

城市地质环境与环境地质问题

王国强， 刘 刚， 吴道祥， 单灿灿， 振杰
(合肥工业大学 资源与环境工程学院, 合肥 230009)

摘 要: 地质环境对城市的起源、发展和建设起着重要的作用,城市地质研究的目的是保障城市的环境安全和可持续发展。在城市的建设和发展过程中,人类的经济和工程活动引发了一系列的城市环境地质问题,严重阻碍了城市的发展。文章从城市发展的历史分析入手,论述了城市地质及环境变迁对古代城市兴衰的影响,分析了在当代城市规划和建设中由于对地质环境认识不足而出现的失误和工程地质问题。指出在城市化建设中要认清潜在的环境地质问题,以促进城市地质环境的可持续发展、保障城市的发展和安。文章最后对今后城市地质环境亟待研究解决的重要课题进行探讨。

关键词: 地质环境; 环境地质问题; 可持续发展; 湖滨城市; 城市化

中图分类号: X21 文献标志码: A 文章编号: 1008-3634(2007) 04-0019-06

City Geological Environment and Problems of Environmental Geology

WANG Guo-qiang, LIU Gang, WU Dao-xiang, SHAN Can-can, DING Zhen-jie
(School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Geological environment plays an important role in the city's origin, development and construction. The aim to study city geology is to ensure city's environment safety and sustainable development. In the course of building and developing cities, human's engineering activities bring a series of problems of environmental geology, which block the development of cities, and destroy the geological environment of cities. This paper starts with the historical analysis on city's development, and the influence of vicissitude of city geology and environment on archaic cities' rise and fall is discussed. Meanwhile, many misplays and engineering geological problems which are brought forth in the course of city's programming and construction because of knowing little about geological environment are brought forward. In the course of city's construction, the potential environmental geological problems should be recognized, and the sustainable development of city geological environment should be advanced, and people should join in the activities of ensuring city's development and safety. At last, the key problems to be studied and solved by city geological environment in future are discussed.

Key words: geological environment; problems of environmental geology; sustainable development; lakeside city; citilization

发达国家的人口有 70%—80% 都居住在城市^[1]。我国约有 1/3 人口居住在各大小城市^[2], 虽然城市化水准偏低, 但其城市和城市聚集带的数量居世界第一位。随着经济的稳步、快速发展, 城市化建设的进程也必然加快。地质环境对水土资源的匹配和生态环境的优化具有控制意义。城市的发展既与社会发展相适应, 而且在很大程度上又影响社会的发展与稳定, 而城市的兴衰、发展与建设都和城市地质环境密切相关。历史上一些城市在建设发展中出现的问题, 大都与城市地质环境的变迁有关。

一、城市与地质环境

早期人类是根据气候、地形、水源和安全情况“以穴而居, 逐水草而生”的, 其中就含有最原始的根据地质环境选择巢穴的隐性地质思维。进入文明社会以后, 人类开始懂得寻找坚硬的土地盖房, 用夯实的方法使地基密实, 用炭灰、砂和石灰加固地基。进入封建社会以后, 人们考虑的因素就更多了, 比如注意大环境的美观与协调等。世界上较早的城市多是出现在一些河口、主流与支流交叉处或海湾处, 这是从事农业和维持正常生活、满足人们交往和物质交换、戍边自卫和海外贸易的需要。如北京城由太行山、燕山环抱, 西通内蒙古商贸, 北达关东粮仓, 南有华北大平原, 东临浩瀚的渤海, 众溪汇流, 处于多种地理优势和经济贸易交界之地。我国古代园林、城镇、墓地选址优先考虑“风水”之地, 选择依山傍水的优势地形地貌。如皖南的西递、宏村、潜口、江村等古民居村落的选址, 都有朴素的地理地质思维, 但是都没有形成一套科学的工程建筑地基的调查、评价方法。直到 19 世纪末才有了对土基的评价, 才有了土压力理论, 特别是由于 K·太沙基的卓越工作, 土力学研究才有了质的飞跃。进入 20 世纪以后, 人们开始重视各种地质环境因素的评价, 萨瓦连斯基及其学生波波夫、卡明斯基和洛姆塔泽等创立了比较完善的工程地质学体系, 突出了工程运行中对地质环境的研究, 才从直观经验上升到理性科学——工程地质学^[3]。而科学界从理性上清醒考虑人类活动对地质环境的影响也还是近二三十年的事。

恶劣的地质环境制约了城市的发展。许多城市因地质灾害和环境变迁而毁灭和衰败, 如被火山灰埋没了 1 600 多年的意大利庞贝城, 古楼兰国都城、西夏都城因沙漠化而衰败, 原泗州城因地壳沉降而沉没于洪泽湖底。密西西比河流域的富饶、优美风景, 使北美大多数商业贸易城市都向着密西西比河移动, 1718 年建立的新奥尔良市就成为这诸多城市的起点。密西西比河的存在保证了新奥尔良经济上光明的未来。但其独特的地理位置也给城市带来了洪水和飓风, 最初建立在较高地势上的新奥尔良也没能背离自然规律。随着移民规模的不断扩大, 人们不希望低地处常被洪水淹没, 于是建起了复杂的大坝系统, 城市才得以继续发展。同时, 三角洲越来越少, 城市地势越来越低, 而周围的水位慢慢升高。最后, 新奥尔良就变成一个平均海拔在海平面以下的碗状凹地, 成为在密西西比河、庞恰特雷恩湖墨西哥湾窥伺下的一个城市。它只能依靠复杂的大坝系统维系城市的存在。能帮它对付暴风雨的天然缓冲带密西西比河三角洲湿地却被不计后果的发展破坏了。2005 年“卡特尼娜”超级飓风袭击了美国密西西比州, 新奥尔良全城被淹, 这个曾经洋溢着浪漫法国风情的城市瞬间变成现代庞贝。而优越的地质环境使许多城市历经数千年而长盛不衰。因此, 要保证城市建设可持续发展, 必须依据城市的地质环境条件, 科学地确定城市发展的性质和规模, 充分发挥地质环境的效应和潜能, 使之与城市经济结构和发展相协调。

二、城市地质研究的基本内容

制约城市发展的地质环境条件主要有: 一是场地的稳定性, 考虑地震、火山及地震效应作用, 在城市规划建设时选择稳定性条件好的场地; 二是地基稳定性评价, 研究建筑物地基岩土体的质量及空间分布, 主要是地基的强度和变形问题; 三是地形地貌条件, 地貌受地质构造控制, 现代地貌是地球内外地质营力长期作用的结果, 所以地基土层分布、外力地质作用(现象)的类型和强度都取决于地貌条件; 四是自然资源情况, 水是城市生存、发展最基本和必要的保证^[4], 如矿产资源、景观资源和水陆港口资源的开

发利用诞生和繁荣了我国的钢城马鞍山、铜都铜陵市、煤城淮南和淮北市、石油城玉门和大庆市、风景旅游城市黄山、港口城市天津、青岛和美国的新奥尔良市等。城市地质研究包括城市选址、规划和建设所遇到的工程地质环境问题, 以及城市建设和发展过程中由于地质环境反馈作用而产生的问题(详见表 1)。

表 1 城市地质研究的主要内容和主要环境地质问题		
研究内容	环境地质作用及研究内容	环境效应
区域稳定性评价	我国有四十多座城市位于七度以上高烈度区, 地震威胁城市安全, 地面变形、地应力作用	活动断裂、火山活动、地震及地裂缝、砂土液化、软土振陷、滑坡、海啸等地震效应
场地地基条件勘察	微地貌、重力地质作用、岩土体结构及其物理力学性质、地下水及其动态, 地质处理技术	地基沉降, 基坑变形与破坏, 城市绿化面积减少, 三废增加, 边坡变形, 特殊土危害
水文、水资源及其保护	侵蚀、渗透和潜蚀作用, 城市防洪, 水资源开发、调节、利用、保护。地下工程水害治理、防护	地下水污染、水位下降, 地面沉降, 岩溶塌陷, 海水入侵或倒灌, 城市内涝、风暴潮
城市固体废弃物卫生处置技术	由水气土等多种途径造成长期污染。矿区城市已经被固废垃圾群包围, 暴雨成灾形成垃圾流, 有毒、医疗、重金属和放射性等有害废弃物的安全排放和地质屏障技术, 卫生填埋技术	垃圾渗流液对水、土、气造成环境污染, 煤矸石堆放引起自燃和滑移使生态环境恶化, 目前已知有二十多种人类疾病是和废弃物污染有关, 严重时可引起遗传变异或癌症
自然、人为地质灾害	地球内外营力, 附加荷载、岩土开挖、振动、废弃物堆填、地表径流改变、水资源开发、基坑降水、采矿疏干排水、文物性地质景观保护	地震、火山、滑坡、泥石流、海啸、砂土液化, 地面沉降、地面塌陷、海水入侵、水库地震、工程滑坡, 沿河湖海岸侵蚀与堆积
人为化学、物理场	废气、水、渣排放, 持续缓慢性的物理和化学的变异和迁移, 地下应力场、地下水渗流场、城市区域的气流、温度和湿度的改变。威胁生物多样性、破坏城市的自然生态平衡。气、水、土环境污染, 通过生物链对人体健康造成威胁	居室环境恶化, 城市热岛效应, 城市高层建筑增多, 增加地面的粗糙度、风速减弱, 地面被混凝土、沥青覆盖使降雨流失, 空气湿度小、地表径流改变、显干岛现象, 城市烟雾产生温室效应

三、城市化主要环境地质问题

当今时代, 随着各国城市化进程的不断加快, 城市化建设导致了越来越多的环境地质问题, 例如由于过量开采地下水引起地面沉降和建筑物开裂, 深埋地下污染源因迁徙弥散引起地下水水质恶化而直接威胁着城市水资源^[5]。大规模基础设施建设导致大面积植被破坏而引起水文地质条件恶化, 此外, 废物堆放、路基工程、基坑工程、地下洞室及结构工程等还涉及边坡与围岩稳定性问题以及对周围地质环境的影响等^[6-7]。

目前, 我国城市化进程中引发的环境地质问题突出表现在地表水环境恶化问题、地下水污染与污染源迁移问题、地下水开采引起地面变形与沉降及其治理问题^[8]、地下结构工程施工安全性问题、高层建筑基坑开挖问题、打入式桩和强夯问题、桩基与土体共同作用及深基坑抗震问题等几方面。

1. 地表水环境恶化问题

随着城市化不断发展, 我国城市地表水环境问题日益突出, 主要表现在: 一是城市水灾害问题, 由于防洪体系不健全, 许多城市在遭受暴雨、台风袭击后常常造成巨大的经济损失和灾难; 二是水资源短缺问题, 我国水资源的特点是大气降水时间上分布不均匀, 如降水量年际的差异和一年中各季节的变化大, 常常造成旱涝灾害, 并且诱发其它的自然灾害或地质灾害。水资源在地域上分布不均匀, 且年际、年内的变化大, 蓄调能力弱, 因此水资源更紧缺, 我国干旱、半干旱和沿海地区的水资源短缺问题已成为制

约城市发展的因素之一。水环境污染、水质恶化,使部分水资源失去了可利用价值,更加剧了用水矛盾。随着经济的发展,沿海各大中城市都存在着水量不足的情况。例如,深圳市现有人口 258.53 万人,按人均 $0.25\text{m}^3/\text{d}$ 计算,深圳年需水量 $6.6\text{亿}\text{m}^3$,但深圳目前供水能力仅为 $2.3\text{亿}\text{m}^3$;且经济的高速发展,一方面造成水资源严重不足,另一方面也造成水资源的污染。据统计,深圳各大水源均受到不同程度的污染,个别水库的有关指标已超过国家规定的标准。

2. 地下水污染与污染源迁移问题

根据全国 85 座重点城市地下水主要开采层水质监测资料综合分析可知,我国北方城市污染严重,开采层水质较差。南方城市污染程度较北方城市轻,存在的主要水质问题是:在原生水质不良的基础上,遭受近期严重的生活污染,同时叠加酸雨的污染。造成我国城市地下水水质污染的主要污染源有城市工业废水和生活污水、工业固体废弃物和城市生活垃圾、农业污染源的农药、化肥以及酸雨等,不良工程造成地下水位下降、改变水动力条件也会引起水质不佳含水层或污染水体的越流补给,造成水质污染^[9]。如合肥某厂堆放在弱透水黏土上的铬酐石,随着雨水长期的淋滤,地下水中的六价铬超标 659 倍,远离 400m 米的水井中的水仍然超标 52.4 倍^[10]。

3. 地下水开采引起地面变形与沉降及其整治问题

本世纪以来,世界各地特别是一些建在第四纪松散堆积平原区的城市发生了不同程度的地面沉降。随着地面沉降范围的扩大和沉降量的增加,它对城市的危害越来越大,给城市建筑物、道路交通、管道系统以及给排水、防洪等带来了诸多困难和危害。城市地面沉降绝大多数与地下水开采紧密相关,如上海、天津等沿海城市和苏锡常地区的地面沉降。

安徽阜阳市也因严重超采深层地下水于上世纪 70 年代开始出现地面沉降。1980–1990 年,地面沉降范围和中心沉降量分别以 $26\text{km}^2/\text{a}$ 和 $78.9\text{mm}/\text{a}$ 的速率高速增长,中心最大沉降量达 $109\text{mm}/\text{a}$,到 1993 年已形成地下水降落漏斗面积达 $1\,600\text{km}^2$,沉降范围大于 360km^2 ,漏斗中心水位埋深已下降 79 m。现在,该市已形成以颍河闸为中心的地面沉降区,沉降面积约为 410km^2 ,中心沉降量已经达到 $1\,418.00\text{mm}$ ^[4],造成颍河防洪能力降低,颍河闸开裂错位,迫使颍河防洪堤年年加高,同时还出现深井泵井管相对抬升、井台开裂等现象。1999 年汛期调查表明,1997 年投资修复的颍河闸又出现新的开裂现象,严重威胁大坝的安全运行,地下水的硬度也升高 1.7–3.4 倍,浅层地下水细菌污染、有毒组分含量逐年提高。界首市地下水位埋深接近 70 m,降落漏斗面积达 400km^2 ,出现了市中心地区房屋开裂、居民院内积水等地面沉降的现象。宿州市、亳州市地下水位也下降至 20–30 m,地下水区域降落漏斗均在 100km^2 以上,地下水位以每年 2–3 m 的速度下降。淮北市的地下水位降至 26 m,降落漏斗面积在 100km^2 以上。淮南煤矿、淮南南岸的田家庵–洛河一带由于过量开采地下水而发生地面沉降^[4]。上世纪 90 年代的实测资料显示,其最大下沉量为 139.30 mm,最大下沉速率为 $60.04\text{mm}/\text{a}$,平均下沉速率 $11.16\text{mm}/\text{a}$,大于 10 mm 的下沉量范围占全区面积的四分之三,沉降量大的地段均发生在地下水集中开采区域。开展地下水开采引起地面变形与沉降的危害性研究及整治,应着眼于地面变形对地下结构物及管网设施的影响,动态地预测在未来水文地质条件下地面变形状况与趋势以及可能的地下工程设施强度问题,并且根据预测结果拟定相应的工程防控措施。因采矿疏干排水和开采岩溶水引起地下水位下降而发生岩溶土洞塌陷、地面变形,是矿区城市采矿疏干、开采岩溶水中常见的地质灾害。其中采矿引起的岩溶土洞塌陷规模较大,如铜陵市小街地区 1989 年 9 月大雨后出现 29 个塌陷坑,受害范围 40km^2 ,损毁建筑物 $5.2\text{万}\text{m}^2$,曾造成专用铁路、公路中断,经济损失上亿元。

4. 地下结构工程施工安全性问题

由于地下结构工程是在特定地质构造环境中,并在具有一定初始地应力条件下进行施工,在加荷形式、材料力学模量的模糊不确定性、主体或围岩体本构行为及岩土体—结构相互作用等的影响下,与地面工程的施工条件相比,地下结构工程要复杂得多。也正是由于这些复杂因素才造成地下结构工程的施工存在风险性大、可预见性差、经验性强等特点,因此,开展地下结构工程设计施工方案的安全性分析、

仿真评估与决策等就显得十分必要。

5. 高层建筑基础施工问题

目前,在我国城市化进程中,高层建筑集中,基坑开挖越来越深,有的深达20 m。由于大部分邻近处都有建筑物,基坑土质边坡稳定极为重要,且多数基础施工需采用井点降水,更加大了对邻近建筑物的影响,因此,基础工程施工对邻近建筑物的影响是又一个较为突出的环境地质问题。特别是因基础施工致使邻近建筑物产生不均匀沉降。近年,高层建筑、深基坑、排水引起了地下水水位降低,合肥市清真寺开裂就是由上述原因造成的^[7]。击入桩和强夯对周围环境的影响,主要来自如下三方面:一是施工时所产生的噪音;二是施工时所产生的振动,一般可采取防振措施,减小影响;三是施工使土体产生水平位移及垂直隆起,对邻近建筑物有较大影响,对于击入桩可以用防振沟或预先钻孔再打桩来消除这种影响。由于桩基具有抗震性能好、控制不均匀沉降效果好及承载力大等优点而日益获得广泛应用,但是土体力学行为的强烈非线性、流变性及多相性等特点,致使对群桩—承台—上部结构共同作用的力学机制分析很困难。这种群桩基础的沉降量与极限承载力计算及抗震性分析等,除可以通过大量的工程实践总结经验之外,很重要的一点就是要依赖于对土体—群桩—承台共同作用数值分析的突破,这也是最终降低工程造价的关键。但由于岩土工程的地区差异性较大,所以这也是目前在桩基与土体共同作用及深基础抗震研究上存在的难点和热点问题。

四、城市环境地质与可持续发展

所谓可持续发展,是指既要满足当代人的需求又不危及后代人满足其需求的发展。可持续发展成为世界各国的共识,这反映了人类对自身以往发展模式的怀疑和否定,同时也反映了人类对今后发展道路和发展目标的憧憬和向往。

地质环境指的是与人类关系最为直接最为密切的岩石圈表层,是人类生存和城市可持续发展的基础。地质环境不仅是自然环境的一部分,也是地球演化的产物,为人类和其他生物生存和发展提供了广阔的空间和丰富的资源,是人类社会和经济活动的基础;同时,人类和其他生物的活动又不断地改变着地质环境的结构特征和化学成分,因此,它又是在不断变化的。在人与地质环境的关系中,人处于主动地位,人的能动性一方面表现在使不利的地质环境通过改造使之向有利于人类的方向发展,但另一方面,人类对地质环境的改造常超出了生态环境允许的程度,使地质环境恶化,引发一系列的环境地质问题,最终给人类自身发展带来不利的影响,尤其是在城市化进程中,这种负面影响尤为突出。所以,在城市建设过程中,我们应该考虑以下几个方面问题:

首先,城市建设要处理好人与地质环境的关系。在城市建设过程中要特别重视对上述第二个方面的认识,因为在这方面,许多人存在着很片面的观点,只顾自己这一代的眼前利益而全然不顾子孙后代的生存,这和当前提出的可持续发展战略背道而驰。由于人们忽视了对城市地质环境的保护,许多城市的地质环境不断恶化,出现了众多由人为因素所导致的环境地质问题。因此,在资源开发和城市可持续发展方面,保护好地质环境是人类在经济发展中面临的首要任务,这是一个贯穿于整个人类和城市发展进程中的长期工作。

其次,城市建设要考虑地质环境的容量和质量。地质环境的容量是指在一个特定的地质空间可能承受人类社会、经济、工程发展的最大潜能。它的容量是有限的,因此,在发展建设城市中,要考虑可能引发的环境地质问题,尽可能在其容量允许的限度内从事工程活动。地质环境的质量在一定程度上是由地球物理因素和地球化学因素决定的,同时,与人类干预破坏活动的强度也有关,人为不良干扰程度愈强,地质环境质量就愈差,这就要求城市建设要减少人为破坏。

最后,城市建设要正确认识人为地质作用对地质环境的影响。美国新奥尔良市的灾难说明人作为重要地质营力对地质环境有着巨大的改造作用。伴随着新奥尔良市的发展,整个城市慢慢变得完全依靠技

术和工程力量而存在。在新奥尔良市面临地面下沉、海面上升、湿地以及作为屏障的岛屿快速收缩等几重危险的情况下导致了灾难的发生。人为地质作用也可以从两方面来理解,一方面人们采取各种有效措施遏制恶劣地质环境的发展,使地质环境在一定的范围内向着良性方向发展,如用岩土工程的方法抵御环境地质灾害,防治各种废弃物对水土体的化学污染,解决工程建设中的各种环境工程地质问题。但是,另一方面人为地质作用的负面影响也愈来愈严重。

五、结束语

地质环境是城市社会发展的载体。我国城市工程建设及矿产资源开发引起的环境地质问题不断加剧,直接影响和制约着城市的发展,严重影响了人们的生存环境。中国的人均资源很少,人口众多,生态环境和地质环境也比较脆弱。因此,要根据客观地质环境条件,科学地确定城市发展的性质和规模,充分发挥地质环境效应和潜能,使之与城市经济结构和发展相协调,与自然和谐统一,实现城市建设的可持续发展。

参考文献:

[1] 刘广润. 论城市环境地质研究[J]. 火山地质与矿产, 2001, 22(2): 79- 83.
[2] 许建聪, 邱海容. 城市化进程中的环境地质问题[J]. 上海地质, 2001, (S1): 26- 29.
[3] 刘传正. 环境工程地质学导论[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 2- 5.
[4] 王国强, 李瑛霞, 吴道祥, 等. 安徽省地下水水资源特征与水环境问题[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 234- 239.
[5] Wang Guoqiang. Covered Karst Collapses in Tongling Area, China[J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 7(1): 11- 16.
[6] 王国强, 刘 洋, 吴道祥, 等. 淮南矿区的环境地质问题[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(1): 33- 35.
[7] 王国强, 吴道祥, 赵华宏. 水位消长对地基潜蚀作用及实例分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 26(8): 1 276- 1 280.
[8] 王国强, 赵华宏, 吴道祥, 等. 两淮矿区煤矸石卫生填埋与生态恢复[J]. 煤炭学报, 2001, 26(4): 428- 431.
[9] 王国强. 城市垃圾性质与填埋场的工程地质评价[J]. 水文地质与工程地质, 1999, 26(6): 20- 23.
[10] 王国强, 徐 威, 吴道祥, 等. 安徽省地质环境特征与地质灾害[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(1): 164- 169.

(实习编辑 彭莉霞)
(责任编辑 陈秀平)

我校获得全国高校优秀博士论文 2005 年专项资金资助

接教育部教技司关于批准高等学校全国优秀博士学位论文作者 2005 年专项资金资助项目的通知, 根据《高等学校全国优秀博士学位论文作者专项资金资助办法》的有关规定, 经过专家评审, 高等学校全国优秀博士学位论文作者 2005 年专项资金资助项目及资助金额已经确定, 合肥工业大学周永务教授申报的“VMI 环境下网状供应链的配送模型与方法研究”获准立项(批准号: 200565), 资助金额 52 万元。

(本刊讯)