

生活垃圾焚烧处理工程土建结构设计标准 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

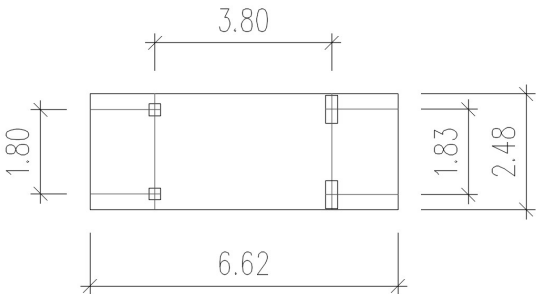
输工具等产生的荷载,均应由工艺专业提供。作用于土建结构上的设备和管道支吊架等荷载,属于设备和管道荷载,需由工艺专业提供。当工艺专业不能够提供生产区域的楼(地)面等效均布活荷载时,设计可按按照本标准表 4.2.1 采用。

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 。

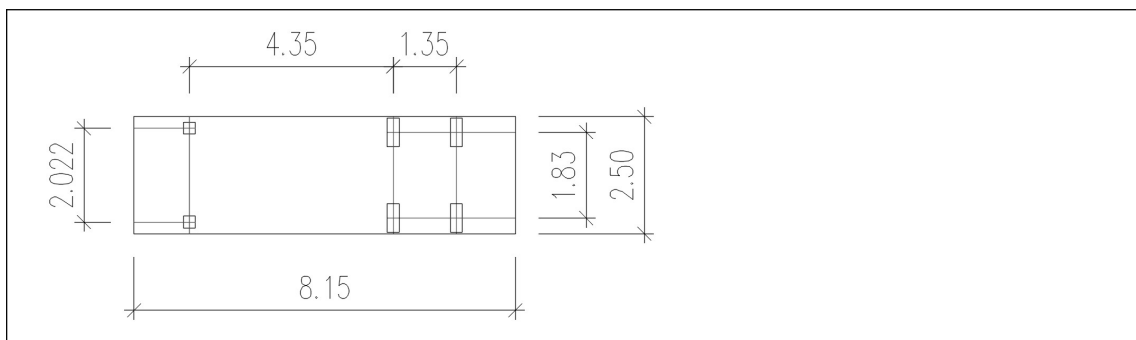
4.2.4 垃圾运输坡道荷载

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
Technical drawing of a vehicle chassis showing dimensions: 1.80, 3.80, 1.35, 2.041, 9.465, 1.83, 2.50.			

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
Technical drawing of a vehicle chassis showing dimensions: 2.925, 1.35, 4.60, 1.31, 1.31, 1.939, 1.80, 1.84, 2.50, 9.465.			

2 1) 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、給料仓中的燃料重、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。

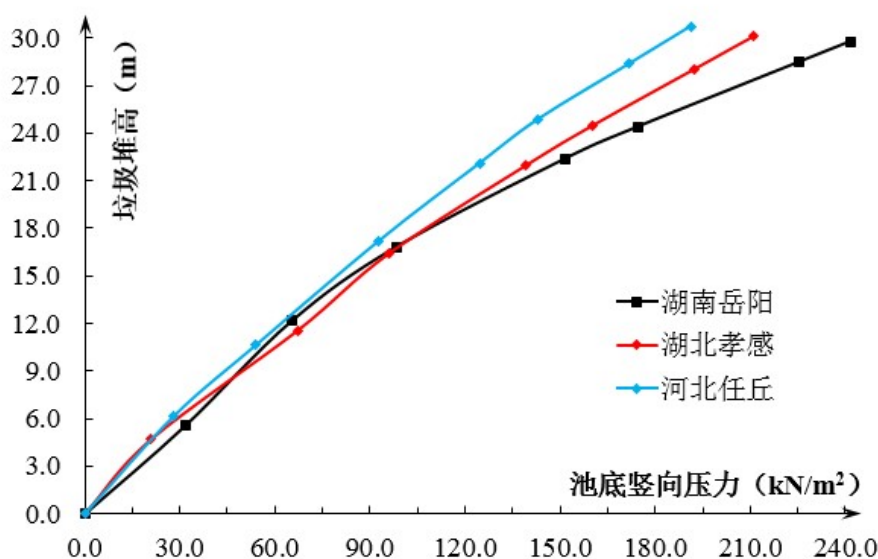


图1 垃圾池底板竖向压力随垃圾堆高的变化趋势

(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 $\bar{\gamma}$ 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	
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。

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

$$q = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \tag{3}$$

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。根据统计数学中的“ 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,按照统计数学的“ 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

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/466131132242010130>