区气候湿润，垃圾中含水率较高，导致垃圾重度较大，池底竖向压力较大。

湖北孝感地区的气候与湖南岳阳地区的气候虽然类似，但湖北孝感垃圾池在监测过程中，垃圾池中堆放的垃圾是从垃圾中转站运来的新鲜垃圾和周边垃圾填埋场的垃圾按一定比例混合堆放，一方面导致垃圾的含水率较低，垃圾重度有所降低；另一方面，由于垃圾填埋场中的垃圾经压缩挤密和发酵后，其重度有所增加。受上述两个方面的影响，当垃圾堆满时，池底竖向压力估算值为 210.8kN/m²。

河北任丘垃圾池地处河北省东南部，气候干燥，垃圾中含水率较低，导致垃圾重度较小，当垃圾堆满时，池底竖向压力的平均值为 191.2kN/m²，在三个垃圾池中池底竖向压力值为最小。

为了直观地描述底板竖向压力随垃圾堆高的变化规律，根据表 1 的统计结果，给出不同垃圾堆高下底板竖向压力平均值的关系图，如图 1 所示。

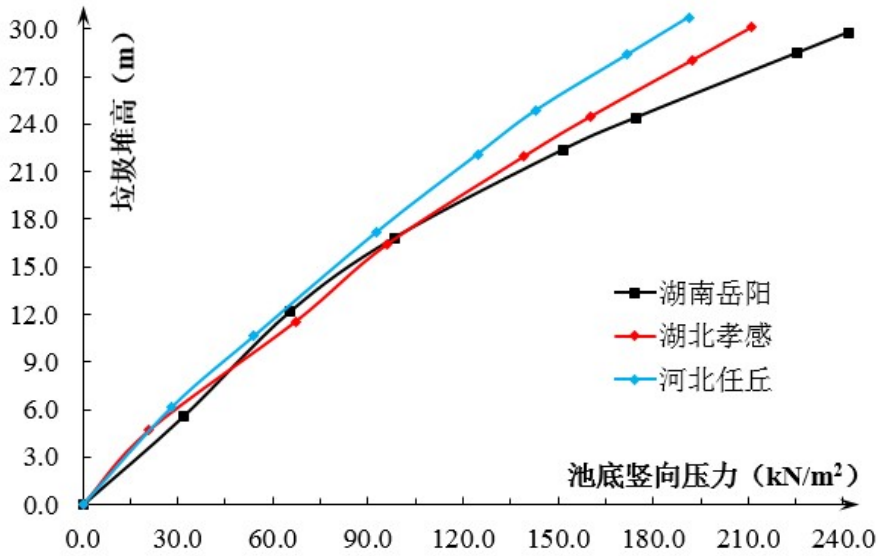


图1 垃圾池底板竖向压力随垃圾堆高的变化趋势

(2) 垃圾平均重度和分层重度

根据池底竖向压力的统计结果及相应的垃圾堆高，以竖向压力平均值除以相应的垃圾堆高，获得相应垃圾堆高下的垃圾平均重度 $\bar{\gamma}$ ，三个垃圾池中垃圾堆积重度的统计结果汇总于表 2 中。

表2 三个垃圾池在不同垃圾堆高下的平均重度和分层重度对比

湖南岳阳			河北任丘			湖北孝感		
垃圾堆高	平均重度	分层重度	垃圾堆高	平均重度	分层重度	垃圾堆高	平均重度	分层重度
m	kN/m ³	kN/m ³	m	kN/m ³	kN/m ³	m	kN/m ³	kN/m ³
5.529	5.86	5.86	6.150	4.58	4.58	4.725	4.27	4.27
12.164	5.50	5.20	10.651	5.02	5.61	11.560	5.68	6.65
16.814	5.74	6.38	17.157	5.41	6.05	16.446	5.94	6.58
22.381	6.80	10.00	22.098	5.65	6.48	22.000	6.33	7.49
24.372	7.13	10.80	24.873	5.76	6.68	24.500	6.54	8.36
28.449	7.98	13.10	28.350	6.06	8.19	28.050	6.86	9.03
29.750	8.12	11.12	30.700	6.23	8.23	30.100	7.00	9.03

注：湖南岳阳、河北任丘和湖北孝感垃圾池的池顶相对标高分别为 24.750m、24.700m 和 24.100m，卸料平台相对标高均为 8.000m。

垃圾平均重度是指当垃圾堆高至某一区段时，从垃圾顶面到垃圾池底这一范围内垃圾堆积物的重度平均值。目前在工程结构设计中，根据垃圾重度的分布特点，采用垃圾分层重度，即当池中垃圾堆高至某一区段，垃圾的重度沿高度分层取用不同的值进行计算。因此，为便于工程应用，按垃圾堆高将垃圾重度分层取为常值对垃圾池结构进行设计，即根据垃圾堆高

在某一位置时自池底至垃圾顶面的平均重度 $\bar{\gamma}$ 的计算结果,从第一个分层区段开始,采用递进法,按照层间应力差依次计算各层垃圾的分层重度 γ_i 。

计算垃圾分层重度的方法和步骤如下:

1) 当垃圾堆高达到某一区段,根据垃圾的平均重度 $\bar{\gamma}_i$ 乘以该区段内垃圾超过测点高差的平均值 H_i ,得到垃圾分层层底的平均竖向应力值 $\bar{\gamma}_i H_i$;

2) 从第1个分层区段开始,按式(1)计算相邻分层区段的竖向应力差 $\bar{\gamma}_i H_i - \bar{\gamma}_{i-1} H_{i-1}$;

3) 计算相邻分层区段垃圾堆高的高差,得到垃圾分层堆积高差 $h_i = H_i - H_{i-1}$,用相邻分层区段内的竖向应力差除以垃圾分层高度 h_i ,即可获得该分层区段内的垃圾堆积重度;

$$\gamma_i = \frac{\bar{\gamma}_i H_i - \bar{\gamma}_{i-1} H_{i-1}}{H_i - H_{i-1}} = \frac{\bar{\gamma}_i H_i - \bar{\gamma}_{i-1} H_{i-1}}{h_i} \quad (1)$$

按照上述步骤求得垃圾的分层重度 γ_i ,结果也列入表2中。由表2的计算结果可以看出:

根据相应垃圾堆高下垃圾平均重度的统计结果可知,在总体趋势上,随着垃圾堆高的增加,垃圾平均重度基本上呈逐渐增大的趋势,不同分段高度下垃圾平均重度的变化范围:湖南岳阳垃圾池的垃圾平均重度在 $5.50\text{kN/m}^3 \sim 8.12\text{kN/m}^3$;河北任丘垃圾池的垃圾平均重度在 $4.53\text{kN/m}^3 \sim 6.23\text{kN/m}^3$;湖北孝感垃圾池的垃圾平均重度在 $4.27\text{kN/m}^3 \sim 7.00\text{kN/m}^3$ 。

相应垃圾堆高下垃圾的分层重度分别为:湖南岳阳垃圾池的垃圾分层重度在 $5.20\text{kN/m}^3 \sim 13.10\text{kN/m}^3$ 之间;河北任丘垃圾池的垃圾分层重度在 $4.53\text{kN/m}^3 \sim 8.23\text{kN/m}^3$ 之间;湖北孝感垃圾池的垃圾分层重度在 $4.27\text{kN/m}^3 \sim 9.03\text{kN/m}^3$ 之间。

三个位于不同地区的垃圾池中,垃圾分层重度差异较大。在卸料平台以下,位于湖南垃圾池的垃圾分层重度最大,位于河北垃圾池的垃圾分层重度最小,湖北虽然地理位置偏于南方,但在监测期间,垃圾池中堆放的垃圾包括从中转站运来的新鲜垃圾和附近填埋场运来的经长期发酵的垃圾,其垃圾重度介于二者之间。产生这种差异的原因可能是由于三个地区的垃圾含水率有较大差异,同时,三个垃圾池中堆放垃圾的来源和种类对垃圾重度也有较大影响;在卸料平台以上,三个垃圾池的垃圾分层重度差异较小。

随着垃圾堆积高度的增加,总体上三个垃圾池中的垃圾平均重度和分层重度呈逐渐增大的趋势,这主要是由于:其一,由于垃圾堆高的增加,下层垃圾逐渐被压实;其二,垃圾中含有的水分或垃圾发酵过程中产生的渗滤液,在重力作用下逐渐渗透到下层垃圾中,导致下层垃圾的重度增加。因此,在垃圾池结构设计中,按照垃圾堆高分层采用不同的重度进行设计是合理的。

(3) 国内相关文献对垃圾重度的取值。

考虑生活垃圾的一些物理特性和垂直分布的特点,根据已有工程经验,国内相关文献给

出了不同高度的垃圾重度的取值建议，如表 3 所示，表中还同时给出了侧压力系数的取值。

表3 相关资料给出的垃圾重度和侧压力系数建议值

数据来源	控制位置	垃圾堆高/m	垃圾重度(kN/m ³)	竖向压力(kN/m ²)	侧压力系数	侧向压力(kN/m ²)	备注
中国恩菲工程技术有限公司	垃圾池顶	0.00	3.0	0.0	0.18	0.0	某项目试验资料
	—	2.50	3.0	7.5	0.18	1.36	
	—	5.00	4.0	27.5	0.18	4.95	
	—	5.00	5.0	52.5	0.18	9.45	
	卸料平台	5.04	8.0	92.8	0.18	16.76	
	±0.000	6.96	10.0	162.4	0.53*	86.36	
	垃圾池底	6.70	10.0	229.4	0.41*	93.06	
光大生态环境设计研究院	垃圾池顶	0.00	4.5~5.0	0.0	0.2~0.3	0.0	结合筒仓标准和已建工程推算
	卸料平台	17.45	4.5~5.0	78.5~87.3	0.2~0.3	15.7~26.2	
	±0.000	8.50	5.0~6.0	121.0~138.3	0.3~0.4	36.3~55.3	
	垃圾池底	6.00	15.0~16.0	211.0~234.3	0.4~0.6	84.4~140.6	
华北电力设计院	垃圾池顶	0.00	4.0	0.0	0.3	0.0	根据工程经验确定
	—	7.70	4.0	30.8	0.3	9.2	
	—	6.00	5.0	60.8	0.3	18.2	
	卸料平台	6.00	6.0	96.8	0.3	29.0	
	±0.000	7.00	7.0	145.8	0.3	78.0	
	-2.000	2.00	10.0	165.8	1.0	98.0	
	垃圾池底	3.00	10.0	195.8	1.0	128.0	
中国航空规划设计研究总院	垃圾池顶	0.0	3.5	0.0	—	0.0	贵阳垃圾焚烧厂设计取值
	—	3.10	3.5	10.9	0.07*	0.8	
	—	4.50	4.0	28.9	0.20*	5.9	
	卸料平台	6.50	4.5	58.1	0.20*	11.8	
	±0.000	8.00	10.0	138.1	0.66*	91.8	
	垃圾池底	6.00	10.0	198.1	0.77*	152.0	

注：*侧压力系数是根据文中提供的侧向压力与竖向压力计算获得。

由表 3 结果可以看出，国内相关资料对垃圾池内垃圾重度的取值与表 2 检测结果基本一致。

1) 在卸料平台以上，国内相关资料对垃圾重度的取值略有差异，基本上在 3.0 kN/m³~5.0 kN/m³ 之间，仅恩菲公司根据某项目的试验资料，取卸料平台处的垃圾重度为 8.0kN/m³，略高于三个垃圾池的监测结果。产生差异的原因可能是与垃圾焚烧厂所在位置的垃圾含水率有关。

2) 在卸料平台以下，由表 3 可以看出，国内相关资料对垃圾重度的取值差异较大，在 5.0 kN/m³~16.0 kN/m³，大部分资料根据 RISN-TG009-2010《生活垃圾焚烧技术导则》的要求，对卸料平台以下的垃圾重度取为 10.0 kN/m³，略低于湖南垃圾池卸料平台以下的监测结

果，但高于湖北垃圾池和河北垃圾池卸料平台以下的监测结果。产生这种差异的原因还是由于垃圾焚烧厂所在位置的垃圾含水率有较大差异，同时，三个垃圾池中堆放垃圾的来源和种类对垃圾重度也有较大影响。

光大生态研究院结合规范 GB 50077-2017《钢筋混凝土筒仓设计标准》和已建成投运的工程推算，自卸料平台至±0.000m处，垃圾重度取为 5.0 kN/m³~6.0 kN/m³；自±0.000m处至垃圾池底，垃圾重度取为 15.0 kN/m³~16.0kN/m³，与国内其他资料的取值有较大差异，同时与三个垃圾池在卸料平台以下的垃圾重度监测结果也有较大差异。

(4) 垃圾分层重度的取值建议。

根据垃圾池内垃圾堆积重度的上述统计结果，同时考虑我国目前工程中对于垃圾重度的实际取值情况，以垃圾堆高在不同分层区段，按垃圾池底竖向压力与实测竖向压力相接近的原则，提出垃圾分层重度的取值建议，见表 4。

表4 垃圾分层重度的取值建议

计算位置	卸料平台以上			卸料平台以下	
	0.0~7.0	7.0~14.0	14.0~卸料平台	卸料平台~地面	地面~池底
垃圾堆高 (m)	0.0~7.0	7.0~14.0	14.0~卸料平台	卸料平台~地面	地面~池底
垃圾重度取值建议 (kN/m ³)	5.0	6.0	7.0	8.0~10.0	10.0~12.0

在卸料平台以上，垃圾分层重度的变化范围较窄，且国内相关资料的取值范围也相对较窄，为便于计算，明确给出卸料平台以上垃圾重度的取值建议，如表 4 所示。

在卸料平台以下，由于不同地区垃圾种类和含水率的差异较大，同时受上部垃圾挤压，不同地区下部垃圾分层重度的变化范围较大，为合理确定垃圾池结构的实际受力情况，根据三个垃圾池垃圾分层重度的统计结果，结合相关资料对垃圾重度的取值建议，以取值范围的方式给出了垃圾重度的取值建议。

由于对垃圾池内池底竖向压力监测中，综合考虑了池内垃圾以及垃圾渗滤液产生的池底竖向压力，由此计算的垃圾分层重度包括了垃圾中渗滤液的重度，即为固液的综合重度，故本标准规定，垃圾重度宜按固液的综合重度取值。

为了比较垃圾分层重度取值建议的合理性，根据垃圾分层重度的建议值和相应垃圾堆高计算了垃圾池池底的竖向压力，并按式 (2) 比较了池底竖向压力计算值与实测值之间的差值百分比。

$$D = \frac{q - q^0}{q^0} (\%) \quad (2)$$

$$q = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (3)$$

式中， q ——垃圾堆高在某一高度时对池底的竖向压力计算值，kN/m²；

q^0 ——垃圾堆高在某一高度时对池底的竖向压力实测值，kN/m²；

D ——垃圾堆高在某一高度时池底的竖向压力计算值与实测值之间的差值百分比，%；

γ_i ——第 i 层垃圾的重度，kN/m³；

h_i ——第 i 层垃圾的高度，m；

n ——垃圾堆高在某一高度时的垃圾分层总数。

按垃圾分层重度的取值建议和由此计算的池底竖向压力 q 及其与相应计算点处竖向压力实测值的差值百分比如表 5 所示。

表5 按垃圾分层重度建议计算池底竖向压力与实测值的对比

垃圾电厂	垃圾堆高(m)	实测值 q^0 (kN/m ²)	重度取值 γ_i (kN/m ³)	计算值 q (kN/m ²)	D (%)	备注
湖南岳阳	5.529	31.65	5.0	27.6	-12.6	垃圾池顶标高 24.750m；池底标高 -5.000m；卸料平台标高 8.000m。
	12.164	65.41	6.0	66.0	0.9	
	16.814	98.30	10.0	96.9	-1.4	
	22.381	151.67	10.0	152.6	0.6	
	24.372	174.36	10.0	172.5	-1.1	
	28.449	224.81	12.0	220.6	-1.9	
	29.750	240.92	12.0	236.3	-1.9	
湖北孝感	4.725	21.0	5.0	23.6	12.3	垃圾池顶标高 24.100m；池底标高 -6.000m；卸料平台标高 8.000m。
	11.560	67.1	6.0	62.4	-7.0	
	16.446	96.1	7.0	92.0	-4.2	
	22.000	139.3	7.0	130.9	-6.1	
	24.500	160.2	10.0	149.6	-6.6	
	28.050	192.3	10.0	185.1	-3.7	
	30.100	210.8	10.0	205.6	-2.5	
河北任丘	6.150	28.1	5.0	30.7	9.6	垃圾池顶标高 24.700m；池底标高 -6.000m；卸料平台标高 8.000m。
	10.651	54.1	6.0	56.9	5.2	
	17.157	92.6	7.0	96.4	4.1	
	22.098	124.7	7.0	131.0	5.1	
	24.873	143.2	8.0	150.6	5.2	
	28.350	171.8	8.0	178.4	3.8	
	30.700	191.2	8.0	197.2	3.2	

根据垃圾分层重度的取值建议方案，由表 5 的计算结果可以看出：当垃圾分层重度按标准建议取值，在不同垃圾堆高下，除垃圾堆高较浅时，池底竖向压力的计算值较相应位置处实测值的差别略微较大外，垃圾的其余堆高下竖向压力计算值与相应位置处实测值基本持平，变化幅度基本上可以控制在±5%以内。因此，可以认为本标准建议的垃圾固液综合分层重度取值总体上是合适的。

4.4.2 垃圾池池壁侧向压力的计算方法

垃圾池池壁受到的侧向压力类似于挡土墙后填土产生的侧向土压力。国内相关文献在计算垃圾对池壁的水平推力进行了论证分析,多倾向于采用静止土压力公式或主动土压力公式进行计算池壁侧向压力,且给出了侧压力系数的经验公式 $k_0=1-\sin \varphi'$ (φ' 为土体的有效内摩擦角)。参考国内相关文献的计算方法,垃圾池池壁在垃圾侧向压力的作用下,地面以下部分由于受外侧填土和基础的嵌固作用,不产生任何方向的变形或者变形较小,池内垃圾和墙后填土基本处于静止状态,故地面以下部分的垃圾池池壁受到的垃圾侧向压力可按静止土压力计算;由于垃圾池平面尺寸较大,属于超长结构,在垃圾侧向压力作用下,地面以上部分将产生与垃圾侧压力方向相同的变形,池壁受到的侧向压力逐渐减小,达到主动极限平衡状态,故地面以上部分的垃圾池池壁受到的垃圾侧向压力可按主动土压力计算。

但由于目前我国垃圾的分类程度不高,导致垃圾池内的垃圾成分复杂,且不同时段垃圾成份的差异也较大,直接采用试验方法确定生活垃圾的抗剪强度指标 c 、 φ (或 φ') 计算垃圾池池壁的侧向压力不便操作,适用性也不强。参照静止土压力和主动土压力的计算表达式,本标准提出了垃圾池池壁侧向压力的计算公式,对于侧向压力系数则根据现场实测方法确定。

4.4.3 侧压力系数的确定

本标准采用现场实测的方法,测定垃圾池池底所受的竖向压力和池壁所承受的侧向压力,分析垃圾池内侧向压力沿池壁高度方向的分布规律,提出可用于实际工程的侧压力系数的取值建议。

由于生活垃圾的复杂性和多样性,同时影响垃圾池池壁侧向压力的因素较多,导致池壁侧向压力的变异性较大。根据统计学中的“ 3σ 准则”,服从正态分布的随机变量,99.73%的数据都落在其平均值 μ 周围3倍标准差 σ 范围内。考虑到池壁侧向压力的离散性较大,按照统计学的“ 3σ ”准则,在对样本数据进行统计分析,剔除落在区间 $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ 之外的少量数据,仅对区间 $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ 之内的数据进行统计,其中, μ 为统计样本的平均值, σ 为统计样本的标准差。

(1) 池壁侧向压力的统计结果。

根据湖南岳阳、河北任丘和湖北孝感三个电厂垃圾池内的垃圾堆高和池壁侧向压力的统计结果,将垃圾堆高分为0.0~7.0m、7.0~14.0m、14.0~21.0m、21.0~23.0m、23.0~26.0m和26.0~29.7m等六个区段,对各区段的池壁侧向压力及相应垃圾堆高列于表6中。

表6 三个垃圾池在不同垃圾堆高下的池壁侧向压力统计结果

湖南岳阳		河北任丘		湖北孝感	
垃圾堆高 (m)	侧向压力 (kN/m ²)	垃圾堆高 (m)	侧向压力 (kN/m ²)	垃圾堆高 (m)	侧向压力 (kN/m ²)
4.796	10.1	4.466	7.3	3.733	7.0
10.875	17.1	10.555	20.9	10.530	19.1

17.240	34.0	17.009	40.9	15.715	38.3
21.783	69.3	21.959	62.6	22.000	69.6
24.749	88.8	24.389	80.6	24.500	90.5
27.555	117.3	28.350	111.3	28.050	124.5
29.750	139.6	30.700	129.4	30.100	144.1

由表 6 可以看出,在不同垃圾堆高下,垃圾池池壁的侧向压力变化规律基本一致。但由于各地垃圾种类或垃圾含水率差异较大,侧向压力的差异较大。当垃圾堆满时,湖南岳阳的垃圾池池壁侧向压力的平均值为 $10.1 \text{ kN/m}^2 \sim 139.6 \text{ kN/m}^2$,河北任丘垃圾池池壁的侧向压力平均值为 $7.3 \text{ kN/m}^2 \sim 129.4 \text{ kN/m}^2$,湖北孝感垃圾池池壁侧向压力的平均值为 $7.0 \text{ kN/m}^2 \sim 144.1 \text{ kN/m}^2$ 。孝感垃圾池中含有一定比例的经长期堆积发酵的垃圾,池壁侧向压力相对较大;而湖南岳阳垃圾池中垃圾的含水率相对较大,池壁侧向压力次之;任丘垃圾池中垃圾含水率相对较小,池壁侧向压力相对较小。

根据池壁侧向压力的统计结果,以池壁侧向压力为横坐标,距池顶的距离为纵坐标,以垃圾池顶的标高处为坐标原点,将三个垃圾池池壁侧向压力的统计结果绘制于图 2 中,由此可以看出池壁侧向压力的分布规律。

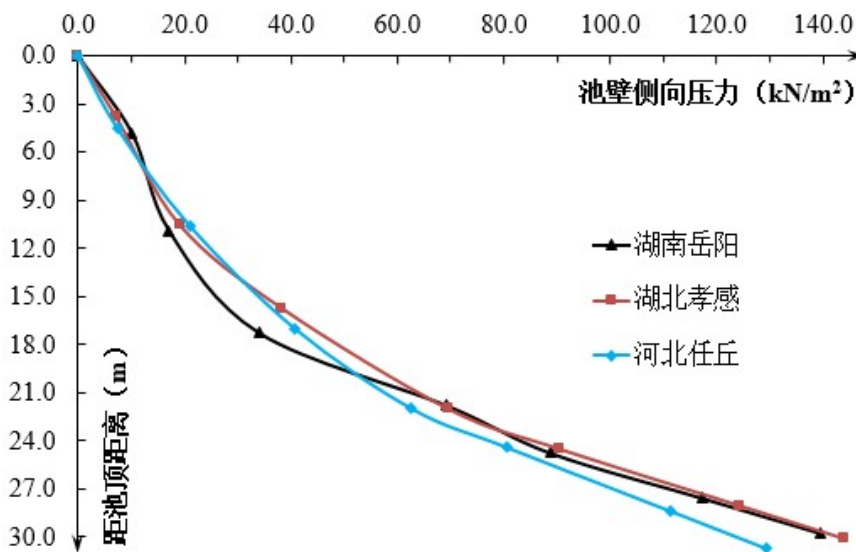


图2 垃圾池池壁侧向压力沿池壁高度的分布

(2) 侧压力系数的取值建议

根据垃圾池池壁上各测点侧向压力的统计结果,同时根据表 2 中竖向压力的统计结果,按线性插值的方法获得与侧向压力相同高度处的竖向压力,然后用相同高度处的侧向压力除以竖向压力即为垃圾对池壁的侧压力系数 k_0 ,三个垃圾池中,垃圾对池壁的侧压力系数 k_0 的计算结果汇总于表 7 中。

表7 垃圾池在不同垃圾堆高下侧压力系数的计算结果

湖南岳阳				河北任丘				湖北孝感			
垃圾堆高 (m)	侧向压力 (kN/m ²)	竖向压力 (kN/m ²)	k_0	垃圾堆高 (m)	侧向压力 (kN/m ²)	竖向压力 (kN/m ²)	k_0	垃圾堆高 (m)	侧向压力 (kN/m ²)	竖向压力 (kN/m ²)	k_0
4.796	10.1	27.4	0.37	4.466	7.3	20.4	0.36	3.733	7.0	16.6	0.42
10.875	17.1	58.9	0.29	10.555	20.9	53.5	0.39	10.530	19.1	60.1	0.32
17.240	34.0	102.4	0.33	17.009	40.9	91.7	0.45	15.715	38.3	91.8	0.42
21.783	69.3	145.9	0.47	21.959	62.6	123.8	0.51	22.000	69.6	139.3	0.50
24.749	88.8	179.1	0.50	24.389	80.6	140.0	0.58	24.500	90.5	160.2	0.56
27.555	117.3	214.2	0.55	28.350	111.3	171.8	0.65	28.050	124.5	192.3	0.65
29.750	139.6	241.6	0.58	30.700	129.4	191.2	0.68	30.100	144.1	210.8	0.68

注：1. 湖南岳阳、湖北任丘和河北任丘孝感垃圾池的池顶相对标高分别为 24.750m、24.700m 和 24.100m，卸料平台相对标高均为 8.000m；

2. 竖向压力是根据标高处的实测竖向压力按线性插值的方法获得；
3. k_0 为侧向压力系数。

由表 7 的计算结果可以看出，从垃圾池池顶开始，由高到低垃圾池池壁侧压力系数总体上呈逐渐增大的趋势，且变化规律基本相同。湖南岳阳垃圾池池壁的侧压力系数在 0.29~0.58 之间，其中，卸料平台以上的侧压力系数为 0.29~0.37 之间，卸料平台以下在 0.33~0.58 之间；河北任丘垃圾池池壁的侧压力系数在 0.36~0.68 之间，其中，卸料平台以上的侧压力系数为 0.36~0.39 之间，卸料平台以下在 0.45~0.68 之间；孝感垃圾池池壁的侧压力系数在 0.32~0.68 之间，其中，卸料平台以上的侧压力系数为 0.32~0.44 之间，卸料平台以下在 0.41~0.68 之间。

根据已有工程经验，国内相关文献建议，池壁侧压力按主动土压力或静止土压力公式计算。但由于垃圾种类的复杂性，垃圾粘聚力 c 和内摩擦角 ψ 难以确定，故相关文献根据已有工程经验，直接给出了不同位置处侧压力系数的取值，如表 3 所示。

恩菲工程公司根据某项目试验资料，取卸料平台以上的侧压力系数 $k_0=0.18$ ，小于三个垃圾池卸料平台以上的计算结果；地面以下需考虑渗滤液渗透压力的影响，根据所提供的侧向压力和竖向压力，求得相应的侧压力系数为 0.40~0.53，略低于表 7 的计算结果。

结合规范 GB50077-2017 和已建成投运的工程推算，光大生态研究院对卸料平台以上的侧压力系数取为 0.2~0.3，卸料平台以下的侧压力系数取为 0.3~0.6。不同位置处的侧压力系数上限值与表 7 的计算结果接近。

根据工程经验，华北院建议地面以上的侧压力系数均取为 0.3，低于表 7 池壁侧压力系数的计算结果；距离池底附近的侧压力系数取为 1.0，高于表 7 池壁侧压力系数的计算结果。

针对贵阳垃圾焚烧项目的设计,中航设计研究总院分别给出了相应位置处的侧向压力和竖向压力设计值,由此求得卸料平台以上的侧压力系数在 0.07~0.20 之间,小于表 7 的计算结果;地面以下的侧压力系数为 0.66~0.77 之间,与表 7 的计算结果基本一致或略高于与表 7 的计算结果。

根据湖南岳阳、湖北孝感和河北任丘垃圾池池壁侧压力系数的上述计算结果,同时,参考我国目前垃圾池结构设计中池壁侧向压力系数的取值,本文提出垃圾池池壁侧压力系数的取值建议:卸料平台以上取侧压力系数 $k=0.35$;卸料平台以下、地面上,可根据当地气候条件和垃圾中含水率的高低,侧压力系数 k 在 0.35~0.50 之间取值;地面以下取侧压力系数 $k=0.55\sim 0.65$ 。

上述池壁侧压力系数的取值充分考虑了卸料平台以上和卸料平台以下垃圾池池壁侧向压力的差异以及池内垃圾渗滤液的分布情况。

4.5 吊车荷载

4.5.2 按现行国家标准《起重机设计规范》GB/T3811 规定,根据起重机(吊车)的使用等级和荷载状态级别两个参数,将工业厂房吊车的实际使用状态划分成 A1~A8 八个级别。当计算 A6 级及其以上工作级别的吊车梁、吊车桁架及其制动结构的强度、稳定性和连接强度时,应计算吊车摆动引起的横向水平力(即卡轨力),并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 的有关规定。

5 地基与基础

5.2 地基计算

5.2.1 垃圾电厂烟囱基础设计应满足国家标准《烟囱工程技术标准》GB/T 50051 的相关规定，其基础埋置深度无明确要求，鉴于垃圾电厂烟囱的特殊性，在满足地基承载力、变形验算和稳定性的前期提下，可根据地区经验适当放宽。

6 垃圾厂房

6.1 一般规定

6.1.4 钢筋混凝土卸料平台和垃圾池具有耐腐蚀性强、气密性好、经济性好等特点，一般情况下垃圾厂房除屋面外的下部结构（含垃圾池）宜优先采用钢筋混凝土结构。高烈度区，可采用型钢混凝土。

6.1.5 垃圾池侧壁、底板都以垂直面外的压力为主要荷载，其整体构造也是类似水池的构筑物，具有很大刚度。垃圾池周边应设置抗侧力的辅助框架，在功能和结构上形成整体，结构分析时做整体分析，关注框架与垃圾池的协同工作。

6.1.6 垃圾池周边的现浇混凝土梁板，对垃圾池具有较大的横隔板加强作用，应充分考虑梁板平面内的受力情况，并采取必要的构造措施。

6.1.7 垃圾池较大且地下水位较高时，其浮力较大，往往需要采取额外的抗浮措施。垃圾池作为垃圾焚烧电厂的核心构筑物，其抗浮稳定需特别关注。

6.2 垃圾储料跨结构布置

6.2.1 垃圾池侧壁的水平荷载大，耐腐蚀性要求高，联合周边框架整体受力更为经济合理。垃圾储料跨跨度较大，一般采用钢结构屋盖；同时考虑其耐腐蚀要求，难以维护，钢构件宜优先采用闭合截面类型。

6.2.3 结合目前工程经验和实际需求，考虑超长混凝土结构对垃圾池抗裂、防渗的不利影响，对单个垃圾池的最大长度做了相应限制。渗滤液收集池一般与垃圾池配合设置，不可通过同一个渗滤液收集池将多个垃圾池联通，形成超长水池结构。

6.2.5 多个实际工程案例显示，垃圾池侧壁在 0 米标高附近有较大水平位移，对周边地坪和地沟产生挤压破坏，应在地坪标高附近设置必要的侧向支撑梁，以减小垃圾池侧壁对周边的挤压变形，也提高了垃圾池本体的抗侧力能力。

6.2.6 垃圾池底部的积水较深时，会大大增加垃圾池的荷载，直接影响到池体的正常使用甚至结构安全；需要对垃圾池运行时的排水措施特别关注，并严格控制积水液面在设计水位以下。

6.2.8 垃圾池长度超过 60m 时，宜进行温度作用计算。

6.2.9 垃圾池、垃圾渗滤液通道、渗滤液池应采取抗渗防腐措施，一般应采用多道防腐抗渗加强措施，常用抗渗防腐做法见表 6.2.9，同时防腐抗渗措施应与项目环评报告一致。

表 6.2.9 可指导设计人员在垃圾池结构设计时选取使用，其中内侧防水层、混凝土结构自身抗渗、外侧防水做法均可以直接使用表格中做法，内侧防腐层根据实际工程情况，结合业主要求和工程造价等因素考虑，选取其中一种做法即可。

表6.2.9 垃圾池抗渗防腐做法

抗渗防腐做法	内侧防腐层	内侧防水层	混凝土结构	外侧防水
常见做法	1.改性聚脲防腐涂料（厚度 1mm），采用配套底漆	1mm 水泥基渗透结晶涂层（满足 PH=4 环境）	抗渗混凝土，抗渗等级 P8，添加微膨胀剂及纤维	防水材料及做法按一级防水选用。具体做法可参考 10J301《地下建筑防水构造》
	2.环氧玻璃钢，厚度 3mm			
	3.树脂玻璃鳞片胶泥，厚度 2mm			
	4.高耐磨环氧玻璃鳞片涂料，厚度 1mm			
	5.环氧煤沥青防腐涂料			
说明：1.玻璃钢的增强材料应采用玻璃纤维毡或玻璃纤维毡与玻璃纤维布复合；复合时的富胶层厚度不应小于玻璃钢厚度的 1/3。玻璃纤维布的含胶量不小于 45%，玻璃纤维短切毡含胶量不小于 70%，玻璃纤维表面毡的含胶量不小于 90%。				

6.2.11 垃圾池内表面在运行期间容易受到垃圾抓斗的撞击和磕碰而受损，宜设置专门的防撞抗裂层以保护垃圾池本体的结构安全，并方便池体维护。

7 锅炉及烟气净化间、除渣间

7.1 一般规定

7.1.1 基于土建与设备安装交叉作业及施工周期的考虑，锅炉及烟气净化间大多采用钢框-排架结构。对施工周期允许、焚烧炉不超过两台工程可采用钢筋混凝土框-排架，抗震设防烈度为 6 度的工程可与垃圾厂房连为一体。

7.1.2 除渣间同时又是垃圾焚烧炉的基础，故宜采用钢筋混凝土现浇框架结构。

7.1.3 飞灰稳定间与烟气净化间整体布置可增大锅炉间与烟气净化间的整体稳定性。飞灰稳定间内飞灰较大、环境恶劣，故应独立封闭。

7.1.4 钢柱及柱间支的耐火极限通常要求达到 2.5h，故采用耐火性能较好的非膨胀型防火涂料，水平钢构件采用膨胀型防火涂料可有效减少涂料荷载。锅炉及烟气净化间屋盖跨度通常较大，故防火设计应基于整体结构耐火验算。

高度不小于 6m、独立空间地（楼）面面积不小于 500m² 的空间可按高大空间火灾升温曲线计算火灾下的烟气温度。网架或桁架屋盖在采用标准升温曲线进行防火计算时通常很难计算通过，解决方法是采用高大空间火灾升温曲线计算，高大空间吸收热能的热容量大，能有效地降低构件温度。高大空间火灾升温曲线计算方法见《建筑钢结构防火技术规范》CECS200。

7.2 锅炉及烟气净化间

7.2.1 锅炉及烟气净化间钢框-排架结构方案应考虑焚烧炉、烟气净化设备、飞灰稳定设备及相应管道的空间关系，同时还需要考虑钢结构安装与设备安装的协调。

7.2.2 锅炉及烟气净化间通常高度较高，钢结构主受力柱采用实腹型钢非常不经济，故宜采用钢格构柱。钢柱间距通常较大，故外侧宜设置横向抗风桁架。抗风桁架与钢柱可固定连接可提高结构整体刚度。

7.2.5 钢结构下部支撑结构宜与屋盖系统相互影响较大，故应该共同建模整体计算。

7.3 除渣间

7.3.1 锅炉对除渣间结构的影响不可忽略。最理想的作法是将锅炉钢架与除渣间整体建模计算，或将锅炉按刚体整体建模。除渣间建筑高度应按锅炉顶标高考虑，除渣间顶板应按转换层考虑，支承锅炉的梁宜按梁托柱转换梁考虑。锅炉通常为室内布置，也需要考虑一定的风载，风载取值按公认的经验值可取 0.2kN/m²。

7.3.2 钢筋混凝土框架结构支承屋架及吊车梁的牛腿处设置通长的纵向框架梁有利于传递地震、吊车水平力，吊车梁牛腿处纵向框架梁亦可作为制动梁或走道板的支点。

7.3.3 除渣间室内空间较为狭长，宜采用钢吊车梁有利于吊车梁安装。

8 汽机房

8.1 基本规定

8.1.1 目前垃圾电厂的汽机房，多与除氧间及加热器平台合建，宜采用钢筋混凝土框排架结构。也偶有汽机房单独建设，加热器平台及除氧间另外设置，此时汽机房可作为单独的排架结构设计。

8.1.2 汽机房应根据《混凝土结构设计规范》(GB 50010)及《建筑抗震设计规范》(GB 50011)相应要求，设置变形缝。考虑到汽轮机震动，汽轮机基座基础及上部应与汽机房整体脱开，避免主体结构受振动影响。

8.1.3 垃圾电厂项目，汽机房屋面跨度一般不会超过 30 米。汽机房屋面采用实腹钢梁有不少应用实例，与钢屋架相比，具有美观和设计制作简单的优点，是近年来最为普遍使用的屋盖形式。

8.1.4 由于汽轮机的震动及噪音问题，汽机房外墙采用砌体结构最为常见。

8.2 结构计算

8.2.1 本条规定是厂房结构必须满足的基本要求，结构构件必须满足承载力、变形、耐久性等要求。对稳定、抗震、裂缝宽度有要求的结果，尚应进行以上内容的核算。

8.2.2 由于工艺布置，汽机房常与除氧间、加热器平台或者检修平台合建，结构体系和荷载分布复杂，采用空间杆系模型进行结构内力分析，能够更准确地反映结构实际受力和变形特征。目前钢筋混凝土主厂房结构空间分析应用还存在进一步研究的必要，因此，可根据工艺设备和结构布置选择有代表性的框架进行平面计算，对空间计算结果进行平面分析验证。

8.2.3 H_t 为柱脚基础顶至吊车梁顶的高度， H 为柱脚基础顶至柱顶的高度。

8.2.4 理论分析及相关试验均表明：现浇钢筋混凝土楼板、钢梁—现浇钢筋混凝土组合楼板的空间作用十分明显，在空间计算模型中应予以考虑。

8.2.5 在主厂房框(排)架的汽机房外侧柱排架方向，其顶部通过屋面梁及钢支撑屋盖系统与框架相连，下部有平台相连，从柱所承受的荷载及上下柱的高度比来看，与单层厂房排架柱有较大差别，与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的取值不同。汽机房外侧柱在垂直排架方向，多采用梁柱刚接的框架结构或框架支撑结构，故本条文表 4. 2. 5 中仅列出梁柱刚接的形式，其他形式可按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定取值。除氧煤仓间框架柱的计算长度系数与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中框架结构的规定一致。

9 垃圾运输坡道

9.1 一般规定

9.1.1 当垃圾运输坡道采用钢筋混凝土框架结构形式时,可按一般构筑物进行计算及采取构造措施;当采用市政桥梁的结构形式时,因已超出现有建筑结构相关规范使用范围,因此应按城市或公路桥梁相关规范要求计算及构造要求。

9.1.2 曲线坡道与卸料平台衔接前留设直线段的目的是保证车辆进入主厂房前能够将车头摆正,避免斜向进入,直线段长度一般不小于一倍车长。

9.1.3 坡道正常柱距不宜过大,以 12m 左右为宜,转弯位置考虑曲梁受扭,柱距可适当减小。

9.1.5 安全考虑,坡道限速不宜过高,以 5.0km/h~10.0km/h 为宜,当坡道限速不超过 5.0km/h 时,可不考虑汽车制动力,弯道离心力的影响。

9.2 结构设计及计算

9.2.6 防撞护栏的设计可参考现行国家标准《城市道路交通设施设计规范》GB50688 和行业标准《公路交通安全设施设计规范》JTG D81 的有关规定。

9.3 构造规定

9.3.4 沥青混凝土面层一般采用双层式铺装,自上而下为细粒式-中粒式;当面层厚度超过 120mm 时,宜采用三层铺装,自上而下为细粒式-中粒式-粗粒式。

9.3.6 表面切缝主要是为了释放面层顶部的温度应力,防止不规则裂缝的产生。

9.3.7 表面刻槽属于防滑措施,增加面层表面的摩擦力。

9.3.8 温度变化引起的结构总伸缩量可按式确定:

$$\Delta L_t = (T_{\max} - T_{\min})\alpha l$$

式中: ΔL_t —温度变化引起总伸缩量

T_{\max} —最高有效温度,按表 8.3.8 取值

T_{\min} —最低有效温度,按表 8.3.8 取值

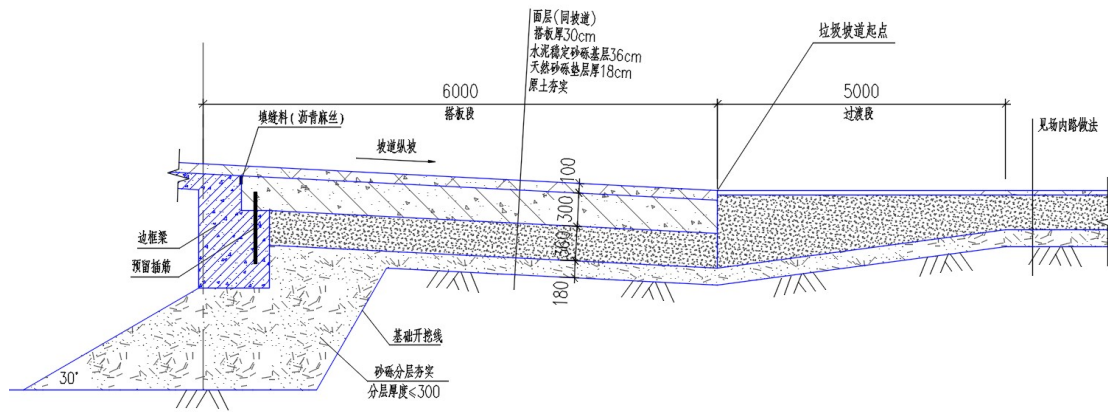
α —材料线膨胀系数,对钢筋混凝土结构取 10×10^{-6}

l —温度区段长度

表 8.3.8 坡道结构有效温度标准值 (°C)

气候分区	钢筋混凝土结构	
	最高	最低
严寒地区	34	-23
寒冷地区	34	-10
温热地区	34	-3

9.3.10 搭板主要防止坡道与路面接缝处的不均匀沉降，从而引起局部路面破坏，车辆颠簸等情况的发生。做法如下图所示。



10 烟囱

10.1 一般规定

10.1.4 烟囱的高度、排气筒管径、烟气流速、烟气温度、排气筒的布置形式由工艺专业确定。烟囱高度还应根据环境影响评价要求，适当考虑工程造价、当地是否有限高等要求来确定。

10.2 烟囱的防腐蚀措施

10.2.1 干法指通过向烟气中喷入干性吸附剂（如消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ），干法烟气净化技术对酸性气体中的 HCL、HF 有较高的去除率，相对来说， SO_x 去除效率较低（脱除效率为 50%），但由于生活垃圾焚烧产生的 SO_x 浓度较低，针对现行的《生活垃圾焚烧污染控制标准》GB 18485，干法工艺完全能够满足 HCL、HF、 SO_x 等酸性气体的排放标准要求。干法烟气净化工艺简单，运行维护方便，初期投资和运行费用少。

半干法脱硫通过喷入消石灰浆液的方式吸附酸性气体，具有净化效率高（脱除效率为 70%）且无需对反应物进行二次处理的优点。该技术在现阶段是最适宜且常用的技术。

随着经济的发展和环保标准的提高，垃圾电厂烟气排放标准更加严格，湿法脱硫（脱除效率为 95%）将 成为一种可选方案。目前湿法脱硫中主要有两种烟气净化流程：一种是湿法塔布置在 SCR 前，需要经 GGH 加热升温再进入 SCR 催化反应，去除 NO_x 及二噁英类，降温后经烟囱排放；一种是湿法塔布置在 SCR 后，经 SCR 去除 NO_x 及二噁英类后进入湿法塔进行进一步的烟气净化脱酸。

10.2.3 防腐蚀措施选用表中的“耐酸砖”指耐酸砖或耐酸砌块。钢或钢内筒的防腐涂层选用中，要注意烟气类别及腐蚀性、检查维修条件、实际使用年限与其防腐性能的协调匹配。钢烟囱的防腐方式除表中所列的不锈钢外，还包括适用于套管及多管式烟囱中的钢内筒的所有防腐内衬。

目前随着生活垃圾焚烧工程的快速发展，许多环保公司在生产和使用过程中积累了成熟的烟囱防腐做法。如深能环保设计导则中规定：（1）对于单炉配置项目采用钢筋混凝土防腐型单筒式烟囱。（2）对于两炉以上配置项目宜采用套筒式、双管式或多管式烟囱。（3）内筒上部 10 米采用不锈钢 316L，其它部位采用 ND 钢(09CuPCrNi)。钢内筒内表面涂刷 OM5 防腐涂料。烟囱内部钢管全部保温，保温采用 90mm 厚玻璃棉，20 米以下外包彩钢板，20 米以上外包锡箔纸。

10.3 钢烟囱和钢筋混凝土异形烟囱

10.3.3 体型复杂、对风荷载敏感或者周边干扰效应明显的新型异形烟囱，其风荷载及风致响应宜通过风洞试验确定。宜优先采用物理风洞试验方法，结合异形烟囱的抗风性能，可采用刚性模型测压试验或测力试验、气动弹性模型试验等；在方案设计和方案优选阶段，也可采用数值风洞模拟方法。风洞试验应符合《建筑工程风洞试验方法标准》JGJ/T338的相关规定。

10.3.4 通常垃圾电厂烟囱的形式是根据工艺专业的要求选择。目前砖烟囱、单筒钢筋混凝土烟囱、套筒式和多管式烟囱及钢烟囱等形式在实际工程中均有应用。鉴于国家标准《烟囱设计标准》GB 50051中已有详尽规定，按国标执行即可。

11 渗滤液处理站

11.1.1 渗滤液处理系统是垃圾电厂主要的恶臭来源之一，因此，有条件时应设置在厂区主导风向的下风向。

11.1.3 生活垃圾渗滤液是垃圾收运和处理处置过程中产生的一种高浓度有机废水，具有污染成分复杂、有机物浓度高、氨氮浓度高、重金属和盐分含量高、变化极不稳定的特点，其对混凝土及钢结构等的腐蚀性应根据渗滤液水质确定。渗滤液水质可参考同类地区垃圾焚烧厂渗滤液水质范围合理选取设计值，对于缺少渗沥液水质资料的地区，可参考表 1 国内典型垃圾焚烧电厂渗滤液处理系统进水水质。

表 1 国内典型垃圾焚烧电厂渗滤液处理系统进水水质

项 目	BOD ₅ mg/L	COD _{cr} mg/L	SS mg/L	NH ₃ -N mg/L	TN mg/L	Cl ⁻ mg/L	TDS mg/L	SS mg/L	PH
指 标	20000	40000	7000~	1000~	3000~	2000~	6000~	7000~	4.0
	~ 40000	~ 80000	20000	2000	14500	8000	20000	20000	~7

11.3.2 考虑到渗滤液处理站内水池对防渗要求较高，一旦渗漏会产生环境污染，因此对混凝土抗渗等级要求进行了适当提高。本条规定的防渗等级为最低要求，防渗等级尚应满足环境影响评价报告书批复文件的要求。

根据目前已建垃圾发电工程的调研，渗滤液处理站内调节池、生化池、硝化池、事故池、浓缩池等接触渗滤液的构筑物池内壁、底板底部及顶部均采取了相应防渗措施，部分工程侧壁外表面也采取了防渗措施，具体防渗范围建议以环评为准，典型做法见下表。

渗滤液池内	底板及侧壁（基层到面层）： 1、防水混凝土底板或侧壁； 2、1.5mm 厚水泥基渗透结晶防水涂层； 3、环氧玻璃鳞片两遍，总厚 200μm。
渗滤液池池外	底板底部（基层到面层）： 1、100mm 厚 C20 混凝土垫层。 2、3mm 厚自粘 SBS 改性沥青防水卷材（两侧反边至高出底板高度 100mm）。

	<p>3、50mm 厚 C30 细石混凝土找平层。</p> <p>4、防水混凝土底板。</p> <p>侧壁外表面（基层到面层）：</p> <p>1、防水混凝土侧壁；</p> <p>2、聚氨酯防水涂料或 SBS 防水卷材</p> <p>3、挤塑聚苯板保护层</p>
--	---

注：防渗措施应满足工程环境影响评价报告书批复文件的要求。

11.3.5 渗滤液处理站是垃圾发电厂恶臭污染源之一，为防止恶臭气体扩散到池外，设备安装口、池体观察口、人孔等孔洞均需进行加盖密封处理。密封措施宜采用水封方式设计，图 11.3.5 给出了洞口水封槽作法供参考，在孔洞四周设围堰并设置盖板，围堰上设置水封槽。

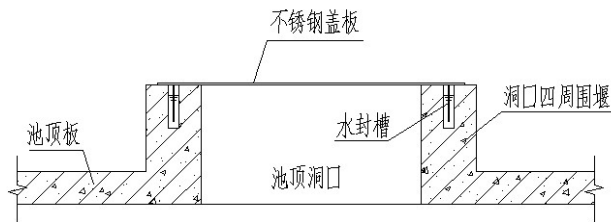


图 11.3.5 洞口水封槽作法参考图

12 抗震设计

12.4 垃圾厂房

12.4.1 垃圾厂房内的垃圾池，具有较大刚度，在满足周边框架与垃圾池形成整体结构的要求下，依据已有工程实践经验和垃圾厂房功能需求，垃圾厂房的最大高度参照了《建筑抗震设计规范》GB 50011 框架-剪力墙结构的相关限值。

12.4.2 参照《建筑抗震设计规范》GB 50011 框架和框架-剪力墙结构类型，明确垃圾厂房相应部分的抗震等级。相比一般火力发电厂，垃圾焚烧发电厂的装机容量较小，重要等级较低，而由于重级工作制抓斗吊的存在，垃圾厂房的抗震等级已提高一级，相对更严格。

12.4.3 垃圾池刚度大，其侧壁在地震作用下起到主要作用，但其面外受弯为主的特点与常规抗震墙承受面内受剪有显著区别，所以考虑对垃圾池的侧向刚度进行折减并加强框架部分。

12.5 锅炉及烟气净化间

锅炉及烟气净化间一般为单层空旷钢结构房屋，侧向刚度较小，一般地震作用小于风荷载的影响。当锅炉及烟气净化间与垃圾厂房有连接时，应进行整体抗震分析并加强连接节点。