

垃圾填埋场再生游憩地“后修复”阶段 管控体系研究

□ 周聪惠, 应博华, 冒宇飞, 黎颖琳

[摘要] 将垃圾填埋场修复治理和改造利用为游憩活动场地已成为当前实践的热点, 并对城市可持续发展具有现实意义。由于大多再生游憩场地上将存留部分未完全降解的垃圾和有害物质, 在场地使用过程中需要建构和持续实施精细化管控。“后修复”阶段管控虽然短期投入强度不大, 但能为活动人群提供健康安全的长期保障, 却很难受到足够重视。鉴于此, 文章基于垃圾填埋场再生游憩地的功能使用特征, 对管控对象类型进行梳理和辨析, 针对分时、分区和分目标管控体系的建构特征展开讨论, 探讨了管控体系实施保障要点。

[关键词] 垃圾填埋场; 棕地; 修复; 游憩; 管控; 公园

[文章编号] 1006-0022(2018)11-0113-08 [中图分类号] TU984.11⁺4 [文献标识码] B

[引文格式] 周聪惠, 应博华, 冒宇飞, 等. 垃圾填埋场再生游憩地“后修复”阶段管控体系研究[J]. 规划师, 2018(11): 113-120.

Research on the Management and Control System at Post-remediation Phase of Rehabilitated Recreational Site/
Zhou Conghui, Ying Bohua, Mao Yufei, Li Yinglin

Abstract Remediation and rehabilitation of landfill as recreational site has become a hot topic, and it is of great significance to the sustainable development of cities. Since most of the rehabilitated recreation sites will retain part of hazardous substances, constant and delicate management and control of recreational use of the site is imperative. It does not require much immediate investment, but could insure a healthy and safety site in the long run. Based on the functional characteristics of rehabilitated recreational site, the paper analyzes the categories of control objects, discusses the characters of control system based on time, space and objectives, and the key points in implementation.

Key words Landfill, Brownfield, Remediation, Recreation, Regulation, Park

垃圾填埋场改造和游憩利用规划设计实践可以追溯至 1916 年美国西雅图将 Rainier 垃圾填埋场改造为 Rainier 室外运动场的实践, 距今已有 100 余年历史^[1]。在第二次世界大战之后, 城市人口的快速上升加速了城市垃圾的生成速度, 大量垃圾填埋场饱和并被封场, 如何审视和有效利用数量、面积庞大的垃圾填埋场地成为各国难以回避的问题。在此背景下, 美欧各个城市相继启动了垃圾填埋场修复再利用的规划设计与建

设实践探索。在众多实践中, 将垃圾填埋场进行景观改造和游憩利用成为规划的主要选项, 并营造出了诸如纽约清泉公园、伦敦奥林匹克公园和巴塞罗那 Vall d'en Joan 公园等著名案例。

但是, 垃圾填埋场本身的场地特性决定了大多数已填埋垃圾和由此产生的安全隐患均难以彻底根除。因此, 在以游憩利用为主导功能的垃圾填埋场再生场地上需要进行长期、持续的维护与管控, 以确保场地

[基金项目] 国家自然科学基金青年科学基金项目(51408121)、住房和城乡建设部科学技术计划项目(2018-K2-005)、华建集团科研项目“垃圾填埋场的景观化改造与生态修复研究(16-1类-0471-景)”资助项目

[作者简介] 周聪惠, 博士, 东南大学建筑学院副教授、硕士生导师, 美国城市规划师(APA)会员, 美国景观建筑师协会(ASLA)会员。
应博华, 华建集团上海现代建筑装饰环境设计研究院有限公司园林景观设计院院长、总工程师。
冒宇飞, 黎颖琳, 东南大学建筑学院本科生研究助理。

表 1 垃圾填埋场“后修复”阶段管控对象及特征

管控对象	对象细分	主要内容	管控特点
场地环境	环境指标监测	渗沥液水质监测、地下水环境监测、地表水环境监测、大气环境及导气系统总排废气监测、土壤环境监测和填埋场苍蝇监测等	基础性监测，具有持续性、周期性等特点
	岩土指标监测	渗沥液水位监测、表面水平位移监测、深层水平位移监测、垃圾堆体沉降监测和填埋气压监测等	为环境指标监测提供一系列支持数据
人群活动	活动范围管控	针对特定人群划定允许进入区、限制进入区和禁止进入区等	根据垃圾填埋场不同区域的潜在危害程度、设施管控需求等特征划定
	活动类型管控	在特定区域设定允许、限制和禁止的活动类型	根据修复后场地自身特性及修复治理设施(含覆盖隔离、气液疏导与排放等)保护需求设定
设施设备	游憩服务设施	游憩活动设施管控、市政设施管控等	游憩活动设施划入景区管理范围进行日常性管控，市政设施还需纳入垃圾填埋场“后修复”管控体系
	功能支持设施	环境监测设施、资源收集处理设施和隔离防护设施等	既要确保设施处于正常运转状态，又要防止游人接近某些特定设施产生安全问题或对设施造成损坏

上活动人群的健康安全。如果以再生后游憩场地的开始运营时间为分界线，运营之前的封场措施、渗沥液与填埋气体治理设施铺设及景观改造等一系列修复治理工作可以被视为垃圾填埋场的“前修复”阶段，而在运营之后的同步修复治理及其维护和管控则可视作垃圾填埋场的“后修复”阶段。

“前修复”阶段是整个修复治理工作的基础，在短期内需要投入大量高强度的人力、物力和财力，因此更容易受到关注。“后修复”阶段以维护和管控为核心的工作短期投入强度不大，常常不被视为规划设计与修复治理的核心环节，从而得不到应有重视。但该阶段工作需要持续坚持和完整精细的机制保障，并能对场地上活动人群的健康安全提供有力保障，因此重要性丝毫不亚于“前修复”阶段。鉴于此，本文改变常规研究大多聚焦于“前修复”阶段的倾向，将关注点放在“后修复”阶段管控体系研究上，以期能为当前大量开展的垃圾填埋场修复规划及游憩利用提供些许参考。

1 “后修复”阶段管控的必要性

垃圾填埋场封场后的较长时间内仍然会产生威胁人群健康的有害物质。一方面，垃圾填埋场运营的时间较长，早期垃圾填埋场或大型垃圾填埋场的早期填埋库区通常采用简易填埋。该种填埋方式并不能控制和阻止填埋垃圾渗沥液等有害物质对周边土壤、水体的污染，很多污染在修复治理过程中只能进行隔离，但无法彻底根除。另一方面，新近的填埋垃圾将在相当长的一段时间持续产生渗沥液、填埋气体等有害物质，尽管在填埋和封场过程中会设置相应的隔离及疏导处理装置，但由于渗沥液和填埋气体的缓释周期特别长，需要相关设施在很长一段时间内保持运转。

因为受到多方限制，要在修复治理中彻底根除场地上所有潜在威胁，目前而言并不现实，所以在绝大多数修复治理中需采取“有害物质容留”的修复模式。该种修复模式能够在不彻底根除场地有害物质的基础上，通过有害物质隔离、无害化处理等方式为场地上活动的

人群提供安全保障。但由于有害物质长期存在，必须在规划设计阶段就建构起维护与管控机制来确保各项治理措施和设施的正常运转。从本质上看，“后修复”阶段管控是垃圾填埋场修复治理和再利用过程中可行性与功能性之间的平衡器，因此也是该类项目规划内容的关键组分。

2 “后修复”阶段管控对象

垃圾填埋场“后修复”阶段的管控需根据对象特性采取不同频率、不同力度的管控手段，按照管控对象的不同，主要可分为场地环境管控、人群活动管控及设施设备管控三大部分(表1)。

2.1 场地环境管控

“后修复”阶段填埋库区仍存在降解中的填埋垃圾，分解产生的有害气体一旦逸出扩散将严重污染大气环境，渗沥液如发生渗漏将对地下水与地表水质造成长期危害。因此，为确保场地环境能够支持正常的游憩活动使用，需要对环境中的各种指标进行长期监控，主要包括环境要素监测和岩土工程技术监测两方面内容。

其中，环境要素监测主要包含垃圾渗沥液水质监测、地下水环境监测、地表水环境监测、大气环境及导气系统总排废气监测、土壤环境监测和填埋场苍蝇监测等^[2]；而岩土工程技术监测作为辅助措施为环境监测提供一系列支持数据，包括渗沥液水位监测、表面水平位移监测、深层水平位移监测、垃圾堆体沉降监测和填埋气压监测等^[3]。

2.2 人群活动管控

为了保障垃圾填埋场再生游憩场地中的残留污染物不被暴露并危害活动人群的健康安全，同时也为了维持修复治理系统的完好，需对场地上人群活动范围和活动类型展开管控。

人群活动范围管控通常是基于垃圾填埋场不同区域的潜在危害程度、设施管控需求等特征对人群游憩活动范围进行管控,如填埋气体通风口周边应该设置醒目标识禁止游客靠近,含有污染物的水域周边应设置围栏限制游客与水体接触^[4]。活动类型管控则是根据修复后场地自身特性及修复治理设施(含覆盖隔离、气液疏导与排放等)保护需求对场地上人群活动类型进行约束。例如,对于仍然处于沉降中的填埋库区应避免设置高强度的游憩活动项目,对于覆盖隔离层距离地表较浅的区域应避免引入骑马等项目,并应尽量避免放置需要埋深的游憩设施(如足球球门、篮球架)等^[5-6]。

2.3 设施设备管控

垃圾填埋场再生游憩地上的运行设施主要分为游憩服务设施和功能支持设施两类。鉴于垃圾填埋场自身的特殊性,游憩活动设施管控既被纳入景区设施管理体系,又需与垃圾填埋场“后修复”阶段的管控相结合。例如,游憩服务设施的日常性管控通常被划入景区管理范围;而排水、排气等设施在很多项目中会与填埋场修复时渗沥液、填埋气体的排放和疏导设施相整合,填埋库区上的游憩设施需要定期检视地面沉降等,这就需要整合到垃圾填埋场的“后修复”管控体系当中统一进行。

垃圾填埋场特有的功能支持设施包括环境监测设施、资源收集处理设施与隔离防护设施等。环境监测设施主要为场地环境数据采集设备,如采集渗沥液离子浓度、土壤含水量与大气污染物浓度等,通常在场地修复时期就已经安装;资源收集处理设施包含太阳能、风能设备、填埋气体收集和装置等;隔离防护设施则包括围护栏、隔离垃圾堆体的土工膜和隔离土层等。对于功能支持设施的管控一方面要确保设施处于正常运转状态(如环境监测设施及隔离防护

设施的正常运转将直接关系到场地上游憩人群的健康安全);另一方面则是防止游人接近某些特定设施产生安全问题或对设施造成损坏。

3 “后修复”阶段管控体系

“后修复”阶段管控往往并不是单一层面的管控,为确保管控体系足够完善,其整个管控体系的建构需要具有一定层次性。如果按照管控模式的区分,主要可以分为分区管控、分时段管控和分目标管控三大体系类型,三大管控体系通常需要在同一场地进行组合使用(图1)。

3.1 分区管控体系

原垃圾填埋场的基本功能区主要可分为填埋库区、设备处理区、附属服务区及其他区域。在修复后作为游憩利用场地时,应根据原场地潜在危害程度的轻重,采取不同的管控措施(表2)。

(1) 原填埋库区。

填埋库区是垃圾填埋场的主要区域,也是潜在危害程度最大的区域。由于垃圾堆填后会产生复杂的生物化学反应,该区域易发生沉降,并需设置填埋气体与渗沥液疏导收集设施。由于具有较高的潜在危害并设有大量设施,开发

限制较大,不宜建设荷载较高的建(构)筑物或栽种深根型植物,以免破坏库区封场结构,导致有害物质泄漏。

对该类型场地的管控需建立事故前系统和事故后系统,包括例行监测、预警系统和补救措施,以便在一般和特殊情况下都能应对安全问题。同时,不仅要在填埋库区内进行连续监测,还必须对填埋库区周边进行定期监测^[7]。另外,应在易出现泄漏事故的地点(如沼气井口、隔离墙等)设置污染报警装置,一旦发现安全隐患,应及时采取相应的补救措施,避免危害扩大。因为填埋库区各方面状态的稳定化需较长时间,所以针对游憩项目设置和游人活动管控还需根据不同阶段的场地特性来展开,该内容将在下一节分时段管控中重点阐述。

(2) 原设备处理区。

设备处理区包括渗沥液处理区与垃圾预处理区,主要有填埋气体处理、渗沥液处理与垃圾预处理等设备。在封场修复后,设备可继续处理尚未稳定的填埋库区产生的渗沥液、填埋气体等。因此,必须对设施设备进行日常监测与维护,确保正常运作。同时,应当限制使用者活动,避免游客误入,防止对设施设备造成破坏或对游人健康安全造成危

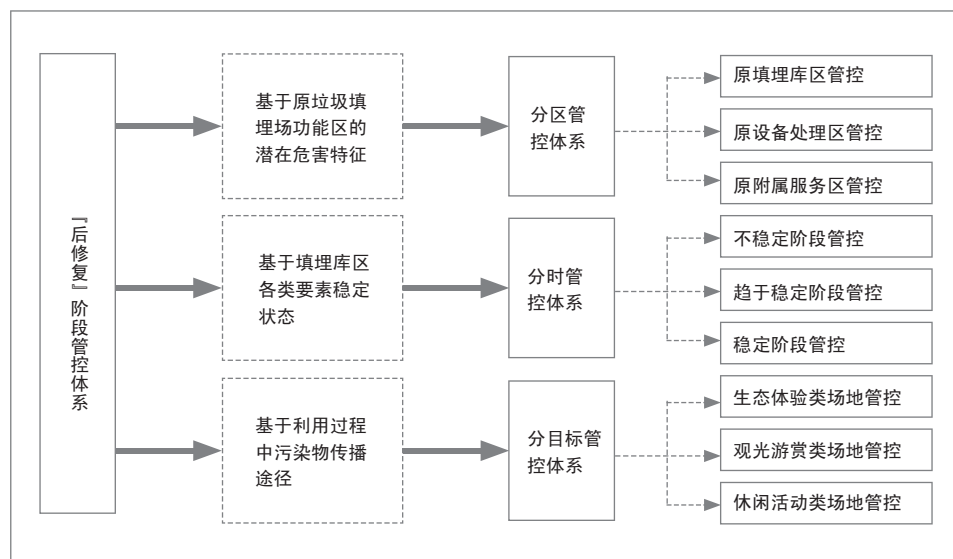


图1 “后修复”阶段管控体系图

害。但是，当垃圾填埋场经过治理再生为游憩地后，该区域内的设施设备与相关处理系统可与游憩活动相结合，设置科普教育类项目，如纽约市清泉公园在相关区域以巨大观赏性气球收集填埋气体，起到良好的展示和教育效果。在此情况下，应调整管控方式以兼顾设施设备日常监控维护需求，满足游客与设施设备之间的防护隔离需要。

(3) 原附属服务区。

附属服务区包括辅助生产区与管理区，该区域污染程度一般较轻，建设限制一般较小，易于进行修复后的开发利用。除一般性的日常管控外，可根据开发利用情况对管控措施做出相应调整。

(4) 其他区域。

其他区域包括因垃圾填埋活动而被污染的临近区域、垃圾填埋场封场后在修复开发过程中划入该场地一并进行开发的受污染或无污染区域。该区域不是主要污染源，但需要对其进行污染治理

与污染隔离，改善其污染状况，同时避免污染物转移，发生二次污染。

3.2 分时段管控体系

分时段管控体系主要针对垃圾填埋库区管控而建构。由于在填埋库区达到稳定状态前，沉降、渗沥液与填埋气体等因素的活跃程度会随着时间的推移发生变化，为了适应填埋库区各个阶段的不同特性，在管控内容和强度上往往也需要有所区分。通常情况下，在填埋库区封场 5 年以内属于强管控阶段，该阶段垃圾降解速度快，释放大量气体，同时沉降明显，填埋堆体边坡未稳固，应采取要求严格、频率较高的日常管控及监测制度，并严格限制场地规划建设；填埋库区封场 5 ~ 10 年间属于较强管控阶段，该阶段库区状态逐渐趋稳，垃圾降解基本结束，沉降量下降，渗沥液及填埋气体生产量减少，因此可适当降低日常监测频率与管控标准，在游憩项目

和人群活动管控中可允许建设野餐、观光类种植等低强度游憩项目；填埋库区封场 10 ~ 20 年期间属于一般管控阶段，该阶段场地已基本稳固，渗沥液及填埋气体生产几乎停止，并可开始建设车道路、网球场、足球场与自行车训练场等项目；填埋库区封场达到 20 年以上时属于弱管控阶段，该阶段库区地面和地下均实现稳定化，因此可执行常规管控标准，并削减或调整相关设施设备^[8-9]。

3.3 分目标管控体系

分时段管控体系建构主要是以原场地功能分区及其潜在危害特征为依据来建立的，而分目标管控体系的建构则是依托于修复后场地的游憩使用目标，以及不同使用目标下污染物传播途径及人群在场地上的潜在危害程度来建构的。根据污染物的传播途径与人类接触污染物的频率可将管控类型分为生态体验类场地管控、观光游赏类场地管控与休闲运动类场地管控 3 类。

(1) 生态体验类场地管控。

垃圾填埋场再生的生态体验类场地主要有湿地、动植物保护区等，该类场地通常禁止任何形式的开发建设活动，仅架设游径设施，人群与场地接触频率较小，污染物传播路径较单一。垃圾填埋场再生湿地和动植物栖息地要经过多个步骤，如土壤基质的恢复、植被恢复、栖息地保护与生境改善等。

生态体验类场地管控主要用以评估修复措施在恢复场地生态功能和减少生态风险方面的功效。生态风险评估标准可作为制订监测计划的起点，通过生态评价提供参照信息，用于监测生态系统在修复期间和之后的功能与健康状况。例如，污染沉积物和水底栖生物群落的周期性监测可以提供修复措施的有效性，与生态系统恢复到自然状态的程度等信息。在宾夕法尼亚 Revere 化工厂超级基金场地，通过检测地下水和河流来评估重金属进入地下水和迁出场地的风

表 2 垃圾填埋场原功能区的场地特征及管控要求

功能分区	场地状况	“后修复”阶段建设条件	管控对象			
			场地环境	人群活动	设施设备	
原填埋库区	5 年以内	垃圾降解活跃期，地表沉降变化明显，污染物残留度高，次生物多	填埋垃圾、防控污染等	●	—	○
	5 ~ 10 年	地表几乎不再沉降，次生物产生较少，土壤温度稳定，适宜种植植物	公园、公园道路、高尔夫球场、田径运动场、野营、野炊场、园林种植、植物园、特殊林区、娱乐区等	●	○	○
	10 ~ 20 年	场地基本稳固，可进行适度设施建设	园区车道路、网球场、足球场和自行车训练场等	○	●	○
原设备处理区	20 年以上	场地稳固，无建设限制	各种体育运动场、球类比赛场地、溜冰场、滑雪场、各种有舞台表演的场地等	○	●	○
	渗沥液处理区	处理过程可能存在环境污染	渗沥液处理、臭气处理和污泥脱水	●	—	○
原附属服务区	垃圾预处理区	处理过程可能存在环境污染	垃圾处理	●	—	○
	辅助生产区	—	车辆清洗停放等	○	—	●
其他区域	管理区	—	办公管理	○	—	●
	—	—	游憩服务区	○	●	○

资料来源：表格的部分内容结合参考文献 [8] 和 [9] 整理；表中●代表主要管控对象，○表示辅助管控对象。

险,也有助于评估重要水生物种的恢复。而在缅甸因州的洛林空军基地,场地管理人员通过识别指示性物种(如蜻蜓若虫、蚊蝇、鲮鱼和溪红点鲑)来监测恢复后的河流生态系统,监测选择物种通常对污染物很敏感,并且很容易显示出暴露在污染物中的症状^[10-11]。

管控方案可与生态再利用措施进行适应性整合设计。例如,在俄亥俄州的鲍尔斯超级基金场地开掘了一个七英亩的湿地,用于保护场地的封场膜免于洪水的侵袭。由于该湿地所在区域将出现周期性洪水,地下水监测井可能在洪水期间无法使用或被淹没,因而在监测井上安装了竖板和土堆,以确保垃圾填埋场渗沥液不迁移到底层地下水^[10](表3)。

(2) 观光游赏类场地管控。

观光游赏类项目通常安排在处于生态恢复过程中,并逐渐趋于稳定的填埋库区,常见游憩类项目有花田、观光农业、纪念性景观与教育性景观等。对游客开放后,需要根据建(构)筑物对地面的荷载与游客群体的差异来调整管控措施及强度。例如,美国的Tiff自然保护区承接来自周边中小学探索湿地的课程,并为普通家庭提供接触自然的机会,这种有较多儿童或老人活动的场地通常需采取最严厉的管控强度,建立设备器械安全使用和检查制度^[12]。

西班牙巴塞罗那Vall d'en Joan公园在景观处理上采用了大面积观光农业景观,修复了填埋场地,但需要对场地上的植被进行长期的日常养护,同时也需要监控各项指标属性,以确保植物健康成长,同时还需要对于植被根系深度及覆盖膜完整性进行长期监测,在确保农业景观观赏性的同时也需保障修复系统的完好性^[13]。

(3) 休闲运动类场地管控。

将垃圾填埋场修复再生为休闲运动类场地是使用强度最大的一种利用方式。因为休闲运动类场地与人类的接触频率高,接触途径多样(包括直接接触

表3 生态体验类场地特征及管控措施

场地类型	场地功能及特征	管控措施
湿地	涵养水土;提供动植物栖息地	控制杂草,清除外来物种,引进本地物种;安装金属丝网以控制鹿、海狸与兔等的侵袭,直到生态系统建立;控制本地物种占领湿地,增加生态多样性;风暴或侵蚀事件后,控制水土流失;再植因暴风雨侵蚀的重要植被;监测昆虫和传染病感染;清除现场的垃圾或残骸;进行公共教育,减少维修问题;维修水泵、涵洞和管道等部件
河流	提供鱼类栖息地、控制侵蚀和水土流失、提供高质量水源、提供垂钓等娱乐活动	控制侵蚀;植被补种
草甸	提供动植物栖息地;减少洪水、径流和稳定土壤;自给自足,较少维护	监测杂草并禁止放牧;在播种后头几年,用除草剂或通过割草控制多年生杂草和冷季草;周期性监控,如控制燃烧、修剪和去除植物垃圾,以抑制木本植物生长;仅在1/3的草地上应用管理技术,确保野生动物能够持续获得食物和住所
植被区	情况特殊,植被恢复时需特别注意	清除破坏覆盖层的深根性植物;播种最初几年,控制多年生杂草和冷季型草;控制外来物种入侵;监测沉降和侵蚀

资料来源:根据参考文献[10]绘制而成。

和间接接触),污染物暴露风险大,并且儿童将会与场地接触,所以必须采取最严格的管控标准^[14],对不同类型的活动场地采取的管控方式也会存在差异(表4)。

① 游径。

游径是用于步行、骑马、自行车、直排轮、滑雪与越野休闲车等游憩活动的非机动车道。游径的建设往往选择稳定性高、沉降可能性小的场地,在建设中包含线路设计、路面建设、基础设施设计与游憩服务设施设计等要素。结合使用特征,在管控中主要需考虑堆体边坡稳定性、渗沥液疏导及相关设施对场地的影响^[11]。

② 室外活动和野餐场地。

室外活动和野餐场地往往分布在大面积草地上,也是在城市公园中常见的活动场地。该类场地需要合理管控场地填埋气体无组织释放及土地残留污染物所带来的安全隐患。

③ 游戏与运动场地。

游戏与运动场地包含球类运动、水上运动等活动,该类场地上人群活动频率和强度较高,因此对场地稳定性有较高要求。此类活动场地管控措施主要分为预防性措施和紧急应对措施两个类

型。预防性措施包括对场地环境监测和规范人类活动。场地环境监测包括对渗沥液浓度、土地稳定性、填埋气体浓度与大气情况等持续监测,主要通过取点采样和安装监测设备来实现,目的是为了控制环境对人类身体的影响及由人类活动产生的地面沉降。规范人类活动主要通过制定场地活动导则,并划定限制进入区域、设立告示牌等形式实现。此外,该类场地含有大量活动设施,需监测设备对土地稳定性的影响。

在各类型活动中,球类运动所需区域大,需要配置隔离监测和处理设备,如填埋气体收集装置等。既需要在规划时选择土地较稳定的区域,又需要在规划后关注和监测场地的稳定状态,尤其是关系到人群活动安全的活动设施(如篮球架和足球门基座等)的稳定性问题将尤为重要^[6, 15]。

针对水上活动则需向公众通告开放水域污染状况,并对使用者的活动区域和类型进行限制,如划定禁止进入特定水域及在特定水域禁止游泳、垂钓等活动,针对潜在危害较大区域还可设置围栏严格限制使用者的活动范围。对于有残留污染的开放水域,需通过对水质、动植物分布等情况的持续监测,对污染

治理状况进行评估，为人群活动管控和水质优化打下基础。

4 “后修复”阶段管控体系实施保障

4.1 管控制度搭建

目前，针对包含垃圾填埋场在内的城市污染场地“后修复”阶段管控制度搭建，欧美国已经开展了一些探索，如美国超级基金项目中的制度管控 (Institutional Control) 体系。美国联邦环境保护署将制度管控定义为非工程手段，以降低人类在污染物中的暴露风险，同时也保障了修复系统的完整性。美国超级基金项目中的制度管控分为四大类：①政府管控，如分区管控、制定建筑规范；②专项控制，如普通法上的地役权、契约及设立保护信托基金等；③实施管控，如颁布获准法令和行政命令；④设

备管控，如设备污染性质登记等。制度管控的工作机制分为限制土地及相关资源使用和引导人群活动行为两类。例如，Reasor 化学公司超级基金场地位于封盖层下的地下水不应作为饮用水使用，若要建设地下水井或其他设备需要得到相关部门批准，任何妨碍治理活动的土地使用均被限制，该类管控即属于限制土地及相关资源使用管控^[16]；而在生态敏感度较高或正在进行生境修复的场地上限制人群活动就属于人群活动行为管控^[5, 17]。

针对具体场地进行管控制度构建时的关键点则是：①提出明确的管控目标；②选择合适的制度管控模式；③保证场地耐受性^[5, 18]。以生态体验类场地为例，首先，该类场地管控的总体目标是确保人群的游憩活动不会对场地的生态修复及生态系统的正常运行过程造成干

扰，进而结合不同场地的具体特性来制定有针对性的管控目标。其次，由于很多情况下不同的管控模式均能实现特定管控目标，往往需要针对游憩活动场地的特性来进行管控模式优选。例如，在美国对捕放鱼活动进行管控时，保护性地役权和地方卫生健康部门的渔业咨询两种模式均可实现管控目标，因此许多项目会结合具体的场地特征来选取其中之一作为实施模式。最后，由于制度管控的实施、监测和执行可能分属多个缔约方，必须考虑地方当局和私营部门的能力及意愿，以便全面监测和执行管控制度，必要时还将实施强制命令。例如，在蒙大拿州的鱼类、野生生物和公园管理局通过强制途径禁止鱼类消费来保护生境，而在爱荷华州的 Bunker Hill 超级基金场地，立法机关通过修改环境健康条例授予地方辖区开挖、建设、发展、分级和现场改造的管辖权^[19]。

综上所述，管控制度的搭建能在很大程度上弥补修复治理工作的缺失和不足，是基于游憩利用的垃圾填埋场“后修复”阶段中场地环境保护、人群活动、场地维护等方面的调节器。由于牵涉到不同方面的利益相关者以及制度制订、执行、监督等多个环节，通常需要进行充分的调研和精细化分析才能成功建立管控制度，大部分情况下还需要在实施过程中进行不断调适和优化完善。

4.2 管控责任分配

垃圾填埋场“后修复”阶段管控工作通常持续时间长、涉及范围广、资金需求大，往往需要多方协作才能顺利实施。在美国、新加坡等发达国家，通常政府环境保护部门在管控中起统筹、协调与监督的作用，根据场地规划与场地污染治理情况制定有关场地使用及日常监测的标准与相关限制条件，具体管控措施的执行则由下级部门和其他机构分别承担，如场地修复治理与开发运营单位通常承担日常管控的具体工作，并按

表 4 游憩活动类场地管控措施

典型游憩场地类型	适宜建设条件	活动内容或主要设施	修复设计要点	对应管控措施
游径	适宜任何场地	健身、徒步旅行、骑行、骑马	设计活动（如自行车、步行、骑马等）对应的地表铺装材料；具有高识别性的腐蚀警示层	步道表面监测
室外活动和野餐场地	适宜任何场地	遮蔽物、烤架、长凳及其他野餐用具	填埋气体通风口位置选择；为保护隔离覆盖层，需对设施的基础进行特殊处理；充分考虑沙坑等地面大量地表水下渗所带来的影响	实施定期监测；地表水渗入监测
游戏与运动场地	—	垒球、棒球、足球、橄榄球、排球、篮球等	隔离覆盖层的坡度适宜性与抗沉降性；排水与雨洪径流管理；地表种植的选择及适宜性	边坡沉降监测；排水与雨洪径流管理；植被管理；设施定期监测
滑雪与滑草	原有陡峭坡度场地	—	避免填埋气体通风口及相关设施布局对活动造成干扰；排水道、地形及台地的设置应与活动需求一致	设施定期监测
高尔夫练习场	各种不同结构和坡度的场地	开球区、沙坑、球道、果岭、旗竿、球洞	防渗透管控；填埋气体通风口远离活动区或在周边设置障碍物	防渗透管控；设施定期监测
箭术场	地基较稳的平地	射击站	场内填埋气体通风口位置选择	—
溜冰场	有水域和合格保护措施场地	室内或室外滑冰的溜冰场	隔离防护系统的加固、防渗透保护及防沉降处理	隔离防护系统
其他田径运动	提供相对大的开放空间场地	极限飞盘、飞碟、高尔夫球、板球、橄榄球	封场系统的完整性	设施定期监测

资料来源：根据参考文献 [6] 整理而成。

照政府部门制订的相关规定对场地建设与使用进行管控。而环境指标与相关设备的定期监测与维护则由具有特定资质的独立技术单位负责，并按照要求向政府部门递呈相关技术数据。

以美国超级基金项目为例，美国联邦环境保护署依据场地权属、修复责任和未来使用等因素对维护管控责任方进行明确规定，其中潜在在管控责任方通常涉及联邦环境保护署、地方政府、企业及业主等。同时，还鼓励利益相关者与社区公众积极参与到场地管控与监督当中，发现情况随时上报，使信息渠道扩大，同时调动了民众对于环境问题的积极性，更容易发现场地的异常情况^[20]。

4.3 规划设计与管控体系建构流程的整合

垃圾填埋场再生游憩地“后修复”阶段管控策略并非在修复主体工程完成后才开始制订，而是始于场地封场阶段后的规划设计阶段。在一些相关实践开展较早的欧美国家已经发展出了一套成熟的管控策略制订流程，其经验显示如果要提升管控体系的可操作性和合理性，需要将场地修复规划设计与管控体系建构流程加以整合。

在修复规划设计整个流程中，管控体系建构应始于垃圾填埋场调查评估和修复规划设计准备阶段。该阶段，应该完成管控制度的准备工作，并需要根据场地的治理目标与策略评估该场地所必需实施的场地游憩使用空间限制、游憩活动类型及游憩活动强度限制，并挑选出可能实现该限制目标的制度管控类型。同时，还需要明确可对场地长期管控、负责的单位、终止管控的标准、可能影响管控效果的因素及资金来源等信息，并进行成本预估。

当确定了垃圾填埋场修复措施与修复后的规划设计手段后，场地进入修复实施阶段，针对封场、土壤治理、渗沥液治理、填埋气体治理、沉降与植被

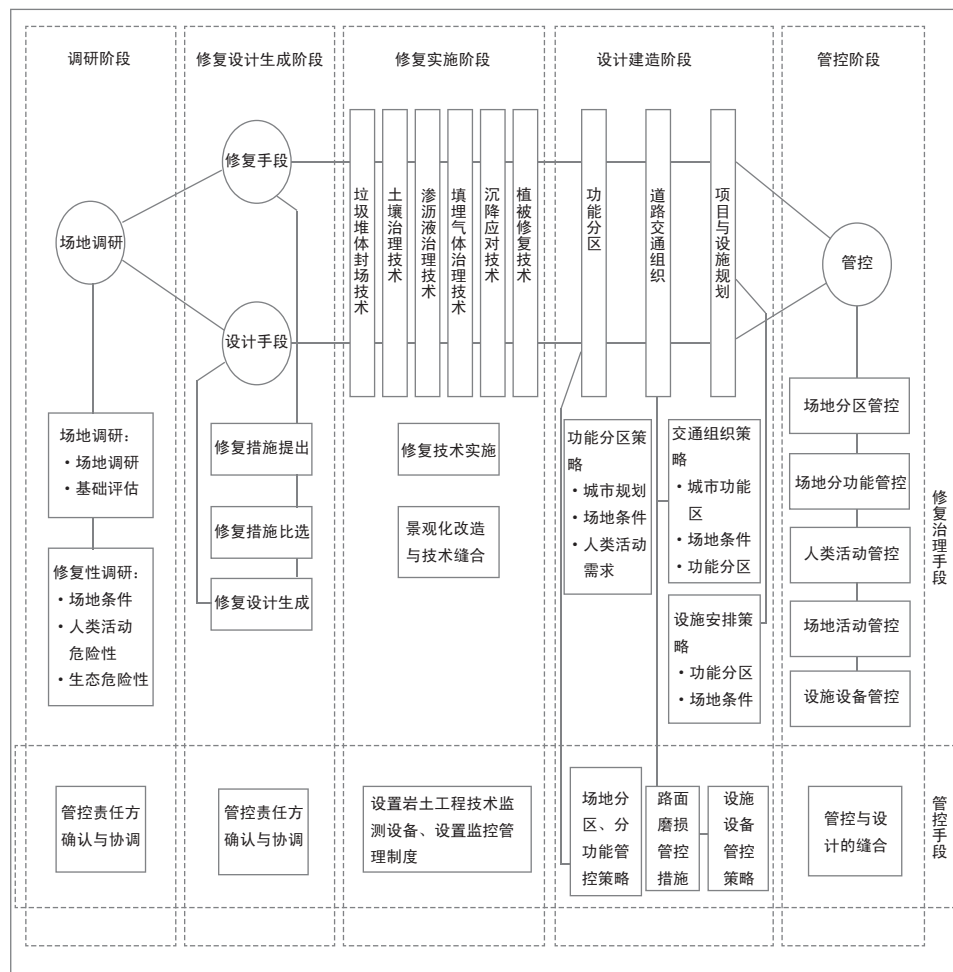


图2 规划设计与管控体系建构流程整合图

修复等均会实行相应的治理措施并安装收集或处理设备，这些措施或设备将在未来较长一段时间内发挥作用。此阶段的垃圾填埋场管控应建立起设备管理制度，并与原填埋场作业时的设备管理制度相结合。同时，为了保障修复措施平稳运行，此阶段就应该开始实施相应的岩土技术工程监测措施和环境监测措施，并建立起日常与特殊情况下的监测制度。

规划设计建造阶段需要落实功能分区、道路交通、项目与设施规划策略。场地功能分区与城市或区域发展计划、场地周边环境、填埋场原有分区等密切相关。在安置相应的景观设施时，需密切监测填埋场周边土地和环境情况，并依据不同阶段不同填埋性质的土地的修复情况合理安排相应的管控措施。道路

交通组织与土地沉降密切相关，一般情况下，会选择在填埋库区周边或库区内已压实稳定区域铺设道路。在施工阶段，需考虑到监测设备的安放，并铺设路面损坏警示层。项目设施规划则直接与“后修复”阶段管控中的设备设施管控相关联，在施工阶段，需要提前规划设施安放位置，避免在易沉降区域设置。

相关实践证明，将管控体系建构流程在规划设计过程中进行有效整合，能够在规划设计及其实施建造阶段为“后修复”阶段管控预留体系化的接口，从而大幅提升管控体系建构的效率和适宜性(图2)。

5 结语

与其他类型的规划不同，垃圾填埋

场自身场地特性及游憩使用需求使得管控体系将在垃圾填埋场再生游憩地规划中起到不可替代的作用。周密完善的“后修复”阶段管控体系能够有效弥补场地修复治理中因时间、成本等因素欠缺而不得不采取“有害物质容留修复模式”时所存在的安全隐患，为场地的开发建设和再利用持续保驾护航。需要注意的是，虽然管控体系搭建被视为修复治理中场地功能性与可行性之间的调节器，但在任何情况下不能作为妥协的基本前提就是人群活动的安全性。本文的焦点集中在垃圾填埋场再生游憩地“后修复”阶段管控体系的建构上，而对于在规划设计中采取什么标准来制定管控体系，目前各国之间并没有统一标准，甚至在美国还有很多学者对于联邦环保署管控体系的安全性提出质疑，这也有待于在后续研究中来进一步详细和深入的探讨。

[参考文献]

[1]Harnik P, Taylor M, Welle B. From Dumps to Destinations: The Conversion of Landfills to Parks[R]. San Francisco: The Trust for Public Land, 2006.

[2] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. 生活垃圾填埋场污染控制标准 [Z]. 2008.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范 [Z]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

[4]Patnarin Patanathabutr B S. Conversion of Lubbock Municipal Landfill to City Park and Recreation Area[D]. Landscape Architecture, Texas Tech University, 1997.

[5]U.S. Environmental Protection Agency. Institutional Controls: A Guide to Planning, Implementing, Maintaining, and Enforcing Institutional Controls at Contaminated Sites[EB/OL]. <https://semspub.epa.gov/work/HQ/175446.pdf>: U.S.Environmental Protection Agency, 2012.

[6]U.S. Environmental Protection Agency. Reusing Superfund Sites: Recreational Use of Land Above Hazardous Waste Containment Areas[R]. 2001.

[7]U.S. Environmental Protection Agency. Considering Reasonably Anticipated Future Land Use and Reducing Barriers to Reuse at EPA-lead Superfund Remedial Sites[R]. 2010.

[8]Misgav A, Perl N, Avnimelech Y. Selecting a Compatible Open Space Use for a Closed Landfill Site[J]. Landscape & Urban Planning, 2001(2): 95-111.

[9] 李雄, 徐迪民, 赵由才, 等. 生活垃圾填埋场封场后土地利用 [J]. 环境工程, 2006(6): 64-67.

[10]Agency U S E P. Reusing Cleaned Up Superfund Sites: Ecological Use Where Waste is Left on Site[R]. 2006.

[11]U.S. Environmental Protection Agency. Reusing Cleaned Up Superfund Sites Golf Facilities Where Waste is Left on Site[R]. 2003.

[12] 未晓巍, 邹振峰, 丁雪, 等. 垃圾填埋场植被修复技术及景观设计的研究 [J]. 通化师范学院学报, 2013(12): 68-69, 74.

[13]Batlleiroig. Landscape Restoration of the Vall d' en Joan Landfill site[EB/OL]. <http://www.batlleiroig.com/en/landscape/noise-control-berm-in-abrera-barcelona/>.

[14]Baldwin A D, Jr. Beyond Preservation: Restoring and Inventing Landscapes[M]. Minneapolis, M N, USA: University of Minnesota Press, 1994.

[15] 周聪惠, 成玉宁. 城市重度污染场地修复与改造的景观策略——以美国超级基金项目为例 [J]. 城市发展研究, 2015(9): 1-8.

[16]Smith R. Declaration of Perpetual Land Use Restrictions for A Federal Superfund Site[R]. State of North Carolina, County of New Hanover, 2008.

[17]Grant J L, Tsenkova S. New Urbanism and Smart Growth Movements[M]. San Diego: Elsevier, 2012.

[18]U.S. Environmental Protection Agency.

Institutional Controls: A Site Manager' s Guide to Identifying, Evaluating and Selecting Institutional Controls at Superfund and RCRA Corrective Action Cleanups[EB/OL]. <https://semspub.epa.gov/work/HQ/175447.pdf>: U. S. Environmental Protection Agency, 2000.

[19]Montana Department of Fish, Wildlife and Parks. Recreation Management[EB/OL]. <http://fwp.mt.gov/recreation/management/>.

[20]U.S. Environmental Protection Agency. A Guide to Preparing Superfund Proposed Plans, Records of Decision, and Other Remedy Selection Decision Documents[R]. Washington, D.C.: Office of Solid Waste and Emergency Response, U.S. Environmental Protection Agency, 1999.

[收稿日期] 2018-09-19