

生活垃圾卫生填埋工程 实用技术指南

标准应用 · 设计计算 · 案例精选

陈朱蕾 薛 强 主编

紧贴规范——围绕最新规范，深度解析条文

紧贴算法——归纳实用算法，细致介绍用法

紧贴案例——列举经典案例，全面推广经验



中国建筑工业出版社

生活垃圾卫生填埋工程 实用技术指南

标准应用 · 设计计算 · 案例精选

陈朱蕾 薛 强 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生活垃圾卫生填埋工程实用技术指南 标准应用·设计
计算·案例精选/陈朱蕾, 薛强主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013.3

ISBN 978-7-112-15150-9

I. ①生… II. ①陈… ②薛… III. ①垃圾处理—卫生
填埋—指南 IV. ①X705-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 031868 号

本指南基于我国现行的卫生填埋系列技术标准, 归纳了卫生填埋设计的实用算法及实际案例, 主要内容是: 1. 概论; 2. 基本概念和术语; 3. 选址及工程地质勘察与规模计算; 4. 总体设计与填埋库容计算; 5. 基础处理与土方计算; 6. 垃圾坝与坝体稳定性计算; 7. 防渗及地下水导排系统技术要求与设计计算; 8. 防洪及雨污分流系统技术要求与设计计算; 9. 渗沥液收集及处理系统技术要求与设计计算; 10. 填埋气体收集及利用系统技术要求与设计计算; 11. 封场系统技术要求与设计计算; 12. 填埋新技术; 13. 附录。

编写组经广泛调查研究, 参考国内外先进标准及相关文献, 并结合几十座卫生填埋场的工程设计经验, 提炼了约 380 条技术要点, 归纳了 100 多个设计计算方法及约 248 个相关计算公式, 给出了 39 个设计计算案例, 总结形成了本指南。

本指南作为卫生填埋技术参考工具书, 可供生活垃圾填埋场设计、建设、运行管理技术人员使用, 还可作为国家注册环保工程师考试 (固废方向) 的辅导资料以及高校环境工程专业固废处理课程设计和毕业设计的参考手册。

* * *

责任编辑: 孙玉珍

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张颖 赵颖

生活垃圾卫生填埋工程实用技术指南

标准应用·设计计算·案例精选

陈朱蕾 薛强 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京世知印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 24 字数: 596 千字

2013 年 4 月第一版 2013 年 4 月第一次印刷

定价: 58.00 元

ISBN 978-7-112-15150-9

(23237)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

编写人员名单

主 编：陈朱蕾 薛 强

副 主 编：罗继武 杨 列 刘 勇

参编人员：郑得鸣 史波芬 陈 思 解 莹 付 乾 张 俊
曹泳民 俞瑛健 詹爱平 杨 林 刘 磊 龚 哲
谢文刚 胡骏嵩 褚 岩 陶其阳 曹 丽 万 睿
张 雄 杨金凤 李北涛 汪 佳 甘 露 郭治远
唐淑琴 王 璐 黄丽娟 赵梦龙 周传斌 宫千惠
徐丽丽 李林蔚 李元元 邵 蕾 黎小保 周 磊
吕志中 章 保 刘 晓 曾姗姗 廖朱玮 刘 婷
熊尚凌 张文静 黄 亮 杨 庆 李希堃 蔡新美
汪理科 喻文娟 席 爽

前 言

生活垃圾卫生填埋技术在我国已有近 30 年的发展历史，相关工程建设标准也日趋完善。这些标准规范并指导着我国生活垃圾卫生填埋场的设计、建设、运行、评价等活动各方的技术行为和管理行为。但同时，由于固废处理领域科学技术的迅速发展、设计和建设经验的不断积累以及设计和建设活动的复杂性，现行标准尚不能及时全面细致地为从事建设活动的广大工程技术人员提供指导。

本指南旨在衔接我国现行的卫生填埋系列技术标准，编写出一本归纳了实用性算法及实际案例的技术参考工具书。编写组长期从事标准化研究工作，具有丰富的编制经验。在此基础上，编写组经广泛调查研究，参考国内外先进标准及相关文献，并结合几十座卫生填埋场的工程设计经验提炼归纳了约 380 条技术要点，建立和归纳参考了 100 多个设计计算方法及约 248 个相关计算公式，给出和归纳了 39 个设计计算案例，总结整理形成本指南。本指南可供生活垃圾填埋场设计、建设、运行管理技术人员使用，还可作为国家环保工程师考试（固废方向）的辅导工具书和高校环境工程专业固废处理课程设计和毕业设计的参考工具书。

由于水平有限，本指南难免有不妥之处，恳请读者朋友在使用过程中将意见及时反馈给编写组，以便进一步修订完善。

本指南中的部分设计计算方法和计算案例采用了钱学德先生主编的《现代卫生填埋场的设计与施工》一书的内容，在编写过程中得到了一些从事固废处理设计和建设的单位提供案例资料，特别是得到许多标准化管理专家和固废处理专家的帮助与指导，他们是董一新、冯其林、张范、徐文龙、施阳、秦峰、邓志光、吴文伟、陶华、张益、郭祥信、王琦、潘四红、齐长青、吴东彪、齐奇、杨军华、田宇、彭银仿等，在此一并表示感谢。

2012 年 12 月

目 录

1 概论	1
1.1 我国生活垃圾填埋场建设发展	1
1.2 我国生活垃圾卫生填埋技术发展	2
1.3 我国生活垃圾卫生填埋工程建设标准发展	8
1.4 国内外填埋技术及标准比较	13
参考文献	28
2 基本概念和术语	29
3 选址及工程地质勘察与规模计算	37
3.1 引用标准	37
3.2 技术要求	37
3.3 设计计算	49
3.4 案例	53
参考文献	62
4 总体设计与填埋库容计算	63
4.1 引用标准	63
4.2 技术要求	63
4.3 设计计算	73
4.4 案例	76
参考文献	84
5 基础处理与土方计算	85
5.1 引用标准	85
5.2 技术要求	85
5.3 设计计算	88
5.4 案例	97
参考文献	106
6 垃圾坝设计与坝体稳定性计算	107
6.1 引用标准	107
6.2 技术要求	107
6.3 设计计算	116
6.4 案例	121
参考文献	128

7 防渗及地下水导排系统技术要求与设计计算	130
7.1 引用标准	130
7.2 技术要求	130
7.3 设计计算	144
7.4 案例	154
参考文献	158
8 防洪及雨污分流系统技术要求与设计计算	159
8.1 引用标准	159
8.2 技术要求	159
8.3 设计计算	162
8.4 案例	166
参考文献	169
9 渗沥液收集及处理系统技术要求与设计计算	170
9.1 引用标准	170
9.2 技术要求	170
9.3 设计计算	182
9.4 案例	194
参考文献	214
10 填埋气体收集及利用系统技术要求与设计计算	215
10.1 引用标准	215
10.2 技术要求	215
10.3 设计计算	222
10.4 案例	231
参考文献	238
11 封场系统技术要求与设计计算	239
11.1 引用标准	239
11.2 技术要求	239
11.3 设计计算	245
11.4 案例	253
参考文献	258
12 填埋新技术	260
12.1 机械—生物预处理技术	260
12.2 准好氧填埋技术	263
12.3 反应器型填埋技术	265
12.4 高维填埋技术	268
12.5 垃圾填埋场封场覆盖 EST 技术	269
12.6 老生活垃圾填埋场生态修复技术	272

12.7	垃圾填埋场污染物远程在线监督系统·····	273
	参考文献·····	276
13	附录·····	279
	附录Ⅰ 全国各地区（省市）人均日产垃圾量统计表·····	279
	附录Ⅱ 填埋场常用与特殊地基处理方法及边坡支护结构常用形式·····	299
	附录Ⅲ 工程建设标准规定的强制性条文·····	304
	附录Ⅳ 指南各章引用标准内容·····	309
	附录Ⅴ 材料技术要求·····	350
	附录Ⅵ 本指南试验方法·····	356
	附录Ⅶ 防渗结构渗漏破损探测方法与要求·····	370

1 概 论

1.1 我国生活垃圾填埋场建设发展

据统计，2010 年我国设市城市建设有 628 座生活垃圾处理设施（表 1-1），其中填埋场 498 座，处理方式以填埋为主。

我国生活垃圾处理设施数量及规模统计表（2001~2010 年）

表 1-1

年份	处理厂（场）数（座）				处理能力（t/d）			
	合计	卫生填埋	堆肥	焚烧	合计	卫生填埋	堆肥	焚烧
2001 年	741	571	134	36	224736	192755	25461	6520
2002 年	651	528	78	45	215511	188542	16798	10171
2003 年	574	457	70	47	218603	187092	16511	15000
2004 年	559	444	61	54	238143	205889	15347	16907
2005 年	469	356	46	67	255862	211085	11767	33010
2006 年	413	324	20	69	256098	206626	9506	39966
2007 年	449	366	17	66	267751	215179	7890	44682
2008 年	509	407	14	74	315153	253268	5386	51606
2009 年	566	447	16	93	355780	273498	6979	71253
2010 年	628	498	11	104	387607	289957	5480	84940

注：数据来源于 2001 至 2010 年《中国城市建设统计年鉴》。

表 1-1 中填埋场数量近十年持续下降的原因，主要是由于小填埋场和简易填埋场的陆续关闭，但是垃圾填埋总量仍持续上升（图 1-1），同时填埋场平均规模不断增大（图 1-2）。

我国目前卫生填埋场数量、处理规模和技术水平依然不能满足要求，仍有大量的生活垃圾简易填埋处理，分散堆积在城市周边的自然环境中；同时已建填埋场还存在诸多运行管理和监管问题。与此同时，引导、约束建设活动的卫生填埋技术标准的制定工作，却有待于相关课题研究工作的推进和相关科研及设计成果的转化，应及时将卫生填埋技术发展中更为成熟的工艺、材料、设备、设计方法和最新技术纳入标准条文要求或技术导则中，以便更好的用以指导国内卫生填埋场的新建、扩建，简易填埋场的封场、改建等。

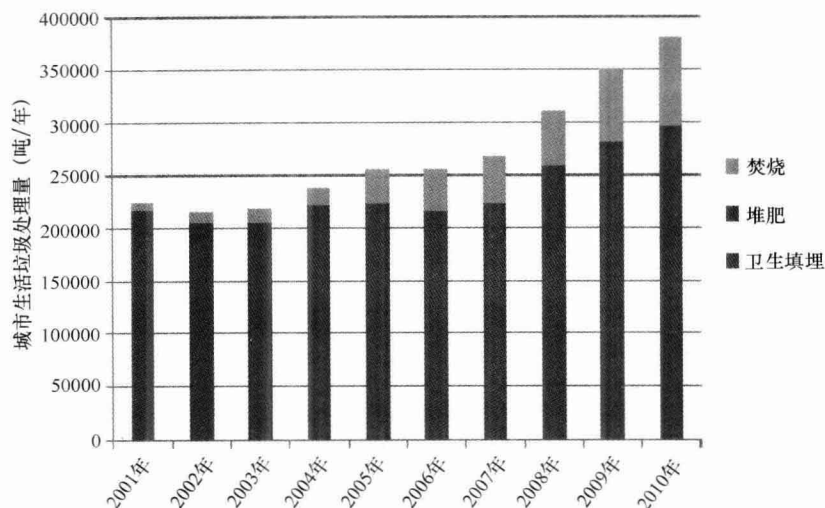


图 1-1 我国生活垃圾处理量（万 t/d）变化图（2001~2010 年）

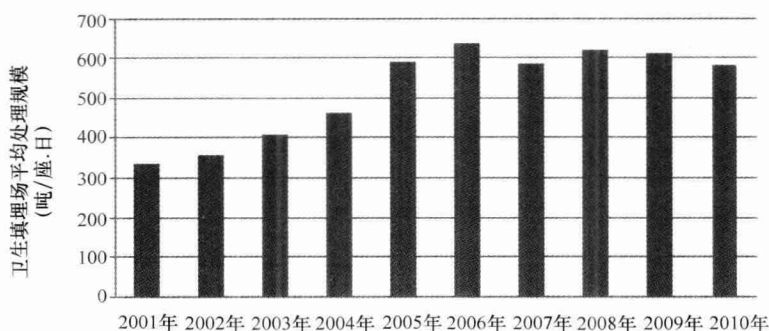


图 1-2 我国生活垃圾填埋场平均处理规模变化图（2001~2010 年）

1.2 我国生活垃圾卫生填埋技术发展

早期的生活垃圾采用简单堆放的方式进行处理，并未控制对环境的污染。直到 20 世纪 30 年代，美国才首次提出“卫生填埋”的概念，日本和德国也在 20 世纪 70 年代相继开展了卫生填埋技术的研究和并应用于实际工程当中。

我国的卫生填埋技术起步较晚，始于 20 世纪 80 年代末。1988 年建设部颁布了我国第一部卫生填埋技术标准《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-88，该标准的颁布标志着我国正式迈进了以无害化处理为特征的卫生填埋阶段。经过 20 多年的发展，我国的生活垃圾卫生填埋技术取得了显著的进步，国外先进技术的引进、大型企业的介入、新型材料及设备的运用、污染控制标准的提高等都加速了我国卫生填埋技术的发展。

本章从防渗技术、渗沥液处理工艺、填埋气体收集利用技术、封场技术等四个方面简要概括了我国卫生填埋技术的发展历程。

1.2.1 防渗技术的发展

我国生活垃圾卫生填埋场防渗技术的发展经历了天然水平防渗、垂直防渗、人工水平防渗三个阶段。

1.2.1.1 天然水平防渗阶段（20 世纪 80 年代末）

1988 年颁布的《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-88 规定，生活垃圾卫生填埋场必须进行天然或人工防渗处理。20 世纪 80 年代末至 90 年代初，我国的生活垃圾卫生填埋场一般采用天然黏土进行防渗，技术指标为黏土衬里的厚度大于 2m，渗透率不大于 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 。如北京安定卫生填埋场、武汉金口卫生填埋场等都采用这种天然水平防渗系统。但由于诸多因素的限制，当时建设的大部分填埋场的黏土衬里并没有取得很好的防渗效果。

1.2.1.2 垂直防渗阶段（20 世纪 90 年代初）

垂直防渗是水利水电工程常用的防渗方式，即利用压力灌浆的方法设置防渗帷幕将地下水出口处及邻区的岩石裂隙充填封闭，使上游受污染的地下水阻集于帷幕前的水池中，使渗沥液不向下游及邻区渗透。垂直防渗较好地防止了地下水的污染。1991 年 4 月建成并投入使用的杭州天子岭固体废弃物总场一期工程是我国第一个采用垂直防渗方式的生活垃圾卫生填埋场，这标志着垂直防渗开始应用于我国填埋场的防渗工程。随后垂直防渗方式又相继应用于南昌、贵阳、长沙、福州、宜昌等地的垃圾填埋场防渗工程。

然而，垂直防渗对于填埋场区的地质要求较高，填埋场区必须具备一定的水文地质条件，如必须为一个小的、独立的水文地质单元；地层的透水性较差且富水性弱；下游一定范围内地下水无利用价值。但是，不透水层的勘测界定难度较高，灌浆深度很难确定，而灌浆深度不够很容易造成污染物外泄。

随着对防渗要求的提高，单独的垂直防渗已不能满足填埋场的防渗要求，因此在修编的《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-2004 标准中，未将垂直防渗纳入标准中。之后颁布的《生活垃圾填埋场无害化评价标准》CJJ/T 107-2005 中也规定，如果填埋场只采用垂直防渗的方式，防渗单项应予以扣分。自从填埋场新的技术标准和评价标准颁布后，单独的垂直防渗技术已逐渐停止使用。近些年来，“垂直防渗”技术只作为水平防渗的辅助防渗方式或作为地下水控制技术在填埋场中使用。

1.2.1.3 人工水平防渗阶段（20 世纪 90 年代末至今）

1997 年，深圳下坪生活垃圾卫生填埋场采用了 HDPE 人工合成膜水平防渗技术，这是我国首次将人工合成材料应用于填埋场的防渗工程。此后，昆明、海口、保定、北京、天津等地也相继建成了一批采用 HDPE 膜进行水平防渗的填埋场。2002 年 8 月，我国第一个采用双层 HDPE 膜防渗的卫生填埋场——广州兴丰生活垃圾卫生填埋场一期工程建成并投入使用。

在 1997 年到 2004 年之间，我国填埋场可选择性地采用水平防渗或垂直防渗方式。而 2004 年颁布的《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-2004 明确规定垂直防渗不得作为填埋场的防渗方式，同时对水平防渗做了更加细致的规定，增加了对人工合成材料厚度的要求、人工防渗系统的详细防渗结构和每层的具体要求。2007 年出台的《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》CJJ 113-2007，2008 年出台的《生活垃圾填埋场污染控

制标准》GB 16889-2008 也确定了我国生活垃圾填埋场防渗工程只能采用水平防渗方式。

目前,人工水平防渗技术及相应的防渗材料如 HDPE 膜、GCL、土工布等广泛应用于我国填埋场的防渗工程。

1.2.2 渗沥液处理工艺的发展

1.2.2.1 传统生物处理阶段(20 世纪 90 年代初)

20 世纪 90 年代初,我国渗沥液的处理主要采用生活污水的传统生物处理工艺或高浓度工业有机废水生物的传统处理工艺。这个阶段的主要代表工程有杭州天子岭填埋场(两级好氧工艺)、武汉金口填埋场(升流式厌氧污泥床 UASB)、上海老港填埋场(生物稳定塘和土地处理相结合的方法)等。

然而,这些处理工艺没有充分考虑渗沥液的变化特性,仅在填埋初期有一定效果。随着填埋时间的延长,渗沥液的浓度越来越高,成分也越来越复杂,渗沥液的可生化性变差,该工艺的处理效果也明显下降。因此,虽然渗沥液处理工艺是按渗沥液排放标准设计的,但实际建成投入使用后,大部分都难以达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB 16889-1997 中三级排放标准要求。

1.2.2.2 物化预处理+生物处理阶段(20 世纪 90 年代中后期)

到了 20 世纪 90 年代中后期,人们开始认识到,仅靠生物处理方法是难以达到渗沥液处理排放标准的。在此阶段,研究及设计人员开始重视渗沥液的水质、水量及处理特性,尤其是高浓度的氨氮、有毒有害物质、重金属离子及难生物降解有机物的去除。

为保证生物处理的效果,设计逐步采用在生物处理前添加物化预处理过程,以降低渗沥液中氨氮、COD、BOD 的浓度,为生物处理系统的有效运行提供良好条件。在此阶段,物化预处理主要采用的手段有化学氧化法、物理吸附、混凝及氨吹脱等,主要代表工程有广州大田山垃圾填埋场(将原工艺改造成氨吹脱+SBR 处理工艺)、上海老港垃圾填埋场三期改扩建工程(增加回灌、采用芦苇湿地分水与断水隔堤、化学氧化反应池等、加强曝气量)和深圳下坪生活垃圾卫生填埋场(氨吹脱+厌氧复合床+SBR 工艺)。

随着工程实践经验的累积,人们对渗沥液的认识也更加深入。但是,当时流行的工艺对难降解有机物的处理效果并不明显,大部分垃圾填埋场渗沥液处理设施的运行只能满足《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB 16889-1997 中的二、三级排放标准,难以达到一级排放标准的要求。

1.2.2.3 生物处理+深度处理阶段(21 世纪初)

进入 21 世纪后,膜生物反应器(MBR)、纳滤(NF)、卷式反渗透(RO)、碟管式反渗透(DTRO)等工艺开始应用于渗沥液处理工程中,处理后的水质可达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB 16889-1997 的一级排放标准的要求。

以 MBR 工艺在渗沥液处理中的发展为例:MBR 工艺的研究始于 20 世纪 60 年代的美国,70 年代以后,日本也开始在废水处理领域大力开发和研究 MBR 工艺的应用。而 MBR 在我国的研究始于 1993 年,最早用于中水回用,取得了良好的效果。到 21 世纪,MBR 工艺开始应用于我国渗沥液处理工程实践当中,并取得了良好的效果。如今,预处理、MBR 与膜工艺的组合已发展成为渗沥液处理的主流工艺。

表 1-2 列举了国内典型垃圾渗沥液处理应用 MBR 工艺的工程实例。

国内典型垃圾渗沥液 MBR 处理工程实例

表 1-2

序号	项 目	工 艺	执行标准	规模 (t/d)
1	青岛小涧西垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+NF	GB 8978-1996Ⅱ级标准	200
2	北京高安屯填埋场渗沥液处理	MBR+NF+RO	GB16889-1997Ⅰ级	200
3	武汉陈家冲垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+NF+RO	GB8978-1996Ⅰ级标准	400
4	苏州市垃圾填埋场渗沥液处理	厌氧+MBR	GB8978-1996Ⅲ级标准	1200
5	哈尔滨西部垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+NF	GB8978-1996Ⅰ级标准	200
6	北京北神树垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+NF+RO	GB16889-1997Ⅰ级	200
7	某夹山垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+NF	GB8978-1996Ⅰ级标准	210
8	广州李坑垃圾综合处理厂废水处理	UASB+MBR+RO	GB8978-1996Ⅰ级标准	800
9	郑州市垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+NF+RO	GB8978-1996Ⅰ级标准	400
10	北京市小武基垃圾中转站废水处理	MBR	GB8978-1996Ⅰ级标准	50
11	北京顺义垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+RO	GB8978-1996Ⅰ级标准	100
12	昆明市两个垃圾填埋场渗沥液处理	MBR+NF	GB8978-1996Ⅰ级标准	150+250
13	临沂市生活垃圾卫生填埋场渗沥液处理站	MBR+NF	GB8978-1996Ⅰ级标准	300
14	泰安市垃圾厂渗沥液处理站	MBR+NF	GB8978-1996Ⅰ级标准	120
15	溧阳市垃圾填埋场渗沥液处理工程	MBR+NF	GB8978-1996Ⅰ级标准	200

目前渗沥液处理的行业标准《生活垃圾渗沥液膜生物反应处理系统技术规程》已通过评审，近期颁布后将使渗沥液处理的 MBR 工艺走向规范化。

1.2.2.4 预处理+生物处理+膜深度处理或预处理+物化处理（近 5 年）

2008 年，国家颁布了修订后的《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB16889-2008，该标准将原标准的Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级排放标准修改为一般地区排放标准（简称表 2 标准）和敏感地区排放标准（简称表 3 标准），提高了渗沥液的排放标准，这对渗沥液处理工艺提出了更高的要求。

为了达到新标准的排放要求，目前的渗沥液处理工艺一般都采用“预处理+生物处理+膜深度处理”，如“化学沉淀或水解酸化-MBR-NF-RO”、“化学沉淀或水解酸化-MBR-DTRO”等。

渗沥液处理工艺也采用“预处理+物化处理”组合，如“预处理—两级碟管式反渗透(DTRO)”。此外，“预处理—蒸发浓缩法(MVC)+离子交换树脂(DI)”工艺在国内也有应用。

表 1-3 列举了国内典型垃圾渗沥液处理执行新排放标准，应用预处理+生物处理+膜深度处理或预处理+物化处理的工程实例。

国内典型垃圾渗沥液处理执行新排放标准工程实例

表 1-3

序号	项 目	工 艺	排放标准	规模 (t /d)
1	成都长安垃圾填埋场渗沥液处理工程	MBR+深度膜处理	GB 16889—2008	1000
2	佛山高明垃圾填埋场渗沥液处理工程	MBR+深度膜处理	GB 16889—2008	860
3	上海老港生活垃圾处置场渗沥液处理工程	MBR+深度膜处理	GB 16889—2008	950

续表

序号	项 目	工 艺	排放标准	规模 (t /d)
4	无锡桃花山垃圾填埋场渗沥液处理工程	MBR+深度膜处理	GB 16889-2008	800
5	长沙固废处理场渗沥液处理工程	MBR+深度膜处理	GB 16889-2008	1000
6	蚌埠垃圾处理厂渗沥液处理站	MBR+NF+RO	GB 16889-2008	200
7	湖北宜昌黄家湾垃圾填埋场渗沥液处理工程	DTRO+DTRO	GB 16889-2008	240
8	辽宁铁岭柴河垃圾处理厂垃圾渗沥液处理站工程	DTRO+DTRO	GB 16889-2008	150
9	广西北海市白水塘生活垃圾处理厂 改扩建渗沥液处理工程	DTRO+DTRO	GB 16889-2008	250
10	安徽宁国市生活垃圾处理工程渗沥液处理站工程	DTRO+DTRO	GB 16889-2008	100
11	江苏徐州市雁群生活垃圾处理场渗沥液处理工程	DTRO+DTRO	GB 16889-2008	200
12	河北石家庄市峡石沟垃圾卫生 填埋场污水站改造工程	生化+DTRO+DTRO	GB 16889-2008	200
13	青岛市小涧西垃圾综合处理厂 渗沥液处理扩容改造工程	MBR+DTRO	GB 16889-2008	900
14	上海浦东新区黎明垃圾卫生填埋场 渗沥液处理扩建工程	MBR+DTRO	GB 16889-2008	800
15	西安市江村沟垃圾渗沥液处理厂改扩建工程	MBR+DTRO	GB 16889-2008	1200

1.2.3 填埋气体收集利用技术发展

1.2.3.1 无组织排放阶段（1988 年之前）

1988 年之前，我国的大部分垃圾填埋场并没有设置填埋气体（LFG）收集设施，填埋气体处于无组织排放状态，温室气体未得到控制并存在安全隐患。上海、北京、重庆等地都发生过填埋气体导致爆炸的事故。

1.2.3.2 被动收集阶段（1988~1998）

1988 年颁布的《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ17-88 规定，生活垃圾卫生填埋场应设置填埋气体导排系统。在此阶段，国内建设的生活垃圾卫生填埋场采用的大部分是被动收集方式，使用导气石笼进行垂直收集，收集的填埋气体基本都排放到大气中。

1.2.3.3 主动收集、简单利用阶段（1998~2005）

1998 年签署的《京都议定书》提出的 CDM 机制和碳“排放权交易”促进了我国填埋气体收集利用技术的发展。1998 年 10 月，杭州市天子岭废弃物处理总场建立了我国第一个填埋气体回收利用项目。此后一些城市如广州、北京、马鞍山等也相继建成了填埋气回收利用项目。在这之中，大部分项目利用了回收的填埋气进行发电。此阶段为了鼓励填埋气体的收集利用，我国还出台了若干相关政策，见表 1-4。

鼓励提高填埋气体收集利用的政策

表 1-4

政策名称	出台机构	颁布时间	具体内容
《中国 21 世纪议程—中国 21 世纪人口、环境和发展白皮书》	国务院	1994 年	大力推广沼气应用技术，利用生物质能生产沼气，用于生活和动力能源

续表

政策名称	出台机构	颁布时间	具体内容
《关于进一步开展资源综合利用意见的通知》	国家经贸委等部门	1996 年	把填埋气体发电划定为资源综合利用项目，享受相应的优惠政策
《中国城市生活垃圾填埋气体收集利用国家行动方案》	国家环保总局	2002 年	分析了我国城市垃圾处理管理体制、政策、技术、融资障碍，提出了相应的建议，对城市垃圾填埋气体的利用提出了三阶段实施的计划
《关于加强生活垃圾填埋场气体管理工作的通知》	建设部	2002 年	提出对于有条件的填埋场，要加强气体的收集和综合利用；鼓励多方投资，建立多元化的投资体系

同时，修编后的《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-2004 也极大地促进了我国填埋气收集利用技术的发展。该规范对《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-88 中 6.4 节（填埋气体导排及防爆）作了较多修改和补充，将“填埋场必须设置有效的气体导排设施及严防火灾和爆炸”列为强制性条文。此外，还在总则第一条中规定“填埋气体应尽可能收集利用”。

1.2.3.4 主动收集、利用方式多样化阶段（2005 年至今）

由于某些原因，在 2005 年之前，我国实际上投入运行使用的填埋气体回收利用项目并不多，CDM 项目更是稀少。截止 2005 年，我国政府批准的填埋气体 CDM 项目只有三个：①北京安定填埋场填埋气体收集利用项目；②南京天井洼垃圾填埋气体发电项目；③梅州垃圾填埋场填埋气体回收与能源利用项目。

2005 年 2 月 16 日，《京都议定书》正式生效。在这之后，CDM 项目的建设和相关技术的发展向中国的垃圾填埋气体回收利用领域注入了前所未有的动力。截至 2010 年 11 月 12 日，国家发改委共批准填埋气体利用 CDM 项目 57 个，估计年减排量 CO₂ 的总量达到 708 万吨。

2009 年《生活垃圾填埋场填埋气体收集处理及利用工程技术规范》CJJ 133-2009 的颁布使我国填埋气体的收集利用做到了有据可依、也使得整个行业更加规范。

经过近十年的发展，我国填埋气体收集利用技术有明显的发展，在新型高效垃圾填埋气体燃烧发电机和发电系统、新型高效垃圾填埋气体火炬燃烧系统、垃圾填埋气体提纯工艺的研究等领域都取得了一定的成果。然而与国外相比，我国在此领域的差距还是较大的。目前，国内的填埋气体利用项目绝大多数关键设备都是依赖进口。虽然国内一些研究机构曾对填埋气体发电机的开发作过一些研究，但研究内容主要集中在内燃机系列，一般只是对汽油机和柴油机进行粗略的改装，并没有足够的设备运行经验。总体而言，目前我国将填埋气体作为清洁燃料的发电技术正处于探索阶段。

1.2.4 封场技术的发展

1.2.4.1 无覆盖阶段（1988 年之前）

1988 年之前，我国垃圾填埋场基本无封场覆盖设计，生活垃圾裸露在大气之中，经常给环境造成二次污染。

1.2.4.2 自然黏土覆盖阶段（1988~2004）

1988 年颁布的《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-88 规定生活垃圾卫生填埋场应进行终场覆盖设计。但该规范只规定了自然黏土的覆盖厚度、封场顶坡坡度等参数，并没有对终场覆盖进行分层设计的具体要求。随后颁布的《生活垃圾填埋场污染控制标准》GB 16889-1997 和《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-2001 也没有终场覆盖的分层设计。

该阶段我国生活垃圾卫生填埋场主要采用简单自然黏土覆盖，封场效果并不好，仍然容易造成二次污染。

1.2.4.3 多层终场覆盖结构阶段（2004~2010）

2004 年颁布的《生活垃圾卫生填埋技术规范》CJJ 17-2004 促进了我国填埋场封场技术的发展。该规范第一次对生活垃圾卫生填埋场的终场覆盖系统的分层及每一层的技术参数做出了要求。而 2007 年颁布的《生活垃圾卫生填埋场封场技术规程》CJJ 112-2007 是我国第一部专门针对生活垃圾卫生填埋场封场技术的标准，该标准对终场覆盖系统做出了更为详细的规定。同时，两个标准对封场后的土地利用也做出了明确的规定。

在该阶段，人工覆盖如 HDPE 土工膜材料开始应用于我国填埋场终场覆盖系统。我国也开始对老填埋场进行改造，如上海老港四期工程，杭州天子岭二期工程，开始探索老填埋场的封场技术。

1.2.4.4 封场后土地利用阶段（2010 年至今）

2010 年之前，我国的填埋场大部分尚未终场覆盖，故未考虑填埋场覆盖后的土地利用问题。2010 年颁布的《生活垃圾填埋场稳定化场地利用技术要求》GB/T 25179-2010 则对填埋场终场覆盖后的土地利用方式做出了具体的规定。该标准的颁布拉开了我国对填埋场终场覆盖后土地利用的序幕。

经过二十余年的发展，我国生活垃圾卫生填埋场终场覆盖技术经历了无覆盖、黏土覆盖、多层终场覆盖系统（包括使用人工材料的终场覆盖）等阶段，从不考虑封场后的土地利用到封场后土地利用的标准化、规范化，取得了长足的进步。

1.3 我国生活垃圾卫生填埋工程建设标准发展

我国生活垃圾卫生填埋技术标准工作始于 20 世纪 80 年代中期，在 90 年代有较快的发展，并初步构成了标准系列（见表 1-4），主要用于指导国内生活垃圾填埋场的建设。在 90 年代末期我国制订了工程建设领域环境卫生专业标准体系，涵盖了生活垃圾卫生填埋处理系列工程建设标准。这个体系正处于开放的状态，根据国家标准项目年度制（修）订计划有序地完成编制和修订任务，不断地发展和完善，为我国垃圾填埋处理工程技术的发展和进步提供了有力的支撑。

1.3.1 我国工程建设标准体系

工程建设标准是我国工程建设的一项十分重要的技术基础工作，它涉及城乡规划、城镇建设、房屋建筑、交通运输、水利、电力等各个行业和领域，是对这些领域中各类工程的勘察、规划、设计、施工、安装、验收、运营维护及管理所作技

术要求和规定。工程建设标准的编制，原则上是按照工程建设标准体系规划进行。目前，《工程建设标准体系（城乡规划、城镇建设、房屋建筑部分）》作为我国工程建设标准体系的重要组成部分，主要由综合标准和三个对应的标准系列组成，其内容与国家相关法律法规相呼应（图 1-3）。

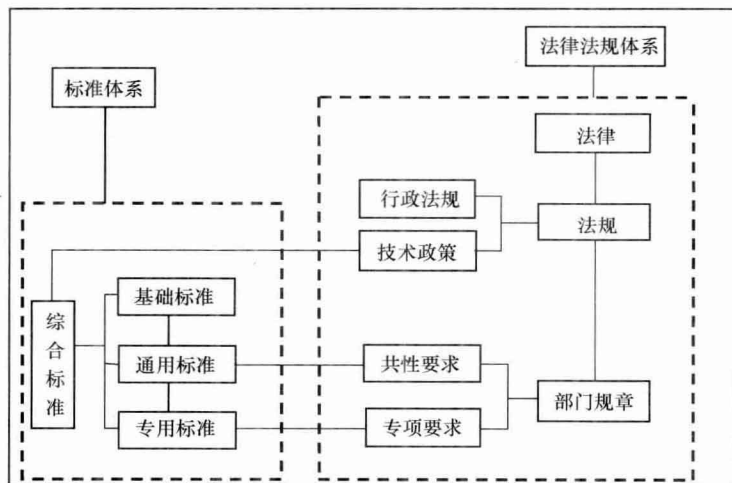


图 1-3 我国标准体系框图

体系中的综合标准，主要是涉及质量、安全、卫生、环保和公众利益所必需的技术要求及管理要求。综合标准对该部分所包含的各专业的各层次的标准均具有制约和指导作用。

基础标准是在某一专业范围内作为其他标准的基础并普遍使用如：术语、符号、计量单位、图形、模数、基本分类、基本原则等。

通用标准指某一类标准化对象制定的覆盖面较大的共性标准，它可以作为制定专项标准的依据，如：通用的安全、卫生和环保要求，通用的质量要求，通用的设计施工要求，通用的质量要求，通用的设计、施工要求与实验方法，以及通用的管理技术等。

专用标准是指对某一具体标准化对象或作为通用标准的补充、延深而制定的专项标准，覆盖面一般不大，如某种工程的勘察、规划、设计、施工、安装、及质量验收的要求，某种新材料、新工艺的应用技术要求等。

1.3.2 我国生活垃圾填埋工程建设标准体系

生活垃圾填埋技术标准在工程标准体系中被包括在城镇市容环境卫生专业。市容环境卫生专业标准体系中（图 1-4），其对应的子系统见图 3-2。在工程建设标准体系中市容环境卫生标准体系被列为第 [2] 7 系列，与我国城市环境卫生行业历史及 20 世纪 80 年代中期建立的市容环境卫生标准体系一脉相承（表 1-5）。

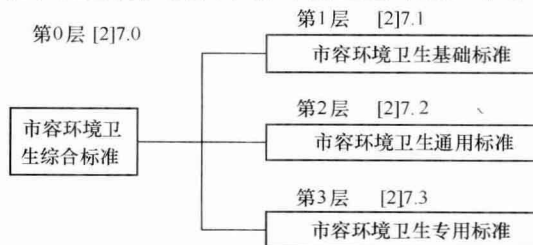


图 1-4 市容环境卫生标准体系相对关系