

第1章 基本概念

环境技术是指采用工程原理,对以下内容进行规划、设计、建设和运行:

- 饮用水处理和供水
- 污水处理和水污染控制
- 降水排放和控制
- 固体和有害废物管理
- 空气和噪声污染控制
- 社区环境卫生

满足这些功能的设备或设施,如给水排水管线、泵站、水或污水处理厂,以及固体废物处置场等,构成了社会基础设施主体。这些公共或私人所有的基础设施保障了人类社会正常的发展。

环境技术的工作内容主要包括以下两个基本方面:

1. 保护公众健康,即防止疾病在人群中传播。
2. 保护环境健康,即保护我们周围的自然环境(包括水、土地、空气、植被和野生动物等)的质量。

由于环境条件的质量和人类健康密切相关,因此以上两个基本方面的内容有很大的重叠。实际上,“公众健康”和“环境健康”这两个词在实际中常作为同义词来使用。

公众健康不仅仅是不得病,它是指人类身心健康和生活舒适安宁。我们的环境,如大气、河流、湖泊、森林和草场,以及城镇等,其清洁和美学程度都会对人类的舒适安宁产生直接的影响。而环境卫生,即提高清洁程度是保护公众健康和环境健康的基本需要。

环境技术工作内容通常被认为是土木工程^①(civil engineering)专业内容的一部分,主要涉及环境健康保护方面的规划、设计、建设和设施运行。过去对包含在土木工程领域中的环境技术专业有以下几个不同的称谓:

- 卫生工程
- 公共健康工程
- 污染控制工程
- 环境健康工程

无论专业怎么称呼,环境技术专业的工程技术人员都应该完成其基本的工作内容。

环境技术是多学科专业,它涉及了多个不同的学科。除了包含传统土木工程中的一些学科,如水力学、水文学等以外,还包括了生物学、生态学、地质学、化学等。也正因为涉及学科如此之多,而

^① 有关土木工程介绍可访问美国土木工程师学会网站,<http://www.asce.org>。

使这一专业引人关注且富有挑战性。

在理解和运用环境技术的基本原理时,不是一定要成为上述所有学科的专家。本书经过编排,就是为了那些掌握环境技术相关领域专业内容不多的学生能够高效地学习相关知识。

本章包括公共健康、生态学和地质学基本概念和相关内容的回顾。本书第2章介绍水力学的相关内容。第3章介绍水文学。与水质有关的化学和微生物学的基本概念和相关术语安排在第4章。本书的其他章节涉及环境技术的相关学科,介绍这些学科在环境技术中的应用原理。每一章还列出了相关的网址,通过这些网址学生可以了解其他的相关信息和最新的专业知识。

1.1 环境技术综述

在开始学习构成环境技术的相关学科之前,有必要了解和认识环境技术专业的工作目标、问题和解决问题的方法。

由于专业涉及面广,为了易于介绍,我们构建一个工程项目,它是开发一块土地包括居住中心、商业中心和工业中心的新项目。无论这个项目的所有者是政府还是私人开发商,在这块新的场地上各种场所开始建设之前,都要考虑和解决许多环境方面的问题。通常,项目的所有者要聘请独立的环境咨询公司来从事环境方面的工作。(参见本章的案例研究内容。)

供水

项目开发商和咨询公司要考虑的最初的问题之一是饮用水的供给准备,也即要给新建社区提供清洁、卫生、饮用安全、充足的水,来满足预期的需水量。因此,首先要考虑下面一些问题:

1. 附近是否已经存在公共供水系统,能够引接到开发区并提供良好的供水?
2. 如果附近没有可用的公共供水系统,那么为整个新项目新建一座集中净水处理设施和相应的配水系统是否是最好的选择,还是选用单独的井水供水较好?
3. 如果采用集中净水处理设施,为达到美国联邦政府和项目所在州的饮用水标准,需要选择何种净水处理工艺?(为了去除悬浮物和细菌,以河水 and 湖水为水源水的净水厂比以地下水为水源水的净水厂所需要的处理工艺复杂。)
4. 在确定了处理工艺以后,为确保送到用户的水具有足够的水压和水量,应该怎样对存储、提升和配水管网系统进行最佳的水力设计?

新颁布的加利福尼亚州法律中(于2001年10月起实施)阐明了环境规划的重要性以及新建社区的开发中供水的重要性。该法律强制要求开发商对供给到新开发区的水量是否充足进行论证。这一法律对500家住户以上的城镇有严格的要求:当地的水务部门必须确认水量足以满足包括干旱期在内的至少20年的使用时间。加利福尼亚州是第一个通过这样严格立法的州,它将供水和新项目的开发通过法律联系了起来。

污水处理和水污染的控制

洁净的水被输送到居民家庭和商业场所后,就会产生用过水,即污水,此时需要对污水进行处理。生活污水中包含人类产生的废弃物、洗涤污水以及盥洗水等;如果污水来自工业或商业地区,水中还会含有多种化学物质。污水中含有的微生物还可以传播疾病;并且随着污水所含有的有机物的分解,会导致河湖污染。

因此,对于新建社区,就需要对污水进行处理,防止水污染,以保护公众健康和环境健康。这时,下面的一些问题是必须要考虑的:

1. 附近是否有城市污水系统,该系统是否有能力处理来自新建社区引起的增加水量?

2. 如果附近没有可用的污水系统,那么当地的地质条件是否适合建设就地(on-site)的地理式小型污水处理系统(如化粪池系统等),或者是否需要为整个新建社区新建一座集中式污水处理厂,并将处理出水排入就近水体?

3. 如果需要集中式污水处理,并且处理后排放,那么为防止水污染,污水处理程度为多少?是否采用二级处理,即去除至少85%的可生物降解有机物是否能够满足要求?是否需要一些新的工艺,以使污水处理设施的出水达到联邦或州规定的排放标准,同时满足排放水体水质要求?(一些污水深度处理设施能够去除99%以上的污染物。)

4. 工业污水的水量^①是否是影响污水处理设施建设的重要因素?

5. 是否可能采用某种土地处理方法对污水处理厂的出水进行处理,如污水喷灌处理(spray irrigation),以替代将处理厂出水直接排入水体?

6. 对于污水处理中产生的污泥或生物固体(biosolid),采用什么方法进行处理和处置?

7. 如何合理布置和设计污水收集系统,使得污水在输送至污水处理厂的过程中尽可能不提升或少提升?

降水管理

由于人类居住和其他用途的需要加速了土地开发的步伐,其结果导致因降雨和融雪形成的降水径流的体积和流量增加。发生这一现象的主要原因是道路、公路和其他不透水表面的修建,阻碍了降水向地下进行渗透。地表径流的增加可能会导致径流发生地或者下游地区发生洪水、土壤侵蚀和水污染等问题。所以,在降水管理中,开发商和咨询人员必须考虑下面一些问题:

1. 为防止雨季发生洪水,应该怎样进行最优的降水地面排水系统布置和水力设计?

2. 为避免排水系统发生超负荷或溢流现象,降雨强度和降雨历时应如何选取?

3. 当地的土地开发条例是否要求土地开发之后的径流率小于等于土地开发之前的径流率?

4. 如果有上述条例要求,为降低雨季峰值径流量,保护水质,应该怎样进行最佳管理实践(best management practices,BMP)?

5. 为了尽量减轻由于径流造成的土壤侵蚀,在项目建设中和完成后都需要做哪些准备和安排?

6. 在较旧的污水管道系统中,对于合流制污水管道溢流(combined sewer overflows,CSOs)问题,最好的管理方法是什么?

固体废物和危险废物的管理

新社区的开发或已有社区的扩建,势必导致更多的城市垃圾和工业废物的产生。通常,这些固体废物是由当地市政部门进行收集和处置的,而一些由工业污染源产生的废物可能特别有害,需要通过特殊方法进行处理和处置。

现已表明,公众健康和环境健康与合理的固体废物处理与处置有着明显的相关关系。不合理的垃圾处理与处置,会使得老鼠和苍蝇繁殖,从而导致伤寒和鼠疫等类似疾病的传播。

如果城市垃圾在地面上堆积成山,那么这种不合理的处置方式会使地表水和地下水遭到垃圾渗滤液(leachate)的污染(垃圾渗滤液是垃圾堆放过程中产生的污染性液体,它会从垃圾堆中渗出,进入附近的河流和地下)。另一方面,如果不对垃圾焚烧进行必要的控制,或者控制效率低,焚烧过

^① 译者注:工业污水的水质对污水处理厂的工艺选择和运行影响也非常大。

程产生的污染物会导致严重的空气污染问题。

来自工业生产中的危险废物,如有毒或易燃化学品,必须对它们的储存、收集、转运和最终处置给予特别重视。在美国,由于地下水是全国大约一半人的供水水源,因此要特别保护地下水免受危险废物的污染。近些年来,发现受人工合成有机物污染的供水水井的数量有所增加,这些污染物中很多被认为是可以引发癌症和其他人类疾病。对危险废物的不合理处置会导致污染地下水,其中最常见的是危险废物的非法填埋引起的地下水污染。

在新建社区的开发过程中,与固体废物和危险废物相关的一些常见问题如下:

1. 社区内是否有废物再生利用设施(materials recycling facility, MRF 或 murf)? 在废物储存、收集和再生利用过程中需要进行哪些工作(如,生活垃圾分类是否有必要)?
2. 是否需要废物处理设施(如,垃圾破碎、粉碎、打包、堆肥或焚烧)以减少废物体积并改善处理或处置的性状?
3. 是否有可供新建社区使用的卫生填埋场(sanitary landfill)? 在一个合理的使用期限内,填埋场的处置能力是否能够满足不断增加的废物处置量的要求(尽管在废物的回收利用,以及减量化方面做了大量工作,仍然有一些废物要以环境可靠的方式填埋在地下作为废物的最终处理)?
4. 如果没有已建的卫生填埋场可以使用,那么是否有适合的场地可以用来建设新的卫生填埋场,供新建社区使用?(现代化的卫生填埋场必须严格满足对地形、地质、水文和其他环境条件的要求。)
5. 新建社区内有无商业和工业设施产生的危险废物? 如果有,那么应该怎样收集、转运和处理这些危险废物? 是否有安全土地填埋场(secure landfill)用来处置这些废物? 或者是否必须为此社区建设新的安全土地填埋场?

空气和噪声污染控制

空气污染的来源包括电厂燃料的燃烧、某些工业和制造业的生产过程、机动车辆等。对于机动车辆造成的空气污染,项目开发商可对交通加以控制,以减少这类污染。对于工业产生空气污染,私有企业必须在各个污染产生点处采用合理的空气污染控制技术,来满足联邦政府和州空气污染控制标准。

社区内交通流量的增加势必导致汽车等交通工具的尾气排放量增加。但是,通过对道路和交通流模式进行合理的规划可以将车辆被迫停止(stop-and-go)次数降至最低,从而减少开发区内的空气污染。

通常开发商的咨询公司必须准备环境影响报告书(environmental impact statement, EIS), 报告书中要描述交通规划和预期的空气污染物水平。为了使建设工程能够得到管理部门的批准,要在报告书中注明工程的实施可达到空气质量标准。(除了空气污染外,一份完整的环境影响报告书还应说明与工程项目相关的其他所有环境影响。)

噪声可以认为是一种空气污染物,这种污染物是以“废弃”能量的形式——声音的振动存在的。建设施工过程中会产生噪声污染,这是一种临时的或短期的影响。建设人员应该遵守施工设备使用条件和操作时间,来将这种负面的环境影响降低到最小。而由于交通量的增加所产生的噪声影响却是长期的。噪声污染也是工程咨询方在环境影响报告书中需要说明的环境影响因素之一。

其他环境污染问题的控制

任何土地的开发项目对当地植物和野生动物所带来的潜在影响都是一个不容忽视的环境因素。因为新建住宅和道路而对树林和草场造成的破坏会产生严重的生态问题,特别是在当地存在

稀有和濒临灭绝的物种的情况下,这一问题将更加严重。从短期影响来看,砍伐树木以及在草场上筑路会引起诸如土壤侵蚀和河流沉积等问题。从长期影响看,这些活动会使当地的野生动物迁往别的栖息地(假设附近有适合它们生长的栖息地)。此外,还会导致某些物种在当地完全消失。

在湿地区域(如沼泽等)内进行的人类活动会对环境产生非常严重的破坏。滨海湿地是许多不同的动植物生长的场所,并且湿地环境中丰富的物产对于许多动物的食物链来说是非常重要的环节。当对湿地进行排水、填埋或挖掘以后,将其用于房地产和土地开发项目时,会破坏许多生物的生命循环。由于失去了栖息地和稳定的食物来源,许多物种就可能会消失。此外,湿地在水的过滤、净化和滞洪等方面也起着重要的作用。因此,目前有必要严格限制在湿地环境中进行的建筑施工活动,并且在全国范围实施湿地保护计划。

与新建社区环境卫生相关的环境问题,还包括食物和饮料的保护、害虫和老鼠的控制、辐射的健康防护、工业生产中环境保健和职业安全,以及娱乐设施的卫生,如公共游泳池的清洁卫生等。这些环境问题通常是由当地的卫生部门负责。

案例研究^① 规划社区(master-planned community)的开发

Anthem 社区公园,是亚利桑那州马里科帕县(Maricopa)最大的规划社区之一,位于菲尼克斯城(Phoenix)以北,开发面积约 2400 hm^2 (5800 acre)。^② 区域内包括 14 000 套住宅单元和 240 hm^2 (600 acre)的综合商业用途场所。2001 年社区人口为 2500 人,预计社区人口在 10 年内会达到最终设计人口数量——30 000 居民。

Anthem 社区现在仍然处于发展期,现有的和已规划的内容包括:几座学校、一个社区活动中心、两块高尔夫球场、一个水景公园、单户和多户住宅以及综合商业用途场所。在 Anthem 社区的规划过程中开发商考虑了各种各样的环境影响因素,所以这个社区可以作为项目开发的一个很好的例子。本案例研究主要集中在供水和污水系统方面。

作为工程规划的一部分,开发商聘请工程咨询公司构建了 Anthem 社区的供水和污水系统计算机模型。构建计算机模型的最初目的是确定社区内所有基础设施的设计参数和建设阶段。不过,模型除了可以作为规划工具外,还可以根据社区当前的建设情况,对现有的供水和污水系统进行维护、运行和调整。计算机模型软件能够用来分析现有的供水系统(由 550 多条管道组成),预测未来系统的特点,并且设计更为有效的管道布置,来满足 Anthem 社区临时和未来的需要。(相关计算机软件使用方法,可以参见本书后面章节的介绍。)

发展中的 Anthem 社区必须达到亚利桑那州水资源部的相关规定,规定要求所有的新开发社区都要使用地表水进行供水,并且要确保能够满足 100 年的供水需要。由于 Anthem 社区所在区——菲尼克斯区域的地下水已经超采,所以地下水不可作为单一的供水水源。虽然可以使用供水井,但抽取的地下水水量必须小于或等于地下水的补给量(有关地下水、地表水和供水井的内容详见第 3 章)。由于在 Anthem 没有永久的地表水水源,因此需要开发商通过长距离输水的方式来满足今后 100 年的用水需要,输水水源为位于亚利桑那中央运河上的 Pleasant 湖。由亚利桑那中央运河输送至 Anthem 社区的输水管为长度 13 多千米(8 mile)的球墨铸铁管,管径为 750 mm(30 in)。^③ (有关水的输送和配水内容详见第 7 章。)

由于社区位于两个不同的行政管辖区内,使得此项供水工作比较复杂。社区的西部属菲尼克

① 案例引自 Public Works Journal Corporation 2001 年 6 月出版的 Public Works 杂志。

② $1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$, $1 \text{ acre} = 4046.856 \text{ m}^2$ 。

③ $1 \text{ mile} = 5280 \text{ ft} = 1609.344 \text{ m}$, $1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$ 。

斯城管辖,东部属马里科帕县管辖。而每一个行政辖区针对规划和设计都有不同的要求。因此 Anthem 社区内供水和污水设施的设计必须同时满足这两个行政辖区的设计要求。

社区内需要的消防流量根据建筑物功能的不同而有所不同;居住区要求的消防流量为 1500 gal/min(gpm),所有商业区域要求的消防流量为 3000 gal/min。^①

在供水配水系统中,最大和最小水压也是变化的。这两个变量以及其他的变量都会用在系统的计算机模型中,通过计算机模型对系统进行分析来确保在所有的需水情景中,管道内的水压都能够维持在最大水压和最小水压之间,同时确保管道内水流速度不会超过最大允许水流速度。模型可以针对平均日需水量、最高日需水量和峰值时需水量等不同条件进行管网分析,还可以针对不同的消防流量条件进行供水管网分析。这种通过一个水力模型就能够对许多变量和情景进行分析的能力正是计算机软件的优势所在。(这里所说的情景是指模型在给定的一系列需水要求和系统运行条件下所进行的模拟情况。各种需水要求和系统运行条件都是以变量数据集的形式被存储在计算机中,而变量数据集可以在各种情景中使用。)

社区内产生的污水首先会被收集、处理,经过处理的出水可以被再次利用,包括灌溉路边草坪、社区公园、高尔夫球场等环境景观。污水的处理工艺包括转鼓式格栅、生物净化和过滤等(有关污水处理的内容参见第 10 章)。污水处理出水除了用于灌溉以外,一部分还会通过回灌渠系统回灌到地下含水层。在工程初期,回用的处理出水水量并不能满足灌溉需要,所以购买了亚利桑那中央运河的水来弥补灌溉水量的不足,同时将部分购买水储存在回灌设施中,以备应急使用。通过自动无线测量系统可以对饮用水、污水、污水处理出水、来自亚利桑那中央运河的原水进行管理,以优化该规划社区的污水回用。

环境因素的相互关系

在前面的环境技术综述中,我们已经简要分析了许多环境因素,这些因素之间相互联系,并部分重叠,如图 1.1 所示。在教材中,需要将这些因素以章节的形式组织起来。但是,这样做只是为了专业叙述的方便。我们应该牢牢记住这些因素之间的内在联系,水污染、土壤污染以及空气污染都是环境问题的组成部分。

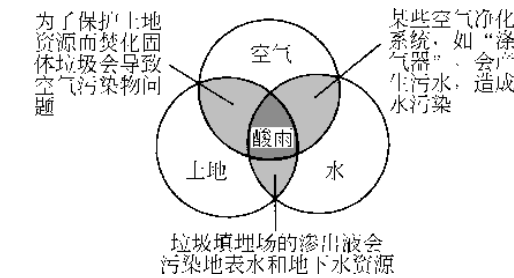


图 1.1 大部分空气、水和土壤的环境问题都是有联系的。例如,酸雨是空气污染所引起的,而酸雨会破坏水、陆地生态系统。

有时,由于没有考虑环境因素的相互联系,常常解决了一个环境问题,反而又产生了另一个环境问题。例如,在 20 世纪 70 年代中期,采用催化转化的方法减少了由于汽车尾气产生的烟雾污染,却发现产生了另一种空气污染问题——全球变暖(即温室效应)。催化转化能够产生大量的一氧化二氮(俗称“笑气”),它吸收热能并加热大气层。(有关温室效应和大气层变暖的内容详见 13.4 节全球大气污染。)

另一个例子是关于一些城市的地下水和地表水受到甲基叔丁基醚(methyl tertiary butyl ether, MTBE)污染。MTBE 是一种有机物,可以加到汽油中来减少汽油燃烧所产生的空气污染。作为添加剂,MTBE 能够提高汽油的辛烷值,有助于减少空气中一氧化碳和臭氧的浓度,这一方法早在 20 世纪 90 年代就开始使用。但是,MTBE 能够污染水源,大多是由于地下储油罐漏油以及

① 1 gal(美)=231 in³=3.785 412 dm³。

湖泊和水库中使用的摩托艇造成的。它能使水的口感变差,嗅味增加,而且 MTBE 也是一种致癌物质(carcinogen)。目前正在研究 MTBE 对人体健康不利影响的机理,以及从受污染的水源中去除 MTBE 的有效方法。

随着人类对环境因素之间相互影响认识的增加,工程师和技术人员会创造出更多的污染控制方法,这些方法不会对环境中的其他组成造成任何不可预见的影响,同时避免了前面所提到的一些情况的发生。

1.2 公共健康

防治疾病扩散、保护公众健康是环境技术的基本目标之一。当然,保护公众健康是医生和其他医务工作者主要关心的事情。但工程技术在保护公共健康方面也发挥着重要的作用。实际情况表明,美国和其他发达国家市民高标准的健康水平主要源于现代化的净水和污染控制系统的建设和运行。在一些国家,由于环境卫生设施不足,疾病的传播成为影响数百万人生活的主要问题。

疾病可以分为两大类,即传染性疾病(communicable disease)^①和非传染性疾病(noninfectious disease)。传染性疾病是指在人群中可以传播的疾病,这些疾病通常具有传染性(infectious 或 contagious)。非传染性疾病,顾名思义,疾病不具传染性,任何途径都无法使疾病在人群中传播。与环境技术有关的非传染性疾病都和污染的水或食物有联系。污染物通常是来自工业污染源的有毒化学品,当然生物毒素也能够引起一些疾病。

传染性疾病

传染性疾病常常是由微生物引起的。这些微生物包括细菌、原生动物和病毒(参见 4.4 节)。多数微生物是环境的基本组成要素,并不引起疾病。我们将引起疾病的微生物称为致病微生物,或简称病原体。

不同传染性疾病在人群中的传染途径很不相同,疾病的传染途径归纳在图 1.2 中。区分疾病的不同传染途径对于采用适用性的方法进行控制十分重要。疾病的直接传染是指易感患者通过与病原体携带者(如,得传染病的人)直接接触后,传染得病的过程。显然,这种疾病传染途径的控制不属于环境技术的工作范畴,它是个人卫生和医疗行业(提供免疫并对传染病人进行隔离)要做的工作。

环境技术可以用来切断间接接触传染性疾病的许多传染途径。三种间接传染途径是空气传染(airborne)、病媒传染(vector-borne)和媒介物传染(vehicle-borne)。

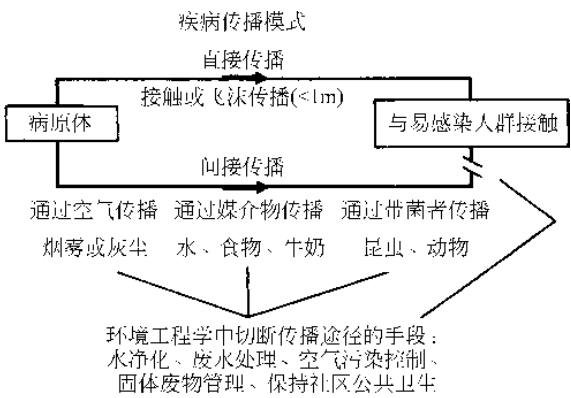


图 1.2 传染性疾病可以通过一些途径进行传播,应用现代环境技术可以控制许多传播途径。

① 译者注:我国传染病防治法规定管理的传染病分为甲类、乙类和丙类。甲类传染病是指:鼠疫、霍乱。乙类传染病是指:病毒性肝炎、细菌性和阿米巴性痢疾、伤寒和副伤寒、艾滋病、淋病、梅毒、脊髓灰质炎、麻疹、百日咳、白喉、流行性脑脊髓膜炎、猩红热、流行性出血热、狂犬病、钩端螺旋体病、布鲁氏菌病、炭疽、流行性和地方性斑疹伤寒、流行性乙型脑炎、黑热病、疟疾、登革热。丙类传染病是指:肺结核、血吸虫病、丝虫病、包虫病、麻风病、流行性感冒、流行性腮腺炎、风疹、新生儿破伤风、急性出血性结膜炎,除霍乱、痢疾、伤寒和副伤寒以外的感染性腹泻病。