

高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会规划推荐教材

城市垃圾处理

高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会	组织编写
何品晶	主 编
蔡 辉 聂永丰	主 审

中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会规划推荐教材

城市垃圾处理

高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会 组织编写

何品晶 主编

蔡 辉 聂永丰 主审



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市垃圾处理/何品晶主编. —北京: 中国建筑工程出版社, 2015. 9

高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会
规划推荐教材

ISBN 978-7-112-18351-7

I. ①城… II. ①何… III. ①城市-垃圾处理-
高等学校-教材 IV. ①X799.305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 183981 号

高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会规划推荐教材

城市垃圾处理

高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会 组织编写

何品晶 主编

蔡 辉 聂永丰 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 21¼ 字数: 435 千字

2015 年 9 月第一版 2015 年 9 月第一次印刷

定价: 42.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-18351-7

(27559)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

在住房和城乡建设部人事司指导下，全国高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会组织编写了本教材，同济大学、华中科技大学、清华大学、重庆大学和桂林理工大学等院校的教师参加了编写工作。本教材共分12章及3个附录，主要包括城市垃圾管理情况、收集运输方法、主要处理技术和经济分析等内容。教材附录提供了课程实验、实习和设计等指导材料，供学校在教学中使用。

本教材可以供给排水科学与工程、环境工程、环境科学等相关专业本科生使用，也可供相关专业技术人员参考。

为便于教学，作者特制作了电子课件，如有需求，可发邮件至cabpbeijing@126.com索取。

* * *

责任编辑：王美玲 王 跃

责任校对：李美娜 刘梦然

前 言

随着城镇化进程的推进，我国城市垃圾处理问题日益突出。为改善城乡居住环境，提高人民群众生活品质，提高城市垃圾减量化、资源化和无害化水平，需要大量垃圾处理技术人才，而当前在高校专业教育中，尚无垃圾处理专业。为应对社会需求，经全国高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会研究决定，首先在给排水科学与工程专业开设垃圾处理技术课程，让学生掌握相关垃圾处理的技术和方法。

为满足教学需要，在住房和城乡建设部人事司指导下，全国高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会组织编写了《城市垃圾处理》教材。本教材共分12章及3个附录，主要包括城市垃圾管理情况、收集运输方法、主要处理技术和经济分析等内容。教材附录提供了课程实验、实习和设计等指导材料，方便教学中使用。

本教材由同济大学何品晶教授主编，同济大学、华中科技大学、清华大学、重庆大学和桂林理工大学等院校的教师参加了编写工作。各章及附录的具体编写人员为：同济大学何品晶编写第1章和第11章，邵立明编写第4章和第9章，吕凡编写第5章，章骅编写第6章和第10章，章骅和吕凡合作编写附录1；华中科技大学王松林、冯晓楠和陶涛合作编写第2章、第8章和附录2；清华大学蒋建国、崔夏、宋迎春和王颖合作编写第3章；重庆大学彭绪亚、刘国涛和石德智合作编写第7章和附录3；桂林理工大学曾鸿鹄、孙晓杰、陆燕勤和周自坚合作编写第12章。何品晶教授对全书进行了统稿。

本教材由中国城市建设研究院有限公司蔡辉教授级高级工程师、清华大学聂永丰教授主审。住房和城乡建设部人事司、城市建设司的赵琦、杨海英、高延伟、李海莹等同志对大纲及书稿进行了审核，并做了大量组织协调工作。教材出版得到中国建筑工程出版社的大力支持。各位编者对他们认真细致的工作和提出的宝贵意见表示感谢。

虽经各位努力，但限于水平与经验，错误之处难免。恳请使用教材的广大师生和读者对错误之处，不吝指教，有意见请发至 solidwaste@tongji.edu.cn。谢谢！

编 者

2015年6月3日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 城市垃圾的产生特征	1
1.2 城市垃圾的环境危害与资源化潜力	4
1.3 城市垃圾管理体系构成	6
1.4 城市垃圾处理课程的学科特点	9
思考题与习题	9
第 2 章 城市垃圾管理	10
2.1 城市垃圾管理的目标和指标	10
2.2 城市垃圾管理的法规	13
2.3 城市垃圾管理实施方法	18
思考题与习题	25
第 3 章 生活垃圾的收集与运输	26
3.1 收集与运输概述	26
3.2 生活垃圾收集方法	29
3.3 生活垃圾的清运方法	38
3.4 生活垃圾的中转运输	53
思考题与习题	65
第 4 章 城市垃圾预处理	67
4.1 城市垃圾分选	67
4.2 城市垃圾破碎	83
4.3 城市垃圾输送设备	88
4.4 城市垃圾预处理流程组合	93
思考题与习题	95
第 5 章 生活垃圾生物处理	96
5.1 生物处理途径与方法	96
5.2 生活垃圾的堆肥处理	96
5.3 生活垃圾的厌氧消化处理	109
思考题与习题	127

第 6 章 生活垃圾焚烧处理	129
6.1 燃烧的基本原理	129
6.2 焚烧污染控制	143
6.3 焚烧工艺与设备	156
6.4 焚烧设计计算	165
思考题与习题	177
第 7 章 生活垃圾填埋处置	179
7.1 填埋处置的基本概念	179
7.2 填埋基本原理	184
7.3 生活垃圾卫生填埋场的设计	197
7.4 卫生填埋场作业	220
7.5 渗滤液处理	227
7.6 封场管理	230
思考题与习题	231
第 8 章 特种城市垃圾处理	233
8.1 餐厨垃圾处理	233
8.2 城市粪便处理	238
8.3 城市污泥处理	243
思考题与习题	253
第 9 章 生活垃圾中的再生资源回收	255
9.1 生活垃圾中的再生资源	255
9.2 再生资源回收方法	258
9.3 典型废品的资源再生方法	262
思考题与习题	269
第 10 章 生活源危险废物管理	270
10.1 生活源危险废物来源及分类	270
10.2 危险废物鉴别方法	273
10.3 危险废物管理规范	279
思考题与习题	283
第 11 章 建筑垃圾处理与利用技术	284
11.1 建筑垃圾消纳与利用途径	284
11.2 建筑垃圾集料加工技术	286
11.3 建筑垃圾建材利用	290
11.4 建筑垃圾物流组织及设施	294
思考题与习题	297

第 12 章 城市垃圾处理经济	298
12.1 经济分析原理	298
12.2 主流处理技术的经济特征	304
12.3 经济手段引导城市垃圾处理的方法	308
思考题与习题	311
附录 1 城市垃圾处理实验	312
A-1 城市垃圾真密度与空隙率测定	312
思考题与习题	315
A-2 城市垃圾生物稳定性判别	316
思考题与习题	317
A-3 生活垃圾工业分析实验	318
思考题与习题	319
A-4 固体废物浸出毒性鉴别实验	320
思考题与习题	324
附录 2 城市垃圾处理课程设计任务书（垃圾填埋方向）	325
附录 3 城市垃圾处理课程实习提纲	331
参考文献	335

第 1 章 绪 论

1.1 城市垃圾的产生特征

1.1.1 城市垃圾的产生与分类

城市垃圾通常指生活垃圾，更广义地，可包含在城市区域产生的各种非工业源固体废物。其中主要的非工业源固体废物有：建筑垃圾、粪便、污水处理厂污泥等。

城市生活垃圾，包括城市日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物。其中，按产生源分类，生活垃圾包含居民生活垃圾、商业垃圾、企事业生活垃圾、街道保洁垃圾等类别。目前，各地普遍实行分流管理的餐饮垃圾，指的是餐饮服务企业和企事业食堂产生的食品垃圾，因此，餐饮垃圾应属上述商业垃圾和企事业生活垃圾的一部分。

建筑垃圾，是指建设单位、施工单位新建、改建、扩建和拆除各类建筑物、构筑物、管网等，以及居民装饰装修房屋过程中所产生的弃土、弃料及其他废物。一般按产生时的施工特征，建筑垃圾可分为建筑物与构筑物拆毁过程产生的垃圾和建筑施工中产生的固体废物两类。其中，建筑施工中产生的固体废物，又可分为基础等地下施工过程产生的（建筑）渣土和建材残余物两种。

广义的城市垃圾中包含的其他非工业源固体废物有：从化（贮）粪池清运的粪便、城市污水处理厂产生的污泥等。这些废物属于高含水率的泥状物料，应与其他城市垃圾分流处理。

1.1.2 城市垃圾产生量

1. 城市生活垃圾产生量

城市生活垃圾产生量与城市居民人口数直接相关，人均生活垃圾产生量则与居民消费水平、生活习惯等因素相关。一般而言，经济社会发展水平高的城市，居民人均生活垃圾产生量也更高；同时，强化垃圾中废品回收措施可以有效减少最终需要处理的垃圾量。

我国生活垃圾产生量一般按清运量核算，图 1-1 是我国自 1980 年以来城

市生活垃圾清运量变化的状况，由图 1-1 可见，近年来我国城市生活垃圾产生量增长与城市人口增长趋势基本一致，人均生活垃圾产生量则保持了相对的稳定。

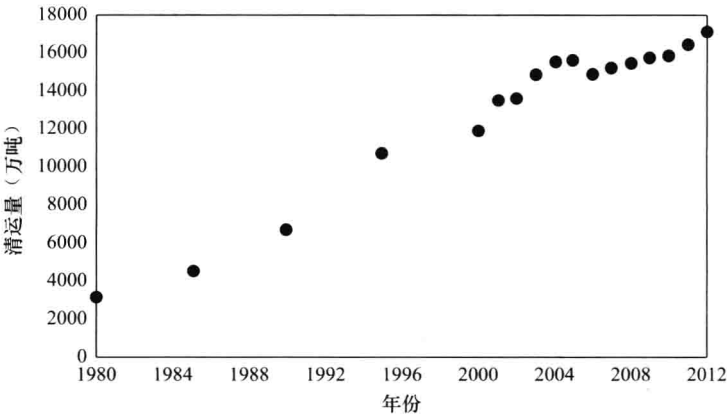


图 1-1 我国城市生活垃圾清运量的年际变化状况

2. 建筑垃圾产生量

建筑垃圾产生量与城市的建筑行业活跃程度直接相关，虽然我国建筑垃圾产生量尚缺乏权威的统计数据，但我国尚处于城市建设高峰期，各城市的建筑垃圾产生量普遍高于生活垃圾量。

3. 粪便清运量

城市粪便是由城市环境卫生管理部门清运的旱厕和水冲厕所化（贮）粪池粪便。随着我国城市排水系统不断完善，粪便污水直排污水处理厂的比例逐年提高，环境卫生管理部门清运的粪便量逐步下降。21 世纪以来，我国城市粪便清运量已由每年近 4 千万吨降至 2012 年的不足 2 千万吨。

4. 城市污水处理厂污泥

城市污水处理厂污泥的产生量基本正比于污水处理量。目前，我国城市污水处理的干污泥产生率约为万分之一，即每处理 1 万吨污泥产生 1 吨污泥干固体，折算成脱水污泥（含水率 80%计）约为万分之五左右。

1.1.3 城市垃圾组成

1. 生活垃圾组成

城市生活垃圾组成主要是指其物理组分的质量比例关系，我国生活垃圾的物理组分分类由《生活垃圾采样和物理分析方法》CJ/T 313—2009 规定，具体内容见表 1-1。

我国生活垃圾的物理组分分类

表 1-1

序号	类别	说明
1	厨余类	各种动、植物类食品（包括各种水果）的残余物
2	纸类	各种废弃的纸张及纸制品
3	橡塑类	各种废弃的塑料、橡胶、皮革制品
4	纺织类	各种废弃的布类（包括化纤布）、棉花等纺织品
5	木竹类	各种废弃的木竹制品及花木
6	灰土类	炉灰、灰砂、尘土等
7	砖瓦陶瓷类	各种废弃的砖、瓦、瓷、石块、水泥块等块状制品
8	玻璃类	各种废弃的玻璃、玻璃制品
9	金属类	各种废弃的金属、金属制品（不包括各种纽扣电池）
10	其他	各种废弃的电池、油漆、杀虫剂等
11	混合类	粒径小于 10mm 的、按上述分类比较困难的混合物

生活垃圾物理组分是一种约定俗成的概念，本质是按视觉可识别的物料类别对生活垃圾的分类。生活垃圾按物理组分分类，是生活垃圾分类收集、分流处理的基本依据。我国的《生活垃圾分类及其评价标准》CJJ/T 102—2004 以垃圾物理组分为依据，规定了生活垃圾的分类、投放、收运和分类评价的规范。该标准的生活垃圾分类与物理组分的关系见表 1-2。

我国生活垃圾的分类规范

表 1-2

生活垃圾分类类别	包含组分
可回收物	1. 纸类（未严重沾污的文字用纸、包装用纸和其他纸制品等）； 2. 塑料（废容器塑料、包装塑料等塑料制品）； 3. 金属（各种类别的废金属物品）； 4. 玻璃（有色和无色废玻璃制品）； 5. 织物（旧纺织衣物和纺织制品）。
大件垃圾	体积较大、整体性强，需要拆分再处理的废弃物品，包括废弃的家用电器和家具等。
可堆肥垃圾	垃圾中适宜于利用微生物发酵处理并制成肥料的物质，包括剩余饭菜等易腐食物类厨余垃圾，树枝花草等可堆沤植物类垃圾等。
可燃垃圾	可以燃烧的垃圾包括植物类垃圾，不适宜回收的废纸类、废塑料橡胶、旧织物品、废木等。
有害垃圾	垃圾中对人体健康或自然环境造成直接或潜在危害的物质，包括废日用小电子产品、废油漆、废灯管、废日用化学品和过期药品等。
其他垃圾	在垃圾分类中，按要求进行分类以外的所有垃圾

各种生活垃圾物理组分具有独特的物理、化学性质，生活垃圾物理组成分析也可用于推测生活垃圾的总体性质。

另一方面，同类物理组分出于技术管理的目的不同也可采用不同的命名，以食品垃圾为例，生活垃圾物理组分分类命名为“厨余”，生活垃圾分类规范中则纳入“可堆肥垃圾”；在强调生活垃圾按产生源管理时，又将餐饮经营企业产生的食品垃圾称为“餐饮垃圾”；随着全社会生活垃圾分类处理的发展，居民生活垃圾中分类的“厨余垃圾”又和“餐饮垃圾”合称为“餐厨垃圾”。现阶段这些内涵基本相同的名词仍然同时并存，需要根据应用场合合理地选用。

2. 其他城市垃圾的组成

其他城市垃圾中，建筑垃圾的组成一般也采用物理组分的方式描述。粪便和污水处理厂污泥的组成首先可按无机物和有机物划分，有机物部分也可进一步按生物化学组分（糖类、脂肪、蛋白质等）或胞内和胞外聚合物分类。这些类别废物的具体组成特征请参见教材的相关章节。

1.2 城市垃圾的环境危害与资源化潜力

1.2.1 城市垃圾的环境危害途径

城市垃圾不处理或未处理状态堆放时会造成严重的环境问题并危害人体健康。垃圾处理是为了消除或减低其对环境和人体健康的危害，但在处理过程中的转化及其资源化产物的利用过程中也可能产生环境危害。

1. 城市垃圾堆放的环境危害途径

城市垃圾堆放的环境危害途径，主要有：侵占地表空间、污染物流失扩散、挥发性污染物形成和衍生致病生物 4 种形式。

侵占地表空间，是城市垃圾堆放的直接后果，占据地表空间使土地丧失原有的生产（如：农田）或生态（如：自然湿地）功能；还可能改变局部的岩土相组成，造成长期的环境影响。

污染物流失扩散，源于城市垃圾的物理、化学和生物性质不稳定性，在堆存环境中可自发地转化形成污染物。如：垃圾中重金属可能溶出，可降解有机物可能腐烂产生溶解性有机物；上述这些污染物在自然径流的作用下迁移，即可形成对水体和土壤的污染。

挥发性污染物形成，同样源于城市垃圾堆存中自发地转化，其中，最突出的是可降解有机物腐烂产生的致臭物质，臭气是城市垃圾堆的主要识别特征。

衍生致病生物，源于城市垃圾中存在从鼠类到病毒各类有害生物可利用的营养物质，成为这些有害生物理想的栖息地，由有害生物活动成为致病生物的中转站，从而易产生显著的环境卫生危害。

2. 城市垃圾处理与利用过程衍生的环境污染

城市垃圾组成复杂，其处理与利用过程中的转化反应十分复杂，生成组成复

杂的衍生物是其转化过程的基本特征。其处理与利用过程衍生的环境污染主要有：填埋渗滤液、焚烧烟气和灰渣、生物处理臭气及堆肥中的重金属等。

填埋渗滤液是城市垃圾填埋操作主要的衍生污染物，渗滤液主要源于外界和垃圾自身水分进入或在填埋场中释放，使垃圾中的可溶性污染物进入水相，从而形成的液相污染物。

烟气和灰渣是垃圾焚烧处理过程必然的产物，也是主要的二次污染物。烟气污染，包括由垃圾可燃组分转化产生的 SO_2 、 HCl 、 HF 、 NO_x 等气相污染物，及挥发进入烟气的重金属；烟气中高毒性的二恶英类污染物，则主要源于垃圾燃烧气体中存在的碳氢化合物、氧和氯自由基间的合成反应。焚烧（飞）灰（炉）渣是垃圾燃烧的残余物和烟气处理的二次污染物，主要污染物有重金属和吸附的二恶英类污染物。

生物处理臭气，源于垃圾好氧和厌氧降解过程衍生的挥发性组分，其中的低嗅阈物质（如：有机胺、硫醇、硫醚、有机酸等）使垃圾生物处理过程成为臭气的释放源之一。

城市垃圾典型的资源化利用途径，如生活垃圾堆肥处理、建筑垃圾建材加工等，基本不具备分离垃圾中有害物质的功能。堆肥施用于土壤或建材产品成为各种建（构）筑物组成部分后，在自然径流、植物根系等的作用下，其中的污染物均有可能因发生再迁移而形成环境污染。

1.2.2 城市垃圾资源化潜力

城市垃圾资源化潜力由其物料组成决定，各类城市垃圾的可资源化组分和途径均各不相同。

1. 生活垃圾

生活垃圾中可资源化组分可分为两类：一类是工业品残余，主要源于废弃包装物和非耐用消费品；而废弃工业品中的耐用消费品，概念上虽仍然属于生活垃圾，但实际是按大件垃圾或电子电器类垃圾分流管理。废弃包装物和非耐用消费品类垃圾的资源化途径，主要是材料回收，如：废纸再造纸、非金属再（铸造）冶炼、废玻璃再熔成形等；其中品质较低（如严重沾污的纸张）的可燃物可以通过燃烧回收热能。

另一类生活垃圾中的可资源化组分为可降解有机物，主要源于食品残余和园林垃圾等；可降解有机物可通过生物转化回收作土壤改良剂，其中的厌氧发酵途径还可能回收气体燃料（甲烷等）或有机酸、醇等化学原料。

2. 建筑垃圾

建筑垃圾的主要组分，是各种建筑材料残余和废弃岩土。建筑材料残余可通过加工转化为再生建材，如再生混凝土等，而废弃岩土则可作为建筑材料原料或

用于建筑工程的回填材料。

3. 污水处理厂污泥与粪便

污水处理厂污泥与粪便的主要组分均为可降解有机物，其资源化途径与生活垃圾中可降解有机物相似，也可能通过生物转化回收作有机肥料、气体燃料等可利用产物。

1.3 城市垃圾管理体系构成

城市垃圾处理体系可以从两方面进行认识，其一是技术单元构成；其二是管理功能的构成。

1.3.1 技术单元构成

城市垃圾处理技术，由收集、运输和处理 3 个基本环节构成。收集和运输是物流过程，基本的作用是将城市垃圾集中至指定位置；处理是物性转化过程，作用是对城市垃圾进行污染控制或转化利用其资源。不同类别城市垃圾的产生特征各异，上述技术路线 3 个环节的应用形式也有明显差异。

生活垃圾产生源分布分散，收集和运输过程较为复杂，一般需通过收集、运输、转运等多个步骤才能完成生活垃圾的集中；然后，再在一定处理规模的处理设施中完成生活垃圾处理。

建筑垃圾产生于城市的各个建筑工地，同样需要通过运输环节，将建筑垃圾在不同工地间调剂利用，或将建筑垃圾集中至中转处理设施，将建筑垃圾贮存或加工后再运回不同的建筑工地利用。

城市中的粪便通常暂存于居住区或公共厕所的各个化（贮）粪池，需通过专用车辆清运至集中处理设施进行处理。

污水处理厂污泥一般在污水处理厂内处理。一些小型污水处理厂通常没有污泥深度处理设施，污泥在厂内脱水减量后，再运输至集中处理设施进行后续处理。

1.3.2 管理功能构成

城市垃圾管理的目标是控制城市垃圾的污染影响，并尽可能地将其转化为资源进行利用。21 世纪以来，各国均已建立了固体废物全过程的管理方法，城市垃圾管理的目标应分解为源控制、资源化利用、无害化处理和最终处置 4 个层次化的功能环节，按层次优先顺序进行管理。

1. 源控制

源控制指的是通过产生前的干预措施，减少固体废物产生量或（和）降低其

环境危害水平。源控制的措施，包括技术性和非技术性两个方面。

源控制的技术性措施，有生产工艺替代、清洁生产、电子化媒体和商务结算等。对于城市垃圾而言，比较有意义的措施是电子化媒体和商务结算，可以使各种信息的传播和商务文件的交换摆脱纸质媒介，从而大大减少纸类废物的产生（这类废物通常占发达国家生活垃圾量的30%~50%）。

源控制的非技术性措施，包括各种教育和法规手段，主要通过影响人们的消费行为，实现废物的减量，如通过教育提高公众环保意识，少购买和少使用一次性消费品，商场不提供免费购物袋，引导消费者使用可重复使用的购物携带工具等。

2. 资源化利用

资源化利用是城市垃圾产生后的控制措施，指通过各种转化和加工手段，使城市垃圾中的特定组分具备某种使用价值，同时消除其在使用环境中的污染危害，并通过市场或非市场途径实现再利用的过程。城市垃圾资源化利用的措施以技术性为主、非技术性为辅。资源化利用按其技术方法特征，可分为多个层次。

资源化层次一，可称为“产品回用”。这种方法的特征是以废弃产品或部件为对象，仅通过清洁、修补、质量甄别等手段，对废物进行简单处理后，即可将其再次用于新的生产或消费目的。最有代表性的例子，是玻璃饮料瓶的再灌装使用，牛奶、啤酒、可乐瓶的直接回用均已有近百年的历史。

资源化层次二，可称为“材料再生”。这种方法的特征是通过物理和化学的分离、混合和（或）提纯等过程，使废物的构成材料通过纯化和（或）复合等途径，再次用作生产原料。如废纸回收造纸的普遍应用，使我国生活垃圾中的纸类组分远低于同等经济发展水平的国家，也保护了我国稀缺的森林资源。城市垃圾中的主要组分，如金属、玻璃、混凝土和纸类等大宗无机矿物和天然纤维材料，以及聚烃、聚酯和尼龙等不同种类的人工聚合物，均可能通过处理实现材料再生。但是，再生制品和一次材料相比的质量差异，与废物材料种类有很大的相关性。金属、玻璃和纸类的再生制品与一次材料几乎没有质量差异；而混凝土和大部分人工聚合物的再生制品与一次材料相比有明显的质量衰减，只能适用于特定的应用场合。

资源化层次三，可称为“物料转化”。这种方法的特征是通过物理、化学和生物的分、解和聚合等过程，使废物的构成物料转化为具有使用价值的材料或可贮存的能源。生活垃圾中的生物可降解废物，可通过生物降解转化为腐殖肥料（堆肥）；可燃的城市垃圾也可通过无氧或缺氧的热化学分解途径，回收得到不同物态的燃料或有机合成原料等。

资源化层次四，可称为“热能转化”。这种方法适用于可燃或以可燃组分为主的城市垃圾资源化利用，其特征是通过燃烧过程将可燃组分的化学能转化为热

能，再通过热能转化（如热电联供等）过程进行能量利用。普遍应用的生活垃圾焚烧发电（烟气余热锅炉产生蒸汽、蒸汽推动汽轮机发电）即属此类的资源化实践。

资源化利用按技术方法特征进行层次化分级，其依据是资源化的效益差异，即资源化过程的投入与资源化产物的产出之比的不同。一般来说，从层次一至层次四，固体废物资源化的效益递减。

3. 无害化处理

无害化，泛指控制城市垃圾的污染影响。根据无害化实现的原理，城市垃圾无害化方法可为4种类型：（1）分解或替代污染源物质，源头消除污染；（2）转化污染源物质，降低其可迁移性，削减污染源强；（3）集中处置，阻断污染迁移途径，控制其污染影响；（4）控制衍生污染，控制污染源物质分解、转化和净化废物集中处置过程的衍生污染物，保证对城市垃圾污染影响的全面控制。

广义的无害化处理，包含了前述的源控制、资源化利用及最终处置，或与之相互交叉。如：碱性电池采用无汞电解质，可使此类电池由危险性废物转变成一般废物；污水处理厂污泥高温好氧生物降解（堆肥处理），既可以得到腐殖有机肥料（堆肥），也同时使可降解有机物分解稳定，消除了其产生溶解性有机物和臭气污染的可能性；建筑垃圾制建材，可以通过建材基体（matrix）的聚合反应，使垃圾中可能存在的重金属等污染物的可迁移性降低，有助于建筑垃圾无害化，但其资源化利用也使相当数量的重金属随建材产品进入无防护的暴露环境，可能存在一定的环境风险。

而狭义的无害化处理，专指针对城市垃圾中某类污染物的分解或转化，以降低其可迁移性的过程。其中较为典型的是，含高浓度重金属的生活垃圾焚烧飞灰的固化/稳定化（以重金属可浸出量的减少为衡量指标）处理，如：水泥固化（利用水泥凝聚体包裹含重金属废物）、有机磷酸聚合物稳定化（通过所含磷酸根与重金属螯合形成低溶性盐类物质，聚合物链进一步包覆污染物阻碍其溶出）等。

4. 最终处置

最终处置，是特定的城市垃圾无害化处理方法。称为“最终处置”的主要意义在于这类措施不产生二次固体产物，因此是“最终”的处理方式。

在物质不灭的前提下，不产生二次固体产物意味着必须为城市垃圾提供一定的贮存空间；而城市垃圾具有自发转化衍生污染的潜力，这就必然要求对这个空间采取可靠的污染迁移阻断措施。因此，最终处置的技术要点是处置空间和对空间中产生污染物的迁移隔离。

城市垃圾的处置空间仅限于陆地地表，基本的处置方法是填埋。根据城市垃圾及其处理衍生物不同的污染风险，生活垃圾和污水处理厂污泥适合采用卫生填

埋,建筑垃圾适合采用控制填埋,生活垃圾焚烧飞灰一般应采用安全填埋。此外,土地利用可看作地表分散处置技术,适用于原状或经处理后与表土生态相容的城市垃圾,如:生活污水处理厂污泥的土地利用等。

1.4 城市垃圾处理课程的学科特点

城市垃圾处理课程,属于固体废物污染控制与资源化技术学科的一部分,总体上归属于环境工程学科,主要功能是论述城市垃圾类固体废物的污染控制工艺原理和过程设计及运行技术方法。

城市垃圾处理属专业知识高度交叉的应用技术学科,其学科基础包括环境科学、数学、物理、化学、生物等学科的基础知识。而学科的主要方法基础则来源于:化学工程、微生物代谢工程、机械工程和岩土工程;同属环境工程学科的水污染控制、大气污染控制工程、固体废物处理与资源化技术,以及环境科学与工程学科的环境监测、环境管理等,均是城市垃圾处理课程平行交互的学科内容。

思考题与习题

1. 城市垃圾包含哪些主要类别?各个类别的性质有哪些基本的特点?
2. 各类城市垃圾的产生量主要受哪些因素影响?试讨论各类城市垃圾进行源减量的可能性。
3. 城市生活垃圾堆放与处理过程中存在哪些污染途径?试讨论可采取哪些针对性的控制手段?
4. 试具体阐述城市垃圾资源化应遵循怎样的层次原则?
5. 试分析城市垃圾资源化与其污染控制有什么样的关系?