

快速城市化背景下工程渣土处置与再利用

陈盛达, 张文琦, 李孝安, 葛亚玲, 程思超, 冯一军

摘要: 随着城市地下空间, 轨道交通的快速发展, 工程渣土的处置成为城市管理的一大难题, 尤其是人口集聚度较高的一二线城市。另外, 随着生态环保要求的日益增高, 传统粗放式的工程渣土处置方式已经不能适应城市的可持续发展。本文介绍了目前工程渣土的不同处置方式的特点和资源化利用现状, 并通过研究国内城市的渣土处置方式、规划措施、总结城市渣土管理体制, 分析存在的问题和不足, 以期为其他城市工程渣土处置提供经验, 推动渣土资源化利用进程。

关键词: 工程渣土, 城市化, 处置, 资源化

1 引言

工程渣土, 指的是各类建筑物、构筑物、市政道路、管网等地基开挖过程中产生的弃土、弃料和其他废弃物^[1]。在城市开发建设中, 工程渣土大部分产生于工程弃土, 例如建筑地下室、地铁以及地下隧道等。在人口集聚度高的大城市中, 每年产生的渣土量数量惊人, 例如深圳市2017-2020年预计年均产生的弃土总量就达到了9150万方^[2]。随着生态环境的压力, 渣土的末端消纳容量快速下降, 另一方面, 传统的市场化运作以经济利益为主导, 从而使得渣土的违规倾倒现象越来越严重, 大量农田鱼塘被毁坏。因此研究工程渣土现有处置方式和资源化利用, 在目前快速城市化背景下, 对于促进城市可持续发展具有重要的意义。

2 国内主要城市渣土处置现状

目前工程渣土的处置方式主要有低洼地填埋、基础回填、矿坑回填、围海造田等方式, 对于建设规模较大的城市, 大规模的工程渣土排放较大程度依赖于异地处置, 如深圳市 2017 年海陆外运量达到了 7418 万立方米, 约占总量的 80%^[3], 而上海 90% 的渣土通过外运至周边县市消纳。

然而过度地依赖异地处置, 缺乏规划和实施计划, 具有高度不可控的特点。因此越来越多的城市开始编制渣土本地消纳计划, 寻求渣土的多元化消纳方式, 表 1 为国内主要城市渣土现状处置方式和规划消纳措施。例如上海浦东新区为解决重大工程渣土消纳出路, 在浦东机场圈围工程中以渣土回填代替吹沙造地, 提供了大量渣土消纳容量^[4]。深圳市编制了 2018 受纳场实施规划^[3], 重点选取了 8 座余泥渣土受纳场, 总库容超过 3000 万 m³, 同时出台弃土外运应急预案^[5], 将陆域受纳作为补充和应急排放设施, 同时持续增加弃土外运临时装船点, 临时外运码头外运能力超过 5000 万方/年。南京市从城市和控规单元两个层面加强城市竖向规划中的土方平衡, 从源头环节上减少渣土外运量^[6]。

表 1 国内城市渣土处置方式

城市	近期年均渣土量（m³）	主要处置方式	规划措施
深圳 ^[3]	9000 万	外运、回填基坑、洼地、露天堆放	初步选址 15 处余泥渣土受纳场，其中 8 座重点近期实施
上海	5000 万	外运、滩涂圈围、低洼回填、临时堆放	扩大滩涂圈围受纳容量
武汉 ^[7]	2100 万	企业自行处置，矿坑回填、低洼回填	5 年内完成 11 处消纳场地选址规划
杭州 ^[8]	8000 万	水路外运、低洼回填	各区编制近期 3 年工程渣土消纳专项方案，规划填埋场，综合处置场等
太原 ^[9]	2000-3500 万	填埋	规划新建陆域消纳场 36 座，扩建 7 座消纳场

3 处置方式

3.1 传统消纳方式

传统的渣土消纳方式主要包括工程回填、低洼填埋、矿山回填、竖向消纳等。传统的渣土消纳方式处置工艺较为简单，场地建设周期相对较短，是目前大部分渣土主要的处置方式，然而传统消纳方式大部分需要依靠下游接收点的消纳能力，不能循环使用，可持续性较差。

工程回填主要包括地基填土、基坑回填和场地平整等，是就地利用渣土最经济的方式，建设项目类别不同，工程回填渣土量比例也有所不同，一般回填量在 15~25%之间，回填对土方含水率较高，一般不能用淤泥和淤泥质土、膨胀土等^[10]；矿山开采后会产生大量的采空区和尾矿，矿山回填可以利用渣土作为填充料，在消纳大量渣土的同时又能治理废弃矿坑，但近郊处存量矿坑逐渐减少，运输的成本呈不断上升的趋势；低洼回填利用自然低洼的土地、鱼塘等消纳渣土，是最简单，较为成熟的处置方式，但面临环境生态等方面较多的限制。各消纳方式的优缺点如表 2 所示。

表 2 传统消纳方式及优缺点

消纳方式	特点	优点	缺点
工程回填	作为建设工程的回填土，例如 基坑或场地回填	就地利用，源头 减量	消纳量较为有限，含水 率要求较高
竖向消纳	利用整体开发或旧城改造时 机，提高低洼地带或现状涝区	消纳量较大，经 济性较好	实施难度较大，面临较 多现实问题

设计地面标高			
堆山造景	结合公园堆土造景	经济性较好	消纳量较为有限,对公园形式要求高
矿山回填	作为采空区治理填料	消纳量大,对环境 影响较小,经济性好	现存采空矿山逐渐减少,平原城市不适用
低洼填埋	利用山谷、平地、鱼塘等地形 堆填土方,简单方便	简单方便、受纳 点分布较广	面临水源保护、生态保护等诸多限制
滩涂圈围	利用渣土代替吹沙造田	对环境 影响少,消纳潜力大	技术要求较高,内陆城市不适用

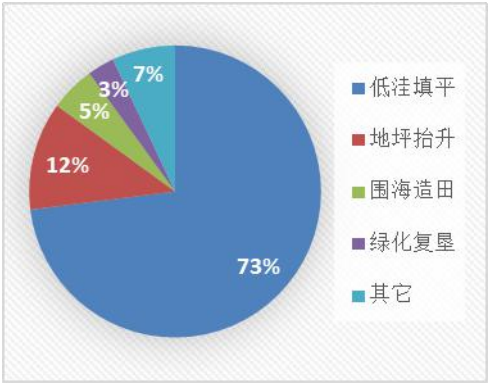


图1 上海市本地消纳方式占比^[11]

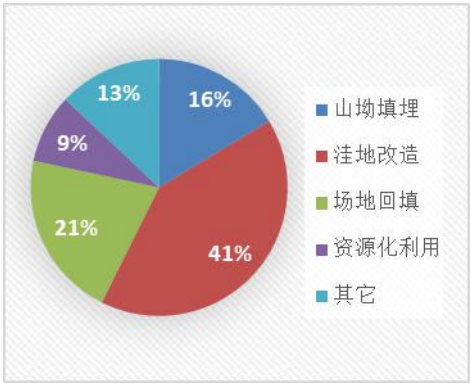


图2 杭州市本地消纳方式占比^[8]

在渣土的本地消纳方式中，对于平原城市，低洼填埋占比相对较大，如上图所示，上海市本地消纳量中有超过70%的通过低洼填平消纳，杭州市低洼填平占比也超过40%，而深圳市本地消纳量中低洼填平和山坳填理解决了近80%的渣土量。而资源化利用、绿化复垦等其他方式消纳量相对较小。

3.2 资源化再生

随着城市地下空间、轨道交通的快速发展和日益加剧的资源环境约束，新设置大规模的渣土填埋场日益困难，近郊处矿山、低洼填埋场也逐渐饱和，如何将工程渣土资源化循环利用成为目前较多企业研究的热点。

目前针对建筑拆除垃圾资源化利用较为成熟，主要通过粉碎筛选、振压、加料、脱模等流程制砖，工艺流程如图 3 所示。而针对工程渣土的资源化利用基本处于起步阶段，表 3 为工程渣土资源化利用的几个主要研究方向。

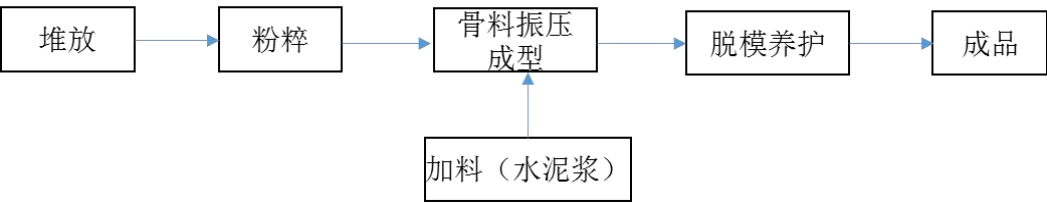


图 3 建筑拆除垃圾工艺流程

表 3 工程渣土主要资源化利用方式

再利用方式	原料要求	工艺流程
热烧砖 ^[12, 13]	需掺入粗颗粒物、木屑、煤粉	脱水干燥→制胚→干燥→烧成[]
冷烧砖 ^[14]	掺入砂石、外加剂	破碎筛分→泥沙分离→固化拌合→成型
制陶 ^[15]	掺入粉煤灰、秸秆、污泥等	原料配比→预热→焙烧→成型
路基填料 ^[16, 17]	建筑骨料、要求颗粒粒径均匀、级配良好	运输填料→整平→洒水→碾压

建设弃土烧结制砖，是利用多种废弃物混合料制成，根据其特殊性质依靠特殊加工工艺烧结而成，除具有足够的强度外，还具有较好的保温隔热性能^[12]。目前环保要求日益严格，热烧砖生产在多数城市已被禁止。

免烧砖是目前资源化利用最主要的方式，典型的工艺流程如下图所示。经破碎机设备、筛分设备、二次破碎设备、压滤机处理后，可将工程弃土分为颗粒土、机制砂、泥饼三种可再利用原料，原料通过搅拌、添加水泥、固化剂等后最后固化成型。

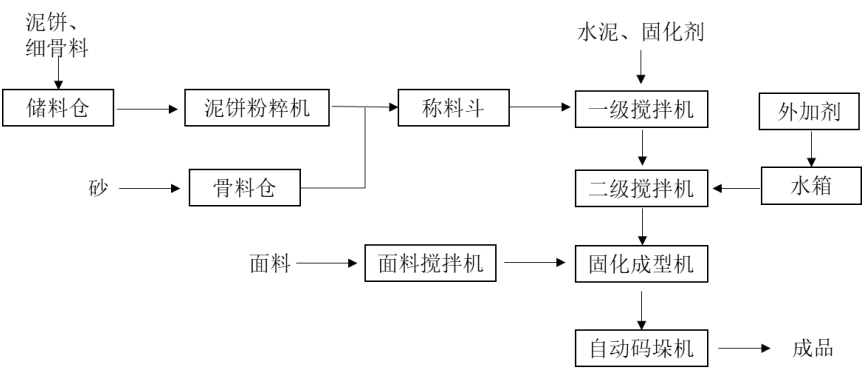


图 4 非烧砖工艺

可看到工程渣土资源化利用主要有烧结制砖、非烧结制砖、制陶和路基填料回用等几个方式，而多数资源化利用方式均要求掺入其他骨料和添加剂，原料的级配有一定要求，因此通过资源化利用方式处置大规模的普通弃土较为困难。

4 处置管理

4.1 管理体制

渣土管理通常涉及环境可持续发展的多个方面，渣土管理本身具有特殊性和其对社会的

影响力。多数城市渣土管理由城管部门负责，仅将工程渣土管理作为由市场解决的一项建设工程的附属工作，在工程渣土管理上，缺乏系统、全面、政府与市场有机结合的管理理念与体系。

在管理体制上，近年来部分城市开始尝试新的管理模式，例如上海市从 2009 年底全面实行建筑渣土区域专营制度，通过投招标方式确定符合要求的渣土运输企业^[18]，长沙市成立了以市渣土处置企业组成的地方性、非盈利性行业协会，从行业从业人员角度出发，执行自我监督、协调，规范渣土行业行为^[19]。杭州市富阳区成立国有投资公司全权负责工程渣土的管理，通过与乡镇街道合作寻求多元化渣土消纳路径^[8]。

4.2 建设管理

工程渣土消纳场建设是工程渣土处置重要环节，近年来各城市相继出台相关建设管理标准^[1]，多数城市对有条件设置消纳场的区县要求至少建设一处建筑垃圾或弃土消纳场，并鼓励社会投资建设和经营消纳场，如表 4 所示。长沙市为进一步规划消纳场建设，出台了《长沙市建筑垃圾消纳场建设技术导则》，从堆填物的入场要求，到消纳场选址与勘察、总体设计等做了详细的规定^[1]。

表 4 部分城市建筑垃圾（弃土）消纳场建设政策

城市	建设要求	相关政策
长沙 ^[19]	分四类处置设施，兼顾市县区统筹平衡，每个区设置一个盾构	将消纳场的建设纳入各级政府的绩效考核，鼓励社会投资建设和经营建筑垃圾消纳场
成都 ^[20]	五城区以外各区（市）县至少建成一个建筑垃圾处置消纳场	提倡采用新技术、新工艺、新材料、新设备对建筑垃圾进行综合利用
郑州 ^[21]	各县市每年至少建设 2 处弃土消纳场	对于消纳场建设主体给与设施建设补助，每 1 立方米补助 2 元
西安 ^[22]	主城区保持 1-2 正常使用建筑垃圾消纳场	优先保障建筑垃圾消纳场的建设用地，鼓励社会投资建设和经营建筑垃圾消纳场
济南 ^[23]	各区应确保不少于一处建筑垃圾临时消纳场	采取每月其中考核与不定期考核相结合

4.3 运营管理

工程渣土处置场的运营管理主要包括受纳场在受纳过程中的运输车辆及建筑废弃物进场检查与登记、计量收费、交通组织、安保巡查、应急响应等。例如对余泥渣土成分、含水量等技术参数进行检测，确定填埋碾压的施工方案，对场区及周边大气、水体和土壤进行污

染物监测等。

5 结语

(1) 对于建设规模较大的一二线城市,工程渣土排放较大程度依赖于异地处置,由于异地处置面临不可控等风险,因此越来越多城市开始编制本地消纳方案。

(2) 工程渣土目前最主要的消纳方式主要包括工程回填、低洼填埋、矿山回填、竖向消纳等,其中低洼填埋规模消纳量最大。

(3) 目前资源化技术主要针对建筑拆除垃圾,对于工程弃土的资源化利用仍处于起步阶段,多数利用方式对弃土颗粒粒径有一定要求,且需要掺入外加剂,因此生产规模仍然受限。

(4) 目前越来越多的城市开始出台相关标准,例如通过规定各类消纳场建设数量要求和运营建设标准,不仅增加了地方政府对于工程渣土的处置能力,也极大地提升了渣土处置行业的规范化。

参考文献

- [1] 长沙市城管局. 长沙市建筑垃圾消纳场建设技术导则(试行)[S]. 长沙, 2018.
- [2] 徐硕, 陈宇, 丁梁. 深圳市余泥渣土处理现状及应对策略研究[Z]. 中国辽宁沈阳: 20169.
- [3] 深圳市住建局. 深圳市 2018 年度余泥渣土受纳场实施规划[R]. 深圳, 2018.
- [4] 浦东新区管委会. 浦东新区独辟蹊径给渣土“找出路” 实施浦东机场外侧滩涂工程渣土回填消纳[Z]. 2014.
- [5] 深圳市应急办. 深圳市建设工程弃土海上外运应急预案[R]. 深圳, 2018.
- [6] 谢亚, 施一峰, 郁佳影. 渣土危机下倡导土方平衡的城市竖向规划探析——以南京为例[Z]. 中国广东东莞: 20177.
- [7] 武汉市城管局. 武汉市建筑弃土处置场选址规划(2016--2020)[R]. 武汉, 2016.
- [8] 杭州市规自局. 杭州市市区渣土消纳专项规划(2019-2022)[R]. 杭州, 2019.
- [9] 太原市城市规划设计研究院. 太原市余泥渣土处置设施布局专项规划[R]. 太原, 2016.
- [10] 住建部. 建筑地基基础工程施工质量验收标准[S]. 2018.
- [11] 陈晓艳. 上海市工程渣土综合管理处置的对策研究[J]. 环境卫生工程. 2015, 23(03): 18-21.
- [12] 陈荣生, 余志刚. 污泥、建筑渣土烧结空心砖生产线简介[J]. 砖瓦. 2017(02): 16-21.
- [13] 张雪敏, 王建义, 梁嘉琪. 建筑渣土综合利用与二次码烧生产工艺探讨[J]. 砖瓦. 2017(11): 46-48.
- [14] 冯志远, 罗霄, 黄启林. 余泥渣土资源化综合利用研究探讨[J]. 广东建材. 2018, 34(02): 69-71.
- [15] 季维生. 700 密度等级渣土陶粒制备及其性能研究[J]. 硅酸盐通报. 2017, 36(07): 2209-2214.
- [16] 李国. 柳南高速建筑渣土用作路基填料的施工工艺[J]. 中国高新科技. 2018(08): 72-74.
- [17] 刘泽锋. 建筑渣土用作路基填料的施工工艺[J]. 公路与汽运. 2014(04): 109-111.
- [18] 李雯. 城市建筑垃圾和工程渣土管理政策的评价研究[D]. 华东师范大学, 2010.
- [19] 长沙市自规局. 长沙市渣土消纳场布局规划(2018-2025)[R]. 长沙, 2018.
- [20] 成都市人大. 成都市建筑垃圾处置管理条例[S]. 成都, 2013.
- [21] 郑州市城管局. 郑州市工程弃土消纳场建设方案[R]. 郑州, 2018.
- [22] 西安市人大. 西安市建设垃圾管理条例[S]. 西安, 2012.
- [23] 济南市建筑垃圾综合办. 济南市城市建筑垃圾临时消纳场建设运行管理办法[S]. 济南, 2019.

作者简介

陈盛达, 助理工程师, 杭州市城市规划设计研究院

张文琦, 助理工程师, 杭州市城市规划设计研究院

李孝安, 高级工程师, 杭州市城市规划设计研究院

葛亚玲, 助理工程师, 杭州市城市规划设计研究院

程思超, 工程师, 杭州市城市规划设计研究院

冯一军, 教授级高级工程师, 杭州市城市规划设计研究院