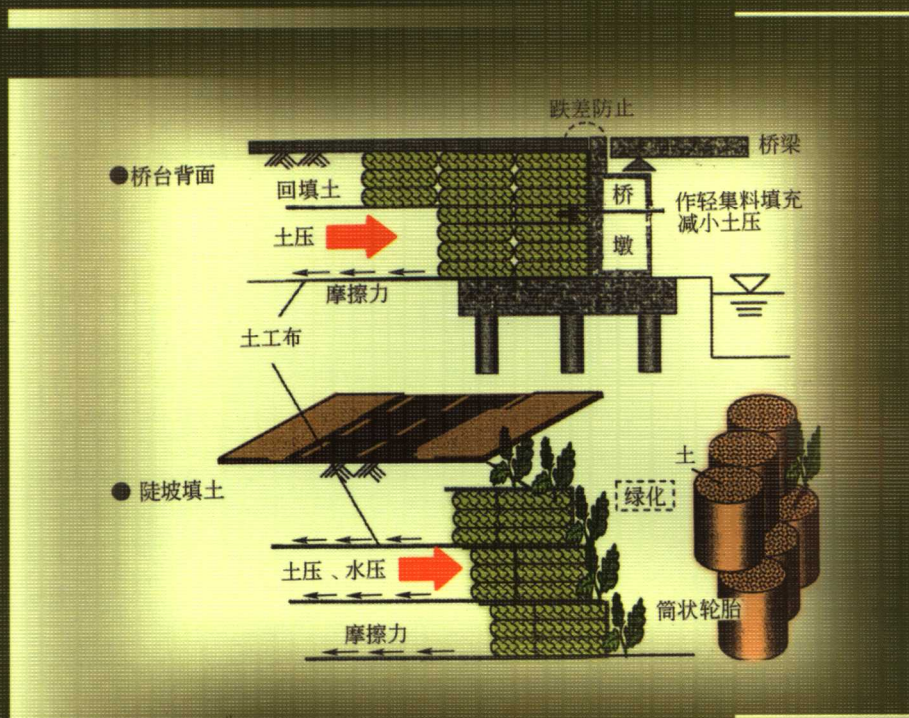




产业弃物在土建工程中的再利用

张凤祥 焦家训 编
余开云 赵献勇



人民交通出版社

China Communications Press

Chanye Qiwu Zai Tujian Gongcheng

产业废弃物在土建工程

Zhong De Zailiyong

中的再利用

张凤祥 焦家训 编
余开云 赵献勇

人民交通出版社

内 容 提 要

本书全面系统地论述土建废弃物(建设产生土、污泥、疏浚土、废弃混凝土、废弃道路沥青混凝土等)、火力发电废弃物(各种粉煤灰)、钢铁产业废弃物(钢、铁、铜渣)、废弃食品、废弃塑料、废弃橡胶轮胎、废弃纸浆渣等,在公路、铁路、桥梁、飞机场、港湾防浪堤坝,河流护堤、水库堤坝、矿井、地铁车站、区间隧道、地下连续墙、桩基、地基加固、防水排水、人造地层、植物栽培地层等各类土建工程中的再利用工法(包括再利用的原理、选定工法的理由、设计方法、施工设备的选定、施工程序、施工监理方法、施工结果分析、施工注意事项等)。此外,书中给出了大量的工程实例。这些实例均系近年现场施工成功的经验总结,条理清楚,数据齐全,结果置信度高,对实际工程设计、施工、测量、监理等均有较大的借鉴价值,有的实例可以直接套用。

本书可供从事水利、公路、铁路、桥梁、隧道、地基加固、桩基工程、机场建设、港湾建设、粉煤灰应用推广、钢铁渣应用推广、废弃轮胎再利用、废弃纸浆渣再利用、废弃食品再利用、植物种植、园林栽培等循环经济产业的科研、设计、施工、监理技术人员及高校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

产业废弃物上土建工程中的再利用/张凤祥等编. —北京:人民交通出版社, 2006.12

ISBN 978-7-114-06212-5

I. 产… II. 张… III. 土木工程—废物综合利用
IV. x799.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 162042 号

书 名: 产业废弃物在土建工程中的再利用

著 作 者: 张凤祥 焦家训 余开云 赵献勇

责任编辑: 曲 乐

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 20.5

字 数: 521 千

插 页: 1

版 次: 2006 年 12 月第 1 版

印 次: 2006 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06212-5

印 数: 0001—3000 册

定 价: 48.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书, 由本社负责调换)

前言

众所周知，产业在生产制造有用产品的同时，也必然会排出一些废弃物质（废气、废液、固体废物），以下简称弃物。弃物种类繁多，数量巨大。弃物直接丢向自然界，无毒弃物会造成环境不和谐或破坏自然景观（起码占据一定地域或水域），而有毒弃物必然造成自然界的极大污染和破坏，其后果是废液会污染水域和地下水；CO₂ 废气致使地球气温升高，气候失常，灾害增加，其他废气污染空气致使人和动物发病；固态弃物污染土地，破坏动植物生长。这些都会致使人类、动物、植物疾病高发，自然界生态失衡，即对人类生存构成威胁。所以必须采取措施控制弃物的排放量。当前控制弃物排放的根本措施有：

①推崇弃物零排放生产新技术，即使做不到零排放，也要把弃物的产生量压到最低。

②促进弃物再利用（特别是提倡现场再利用），即建立所谓的循环社会经济（即一个产业的弃物成为另一个产业的生产原料，多个产业形成循环网）。

另一方面，几个世纪以来人类已从自然界索取了大量的建设资源，可以说目前已出现了世界性的资源匮乏。人类要想长远生存发展，一方面要合理地利用资源；另一方面，乃当务之急必须寻找新的资源。然而就地球环境范围而言，产业弃物改良就是唯一的新资源。

事实上从 20 世纪末开始，世界上的所有发达国家的政府部门都先后颁布了促进弃物再利用的有关法规。就是说采不采用再利用技术不再是自愿的问题，而是必须强制执行的法规问题。近年来我国政府部门为推行循环经济作了大量的宣传，并制定了一些相关的法则，但与发达国家相比存在一些差距。

总之，开发、推广弃物再利用构筑循环经济社会，乃是当前国际上公认的热门课题。

但是，当前有关弃物再利用的技术文献却仅零散地分布于各行业的相关杂志中，可以说，至今为止国内外尚无全面、系统地叙述弃物再利用新技术的专著问世。鉴于这种状况，我们编写了“产业弃物在土建工程中的再利用”一书。由于弃物种类繁多，作者水平有限，故书中只能就产生数量最大的土建弃物（建设产生土，污泥、疏浚土、废弃混凝土、废弃道路沥青混凝土等）、火力发电弃物（各种粉煤灰）、钢铁产业弃物（钢、铁渣）、食品弃物（制造各种果汁的残渣、食堂或饭店的废弃泔脚料，农作物的废弃物等）在土建工程中的再利用技术进行论述。书中重点阐述轻型土工法（气泡混合土、发泡空心颗粒混合土）及工程实例；建设污泥的特性、处理工法、水泥固化法、石灰固化法、烧结法、高压薄层脱水法、真空加压脱水法及再利用实例；盾构隧道工程产生土的再利用工法（固化地铁车站回填法、路基土工法、聚丙烯碎片流动改良地铁底拱路床法、转筒搅拌车流动土匀质地层再造法）及工程实例；地下连续墙产生土低减工法、再利用工法及应用实例；高压喷射搅拌工法污泥减量（排泥中无固化材工法）及再利用实例；桩基产生土的处理再利用工法及实例；疏浚土再利用工法（河底、海底、湖底、水库底疏浚土，用于造地、加固堤坝、分离建筑用材等多种再利用工法）及实例；解体混凝土再利用工法（粗集料再生工法、废玻璃瓶细集料再利用工法、飞机场路面再生利用工法、路基再再生工法）及实例；粉煤灰在基础工程中的再利用工法及实例；钢、铁、铜渣的再利用工法及实例；废弃食品制作有机防冻剂的再利用实例；生物分解植物乳板在排水工法中的再利用实例；废橡胶轮胎在地基、土构造物方面的利用实

例；纸浆渣烧结灰泥土改良再利用实例等内容。

本书系产业弃物在土建行业（包括：公路、铁路、桥梁、地下建筑、飞机场、港湾防浪堤坝、河流护堤、水库堤坝、矿井、地铁车站、区间隧道、地下连续墙、桩基、地基加固、防水、排水、人造地层、植物栽培地层等）再利用的技术专著。书中 80% 以上的内容系国外近 5 年内推出的最新技术（属国内空白）。书中给出了大量的工程实例〔包括设计考虑、选定工法的理由（优点）、设计方法、施工方法、施工结果（数据化）、施工注意事项等〕。这些实例均系近年现场施工成功的经验总结，条理清楚、数据齐全、结果置信度高，对实际工程设计、施工、测量等均有较大的借鉴价值，有的实例完全可以套用。

总之，本书内容新颖、资料丰富。本书的出版，对我国产业弃物在土建领域的再利用技术开发有一定的现实参考价值和促进作用。

由于作者水平有限，书中的错误和不足在所难免，敬请读者批评指正。

本书由余开云、赵献勇、焦家训、张凤祥策划编写，具体分工如下：

第 2、3、4、13 章由余开云（高级工程师）编写；

第 6、7、8、9 章由焦家训（教授级高工）编写；

第 10、11、12 章由赵献勇（高级工程师）编写；

第 1、5、14 章由张凤祥（研究员）编写。

全书内容由张凤祥、焦家训统稿。

张玉莉（教授级高工）审查过有关章节，并提出宝贵意见，特此致谢。

作 者

2006 年 7 月

于中国葛洲坝集团基础工程有限公司

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 产业弃物再利用的必要性	1
1.2 土建弃物及再利用	1
1.2.1 土建弃物及副产品	1
1.2.2 土建弃物及副产品的再利用	2
1.3 土建弃物有效利用对地层环境的影响	13
1.4 促进土建废弃物及副产品再利用的措施	17
1.5 其他弃物的再利用简述	18
1.5.1 粉煤灰再利用简述	18
1.5.2 钢铁渣再利用简述	18
1.5.3 其他弃物再利用简述	18
第 2 章 轻型土工法	20
2.1 气泡混合土	20
2.2 气泡混合土工法的施工实例	22
2.2.1 桥台背面减压回填施工实例	22
2.2.2 回填积水池作停车场的施工实例	23
2.2.3 软黏土层上的公路施工实例	24
2.3 气泡混合土的耐久性	24
2.3.1 长期耐久性的室内试验	25
2.3.2 长期耐久性的现场试验	26
2.3.3 结论	28
2.4 发泡空心颗粒混合土	28
2.5 发泡空心颗粒混合土的施工实例	30
2.5.1 桥墩加固工程实例	30
2.5.2 桥台抗震工程实例	32
2.6 废玻璃轻型填土工法	33
2.6.1 气泡玻璃填土	33
2.6.2 填土气泡玻璃特性	33
2.6.3 气泡玻璃填土的应用领域	34
2.6.4 施工实例	36
2.7 轻集碎料填土工法	37
2.7.1 工法特点	37
2.7.2 施工方法及适用范围	37
2.7.3 施工实例	38

2.8 空隙石工法特性及施工实例	40
2.8.1 速硬性原理	40
2.8.2 硬化性状	40
2.8.3 配比设计	41
2.8.4 硬化特性	43
2.8.5 施工实例	44
第3章 建设污泥概述	46
3.1 定义	46
3.2 污泥种类及产生污泥的工法	47
3.3 污泥特性	48
3.4 污泥的产生量	52
3.5 污泥减量及处理	53
3.6 改良土的性状与用途	54
3.7 改良土再利用时的环境保护措施	56
3.8 填土利用技术	57
第4章 污泥处理工法及利用实例	59
4.1 固化工法	59
4.2 石灰污泥固化法	59
4.2.1 工法原理、系统构成及特点	59
4.2.2 石灰污泥固化法实例	61
4.3 水泥固化法	63
4.3.1 水泥污泥固化机理及处理土特性	63
4.3.2 管道拌和污泥粒状固化处理工法及实例	64
4.3.3 水泥流动固化处理法	66
4.3.4 流动处理土作高楼持力层的工程实例	67
4.3.5 流动处理土农业用水管道基础施工实例	71
4.3.6 中性无机固化材污泥固化法	75
4.3.7 2液1粉中性无机固化材污泥改良法	76
4.3.8 石膏污泥中性改良法及实例	77
4.4 建设污泥烧结再利用	81
4.4.1 建设污泥的烧结条件及操作程序	81
4.4.2 烧结物的特性	82
4.4.3 烧结物的用途	83
4.5 高压薄层脱水处理系统	84
4.5.1 系统构成概况	84
4.5.2 湖底淤泥脱水处理试验	85
4.6 真空加压脱水污泥处理及有效利用	86
4.6.1 真空脱水装置构成和特征	86

4.6.2	改良土的再利用	88
4.7	混合水泥高压脱水处理工法及实例	88
4.7.1	混合水泥高压脱水处理工法	88
4.7.2	基本工序	89
4.7.3	水泥的选择	90
4.7.4	工程实例	90
4.8	纸浆渣灰污泥改良工法	93
第5章	盾构隧道工程产生土的处理及利用	94
5.1	泥水盾构废弃泥水水泥流动固化站回填工法	94
5.1.1	废弃泥水试验及施工	94
5.1.2	管理废弃泥水相对密度的试验及施工	97
5.1.3	经济评价	105
5.1.4	结论	106
5.2	添加中性固化材的改良路基垫土工法	107
5.2.1	改良系统构成	107
5.2.2	系统管理	108
5.3	添加聚丙烯碎片的流动改良底拱土工法	109
5.3.1	提高流动处理土性能的必然性	109
5.3.2	增强材的选定	110
5.3.3	配比和试验条件	111
5.3.4	荷载试验	111
5.4	浓缩泥水盾构废弃泥水的处理系统	112
5.5	土压盾构产生泥土的改良及利用	114
5.5.1	泥土改良系统	114
5.5.2	固化材	117
5.5.3	实证实验	119
5.5.4	流动土处理工法的特点及施工注意事项	121
5.5.5	土压盾构流动处理土在地铁工程中的利用	122
5.5.6	转筒搅拌车流动处理土工法构筑匀质地层的施工实例	127
第6章	RC地下连续墙工程中产生土的处理及利用	130
6.1	RC连续墙工法产生土的种类及状况	130
6.1.1	抓斗挖槽机的产生土	130
6.1.2	旋转挖槽机的产生土	132
6.2	减少护壁泥浆产生量的做法及实例	135
6.2.1	泥浆减量的设计考虑	135
6.2.2	地下变电站挡土墙工程实例(例1)	138
6.2.3	大厦地下连续墙基础工程实例(例2)	140
6.2.4	高层住宅楼的地下连续墙基础工程实例(例3)	141

6.2.5 排水场地下连续墙工程实例 (例 4)	142
6.3 护壁泥浆再生系统	142
6.3.1 系统构成及特点	143
6.3.2 施工实例	144
6.4 产生土的处理方法	145
第 7 章 水泥土连续墙弃土低减工法	148
7.1 扩散剂抵制弃泥产生量的水泥土连续墙工法	148
7.1.1 工法概况	148
7.1.2 现场适用实例	149
7.2 二次分级处理抑制弃泥产生量的连续墙工法	150
7.2.1 工法原理	151
7.2.2 系统构成、施工顺序及工法特点	151
7.2.3 大厦建筑工程实例	153
7.2.4 泵站建设工程实例	155
7.3 螺旋分级弃泥削减连续墙工法	155
7.3.1 工法概况	155
7.3.2 系统构成	155
7.3.3 弃泥量、水泥量及清水量的削减率	157
7.3.4 工法特点	157
7.4 挖槽土再利用地下连续墙 (CRM) 工法	157
7.4.1 挖槽土再利用地下连续墙工法问世的必然性	157
7.4.2 工法概况	158
7.4.3 工法特点	158
7.4.4 再利用挖槽土及其处理	160
7.4.5 水泥土的特性要求及质量管理	161
7.5 矩形原位搅拌水泥土连续墙工法	164
7.5.1 工法概况及优点	164
7.5.2 施工	165
第 8 章 高压喷射搅拌工法污泥抑制及再利用	167
8.1 以往高压喷射工法产生污泥的必然性	167
8.2 减少污泥排出量的高压交叉喷射工法	168
8.3 污泥再生利用	169
8.4 切削注入异步排泥中无固化材的高压喷射工法	170
8.5 添加促凝剂的排泥中无固化材的高压喷射工法	174
第 9 章 桩基工法产生土的处理及再利用	176
9.1 埋桩工法产生土的处理及再利用	176
9.1.1 埋桩工法及产生土的处理现状	177
9.1.2 吸式脱水机介绍	177

9.2 钢管水泥土桩排弃土的再利用	178
9.2.1 钢管水泥土桩概述	179
9.2.2 排弃土的评价	179
9.2.3 结果评估	181
9.2.4 产生土再利用的程序	183
9.3 基本无排土的旋转压入钢管桩工法	185
9.3.1 旋转压入钢管桩的构造	185
9.3.2 施工机械及施工方法	185
9.3.3 测量管理系统	186
9.3.4 施工噪声、振动	186
9.4 硬质地层无排土钻孔工法及应用	187
9.4.1 硬质地层钻孔	187
9.4.2 无排土掘削与压密孔壁	187
9.4.3 施工机械	189
第10章 疏浚土再利用工法及实例	190
10.1 疏浚土再利用技术综述	190
10.1.1 疏浚土有效利用工法的分类	190
10.1.2 固化处理工法	191
10.1.3 脱水处理工法	192
10.1.4 分级处理工法	193
10.1.5 原样利用	193
10.2 高效大容量疏浚土分离工法及实例	194
10.2.1 土砂离心分离器的工作原理	194
10.2.2 分离施工系统	194
10.2.3 实例	195
10.3 装袋脱水处理疏浚土的有效利用实例	196
10.3.1 装袋脱水处理工法	196
10.3.2 水库疏浚土的湖底利用实例	196
10.3.3 储水池疏浚土用于回填的实例	197
10.4 恢复坝功能的疏浚堆积泥的处理及再利用	198
10.4.1 高压脱水处理系统概况及特点	198
10.4.2 高压脱水处理土的有效利用	200
10.5 海底疏浚土固化处理及沼泽地造地利用工程实例	200
10.5.1 弃土造地工程概况	201
10.5.2 大容量固化处理设备的开发	201
10.5.3 填筑施工	204
10.5.4 填筑地的稳定性评估	205
10.5.5 海底疏浚土固化处理工法的推广价值	206

10.6	固化处理库底泥土病危水库坝体改修法及应用实例	206
10.6.1	破碎碾压筑坝工法的设计及施工	206
10.6.2	应用实例	209
10.7	河流疏浚土在丁坝堤防上的再利用	212
10.7.1	河流疏浚土与丁坝堤防	212
10.7.2	熔渣、疏浚土作筑堤填土工法的优点	213
10.7.3	工程试验施工实例	213
10.8	轻型混合疏浚处理土的有效利用	218
10.8.1	轻型混合疏浚处理土的概况	218
10.8.2	港口应用基础试验	218
10.8.3	港口应用施工实例	222
10.8.4	飞机场应用施工实例	222
10.9	管道砂分离、黏土滤除工法及实例	223
10.9.1	工法概况	223
10.9.2	施工实例	224
10.10	防砂工程中现场开挖土砂的有效利用	226
10.10.1	防砂水泥土和工法概况	227
10.10.2	双重管搅拌混合法与振动碾滚压实法的共性及差异	227
10.10.3	防砂水泥土的施工实例	228
第11章	解体混凝土再利用及实例	230
11.1	解体混凝土的再利用	230
11.1.1	概述	230
11.1.2	集料再生制造设备系统	231
11.1.3	旋转破碎混合机构造、功能介绍	234
11.1.4	教学楼解体混凝土再利用实例	236
11.2	废玻璃瓶作混凝土细集料的再利用	239
11.2.1	废玻璃瓶再利用的意义	239
11.2.2	废玻璃瓶混凝土细集料再生系统及拌和试验	239
11.2.3	工程实例	242
11.3	飞机场路面再生材的再利用	243
11.3.1	飞机场扩建中产生废弃材的再利用	243
11.3.2	用飞机场弃土作轻型回填土的再利用实例	246
11.4	路基再再生工法	249
11.4.1	路基再再生工法及开发课题	249
11.4.2	提高路基再再生工法施工效率的措施	250
11.4.3	适用实例	253
第12章	粉煤灰在基础工程中的有效利用	254
12.1	煤灰的种类	254

12.2	煤灰的特性	254
12.2.1	化学成分及含量	255
12.2.2	粉煤灰的灰结反应	255
12.2.3	粒度组成	255
12.2.4	粉煤灰的工程性质	256
12.2.5	熔渣灰的工程性质	257
12.3	粉煤灰的应用技术	257
12.4	粉煤灰在土建领域的应用实例	259
12.4.1	在气泡混合轻型土方面的应用实例	259
12.4.2	作各种回填填充材的应用实例	260
12.4.3	在堤岸沉箱里填材等港湾构造物上的应用	261
12.4.4	溶渣灰作土工材的应用	261
12.4.5	改良煤灰土工材的应用	262
12.5	地基加固	262
12.5.1	在深层混合处理工法上的应用	263
12.5.2	在固结砂桩工法 (SCP 工法) 和排水砂桩工法 (SD 工法) 上的应用	264
12.6	道路工程上的应用	269
12.7	煤灰应用中有关安全性的注意事项	269
第 13 章	钢铁渣的再利用	271
13.1	钢铁渣的生成种类、特性及利用	271
13.1.1	钢铁渣的种类	271
13.1.2	钢铁渣的特性	272
13.1.3	钢铁渣的利用状况	273
13.2	水淬渣的特性及再利用	273
13.2.1	水淬渣的物理特性	273
13.2.2	水淬渣的化学特性及潜在水硬性	275
13.2.3	水淬渣的堤岸背后回填材的利用实例	277
13.3	钢铁渣在道路路基上的利用实例	278
13.4	钢渣作地基加固固结砂桩 (SCP) 材的利用实例	280
13.5	铜渣、钢渣高密度混凝土消浪块的开发	282
第 14 章	其他弃物的再利用	285
都	14.1 废弃食品制造防冻剂的再利用	285
14.1.1	引言	285
14.1.2	弃食有机防冻剂的制造程序	285
14.1.3	有机防冻剂的性状确认方法	286
14.1.4	有机防冻剂制造技术的实证结果	288
14.1.5	有机防冻剂性能的实测结果	288
14.2	废塑料再生排水管防液化工法	290

14.2.1	工法概况	290
14.2.2	抑制液化的振动台实验	291
14.2.3	地层变形解析	295
14.3	生物分解型乳板排水法	296
14.3.1	引言	296
14.3.2	工法原理、施工及特点	296
14.3.3	施工实绩	298
14.4	废轮胎在地基、土构造物方面的再利用	300
14.4.1	概述	300
14.4.2	轮胎粗块在高速公路中的适用性	300
14.4.3	轮胎碎块排水桩对地层液化变形的抑制	302
14.4.4	原样再利用技术	304
14.5	纸浆渣烧结灰泥土改良再利用工法及适用实例	306
14.5.1	引言	306
14.5.2	泥土改良材的基本性质和配比设计	307
14.5.3	环境改善效果	311
14.5.4	适用实例	311
参考文献		315

第 1 章 概 述

1.1 产业废弃物再利用的必要性

1. 废弃物过量排放对人类的威胁

众所周知，每一个产业在生产制造有用产品的同时，也必然会排出一些废弃物（废气、废液、固体废物），以下简称弃物。其中，有些弃物属有害物质或含有害物质。目前产业排出的弃物种类极多，数量极大，这些弃物直接丢向自然界，必给自然界带来极大的污染和破坏，其后果是废液会污染水域和地下水；生产过程中排出的 CO_2 废气致使地球气温升高，其他废气污染空气；固态弃物污染土地。这些弃物的排出致使人类、动物、植物疾病高发；自然界生态失衡等，这将直接对人类的生存构成大的威胁，所以必须采取措施控制弃物的排放量。当前控制弃物排放的根本措施有：

①推崇弃物零排放的生产新技术，即使做不到零排放，也要把弃物产生量压到最低。

②把一个产业产生的弃物经过处理成为另一个产业的生产原料，即促进产业弃物的再利用，也就是建立所谓的循环社会经济。

2. 建立循环经济的重要意义

在经济建设高速发展的过程中，人类已从自然界索取了大量的建设资源，可以说目前已出现了世界性的资源匮乏。人类要想长远生存发展，必须保护自然资源，合理、节约利用资源。所以人类当务之急必须大力开发弃物再利用技术，建立循环经济社会，弥补原始资源的不足。

鉴于上述论述，我们可清楚地认识到大力开展推广弃物再利用技术，建立循环经济，是人类长期生存的根本保证，乃属当前之首要研究课题之一。从 20 世纪末开始，世界上一些发达国家的政府部门，先后颁布了促进弃物再利用的有关法规及技术规范。这就是说，采不采用再利用技术不再是自愿的问题，而是必须强制执行的法规问题。2006 年 6 月我国环保总局也公布了推行循环经济的有关规定。总之，当前世界范围的强制推行产业弃物再利用，构筑循环经济社会的时机业已成熟，势在必行。

由于产业种类繁多，作者知识水平有限，本书仅讨论产生数量最大的几种产业弃物：土建弃物（建设产生土、污泥、疏浚土、废弃混凝土、废弃道路沥青混凝土等）、火力发电弃物（各种粉煤灰）、钢铁业弃物（钢、铁渣）在土建基础工程中的再利用技术，包括降低弃物产生量的方法；弃物缩量处理方法及各种再利用方法。

1.2 土建废弃物及再利用

1.2.1 土建废弃物及副产品

土建工程施工过程中产生的副产物，可分为两类。一类是可以直接再利用的副产物称为副产品，如开挖地层产生的土（称为土建产生土或建设产生土），当建设产生土为原状土的

场合下，可直接再利用；另一类是通常作废弃处理的副产物，这种副产物无法直接再利用，必须经过适当处理后再利用，这种副产物称为建设（土建）废弃物。

副产品与废弃物的根本区别是前者可以直接再利用，后者必须经过处理后再利用。

建设废弃物的种类及排放量如图 1-1 所示。包括建设污泥、混凝土块、沥青混凝土块、建设产生木材、建设混合废弃物及其他建设废弃物等，种类繁多，数量巨大。

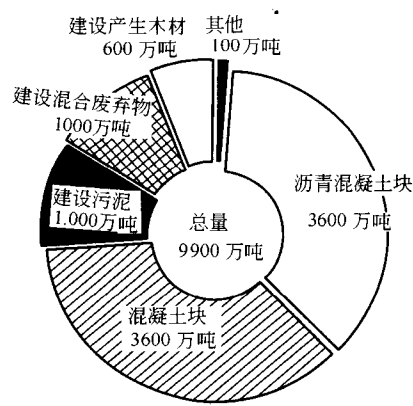


图 1-1 建设废弃物的种类及排放量

土建工程中产生量最大的是产生土。产生土的分类如图 1-2 所示。产生土由建设产生土和泥土构成。其中，建设产生土（土质分类标准如表 1-1 所示）属建设副产品；泥土属建设污泥。

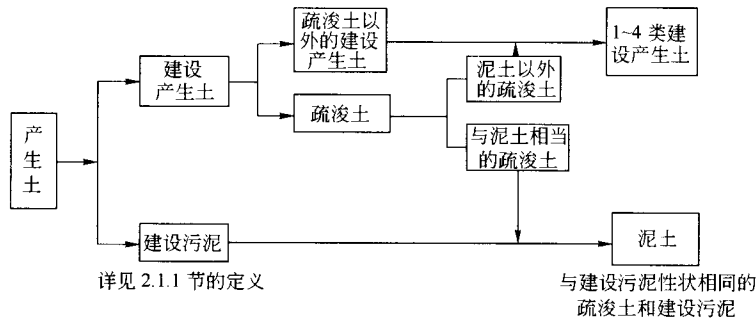


图 1-2 产生土的分类

1.2.2 土建弃物及副产品的再利用

土建弃物的数量在所有弃物中占的比例最大，所以土建弃物的再利用乃重中之重。目前一些发达国家已初步形成资源再利用的循环社会经济系统。

下面就建设产生土、建设污泥、废弃混凝土块、沥青混凝土块、建设产生木材等几方面的再利用技术的开发现状、有关课题及再利用技术作一简要介绍。

(1) 建设产生土的再利用工法

建设产生土的再利用工法的概况如表 1-2 所示。选择再利用工法时应详查建设产生土的性状及再利用工法的特点、优点，选择与土质匹配的工法。按对土的功能要求选择工法见表 1-3。各种再利用工法与建设产生土的关系如表 1-4 所示。产生土用途适用范围如表 1-5 所示。

表 1-1 产生土的土质分类

产生土的种类	统一土质分类		特性参数	
	符 号	土 质	含水率 (地层) w_n (%)	静触锥尖阻力 q_c (kN/m^2)
第 1 种建设产生土 (砂, 砾和符合砂砾特性的产生土)	{G}, {S}	砾, 砂	—	—
	{GF}	(改良土)	—	—
	{SF}	砾质土	—	—
		砂质土($F_c=15\%\sim 25\%$)	—	—
		砂质土($F_c=25\%\sim 50\%$)	30%以下	800 以上
第 2 种建设产生土 (砂质土、砾质土及符合这两种土特性的产生土)	{SF}	(改良土)	—	—
		砂质土($F_c=25\%\sim 50\%$)	30%~50%	—
	{M}, {C}	淤泥, 黏性土	40%以下	—
	{V}	火山灰质黏性土	—	—
		(改良土)	—	400 以上
第 3 种建设产生土 (通常可以确保施工性的黏性土及符合该特性的产生土)	{SF}	砂质土($F_c=25\%\sim 50\%$)	—	—
		砂质土($F_c=25\%\sim 50\%$)	—	—
	{M}, {C}	淤泥, 黏性土	40%~80%	—
	{V}	火山灰质黏性土	—	—
	{O}	有机质土	40%~80%	—
第 4 种建设产生土 (黏性土和符合黏性土标准的产生土, 第 3 种产生土除外)	{SF}	(改良土)	—	—
		砂质土($F_c=25\%\sim 50\%$)	—	—
	{M}, {C}	淤泥, 黏性土	80%以上	—
	{V}	火山灰质黏性土	—	—
	{O}	有机质土	80%以上	200 以上
泥土 ($q_c < 200 \text{ kN/m}^2$ 的疏浚土和建设污泥)	{SF}	(改良土)	—	—
		砂质土($F_c=25\%\sim 50\%$)	—	—
	{M}, {C}	淤泥, 黏性土	80%以上	—
	{V}	火山灰质, 黏性土	—	—
	{O}	有机质土	80%以上	200 以下
泥土 c	{Pt}	高有机质土	—	—

注: 1. 泥土中的建设污泥, 可按废弃物处理法的规定手续确定。
 2. 在计划阶段就应弄清土质状况, 在无法得到确定静触锥尖阻力试样的场合下, 可从统一土质分类和含水率粗略地确定土质, 挖掘后可按预定的方法测定静触锥尖阻力决定土质。
 3. 按预定的方法压密试样容器中的试样, 用手提式静触仪测定锥尖阻力。
 4. 表中的第 1 种~第 4 种改良土是在土 (包括泥土) 中混入固化材改良化学性状的改良土。例: 第 3 种改良土就是把第 4 种产生土或泥土作稳定处理, 把静触锥尖阻力改良到大于 400 kN/m^2 的改良土。
 5. 在进行降低含水率, 级配调整等物理处理的场合下, 应重新判定处理后的性状, 不是改良土的情形下, 应判定产生的土质种类。

产生土再利用工法

表 1-2

名称	工法原理	工法特点
发泡空心颗粒土工法		该工法是把超轻型发泡空心颗粒材(苯乙烯等)混入土砂中,制成轻型土的工法。对强度要求高时,应添加固化材。工法特点是生成的土体轻型化,同时具备近似土体变形的跟踪性和止水性
气泡混合土工法		该工法是向流动处理土中混入气泡生成超轻型稳定处理土的工法。特点如下:除了具有流动处理土的特点外,还具备轻型性($\rho_i = 0.5 \sim 1.3 \text{ t/m}^3$),所以在软地层和地滑地作填土使用特别有效
流动化处理工法		该工法是在主料土砂中混入泥水(或水)、水泥等固化材的稳定处理土工法。特点如下:①浇注时无需压紧;②因具流动性,故填充狭小空间容易;③调整配比可得任意强度;④不易产生渗水浸融,对防止地层空洞效果明显
装袋脱水处理工法		该工法是把软工填充到透水性袋中放置于地上,土中的剩余水排到袋外,降低含水率的工法。特点如下:①从袋内排出的水中的悬浮物的浓度,在短时间内容小;②适当选择构成袋的布料,可重叠;③袋的植生性良好