

附件3

《生活垃圾填埋场污染控制标准  
(征求意见稿)》

编制说明

《生活垃圾填埋场污染控制标准》标准修订编制组

2022年2月

# 目 录

一、项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
二、拟修订标准的基本情况.....	1
三、我国生活垃圾填埋与环境管理现状.....	2
3.1 城市生活垃圾填埋场.....	2
3.2 县城生活垃圾填埋场.....	4
3.3 生活垃圾填埋污染控制现状.....	5
四、现行标准存在的主要问题及修订必要性分析.....	5
4.1 现行标准存在的主要问题.....	5
4.2 标准修订必要性分析.....	9
4.3 标准修订目标.....	9
五、国外生活垃圾填埋发展及其环境管理现状.....	10
5.1 国外生活垃圾填埋发展现状.....	10
5.2 国外生活垃圾填埋标准发展现状.....	12
5.3 国外填埋环境管理技术要求.....	13
六、标准修订拟采用的原则、方法和技术路线.....	17
6.1 拟采用的原则.....	17
6.2 拟采用的方法.....	17
七、主要条文说明.....	17
7.1 适用范围.....	17
7.2 规范性引用文件.....	17
7.3 术语和定义.....	18
7.4 选址要求.....	19
7.5 设计、施工与验收要求.....	20
7.6 填埋废物的入场要求.....	21
7.7 运行要求.....	22
7.8 封场及后期维护与管理要求.....	23
7.9 污染物排放控制要求.....	24
7.10 监测要求.....	27
八、修订前后标准比较.....	27
九、修订后标准主要条款与国外标准比较.....	29
十、修订后标准的技术经济和环境效益分析.....	30
10.1 经济效益.....	30
10.2 环境效益.....	30

## 一、项目背景

### 1.1 任务来源

1997年《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889-1997)(以下简称“GB 16889-1997”)的颁布实施,是我国生活垃圾填埋场发展史上的一次历史性事件,它标志着我国生活垃圾填埋场的标准化建设与规范化管理进入了新时代。为适应新时期环境保护要求,强化填埋场环境风险防控,原环境保护部于2008年4月2日修订发布了《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889-2008)(以下简称“GB 16889-2008”)。该标准于2008年7月1日起正式实施,对GB 16889-1997中的填埋场选址、防渗、入场废物要求、污染物排放控制等内容进行了修订和细化。GB 16889-2008的实施,为我国建设标准化、规范化和国际化的填埋场起到了积极的指导和推动作用,为填埋场的环境污染防治与科学管理提供了有力支撑。

GB 16889-2008已经发布实施十余年,随着国民经济的快速发展和城市化进程的不断推进,生活垃圾填埋场的建设速度也大大增加,生活垃圾填埋场的环境无害化运行成为环境监管的重点工作。然而现行标准在设计、建设和运行阶段相继暴露出了一些问题,如渗漏风险高、渗滤液不能稳定达标排放。在此情况下,生态环境部固体废物与化学品司于2019年下达了《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889-2008)的修订任务,由中国环境科学研究院承担该标准的修订编制工作。

### 1.2 工作过程

2019年4月标准修订任务下达后,中国环境科学研究院组建了由同济大学、清华大学、中国城市建设研究院有限公司、中国矿业大学(北京)等单位参加的标准修订编制组,对现行标准的主要问题进行了系统梳理,初步确定了标准修订的主要目标和下一步工作方案。编制组针对主要发达国家生活垃圾填埋环境管理体系进行研究,对国内外生活垃圾填埋的相关标准、规范、技术文件的变化情况进行广泛调研,全面掌握了背景信息。同时,基于我院前期开展的《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889-2008)实施评估工作,掌握了我国生活垃圾填埋环境管理风险节点以及出现的新问题。编制组还通过开展国内生活垃圾填埋场现场调研,对GB 16889-2008中的设计、施工、运行阶段提出关键修改建议,完善生活垃圾填埋环境无害化管理标准体系。2020年1月,标准开题报告通过了论证,同时征求意见稿通过了技术审查,编制组根据审查意见进一步修改完善,提交了《生活垃圾填埋场污染控制标准》(征求意见稿)和编制说明。

## 二、拟修订标准的基本情况

相对于GB 16889-1997,GB 16889-2008增加了防渗层的结构、材料性能、渗漏检测层、防渗层渗漏检测系统以及渗透系数测定方法等条款,并对天然粘土防渗衬层、单层/双层人工合成材料防渗衬层的厚度、防渗系数和材料进行了详细规定,GB 16889-2008的实施主要

起到以下几个作用。

1、填埋场防渗层的铺设有效防范了渗滤液渗漏对地下水和土壤的环境污染。渗滤液是填埋场重点防控的污染物，其主要污染途径为通过填埋场防渗层的渗漏进入土壤和地下水中，从而造成污染。GB 16889-2008 首次明确并提出填埋场防渗层设计、施工要求以及防渗层渗漏检测要求。

2、提升渗滤液达标排放要求，大力推动渗滤液处理技术的进步与创新，大幅削减了渗滤液污染物总量，有效降低了渗滤液污染风险。GB 16889-2008 增加了填埋场应建设渗滤液监测井、渗滤液调节池和雨污分流等系统，并明确提出填埋场应建设渗滤液处理设施、垃圾转运站应设置渗滤液收集和贮存设施等要求。在提高渗滤液排放限值的同时，还增加了总氮、总磷、总汞、总铬等 9 种污染物指标。另外，明确提出自 2011 年 7 月 1 日起，全部填埋场的渗滤液应自行处理，不得进入城市污水处理厂协同处置。

3、填埋气收集与处置利用的环境和社会效益显著，推进了我国填埋气在清洁发展机制（CDM）上的应用，有效促进了温室气体减排。GB 16889-2008 进一步明确了填埋气利用处置要求，规定设计填埋量大于 250 万吨的填埋场应建设甲烷利用设施或火炬燃烧设施，并明确填埋场运行期和封场后均应对填埋气进行导出和利用处置。

4、破解焚烧飞灰无法处置的困境。GB 16889-2008 提出了焚烧飞灰进入生活垃圾填埋场处置的入场要求。极大降低了焚烧飞灰的处置成本，有利于促进焚烧行业的健康发展。

综上，GB 16889-2008 的实施促进了我国生活垃圾填埋场的规范化建设、运营与监督管理，有效降低了填埋场的环境风险。

### 三、我国生活垃圾填埋与环境管理现状

#### 3.1 城市生活垃圾填埋场

##### 3.1.1 填埋场现状

由图 3.1 和表 3.1 可知，目前我国城市生活垃圾无害化处理处置仍以卫生填埋为主。2006 年我国生活垃圾填埋处置量为 6408 万吨，占无害化处理量 7873 万吨的 81.39%。2017 年，我国生活垃圾填埋量增至 1.20 亿吨，占比却下降至 57.23%，填埋处置占比的降低主要归结于焚烧处理技术的大力推广应用。2019 年，我国生活垃圾焚烧处置量首次超过填埋处置量。

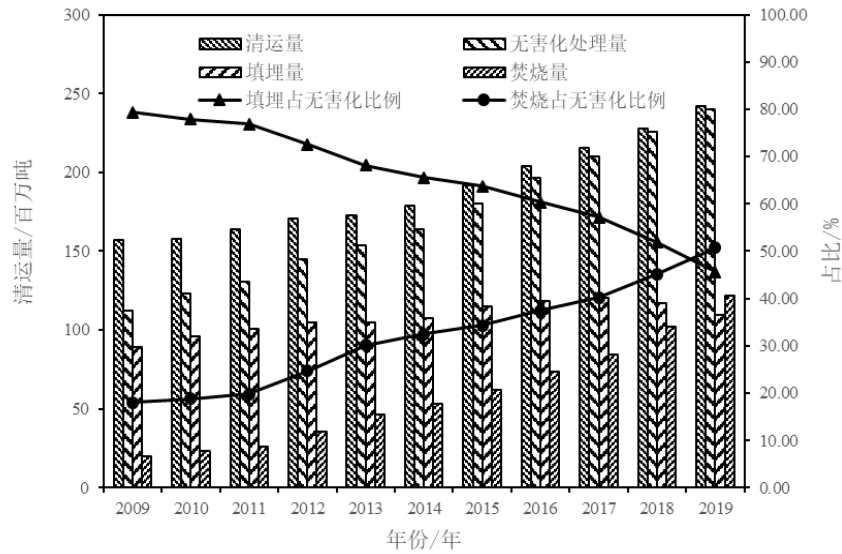


图 3.1 2009 年至 2019 年城市生活垃圾不同无害化处置技术处置量及所占比例

表 3.1 我国城市生活垃圾填埋发展趋势与状况（2006 年~2019 年）\*

项目类别	垃圾清运量(万吨)	无害化处理量(万吨)	填埋场(座)	焚烧厂(座)	填埋量(万吨)	焚烧总量(万吨)	填埋占无害化比例(%)	焚烧占无害化比例(%)
2006	14841	7873	324	69	6408	1138	81.39	14.45
2007	15215	9438	366	66	7633	1435	80.87	15.21
2008	15438	10307	407	74	8424	1570	81.73	15.23
2009	15734	11220	447	93	8899	2022	79.31	18.02
2010	15805	12318	498	104	9598	2317	77.92	18.81
2011	16395	13090	547	109	10064	2599	76.88	19.86
2012	17081	14490	540	138	10513	3584	72.55	24.73
2013	17239	15394	580	166	10493	4634	68.16	30.10
2014	17860	16394	604	188	10744	5330	65.54	32.51
2015	19142	18013	640	220	11483	6176	63.75	34.28
2016	20362	19674	657	249	11866	7378	60.32	37.50
2017	21521	21034	654	286	12038	8463	57.23	40.24
2018	22801.8	22565.4	663	331	11706	10184.9	51.88	45.14
2019	24206.2	24012.8	652	389	10948	12174.2	45.59	50.70

注：\*数据出自《中国统计年鉴》

### 3.1.2 填埋比例

由表 3.2 可知，我国东部地区城市生活垃圾的填埋比例远低于中西部地区，东部、中部和西部地区城市生活垃圾的填埋比例分别为 38.42%、51.89%、58.11%。

表 3.2 2019 年我国东、中、西部地区城市生活垃圾不同无害化处置技术对比\*

地区	东部			中部			西部		
	设施数量(座)	处理量(万吨)	处理量占比(%)	设施数量(座)	处理量(万吨)	处理量占比(%)	设施数量(座)	处理量(万吨)	处理量占比(%)
项目类别									

填埋	305	4954	38.42	177	3625	51.89	170	2369	58.11
焚烧	233	6325	56.80	92	3163	45.28	64	1633	40.05
其他	102	618	4.79	24	197	2.82	15	75	1.84
合计	640	12896	/	293	6986	/	249	4077	/

注：\*数据来自《中国城市建设统计年鉴·2019》。

### 3.2 县城生活垃圾填埋场

#### 3.2.1 填埋场建设情况

2018年全国县级行政区域的无害化处理设施1324座，其中填埋设施1196座，2018年县城生活垃圾无害化处理量为6212万吨，其中填埋总量4994万吨，占比为80.39%。由图3.2可知，我国县城生活垃圾处理设施主要以填埋设施为主。

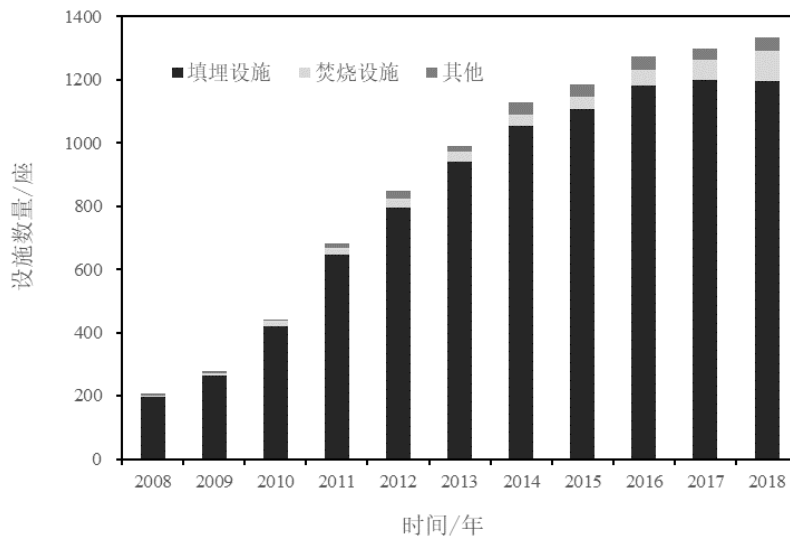


图 3.2 我国县城生活垃圾处理设施数量 (2008~2018)

#### 3.2.2 填埋比例

由表 3.3 可知，2018 年我国东部县城生活垃圾的填埋比例为 72.78%，中部和西部地区的填埋比例更高，分别为 87.60% 和 88.64%，表明填埋处置方式在县城生活垃圾处理中占绝对主导作用。

表 3.3 2018 年我国东、中、西部县城生活垃圾不同无害化处置技术对比\*

地区	东部			中部			西部		
	设施数量 (座)	处理量 (万吨)	处理量占比 (%)	设施数量 (座)	处理量 (万吨)	处理量占比 (%)	设施数量 (座)	处理量 (万吨)	处理量占比 (%)
填埋	444	2216	72.78	254	1455	87.60	498	1319	88.64
焚烧	62	748	24.56	16	153	9.21	9	140	9.41
其他	22	81	2.66	10	53	3.19	9	29	1.95
合计	528	3045	/	280	1661	/	516	1488	/

注：\*数据来自《中国县城建设统计年鉴·2018》。

### 3.3 生活垃圾填埋污染控制现状

渗滤液和恶臭是填埋场主要的次生污染物，其主要污染途径分别为渗漏与无组织排放，对填埋场周边地下水、土壤和人体健康构成潜在危害。

#### 3.3.1 渗滤液

##### (1) 产生源与污染特性

渗滤液是一种含高浓度有机物、高氨氮的废水， $\text{COD}_{\text{Cr}}$  和  $\text{BOD}_5$  浓度最高可达 90000 mg/L 和 45000 mg/L。渗滤液中的水按其来源可分为两类，一是垃圾自身含水及有机物降解水；二是外来水，包括降雨、降雪、地表水和地下水入渗，故其水质水量受填埋场填埋期、气候、降水等因素影响较大。据估算，全国生活垃圾填埋场日产生渗滤液约 11 万 t，年产总量近 4000 万 t。

##### (2) 排放指标与处理技术现状

GB 16889-2008 规定渗滤液自 2011 年 7 月 1 日起应全部自行处理达标排放，主要排放限值为  $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 100 \text{ mg/L}$ 、 $\text{BOD}_5 \leq 30 \text{ mg/L}$ 、氨氮  $\leq 25 \text{ mg/L}$ 、总氮  $\leq 40 \text{ mg/L}$ ，同时对总汞、总铬、总镉、总铅、总砷等重金属指标提出了排放要求。标准排放限值加严后，传统的、单一的污水处理技术已不能满足达标排放要求。目前，市场上能稳定达标排放的多为组合技术工艺，约占渗滤液总处理规模的 50%，如“预处理+生物处理+深度处理”、“生物处理+深度处理”或“预处理+深度处理”。其中，深度处理技术多为反渗透（RO）或纳滤（NF）+反渗透（RO）。

#### 3.3.2 恶臭

##### (1) 产生节点与污染特性

生活垃圾填埋场恶臭气体中的成分主要包括含硫化合物（如  $\text{H}_2\text{S}$ 、硫醇等）、芳香烃、饱和及不饱和烃、含氮化合物如氨、胺类、吲哚等、卤代烃、含氧化合物（如醇、酚、醛、酮等）等，是填埋场“邻避效应”的罪魁祸首。其主要产生位置为：①填埋库区，②渗滤液调节池，③地磅区、垃圾运输车辆遗洒、污泥处理车间等。长期暴露于恶臭环境中（不论恶臭强度高低）会严重危害人体健康。

##### (2) 防控措施

恶臭的主要工程防控措施为：加强机械作业压实垃圾层、作业面及时覆膜覆土、喷洒除臭剂、填埋气燃烧或利用、渗滤液调节池进行封闭、及时清洗车辆和路面等。

## 四、现行标准存在的主要问题及修订必要性分析

### 4.1 现行标准存在的主要问题

#### 4.1.1 部分省市地区新建填埋场选址困难

近年来生活垃圾焚烧技术在我国经济发达城市和沿海地区推广应用力度较大，填埋比例逐年下降，但填埋场作为固体废物最终处置方式的作用很难被替代。据调研分析，未来 3~5

年，北京、上海、广州以及江浙一带将有一批填埋场陆续封场。同时由于经济快速发展和城市化进程加快，城市用地非常紧张，新建填埋场选址异常困难。另外，贵州、云南等省市石灰岩溶洞发育带、岩浆岩等地质结构较为普遍，这些省市部分地区很难选出符合标准要求的地块作为填埋场场址。

#### 4.1.2 渗滤液不能稳定达标排放

渗滤液由于成分复杂、污染物浓度高、水质水量变化大等特点，单一的处理方法很难达到 GB 16889-2008 排放要求。为满足该标准渗滤液排放要求，住房和城乡建设部分别制定了《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》(GB 50869-2013)和《生活垃圾填埋场渗滤液处理工程技术规范(试行)》(HJ 564-2010)，均推荐选用“预处理+生物处理+深度处理”、“生物处理+深度处理”或“预处理+深度处理”等组合工艺。其中代表性工艺为：厌氧生物处理+MBR+纳滤+反渗透。

据调研，2008年7月1日后建设的渗滤液处理设施共557座，总处理量为40888 t/d(见表4.1)。其中，执行GB 16889-2008标准的设施共281座，处理量为24148 t/d，含RO工艺渗滤液处理设施共268座，处理量为22661 t/d；而执行GB 16889-1997中一级排放标准的仅有11座，处理量为1075 t/d。由此可知，反渗透工艺在新标准执行过程中占主导地位，约占新建处理设施的48.1%。以执行GB 16889-2008和GB 16889-1997中一级标准的渗滤液处理设施为达标处理设施，其渗滤液处理总量为20998 t/d，达标率为51.4%。但根据实际调研情况，达标渗滤液处理工艺的实际占比小于51.4%。

表 4.1 含反渗透(RO)技术工艺应用情况

处理概况	渗滤液处理概况		含RO工艺渗滤液处理概况		GB 16889-1997中的一级标准		GB 16889-2008中表2(一般地区直接排放要求)		GB 16889-2008中表3(敏感地区直接排放要求)	
	设施数量(座)	处理量(t/d)	设施数量(座)	处理量(t/d)	设施数量(座)	处理量(t/d)	设施数量(座)	处理量(t/d)	设施数量(座)	处理量(t/d)
建厂年限										
2008	12	2140	9	2060	1	400	6	920	2	740
2009	29	3410	25	3120	3	245	15	1595	4	1150
2010	141	10787	55	4582	2	140	39	3409	4	425
2011	124	7750	57	5257	3	192	44	4405	7	610
2012	111	5619	58	4106	2	98	43	3394	3	171
2013	92	9034	41	2507	/	/	29	1857	5	220
2014	34	995	14	247	/	/	7	145	2	100
2015	14	1153	9	782	/	/	9	782	/	/
总计	557	40888	268	22661	11	1075	192	16507	27	3416

分析原因，一是生活垃圾政府补贴少，不满足达标排放技术处理费用要求。根据调研情况分析，目前达标处理技术主要为含RO的组合技术，但其建设成本高达4~10万元/吨水，处理费用为40~70元/吨(不含设备折旧、利息)，如果第三方运营，还需考虑设施折旧、利息等，加上后续浓缩液、污泥处理成本，其运营管理费用超过100元/吨。目前，我国各地



生活垃圾政府补贴没有统一标准, 差距较大, 大城市为 80~250 元/吨, 绝大多数地区为 20~50 元/吨, 而真正用于渗滤液处理的费用仅为 5~20 元/吨, 远不能满足渗滤液达标排放技术处理费用。二是浓缩液妥善处理难。由调研结果可知, 目前市场上鲜有稳定运行的处理浓缩液的工程案例, 浓缩液多采用回灌生活垃圾填埋场、送往污水处理厂等方式进行处理。从经济和技术角度分析, 将浓缩液送往污水处理厂处理不仅会对污水处理厂的稳定运行造成更大的影响, 而且失去了渗滤液处理的意义, 造成了人力、物力和经济上的巨大损失。

#### 4.1.3 填埋场恶臭防控形势严峻

近年来, 我国生活垃圾填埋场恶臭扰民、投诉事件频发。恶臭扰民除与填埋作业管理水平(作业面控制是否合理、恶臭控制措施是否到位等)、车辆道路遗洒、调节池是否覆盖等因素有关外, 也和填埋场与周边居民的距离有较大影响。

GB 16889-2008 规定: 生活垃圾填埋场场址的位置及与周围人群的距离应依据环境影响评价结论确定, 并经地方环境保护行政主管部门批准。由图 4.1 可知, 2010~2015 年新建填埋场中, 填埋场场址距周边居民区小于 300 米的有 7 座, 300~500 米的有 24 座, 二者占有有效数据(557 座)的 5.6%; 500~1000 米的有 180 座, 占有有效数据的 32.5%; 而距离大于 3000 米以上的填埋场仅 135 座, 占有有效数据的 24.2%。现场调研情况和统计分析结果表明: 距居民区 1000 米内填埋场的恶臭投诉事件近 90%, 而距居民区大于 3000 米填埋场的恶臭投诉事件则几乎没有。

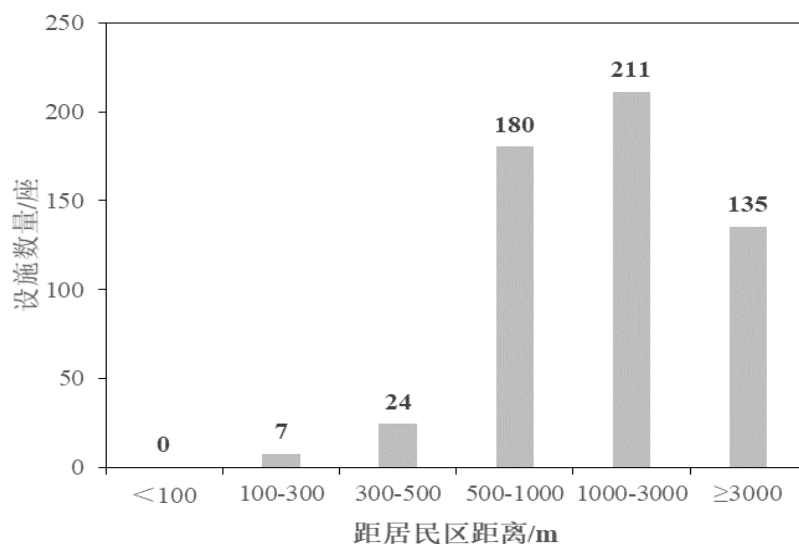


图 4.1 2010~2015 年新建填埋场厂区与居民区距离

国内外的法规和科学研究均表明(见表 4.2), 生活垃圾填埋场恶臭气体的影响距离或防护范围一般在 500~1500 m 之间, 但这一影响半径受填埋场已填埋量、当年填埋量、垃圾成分、管理水平、地理位置、气象条件等多种因素影响, 不同填埋场往往差异较大。

表 4.2 国内外生活垃圾填埋场防护距离汇总

分类		垃圾填埋场影响/防护距离	说明
国际	法规	500 m	加拿大不列颠哥伦比亚省
		500 m	澳大利亚南澳大利亚州
		500 m	澳大利亚维多利亚州
	学术研究	500~2000 m	Hasan 等
		1100~3300 m	Ubeda 等
		800~1200 m	Figuroa 等
国内	法规	用地边界距 20 万人口以上城市的规划建成区不宜小于 5 km，距 20 万人口以下城市的规划建成区不宜小于 2 km	《城市环境卫生设施规划标准》（GB 50337-2018）
		距居民住区或人畜供水点 500 m 以外	《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》（GB 50869-2013）
	学术研究	小型：500~800 m，中型：800~1000 m，大型：1000~1500m	严方等
		小型：800 m，中型：1500 m，大型：2000 m	李玉春等
		1500 m 以外臭气强度为 0 级	黄磊等

#### 4.1.4 防渗衬层破损严重

编制组采用电法对贵州、广东、湖南、山东、河北、浙江、四川、重庆、广西、安徽、陕西、江苏等十二个省市的 79 座新建填埋场和 20 多座正在运营填埋场的防渗膜完整性进行检测，结果表明：防渗层破损问题极为严重，平均每个填埋场内发现防渗层破损漏洞约 34 个。如果按照面积计算，检出漏洞约为 17 个/万 m<sup>2</sup>。发现的防渗层破损漏洞中，直径大于 10 cm 的漏洞比例超过 35%，其中直径大于 50 cm 的漏洞比例超过 12%；面积超过 2 mm<sup>2</sup> 的漏洞比例为 84%（EPA 规定施工优异的填埋场防渗层产生的漏洞数量不超过 3 个/公顷，漏洞面积不宜超过 2 mm<sup>2</sup>）。

防渗层破损原因大致分为原生漏洞和次生漏洞两种类型，其中次生漏洞又包括石子或树根顶穿、机械损伤以及焊接问题三种类型。通过对漏洞检测数据的统计分析，得出上述不同原因造成的 HDPE 膜破损的比例如图 4.2 所示。

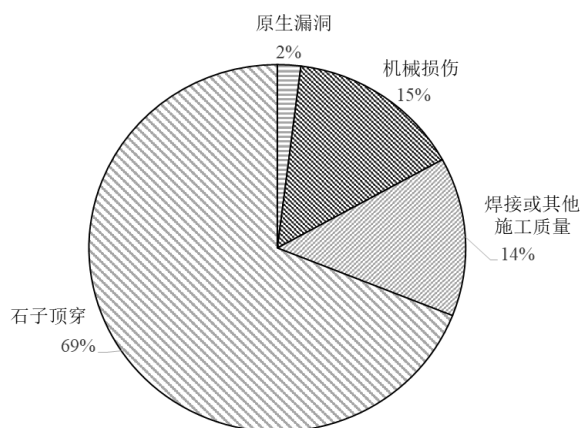


图 4.2 不同原因造成的漏洞

由图 4.2 可知，原生漏洞的比例为 2%，而次生漏洞的比例为 98%。次生漏洞中石子顶穿是造成次生漏洞的主要原因，占漏洞总量的 69%。石子顶穿造成的防渗层破损主要受以下三个因素影响：1) HDPE 膜上方没有铺设土工布等保护层而直接铺设导排卵石，某些填埋场用碎石代替卵石，使得破损现象更为普遍和严重；2) HDPE 膜下方的地基层或者粘土层施工不规范，混杂有碎石、树根等尖锐物；3) 导排颗粒铺设过程采用机械施工。调查中发现很多填埋场在导排颗粒铺设过程中，直接采用运输车辆将卵石（碎石）倾倒在防渗层上方，由于满负荷运输车辆的质量较大，当防渗层上方没有铺设保护层或保护层厚度较薄时，很容易对防渗层造成损伤。

#### 4.1.5 渗滤液调节池环境风险突出

调节池是渗滤液处理前重要的均化、贮存和调蓄设施，是渗滤液处理重要的节点工艺。调节池的环境风险主要体现在两个方面：一是没有采用封闭措施的渗滤液调节池是恶臭的主要产生源之一。从现场调研情况来看，没有进行封闭措施的调节池的恶臭程度相当于甚至大于填埋作业区，对恶臭的贡献率较高。二是调节池溢流和渗漏风险突出。多数渗滤液调节池蓄水容积未按照相关要求设计，对于暴雨、洪水应对能力较差，溢流风险较高，极易造成重大环境污染事件。由于现行标准中未对调节池防渗层渗漏检测做任何规定，调节池一旦渗漏，大量聚集的渗滤液会快速渗入地下，污染地下水和土壤，比填埋场库区具有更大的渗漏风险。

#### 4.1.6 生活垃圾焚烧飞灰超标填埋现象存在

GB16889-2008 规定生活垃圾焚烧飞灰和医疗废物焚烧残渣（包括飞灰、底渣）经处理后满足相应的入场要求，可以进入生活垃圾填埋场进行填埋处置。由于未明确飞灰预处理的责任主体，造成缺乏有效监管，部分企业在进行飞灰固化/稳定化处理时，无法做到根据飞灰中重金属含量变化实时调整工艺，且缺乏对处理效果的监测，难以保障飞灰固化体浸出液中污染物浓度限值持续稳定达标。

## 4.2 标准修订必要性分析

为解决部分省市地区新建填埋场选址困难、渗滤液不能稳定达标排放、填埋场渗漏风险显著等突出问题，亟待通过标准修订加以完善，确保生活垃圾填埋场环境风险可控。

## 4.3 标准修订目标

本次修订拟通过比较欧美同类标准法规在选址、设计施工、入场要求、运行管理、污染物控制、封场及后期管理和环境污染监测等方面的差异，结合实地调研数据，并基于我国填埋场管理特点，对填埋场选址、建设、运行、污染物排放、环境监测和封场后期维护管理等关键技术环节提出针对性修订建议，使修订后的标准系统、科学、切实可行，满足生活垃圾填埋精细化环境管理需求，为我国建设规范化、可达标运行的生活垃圾填埋场提供有力的技术支撑。

## 五、国外生活垃圾填埋发展及其环境管理现状

### 5.1 国外生活垃圾填埋发展现状

#### 5.1.1 美国

由表 5.1 可知,2000 年到 2017 年间,美国生活垃圾的产生量逐年升高并最终稳定在 2.67 亿吨左右,填埋处置技术是美国生活垃圾主要的无害化处置技术,其所占的比例小幅度下降并稳定在 52%左右,回收、堆肥所占的比例不断上升,焚烧技术所占比例基本保持不变。

表 5.1 美国 2000~2017 年生活垃圾处置情况 (百万吨)

项目类别	2000	2005	2010	2015	2016	2017
回收	53.01	59.24	65.26	67.56	68.63	67.18
堆肥	16.45	20.55	20.17	23.39	25.11	26.99
焚烧	33.73	31.65	29.31	33.55	33.9	34.03
填埋	140.26	142.29	136.31	137.61	139.18	139.59
填埋比例 (%)	57.61	56.80	54.30	52.51	52.16	52.13
合计	243.45	253.73	251.05	262.11	266.82	267.79

由表 5.2 可知,2000 年到 2017 年,美国生活垃圾中纸类和家庭修装废物的填埋量逐渐降低;玻璃、金属、橡胶和皮革的填埋量基本维持不变;其余废物的填埋量则逐渐升高。由 2017 年填埋数据可知,厨余垃圾的填埋量最高,达到 3063 万吨;此外,填埋量较高的还有塑料和纸类,分别为 2682 和 1835 万吨;这三者的填埋量占总填埋量的 54.3%。

表 5.2 美国 2000~2017 年生活垃圾填埋情况 (百万吨)

项目类别	2000	2005	2010	2015	2016	2017
玻璃	8.10	8.29	7.03	6.84	6.88	6.87
纸和纸板	40.45	35.08	22.00	18.28	17.66	18.35
食物	24.20	26.37	28.62	30.25	30.68	30.63
金属	10.29	11.31	12.22	13.12	13.64	13.80
无机废物	2.82	3.02	3.16	3.21	3.23	3.25
塑料	19.95	23.27	24.37	26.03	26.29	26.82
橡胶和皮革	3.88	4.13	4.40	4.49	4.79	4.95
纺织品	6.28	7.57	8.90	10.54	11.13	11.15
木头	9.91	10.69	11.12	11.07	12.25	12.14
家庭修装废物	11.90	9.99	11.69	10.80	9.64	8.65
其他废物	2.48	2.57	2.80	2.98	2.99	2.98
填埋总量	140.26	142.29	136.31	137.61	139.18	139.59

#### 5.1.2 欧盟

由表 5.3 可知,2008 年到 2017 年间,欧盟生活垃圾总处置量稳定在 2.45 亿吨,填埋处置和单独焚烧技术在欧盟生活垃圾无害化处置技术中的比例逐渐下降;焚烧能量回收和其它处置方式所占的比例则逐步上升;2010 年,其它处置方式所占的比例超过了填埋处置方式;

2016年，回收处置方式所占的比例超过了填埋处置方式；2017年，欧盟生活垃圾不同处置方式所占比例由大到小依次为：其它处置方式>能量回收>填埋>焚烧。

表 5.3 欧盟城市生活垃圾处置情况（百万吨）

项目类别	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
产生量	260.86	257.00	253.91	250.38	245.25	242.20	242.79	244.59	248.26	248.65
总处置量	250.76	249.50	247.80	244.49	238.91	236.29	237.44	238.19	244.71	245.19
填埋	101.07	97.77	93.30	86.16	78.70	73.42	67.89	63.65	59.89	57.64
焚烧	15.83	15.56	13.11	11.68	9.09	6.66	6.31	8.34	5.76	3.82
能量回收	38.54	39.92	44.69	48.38	50.38	55.11	57.84	56.92	62.70	66.15
其它	95.32	96.25	96.70	98.27	100.75	101.10	105.39	109.28	116.37	117.58
填埋比例（%）	40.30	39.19	37.65	35.24	32.94	31.07	28.59	26.72	24.47	23.51

### 5.1.3 德国

由表 5.4 可知，2008 年到 2017 年间，填埋处置技术在德国生活垃圾无害化处置技术中所占比例最小，单独焚烧技术在德国生活垃圾无害化处置技术中的比例逐渐下降，焚烧能量回收和其它处置方式所占的比例则小幅度逐步上升。2017 年，德国生活垃圾不同处置方式所占比例由大到小依次为：其它处置方式>能量回收>焚烧>填埋。

表 5.4 德国城市生活垃圾处置情况（百万吨）

项目类别	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
产生量	48.37	48.47	49.24	50.24	49.76	49.57	51.10	51.63	52.13	52.34
总处置量	48.37	48.47	49.24	50.24	49.76	49.57	51.10	51.63	52.13	52.34
填埋	0.29	0.18	0.21	0.25	0.11	0.68	0.68	0.65	0.52	0.46
焚烧	10.98	10.89	10.53	10.28	8.33	5.79	5.32	4.46	2.39	2.20
能量回收	6.27	6.81	7.72	8.07	8.86	10.92	10.99	11.53	13.86	13.98
其它	30.83	30.59	30.78	31.63	32.46	32.18	34.10	34.99	35.36	35.70
填埋比例（%）	0.59	0.36	0.42	0.49	0.22	1.38	1.33	1.25	1	0.88

### 5.1.4 日本

由表 5.5 可知，2009 年到 2017 年间，日本生活垃圾产生总量基本呈现小幅度下降趋势；填埋处置技术在日本生活垃圾无害化处置技术中所占比例最小，且基本呈现小幅度下降的趋势；焚烧和其它技术为日本生活垃圾主要的无害化处置技术，所占比例呈小幅度下降趋势；回收所占的比例基本保持不变。

表 5.5 日本城市生活垃圾处置情况（百万吨）

项目类别	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
废物产生量	46.25	45.36	45.43	45.23	44.87	44.32	43.98	43.17	42.89
填埋	5.07	4.84	4.74	4.65	4.54	4.30	4.17	3.98	3.86
回收	9.50	9.45	9.35	9.26	9.27	9.13	9.0	8.79	8.68
焚烧和其它	31.68	31.07	31.34	31.32	31.06	30.89	30.81	30.40	30.35
填埋比例（%）	10.96	10.67	10.43	10.28	10.12	9.70	9.48	9.22	9.0

## 5.2 国外生活垃圾填埋标准发展现状

### 5.2.1 美国

1997 年颁布的《Revisions to Criteria for Municipal Solid Waste Landfills》规章 40 CFR 258 中增设一条规定：为每天接收生活垃圾量为 20 吨及以下的填埋场提供便利。

2003 年颁布的《Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Facilities and Practices and Criteria for Municipal Solid Waste Landfills: Disposal of Residential Lead-Based Paint Waste》对 40 CFR 258 的修改内容如下：为减轻与铅有关的健康风险，应加快减少住宅中使用含铅油漆的步伐。

2018 年颁布的《Revisions to the Criteria for Municipal Solid Waste Landfills To Address Advances in Liquids Management》，EPA 考虑是否提议对城市固废填埋场（MSWLF）的标准进行修订，以便有效管理渗滤液。为此，EPA 寻求有关以下方面的信息：取消禁止在填埋场中添加散装液体的规定；确定城市固废填埋场的特定类别，使其在渗滤液增加的情况下运行；考虑渗滤液处理和管理的有关技术，包括废物稳定性以及其他重要的安全和操作问题。

### 5.2.2 欧盟

1999 年开始制订《Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the Landfill of Waste》规章，建立废物填埋处置标准，其主要目的在于为填埋场处置废物提供指导。

2018 年颁布的《Directive (EU) 2018/850 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 Amending Directive 1999/31/EC on the Landfill of Waste (Text with EEA relevance)》中第 5 条第 6 款规定，填埋场提交的实施计划包括以下内容：①评估过去、目前和预计生活垃圾填埋场中的废物回收和处理率及组成流程；②评估根据第 2008/98/EC 号指令中第 28 和 29 条制定的废物管理计划和废物预防方案的执行情况。

### 5.2.3 日本

1977 年初次在《废物管理和公共清洁法》中制定关于生活垃圾填埋的标准，为生活垃圾填埋场处理废物提供指导。

2001 年《废物管理和公共清洁法》中第 8-5 条补充了为生活垃圾填埋场提供储备金的

规定，以保证填埋场的正常运作。

2002年《废物管理和公共清洁法》的修改内容如下：第2条第3款所指生活垃圾填埋处置应遵守以下规定：

- a. 垃圾填埋处置不得使用或占用地下空间，填埋场封场后应在现场做好标记；
- b. 在公共水域和地下水存在渗漏危险的情况下，填埋场应立即采取措施消除渗漏危险；
- c. 填埋场中每一层废物的厚度约为3 m或更小，覆盖每层土壤和沙子的深度约为50 cm，但当填埋场的面积 $\leq 10000 \text{ m}^2$ ，或当废物体积 $\leq 50000 \text{ m}^3$ 时除外；

d. 采取必要的措施防止老鼠滋生；

e. 填埋场的表面应采用土壤和沙子覆盖以保障填埋场周围的生态环境。

此外，填埋场中粉尘的处理方式如下：①应采取必要的措施如加水、固化、包装等防止粉尘散布到空气中；②应采用土壤和沙子覆盖其表面防止粉尘等向外部扩散。

### **5.3 国外填埋环境管理技术要求**

#### **5.3.1 选址**

##### **5.3.1.1 美国**

《城市固体废物填埋标准》中对于生活垃圾填埋场选址的限制主要包括以下几个方面。

- 1) 填埋场距离涡轮喷气式飞机机场跑道尽头3.0 km、活塞式飞机机场跑道尽头1.5 km；如果业主计划在机场方圆8.0 km内新建或扩建处置设施，必须提前向该机场及联邦航空管理局提出申请；
- 2) 不应在洪泛区建设填埋场；
- 3) 一般不得在湿地上建设或扩建填埋场；
- 4) 禁止在地质断层地区60 m范围内建设填埋场；
- 5) 新建或扩建填埋场不得建在地震影响区，除非业主征得当地主管部门同意，其结构单元（衬垫层、渗滤液收集系统、地表水控制系统）的设计必须能够抵抗地震引起的地层移动，并且要保留这些记录；
- 6) 如果现有或新建填埋场建在不稳定地区，必须采取必要的工程措施以保证填埋场不会发生损坏，业主需向有关部门提出申报，并保留此材料。

##### **5.3.1.2 欧盟**

《废物填埋技术指令》对生活垃圾填埋场的选址进行了原则性要求，规定其选址必须考虑如下因素：1) 填埋场到居民区、娱乐区、水路、水体、其它农业或城市设施的距离；2) 该地区的地下水、海岸水和自然保护区；3) 该地区的水文地质结构；4) 该地区的自然和人文遗产保护。

#### **5.3.2 防渗衬层**

##### **5.3.2.1 美国**

美国《城市固体废物填埋标准》中规定的防渗结构如下：

①采用由一个复合衬层系统和一个渗滤液收集系统组成的防渗系统。渗滤液收集系统的设计应保证衬层上的渗滤液深度不超过 30 cm。

②复合衬层系统由人工膜构成的上层衬层和由压实粘土衬层构成的下层衬层组成，上层衬层人工膜厚度不得小于 0.75 mm，如果人工膜为 HDPE 膜，则厚度至少为 1.5 mm。下层粘土衬层厚度不得小于 60 cm，渗透系数应小于  $1.0 \times 10^{-7}$  cm/s。

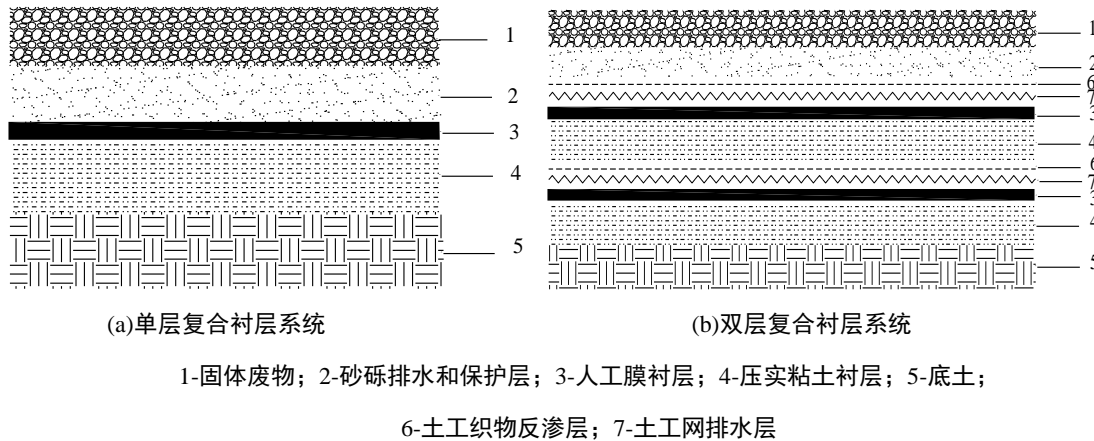


图 5.1 美国城市固体废物填埋场典型防渗结构示意图

### 5.3.2.2 德国

德国《城市固体废物填埋技术条例》中生活垃圾填埋场的防渗要求如下：防渗系统采用由人工膜衬层和粘土衬层组成的复合防渗结构。在人工膜衬层以上铺设排水层和保护层，总厚度不得小于 30 cm，其中人工膜衬层如果是 HDPE 膜，其最小厚度为 2.5 mm；粘土衬层厚度不得小于 0.75 m（至少 3 层），渗透系数  $K \leq 1.0 \times 10^{-8}$  cm/s，具体结构见图 5.2。

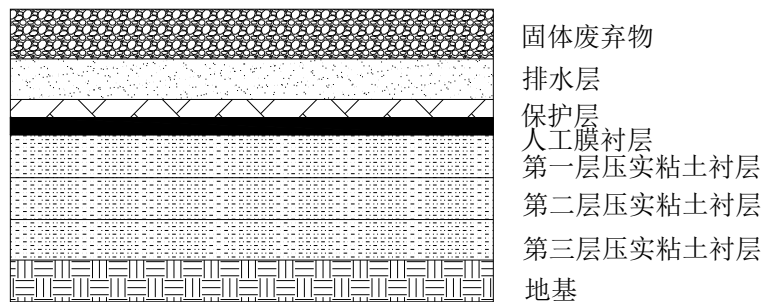


图 5.2 德国生活垃圾填埋场防渗结构示意图

### 5.3.2.3 欧盟

欧盟《废物填埋技术指令》对生活垃圾填埋场防渗结构的具体规定见表 5.6。



表 5.6 欧盟生活垃圾填埋场防渗结构

组成形式	防渗系数	厚度
天然粘土	$K \leq 1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$	$D \geq 1 \text{ m}$
天然粘土+人工合成材料		$D \geq 0.5 \text{ m}$

其它国家生活垃圾填埋场防渗系统的构造以及材料性能要求如表 5.7 所示。

表 5.7 各国生活垃圾填埋场防渗层构造

国家	粘土厚度 (cm)	渗透系数 (cm/s)	防渗层构造
澳大利亚	60	$1.0 \times 10^{-7}$	人工膜+粘土衬层
比利时	100	$1.0 \times 10^{-7}$	人工膜+粘土衬层
法国	50	$1.0 \times 10^{-5}$	人工膜+粘土衬层
匈牙利	50	$1.0 \times 10^{-7}$	人工膜+粘土衬层
意大利	100	$1.0 \times 10^{-7}$	人工膜+粘土衬层
英国	100	$1.0 \times 10^{-7}$	人工膜+粘土衬层
葡萄牙	50	$1.0 \times 10^{-7}$	人工膜+粘土衬层
瑞典	80	$1.0 \times 10^{-7}$	人工膜+粘土衬层

### 5.3.3 入场要求

#### 5.3.3.1 美国

美国《城市固体废物填埋标准》规定城市生活垃圾填埋场可以接收生活垃圾、下水道污泥、非危险废物焚烧产生的飞灰。

#### 5.3.3.2 德国

德国《城市固体废物填埋技术条例》规定城市生活垃圾填埋场可以接收的废物如下：家庭垃圾、废弃家具、与家庭垃圾类似的企业垃圾、建筑垃圾、粪便和污泥。

#### 5.3.3.3 欧盟

欧盟《废物填埋技术指令》中规定不得进入生活垃圾填埋场的废物包括：液态废物；爆炸性、腐蚀性、毒性和可燃性废物；医疗废物；废旧轮胎；不符合附录II（废物接受要求与程序）中规定的其它不可进行填埋的废物。

#### 5.3.3.4 日本

《废物管理和公共清洁法》规定：家庭和团体的生活垃圾、大件废物（废家用电器、家具、自行车、厨具等）、粪便、焚烧灰渣、医疗废物等均可以进入生活垃圾填埋场。但是由于填埋场地的缺乏，以及循环型社会的推进，目前进入填埋场的主要是各种焚烧飞灰和残渣。

### 5.3.4 封场结构

#### 5.3.4.1 美国

封场标准主要致力于解决两方面问题：①建立低维护覆盖系统；②减少渗滤液的析出。填埋场封场技术、设计和维护程序随着土工合成材料的应用不断改进，其覆盖系统自下而上

依次包括排气层、防渗层、防腐蚀衬层和植被层。

#### 5.3.4.2 德国

将填埋场的场底防渗系统和表面覆盖系统都归于垃圾填埋场的密封系统部分。该条例将生活垃圾填埋场划分为2级，有机物含量小于5%的生活垃圾填埋在二级填埋场，有机物含量小于3%的生活垃圾应进入一级填埋场。表5.8列出了德国不同级别生活垃圾填埋场对终场覆盖系统的要求。

表 5.8 不同级别生活垃圾填埋场对终场覆盖系统的要求

系统组成	一级填埋场	二级填埋场
平衡层	≥50 cm	≥50 cm
导气层	要求	要求
粘土矿物层	≥50 cm, $k \leq 10^{-9}$ m/s	≥50 cm, $k \leq 10^{-9}$ m/s
HDPE 膜	不要求	≥2.5 mm
保护层	不要求	要求
排水层	≥30 cm, $k \geq 10^{-3}$ m/s	≥30 cm, $k \geq 10^{-3}$ m/s
表土层	≥100 cm	≥100 cm

#### 5.3.5 渗滤液排放

从经济合理性的角度出发，各国填埋场渗滤液大多采用排入城市污水厂进行合并处理，并制定了预处理标准。同时，按接纳水体水质控制要求进行回溯限制，而不主张采用昂贵的直接处理后排放的方式。

##### 5.3.5.1 美国

美国《清洁水法》(Clean Water Act, CWA)要求所有污染物排放到规定水体中的点源水污染都必须拥有许可证;联邦规章第40 CFR 258.27条规定城市固体废物填埋场(MSWLF)排入地表水的污染物必须遵守《国家污染物排放消除体系》(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)的相关规定，并对MSWLF非点源污染物作了相关限制；美国国家环保局于1991年颁布的《城市固体废物填埋标准》要求所有填埋场的运营必须保证不会释放出违反CWA的污染物，同时允许渗滤液回灌。

##### 5.3.5.2 欧盟

规定所有的垃圾填埋场均必须达到《地下水指令》(Groundwater Directive)的基本要求，除非填埋场没有任何潜在危害，否则渗滤液都要予以收集、处理并达到合适的标准后排放。

##### 5.3.5.3 英国

英国根据欧盟《地下水指令》制定了填埋场渗滤液处理技术导则。该导则详细介绍了排放到下水道和地表水之前所采用的渗滤液处理技术及其效果。

##### 5.3.5.4 澳大利亚

澳大利亚规定填埋场渗滤液可以在填埋场内回用或回灌以促进降解，也可以经处理或不处理直接排入污水厂，但是在排入污水厂之前，必须达到一定标准。

## 六、标准修订拟采用的原则、方法和技术路线

### 6.1 拟采用的原则

(1) 以实现经济、社会的可持续发展为目标，以国家环境保护相关法律、法规、政策和规划为根据，通过制定和实施标准，减少填埋环境风险，确保环境安全。

(2) 以国外经验与国情相结合原则，对国外相关污染控制技术规范制定的方法进行研究，制定符合我国实际情况的技术标准与规范。

(3) 可操作性原则，标准规范应与我国目前的经济、技术发展水平相适应，具有较好的可操作性。

### 6.2 拟采用的方法

编制组拟采用文献调研、现场调研和专家研讨相结合的方法制订本标准。

#### (1) 文献调研

掌握了解国外生活垃圾填埋污染控制相关标准和规范的研究现状，重点掌握美国、欧盟生活垃圾填埋环境管理发展趋势及管理方向，分析我国生活垃圾填埋场发展现状和环境管理特点，并结合我国国情借鉴国外管理经验。

#### (2) 现场调研

赴我国典型生活垃圾填埋场进行现场调研、采样分析与现场测试，为标准修订提供依据和参考。

#### (3) 专家研讨

标准修订过程中，根据需要召开专家研讨会，吸收不同领域专家的宝贵建议，确保标准制定的科学性。

## 七、主要条文说明

### 7.1 适用范围

修订后的标准规定了生活垃圾填埋场的选址、设计与施工、入场、运行、封场及后期维护与管理、监测等环节的生态环境保护要求。本标准适用于新建生活垃圾填埋场的污染控制。现有填埋场的入场、运行、污染物排放、封场及后期维护与管理、监测要求按照本标准执行。本标准适用于生态环境主管部门对生活垃圾填埋场环境污染防治的监督管理。

### 7.2 规范性引用文件

本次修订增加了部分规范性引用文件。

## 7.3 术语和定义

### 3.1 条 生活垃圾 municipal solid waste

修订，按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》进行了修改。

### 3.2 条 生活垃圾填埋场 municipal solid waste landfill

新增，生活垃圾的填埋处置设施，由若干个处置单元和构筑物组成。本标准所指的填埋场均为生活垃圾填埋场。

### 3.3 条 运行期 operation period

修订，填埋场进行填埋作业的时期。

### 3.4 条 后期维护与管理期 maintenance and management period after landfill closure

修订，填埋场终止填埋作业后，进行后续维护、污染控制和环境保护管理直至填埋场达到稳定化的时期。

### 3.5 条 防渗衬层 liner

修订，设置于填埋场底部及四周边坡的由天然材料和（或）人工合成材料组成的防止渗漏污染的垫层。

### 3.6 条 天然基础层 native foundation

修订，位于防渗衬层下部，由未经扰动的土壤构成的岩土层。

### 3.7 条 填埋场开挖 landfill excavation

新增，为实现增加现有填埋场库容、削减污染物、恢复土地价值和回收有价值物料目的，开挖和处理填埋堆体内垃圾的过程。

### 3.8 条 渗滤液回灌处置 leachate recirculation disposal

新增，渗滤液在填埋场覆盖层内或下部以滴灌、渗灌等方式，借助填埋场覆土及各年龄段垃圾的物化和生物降解作用，实现渗滤液减量的过程。

### 3.9 条 地下水收集导排系统 groundwater collection and removal system

新增，用于收集和导排地下水的设施体系。包括地下水导排系统和必要的地下水抽提系统。

### 3.10 条 单人工复合衬层 single composite liner system

修订，考虑填埋场渗漏风险显著，删除了可用具有同等以上隔水效力的其他材料代替粘土衬层的要求。即仅包含一层人工合成材料衬层与粘土衬层的防渗衬层。

### **3.11 条 双人工复合衬层 double composite liner system**

修订，考虑填埋场渗漏风险显著，删除了可用具有同等以上隔水效力的其他材料代替粘土衬层的要求。即由两层人工合成材料衬层与粘土衬层组成的防渗衬层。其构成参见附录 A。

### **3.12 条 渗漏检测层 leak detection layer**

新增，位于双人工复合衬层之间，用于收集、导排和检测通过主防渗衬层的渗漏液体。

### **3.13 条 现有生活垃圾填埋场 existing municipal solid waste landfill**

未作修订，本标准实施之日前，已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的填埋场。

### **3.14 条 新建生活垃圾填埋场 newly-built municipal solid waste landfill**

未作修订，本标准实施之日起，环境影响评价文件通过审批的新建、改建和扩建的填埋场。

### **3.15 条 污水集中处理设施 concentrated wastewater treatment facilities**

为两家及两家以上排污单位提供污水处理服务的污水处理设施，包括各种规模和类型的城镇污水集中处理设施、工业集聚区（经济技术开发区、高新技术产业开发区、出口加工区等各类工业园区）污水集中处理设施，以及其他由两家及两家以上排污单位共用的污水处理设施等。

### **3.16 条 城镇污水处理厂 municipal wastewater treatment plant**

对进入城镇污水收集系统的污水进行净化处理的污水处理厂。

### **3.17 条 工业污水处理厂 industrial wastewater treatment plant**

除城镇污水处理厂外，专门处理其他单位的工业污水，或为工业集聚区（经济技术开发区、高新技术产业开发区、出口加工区等各类工业园区）内的排污单位提供污水处理服务并作为工业集聚区配套设施的污水处理厂。

### **3.18 条 直接排放 direct discharge**

排污单位直接向环境水体排放水污染物的行为。

### **3.19 条 间接排放 indirect discharge**

排污单位向污水集中处理设施排放水污染物的行为。

## **7.4 选址要求**

4.1 条是对现行标准 4.1 条的修订，规定填埋场选址应符合环境保护法律法规及相关法定规划要求。

4.2 条相对于现行标准 4.5 条，未作修订，规定了填埋场场址的位置及与周围人群的距离应依据环境影响评价结论确定，并经地方生态环境主管部门批准。

4.3 条和 4.4 条是对现行标准 4.2 条的修订，规定填埋场场址不应选在国务院和国务院有关主管部门及省、自治区、直辖市人民政府划定的生态保护红线区域、永久基本农田和其他需要特别保护的区域内。此外还不得选在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡，以及长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。

考虑沿海地区填埋场选址标高通常位于洪水位之下，删除了现行标准 4.3 条相关内容。

4.5 条相对于现行标准 4.4 条，未作修订，规定了填埋场选址的地质要求。

4.6 条为新增条款，针对石灰岩溶洞发育带、岩浆岩区域提出了可替代的工程措施。规定填埋场场址的选择应避开石灰岩溶洞发育带、岩浆岩区域。如果无法避开，经地质详勘确认该地区不存在 4.5 条所列地质结构，并经专题论证后，在设计施工阶段加强技术处理和工程措施以保证地基承载力及填埋场结构安全的前提下，可作为填埋场备选场址。

## 7.5 设计、施工与验收要求

5.1 条是对现行标准 5.1 条的修订，规定了生活垃圾填埋场应根据当地自然条件合理设置相关配套设施。

5.2 条相对于现行标准 5.2 条，未作修订，规定了生活垃圾填埋场周边隔离设施的设置形式。

5.3 条是对现行标准 5.3 条的修订，规定填埋场应根据填埋区天然基础层的地质情况选择单人工复合衬层或双人工复合衬层。提高了填埋场防渗衬层的设计要求，有效控制了渗漏风险的发生。

5.4 条是对现行标准 5.7 条的修订，新增了渗漏监测系统的构成应至少包括下列方式之一或包括多种下列方式的组合：（1）渗漏检测层；（2）防渗衬层渗漏监测设备；（3）地下水监测井。

5.5 条和 5.6 条是对现行标准 5.8 条的修订，考虑可以对不同分区的填埋场进行单独封场，新增了生活填埋场应分区设计，并设置单独的渗滤液收集和导排系统，不得在填埋场内将不同分区的渗滤液混合导排至渗滤液调节池。此外，还新增了填埋场后期维护与管理期内渗滤液收集和导排系统应保证防渗衬层上的渗滤液水头不大于 30 cm。

5.7 条是对现行标准 5.8 条的修订，规定了生活填埋场应设置渗滤液液位检测设施，以

满足防渗衬层上的渗滤液水头不大于 30 cm 的要求。

5.8 条和 5.9 条是对现行标准 5.10 条的修订，新增了调节池的防渗要求。规定调节池应采用人工合成材料进行防渗。当人工合成材料为高密度聚乙烯防渗膜时，其质量控制应符合 5.16 条的规定。此外，新增了调节池容量的计算方法，规定调节池容量为汛期（不小于 3 个月）产生的渗滤液总量。

5.10 条是对现行标准 5.9 条的修订，对蒸发量大、降雨少地区的渗滤液处置情况进行要求。新增了对于蒸发量大、降雨量少的地区，可以不建设渗滤液处理设施。

5.11 条相对于现行标准 5.12 条，未作修订。

5.12 条相对于现行标准 5.13 条，未作修订。

5.13 条相对于现行标准 5.14 条，未作修订。

5.14 条是对现行标准 5.15 条的修订，增加了无法利用，或不准备利用，或不满足火炬燃烧要求无法采用火炬处理填埋气的污染控制要求，有效促进了填埋全生命周期的碳减排。规定当填埋场产生的填埋气体无法利用，或不准备利用，或不满足火炬燃烧要求无法采用火炬处理时，同时为减少甲烷气体的产生，渗滤液导排管的设计应满足：（1）渗滤液导排管与填埋气导排竖管连接，并与大气连通；（2）通过管阀等措施使渗滤液导排管排放口与大气连通。

5.15 条是对现行标准 5.17 条的修订，对施工单位质量保证程序进行要求。规定填埋场施工方案中应明确环保条款和责任，作为项目竣工环境保护验收的依据，同时可作为填埋场建设环境监理的主要内容。

5.16 条、5.17 条是对现行标准 5.18 条、5.19 条、5.20 条、5.21 条的修订，对粘土防渗衬层和高密度聚乙烯防渗膜的施工过程进行要求。

5.18 条是对现行标准 5.22 条的精简，规定填埋场环境保护竣工验收中，应对已建成的防渗衬层的完整性、渗滤液收集和导排系统的有效性、填埋气体导排系统和地下水收集导排系统的有效性进行质量验收。

考虑到生活垃圾转运站具有专门的技术规范，删除了现行标准 5.23 条和 5.24 条。

## 7.6 填埋废物的入场要求

6.1 条是对现行标准 6.1 条的修订，对可以直接进入填埋场进行填埋处置的废物类型进行要求。新增了商业、餐饮业以及其他城市生活服务行业产生的与 a) 款废物性质相近的生

活垃圾等废物（不包括餐饮废物）可以直接进入填埋场进行填埋处置。

6.2 条是对现行标准 6.2 条的修订。根据修订后的 GB 39707、HJ 228、HJ 229、HJ 276 对该条内容进行了更新。规定《医疗废物分类目录》中的感染性废物应按照 GB 39707 要求进行破碎毁形和化学消毒、微波消毒以及高温蒸汽处理。

6.3 条是对现行标准 6.3 条的修订，根据实际调研情况删除了入场飞灰含水率的要求。规定生活垃圾焚烧飞灰和医疗废物焚烧残渣（包括飞灰、底渣）经检测或预处理后经检测满足下列条件，方可进入填埋场进行分区填埋处置，并应密封包装或成型化：a) 二噁英含量低于 3  $\mu\text{g TEQ/kg}$ ；b) 按照 HJ/T 300 制备的浸出液中污染物浓度低于表 1 规定的限值。

6.4 条为新增条款，考虑到生活垃圾焚烧飞灰为危险废物，环境风险较大，且目前多数生活垃圾填埋场均在处置生活垃圾焚烧飞灰，增加了对于接受生活垃圾焚烧飞灰的填埋场的要求。规定了接受生活垃圾焚烧飞灰的生活垃圾填埋场应满足 5.3.2 条双人工复合衬层防渗要求。

6.5 条是对现行标准 6.4 条的修订，新增了除 6.1 条规定的一般工业固体废物外，其他一般工业固体废物的分区填埋要求。

6.6 条是对现行标准 6.6 条的修订，考虑垃圾分类的实施，增加了厨余垃圾的入场要求。

6.7 条是对现行标准 6.7 条的修订，严格了生活垃圾填埋场的日常运行管理。规定满足 6.2 条、6.3 条、6.5 条和 6.6 条要求的废物，进入填埋场处置时应取得填埋场运营单位的同意，定期进行检测并纳入填埋场日常管理台账。

6.8 条相对于现行标准 6.7 条，未作修订，规定了不得在填埋场中进行填埋处置的废物类型。

## 7.7 运行要求

7.1 条为新增条款，结合可能出现的突发环境事件规定填埋场投入运行前，运营单位应制订突发环境事件应急预案。突发环境事件应急预案应说明可能发生的滑坡和火灾等安全事故、填埋库区和调节池泄漏等污染事故、环境质量突变等突发事件情景下的环境影响及相应的应急处置措施。

7.2 条为新增条款，规定填埋场运营单位应组织运行管理人员参加岗位培训，合格后上岗。

7.3 条是对现行标准 7.1 条的修订，对填埋作业提出具体要求，规定填埋作业应分区进



行，不运行作业面应及时覆盖。每天填埋作业结束后，应对作业面进行覆盖。强降雨条件下，宜暂时停止所有填埋作业，并立刻对填埋作业区进行覆盖。

7.4 条为新增条款，对填埋作业过程中的恶臭问题提出要求，规定填埋作业应采取控制作业面面积、喷洒除臭药剂、及时覆盖等有效措施降低恶臭气体影响。

7.5 条为新增条款，结合南方降雨特点、生活垃圾焚烧飞灰和医疗废物焚烧残渣的危害特性以及填埋作业现状，规定除非设有完备的雨棚，雨时禁止生活垃圾焚烧飞灰和医疗废物焚烧残渣填埋作业。

7.6 条是对现行标准 7.5 条的修订，渗滤液收集和导排系统的有效性是渗滤液能够顺利排出以及膜上渗滤液水位处于较低水平的保证，规定应确保渗滤液收集和导排系统的有效性，以保证防渗衬层上的渗滤液水头不大于 30 cm。

7.7 条为新增条款，对采用渗滤液回灌方式处置渗滤液进行要求，规定采用渗滤液场内灌溉方式处置渗滤液时，应防止渗滤液阻塞渗滤液导排管道和滴灌、灌溉管道。当渗滤液导排不畅导致无法满足 7.6 条要求时，应停止使用渗滤液回灌处置方式。

7.8 条相对于现行标准 7.7 条，未作修订，规定填埋场运行期内，应根据场地和气候气象条件随时进行防蚊蝇、灭鼠和除臭工作。

7.9 条是对现行标准 7.8 条的修订，对填埋场运行情况记录制度进行细化。规定填埋场运行期以及封场后期维护与管理期间，应建立运行情况记录制度，如实记载有关运行管理情况。主要包括进场垃圾运输车牌号、车辆数量、生活垃圾量、渗滤液产生量、材料消耗、填埋作业记录、渗滤液液位记录、渗滤液收集处理记录、填埋气体收集处理记录、封场及后期维护与管理情况、环境监测数据等。同时还应记录进入填埋场处置的非生活垃圾的来源、种类、数量、填埋位置。

7.10 条是对现行标准 7.8 条的修订，对填埋场的档案管理工作进行细化。规定运营单位应建立有关填埋场的全部档案，包括场址选择、勘察、征地、设计、施工、验收、运行管理、封场及封场后管理、监测以及应急处置等全过程所形成的一切文件资料，必须按国家档案管理等法律法规进行整理与归档，并永久保存。

## **7.8 封场及后期维护与管理要求**

8.1 条是对现行标准 8.1 条的修订，增加了封场时间的要求。规定填埋场作业达到设计标高后，应及时进行封场覆盖。填埋场的封场覆盖系统应包括气体导排层、防渗层、排水层、覆土层、植被层。

8.2 条相对于现行标准 8.2 条，未作修订。

8.3 条相对于现行标准 8.3 条，未作修订。

8.4 条是相对于现行标准 8.4 条的修订。新增了应对封场覆盖系统进行渗漏检测的规定。

8.5 条、8.6 条、8.7 条是对现行标准 8.1 条的修订，新增了封场后填埋场的渗滤液收集和导排系统的运行维护要求。规定封场后的填埋场应继续运行维护渗滤液收集和导排系统，以保证满足 7.6 条要求。

8.8 条和 8.9 条为新增条款，对封场后填埋场的再利用提出具体要求。规定封场后的填埋场可以进行再利用，但再利用前应进行环境影响评价，并应符合 GB/T 25179 的规定。以开挖方式进行再利用的填埋场，还应满足 GB/T 25179 中高度利用的规定。而以非开挖方式再利用填埋场，应继续执行 8.2 条至 8.7 条的各项要求。

## 7.9 污染物排放控制要求

目前，生活垃圾填埋渗滤液的处理标准成为行业焦点，渗滤液直接排放标准在实际操作过程中遇到很多困难，尤其体现在处理费用短缺、处理设备管理难度大、浓缩液难以处理等方面。调研结果显示生活垃圾渗滤液处理的理论达标率为 49.6%，而由于运行、管理等方面的原因，实际达标率还要更低。

编制组对国外主要发达国家生活垃圾渗滤液的处置技术进行了调研分析，调研表明（详细内容见 5.3.5 节），各国填埋场渗滤液处理从经济合理性的角度出发，大多采用排入城市污水厂进行合并处理的方法，并制定了预处理标准。同时，按接纳水体水质控制要求进行回潮限制，而不主张采用昂贵的直接处理后排放的方式。以美国为例，其渗滤液排放标准中没有 COD 指标，即不对难降解有机物进行控制，并提出了生活垃圾填埋场渗滤液处理的最佳实用控制技术。与我国现行标准相比，美国渗滤液处理技术较简单、控制标准较宽松，对接收渗滤液的污水厂的影响也有较大差异。

我国生活垃圾渗滤液中难降解有机物包括：苯类、酚类、酯类、醇类等，经取样分析及调研可知，其中绝大部分难降解有机物均未检出，且即使有检出，其检测浓度也远小于《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中集中式生活饮用水地表水源地的标准限值(见表 7.1)。同时目前生活垃圾填埋场渗滤液直接排放采用的主流工艺为：预处理+MBR+反渗透。其中反渗透适宜截留溶解性盐及分子量大于 100 Daltons 的有机物，故通过反渗透工艺可以有效去除渗滤液中分子量大于 100 Daltons 的有机物。因此，目前的直接排放标准限值主要通过控制化学需氧量 (COD<sub>Cr</sub>) 和生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>) 等指标约束水污染物中的有机污染物

含量。此外，鉴于目前生活垃圾焚烧飞灰主要进入生活垃圾填埋场处置，因此在直接排放的特征污染物中补充了与飞灰相关的重金属污染物（铜、锌、钡、硒、镍、铍）。

表 7.1 垃圾渗滤液部分有机污染物检测结果（单位:  $\mu\text{g/L}$ ）

污染物项目	分子量	时间 1	时间 2	标准限值
甲苯	92	392	140	700
邻苯二甲酸二乙基己基酯	391	11.2	7.6	8
苯胺	93	0.5	1.5	100
邻苯二甲酸二正丁酯	278	9.3	7.5	3
邻苯二甲酸二异丁酯	278	ND	85.4	—
二氯甲烷	85	35.2	ND	20
萘	128	49.5	10.5	—
三氯甲烷	119	ND	8.5	60
苯	78	4.2	4.5	10
乙苯	106	2.5	ND	300
对、间—二甲苯	106	5.1	2.8	500
邻二甲苯	106	ND	ND	—
1, 2, 4—三甲苯	120	ND	ND	—
1, 2—二氯苯	147	ND	ND	1000
对二氯苯	147	ND	ND	300
四氯化碳	154	ND	12.5	2
二氯乙烷	99	ND	2.1	30
苯乙烯	104	ND	9.8	20

注：标准限值数值参照《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中集中式生活饮用水地表水源地的标准限值，“—”代表无相关指标。

9.1 条和 9.2 条是对现行标准 9.1 条的修订，重点对进行纳管排放的渗滤液指标提出要求，并对填埋场运营单位水污染物排入污水集中处理设施提出了相应的要求。生活垃圾填埋场的水污染物排入污水集中处理设施，填埋场运营单位与污水集中处理设施运营单位应签订具有法律效力的合同，取得污水集中处理设施运营单位的同意，并在合同中规定填埋场污水排入污水集中处理设施的流量、浓度等信息和监测、管理等责任。

向工业污水处理厂排放水污染物的间接排放限值确定方法如下：我国生活垃圾填埋场不同年限的渗滤液水质范围如下表 7.2 所示，目前我国生活垃圾填埋场渗滤液为中后期渗滤液，通常直接排放采用的主流工艺为：预处理+MBR+反渗透，故间接排放的合理工艺应为：预处理+MBR。

表 7.2 国内典型填埋场（调节池）不同年限渗滤液水质范围单位:  $\text{mg/L}$  (pH 除外)

项目类别	填埋初期渗滤液 ( $\leq 5$ 年)	填埋中后期渗滤液 ( $> 5$ 年)	封场后渗滤液
$\text{COD}_{\text{Cr}}$	6000~30000	2000~10000	1000~5000

BOD <sub>5</sub>	2000~20000	1000~4000	300~2000
NH <sub>3</sub> -N	600~3000	800~4000	1000~4000
TP	10~50	10~50	10~50
SS	500~4000	500~1500	200~1000
pH	5~8	6~8	6~9

目前 MBR 系统的设计进水主要污染物指标宜符合下列要求：①进水 COD<sub>Cr</sub> 不宜大于 20000mg/L；②生化需氧量与化学需氧量比值（BOD<sub>5</sub>/COD<sub>Cr</sub>）：不宜小于 0.3；③进水氨氮（NH<sub>3</sub>-N）不宜大于 3500 mg/L；④生化需氧量与氨氮（BOD<sub>5</sub>/NH<sub>3</sub>-N）比值不宜小于 5。

而 MBR 系统出水水质为：①化学需氧量（COD<sub>Cr</sub>）：不宜大于 1200 mg/L；②生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）：不宜大于 200 mg/L；③氨氮（NH<sub>3</sub>-N）：不宜大于 50mg/L；④总氮（TN）：不宜大于 200mg/L。MBR 系统出水经高级氧化后：①化学需氧量（COD<sub>Cr</sub>）可达到小于 500 mg/L；生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）以及总氮（TN）均会进一步降低。

综合目前间接排放的合理工艺（预处理+MBR）的出水指标以及 GB 8978 和 GB/T 31962 标准中相关污染物排入城镇污水处理厂的间接排放规定，设置排入工业污水处理厂处置的部分水污染物的排放控制限值如表 7.3 所示。

表 7.3 排入工业污水集中处理系统处置的水污染物的排放控制限值

控制污染物	排放限值
色度	64
化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）（mg/L）	500
生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）（mg/L）	300
悬浮物（mg/L）	400
总氮（mg/L）	70
氨氮（mg/L）	45
总磷（mg/L）	8

9.3 条是对现行标准 9.4 条的精简，规定处理渗滤液产生的浓缩液应单独处置，不得回灌生活垃圾填埋场或进入污水集中处理设施。同时规定填埋场只允许设立一个污水排放口。

9.4 条相对于现行标准 9.2 条，未作修订。对甲烷的排放控制提出具体要求。

9.5 条相对于现行标准 9.3 条，未作修订。规定填埋场在运行中应采取必要措施防止恶臭物质的扩散。在填埋场周围环境敏感点方位的场界的恶臭污染物质量浓度应符合 GB 14554 的规定。

考虑到生活垃圾转运站具有专门的技术规范，删除了现行标准 9.4 条。

## 7.10 监测要求

10.1 条是对现行标准 10.1 条的修订，按照污染源监测管理要求规定了生活垃圾填埋场污染物监测的一般要求。包括建立现代企业监测制度、保留监测记录、安装污染物排放自动监控设备、规范设计采样口等要求。

10.2 条为新增条款，主要规定了生活垃圾填埋场水污染物排放的监测要求，包括采样点、监测频次和监测因子等。

10.3 条是对现行标准 10.2 条进行了细化和补充，规定了生活垃圾填埋场地下水监测的最低要求，要求投入使用之前应监测地下水本底水平。此外还对包括监测井的布设、监测频率、监测时限和监测因子提出具体要求，同时还规定填埋场运行及封场期内，当发现地下水水质有被污染的迹象时，应及时查找原因，发现渗漏位置并启动应急措施，防止污染扩散。

10.4 条为新增条款，对填埋场内渗滤液液位的监测提出要求。规定运营单位应至少每月 1 次对填埋场内渗滤液液位进行测定，测定期限为 10.3.3 条规定的时间。

10.5 条为新增条款，规定运营单位应定期根据填埋场内渗滤液液位及渗漏监测系统测定结果对防渗衬层的完整性、渗滤液收集和导排系统的有效性以及地下水水质进行评估和检测，同时应根据评估和检测结果确定是否对填埋场后续运行计划进行修订以及采取必要的应急处置措施，运行期间，评估频次不得低于 2 年 1 次；封场后进入后期维护和管理阶段，评估频次不得低于 3 年 1 次。

10.6 条为新增条款，明确飞灰入场前进行预处理的责任主体，规定满足 6.3 条和 6.5 条要求废物的处理设施所有者应定期进行采样监测，重金属浸出浓度的监测频次应不少于每天 1 次，二噁英的监测频次应不少于每 6 个月 1 次。

10.7 条是对现行标准 10.4 条进行简化，规定运营单位应每天进行 1 次填埋工作面和填埋气导气管（井）排放口的甲烷气体含量监测。对空气中甲烷气体含量的每日监测可采用符合 GB 13486 要求或具有相同效果的便携式分析仪器进行测定。对空气中甲烷气体含量的监督性监测应按照 HJ/T 38 中规定的方法进行测定。

10.8 条是对现行标准 10.4 条进行了细化和补充，规定填埋场运行期间，运营单位应对场界恶臭污染物进行监测，频率为每月至少 1 次。恶臭污染物监测应按照 GB/T 14675 和 GB/T 14678 规定的方法进行测定。

## 八、修订前后标准比较

修订前后的 GB 16889 的主要内容对比见表 8.1。从上述比较中可以看出，修订后的 GB

16889 对石灰岩溶洞发育带、岩浆岩区域提出了可替代的工程措施，对生活垃圾填埋场的设计和运行的要求均相应加严。此外，本次修订增加了无法利用填埋气的污染控制要求，有效促进了填埋全生命周期的碳减排；增加了渗滤液纳管排放的技术要求，降低了高昂的渗滤液膜法处置费用。

表 8.1 修订前后的 GB 16889 的主要内容对比

修订内容	GB 16889-2008	GB 16889 修订稿
术语与定义	相关术语与定义不完善。	结合修订后的标准文本，增加了填埋场、填埋场开挖、渗滤液回灌处置、地下水收集导排系统及渗漏检测层的定义。
选址要求	对贵州等地区无法避开的石灰岩溶洞发育带、岩浆岩区域以及天然基础层的地质结构未做要求。	增加了无法避开的石灰岩溶洞发育带、岩浆岩区域应采取工程措施的要求，将填埋场选址标高从选址要求调整到设计要求。
设计、施工与验收要求	对防渗层的要求过于宽松。	删除了采用天然粘土防渗衬层的要求，以及采用单人工复合衬层或双人工复合衬层时，膜下天然粘土衬层采用具有同等以上隔水效力的其他材料衬层的要求。
	部分条款不明确。	明确了渗漏监测系统的构成至少应包括下列方式之一或包括下列方法的多种方式组合：（1）渗漏检测层；（2）防渗衬层渗漏监测设备；（3）地下水监测井。 明确了蒸发量大、降雨量少的地区，填埋场的建设设计和施工要求。 明确了填埋场的分区设计要求及调节池防渗要求和容量的计算方法。
	未对填埋场产生的填埋气体无法利用，或不准备利用，或不满足火炬燃烧要求无法采用火炬处理的场景提出要求。	增加了当填埋场产生的填埋气体无法利用，或不准备利用，或不满足火炬燃烧要求无法采用火炬处理时，为减少甲烷气体的产生，渗滤液导排管的设计应满足下列条件。（1）渗滤液导排管与填埋气导排竖管连接，并与大气连通；（2）通过管阀等措施使渗滤液导排管排放口与大气连通。
填埋废物的入场要求	部分条款不完善。	细化并完善了填埋废物的入场要求。 明确了接受生活垃圾焚烧飞灰填埋场的要求。
运行要求	对突发环境事件应急预案未做要求。 部分条款不完善。	增加了突发环境事件的应急预案制订要求。 增加了恶臭问题的防治措施。 增加了采用渗滤液场内灌溉处置方式处置渗滤液时的技术要求。 细化了填埋场运行情况记录制度。
封场及后期维护与管理要求	对封场后填埋场的再利用未做要求。	增加了采用高密度聚乙烯防渗膜作为封场防渗层的完整性检测要求。 增加了封场后填埋场再利用的技术要求。

污染物排放控制要求	渗滤液排放要求过于严格。	对填埋场渗滤液纳管排放要求进行规定。
监测要求	部分条款不完善。	增加了填埋场内渗滤液液位的监测要求。 增加了填埋场定期评估要求。 增加了监测井的建设与管理应符合 HJ/T 164 的技术要求。 增加了生活垃圾焚烧飞灰和医疗废物焚烧残渣的定期监测要求。

## 九、修订后标准主要条款与国外标准比较

修订后 GB 16889 的渗滤液污染排放要求与国外主要国家的污染控制标准对比见表 9.1。在对表 9.1 中发达国家生活垃圾填埋场渗滤液排放要求进行比较后得出，我国生活垃圾填埋场渗滤液直接排放标准中常规污染物的限值和国外发达国家的标准基本一致，重金属污染物限值普遍严于国外发达国家，渗滤液纳管排放标准中污染物限值严于澳大利亚。

表 9.1 修订后 GB 16889 的渗滤液排放要求与国外主要标准的对比 (mg/L)

项目	美国 月均	加拿大	英国	德国	日本	澳大利亚污水 厂接受标准	GB 16889 修订稿	
							直接排放标准	间接排放标准
COD <sub>Cr</sub>		NR	50	200	90	1500	100	500
BOD <sub>5</sub>	40	50	10	20	60	600	30	300
悬浮物	27	50	75	NA	60	600	30	400
总氮				70	120		40	70
氨氮	2.5			NA		100	25	45
总磷				3	16	50	3	8
总铜			0.5			0.5	0.5	2
总锌	0.11	1				2	1	5
总钡							1	5
总硒							0.1	0.5
总汞		0.05	0.005			0.05	0.001	0.005
总镉			0.01	0.1	0.1	2	0.01	0.05
总铬		1		0.5	2	10	0.1	1.5
六价铬		1		0.1	0.5	10	0.05	0.5
总砷					0.1	5	0.1	0.3
总铅		0.3		0.5	0.1	10	0.1	0.5
总铍							0.002	0.002
总镍				1			0.5	0.5

注：NR: not regulated ; NA: not available。

修订后 GB 16889 的填埋场防渗结构与国外主要国家的污染控制标准对比见表 9.2。

表 9.2 修订后 GB 16889 的防渗结构与国外主要标准的对比

国家	人工合成材料厚度 (mm)	压实粘土	
		厚度 (m)	k (cm/s)
美国	0.75	0.6	$1.0 \times 10^{-7}$
欧盟	--	1.0	$1.0 \times 10^{-7}$
德国	2.5	0.75	$5.0 \times 10^{-8}$
英国	2.0	1.5	$5.0 \times 10^{-8}$
瑞士	2.5	0.5	$1.0 \times 10^{-7}$
GB 16889 修订版	单人工复合衬层	$\geq 2.0$	$1.0 \times 10^{-7}$
	双人工复合衬层	主防渗衬层 $\geq 2.0$ 次防渗衬层 $\geq 1.5$	$1.0 \times 10^{-7}$

在对表 9.2 中发达国家生活垃圾填埋场防渗层结构要求进行比较后得出,60%的国家(地区)对于压实粘土层的厚度要求限值大于 0.5 m,64%的国家(地区)对于压实粘土层的渗透系数要求限值小于  $1.0 \times 10^{-7}$  cm/s,此外绝大多数国家(地区)均采用人工复合衬层。

综上所述,修订后 GB 16889 对于渗滤液和防渗结构的污染控制要求基本与国外的管理现状与趋势相一致。

## 十、修订后标准的技术经济和环境效益分析

### 10.1 经济效益

新标准实施后,需要增加的费用包括生活垃圾填埋场后期维护与管理费用、监测费用等,降低了渗滤液处理费用。我国生活垃圾填埋场的渗滤液产生量约 18 万 t/d,如果 80%的渗滤液进行纳管排放,按照建设成本 10 万元/吨水,处理费用 100 元/吨水计算,可以节约建设成本 72 亿,每年运行费用可降低 26 亿元。

本次修订还增加了无法利用填埋气的污染控制要求,有效促进了填埋全生命周期的碳减排。假设目前城市生活垃圾填埋场填埋气中的甲烷气体全部利用,县城生活垃圾填埋场填埋气中的甲烷气体无法利用,根据 IPCC 方法推算,2017 年我国县城生活垃圾填埋场填埋气中甲烷气体直接排放所产生的温室效应转化为二氧化碳后约为 3450 万 t。根据修订后的标准,采用通风工艺后,产生的甲烷气体完全转化为二氧化碳排放,约为 451 万 t,则该通风工艺对碳减排贡献为减排二氧化碳约为 3000 万 t。按照北京碳排放权交易所场外交易价格 50 元/t 计算,通过碳减排可间接获得经济效益约为 15 亿元。

### 10.2 环境效益

相对于现行标准,本次修订增加了天然基础层的选址要求,增加并细化了填埋场防渗系



统的监测要求，极大提升新建处置设施的污染防治水平。如：目前我国填埋场防渗层破损问题极为严重，平均检出漏洞约为 17 个/万 m<sup>2</sup>，一个直径 25 cm 漏洞的渗滤液泄漏量可达 15 kg/d，约 5.4 t/a，环境风险突出。本次修订可以及时发现泄漏位置并进行修补，有效防止泄漏事故的发生，控制填埋渗漏风险。