

Environmental Geological Problems and Countermeasures in the Course of Urbanization

Cen Wang

Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan Hubei
Email: wangcen027@163.com

Received: Jun. 15th, 2015; accepted: Jul. 10th, 2015; published: Jul. 13th, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

As an important component of urban natural environment, the geological environment must be attracted considerable attention. However, accompanying with the large scale urban construction, underground resources exploitation, urban industry and waste contamination caused destruction of geological environment. In this paper, based on summarizing up the geological environmental conditions of the urban planning area, environmental geological problems are analyzed. The main status quo of environmental geological problems and their hazards are respectively discussed. The countermeasures and suggestions for prominent environmental geological problems in each urban planning area are also put forward.

Keywords

Urbanization, Environmental Geological Problems, Countermeasures

城市化过程引起的环境地质问题及其防治对策

王 岑

中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北 武汉
Email: wangcen027@163.com

收稿日期: 2015年6月15日; 录用日期: 2015年7月10日; 发布日期: 2015年7月13日

摘要

作为城市自然环境的一大重要组成部分，地质环境是必须得到高度重视的。但伴随着城市大规模建设，城市地下资源开发、城市工业和生活垃圾污染等方面引起了地质环境的破坏。本文在归纳城市规划区地质环境条件的基础上，进行了环境地质问题分析，论述了城市各功能区内的主要环境地质问题现状及其危害，并针对每个分区突出的环境地质问题提出了科学的防治对策和建议。

关键词

城市化，环境地质问题，防治对策

1. 引言

随着中国城镇化发展的脚步越来越快，城市经济的繁荣也伴随着环境污染的剧痛，不断涌现的土地资源枯竭、水资源紧缺、全球变暖、工业垃圾、生活污染等问题逐渐地发展成为全国性和全球性的环境治理难题[1]。从地质学与力学的角度看，城市的大规模建设，等同于城市对地质环境施加规模和强度不断增大的荷载。因此，分析城市规划区内的环境地质问题现状及危害性，并提出切实可行的防治对策，对规划区内城市建设具有十分重要的现实意义。

2. 主要环境地质问题及其危害

2.1. 地表水和地下水污染

在全国重工业城市，工业废水、生活污水、废渣废物、化学用水未经环保标准的处理和任何加工，就直接倾倒入重要的江河及其支流的地面河水当中，导致江河水质严重污染，其中生化耗氧量、氨氮及亚硝酸盐氮超标。工业排污和生活排污导致地表水常年处于污染严重的状态，不仅不能解决人们的正常生活用水和灌溉，而且还导致生态环境失衡，大量的癌症等疾病的发生[2]，日趋恶化的生态问题严重影响当代及子孙后代的环境和生活。地表水体的污染和城市生活污水、工业废水的下渗必然导致地下水的污染，污染类型属细菌污染，并有日趋加剧之势。矿区及城市人民用水越来越困难。

2.2. 边坡不稳定

位于多边坡的城市，根据力学原理来看，沿沟坡等地建设的建筑物逐渐增多导致压力失衡，尤其是在纵向沟谷中坡向与层面和裂隙结构面倾向一致的高陡边坡(坡度多在 45° 以上)，加上地下水和城市内涝滋生灾害的发生等外力作用，很容易导致滑坡和边坡失衡的现象发生，严重威胁生命和财产房屋的安全。

2.3. 砂土液化

浅埋于某些地区的二、三级阶地粘性土与卵石层之间的饱和粉细砂层，结构松散，液化砂土对建筑物和路基等承重量大的外来作用力威胁巨大，在地质等外力作用下可直接导致建筑物坍塌和路基失衡的状况[3]，对安全和生命财产造成巨大影响。

2.4. 采空区造成地面开裂、地面塌陷

主要发生在以坑采为主的矿山。由于采空区跨度大，保安矿柱难以支撑，导致采空区顶板变形、冒落，地面出现拉裂缝。矿区地面开裂和塌陷破坏地面居民房屋、土地和工程设施安危并涉及坑内采矿工

人的生命安全。

2.5. 矿渣堆积污染水土环境

因严重开采导致的矿区污染已经成为当今重要的污染源之一。矿区的水质因常年遭受工业排放已经不能饮用和灌溉。矿区周边的农业用地因矿渣的随意堆放已经逐渐缩小，没有足够的耕地可用。矿区内的严重开采常常会导致塌方和瓦斯爆炸事故，山体的稳定性因为内部亏空常年不稳。矿区及周边地区居民的人身安全和财产安全随时遭受着考验。

2.6. 水土流失

某些城市水土流失中强度区，全市水土流失面积有时高达占总面积的 59.57%，但森林覆盖率小于 10%，客观地质背景和人类工程活动剧烈，导致水土流失严重。严重的水土流失，破坏自然资源和生态平衡，集中表现在农业生态系统的失调。由于水土流失，破坏土地资源，降低土壤肥力，使土层变薄，缩小耕地面积，造成农业减产，使得蓄水减少，旱洪加剧，洪涝灾害频率增高，灾害加重，同时使水利工程淤毁，降低灌溉和防洪效益，缩短水利工程使用寿命，亩平均用水量降低，大面积抗旱能力减弱，给农业经济发展带来巨大障碍。

2.7. 土壤污染

工业用水、城市污水、农田用水的污染还直接导致了土壤污染的逐渐加重，土壤的自净能力逐年降低，这种污染因隐蔽性强没有遭到人们的重视，但是它已经成为越来越不可忽视的污染之一。根据国务院决定，2005 年 4 月至 2013 年 12 月，我国开展了首次全国土壤污染状况调查。调查范围为中华人民共和国境内(未含香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区)的陆地国土，调查点位覆盖全部耕地，部分林地、草地、未利用地和建设用地，实际调查面积约 630 万平方公里。调查结果显示全国土壤环境状况总体不容乐观，部分地区土壤污染较重，耕地土壤环境质量堪忧，工矿业废弃地土壤环境问题突出。工矿业、农业等人为活动以及土壤环境背景值高是造成土壤污染或超标的主要原因[4] (表 1~3)。

全国土壤总的超标率为 16.1%，其中轻微、轻度、中度和重度污染点位比例分别为 11.2%、2.3%、1.5% 和 1.1%。污染类型以无机型为主，有机型次之，复合型污染比重较小，无机污染物超标点位占全部超标点位的 82.8%。

Table 1. Inorganic pollutants beyond-standard situation
表 1. 无机污染物超标情况

| 污染物类型 | 点位超标率(%) | 不同程度污染点位比例(%) | | | |
|-------|----------|---------------|------|------|------|
| | | 轻微 | 轻度 | 中度 | 重度 |
| 镉 | 7.0 | 5.2 | 0.8 | 0.5 | 0.5 |
| 汞 | 1.6 | 1.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 砷 | 2.7 | 2.0 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |
| 铜 | 2.1 | 1.6 | 0.3 | 0.15 | 0.05 |
| 铅 | 1.5 | 1.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 铬 | 1.1 | 0.9 | 0.15 | 0.04 | 0.01 |
| 锌 | 0.9 | 0.75 | 0.08 | 0.05 | 0.02 |
| 镍 | 4.8 | 3.9 | 0.5 | 0.3 | 0.1 |

Table 2. Organic pollutants beyond-standard situation

表 2. 有机污染物超标情况

| 污染物类型 | 点位超标率(%) | 不同程度污染点位比例(%) | | | |
|-------|----------|---------------|-----|------|------|
| | | 轻微 | 轻度 | 中度 | 重度 |
| 六六六 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.06 | 0.04 |
| 滴滴涕 | 1.9 | 1.1 | 0.3 | 0.25 | 0.25 |
| 多环芳烃 | 1.4 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

Table 3. Environmental quality state of different landuse types

表 3. 不同土地利用类型土壤的环境质量状况

| 污染物类型 | 点位超标率(%) | 不同程度污染点位比例(%) | | | | 主要污染物 |
|-------|----------|---------------|-----|-----|-----|----------------------|
| | | 轻微 | 轻度 | 中度 | 重度 | |
| 耕地 | 19.4 | 13.7 | 2.8 | 1.8 | 1.1 | 镉、镍、铜、砷、汞、铅、滴滴涕和多环芳烃 |
| 林地 | 10.0 | 5.9 | 1.6 | 1.2 | 1.3 | 砷、镉、六六六和滴滴涕 |
| 草地 | 10.4 | 7.6 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 镍、镉和砷 |
| 未利用地 | 11.4 | 8.4 | 1.1 | 0.9 | 1.0 | 镍和镉 |

从污染分布情况看，南方土壤污染重于北方；长江三角洲、珠江三角洲、东北老工业基地等部分地区土壤污染问题较为突出，西南、中南地区土壤重金属超标范围较大；镉、汞、砷、铅 4 种无机污染物含量分布呈现从西北到东南、从东北到西南方向逐渐升高的态势。

典型地块及其周边土壤污染状况：

1) 重污染企业用地：在 690 家重污染企业用地及周边的 5846 个土壤点位中，超标点位占 36.3%，主要涉及黑色金属、有色金属、皮革制品、造纸、石油煤炭、化工医药、化纤橡塑、矿物制品、金属制品、电力等行业。

2) 工业废弃地：在调查的 81 块工业废弃地的 775 个土壤点位中，超标点位占 34.9%，主要污染物为镉、汞、铅、铬、砷和多环芳烃，主要涉及化工业、矿业、冶金业等行业。

3) 工业园区：在调查的 146 家工业园区的 2523 个土壤点位中，超标点位占 29.4%。其中金属冶炼类工业园区及其周边土壤主要污染物为镉、铅、铜、砷和锌，化工类园区及周边土壤的主要污染物为多环芳烃。

4) 固体废物集中处理处置场地：在调查的 188 处固体废物处理处置场地的 1351 个土壤点位中，超标点位占 21.3%，以无机污染为主，垃圾焚烧和填埋场有机污染严重。

5) 采油区：在 13 个采油区的 494 个土壤点位中，超标点位占 23.6%，主要污染物为石油烃和多环芳烃。

6) 采矿区：在调查的 70 个矿区的 1672 个土壤点位中，超标点位占 33.4%，主要污染物为镉、铅、砷和多环芳烃。有色金属矿区周边土壤镉、砷、铅等污染较为严重。

7) 污水灌溉区：在调查的 55 个污水灌溉区中，有 39 个存在土壤污染。在 1378 个土壤点位中，超标点位占 26.4%，主要污染物为镉、砷和多环芳烃。

8) 干线公路两侧：在调查的 267 条干线公路两侧的 1578 个土壤点位中，超标点位占 20.3%，主要污染物为铅、锌、砷和多环芳烃，一般集中在公路两侧 150 米范围内。

3. 环境地质问题的防治对策

3.1. 地表水和地下水污染的防治对策

3.1.1. 合理开发利用有限的地下水资源

从可持续发展的角度出发。有计划有组织地开发利用地下水、保护地下水资源、遏制过度开采地下水、减少地下水位下降幅度，有效防止地面沉降和咸水倒灌等灾害的发生。在开发利用过程中做到采补平衡，严格控制地下水开采量的同时，还应采取多种措施加大对地下水的回灌补给，但一定要保证回灌水的水质。

3.1.2. 加强地下水保护宣传力度、提高公众环境意识

严格贯彻执行有关地下水保护的法律法规。本着“谁污染谁治理”的原则，加强执法力度和宣传力度，使每个人都能准确地理解我们的行为会给地下水水质造成了什么影响。

3.1.3. 做好地下水水质监测工作

建立并完善水质监测站网，迅速补充和完善地下监测井网，逐步建立和完善水环境监测体系。设立地下水观测井，建立地下水动态监测与分析预测系统。对污染严重的区域进行重点监测，系统掌握区域地表水、地下水水质的污染发展变化及动态特征。

3.1.4. 开展地下水环境脆弱性调查评价

进行地下水环境脆弱性评价，并编制评价图册。脆弱性调查评价作用主要体现在以下两个方面：1) 可以为决策、管理人员和规划、设计人员提供有关地区地下水环境的条件。指导工程选址、选线，也将对地下水水质监测起指导作用。2) 对于脆弱性高的地区，可以加强监测。这样使得监测网的布设更为科学和合理，避免人力、物力的分散和浪费。

3.1.5. 加强污染源控制

首先应了解现存污染源的渗漏污染情况，分清各种污染物的具体来源(工业、矿业、交通、垃圾填埋、农业等)及其污染途径[5]。从而采取相应的减少污染来源的措施。对污染物实行分类、分级管理。

3.2. 不稳定边坡的防治措施

3.2.1. 防渗与排水

为了防止大气降水向岩体中渗透，一般是在滑坡体外围布置排水沟槽，以截断流至滑坡体上的水流。大的滑坡体尚应在其上布置一些排水沟，同时要整平坡面，防止有积水的坑洼，以利降水迅速排走。对已渗入滑坡体的水，原则上应尽快排除。通常是采用地下排水廊道，利用它可截住渗透的水流或将滑坡体中的积水排出滑坡体以外。

3.2.2. 削坡、减重和反压

削坡是将陡倾的边坡上部的岩体挖除，一部分使边坡变缓，同时也可使滑体重量减轻，以达到稳定的目的。削减下来的土石，可填在坡脚，起反压作用，更有利于稳定。

3.2.3. 锚固措施

有锚杆(或锚索)和混凝土锚固桩两种类型的措施，其原理都是提高岩体抗滑(或抗倾倒)能力。预应力钢索或钢杆锚固不稳定岩体的办法，适用于加固岩体边坡和不稳定岩块[6]。其做法是先在不稳定岩体上布置若干钻孔，打穿至滑动面以下的坚固稳定的岩层中，然后在孔中放入钢索或钢杆，将下端固定，上端拉紧。上端一般用混凝土墩、混凝土梁或配合以挡墙将其固定。锚固桩(或称抗滑桩)适用于浅层或中厚

层的滑坡体。它是在滑坡体的中、下部开挖竖井或大口径钻孔，然后浇灌钢筋混凝土而成。

3.2.4. 其他防治措施

如混凝土护面、灌浆及改善滑动带岩土的内力学性质等措施。

3.3. 砂土液化的防治措施

减轻液化造成损害的措施可分为两类：1) 砂土改良措施——通过改良砂土的性质，加强土的抗液化能力，积极预防砂土液化的生产和发展。2) 结构改良措施——对没有进行地基处理(或未达到预定效果)的液化地基，通过加强结构的抗液化能力，预防结构破坏。

3.4. 采空区地面开裂、地面塌陷的综合治理措施

1) 对采空塌陷区进行土地平整恢复种植，积水洼地采用挖深垫浅、充填煤矸石再覆盖种植层等。2) 对于采空塌陷地裂缝可采用尾矿石回填、灌注浆法等。3) 利用塌陷区建立水产区，积极发展养殖业。4) 采矿过程中使用“减塌技术和措施”，减少矿区的塌陷范围、塌陷幅度，减缓塌陷的时间进程，减轻塌陷的危害程度[7]。5) 在大面积塌陷和已发生地动的地区，在其影响因素未消除之前，要加强监测。6) 重大建设工程选址时，如经过矿区，要查清采空区、塌陷区的分布范围及稳定性，并做好防治工作。目前，可采用物探手段直观清晰地反映出采空区、塌陷区的分布范围、埋藏深度及采空区顶板岩层的变形情况。7) 在采取塌陷区土地复垦和生态恢复措施后，还需要采取生物措施对水土保持体系进行完善。生物措施主要包括塌陷区复垦后农田防护林网的建设，以达到在恢复农田植被覆盖率的同时降低风速、保护农作物的目的。

3.5. 矿山固体废弃物的处理

3.5.1. 堆置处理堆置

就是将固体废弃物直接堆放到预先划定并作好准备的场地上。选择场地应遵循：① 保护地下水水质，防止地下水因受废石堆排放的浸滤水的影响而变质[8]；② 保护地表水，防止地表水因废石堆风化淋蚀而增加泥沙负荷和溶解固体负荷；③ 防止风蚀；④ 保证人类安全，防止洪水或地震造成灾害。因此选择场地必需对地形、水文地质情况、地震情况、水文情况、大气情况等进行了综合考虑。尾矿堆存要求更特殊，尾矿坝基础材料要有足够的强度，还应具有良好的不透水性。目前尾矿坝堆放有两种较好的方法：① 尾矿半干堆垛；② 粗细残渣的共处置。把固体废物堆放在堆放场后，可向固体废物堆表层覆盖石块、泥土，种植植物或对其表层进行化学处理，以使固体废物堆稳定，减少二次污染[9]。

3.5.2. 复垦处理

复垦处理一般步骤如下：

表土采掘→表土储存→回填整平→铺垫表土→复垦种植

固体废弃物现在较为先进的复垦技术是开采与复垦紧密结合。如德国弗兰格尼亚石膏矿床开采过程中就采用大型轮胎式装岩机处理粘土质覆盖物，其运距较短，并能将剥离物及母土就近回填。复垦后的土地可用于农、林、牧、渔及修建公共设施等。

3.5.3. 填埋处理

填埋处理较为典型的例子是用煤矸石填充采空区。把尾矿砂与水泥混合，作井下胶填充物也是一种好方法。对有毒固体废弃物的填埋要采取安全填埋法，要考虑废物的预处理、地下水保护系统、场地及地表水控制管理等。

3.6. 水土流失的防治

3.6.1. 生物措施

植树造林, 增加国土的植被覆盖率, 是保护环境与避免水土流失的重要途径。又可以拦蓄雨水, 达到减轻或防止水土流失, 促进以林保土、以土蓄水、以水养林的农业小循环向良性方向发展。市境内丘陵、低山区应是生态环境建设的重点地区。

3.6.2. 工程措施

通过搞好农田基本建设, 改土改田、改顺坡耕种为横坡带种植、等高开沟种植, 因地制宜布局一些拦砂堰、排水沟、蓄水池和沉砂函等工程, 拦截地表径流和泥砂, 减少坡面冲刷, 防止水土流失。重视农田水利建设, 东部红层丘陵区, 在适宜地段可多建库、堰(塘)等蓄水工程, 并充分开发利用地下水, 综合利用水资源, 缓解水资源供需不足的矛盾, 配合生态措施, 加快生态环境的良性循环。

3.7. 土壤污染防治措施

土壤污染的防治应从两个方面考虑和采取措施, 即加强管理, 防止土壤被污染或继续污染和对已被污染的土壤采取防治措施。

3.7.1. 加强环境管理, 做好土壤污染的预防工作

1) 控制和消除工业“三废”的排放。工业“三废”即废气、废水、废渣, 都会通过各种渠道进入土壤, 是导致土壤污染的一个主要方面。

2) 控制化学农药的使用。化学农药对土壤、农作物、土壤微生物都有较大的毒害作用, 残留期长, 通过挥发、淋溶能够进入大气和水环境,

并且最终会危害人类的健康。因此, 控制或取缔化学农药的使用是防止土壤污染的一种重要手段。

3) 合理施用化学肥料。在农业生产中, 应根据气候、水利条件、土壤肥力状况、农作物营养状况, 合理施用化学肥料, 选择最佳用量和方法, 防止过量和不当方法施肥, 导致化学肥料过剩造成的转化而成为污染物质, 污染土壤和大气、水等环境。

4) 加强对污染区域的监测和管理。监测是管理和控制污染的基础和先决条件, 由于土壤污染具有反应慢、隐蔽性等特点, 因此, 对污染区域进行适时有针对性的监测对土壤污染的控制与管理具有十分重要的意义和作用。另外, 只有加强对污染源的有效管理, 才能从根本上控制土壤的污染。加强对土壤环境、农作物的监测分析, 还能为控制化学农药的作用, 合理施用化学肥料这一方面的管理提供科学的依据。

3.7.2. 防治土壤污染的措施

1) 生物防治: 利用生物降解消除污染物质。如红酵母可以分解聚氯联苯; 栽种非食用性食物, 如羊齿类植物铁角蕨属能吸收土壤中 10% 的铬。

2) 施加抑制剂: 对轻度污染的土壤, 石灰、石灰性物质、碱性物质如磷酸盐等, 有利于降低重金属的毒性, 如 $\text{Cr}_4^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{CrPO}_4$ 等难溶性物质, 从而消除重金属对土壤环境的污染。

3) 增施有机肥: 有机肥料中的有机质不仅能增强土壤肥力, 而且其络合力量, 可以增加土壤对农药、重金属的吸附, 能起到净化土壤的功效。

4) 加强对农用土壤的管理, 条件允许情况下可以水旱轮作, 水旱轮作可以改变土壤的 pH 值和氧化还原电位, 改变重金属的转化和吸收及其它有毒物质的降解速度。如在淹水条件下 Cu、Pr、Zn 可形成硫化物沉淀; As 在 pH 值、氧化还原电位降低的情况下, 可溶性增加等。通过土壤的这些特性, 采取相应措施, 即可以降低土壤的污染程度[10]。

5) 客土深翻: 如果土壤严重污染时, 可以彻底换土, 利用深翻来降低污染程度。

4. 人类工程活动引发的环境地质问题的防治

4.1. 加强地质环境管理和环境保护

1) 严格控制排污, 对厂、矿企业实行限期排污达标制度。进行环保测评和定期验收, 对一些效益差污染严重的厂矿企业进行强制关停措施。设立污水综合治理中心, 将城市地下污水进行综合治理, 将其改造成符合环境标准的正常用水之后再循环灌溉农田。城市中所有的超标汽车要限制出行, 开罚单严格制止其在城市中超标排放汽车尾气。建设城市垃圾综合治理和清理中心, 集中将城市工业垃圾和生活垃圾进行环保整治和处理。发起全民卫生和爱护环境的宣传片, 提高全民爱护环境的意识。

2) 矿产资源的合理开采, 以整顿小型芒硝矿和煤矿为重点。对于污染严重、开采过度、危害人民生命财产的煤矿要及时予以撤掉和关闭。对大型的国营矿厂要投入资金和环保力度, 严格按照环保标准排污, 还原生态环境, 组建生态廊道, 打造生态系统网络和网格化管理, 专人负责, 专人督办。

3) 工业、城镇、交通建设选址(线)首先进行可行性的评估, 灾害危险区要坚决避开, 请各方面的专家进行综合评估之后才能进行工程的开工和建设。重要的工程无法避开的时候, 要进行必要的防护措施, 确保环境和人民生命财产的安全。

4.2. 重视工程前期地质环境勘察评价

1) 工程前期的地质环境勘察应成为重大项目的前期工作之一列入工程常态当中, 成为必要条件之一[11]。工程的前期勘察主要是防止环境地质问题的发生, 为项目的进展做综合的评估和调查研究, 对项目中的环境问题提出可行性建议和预防办法, 对后期的环境综合保障进行有效的监控和综合治理意见。将环境保护和项目的经济效益放在同等重要的位置上来进行考评和商议。

2) 工程后期或者在完工之后, 一旦发生地质灾害, 要及时地进行清理和治理, 防止更大的次生灾害的发生。对未来可能发生的库渠渗漏、坝基不稳、航道险滩等环境问题进行综合治理, 预防更大的地质灾害的发生。

4.3. 建立监测和防治系统

环境问题是一个复杂的慢性污染过程, 所以要建立有效的检测和防止系统, 建立健全动态预防体系, 从上级监管部门到基层部门都要对环境问题保持高度的重视, 在进行商业活动和项目开发时, 首先要进行环境评测, 确保不危害环境卫生和公共卫生。对于已经污染的部门和个人要进行罚款和民事责任等赔偿, 停业整顿和及时防护密切结合, 环境保护和经济效益不能顾此失彼。

5. 结语

城市环境地质问题, 制约了全市经济可持续发展的步伐, 也为此而付出了巨大的代价。这些环境地质问题均可通过有效的防治措施, 避免、减轻发生或得以根治。建议各级政府部门重视环境地质问题所造成的危害, 加强对地质环境的合理利用和保护, 针对目前比较突出的环境地质问题, 采用多种措施分步骤、分区域、有重点地改善环境质量。在城市建设与规划中, 要根据环境工程地质情况而开展建设, 科学的控制城市建设规模与速度, 协调、维持好自然环境与城市建设间的关系。

参考文献 (References)

- [1] Fang, C.L. and Lin, X.Q. (2009) The eco-environmental guarantee for China's urbanization process. *Journal of Geographical Science*, **19**, 95-106.

- [2] 张世秋 (2011) 环境与健康. 社会科学文献出版社, 北京.
- [3] 王开亮 (2013) 浅谈城市建设中的环境工程地质问题. *能源与节能*, **4**, 71-72.
- [4] 全国土壤污染状况调查公报 (2014) 环境保护部、国土资源部.
- [5] 黄富民, 朱建国, 黄咏洲, 等 (2010) 区域安全供水与流域污水治理研究——以江苏省城乡安全供水与流域污水治理规划实践为例. *城市规划*, **10**, 84-87.
- [6] 刘传正 (2010) 地质灾害勘查指南. 地质出版社, 北京.
- [7] 武强, 金玉洁, 李德安 (2013) 华北型煤田矿床水文地质类型划分及其在突水灾害中的意义. *中国地质灾害与防治学报*, **9**, 123-124.
- [8] 刘启仁 (2008) 中国固体矿床的水文地质特征与勘探评价方法. 石油工业出版社, 北京.
- [9] 蒋建国 (2007) 固体废物处置与资源化. 化学工业出版社, 北京.
- [10] 夏立江, 王宏康 (2001) 土壤污染及其防治. 华东理工大学出版社, 上海.
- [11] 黄润秋, 徐则民 (2007) 西南典型城市环境地质问题与城市规划. *中国地质*, **34**, 895-899.