

大连临海超大深基坑旋喷桩止水帷幕施工技术

贺启鑫¹, 张智博², 季玉国³, 王卓⁴

(1. 内蒙古第四地质矿产勘查开发院, 内蒙古 乌兰察布 012000; 2. 中铁十四局集团有限公司, 山东 济南 250014; 3. 上海建通工程建设有限公司, 上海 230030; 4. 大连泛华工程建设监理有限公司, 辽宁 大连 116002)

摘要:大连临海区域地貌为冲海积阶地, 后经人工回填, 地质水文条件复杂, 既有天然沉积的土层和岩石, 又有回填的透水性很强的杂填土。其地下水位受海水影响, 下部为卵砾石及强风化基岩, 基岩面起伏较大。地铁车站超大深基坑开挖采用桩基围护结构加止水帷幕, 坑内深井井点方式降水。通过两次试桩及工艺参数优化, 高压旋喷桩止水帷幕达到理想效果。

关键词:临海基坑; 深基坑; 止水帷幕; 高压旋喷; 深井井点降水

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)12-0054-04

Technology of Rotary Jetting Pile Curtain Construction in Ultra Large Deep Foundation Pit in Dalian Coastal Area/HE Qi-xin¹, ZHANG Zhi-bo², JI Yu-guo³, WANG Zhuo⁴ (1. No. 4 Geology Minerals Investigation Development Courtyard of Inner Mongolia, Wulanchabu Inner Mongolia 012000, China; 2. China Railway Shisiju Group Corporation, Jinan Shandong 250014, China; 3. Shanghai Jiantong Engineering Consulting and Construction Co., Ltd., Shanghai 230030, China; 4. Dalian Fanhua Engineering Construction Supervision Co., Ltd., Dalian Liaoning 116002, China)

Abstract: Because of the artificial backfilling, the geological and hydrological conditions are complicated in Dalian near sea region, which was alluvial marine sedimentation terrace. The natural deposit soil and rock exists with strong permeable backfilled miscellaneous soil-filling. Pile foundation pit enclosure structure, water-proof curtain and deep well point dewatering were adopted for ultra large deep foundation pit excavation. By 2 pile tests and process parameters optimization, it was proved high pressure jet grouting pile waterproof curtain achieved ideal effect.

Key words: near sea foundation pit; deep foundation pit; water-proof curtain; high pressure jet grouting; deep well point dewatering

1 工程概况

大连地铁一号线工程港湾广场站位于临近大连港区域的人民路上, 东西向布置, 为地下双层岛式车站。该站设计总长为 179.4 m, 有效站台长度为 118 m, 站台宽 10 m, 线间距 13 m。车站主体基坑总长度 179.40 m, 宽 18.50 m, 深 16.6~18.9 m, 中间盖挖采用军用梁便桥体系, 长 30 m, 两侧明挖基坑长度分别为 97.9 m 和 51.5 m。围护结构采用钻孔桩加钢支撑联合支护体系。钻孔桩设计为 $\phi 1000@1400$, 钢支撑采用 $\phi 609$ mm 钢管, 间距 3 m。钻孔桩外侧采用双排三重管旋喷桩重叠 200 mm 作止水帷幕。车站共设 3 个出入口和 2 组风亭。1 号出入口沿人民路现状道路布置; 2 号出入口沿港湾桥布设; 3A 号出入口沿西向人民路南侧布置; 3B 号出入口

沿西向人民路北侧布置。

车站中心里程覆土厚度约 4.1 m, 地下一层为站厅层, 地下二层为站台层, 标准段宽 18.5 m。除 3 号出入口采用暗挖施工外, 车站均采用明挖法施工。基坑平面布置如图 1 所示。

2 工程水文地质情况

场区整体上看西部高, 东部低。在勘探深度范围内, 地貌为冰碛丘陵, 主要地层为第四系人工堆积层、第四系中更新统冰碛粘土以及含卵石粘土层、下伏震旦系五行山群甘井子组白云质灰岩, 粘土层局部含卵石。岩石较完整, 局部节理裂隙较发育, 局部岩溶发育。车站区域地质情况从上至下依次为素填土、砂砾卵石层、强风化板岩、中风化板岩。

收稿日期: 2010-08-10

作者简介:贺启鑫(1963-), 男(汉族), 内蒙古锡林郭勒人, 内蒙古第四地质矿产勘查开发院工程师, 探矿工程专业, 从事探矿工程及岩土工程施工技术管理工作, 内蒙古乌兰察布市集宁区恩和路 61 号; 张智博(1980-), 男(汉族), 山东滕州人, 中铁十四局集团有限公司工程师, 土建专业, 从事地下工程及隧道施工工作, 山东省济南市历下区和平路 1 号; 季玉国(1963-), 男(汉族), 安徽阜阳人, 上海建通工程建设有限公司高级工程师、国家注册监理工程师、交通部注册监理工程师, 探矿工程专业, 从事隧道工程与地下岩土工程技术管理工作, 上海市淮海西路 18 号申通信息广场 6F; 王卓(1987-), 男(汉族), 辽宁大连人, 大连泛华工程建设监理有限公司助理工程师, 土木工程专业, 从事工程技术管理工作, 辽宁省大连市西岗区香川街 9 号 7-3。

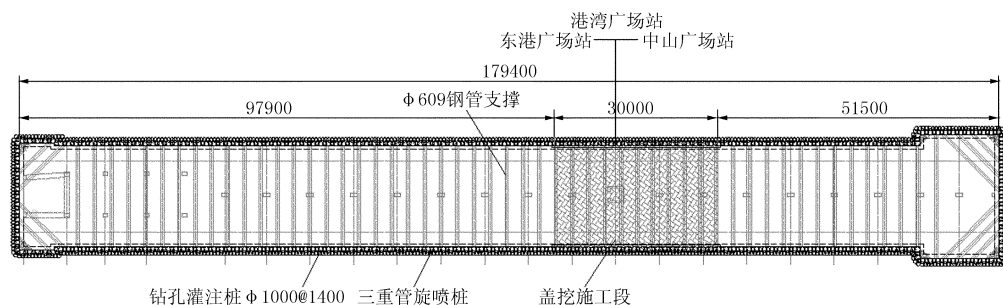


图 1 港湾广场站基坑平面图

大连市的气候属温带季风气候,并具有海洋影响的特点。冬季气温较低,降水少。夏季气温较高,降水集中,较多。气候和降雨量随冬、夏季风的转换而变化。每年 5~9 月份为雨季。港湾广场站距海边距离较近,根据抽水试验,场区地下水丰富,建筑物底板应做好防渗、防潮及抗浮设计,抗浮水位标高为 2.80 m。本场地地下水按赋存条件主要为孔隙水及基岩裂隙水。

孔隙水主要赋存在素填土层及卵石层中,基岩裂隙水主要赋存于强风化及中风化板岩中。经取水样进行室内水质简分析,根据《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012-2007, J124-2007)表 F.0.1 综合判定:地下水化学侵蚀类型为硫酸盐侵蚀,环境作用等级为 H1。

地下水对混凝土结构无腐蚀性;对钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性;对钢结构具有弱腐蚀性。地下水总矿化度为 579.4~590.1 mg/L,为淡水。

勘察期间本场地地下水稳定水位埋深 2.00~4.40 m。本工点结构底板埋深 16.9~17.9 m,设计时应考虑上浮问题,按不利条件考虑,抗浮设计水位可按水位埋深 1.00 m 考虑,相当于标高约 2.6 m。

3 旋喷桩止水帷幕设计及难点

(1) 旋喷桩隔水帷幕应使用三重管工艺施工,要求 28 天无侧限抗压强度 $q_u \leq 1.2$ MPa,渗透系数 $k \geq 1.0 \times 10^{-7}$ cm/s。

(2) 旋喷桩采用 P. O42.5 普通硅酸盐水泥,应根据现场试验确定水泥掺入比,水灰比为 1.0,三重管高压水压力应大于 35 MPa,喷射提升速度为 8~12 cm/min,具体由施工方根据设计强度和抗渗指标要求试验确定。

(3) 为确保隔水效果,要求旋喷桩间及旋喷桩与灌注桩间理论搭接厚度 ≤ 200 mm,中心偏位 ≥ 50 mm,桩垂直偏差 $\geq 1/200$ 。旋喷桩的检测数量为桩数的 2%,并不少于 5 根,每根桩在成桩 28 天后取 3

个试验(在桩径方向 1/4 处,桩头至桩长 2/3 长范围内垂直钻心)。

(4) 本站厂区旋喷桩需穿过卵石层,成桩工艺可能会有影响,对于局部出现渗漏部位可采用深层注浆封堵。具体根据现场监测和渗漏确定。

(5) 地下 8~10 m 范围内(砂砾、卵石层及强风化岩层)旋喷桩由于松散无胶结,含水量高,不利于水泥浆有效固结,止水效果可能不理想。

(6) 下部砂砾、卵石及强风化基岩因为地层破碎无胶结,地下水位丰富流动,潮水流动等对水泥浆凝结有不利因素。

旋喷桩止水帷幕平面布置见图 2。

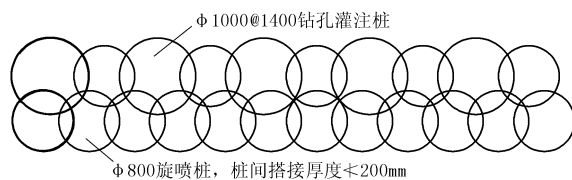


图 2 咬合旋喷桩止水帷幕平面布置图

4 施工方案与技术措施

4.1 施工原理及工艺流程

三管法旋喷是一种水、气喷射,浆液灌注搅拌混合喷射的方法。即用三层喷射管使高压水和空气同时横向喷射,并切割地基土体,借空气的上升力把被破碎的土由地表排除;与此同时,另一个喷嘴将水泥浆低压力喷射注入到被切割、搅拌的地基中,使水泥浆与土混合达到加固目的,其加固直径可达 800~2000 mm。

采用三管法旋喷,应先送高压水、再送水泥浆和压缩空气;喷射时先应达到预定的喷射压力、喷浆量后,再逐渐提升注浆管,注浆管分段提升的搭接长度不得小于 100 mm;当达到设计桩顶高度或地面出现溢浆现象时,应立即停止当前桩的旋喷工作,并将旋喷管拔出并清洗管路。三管法是将水泥浆与压缩空气同时喷射,除可延长喷射距离、增大切削能力外,

也可促进废土的排除,减轻加固体单位体积的重力。

4.2 试桩施工

旋喷桩施工前进行 2 次试桩,根据实际情况确定预定的浆液配比、喷射压力、喷浆量等技术参数。

试桩数量不少于 2 根,东、西端场地各 1 根,具体位置根据现场实际情况与监理一同确定。

4.2.1 试桩施工主要技术参数(见表 1)

以单位时间喷射的出浆量及喷射持续时间计算

表 1 旋喷桩试桩施工主要技术参数选择表

试桩序次	压缩空气		水			水泥浆		水灰比	提升速度 /(cm·min ⁻¹)	旋转速度 /(r·min ⁻¹)
	气压 /MPa	气量 /(m ³ ·min ⁻¹)	压力 /MPa	流量 /(L·min ⁻¹)	喷嘴直径 /mm	压力 /MPa	流量 /(L·min ⁻¹)			
一次试桩	0.5~0.7	0.5~2.0	35	80~120	2~3.2	1~2	100~150	1	8~12	11~14
二次试桩	0.5~0.7	0.5~2.0	30	80~120	2~3.2	1~2	100~150	1	8~10(4~6)	11~14

注:括号内参数为地下加固效果不理想地层(砂砾、卵石层、强风化岩层)的参数。

出浆量,计算公式为:

$$Q=(H/v)q(1+\beta)$$

式中:Q——出浆量,m³;H——喷射长度,m;q——单位时间喷浆量,m³/min;β——损失系数,通常 0.1~0.2;v——提升速度,m/min。

根据试桩参数计算所需的喷浆量,以确定水泥使用数量。

4.2.2 试桩取心效果

试桩龄期达到要求后进行旋喷试桩取心,在桩径方向 1/4 处整个桩长范围内取心。从旋喷桩取心情况看:

- (1)旋喷桩地下 8 m 以浅范围内旋喷止水效果较好;
- (2)地下 8~10 m 范围内(砂砾、卵石层、强风化岩层)旋喷桩不能形成有效固结,止水效果不理想;
- (3)产生加固效果不理想的砂砾、卵石及强风化基岩可能因为地层破碎无胶结,地下水位丰富、流动等对水泥浆凝结不利造成。

通过各方的讨论,二次优化工艺参数,如水泥浆液中掺入氯化钙粉剂(掺入量为水泥用量 5%);在砂砾卵石及强风化板岩地层喷射提升速度为 4~6 cm/min。

两次试桩现场钻心取样效果见图 3、4。

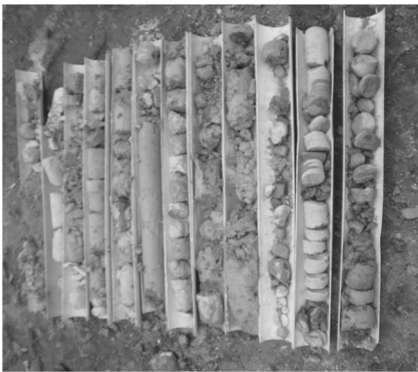


图 3 第一次旋喷试桩成桩后钻心取样图片



图 4 掺加氯化钙后第二次旋喷试桩成桩后钻心取样

图 3 中自左至右依次为自地面以下旋喷桩体 1~12 m 心样情况,可以看出,旋喷桩地面以下 7 m 范围基本为素填土层,钻芯取样较为完整,心样中水泥浆含量较大,基本可以满足设计止水需要;地面以下 7~12 m 范围基本为砂砾卵石、强风化板岩地层,钻心取样较为破碎,同时心样中水泥浆含量较小,不能完全达到设计要求。

图 4 中自左至右依次为自地面以下旋喷桩体 1~8 m 心样情况。可以看出,旋喷桩地面以下 5 m 范围基本为素填土层,钻心取样较为完整,心样中水泥浆含量较大,基本可以满足设计止水需要;地面以下 5~8 m 范围基本为砂砾卵石、强风化板岩地层,钻心取样较为破碎,同时心样中水泥浆含量较小,不能完全达到设计止水要求。

4.3 旋喷桩施工技术措施

- (1)鉴于工期特别紧迫,高压旋喷桩不能停止施工,在优化参数及采取技术措施情况下继续进行试桩施工。
- (2)采用旋喷桩进行止水设计方案是经过多次专家论证确定的,符合设计程序,必须按设计图纸施工。
- (3)确定旋喷桩主要施工参数:水泥掺入比为 500 kg/m,水灰比为 1,喷射提升速度为 8~10 cm/

min, 水压改为 30 ~ 35 MPa, 其它参数优化。

(4) 对于地下 8 m 至中风化岩层, 设计加固深度范围内的砂砾、卵石层、强风化岩层, 旋喷桩不能形成有效固结、止水效果不理想的问题采取以下措施: 在水泥浆中掺入一定比例的速凝早强外加剂, 以缩短水泥凝结时间, 提高下部加固效果, 外加剂掺入量先根据试验确定后再正式施工; 喷射提升速度为正常喷射提升速度的一半即 4 ~ 6 cm/min、水灰比 1、水压 30 MPa; 如果按照上述方式施工后旋喷桩仍达不到设计要求, 可采取在旋喷桩外侧补注水泥浆或化学浆液等措施进行处理, 并经设计、建设等相关单位讨论确认。

(5) 设计单位根据实际钻心取样结果向总院汇报, 再由建设单位召集勘察、设计、施工、监理等方面技术人员讨论, 提出更为有效的处理措施。

4.4 针对砂砾卵石、强风化板岩地层漏水处理预案

根据港湾广场车站范围地质特点, 结合止水帷幕旋喷桩试桩在砂砾卵石、强风化板岩地层成桩较差的实际效果, 旋喷桩施工完成后、基坑开挖时砂砾卵石、强风化板岩地层会出现漏水情况; 在基坑进行土方开挖前根据降水井的抽排水效果, 若是出现降水井内的水位停留在一定层位, 即可判断为砂砾卵石、强风化板岩地层漏水严重; 出现此情况即按照砂砾卵石和强风化板岩地质分布特点, 在桩间打设小导管, 对砂砾卵石、强风化板岩地层采用深层注双液浆(水泥浆、水玻璃)的方法加固处理, 双液浆的具体配比根据现场实际情况确定, 注浆量、注浆压力根据实际情况确定。

5 施工技术效果

基坑围护冲击钻孔桩及止水帷幕高压旋喷桩施工结束达到强度及抗渗性能后, 进行了基坑开挖, 效果明显。

(1) 围护结构冲击钻孔桩垂直度、整体性及平整度满足设计及基坑安全需要, 强度达到设计要求;

(2) 桩间间隙土体及高压旋喷桩充填封堵良好, 未发生明显漏水漏砂现象;

(3) 个别漏水部位采用双液注浆封堵效果好, 另加钢筋网片喷射混凝土达到止水防塌目的, 效果良好。

6 体会

(1) 止水帷幕未达到强度和抗渗性能前, 基坑不得进行降排水开挖, 以防止海水渗流引起边坡坍塌和细粒土的流失, 增加旋喷桩止水帷幕施工的困难;

(2) 第一次试桩基本达到设计目的, 在卵石及强风化基岩效果较差, 但通过掺入速凝早强剂及优化工艺参数, 效果较为明显, 基本达到设计要求和目的;

(3) 若工期及费用许可, 采用先引孔灌入黄泥砂掺水泥封孔再钻孔进行高压旋喷桩施工效果会更好;

(4) 引孔和高压旋喷桩旋喷注浆应间隔进行, 效果较好, 减小了相邻扰动的不利因素;

(5) 针对卵石及强风化基岩渗漏堵漏效果有效, 达到了预期效果。

参考文献:

- [1] 宋志彬, 张金昌, 冯起增, 等. 防渗加固高压旋喷注浆技术的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2003, (1): 38 - 42.
- [2] 吴厚信, 陈国勇, 周宏益, 等. 大直径深层旋喷搅拌桩在吴胜大厦深基坑支护工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(4): 58 - 61.
- [3] 崔高汉, 胡仲杰, 方勇, 等. 高压旋喷成桩机理分析及其对设备的要求[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(9): 24 - 27, 31.
- [4] 姜全兵. 三重管旋喷灌浆工艺在大深度高喷工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(1): 30 - 32.
- [5] 李维平, 王桂, 崔长江. 高压旋喷桩有关问题的探索和研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(11): 16 - 18.

矿产资源潜力评价复核结果表明江苏尚有铁矿资源潜力 10 亿 t

《中国国土资源报》2010 - 12 - 16 消息 日前, 江苏(含上海)铁矿资源潜力评价结果率先通过全国矿产资源潜力评价华东地区项目办组织的复核验收。复核结果表明, 江苏省尚有铁矿资源潜力 10 亿 t。

2010 年 2 月, 全国矿产资源潜力评价项目办印发一系列技术规范性文件, 包括预测成果报告及附图、附表、附件, 到预测类型、预测方法类型、典型矿床、预测工作区的确定, 以

及含矿地质体体积法估算流程、参数确定、资源量统计分析等环节, 制定了具体标准, 并按标准对铁铝预测成果进行了全面复核。

在这次铁矿潜力评价中, 江苏项目用含矿地质体体积法在全省共圈出最小预测区 129 个, 其中 A 类 31 个、B 类 30 个、C 类 68 个, 预测铁矿资源总量 18.14 亿 t, 扣除已查明的 8.1 亿 t 铁矿石储量后, 全省还有 10 亿 t 的铁矿资源潜力。