

文章编号:1009-3087(2013)04-0055-07

城市轨道交通线网规划中的岩土工程分析

——以成都地铁2号线一期工程东段为例

张毅

(西南交通大学 交通运输与物流学院,四川 成都 610031)

摘要:在城市轨道交通线网规划中,岩土工程分析是一重要环节。作者以成都地铁2号线一期工程东段为例,进行了岩土工程分析。该地铁段设计全长约13.30 km,沿线设计11个车站和12段区间隧道,工程地质条件、水文地质条件及周边环境复杂。通过对该段的自然地形地貌、地层岩性、区域地质构造、稳定性以及岷江水系I、II级阶地的地质环境、所在地铁站点的岩土工程特性进行全面勘察和综合分析,为地铁工程的规划建设提供了施工建议和对策。

关键词:成都地铁2号线;地质勘察;岩土工程

中图分类号:U239

文献标志码:A

Geotechnical Engineering Analysis for Planning of No. 2 Chengdu Metro Line

ZHANG Yi

(School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong Univ., Chengdu 610031, China)

Abstract: The eastern section of Chengdu Metro Line 2 project is 13.30 km, and has 11 stations and 12 interval tunnel engineering. Its geological conditions, hydrology geological conditions and the surrounding environment are very complex. According to the natural topography, lithology, regional geological structure, and stability of the geotechnical characteristics of the eastern section of the project of No. 2 Chengdu Metro Line, comprehensive investigation and comprehensive analysis on geotechnical engineering characteristics were conducted, especially on geotechnical engineering characteristics of the Minjiang River system I and II order level. Finally, engineering advices were provided and applied in the scientific planning and construction of the subway project design for No. 2 Chengdu Metro Line.

Key words: No. 2 Chengdu Metro Line; geotechnical investigation; geotechnical engineering

在城市轨道交通建设项目规划中,岩土工程分析是一重要环节。许多专家学者从勘察规范与岩土工程基础性科学技术方面进行了深入研究。同时,针对各个城市地铁建设中不同的特殊岩土工程问题开展了大量的工程应用研究。

许崇华等^[1]针对城市轨道交通岩土工程勘察及勘察执行标准选择的重要性,指出城市轨道交通岩土工程勘察的配套规范应参照铁路系统的有关规范,而不应参照建设系统的有关规范。刘永勤^[2]指出城市轨道交通工程对勘察工作的要求远远高于一般工民建和铁路、道路工程。进行城市轨道交通工程勘察必须牢牢把握其线路的特征、城市环境、精密岩土工程等特点。张进等^[3]指出地铁工程所涉

及的岩土工程问题,如沉降、地下水、渗流和渗透等,制约着地铁工程的发展,进行地铁开发研究时要充分地考虑和调查研究城市地铁所涉及的岩土工程问题。龚启昌等^[4]从岩土工程角度介绍了冻结土的形成及其工程力学性质,全面地阐述了冻结土的岩土工程勘察、冻结土工程设计与施工要点。

结合各个城市地铁建设中的实际问题,有关人员开展了大量的工程应用研究。徐岩等^[5]针对沈阳地铁1号线工程,结合明挖法、盾构法、施工降水等主要施工手段,分析了砂性地层中与地铁施工相关的支护结构变形、位移、流沙、管涌以及与施工降水相关的土体固结和地下水环境的变化等岩土工程问题。简文彬等^[6]针对福州轨道交通建设过程中遇到的隧道掘进范围内的承压含水层、软土的大变形与低强度、深大基坑开挖施工引发的可能灾变等岩土工程问题,开发了适合该地区岩土条件的新技术和新工艺,以及采用信息化施工的新技术。程东

收稿日期:2013-02-25

作者简介:张毅(1978—),男,博士生,高级工程师。研究方向:交通运输规划与管理。

海等^[7]总结了广州轨道交通工程岩土工程勘察与岩土参数取值的经验教训,提出了岩土参数取值的方法。石长礼^[8]针对苏州轨道交通2号线太平车站段大面积填土和上盖物业综合开发的地基等问题提出了处理措施。沈日庚等^[9]以上海轨道交通11号线南段详勘N标段的实施为例,对轨道交通岩土工程勘察组织实施中的几个问题进行分析探讨。刘伟等^[10]以昆明轨道交通3号线为例,对3号线车站深基坑的工程地质及水文地质勘察,对场地的稳定性、基坑围护结构型式、降排水方案、基坑抗浮和隆起、基底处理及基坑施工等岩土工程问题进行了分析评价。章富远^[11]根据南昌轨道交通1号线岩土工程勘察中有关原位实测资料,探讨了不同原位测试方法确定各地基土层的基床系数。蔡伟忠^[12]针对宁波轨道交通西门口站的建设,提出了各项水土参数,并对场地的稳定性和适宜性、基坑围护结构形式、基坑坑底隆起和管涌、结构抗浮等岩土工程问题进行了分析评价。李荣强等^[13]对深圳地铁建设中涉及到的勘察、基坑支护、盾构施工等方面的岩土工程问题进行了总结。许再良等^[14]针对天津站交通枢纽轨道换乘中心工程的工程结构、地质条件、环境条件都极为复杂的情况,通过采用地质钻探、原位测试和室内外试验等综合勘察方法,查明了场地的工程地质和水文地质条件,提出了各项水土参数,并对场地的稳定性和适宜性、基坑围护结构型式、基坑坑底隆起和管涌、结构抗浮、降水控制等岩土工程问题进行了分析评价,提出了有针对性的工程措施意见。唐传政等^[15]结合武汉轨道交通2号线一期工程,对武汉市轨道交通地下工程可能出现的环境岩土问题进行了分析。

为此,作者以成都地铁2号线一期工程为例,开展了自然地形地貌、地层岩性、区域地质构造及稳定性等岩土工程特性的全面分析,提出地铁工程的规划建设的设计和施工方案。

1 工程概况

成都地铁2号线一期工程东段设计起点为天府广场,设计终点为龙泉大面镇,全线长共约13.30 km。沿线设春熙路站、东门大桥站、牛王庙站、牛市口站、钢管厂站、塔子山公园站、沙河堡站、东广场站、东洪路站、东部副中心站和经干院站等11个车站和12段区间隧道。沿线下穿府河、一环路、二环路、沙河、秀水河、东风支渠、新成昆铁路线和三环路等。

2 区域工程地质特征勘察

根据地铁2号线地质情况,采用综合勘察方法对区域内的地形地貌、地质构造、地层岩性、水文地质学工程地质特性进行勘察。方法为:1)收集、利用既有资料和初勘资料;2)地质调绘;3)钻探;4)探井;5)地球物理勘探:包括声波测试、视电阻率测试;6)原位测试:标准贯入、动力触探、旁压试验、K30试验、抽水试验;7)室内试验。

2.1 地形地貌

成都地铁2号线一期工程1标段跨越川西岷江水系I、II、III级阶地上。I、II级阶地为侵蚀—堆积地貌,III级阶地主要为山前台地地貌,次为侵蚀、剥蚀型丘、岗、谷地貌。区间内地形起伏较大,总趋势为东高西低。

1)川西平原岷江水系I级阶地:主要分布于天府广场站(里程YCK31+116.98)—牛王庙站—牛市口站区间(里程YCK35+643.05),全长约4.5 km,地形较平坦,地面高程(以钻孔标高为准)496~503 m,相对高差约7.0 m。沿线主要分布在城市主城区,交通繁忙、高楼林立。

2)川西平原岷江水系II级阶地:主要分布于牛王庙站至牛市口站区间(里程YCK35+643.05)—钢管厂站—塔子山公园站区间(里程YCK37+300.00),全长约1.7 km,地形较平坦,地面高程(以钻孔标高为准)497~499 m,相对高差约2.0 m。

3)川西平原岷江水系III级阶地:主要分布于钢管厂站—塔子山公园站区间(里程YCK37+300.00)—设计终点(里程YCK44+880),全长约7.5 km,地形东高西低,地形起伏较大,地面高程(以钻孔标高为准)493~540 m,相对高差约47.0 m。

2.2 地质构造

成都平原在构造位置上处于中国新华夏系第三沉降带之川西褶皱的西南缘,界于龙门山隆褶带山前江油—灌县区域性断裂和龙泉山褶皱带之间,为一断陷盆地。该断陷盆地内,西部的大邑—彭县—什邡和东部的蒲江—新津—成都—广汉2条隐伏断裂将断陷盆地分为西部边缘构造带、中央凹陷和东部边缘构造带3部分。

东部成都凹陷属川西平原一部分,川西平原北起安县,南至名山,西抵灌县(现都江堰市),东达龙泉山麓,呈北30°东方向展布,拗陷带西陡东缓,呈不对称状。拗陷带中苏码头背斜和藉田向斜及其有关断裂形迹明显,其中李红塘断层(线路里程

ACK43 + 820)位于苏码头背斜西北翼近顶部地方,断层北东段比较稳定,在大面镇西苍溪组逆掩在夹关组之上,断距约100 m。断层上盘地层老,倾角平缓;断层下盘较新,在断裂处常呈直立或倒转产出。据调查李红塘断裂在东部副中心站至经干院站区间隧道范围已邻近其北东消失段,断裂由车辆段西侧经东部副中心站至经干院站区间隧道的钻孔M2Z3 - DJ - 025 和 M2Z2 - SJ - 004 与 M2Z3 - DJ - 026 之间通过,断裂走向北 40° ~ 50° 东,倾向南东,倾角 20° ~ 30° ,垂直断距30~50 m。破碎带主要由全风化泥岩和强风化细砂岩组成,断层上、下盘岩层倾角平缓,但在断裂处岩层常出现直立或倒转,宽度5~15 m。

成都市区距龙泉山褶皱带20 km,距龙门山隆褶带60 km,区内断裂构造和地震活动较弱,历史上从未发生过强烈地震,龙门山隆褶带断层地震活动较为频繁,对成都市区有一定影响。从地壳的稳定性来看应属基本稳定区。

2.3 地层岩性

段内均为第四系(Q)地层覆盖。其中,地表多为第四系全新统人工填土(Q_4^{ml})覆盖层,其下为第四系全新统冲积层(Q_4^{al})和上更新统冲洪积层(Q_3^{al+pl})黏性土、卵砾石土夹砂透镜体;第四系中、下更新统冰水沉积层(Q_2^{gl-1})黏性土、含黏土卵石、含卵石黏土及少量砂透镜体;下伏白垩系上统灌口组(K_{2g})泥岩、白垩系上统夹关组(K_{2j})和白垩系下统天马山组(K_{1t})泥岩、泥质砂岩、砂岩和砾岩。

2.4 水文地质

根据成都区域水文地质资料和地下水赋存条件,成都地铁2号线一期工程水文地质条件如下:Ⅰ、Ⅱ级阶地地下水类型,主要有2种类型:第四系松散土层的孔隙潜水或孔隙水,基岩裂隙水。Ⅲ级阶地地下水类型主要有4种类型:赋存于黏土层之上的上层滞水,赋存于黏土中的裂隙水,第四系松散土层(含卵石黏土和含黏土卵石)的孔隙水,白垩系基岩裂隙孔隙水。

3 站点岩土地质分析

3.1 岩土地质分析指标及方法

本阶地主要位于主城区繁华地段,如春熙路商业圈。沿线人流密度大,交通繁忙,建(构)筑物和地下管线密布,对勘察工作的开展带来较大的困难。线路主要穿越府河和沙河。其常年蓄积有河水,对河上钻探工作开展带来较大的困难。

对此,采取统一规格的挡板围护施工现场,对于地下建(构)筑物和地下管线密布的地段,采取先调查,收集资料,后物探等手段,确定无任何障碍物后,再进行钻探,具体采用以下方法获得各项岩土地质指标。

1)采取植物胶护壁,双层单动金刚石钻机方法,提高采取率;在探井中取卵石大样,确定其粒径组成,切片做卵石的抗压强度。

2)各工点加大对膨胀岩、土取样数量,对于膨胀岩、土特殊性指标(如膨胀力),在加大试验数量同时,根据规范采用合理的试验流程和数理统计方法,提出合理的室内膨胀岩、土力学指标。

3)在沿线各工点设置PVC管观测孔,并利用探井和水文钻孔测得地下水水位及渗透系数;孔内声波测试与地质勘探相结合,确定围岩分级;实施探井,采取K30试验方法测得基床系数;取卵石大样,做室内大剪试验,确定卵石层天然和饱和抗剪强度值。

3.2 岩土地质分析结果

3.2.1 Ⅰ级阶地

包括春熙路站(包括3号线春熙路站)、东门大桥站和牛王庙站共3个车站。

1)春熙路站是地铁2号线和3号线的换乘站,车站位于红星路三段步行街与锦江街交叉口的地面下方,2号线沿锦江街呈东西走向,3号线沿红星路步行街东侧呈南北走向。2、3号线车站呈“T”型相交,2号线车站为地下三层岛式车站,站台宽度13.5 m,3号线车站为地下二层侧式车站,侧站台宽度均为5.9 m。地下三层大基坑(深为24.90 m)等级定为特级,地下二层大基坑(16.40 m)等级定为一级。

根据勘察分析,建议春熙路站采用管井井点降水,围护结构采用人工挖孔桩,桩间挡土采用挂网喷射混凝土,采用整体性较好的钢筋混凝土内支撑体系支护,明挖法施工。

2)东门大桥站为成都地铁2号线的中间站,位于东门大桥以东,芷泉街上。为地下三层岛式车站,在主体结构底板下设置抗拔桩,桩长10 m。地下三层大基坑等级定为特级。左端头井端墙及芷泉街侧部分标准段基坑围护结构采用咬合桩,其余部分基坑围护结构采用人工挖孔-冲孔灌注桩。采用整体性较好的钢筋混凝土内支撑体系。

3)牛王庙站是地铁2号线和远期规划6号线的换乘站,车站位于一环路东4段、东5段和牛王庙下街“十”字交叉口东侧,靠牛王庙下街南侧呈西北至

东南分布,为地下岛式车站,站台宽度 10.0 m。车站东端有站后存车线,地下二层基坑等级定为一。地下基坑围护结构采用人工挖孔桩,钢内支撑体系。对牛王庙站的降水施工宜采用管井井点降水,明挖法施工。

然而在实际的施工中,对牛王庙站采用半盖挖法^[16],有效解决地铁车站施工用地、工期要求紧迫与地面交通、周边环境之间的矛盾,并且工程投资较为合理。

3.2.2 II级阶地

1) 牛市口站是地铁 2 号线的中间站,为地下二层岛式车站,站台宽度 10.0 m,为双层双跨现浇钢筋混凝土箱型框架结构。地下二层大基坑(17.6 m)等级定为一。围护结构采用人工挖孔桩加整体性较好的内支撑体系。

2) 钢管厂站是地铁 2 号线的中间站,车站位于东大街东延线的地面下方,为地下二层岛式车站。车站主体为二层单柱双跨现浇钢筋混凝土箱型结构型式,车站侧墙结构采用复合墙体系。

对这 2 个站点的降水施工宜采用管井井点降水,明挖法施工。

3.2.3 III级阶地

本阶地位于成都东部台地地区,起于钢管厂站至塔子山公园站区间(里程 YCK37+300),止于设计终点(里程 YCK44+800),全长 7.5 km。包括塔子山公园站、沙河堡站、站东广场站、东洪路站、东部副中心站和经干院站共 6 个站。以及塔子山公园站至沙河堡站区间、沙河堡站至站东广场站区间、站东广场站至东洪路站区间、东洪路站至东部副中心站区间、东部副中心站至经干院站区间和车辆段线区间共 6 个区间。

4 站点岩土工程评价分析与施工方法

4.1 岩土工程分析

地下车站设计均为地下双层双跨或三层三跨结构。采用管井井点降水,明挖法施工,局部盖挖。顶板埋深 1.0~2.0 m,结构侧壁所处地层为第四系人工填土层(Q_4^{ml})、冲积层(Q_4^{al})和冲洪积层(Q_3^{al+pl})的黏性土、砂土及卵石土(卵石土夹透镜状砂及零星漂石)和白垩系上统灌口组(K_{2g})泥岩。底板埋深 16.1~24.9 m,所处地层除牛王庙站局部为粉质黏土、砂土、卵石层外,其余均为白垩系上统灌口组(K_{2g})泥岩。

4.2 工程地质条件及评价

场地的稳定性除 I 级阶地的砂土和粉土为液化土层外,无其他不良地质作用,未发现断裂通过,不具备产生滑坡、崩塌、陷落等地震地质灾害的条件,环境工程地质条件较简单。综合判定,本工程场地稳定。

4.2.1 地基土稳定性

车站基坑边坡主要为黏性土、卵石层夹透镜体状砂,自稳性差,易坍塌;车站底板附近的泥岩,属膨胀岩,对车站主体工程有一定影响,施工中应进行全坑壁支护。

4.2.2 地下水对工程的影响

车站砂卵石土层中地下水量丰富,地下水水位高,特别是东门大桥站紧邻府河,府河河水与车站有一定的补给关系。因此,施工中采取降水及防、排水措施。

4.2.3 水、土的腐蚀性

地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性,对钢结构具弱腐蚀;场地地基土(主要土层)对混凝土结构无腐蚀性;对钢筋混凝土结构中钢筋无腐蚀性,对钢结构不具 PH 值的腐蚀性。按电阻率试验判定,土对钢结构具有弱—强腐蚀性。建议按《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046)采取相应防腐措施。

4.2.4 地基土的膨胀性

本阶地黏土属膨胀土、泥岩属膨胀岩,车站基础及围护桩均置于岩土层上,故膨胀岩土的膨胀性对本工程有一定影响。

4.2.5 建筑场地的适宜性

总体上场地稳定,地基土(卵石土、泥岩)力学强度高,开挖深度内地基土自稳性差,地下水对工程建设影响较大,但采用相应的工程处理措施后,能够克服其影响。综合分析,场地较适合建筑。

4.2.6 施工方案的合理性

段内地下车站均处于成都市主城区,地面交通繁忙,人口众多,两侧建筑物密集。车站主体结构所处地层主要为第四系卵石土夹透镜体砂层及零星漂石,围岩自稳性差,透水性强,地下水位高。结合上述环境和地质条件,从经济性角度考虑,地下车站无放坡条件,初步设计可采用管井井点降水、人工挖孔桩支护,内支撑体系,明挖法施工。

5 工程设计

根据沿线的岩土工程特性的勘察和分析,进行

工程设计。

5.1 基坑围护结构

东门大桥站西侧紧邻府河,地下水位较高,基坑埋深约20.3 m,为特级基坑。根据设计方案和场地工程地质条件,基坑主体围护结构西段和风管围护结构采用咬合桩,其余段采用人工挖孔-冲孔灌注桩;围护结构的支撑系统采用钢管或数道钢筋混凝土水平支撑。

其余地下车站基坑开挖深度16.3~24.9 m,为特级基坑或一级基坑。根据初步设计方案和场地工程地质条件,基坑主体围护结构采用人工挖孔灌注桩;围护结构的支撑系统采用数道钢筋混凝土水平支撑。

基坑设计采用明挖法,车站基坑围护桩埋设深度通过对坑底土的抗渗流稳定性、抗倾覆、抗管涌等验算项目后确定,并进行专项设计和施工。基坑降水设计时,在进行降水方法的选择及降水井的布置时,考虑卵石土夹透镜状砂层渗透系数变化大的因素。

由于沿线车站地处交通繁忙地段,附近有众多地下管线,环境条件较为复杂,根据已有类同工程的经验,桩型采用非挤土的灌注桩,如人工挖孔灌注桩或钻孔灌注桩。

5.2 基础持力层的选择

牛王庙站底板基础位于粉质黏土、砂土、卵石土和泥岩层中。当基础位于砂卵石土或强、中风化泥岩上,砂卵石土和强、中风化泥岩强度较高,变形小,可直接作为车站持力层;当基础位于粉质黏土、砂土或全风化泥岩上,应用素混凝土或砂卵石土对其进行清除换填至设计标高,换填后的砂卵石回填指标应满足设计要求;当基础下卧一定厚度的粉质黏土、砂层透镜体或条带时,对其进行下卧层验算,若不能满足要求,则需进行加固处理,如换填、地基处理等措施。

春熙路站、东门大桥站、牛市口站和钢管厂站底板处于强、中风化泥岩上,强、中风化泥岩强度较高,变形小,可直接作为车站持力层。

围护及抗拔桩以中风化泥岩作为桩端持力层,桩端嵌入深度由计算确定。桩型可选择大直径灌注桩。由于泥岩具膨胀性,设计土体回弹可能引起的桩基拉裂问题,要考虑膨胀岩对工程的影响。

5.3 膨胀土环境设计

膨胀土具有遇水软化、膨胀、崩解,失水开裂、收缩的特点。成都市大气影响急剧深度为1.35 m,大

气影响深度为3.0 m。车站附属建筑物基础埋深不少于1.5 m。

由于车站位于膨胀土地区,建(构)筑物基础设计按《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ 112—87)设计。

成都膨胀土的天然含水量相对较高,失水收缩性明显,有时甚至超过膨胀危害。基坑开挖暴露后应及时做好坑壁支护措施并及时封闭。对于车站采取永久性支护措施,如人工挖孔桩结合喷锚等,并进行专项设计与施工。

车站附属结构当用膨胀土作为地基土时,应首先满足基础埋深不小于1.5 m,如有必要,可对膨胀土进行处理。如改良土质法、清除处理或其它方法等。

5.4 其他

地下水对钢结构具弱腐蚀,对钢结构采用适当的防腐措施。按电阻率试验判定,土对钢结构具有弱-强腐蚀性。按《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046)采取相应防腐措施。

由于地下水的水压力及浮托作用,采用抗浮设计水位。

采用井点法降水。降水过程中,防止带走卵石中的砂等细颗粒,引起卵石土性质的改变。

6 工程施工

施工中可能出现基坑坑壁坍塌、流砂、管涌、地面和周边构筑物沉降、变形、塌陷、膨胀岩土的影响和有害气体等工程地质问题。

6.1 降水、排水

基坑降水采用井点法降水。基坑降水井施工时注意确定井管缠丝间距、井管周围的填砾厚度、填砾滤料的级配,以形成良好的反滤层防止细小颗粒大量流失,防止潜蚀或管涌的产生。要避免长距离、大范围的施工降水;降水管井设计要合理选用滤石料,避免因降水而引起的地面和周边构筑物沉降、变形和塌陷。

采用管井降低地下水水位至设计基础底面标高以下不小于0.5 m。严格按《建筑与市政降水工程技术规范》(JGJ/T111—98)相关要求执行。

6.2 围护结构施工

人工挖孔桩施工按照设计要求护壁圈施工;人工挖孔桩施工采取间隔跳跃挖桩的方式进行;灌料时,相邻周边桩内不能同时进行人工作业。

东门大桥站人工-钻孔复合型桩施工时要防止

由于桩下部钻孔振动而导致上部已形成的人工挖孔桩垮塌或缩颈等现象。同时,处理好钻孔桩排浆等问题。由于车站西段紧邻府河,府河对车站地下水形成补给关系。基坑开挖或桩的施工,采取有效的降水措施(如增加井点降水的数量等),截断府河对站区的补给关系,确保基坑的安全。

6.3 基坑开挖

基坑开挖深度较大,会引起土体过大变形,动力作用下土体强度极易降低,因此在开挖过程中应尽量减少对土体的扰动。开挖中应充分利用土体时空效应规律,严格掌握施工工艺要点:沿纵向按限定长度逐段开挖,在每个开挖段分层、分小段开挖,随挖随撑,按规定时限开挖及安装支撑并施加预应力。

严格控制基坑开挖造成的水平位移。基坑边建筑物、重要管线密集,采用增加数道支撑及加大围护结构入土深度等方法。对采用钢支撑时,采取多次施加预应力可明显减少水平位移。

本工程基坑开挖深度较大且坑底置于泥岩层中,坑底土体会有一定的回弹,避免土体回弹对基坑支护结构、周围邻近已有建筑物、地下管线等产生的不利影响以及土体回弹可能引起的桩基拉裂问题。

基坑周围为卵石土夹透镜状砂层,含水量丰富,该层土在水头差的作用下易产生流砂或管涌现象。

卵石土夹透镜状砂自稳性差,易坍塌,基坑开挖到设计标高后要及时封闭以免造成超挖。

6.4 膨胀土施工

由于车站位于膨胀土地区,基础施工采用分段快速作业法,施工过程中不得使基坑(槽)曝晒或泡水;雨季施工采取防水措施。

基坑挖土接近基底设计标高时,在其上部顶留150~300 mm土层,待下一工序开始前继续挖除。验槽后,及时浇混凝土垫层或采取封闭坑底措施。封闭方法可选用喷(抹)1:3水泥砂浆或土工塑料膜覆盖。

施工灌注桩时,在成孔过程中不得向孔内注水。孔底虚土经处理后,向孔内浇灌混凝土。在成孔过程中,如遇上层滞水,要查找水源,及时封堵及疏排,严禁带水开挖。

建(构)筑物基础施工严格按《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ 112—87)施工。

膨胀岩土地区的施工期间排水和膨胀岩土的封闭(保持原状含水率)成为施工控制的关键问题之一。旱季施工,对于支护是一个有利条件。

基坑开挖前,应特别加强基坑周边上层滞水、施

工用水和大气降水的疏排工作,以免软化地基,降低地基土的承载能力。

施工中,应加强对基坑周边地表的巡视和观察,若发现周边地表有裂缝出现,应及时封闭。

7 结束语

成都地铁2号线目前已开通运用,由于前期的包括岩土工程特性等的地质勘察分析,为后期的设计和施工选择正确的方法提供了可靠依据,保证了整个工程建设得以顺利进行。

参考文献:

- [1] Xu Conghua, Zhou Zhongmin, Liu Yusan. Discussion on the geotechnical engineering exploration implementation standard of urban rail transit [J]. Shanxi Architecture, 2009, 35 (4): 109 - 111. [许崇华,周忠民,刘玉山.城市轨道交通岩土工程勘察执行标准的探讨[J].山西建筑,2009,35 (4): 109 - 111.]
- [2] Liu Yongqin. Characteristics of urban rail transit geotechnical engineering investigation [J]. Engineering Investigation, 2008 (S1): 13 - 15. [刘永勤.城市轨道交通岩土工程勘察的特点[J].工程勘察,2008(增刊1): 13 - 15.]
- [3] Zhang Jin, Yang Zeping. Main geotechnical engineering problems and analysis of the subway engineering [J]. Technology Square, 2011 (5): 189 - 192. [张进,杨泽平.地铁工程中的主要岩土工程问题及分析[J].科技广场,2011 (5): 189 - 192.]
- [4] Gong Qichang, Xu Minsheng. On geotechnical engineering of freezing method in the underground traffic construction [J]. China Municipal Engineering, 2009 (2): 42 - 43. [龚启昌,徐敏生.地下交通工程施工中冻结法的岩土工程问题[J].中国市政工程,2009(2): 42 - 43.]
- [5] Xu Yan, Zhao Wen, Li Shengang. Analysis of environmental geotechnical problems subway construction [J]. Engineering Investigation, 2007 (7): 11 - 14. [徐岩,赵文,李慎刚.地铁建设中的环境岩土工程问题分析[J].工程勘察,2007 (7): 11 - 14.]
- [6] Jian Wenbin, Li Run. Geotechnical engineering problems in Fuzhou rail transit construction [J]. Journal of Engineering Geology, 2010, 18 (5): 749 - 753. [简文彬,李润.福州轨

- 道交通建设中的环境岩土工程问题[J]. 工程地质学报, 2010, 18(5): 749 - 753.]
- [7] Cheng Donghai, Jiang Junjun. The value of rock & soil physical mechanical index in Guangzhou track transpiration projects[J]. Guangzhou Architecture, 2006(5): 1 - 6. [程东海, 蒋军军. 广州轨道交通工程岩土工程勘察的岩土参数取值方法[J]. 广州建筑, 2006(5): 1 - 6.]
- [8] Shi Changli. On geotechnical engineering problems & countermeasures of rail transit vehicle facilities & integrated bases[J]. China Municipal Engineering, 2012(1): 57 - 59. [石长礼. 轨道交通车辆设施与综合基地岩土工程问题及对策[J]. 中国市政工程, 2012(1): 57 - 59.]
- [9] Shen Rigeng, Chen Hongsheng. Organization and implementation of geotechnical engineering investigation in rail traffic project[J]. Shanxi Architecture, 2010, 36(30): 287 - 288. [沈日庚, 陈洪胜. 轨道交通工程岩土工程勘察的组织实施[J]. 山西建筑, 2010, 36(30): 287 - 288.]
- [10] Liu Wei, He Jialiang, Yang Wenhui, et al. Geotechnical engineering investigation for deep foundation pit of line 3 of Kunming rail transit and its evaluation[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2012(10): 106 - 110. [刘伟, 和佳良, 杨文辉, 等. 昆明轨道交通3号线深基坑岩土工程勘察与评价[J]. 铁道工程学报, 2012(10): 106 - 110.]
- [11] Zhang Fuyuang. Nanchang rail transit line 1 geotechnical investigations to determine foundation soil foundation-bed[J]. Journal of Chinese High-tech Enterprises, 2011(4): 30 - 32. [章富远. 南昌轨道交通1号线岩土工程勘察确定地基土基床系数的方法探讨[J]. 中国高新技术企业, 2011(4): 30 - 32.]
- [12] Cai Weizhong. Investigation of geotechnical engineering at Ximenkou Station in Ningbo rail transit as well as its evaluation[J]. Journal of Railway Investigation, 2011(3): 41 - 45. [蔡伟忠. 宁波轨道交通西门口站工程岩土工程勘察和评价[J]. 铁道勘察, 2011(3): 41 - 45.]
- [13] Li Rongqiang, Huang Liping. The geotechnical problems in Shenzhen rail transit construction[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2009, 20(1): 35 - 41. [李荣强, 黄力平. 深圳轨道交通建设中的若干岩土工程问题[J]. 地质灾害与环境保护, 2009, 20(1): 35 - 41.]
- [14] Xu Zailiang, Meng Qingwen, Zhang Yongfu, et al. The geotechnical engineering investigation of Tianjin traffic transfer junction center[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2008(6): 1 - 5. [许再良, 孟庆文, 张咏英, 等. 天津站交通枢纽轨道换乘中心工程岩土工程勘察[J]. 铁道工程学报, 2008(6): 1 - 5.]
- [15] Tang Chuazheng, Zhang Kaiping. The study on underground environmental geotechnical engineering problems for first term engineering of Wuhan metro line 2[J]. Geotechnical Engineering World, 2007, 11(2): 30 - 33. [唐传政, 张凯萍. 武汉轨道交通二号线一期地下工程的环境岩土工程问题[J]. 岩土工程界, 2007, 11(2): 30 - 33.]
- [16] Hou Zhaolu. Semi-covered excavation scheme for Niuwangmiao station on Chengdu metro line 2[J]. Modern Tunneling Technology, 2009, 46(1): 8 - 14. [侯昭路. 成都地铁2号线牛王庙车站半盖挖法设计[J]. 现代隧道技术, 2009, 46(1): 8 - 14.]

(编辑 陈晓红)