

济南城市工程地质条件分区及 轨道交通建设适宜性研究

杨丽芝¹, 曲万龙², 刘春华¹, 尚浩¹, 祈晓凡¹

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 青岛地矿工程勘察院, 山东 青岛 266000)

摘要:在对大量的工程地质钻探与测试资料进行研究分析的基础上,将济南绕城高速以内、面积526 km²的济南城市建城区划分为5个工程地质分区进行研究。围绕尚在论证阶段的城市轨道交通建设,以对济南泉水的出流和流量有无影响为准尺,分区研究济南城市轨道交通建设适宜性。研究结果表明:在明湖路以南、顺河路以东,文化路以北、历山路以西的区域进行轨道交通建设,对济南泉水产生明显影响,是城市轨道交通不适宜区;经十路和文化路之间地带(包括经十路、文化路)进行轨道交通建设,对济南泉水产生的影响程度较小,是轨道交通建设较适宜区;其他区域进行轨道交通建设,对济南泉水产生的影响程度小,是轨道交通建设适宜区。

关键词:工程地质; 轨道交通; 泉水; 适宜性; 济南市

中图分类号: P623.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)06-0120-04

Analysis of suitability about the division of engineering geological condition and rail transit construction in Jinan urban area

YANG Lizhi¹, QU Wanlong², LIU Chunhua¹, SHANG Hao¹, QI Xiaofan¹

(1. Shandong Institute of Geological Survey, Jinan 250013, China;

2. Qingdao Geo-engineering Exploration Institute, Qingdao 266000, China)

Abstract: Based on the analysis of a large number of engineering geological drillings and testing information, the paper studied Jinan downtown within the ring expressway by dividing the area of about 526 km² into 5 engineering geology divisions. Around rail transit construction that is still in the demonstration phase, the paper studied the suitability of rail transit construction based on whether the subject has impact on flow of the Jinan spring. The results showed that it is not suitable to set rail transit construction in the area of south of Minghu road, east of Shunhe road, north of Wenhua road, and west of Lishan road, because of the significant effects on the Jinan spring. The zone between Jingshi road and Wenhua road is appropriate for rail transit construction as it would have a less extent of impact on the Jinan spring. The other area is suitable to run rail transit construction for the degree of the impact on the Jinan spring is small.

Key words: engineering geology; rail transport; spring; suitability; Jinan urban area

济南既是山东省的政治、经济、科技、文教中心,区域性金融中心,又是全国重要的交通枢纽。随着济南社会经济的快速增长和城市整体形象的提升,对城市基础设施建设提出了更高要求。为解决日夜严重的城市交通拥堵等问题,城市轨道交通建设提上日程。济南城市轨道交通已完成前期论证,目前正处在审批阶段。著名的济南泉群出露在济南市区中心,整个济南市建设在济南泉域范围内,济南市轨道交通建设适宜性以对泉水出流和流量是否产生影响为准尺,不同工程地质条件分区,采取不同的工程措施。

1 地理地质背景

1.1 自然地理

济南泉域地处鲁中山地的北缘,南依泰山,北临黄河,地形南高北低,变化显著。南部为绵延起伏的泰山山脉,绝对标高在100~600 m,是典型的北方侵蚀、岩溶地貌;中部为山前倾斜平原,绝对标高一般为23~48 m,是大、小清河及其支流冲洪积平原;北部为黄河下游冲积平原。市区中北部有燕山期侵入的辉长岩体分布,形成华山、鹊山、卧牛山等孤山,素有“齐烟九点”之

收稿日期: 2012-07-26

基金项目: 山东省地质勘查项目: 济南城市地质调查(鲁勘字(2009)7046号)

作者简介: 杨丽芝(1966-),女,湖南沅江人,博士研究生,研究员,从事地下水循环演化研究及城市地质勘查一线工作。

美誉。济南地处中纬度内陆地带,属暖温带大陆性气候,多年平均降水量为648.3 mm(1956—2011),年最大降水量1 194.50 mm(1962年),最小降水量340 mm(1989年),雨季集中在6—9月,占全年降水的70%。济南市河流主要有黄河、玉符河、北沙河、小清河。黄河从济南市北部流过,玉符河和北沙河自南部山区流入黄河,小清河自西向东横穿市区,汇集济南泉水后东至寿光县羊角沟流入莱州湾。大明湖由济南泉水汇集而成,现水域面积0.559 km²,湖水出汇波桥,汇集护城河水流入小清河。

1.2 地质背景

济南地区南倚泰山—沂山凸起,北临齐(河)—广(饶)大断裂,地质构造总体是以古生代地层为主体的北倾单斜构造。济南泉域东起东坞断裂,西至马山断裂,是泰山前相对独立的水文地质单元。济南泉域地处华北地层区鲁西分区,地层由老到新、从南往北依次出露有新太古代泰山群,古生代寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、新近系、第四系。其中奥陶系碳酸盐岩分布于济南市的中南部,总厚度近1 000 m,是济南泉域主要含水岩组,也是济南泉群地下水来源。新生代喜山运动初期,济南属隆起阶段,造成地层单项倾斜并在单斜构造中北部广泛的岩浆侵入活动,形成总面积约330 km²的济南辉长岩体。

1.3 水文地质特征

济南市区分布三种类型的地下水,即第四纪松散岩类孔隙水、侵入岩风化裂隙水和碳酸盐岩裂隙岩溶水。碳酸盐岩裂隙岩溶水为本区主要地下水类型,水位埋深0.85~21.40 m,主要补给来源为南部山区的侧向径流补给,少量来自松散岩类孔隙水及侵入岩风化裂隙水下渗补给;岩溶水自南向北运动,受辉长岩体阻挡,在济南市区中心地带形成岩溶水富水区和巨大的岩溶水地下水库;岩溶水以泉和人工开采为主要排泄方式,少量向上顶托补给孔隙水和风化裂隙水。市区四大泉群目前总流量约30万m³/d,最高水位约为30 m;昔日泉水总流量达60万~70万m³/d,最高水位超过33 m^[1]。市区岩溶水水源地均已正常停采,作为应急水源地备用。

2 工程地质分区

济南城市地质调查项目实施过程中,产生了大量的工程地质勘探孔,并收集了济南城市轨道交通线网论证过程中施工的工程地质勘探孔以及前期地质、水文地质、工民用建筑工程地质勘探孔,总数量达2 500眼,密度平均5眼/km²,核心城区达到20~

30眼/km²。钻孔深度多在30~50 m,本次施工的钻孔大于50 m,均揭露基岩3~5 m。本次以50 m深度以浅的岩土体作为研究对象,按等深线作为划分土体单元结构与岩土体二元结构的分界线^[2],全区共分五种岩土体结构类型(图1)。

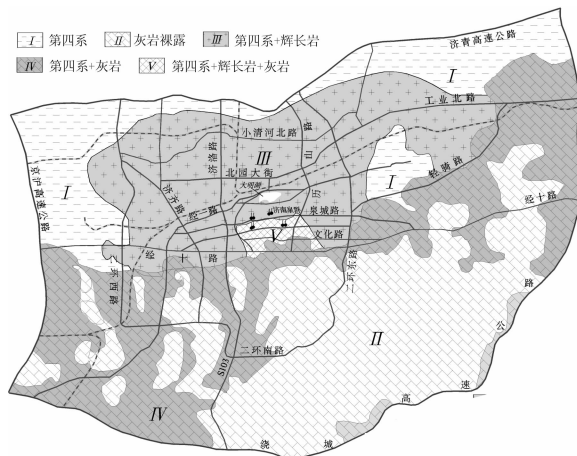


图1 济南市工程地质结构分区图

单元结构类型包括第四系土体(I区)和灰岩岩体(II区)结构类型两种;二元结构包括第四系土体+辉长岩(III区)、第四系土体+灰岩(IV区)、结构类型两种,多元结构类型主要为第四系土体+辉长岩+灰岩组合(V区)类型,分布在泉水出露区。

I区:第四系土体单元结构,主要分布在主城区西北部、东北部。第四系揭露最大厚度为60 m,主要为填土、粉质粘土,局部分布有黄土、细中砂、粘土、粉土、碎石。西北部京沪高铁附近存在一层较厚黄土层,厚度为8~15 m,最厚可达26 m,顶板埋深约0~3 m。

II区:灰岩岩体单元结构,主要分布在主城区东南部灰岩裸露区。主要岩性为泥质灰岩、豹皮灰岩、白云质灰岩、大理岩、角砾岩等。岩石大部分比较完整,风化程度多为中风化或微风化,一般顶部灰岩溶蚀裂隙发育,有少量溶洞发育。

III区:第四系土体+灰岩二元结构,主要分布在主城区西南部和中东部。第四系主要为填土、粉质粘土,局部分布有厚度为2~10 m的碎石层和厚度为9~13 m的胶结砾岩。石灰岩埋深普遍较浅,一般10 m以内,整体由东向西逐渐变深。本区灰岩裂隙普遍较发育,岩芯溶孔、溶洞较发育等,揭露最大溶洞直径达7.5 m,有少量粘性土充填。

IV区:第四系土体+辉长岩二元结构,主要分布在主城区中北部。第四系揭露最大厚度为60 m,主要为填土、粉质粘土、碎石,局部分布有细中砂、粉土。局部存在厚度为4~10 m的碎石层和厚度为2~5 m

的淤泥层。辉长岩是第四系沉积基地,埋深由南往北逐渐增加,上部有厚度为 3~20 m 的风化层。

V 区:第四系土体+辉长岩+灰岩组合的多元结构类型,分布在泉水出露区,也即济南市核心区。第四系厚度 6~18 m,主要为填土层、粉质粘土、碎石、粘土、残积土。由于受千佛山断裂和文化桥断裂的控制,该区灰岩地层相对抬高,因此辉长岩厚度较薄,在趵突泉—黑虎泉一带 10 m 左右,泉城路一带 30 m 左右,上部普遍存在一层厚度 5~25 m 的风化层。在趵突泉、黑虎泉周边地带及泺源大街、泉城路等局部地带分布奥陶系灰岩天窗。

3 轨道交通线网对泉水影响分析

轨道交通建设影响范围内不揭露和不碰见岩溶水(水头),承压水的压力不会导致轨道交通底板突水——视为无影响^[3]。因此,在分析轨道交通建设对泉水影响时,主要考虑岩溶含水层(灰岩)顶板埋深、岩溶水水头和地层结构中隔水顶板的稳定性。

3.1 第四系分布区(I 区)

位于济南市的北侧和西侧,离泉水出露区甚远,第四系厚度大于 50 m。轨道交通线路在第四系土层穿过。灰岩顶板埋深一般大于 300 m,岩溶水富水性较弱,水头低于轨道隧道底板。轨道交通线路施工和运行不会触及岩溶水含水层,层位远高于岩溶水水头。因此,轨道线路施工不会影响济南泉群出流。

3.2 灰岩裸露区(II 区)

位于四大泉群集中出露区的南侧和东侧,是泉水的直接补给。轨道交通线路从灰岩地层穿过。岩溶水不承压,水位埋深较大,一般大于 30 m,低于轨道交通隧道底板,轨道交通施工对岩溶水补给、径流和排泄基本不产生影响。

3.3 灰岩隐伏区(III 区)

位于四大泉群集中出露区的南侧和东侧,主要分布在经十路和轻骑路以南以东的区域,是泉水的径流区。地层结构主要以灰岩与第四系组合为主。岩溶水一般不承压,水位埋深低于灰岩顶板埋深。参与论证的轨道交通线路有:经十路、刘长山路、奥体中路、南辛庄路、英雄山路等。轨道交通隧道底板埋深高于岩溶水的水位,施工影响深度要小于岩溶水的埋深。按照轨道交通结构埋深 15 m 考虑^[4],南部多数道路岩溶水位最大埋深小于 15 m,不会对岩溶水径流产生影响。降水特丰年份的丰水期(如 2010 年),经十路的体育局—历山路段,水位埋深在 14 m 左右,轨道交通隧道底板可能触及岩溶水约 1 m。

3.4 第四系与辉长岩双层结构区(IV 区)

位于济南泉群北侧的广大地区,地层结构以第四系与辉长岩组合为主。轨道交通线路可能穿过的地层组合包括第四系、上部第四系下部辉长岩两种模式。岩溶水水头较高,埋深小于 0.8~10 m。参与论证的轨道交通线路有:经一路、明湖北路、花园路、清河北路、济洛路、济齐路等。

根据岩溶水埋深和水头,土层和辉长岩工程地质参数,计算轨道交通基础允许最小埋置深度为 20.27 m^[5],允许深度大于轨道交通实际需要的深度(15 m),因此轨道交通线路施工或运行过程中不会产生岩溶水突水或渗流,不会影响济南泉群出流。

3.5 三层结构区(V 区)

位于泉水集中出露区。地质结构变化巨大,构造异常复杂地段,50 m 范围内同时分布着第四系、辉长岩和灰岩。第四系厚度较小,辉长岩风化严重。上部第四系,中层辉长岩,下部灰岩,天窗区为二层结构,上部为第四系,下部为石灰岩。灰岩顶板埋深 5~50 m。岩溶水为承压水,水头埋深水头埋深 0.84~8.72 m,水位标高 22.13~47.51 m,水头压力大,岩溶水富水性强。轨道交通线路对泉水影响的主要是揭露岩溶水和工程突水问题。参与论证的轨道交通线路有:经七路、泺源大街,泉城路。

二层结构区(天窗区):①轨道交通结构对泉水的影响按轨道交通一般埋置深度 15 m 考虑,局部需要进入灰岩层 5~10 m 左右,会挤占部分径流通道的。岩溶水作用于轨道交通底板的压力约为 150 kPa,强大的水压力,可能会使隧道结构产生渗漏^[5],形成新的岩溶水排泄点,影响泉水流量。②轨道交通施工对泉水的影响由于该区为岩溶水强富水区,岩溶通道的渗透性极强,工程降水的影响半径很大,基本上呈平面下降,所以工程降水将直接导致泉水位下降,泉水流量显著减少,甚至停喷(图 2)。

三层结构区:辉长岩呈薄层状侵入,厚度不稳定,裂隙发育,局部风化严重,不能形成稳定隔水层。岩溶水作用于轨道交通底板的强大压力产生工程突水,降低岩溶水水头,影响泉水流量(图 3)。

4 轨道交通适宜性分析

(1)适宜区。明湖路以北的地区,灰岩顶板埋深大于 50 m,地层结构以第四系土层、第四系与辉长岩组合为主,工程建设不利地层为普遍分布的厚薄不一的辉长岩风化层、局部分布的碎石层和淤泥质土层。轨道交通建设不会影响到泉水的补给,也

不会影响到泉水的径流,更不会影响泉水的排泄。因此,在该区域进行轨道交通工程建设不会影响泉水的喷涌,是轨道交通工程建设适宜区。

经十路以南区域,是泉水的直接补给和径流区,地层结构主要以灰岩以及灰岩与第四系组合为主,

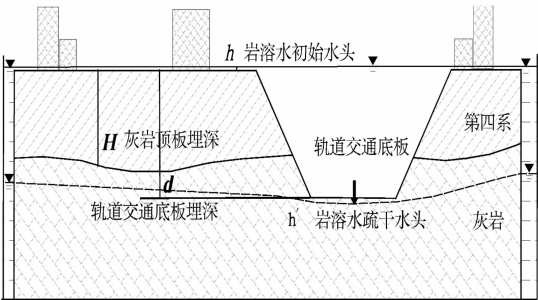


图 2 泉水出露区地层结构模式图(二层结构)

(2) 基本适宜区。文化西路至经十路的体育局——历山路段的中间地带(包括文化路、历山路和经十路),降水特丰年份(2010)的丰水期岩溶水水位埋深在 14 m 左右,轨道交通隧道底板(15 m)可能触及岩溶水 1 m 左右。其他年份,岩溶水水位埋深均大于 15 m,轨道交通底板不会触及岩溶水。因此,在该区域进行轨道交通工程建设一般不会影响泉水的喷涌,是轨道交通工程建设基本适宜区。

(3) 不适宜区。文化路以北、明湖路以南,历山路以西、顺河街以东的区域。此区域是城市功能的核心区,既是道路交通最繁忙的区域,又是泉水集中出露、地质结构变化巨大,构造异常复杂地段,50 m 范围内同时分布着第四系、辉长岩和灰岩;岩溶水水头压力大,岩溶水富水性强。工程施工对泉水的影响包括:①产生新的岩溶水排泄点,泉水减量或断流;②工程排水,降低泉水水位,泉水停喷或减量;③底板工程突水泄流,降低岩溶水水头,影响泉水的喷涌量。因此,该区域是轨道交通建设不适宜区。

因此,济南市轨道交通建设适宜性可分为三个区:轨道交通建设适宜区位于经十路以南、明湖路以北,历山路以东、顺河高架以西的广大区域;基本适宜区位于经十路到文化路一带(包括经十路、文化路);不适宜区位于文化路以北、明湖路以南,历山路以西、顺河高架以东的泉水出露区(见图 4)。

5 结 语

济南市工程地质条件相对复杂,按岩土体组合结构可以分成第四系土层、灰岩岩体两个单层结构区,第四系土层加辉长岩、第四系土层加灰岩两个双层结构区和第四系土体加辉长岩加灰岩岩体一个多层结

岩溶水一般不承压。按照轨道交通结构埋深 15 m 考虑,南部多数道路岩溶水位最大(丰水期)埋深小于 15 m,不会对岩溶水径流产生影响。因此,在该区域进行轨道交通工程建设不会影响泉水的喷涌,是轨道交通工程建设适宜区。

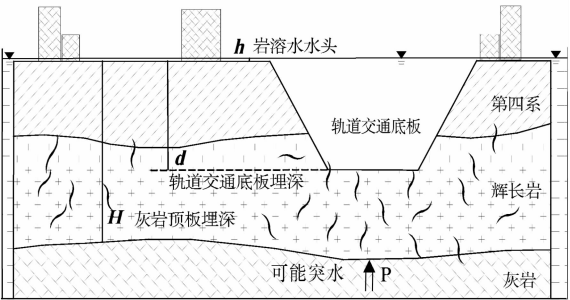


图 3 泉水出露区地层结构模式图(三层结构)

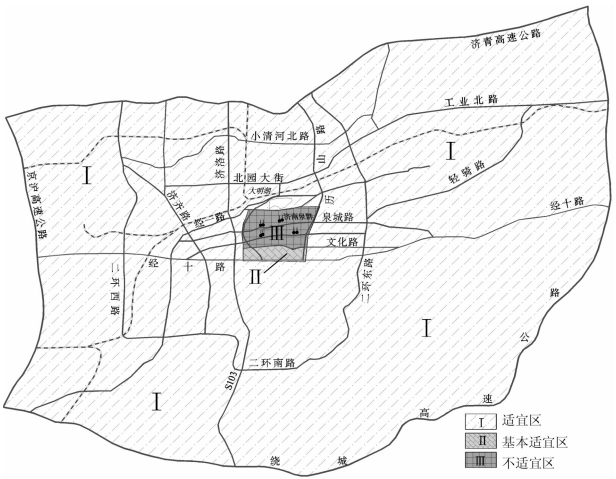


图 4 济南市轨道交通建设适宜性分区图

构区。以对济南泉水影响为评判标准,济南市轨道交通建设适宜性可分为适宜、基本适宜和不适宜三个区域。文化路以北、明湖路以南,历山路以西、顺河高架以东的泉水出露区不适宜于建设轨道交通。

参考文献:

[1] 奚德荫,李祥之,邵卓,等. 济南市保泉供水水文地质勘探报告. [R]. 山东:山东省地矿局八〇一水文地质工程地质大队,1990.

[2] 邢立亭,高明志,韩连山,等. 山东省济南城市多参数立体化综合地质调查. [R]. 山东:山东省地矿工程勘察院,2006.

[3] 杨丽芝,韩 晔,佟照辉,等. 重大工程建设对济南泉水的影响研究[J]. 工程勘察,2012(4): 42-48.

[4] 唐兴元,徐 宁,蒋为民. 浅谈城市地质调查与地质灾害治理在城市建设中的作用[J]. 地质学刊,2009,33(4): 423-425.

[5] 刘永勤,申 斌,等. 济南轨道交通建设对泉水的影响研究报告(线网规划阶段) [R]. 北京:北京城建勘测设计研究院有限责任公司,2010.