

# 泰安市城区地下空间开发与 环境地质影响关系分析

焦玉国

(山东省第五地质矿产勘查院, 山东 泰安 271000)

**摘要:**通过对泰安市城区地质环境条件的深入分析,系统阐述了泰安市城市地下空间开发与地质环境因素之间的相互影响关系,一方面城市地下空间开发受到地表水、地下水水位、水质及岩溶塌陷地质灾害等地质环境因素的制约,而地下空间开发建设又反过来影响和改变着城区地下水环境、土壤环境,并有可能提高城区岩溶塌陷发生的机率,因此建议有关部门在规划建设城市地下空间的同时要加强地质环境保护。

**关键词:**地下空间;环境地质问题;影响;泰安市

**中图分类号:**P641.8

**文献标识码:**B

在城市化进程不断加快的今天,地下空间开发利用已经成为提高城市容量、缓解城市交通、改善城市环境的重要手段和潜力巨大的城市后备空间资源<sup>[1]</sup>,是实现城市建筑空间环境可持续发展的有效途径之一。而城市地下空间的开发利用与城市地质环境又是相互影响的。一方面,地质载体因其岩性、地质结构、地应力等因素复杂多样,对地下空间开发起着制约作用,局部地质环境脆弱区不宜开发地下空间;另一方面,城市地下空间开发又同时影响或改变着地质载体的原有特性,破坏原有的地质环境条件,从而诱发一系列的环境地质问题。

## 1 开发利用背景与现状

### 1.1 开发利用背景

地下空间作为城市发展的一个重要组成部分,已经被越来越多的政府部门所重视。泰安市城区由于受地域面积狭小、道路交通拥挤等各种因素困扰,城市发展速度受到制约,大规模开发地下空间资源已经被市政府提上了日程。

2009年12月,泰安市政府邀请城市规划研究方面的有关专家,对泰安市城市地下空间开发利用规划进行了技术研讨,对科学有序开发泰安市地下空间、节约利用地面空间资源具有一定的前瞻性和导向型。

2010年泰安市政府针对城区未来地下空间开发提出了宏观的规划蓝图:开发建设6个地下综合体;大力发展城市防灾空间;加强城市地下仓储空间和新建居住区地下空间的开发利用<sup>①</sup>,地下空间开发作为城市建设的一部分首次被写进了城市总体规划。

为系统研究地下空间开发利用过程中可能遇到或诱发的环境地质问题的防治对策与措施,以便指导地下空间规划、设计与施工,降低工程风险和投资成本,2011年由省属地勘单位开展了泰安市城市地下空间开发地质环境适宜性评价工作,为下一步进行城市地下空间开发提供了有力的技术支撑。

### 1.2 开发利用现状

泰安市地下空间开发利用起步于20世纪的地下人防工程,伴随着城市现代化进程的加快,地下车库、地下购物、地下人防等地下空间开发利用程度得到快速发展,其开发利用模式主要包括几类<sup>②</sup>:

收稿日期:2013-12-05;修订日期:2014-06-26;编辑:王秀元

基金项目:山东省地质勘查项目“泰安市城市地下空间开发地质环境适宜性评价”(鲁勘字[2009]132号)

作者简介:焦玉国(1980—),男,山东泰安人,工程师,主要从事水工环地质勘查与评价工作;E-mail:sddkwy@163.com

①泰安市人民政府,泰安市城市总体规划(2011—2020),2011年

②山东省第五地质矿产勘查院,焦玉国、周绍智、陈伟清等,泰安市城市地下空间开发地质环境适宜性评价报告,2013年

(1)以地下人防和购物为主的地下综合体。目前,市民广场、岱庙广场、泰山火车站、京沪高铁泰安站地下综合体均已投入使用,银座城市广场、泰山名嘉广场、泰山蓝海国际大饭店等均属于此类,地下最多2层,最大开发深度为14 m。

(2)以地下仓储为主的地下综合体。包括加油站地下油库、地下粮库以及高层商住楼的地下停车场等,地下1~2层,利用深度10 m左右。

(3)以深基础为主的地下空间利用。由于城区隐伏岩溶较发育,为避免岩溶塌陷对地面建筑构成威胁,高层建筑多采用桩基础,开发深度受灰岩的埋深控制差异较大,深者可达40 m。

泰安市城市地下空间开发总体呈线状展布,多以城区重点道路两侧为主,分布较为零散,且只有平面布局上的局部规划,对地下空间在深度上和平面上如何开发缺乏整体性的规划。

## 2 开发利用前景

### 2.1 地下空间开发在城市建设中的优越性

与地上空间相比,地下空间在城市建设中的优越性主要体现在恒温、抗震、稳定、隐蔽、防护、隔音等方面,利用地下空间所具备的这些特性,可以解决城市建设中面临的诸多问题。

(1)作为城市建设的后备资源,解决城市用地紧张问题。地下空间作为一种新型的国土资源越来越受到重视,充分利用地下空间进行城市立体化再开发、扩大空间容量、改善用地结构、提高城市土地集约度,已经成为城市现代化发展的必然。

(2)分流地面交通,缓解城市交通压力。通过修建地铁、地下通道及地下停车场等,不仅可以分流地面交通拥堵,有效缓解城市地面交通压力,还可以减少人车混杂导致的交通事故。

(3)改善和保护城市环境,减少环境污染。地下空间具有良好的隔音性,把振动噪音大、污染程度高的项目、危险品以及更多的公共设施引入地下,不仅减少土地占用,还有利于减少城市污染,避免生产、生活间相互干扰,使地面空间得到松动,增加绿地,改善环境质量。

(4)节约能源,保护生态环境。利用地下空间的恒温、恒湿等特性进行储藏,可以节省制冷、制热所需的能源;如果利用地下空间来储水,还可以减少水分

在空气中的蒸发,节约利用水资源,保护生态环境。

(5)提高城市基础设施的抗灾能力。岩土体作为地下建筑的围岩,其抗灾能力要远高于地面建筑,可以有效抵御地震灾害的侵袭。我国利用地下空间的抗震性建造人防工程始于20世纪60年代,其后在1976年发生的唐山大地震中,地下人防工程在抵御灾害、保护生命财产中发挥了重要作用。地震毁坏唐山地面建筑达1亿 $\text{m}^2$ ,但地下工程绝大部分完好无损,在人防工程中的人员也无一伤亡,大大减轻了灾害。

### 2.2 泰安市城市地下空间开发利用前景

城市经济发展水平是制约城市地下空间开发利用的决定因素。发达国家的发展历史表明,人均GDP达到500美元后,基本具备了大规模开发利用地下空间的条件和实力;人均GDP在1 000~2 000美元之间,则达到了地下空间开发利用的高潮<sup>[2]</sup>。近年来,泰安市的经济建设和社会发展发生了翻天覆地的变化,GDP快速增长,2011年泰安市GDP已突破两千亿元大关,达到2 304.3亿元,人均GDP 41 850元<sup>①</sup>,泰安市已经进入经济高速发展的阶段,已具备大规模开发利用城市地下空间的经济条件。

## 3 环境地质对城市地下空间开发影响

### 3.1 岩溶塌陷地质灾害

岩溶塌陷对于地下空间的影响主要体现在破坏地下、地上建筑和沟通地表地下水系,从而给地下工程带来更大威胁。泰安市城区隐伏岩溶极为发育,自20世纪70年代发现塌陷开始,至今已发生塌陷300余处,累计造成经济损失4 000余万元<sup>[3]</sup>。泰安市城区灰岩顶板埋深自0~30 m不等,最厚处达50 m,根据对该区岩溶塌陷发生机理分析,塌陷主要发生于松散层厚度在8~15 m的地段。该厚度目前正是泰安市地下空间开发的深度,岩溶塌陷将对地下工程施工和其上建筑物构成威胁。

### 3.2 地下水

#### 3.2.1 地下水水位埋深

地下水的赋存状态和水位的变化对地下空间的开发利用影响很大,一方面富水性好且埋藏较浅的地

① 泰安市统计局,2011年泰安市国民经济和社会发展统计公报,2012年。

下水,将对地下工程施工极为不利;另一方面,如果地下工程防水措施不当,还有被淹没的危险。城区第四系孔隙水多年平均水位埋深2~5 m,水位年变幅1~3 m,由于城区孔隙水已多年不开采,而周围污水排放的地表水系发育,致使地下水水位呈现出逐年升高的趋势;裂隙岩溶水为城区主要开采水源,山前区水位埋深一般在25~30 m,变幅8~10 m,山前平原区水位埋深一般为5~10 m,变幅2~5 m。区内孔隙水和平原区岩溶水水位埋深对目前城区地下空间开发影响较大,因此地下空间开发时的地下水设防应考虑地下水的变化规律。

### 3.2.2 地下水水质

当地下水中含有腐蚀性物质时,将影响衬砌、隔水材料的长期安全性<sup>[4]</sup>。软水及pH值为6.5~7.0的水对混凝土也是有害的,因为这些水中所溶解的石灰质少,当其流经混凝土裂缝时,将溶解混凝土中的石灰质,使混凝土失去骨料,加大原有裂缝;粘土中的硫化铁,暴露空气中,经地下水作用后,将分解为硫酸,腐蚀破坏建材及设备,因此土层中含有硫化铁时,开挖后应尽快衬砌,以免暴露在空气中大量分解;若地下水中溶解有毒气体,对施工中的人员安全会有很大威胁。通过对区内地下水中 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{OH}^-$ 和总矿化度等指标进行测试,地下水水质对混凝土腐蚀等级为微腐蚀,对钢筋的腐蚀等级为微一弱腐蚀,弱腐蚀性地下水主要赋存于岱道庵断裂以西,滂河断裂以东的奥陶纪灰岩地层中。

### 3.3 膨胀土

膨胀土是一种特殊土,主要为由亲水性强的粘土矿物组成的多裂隙并具有显著膨胀性的地质体。其在土体中杂乱分布的裂隙及反复胀缩变形造成强度衰减的特性,常给工程建设带来严重破坏,造成许多地质灾害。城区内膨胀土包括分布在拖拉机厂—东关—岱道庵村以东一带以及东南部省庄—羊楼一带的粘土和城区东部省庄—上高以东一带的泥岩,粘土呈中等—强膨胀性,泥岩呈弱膨胀性。

### 3.4 地表水

地表水系(体)若处于地下工程之上,无疑会对地下建筑构成一定的威胁,因此地下工程不仅要做好防地下水措施,还必须要做好防地表水措施,特别是全地下建筑,如果防水结构处理不好,地表水一旦溃入,那将是不可想象的悲剧。2007年7月18日,济南银

座购物商场地下超市被淹,就是因为降水在短时无法排泄而急速溃入导致,造成了巨大的经济损失。泰安市城区地表水系较多,自西至东依次分布泮河、七里河、三里河、奈河、梳洗河、双龙河、汉明堂河,均为季节性河流,地下空间开发应充分考虑地表水的分布和潜在威胁,做好避让或防水措施。

## 4 地下空间开发对地质环境的影响

### 4.1 影响地下水流场

地下空间开发特别是地铁、地下共同沟等线性工程建设会对地下水的流动产生拦阻作用,泰安城区地下水流向多由北向南,如在城区建设东西向的线性工程,无疑会对地下水产生强烈的阻隔作用,使工程两侧产生水位差,导致北侧水位壅高,引发一系列工程地质问题;其次,地下工程施工中,为保证开挖面的稳定,往往需要工程降水,如在地下水较浅的地区进行深基坑开挖,用盾构法在饱和土体中进行隧道施工,都需要进行大面积的人工降水,将导致地下水漏斗式下沉,使地下水的动力场和化学场发生变化<sup>[5]</sup>。这些都将使地下水动力场发生改变。

### 4.2 污染土壤与地下水

地下空间开发不可避免地会对周围土壤和地下水产生污染,如市政管网的泄漏、废弃物的回填、化学注浆、建筑原材料的性质、施工方法的选择以及工程运营期间的使用等等任何一个方面的疏失,都可能造成周围土壤和地下水的污染,进而有可能影响到整个环境。

### 4.3 对岩溶塌陷的影响

在隐伏岩溶区进行地下空间开发所采取的工程降水、抽排地下水等工程措施,使局部地下水位大幅度降低,大规模的地下空间开发还会使区域地下水位下降,一方面将使岩溶区盖层土体应力发生改变,使土体所受地下水的浮托力降低,导致土体塌落;另一方面,工程施工前后较大的地下水位波动幅度,也进一步促使了岩溶塌陷的发生。

## 5 结语

地质环境和城市建设相辅相成,地质环境影响和控制着城市的规划和发展,城市的建设同时也影响和改变着城市的地质环境。目前很多城市一味追求城

市建设而忽视了其对于地质环境的影响,出现了许多不良工程地质问题,破坏了城市生态环境,这种现象应该引起足够重视。城市地下空间资源开发利用是大势所趋,但相关部门一定要在充分论证的基础上进行规划和开发,在发展经济的同时更要保护好生态环境。

### 参考文献:

[1] 白聚波,刘侠,陈艳红.城市地质与地下空间利用[J].西部探矿

工程,2007,(5):221-224.

[2] 隋兆显,胡建平.城市地下空间开发利用情况及环境地质问题分析[J].江苏地质,2007,31(2):119-123.

[3] 王祥永,赵宏生,李文君,等.泰安市岩溶塌陷形成的地质环境背景及其影响因素的关系[J].山东国土资源,2013,29(2):34-38.

[4] 林年丰,李昌静,钟佐燊,等.环境水文地质学[M].北京:地质出版社,1990.

[5] 许劼,王国权,李晓昭.城市地下空间开发对地下水环境影响的初步研究[J].工程地质学报,1999,7(1):15-19.

## Effect Analysis on Underground Space Development to Geological Environment in Tai'an City

JIAO Yuguo

(No. 5 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Tai'an 271000, China)

**Abstract:** Through depth analysis of geological environment conditions in Tai'an city, interactions between underground space development and geological environment factors have been described systematically. On the one hand, the development of urban underground space is controlled by surface water, water level of groundwater, water quality and geological hazards, such as karst collapse. And in turn, the development and construction of underground space influence and change the urban groundwater environment, soil environment, and are likely to increase the odds of karst collapse. So it is recommended that geological environment protection should be strengthened when urban underground space is planned and constructed.

**Key words:** Underground space; geological environment; effect; Tai'an city