

轨道交通工程方案对地下温泉资源的影响研究

张文正¹, 杨超²

[1.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092;2.广州地铁设计研究院股份有限公司,广东 广州 510010]

摘要:为减小轨道交通工程建设对地下温泉资源的影响,以市郊铁路重庆中心城区至南川线工程对重庆市东温泉地热资源的影响为研究背景,结合温泉热储构造对线路避让东温泉地热资源的线、站位方案进行了深入分析。结果表明:线路采用路基和高架敷设不影响东温泉地热水资源的补给、径流与排泄;线路采用隧道敷设时不得穿越热储层,可穿越热储盖层,但须完全位于热储盖层范围内,才不会引起东温泉地热水的衰减和流失。研究结果为今后轨道交通穿越温泉地热资源提供了参考和借鉴。

关键词:市郊铁路;温泉;热储构造;地热资源;线站位方案

中图分类号: U239.5

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)04-0294-05

0 引言

随着国内轨道交通的快速发展,城市轨道交通工程难免会穿越温泉地热资源,而地热资源是宝贵的地下水资源,工程建设会对地热资源造成一定影响,从而引起地下水地热资源的流失。

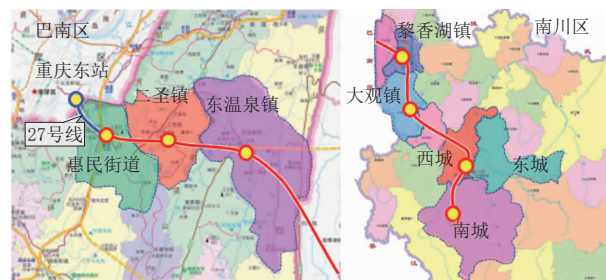
国内部分专家和学者针对轨道交通工程穿越地下热水资源进行了研究,如胡锴^[1]从地下水环境角度分析研究福州地铁2号线隧道下穿福州地热田对地下热水资源造成的影响,提出了工程建设和运营期间避免对地下热水资源造成不良影响所采取的措施;徐成华等^[2]结合南京城际铁路宁句线工程地质和水文地质条件,研究分析了工程建设对汤山温泉地下热水资源的影响,结果表明工程建设和运营对汤山温泉地下热水资源环境影响甚微。

虽然国内专家和学者在轨道交通工程对地下热水资源的影响方面有过一定研究,但更侧重于建设阶段工程建设对地下热水资源影响的分析。本文立足于市郊铁路重庆中心城区至南川线工程前期设计阶段,研究了线、站位方案对重庆市东温泉地下热水资源的影响,供轨道交通从业者参考和借鉴。

1 工程概况

市郊铁路重庆中心城区至南川线工程起于地铁27号线终点惠民站,终止于南川城区,串联起巴南

区和南川区,沿线途径惠民片区、二圣镇、东温泉镇、黎香湖镇、大观镇和南川城区。本工程在惠民站与地铁27号线贯通运营,并可实现换乘,最高运行速度为160 km/h^[3]。本工程在巴南区和南川区的线路示意图见图1。



(a)巴南区线路示意图

(b)南川区线路示意图

图1 本工程线路示意图

本工程服务的东温泉镇镇域常住人口约1.90万人,镇区分为东泉片区和五布片区,两片区之间相距约3 km,拥有省级东温泉风景名胜区和东温泉旅游度假区,同时存在丰富的温泉地下热水资源。东温泉镇景点分布于东泉片区及其周围,见图2。

重庆市温泉资源丰富,全市共224处温泉资源点,拥有“世界温泉之都”的美誉。其中东温泉风景名胜区位于重庆市巴南区东温泉镇境内。该镇是中国十大温泉之乡核心区,拥有十分丰富的温泉资源,温泉总储量近45亿m³,现有温泉资源9处,日总出水量约1.68万m³;泉质以硫酸盐型为主,泉温最高达52.5℃,拥有世界唯一恒温40℃的“温泉卡斯特”热洞,是中国五大裸浴文化聚集地之一,名扬海内外,堪称亚洲一绝、国之瑰宝。东温泉镇境内的热洞温泉已

收稿日期: 2023-05-24

作者简介: 张文正(1988—),男,硕士,高级工程师,从事城市轨道交通设计工作。



图2 东温泉镇景点成功申报为世界自然遗产^[4]。

2 东温泉镇温泉分布情况

东温泉镇东泉片区内温泉分布有2种形式,分别为天然出露的温泉和人工钻井揭露的温泉。天然温泉和人工温泉主要位于东泉片区,分布于五布河两侧范围内。东温泉镇温泉分布图见图3。



图3 东温泉镇温泉分布图

2.1 天然温泉

东泉片区内的天然温泉主要分布在东温泉镇五布河两侧,其中北侧有8处,南侧有4处。北侧温泉的出露层位为嘉陵江组三段、四段和雷口坡组,出露标高为216~275 m,其水质类型均为SO₄-Ca型。五布河南侧有4处温泉出露(其中桥下游近岸边一水下温泉及仙女洞附近河水下的一处温泉被河水淹没),均出露于雷口坡组及嘉陵江组四段地层中,出露标高为216~265 m,流量为0.04~0.51 L/s,水温为32~42℃,其水质类型均为SO₄-Ca型。

2.2 人工温泉

东泉片区内的人工温泉数量较少,主要集中于南侧,沿五布河分布。泉口高程220~250 m,井深不等,差异较大;水头标高2.65~89.35 m;水质温度37~53℃,水质类型为SO₄-Ca型。

3 东温泉热储构造

温泉地下热水资源的热储结构主要有层状热储和带状热储2类。东温泉镇东泉片区内的温泉地下热储结构属于层状热储,由热储层位、热储盖层、热储下部隔水岩层3部分组成^[4]。东温泉镇温泉地下热储构造图见图4。

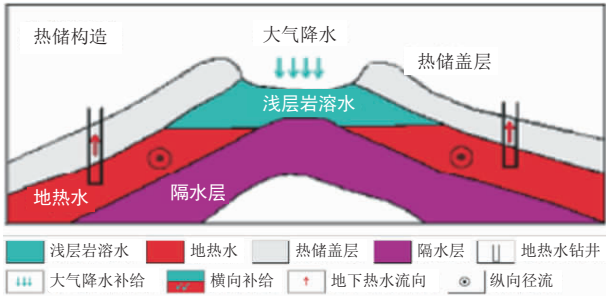


图4 东温泉镇温泉地下热储构造图

3.1 热储层

东温泉镇温泉地下热储层由三叠系下统嘉陵江组灰岩、白云岩及盐溶角砾状灰岩地层组成。其中,嘉陵江组第二段(T_{2j}²)为主要热储层;嘉陵江组第一(T_{2j}¹)、三(T_{2j}³)、四段(T_{2j}⁴)及雷口坡组(T_{2l})为次要热储层。

3.2 热储盖层

热储盖层为覆盖在热储之上的不透水或弱透水岩层的总称,其作用是防止热储层中热能的散失,通常将覆盖在主要热储或开发利用热储之上的地层统称为主要热储盖层,由第一盖层上三叠统须家河组(T_{3xj})碎屑岩层(厚375~425 m)、第二盖层侏罗系(J)红色砂、泥岩地层(厚度大于1 000 m)共同组成。

3.3 下部隔水层

热储结构的下部隔水层主要由下三叠统飞仙关组(T_{3f})碎屑岩夹碳酸盐岩地层组成,其厚度大于500 m。泥页岩层孔隙度低、渗透率小、热导率低、基本不具备越流条件,可有效控制地热水向深部运移,形成隔水底板。

4 线、站位方案研究

本段线路主要服务于东温泉镇,线路走向为二圣镇→东温泉镇→黎香湖镇,东温泉站设于东温泉镇,呈东西向敷设。站位周边现状为零星居民自建房,其余为空地,地形为中低山地貌,车站周边地形起伏较大,镇区地下温泉资源丰富。车站周边的国土空间规划主要以商业用地、居住用地和旅馆设施用地为主。车站南侧为东泉镇区核心区,西南侧存在地

热资源保护点(泉井和热洞),车站主要服务于东温泉镇、省级风景名胜区和旅游度假区的客流出行服务。

该段线路主要考虑的因素有:线路的服务功能;对东温泉地热资源、省级风景名胜区核心景区、森林公园、水源保护地、渝湘复线高速和镇区内文物点的影响等。方案研究过程中,重庆市有关部门要求加强对东温泉地热资源的保护,减少对地热资源的影响。现结合沿线的控制点对该段线路进行研究和比选。

4.1 方案一:东温泉站方案

方案一服务于东温泉镇、东温泉风景名胜区、东温泉旅游度假区，推动东温泉镇争创国家温泉旅游名镇、打造世界一流温泉旅游名镇。线路未穿越一级水源保护区和温泉热储层，对地热资源基本无影响，但穿越东温泉风景名胜区核心景区。经与重庆市相关主管部门沟通，同意东温泉风景名胜区和森林公园的调规手续，该方案的线路敷设方式符合环保要求。线路长度为 28.33 km，其示意图见图 5。



图 5 方案一线路示意图

方案一的车站设于东泉片区范围内(见图6),线路平面避开泉井和热洞的保护范围,车站周边规划商业、居住和公共服务设施用地。



图 6 方案一车站位置图

根据本项目的工程地质勘察资料,车站的地质情况主要为灰岩(T_{1j} 、 T_{2L})、页岩(T_{3xj})、砂岩(T_{3xj})^[5]。其中灰岩为热储层,不能采用隧道穿越;页岩和砂岩属于热储盖层。

该方案中,为减少线路对温泉地热资源的影响,隧道段不能穿越热储层(即灰岩),需抬高穿越灰岩地段的线路标高,故车站轨面标高为 286 m,东温泉站为地面车站。方案一东温泉站的线路纵断面图见图 7。

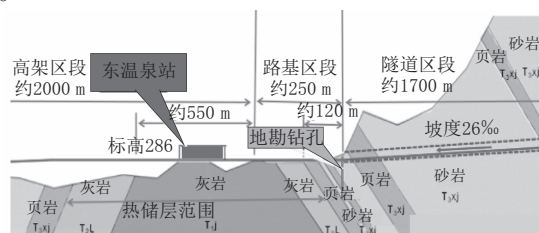


图 7 方案一东温泉站的线路纵断面图

为探讨本项目对东温泉地热的影响,组织了专项审查会,专家认为方案一对东温泉地热资源基本无影响,风险基本可控^[6]。

4.2 方案二:东温泉北站方案

由于方案一穿越了东温泉省级风景名胜区核心景区,为减少对生态环境的影响,方案二向北避让核心景区,线路服务于东温泉旅游度假区,但车站无现状和规划客流支撑。线路长度为 29.21 km,其示意图见图 8。

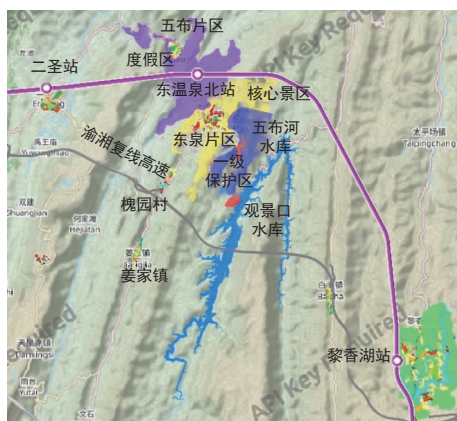


图 8 方案二线路示意图

方案二的车站设于东泉片区与五布片区之间,距离五布片区 1 km,距离东泉片区 2 km,车站周边现状为村落,规划 1 处交通枢纽设施用地。方案二车站位置图见图 9。

结合车站的地形和工程地质勘察资料,车站为高架车站,轨面标高为 240 m。东温泉北站-黎香湖站区间穿越了须家河组砂岩,属于热储盖层,对温泉地热资源影响小。方案二东温泉北站的线路纵断面图见图 10。

4.3 方案三:东温泉南站方案

方案三向南避让核心景区，同时东温泉南站兼顾姜家镇槐园村的客流出行，距离东温泉镇东泉片

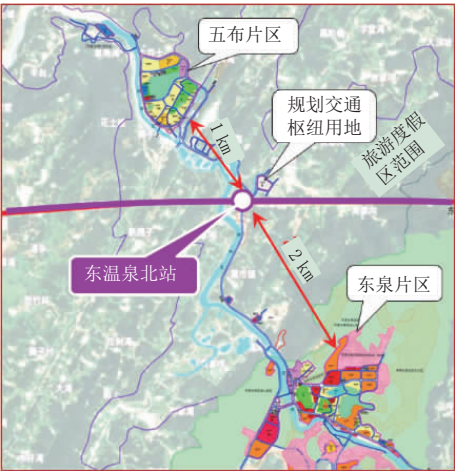


图9 方案二车站位置图

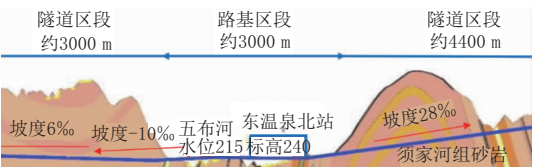


图10 方案二东温泉北站的线路纵断面图

区3 km,不利于东温泉风景名胜区和旅游度假区的发展;同时仍需穿越热储层,对温泉地热资源影响大。线路长度为27.46 km,其示意图见图11。



图11 方案三线路示意图

方案三的车站设于姜家镇槐园村(见图12),槐园村的常住人口1200人,且距离东温泉镇较远,线路服务功能差。

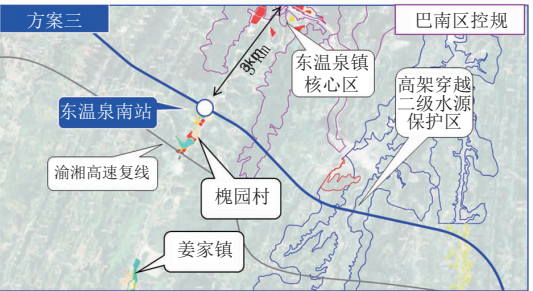


图12 方案三车站位置图

根据方案三的工程地质勘察资料,车站的地质情况主要为灰岩(T_{1j} 、 T_{2L})、页岩(T_{3xj})、砂岩(T_{3xj})、

上三叠统须家河组(J_{2x})和下侏罗统(J_{1z}),其中灰岩为热储层,不能采用隧道穿越;页岩和砂岩属于热储盖层。结合车站的地形和工程地质勘察资料,车站为高架车站,轨面标高为323 m;隧道穿越热储层范围长度为1.04 km。该方案对地热资源影响较大^[6]。方案三东温泉南站的线路纵断面图见图13。

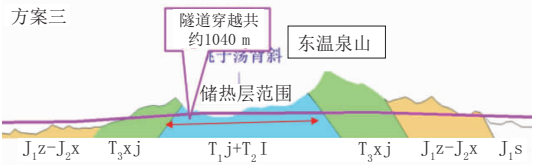


图13 方案三东温泉南站的线路纵断面图

4.4 方案比选

表1列出了3种方案比较项目。由表1可知,方案一服务功能最好,工程投资最省,对东温泉地热资源基本无影响,风险可控。考虑本工程的功能定位和车站的服务功能,现阶段推荐采用方案一,将东温泉站设于东温泉镇区范围内。线路平面沿镇区北侧敷设,线路平面避开泉井、热洞和建筑物等控制点;纵断面尽量抬高,减少因穿越东温泉山隧道而对地热资源带来的影响。下阶段根据工程专项水文地质调查开展专项设计论证,指导工程具体实施方案。

5 结 语

- (1)线路采用路基和高架敷设时,不影响东温泉地热水资源的补给、径流与排泄,路基和高架敷设不影响东温泉热储构造,对东温泉地热资源无影响。
- (2)线路采用隧道敷设时,隧道穿越热储层对东温泉地热水资源的补给、径流与排泄有一定影响,会引起东温泉地热水的衰减和流失。
- (3)隧道穿越热储盖层,隧道底部位于热储层以上时,工程建设不影响东温泉地热水资源的补给、径流与排泄,且热储盖层仍保留相当大的厚度,隧道断面相对整个盖层厚度而言非常小,对盖层不产生影响,不会引起东温泉地热水的衰减和流失,对地热水资源基本无影响。
- (4)受专业和设计深度限制,本文结合工程地质勘察资料,仅从线、站位方案和施工工法等方面对东温泉地热水资源的影响进行了研究和分析。后续专项设计和施工方案的分析,有待进一步研究和深化。

参考文献:

[1] 胡赟.浅析轨道交通工程对地下热水资源的环境影响[J].铁道勘测与设计,2012(4):80-82.

[2] 徐成华,于丹丹.宁句线城际轨道交通工程对南京汤山地下热水环

表1 方案综合比较表

比较项目	方案一	方案二	方案三
线路走向	东温泉镇东泉片区	东泉片区与五布片区之间	姜家镇槐园村
线路长度/km	28.33	29.21(+0.88)	27.46(-0.87)
敷设方式/km	地下线:14.870;高架线:9.740;地面线:3.720	地下线:15.270;高架线:9.960;地面线:3.980	地下线:17.050;高架线:8.080;地面线:2.330
东温泉站标高/m	286(地面)	240(高架)	323(高架)
黎香湖站标高/m	806.139(地面)	806.139(地面)	730.04(埋深35~80)
车站周边现状	东温泉镇人口1.9万人;车站设置在东泉片区,发展较为成熟	东温泉镇人口1.9万人;车站设置在五布片区与东泉片区中间,现状为村落	槐园村人口0.12万人
车站周边规划	车站周边规划大量商业、居住和公共管理设施用地	位于东温泉旅游度假区范围内,车站周边暂无规划	非重点镇的一般村
东温泉站周边开发	划入城镇开发边界内的建设用地380亩	距离东温泉镇区相对较远,以服务规划旅游度假区为主	不利于东温泉镇发展
车站服务功能	主要服务于现状镇区、东温泉风景名胜核心区核心景区,服务功能好	主要服务于东温泉旅游度假区、东泉片区及五布片区,分别相距约1km和2km,服务功能较差	距离东温泉镇区3km,服务最差
穿过热储层长度/m	无	无	1040
穿越省级风景名胜核心区核心景区	穿越长度1.99km(高架900m+隧道1.09km)	避让	穿越长度400m,全隧道
与泉井相对关系	隧道标高286~288m,高于温泉群最大出露标高约21~23m(216~265m)	远离东泉镇区泉井、热洞	穿越热储层标高323m,高于温泉群最大出露标高58m
优点	不穿过热储层,绝对标高较高,工程建设对温泉地热基本无影响;车站位于现状镇区,周边产业及配套较成熟;工程投资最省	避让东温泉省级风景名胜核心区核心景区;位于规划旅游度假区中心,对建设度假区发展有促进作用	避让东温泉森林公园
缺点	穿越东温泉省级风景名胜核心区核心景区,市相关部门同意调规;东温泉站位于建成区,可开发空间相对较小	车站位于东温泉两现状片区中心,距离较远,服务能力较弱;线路较长,工程投资较大	距离东温泉镇区3km,无法服务风景名胜;槐园村现状人口0.12万人,服务功能差;穿过热储层较长,对地热资源影响最大;高架和隧道占比最高,工程投资最大;黎香湖站埋深较大,工程投资大
工程费用/亿元	51.98	55.89(+3.91)	56.89(+4.91)
结论	推荐	不推荐	不推荐

境影响分析[J].工程勘察,2018(3):41-47.

[3] 重庆市发展和改革委员会. 关于市郊铁路重庆中心城区至南川线工程可行性研究报告的批复[R].重庆:重庆市发展和改革委员会,2022.

[4] 张彦普.重庆市东温泉地热地质特征及成因模式探讨[J].地下水,2018,40(1):36-40.

[5] 重庆市勘测院. 市郊铁路重庆中心城区至南川线工程岩土工程勘察报告[R].重庆:重庆市勘测院,2022.

[6] 重庆市地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队. 市郊铁路重庆中心城区至南川线工程建设项目建设场地地质灾害危险性评估报告[R].重庆:重庆市地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队,2022.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com