

# 工程废弃土的再生资源利用技术

朱伟 刘汉龙 高玉峰

(河海大学岩土工程研究所 江苏南京 210098)

**摘要** 工程建设会产生大量的废弃土,使用投弃、堆放等处理方法都会对环境产生各种不良的影响。根据日本对工程废弃土的处理经验,综合论述了工程废弃土的再生资源利用技术。通过综合利用这些技术可将大量的工程废土转化为使用于土木工程、建筑工程中的各种材料,不但有效的解决了环境污染问题,又可产生作为再生资源的工程材料。

**关键词** 废弃土 环境保护 再生资源 综合利用

## 1 引言

我国正在进行大规模的工程建设,城市建设工程、公路、铁路工程、地铁建设工程、港口、航道工程、水利工程等,工程量达到了历史上的高峰。在工程建设中难以避免地产生各种各样的工程废弃土,如地下工程中的开挖土、航道疏浚产生的疏浚泥、道路工程中的挖方土等。可以说只要工程的开挖量和回填量不同的话必然产生各种废弃土。而且即使挖填量能够保持平衡,由于挖方土性质或开挖与回填工程在时间、地点上的差异,仍然产生需要废弃的工程土。根据日本对工程废弃土的统计资料,日本1995年发生的废弃土达到44300万 $m^3$ 。对于我国工程废弃土的发生量尚无完整的统计,但仅全国每年废弃的疏浚泥就达到10000万 $m^3$ 以上,可以推断工程废弃土的总量是非常可观的。

目前,建设工程中所产生的土方多采用在工程中就地利用的方法。对于不得已而产生的废弃土一般则采取堆放和投弃两种方法。工程性质良好的废弃土,可以通过堆放、保存后周转到其它工程加以利用。此时的问题就是堆放场地的确保问题。就地、就近堆放是目前常用的方法,这一方法需要占用大量的用地,在城市市区一般以难以实施。而工程性质较差的工程废弃土,象疏浚泥,一般多采用投弃的方法。投弃法需要保证足够的投弃场所,而投弃土本身会对环

境产生一定的影响。

另一方面,工程用土是一种重要的资源。这种资源一般通过开挖耕地、河床采砂、开山采石(土)等方法才能保证。通过这些方式能够得到的土方资源是有限的。我国每年开采砂石约为15亿吨<sup>[1]</sup>,已引起了河床冲刷、水土流失和农田减少,面临着对环境、生态的严重危害。因此,将工程废弃土进行处理有效地转化为再生资源进行利用也是保证我国工程建设可持续发展的重要环节。

## 2 工程废弃土及分类

### 2.1 固体废弃物与工程废弃物

工程废弃土应该属于固体废弃物中工程废弃物的一种,我国的固体废弃物一般分为以下几种。

|       |   |         |            |
|-------|---|---------|------------|
| 固体废弃物 | { | 工业固体废弃物 | 堆存量达 60 亿吨 |
|       |   | 农业固体废弃物 |            |
|       |   | 城市生活垃圾  | 堆存量达 60 亿吨 |
|       |   | 工程废弃物   |            |

图1 固体废弃物的分类

此处的工程废弃物主要是指由于建造、撤除和倒塌而产生的土木工程废料,除工程废弃土以外还包括混凝土、砖瓦、沥青、木材、钢材、玻璃等废料。

关于工程废弃物,我国尚无明确的分类,参照日本的方法可对工程废弃物进行图 2 的分类。就是说,一部分的工程废弃物其本身就是良好的材料,可以直接成为再生资源。另一部分由于含有各种污染物质而不能进行使用,就成为工程垃圾。而大多数的工程废弃物介于二者之间,也就是说既可通过各种方法转化为资源,如不进行有效利用就会变成工程垃圾。工程废弃土正是这种介于二者之间的废弃物,所以进行有效利用既可产生资源又可避免大量垃圾处理的压力。

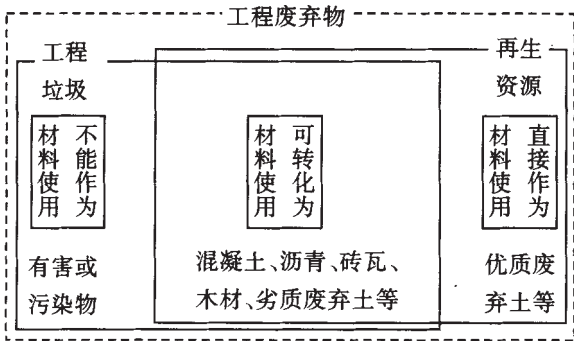


图 2 工程废弃物的分类

### 2.2 工程废弃物的分类

既然工程废弃土既可变成资源又可成为垃圾,就可根据这一性质将其分为工程产出土和工程垃圾土两种。工程产出土是指由各种工程所产生的具有良好土工性能的土方,具备条件时它可以直接作为土工材料进行使用。工程垃圾土是指由各种工程所产生的土工性能差、难以直接作为材料使用的土方和泥土,一般需要在垃圾填埋场或抛泥区(海洋工程)进行废弃处理。

土木工程的产出土可以根据其土工性能分为良质土和劣质土。良质土主要是指砂砾土、砂土、粉砂土等压实性能良好、易于施工的土方。劣质土是指标贯击数在 2 以下、无侧限抗压强度为  $50\text{kN/m}^2$  以下、含水率达到 80% 以上的软粘土、有机质土等<sup>[2]</sup>。

工程污泥是指有土木工程施工所产生的各种泥浆,象地下连续墙、泥浆护壁钻孔桩、盾构隧道等施工所产生的废弃泥浆。

疏浚工程产出土的主要特点就是含水率高,除特定地段的航道可以产出一些可直接成为材料使用的疏浚砂石以外,多为含水率达到 80%

以上、标贯击数在 2 以下、无侧限抗压强度为  $50\text{kN/m}^2$  以下的疏浚泥。

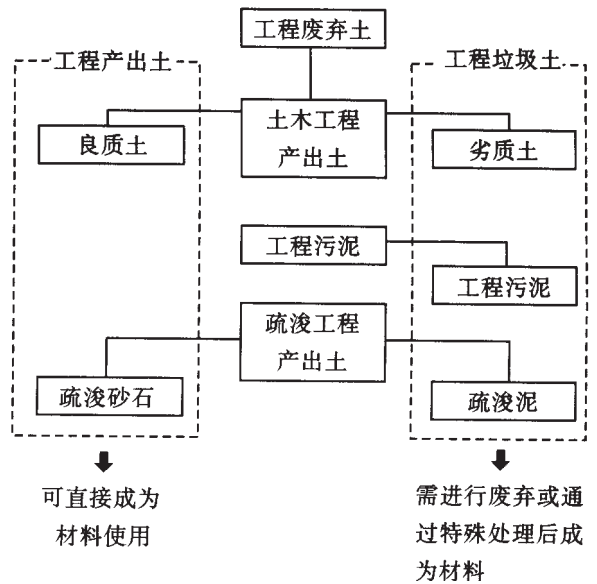


图 3 工程废弃土的分类

### 3 工程废弃土的综合利用方法

由于工程废弃土的种类不同,在进行再生资源利用时的方法截然不同。对于工程产出土来讲,主要是一个周转利用的问题。而对于工程垃圾土则需要进行一些特殊的处理后才能成为可使用的土工材料。

#### 3.1 工程产出土的周转使用

工程产出土本身就是一种土工材料。在我国工程施工中虽然也有相当一部分得到了再生使用,但仍然有很大一部分由于工程地点、施工时间等因素的制约而不得不进行填埋和堆放。目前,由于工程承包商之间不存在系统的信息传递方法和完整的供求网络,工程产出土是否能够再生利用在很大程度上依赖于一种偶然性。因此经常使作为资源的工程产出土变为工程垃圾,而其处理过程在一定程度上带来一些环境问题。

由于笔者尚未掌握我国工程产出土的总量和周转使用的具体情况,先以日本 1995 年所作的统计数据(图 4)为例进行说明。

1995 年在日本全国的工程产出土总量为  $44300\text{万 m}^3$ ,其中 79% 在内陆的堆放场地进行了处理。一般堆放于采土场、采砂场的采坑;天然沟谷的填埋;农地及住宅地的填高工程等。有

14%直接转到其它土木工程中,作为材料得到了使用。实际上,1995年日本全国土木工程使用土方量为20600万m<sup>3</sup>,由废弃土转用部分占了29%。工程产出土的6%成为垃圾在沿海填埋场进行了处理。根据我国土木工程的规模,工程产出土的总量应不小于日本,其转用问题也很重要。

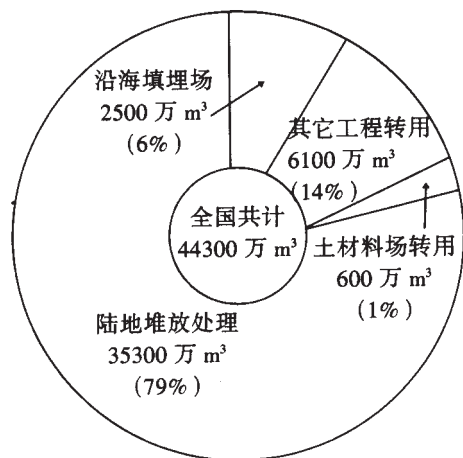


图4 日本工程产出土的总量和转用情<sup>[3]</sup>

目前,我国工程产出土的转用方法上具有很大的随意性。借鉴先进国家的经验,各城市应建立相关的信息中心,可以在很大程度上提高工程产出土的再生资源利用。日本东京在1992年成立了东京都残土利用中心。在这一中心内设置信息中心、储存场、土质改良工厂。这一中心每年可以促成几千万方工程产出土得到有效利用,可以取得显著的社会经济效益。

从城市资源、环境和可持续发展的角度出发,我国急需建立完善的工程产出土再利用系统,这一系统的工作流程可考虑为图5。从图中可知,为了建立完善的工程产出土再利用系统,除设立信息中心以外,在工程废弃土处理程序方面还要从政策上对工程承包商有所要求。

### 3.2 工程垃圾土的再生利用

工程垃圾土从其产出的形式出发,一般都是含水量达到80%以上,多为液限含水量的1.2~2.0倍,粘土颗粒含量多在20%以上的软粘土或泥浆。不能直接作为填方材料使用的原因在于其施工性能差,无法进行碾压施工。另一方面,由工程垃圾土回填所形成的地基的强度低、变形大、固结时间长,一般不能满足工程的要求。因此,工程垃圾土作为填方材料进行使用,必须改

良其高含水量、低强度的性质。

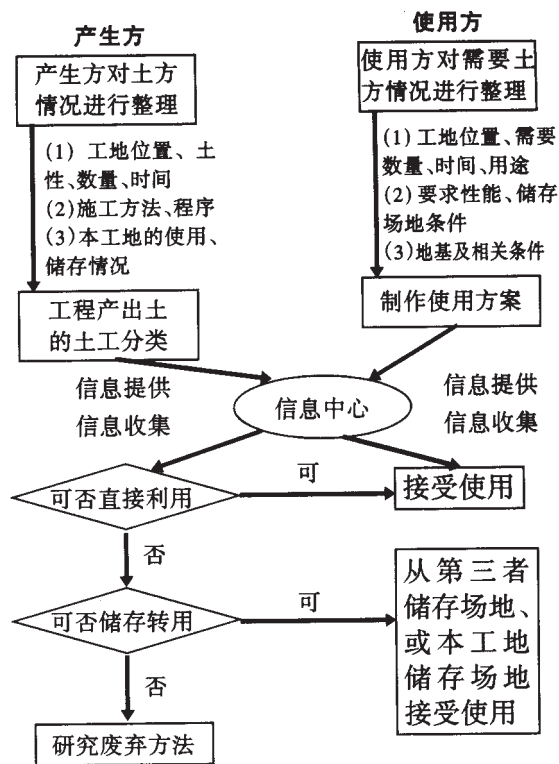


图5 工程废弃土再生利用流程

从原理上讲,工程垃圾的再生处理具有3种方法(见表1):物理方法、化学方法和热处理方法。处理施工可以直接在施工现场进行,也可在专用的处理工厂进行。

#### 3.2.1 物理方法

工程垃圾土含有大量的水份,为了使其变为良好的材料,减少其中的水分量是最为直接的方法。自然晾晒是最简单的方法,象杭州西湖的部分疏浚工程就采用堆泥场自然干化的方法。但由于场地、时间和气候等方面的影响一般实施较为困难。在国外,最为常见的是机械脱水工厂,就是采用离心脱水机或压滤机进行脱水的方法,常见的脱水机见表2。脱水法尤其是对高含水量的泥浆比较有效。较早的机械脱水工厂的工作能力一般较小,难以适应大规模、大型工程的要求,近几年通过技术开发,已经制造出具有400m<sup>3</sup>/h脱水能力的机械。在国外,采用泥浆加压式盾构进行隧道施工时,一般均设置机械脱水工程对排出的泥浆进行处理。但机械脱水具有脱水工厂是固定式、一次性投资较高,另一方面是经过脱水处理后的疏浚泥有时仍需要进行二

次处理才能满足工程的要求的缺点。

表1 工程垃圾土处理原理及用途

| 处理原理  | 处理方法  | 用途     |
|-------|-------|--------|
| 物理方法  | 干燥、脱水 | 一般填土材料 |
| 化学方法  | 固化处理  | 固结填土材料 |
| 热化理方法 | 烧熔处理  | 砖瓦、陶土粒 |

表2 常见脱水机的原理及效果

| 脱水机    |         |                              | 脱水效果                    |                               |
|--------|---------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 类型     | 脱水原理    | 施加压力<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 含水量<br>(%)              | 静力触探值<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
| 普通型压滤机 | 泥浆压力    | 500~700                      | (0.8~0.9) <sub>wL</sub> | 100~1000                      |
| 高压型压滤机 | 泥浆压力和压滤 | 4000                         | (0.6~0.8) <sub>wL</sub> | 1000~3000                     |
| 带式压滤机  | 机械压力    | 100~150                      | 1.0 <sub>wL</sub>       | 0~200                         |
| 离心脱水机  | 离心力     | 500~2000G                    | (1.0~1.2) <sub>wL</sub> | 0                             |

一方面加强了土粒子之间的结合力提高泥土的强度。固化处理机械的处理能力从小型 20~30m<sup>3</sup>/h 到大型 1000m<sup>3</sup>/h, 比较适合于各种规模、尤其是大量的泥土处理工程。处理工厂可以设置为固定式也可采用船载、车载设置为移动式, 在施工上比较灵活。另一方面, 固化处理可以根据处理土的使用目的调整固化材料的配方, 一次处理达到地基所要求的承载力等性能。固化处理的效果在很大程度上受到工程垃圾土的性质、混合方法的影响, 应根据每一工程泥土的特点进行配方实验。

### 3.2.3 热处理方法

热处理方法是通过加热、烧结的方法将工程垃圾土转化为建筑材料的方法。其原理可以分为烧结和熔融两种。烧结是通过加热 800~1200℃, 使泥土脱水、有机成分分解、粒子之间粘结。泥土的含水量适宜的话可以用来制砖, 也可作为水泥制造的原材料进行使用。熔融是通过加热 1200~1500℃使泥土脱水、有机成分分解、无机矿物熔化的方法。熔浆通过冷却处理可以制作成陶粒, 然后作为代替砂、砾石或制成轻型陶土砖转化为建筑材料。这一方法的优点是成品的附加价值, 但其处理能力、对工程垃圾土的要求和固定式的处理工厂使其使用具有一定的局限性。

从原理上讲, 处理工程垃圾土的方法虽有以上 3 种, 但从工程应用出发, 采用化学原理的固

### 3.2.2 化学方法

化学方法也称为固化处理法, 是从传统的地基处理技术发展而来。在工程垃圾土中添加固化材料, 进行搅拌混合, 通过孔隙水与固化材料发生水和反应使孔隙内的自由水变为结合水, 另

化处理法是最为灵活、适用范围广、造价较为理想的方法。

## 4 结语

4.1 工程废弃土虽然还没有象生活垃圾一样引起社会各界重视, 但由于其发生量大、处理方法混乱, 对环境的潜在影响是不可低估的。进行工程废弃土再生资源利用, 是一个既保护环境又可产生再生资源的好方法。

4.2 工程产出土本身就是一种土工材料。其再生资源利用只需要社会建立一个完善的周转使用系统。这是一项投资小但社会效益很大的重要工作。

4.3 工程垃圾土的再生资源利用, 需要专用的机械和设备。但是这种土的再利用可以取得较大的环境效益。

## 参考文献

- 1 中国土木工程学会. 土木工程可持续发展指南. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- 2 日本建设省. 建设发生土利用技术マニュアル, 土木研究ヤンター, 1997.
- 3 地盘工学会, 废弃物 建设发生土 地盘工学的有效利用, 1998.
- 4 汤怡新, 刘汉龙, 朱伟. 水泥固化土工程特性试验研究, 岩土工程学报, 2000, 22(5): 549~554.
- 5 汤怡新, 刘汉龙, 朱伟. 水泥固化土工程特性试验研究, 堤防加固技术研讨会论文集, 1999, 930~936.

(收稿日期 2001-10-01)