

**《四川省生活垃圾填埋场地下水环境调查评估技术指南》
(征求意见稿)**

编制说明

《四川省生活垃圾填埋场地下水环境调查评估技术指南》编制组

二〇二四年一月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 工作过程	1
2 标准制定的必要性	1
3 国内外相关标准情况	2
3.1 国外相关标准	2
3.2 我国相关标准	2
4 制定原则和技术路线	3
4.1 制定原则	3
4.2 编制依据	4
4.3 适用范围	4
4.4 技术路线	4
5 主要技术内容和依据	4
5.1 适用范围	5
5.2 规范性引用文件	5
5.3 术语和定义	5
5.4 工作程序	6
5.5 调查准备	7
5.6 初步调查	7
5.7 详细调查	9
5.8 报告编制	10
6 与国内外同类标准对比分析	10
7 对实施本指南的建议	10
8 参考文献	10

1 项目背景

1.1 任务来源

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《地下水管理条例》，为完善生活垃圾填埋场地下水环境调查评估技术体系，规范四川省生活垃圾填埋场地下水环境调查评估活动，按照《四川省市场监督管理局关于下达 2022 年度地方标准制修订项目立项计划（第三批）的通知》（川市监函〔2022〕357 号）要求，在四川省生态环境厅组织下，四川省生态环境科学研究院、西南交通大学和成都理工大学等单位起草编制了《四川省生活垃圾填埋场地下水环境调查评估技术指南（征求意见稿）》（以下简称“指南”）。

1.2 工作过程

2022 年 7 月至 2022 年 12 月，收集国际和省内外相关法律法规、标准规范、技术导则、调查评估案例和科学文献，比对分析生活垃圾填埋场地下水环境调查评估的重难点，总结调查技术要点和适用条件。

2023 年 1 月 8 日，开展生活垃圾填埋场现场调研，筛选省内典型生活垃圾填埋场进行调查比对，分析四川典型填埋场的堆填特征、主要问题和特征污染物。

2023 年 9 月至 12 月，编制《四川省生活垃圾填埋场地下水环境调查评估技术指南（讨论稿）》，召开专家咨询会。

2024 年 1 月至 2 月，根据专家意见进一步完善形成《四川省生活垃圾填埋场地下水环境调查评估技术指南（征求意见稿）》，召开技术审查会。

2 标准制定的必要性

四川省生活垃圾产生量日益增加，生活垃圾主要采取直接填埋或焚烧后填埋。近年大量卫生填埋场和非正规垃圾填埋场的调查表明，由于防渗系统不完善、土工膜原生及安装缺陷，渗滤液中重金属、三氮、有机物等进入地下水，污染填埋场及周边地下水环境，威胁生态安全和人群健康。

生活垃圾填埋场是《中华人民共和国水污染防治法》《水污染防治行动计划》及《地下水管理条例》中的重点污染源，是《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》中地下水污染防治的工作重点。编制符合四川省水文地质条件和填埋场堆填特征的技术指南，有利于推动四川省生活垃圾填埋场地下水调查评估工作，保障四川省地下水污染防治工作顺利实施。

3 国内外相关标准情况

3.1 国外相关标准

3.1.1 美国

美国生活垃圾填埋场接收城市生活垃圾,也接收无害化污泥和无害化工业固废等一般固废,遵守《资源保护与回收法》的要求。该法始于 1976 年,分别在 1980、1984、1988、1996 年进行了四次修订。美国《联邦法规》对生活垃圾填埋场的选址、防渗、渗滤液收集和导排、填埋操作、地下水监测要求、封场和封场后的管理要求、治理要求、资金保障等七个方面进行了规定,各州在执行联邦标准的基础上,可进一步设置更严格的管理要求。《联邦法规》明确要求生活垃圾填埋场需设置地下水监测系统,监测系统保证监测井数量足够,并建在适当的位置和深度,确保能从最上层含水层中采集到地下水样本。监测井的数量、位置和建井深度需根据水文地质条件决定。

3.1.2 欧盟

欧盟于 1999 年发布《填埋场指令》,对填埋场的建设、运营,及渗滤液、地下水的监测和污染控制等进行了规范要求。2000 年,欧盟出台《水框架》,其中涵盖了地下水保护和监测的相关要求,2006 年,进一步出台《地下水保护指令》,强化了对地下水的管理和保护要求。

爱尔兰环保署针对填埋场制定了一系列技术导则,其中《垃圾填埋场监测手册》对填埋场地下水监测方案、监测井设计和建设、监测频次和指标、采样等技术要求进行了规定。手册要求填埋场地下水监测方案应包含:监测井数量和位置、建井深度、评价范围和评价标准、抽水试验、土壤信息、建井材料、地下水流向、地下水径补排区域、填埋场附近的地下水开采点。地下水监测的有效性建立在对调查区水文地质条件的充分掌握,以及恰当的监测井选址和建设的基础上。

3.1.3 日本

日本有关地下水调查和评估以及填埋场调查、评估和管理的部分法规、标准包括:《地下水法》规定了地下水的保护、调查、利用和监测等方面的内容;《地下水环境标准》规定了地下水环境质量的标准;《地下水环境调查指南》提供了地下水环境调查的方法和程序;《废物处理和回收法》规定了废物的处理、回收和填埋等方面的内容;《填埋场法》规定了填埋场的规划、建设和管理等方面的内容;《填埋场环境影响评估指南》提供了填埋场环境影响评估的方法和程序。

3.2 我国相关标准

我国现有《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889)、《生活垃圾卫生填埋场环境监测技术要求》(GB18772)、《地下水环境监测技术规范》(HJ 164)、《地下水质量标准》(GB/T 14848)、《地下水监测

井建设规范》(DZ/T 0270)、《生活垃圾填埋场防渗土工膜渗漏破损探测技术规程》(CJJ/T214)等与生活垃圾填埋场污染防控和地下水监测相关的标准规范,生态环境部发布的《地下水环境状况调查评价工作指南》(环办便函[2019]770号)、《危险废物处置场和垃圾填埋场地下水环境状况调查评估技术指南》(环办便函[2022]382号)等与生活垃圾填埋场地下水环境调查评估相关的技术文件,暂未出台专项的技术导则。

3.2.1 《生活垃圾填埋场污染控制标准》

规定了生活垃圾填埋场选址要求,工程设计与施工要求,填埋废物的入场条件,填埋作业要求,封场及后期维护与管理要求,污染物排放限值及环境监测等要求。要求设置地下水监测本底井一眼、排水井一眼、污染扩散井两眼、污染监视井两眼。不同质量类型地下水的质量标准执行 GB/T 14848 中的规定。

3.2.2 《生活垃圾卫生填埋场环境监测技术要求》

规定了生活垃圾卫生填埋场大气污染物监测、填埋气体检测、渗沥液监测、外排水监测、地下水监测、地表水监测、填埋对题渗沥液水位监测、场界环境噪声监测、苍蝇密度监测、封场后监测的内容和方法。地下水监测井设置与 GB16889 相同。

3.2.3 《地下水环境监测技术规范》

规定了地下水环境监测点布设、环境监测井建设与管理、样品采集与保存、监测项目和分析方法、监测数据处理、质量保证和质量控制以及资料整编等方面的要求。

3.2.4 《地下水环境状况调查评价工作指南》

对集中式地下水型饮用水源以及工业污染源、矿山开采区、危险废物处置场、垃圾填埋场等污染源及周边的地下水环境状况调查评价提出技术要求。

3.2.5 《危险废物处置场和垃圾填埋场地下水环境状况调查评估技术指南》

规定了危险废物处置场和垃圾填埋场地下水环境状况初步调查评估的程序和技术要求。

3.2.6 《生活垃圾填埋场现状调查指南》

由浙江省住房和城乡建设厅发布,提出对填埋场场界内和周边开展地下水环境调查。

4 制定原则和技术路线

4.1 制定原则

(1) 针对性原则

针对生活垃圾填埋场污染源特征和水文地质条件,开展生活垃圾填埋场地下水环境污染种类、程度

和空间分布调查，为生活垃圾填埋场地下水环境管理提供依据。

(2) 规范性原则

采用程序化和系统化的方式规范填埋场地下水环境状况调查评估过程，保障调查的规范性和有效性。

(3) 可行性原则

综合考虑调查方法、时间和经费等因素，结合当前科技发展和专业技术水平，使调查评估过程切实可行。

4.2 编制依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年)
- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017 年)
- (3) 《中华人民共和国土壤污染防治法》(2018 年)
- (4) 《地下水管理条例》(国令第 748 号)
- (5) 生活饮用水卫生标准 (GB 5749)
- (6) 生活垃圾填埋场污染控制标准 (GB 16889)
- (7) 地下水质量标准 (GB/T 14848)
- (8) 生活垃圾卫生填埋场环境监测技术要求 (GB/T 18772)
- (9) 地下水监测井建设规范 (DZ/T 0270)
- (10) 地下水环境监测技术规范 (HJ 164)
- (11) 关于印发《地下水环境状况调查评价工作指南》等 4 项技术文件的通知 (环办土壤〔2019〕770 号)
- (12) 关于印发《危险废物处置场和垃圾填埋场地下水环境状况调查评估技术指南》的通知 (环办便函〔2022〕382 号)

4.3 适用范围

指南规定了生活垃圾填埋场(简称“填埋场”)地下水环境调查评估的基本原则、工作程序、技术要求和报告编制。指南适用于生活垃圾填埋场运行期间和封场后的地下水环境调查评估。

4.4 技术路线

生活垃圾填埋场地下水调查评估工作启动后，首先通过资料收集分析、现场踏勘和人员访谈做好调查准备，然后根据填埋场水文地质条件、防渗情况和地下水环境敏感受体等，开展布点、监测井建设和采样检测，初步调查发现不存在地下水污染时，结束调查，根据调查数据分析结果编制调查评估报告。初步调查发现存在地下水污染时，开展详细调查。认为有环境背景影响时，需编制专章分析。

5 主要技术内容和依据

指南共分 8 章，包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、工作程序、调查准备、初步调查、

详细调查和报告编制，有 7 套资料性附录、5 个参考文献。下面对指南主要内容进行说明：

5.1 适用范围

本章明确了文件适用范围。

5.2 规范性引用文件

本章列出了规范性引用的标准，包括国家标准、行业标准和地方标准。

5.3 术语和定义

本指南包括下列术语和定义

(1) 填埋库区 compartment

生活垃圾填埋场中用于填埋生活垃圾的区域。

说明：该术语沿用《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》（GB 50869）的定义。

(2) 山谷型生活垃圾填埋场 valley-type municipal solid waste landfills

利用两山间低凹而狭窄处作为填埋库区的生活垃圾填埋场。

说明：该术语根据填埋场堆填区地形特征描述。

(3) 坡地型生活垃圾填埋场 slope-type municipal solid waste landfills

填埋库区设在山地斜坡上的生活垃圾填埋场。

说明：该术语根据填埋场堆填区地形特征描述。

(4) 洼地型生活垃圾填埋场 depression-type municipal solid waste landfills

利用低洼的区域作为填埋库区的生活垃圾填埋场。

说明：该术语根据填埋场堆填区地形特征描述。

(5) 平原型生活垃圾填埋场 plain-type municipal solid waste landfills

填埋库区位于地面平坦或起伏较小区域的生活垃圾填埋场。

说明：该术语根据填埋场堆填区地形特征描述。

(6) 防渗衬层 impermeable liner

设置于生活垃圾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的垫层

说明：该术语沿用《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB 16889）的定义。

(7) 地下水收集导排系统 groundwater collection and removal system

在生活垃圾填埋场防渗系统基础下部，用于将地下水汇集和导出的设施体系。

说明：该术语沿用《生活垃圾卫生填埋处理技术规范》（GB 50869）的定义。

(8) 水文地质单元 hydrogeological unit

具有统一边界和补给、径流、排泄条件的地下水系统。

说明：该术语延用《地下水环境监测技术规范》(HJ 164)的定义。

(9) 含水层 aquifer

能够透过并给出相当数量水的岩层。

说明：该术语延用《地下水环境状况调查评价工作指南》的定义。

(10) 潜水 phreatic water

地表以下，第一个稳定隔水层（渗透性能极弱的岩土层）之上具有自由水面的地下水。

说明：该术语延用《地下水环境监测技术规范》(HJ 164)的定义。

(11) 承压水 confined water

充满于两个隔水层之间具承压性质的地下水。

说明：该术语延用《地下水环境监测技术规范》(HJ 164)的定义。

(12) 监测目的层 target aquifer of monitoring

选定用于监测的一个特定含水层或含水层组成段。

说明：该术语延用《地下水监测井建设规范》(DZ/T 0270)的定义。

(13) 地下水环境敏感受体 groundwater environmental sensitive receptors

与生活垃圾填埋场地下水有水力联系且可能受潜在污染地下水影响的地表水体、具有饮用或灌溉功能的地下水井（泉），以及矿泉水、名泉等特殊地下水资源。

说明：该术语在《危险废物处置场和垃圾填埋场地下水环境状况调查评估技术指南》基础上修订。

5.4 工作程序

调查包括调查准备阶段、初步调查阶段和详细调查阶段，最后进行报告编制。准备阶段包括资料收集与分析、现场踏勘、人员访谈、信息整理与分析四部分，其目的为掌握生活垃圾填埋场的基本情况、初步判断填埋场地下水环境疑似污染区域；初步调查阶段分水文地质调查、布点和确定测试指标、现有监测井筛选、监测井设计和建设、现场采样和样品测试、初步调查分析评估，其目的为在掌握填埋场水文地质条件基础上，通过布点、建井、采样和检测，分析填埋场是否造成地下水环境污染，初步确定污染物种类和浓度，为下一阶段详细调查提供科学指导。

详细调查阶段包括防渗排查、数值模拟和（或）地球物理探测、污染范围初步分析、布点和确定测试指标、现场采样和样品测试、详细调查分析评估，其目的是排查渗漏区域，结合数值模拟和（或）地

球物理探测，初步划定地下水污染范围，再通过布点、建井、采样和检测，明确地下水污染边界、地下水污染程度及空间分布。

5.5 调查准备

调查准备主要包括资料收集与分析、现场踏勘、人员访谈，目的为摸清填埋场建设和运行相关基本信息（地理位置、占地面积、平面布置、防渗、历史监测情况等）、区域水文地质条件、填埋场周边地下水开采与利用情况、环境敏感受体等，为开展布点调查提供依据。

5.6 初步调查

初步调查包括水文地质调查、初步布点位置和数量、监测井设计和建设、测试指标确定、样品采集、保存、流转和检测、数据评估与分析。

5.6.1 水文地质调查

四川省地下水类型按储水介质可分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水、变质岩类裂隙水和岩浆岩类裂隙水（表1）。

表1 四川省地下水主要类型及其分布面积

地下水类型	合计面积	
	出露面积（ $\times 10^4 \text{km}^2$ ）	占全省面积比例（%）
松散岩类孔隙水	2.78	5.73
碎屑岩类孔隙裂隙水	15.12	31.18
碳酸盐岩类裂隙溶洞水	4.83	9.96
变质岩类裂隙水	21.35	44.02
岩浆岩类裂隙水	4.42	9.11
合计	48.5	100

省内正规生活垃圾填埋场在建设前经过严格的选址程序，避开了地下水发育的岩溶区和松散岩类孔隙水区域，以碎屑岩类孔隙裂隙水和变质岩类裂隙水区域居多，这也是省内正规生活垃圾填埋场即便出现膜破损和渗滤液渗漏，其污染范围总体可控的主要原因。但仍有极个别的填埋场因为周边选址难等原因，最终坐落在溶隙区（如江油某填埋场），一旦出现渗滤液渗漏，污染物迁移范围将较大。非正规生活垃圾填埋场主要是从方便角度进行选址，通常选址比较随意，上表中各种类型地下水区域均有分布，其中以孔隙水、裂隙水区域居多。

指南初步调查阶段强调了水文地质条件的必要性。未能从资料收集和现场踏勘中获取生活垃圾填埋场的水文地质条件时，按照 GB/T 12719、GB/T 14158 相关技术要求对填埋场区域开展水文地质调查。同时强调对填埋场构造裂隙的识别，分析其对填埋场防渗衬层系统稳定性的影响，识别填埋场发生渗漏

时地下水的可能污染途径。如果填埋场周边存在地下水开发利用情况，要明确地下水开采对填埋场区域地下水赋存、径流、排泄等水文地质条件的影响。

5.6.2 初步布点位置和数量

四川省正规生活垃圾填埋场主要利用沟谷自然地形条件，在沟口合适位置设置垃圾坝形成库容，即为“山谷型”。部分填埋场因为库容较大、分期堆填，也形成了“坡地型”的堆填形态。除了正规生活垃圾填埋场外，省内还存在大量的非正规生活垃圾填埋场，这部分填埋场在“山谷型”堆放之外，通常利用坑洼、斜坡或者是离人类活动稍远一点的偏僻平地堆放生活垃圾，其中以斜坡堆放方式最多，其次是坑洼和平地堆放方式。因此，根据四川省生活垃圾填埋场所处地形地貌和堆填形态，将填埋场分为山谷型、坡地型、洼地型和平原型。

初步调查布点包含上游对照点、污染扩散监测点、排水井监测点、渗滤液收集或处理设施监测点和敏感受体监测点，细化了不同形貌特征的填埋场的布点位置要求，对存在构造裂隙、岩溶管道等特殊情况的布点要求进行了规定。

5.6.3 监测井设计和建设

结合省内前期地下水调查评估工作的经验，参照《地下水环境监测技术规范》（HJ 164）和《地下水监测井建设规范》（DZ/T 0270）相关要求编制了监测井设计和建设技术要求。强调了筛选现有地下水井的条件；对监测井设计和建设环节强调了对施工过程的记录和地质资料编录，以便获取水文地质参数，为评估和下阶段数值模拟等工作提供支撑。

5.6.4 检测指标确定

根据文献统计数据^[1-3]，我国正规生活垃圾填埋场地下水中已报道检出相关污染指标共计 89 种，其中有机污染指标 2 种、无机盐 12 种、金属离子 5 种、重金属 15 种、微生物指标 2 种、异型生物性有机化合物 53 种、同时还包括视觉污染指标 2 种、其他指标 4 种。非正规生活垃圾填埋场报道检出相关污染指标共计 93 种，其中有机污染指标 3 种、无机盐 11 种、金属离子 5 种、重金属 15 种、微生物指标 2 种、异型生物性有机化合物 57 种，同时还包括视觉污染指标 2 种，其他指标 6 种。对比全国其他地区（东北、华北、华南、华中、西北），西南地区生活垃圾填埋场地下水污染物主要为无机盐、重金属和微生物指标。

进一步根据四川省生活垃圾填埋场的地下水历史检出和超标指标，对比《危险废物处置场和垃圾填埋场地下水环境状况调查评估技术指南》的要求，指南补充了铝、钠、硼、锑、钡、镍、钴、钼等必测指标。

5.6.5 样品采集、保存、流转和检测

对地下水、地表水、渗滤液、渗滤液（含调节池废水）等处理设施排放口样品、土壤样品的采集、保存与运输、样品交接与贮存、检测、质量保证与质量控制按照相应的国家及行业标准实施。

5.6.6 初步调查分析评估

对地下水、地表水、土壤、渗滤液（含调节池废水）等处理设施排放口废水的评价标准、评价方法进行了规定，对于未列入国家标准或地方标准的指标、无国际评价标准的地下水和土壤指标的评价方法进行了说明。对详细调查启动条件进行了说明。

5.7 详细调查

详细调查包括防渗排查、污染范围初步分析、详细布点位置和数量、测试指标确定、采样和测试分析。

5.7.1 防渗排查和污染范围初步分析

在详细调查阶段引入防渗排查，有利于分析污染扩散确定污染范围，同时符合《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》地下水污染防治工作重点。参照《生活垃圾填埋场防渗土工膜渗漏破损探测技术规程》（CJJ/T 214）开展防渗排查，确定填埋场渗滤液的主要渗漏区域和污染范围。采用污染数值模拟和（或）地球物理探测先分析污染范围，再进行布点建井，从程序上优化详细布点，数值模拟和地球物理探测分别参照《地下水污染模拟预测评估工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）《地下水污染地球物理探测技术指南（试行）》（环办土壤〔2022〕16号）执行。

5.7.2 详细布点位置和数量

详细调查的布点主要为确定生活垃圾填埋场地下水污染范围边界、污染深度和污染程度，为下阶段开展管理、修复治理或风险管控提供依据。在初步分析确定的污染范围基础上，进行详细布点。布点位置和数量须满足校核、确定污染范围和污染程度的要求。对详细布点提出进阶式布点、逐步优化的方法，根据采样检测结果多次补充布点和校核，直至明确地下水污染边界和污染程度。

5.7.3 测试指标

以初步调查阶段发现的特征指标为主，可增测有助于分析地下水中污染物迁移转化的理化指标。

5.7.4 建井和采样

监测井设计、建设、样品采集、保存、流转和检测等要求与初步调查阶段的要求一致。

5.7.5 详细调查评估分析

评价标准和评价方法与初步调查阶段的要求一致。规定了详细调查评估的要点和主要内容。

5.8 报告编制

对初步调查评估报告和详细调查评估报告的内容、附图、附件分别进行了规定。

6 与国内外同类标准对比分析

本指南主要服务于四川省生活垃圾填埋场的地下水调查评估工作，立足于四川省特殊水文地质条件和多样化的地形地貌，结合前期工作中发现的问题，细化了布点技术要求，通过工作流程，强化了水文地质条件在调查评估中的运用。在详细调查阶段，优化了布点流程，以防渗排查、数值模拟和（或）地球物理探测先行摸排污染源，分析污染范围，再进行详细布点，通过工作流程，提高详细调查的准确性。本指南借鉴了国内外地下水调查评估工作流程和技术要求，对于在实施过程中得到公认的基本技术要求进行了明确、对满足地方性特点的技术要点进行了梳理、对提升性关键技术要点进行了补充。本指南的工作流程涵盖了生活垃圾填埋场地下水环境调查评估的全过程，工作程序完整，技术要点明确。

7 对实施本指南的建议

本指南实施后，做好相关培训和宣传解读，切实做好指南的应用，服务好四川省生活垃圾填埋场地下水调查评估工作。同时，根据指南实施情况，适时对本指南进行修订和更新。

8 参考文献

- [1] 胡馨然, 杨斌, 韩智勇, 等. 中国正规、非正规生活垃圾填埋场地下水中典型污染指标特性比较分析[J]. 环境科学学报, 2019, 39: 3025-3038.
- [2] 李振声, 李新中. 有机物定性分析在观测生活垃圾卫生填埋场对地下水污染中的应用[J]. 城市管理与科技, 2004, 6(2): 2.
- [3] Han Z Y, Ma H N, Shi G Z, et al. A review of groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in China[J]. Science of the Total Environment, 2016, 569: 1255-1264.