

离岸填海地区超长桩预埋声测管兼做地源换热管施工方法研究与应用

王跃 龙海亮 王永鑫 谢铁伟 史玉廷

中国建筑第八工程局有限公司东北公司

DOI:10.12238/jpm.v6i5.7980

[摘要] 本文针对离岸填海地区桩基础工程,提出一种预埋声测管兼做地源换热管的创新施工方法。该方法适用于特定桩基础工程,通过多节管道免焊连接、下部弧形连接管与地源换热管一体加工、与超长钢筋笼匹配预连接及绑丝固定等技术,有效解决了地源换热管连接、防腐、固定等难题。在大连金州湾国际机场工程中应用,其工艺流程涵盖施工准备、各部件加工制作、连接绑扎及密封保护等环节。经实践验证,该方法经济效益显著,节省成本;环境效益良好,减少焊接污染;社会效益突出,符合创新节能理念,获政府和业主认可,为类似工程提供了有益借鉴。

[关键词] 岸填海地区; 超长桩; 声测管; 地源换热管; 施工方法; 效益分析

Research and application of construction method for ultra long pile pre embedded acoustic tube and ground source heat exchange tube in offshore reclamation areas

Wang Yue Long Hailiang Wang Yongxin Xie Tiewei Shi Yuting

Northeast Company of China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd.

[Abstract] This article proposes an innovative construction method for pile foundation engineering in offshore reclamation areas, which uses pre embedded acoustic tubes as both ground source heat exchange tubes. This method is applicable to specific pile foundation engineering, and effectively solves the problems of connecting, anti-corrosion, and fixing ground source heat exchange pipes through multi section pipeline welding free connection, integrated processing of lower arc-shaped connecting pipes and ground source heat exchange pipes, pre connection matching with ultra long steel cages, and wire binding fixation. Applied in the Dalian Jinzhou Bay International Airport project, its process includes construction preparation, processing and manufacturing of various components, connection and binding, and sealing protection. Through practical verification, this method has significant economic benefits and cost savings; Good environmental benefits, reducing welding pollution; Outstanding social benefits, in line with innovative energy-saving concepts, recognized by the government and property owners, providing useful reference for similar projects.

[Key words] coastal reclamation areas; Ultra long pile; Acoustic tube; Ground source heat exchange tube; Construction method; Benefit analysis

1.前言

随着全球对环境保护和可持续发展的重视,建筑行业也在积极寻求节能环保的技术和方法。地源热泵技术作为一种高效、环保的可再生能源利用方式,能够利用地下浅层地热资源实现建筑物的供暖和制冷,减少对传统化石能源的依赖,降低碳排放。在传统的桩基工程中,声测管在完成桩基声波透射检测之后,通常会采用水泥浆封堵,永久埋置在桩基中,只发挥了一次功能,资源利用率不高。而将预埋声测管兼做地源换热管,可以进一步提高资源利用率,减少施工成本和对环境的影响,可以充分利用声测管的空间和材料,实现声测管的二次利用,提高资源的综合利用效率。

大连金州湾国际机场工程航站楼及楼前高架桥桩基础工程位于大连金州湾海域,为离岸填海形成得人工岛,项目主要功能用途为新机场的桩基础工程。施工内容包括:航站楼桩基,楼前高架桥桩基等工作,工程桩共计 3067 根。设计桩径分别为 1.2m, 1.4m, 1.6m, 平均桩长 76m, 桩身采用高性能混凝土

强度等级为 C45P12, 桩端全断面入岩深度大于等于 1 倍桩径,采用桩端+桩侧复合注浆工艺。航站楼桩基采用声波透射法检测,其具体要求为:工程桩预埋声波管,检测数量不少于总桩数的 10%,不少于 20 根,且每个柱下承台检测数不应少于 1 根。其中,每根桩布置 3 根声测管,2 根为涂塑钢管兼做地源换热管,1 根为普通无缝钢管。

通过对桩基础声测管的施工方法分析和研究,结合本工程声测管兼做地源换热管的特点,创新思路,设计一种现场多节管道连接免焊的接头方法;下部弧形连接管与两根地源换热管整体制作加工成品后防腐的方法;与超长钢筋笼长度相匹配的预连接方法;预连接的地源换热管与钢筋笼用绑丝固定方法,有效解决了地源换热管连接处薄弱,极易受海水腐蚀、施工过程连接效率底、管道固定调整困难等问题。

在声测管兼做地源换热管的实施过程中,无需再专门为地源热泵系统进行钻孔埋管,减少了施工工序和设备投入,降低了施工成本和对场地的占用;充分利用声测管的空间和材料,

实现声测管的二次利用，提高资源的综合利用效率；极大减小了传统焊接对防腐层的破坏，更经久耐用；减少了现场工作量，缩短现场安装连接的时间，并能够结合现场钢筋笼连接需求，对地源换热管高度进行上下调整后二次固定拧紧。通过国内外科技查新一项，结果显示国内外未见与此综合技术特点相同的声测管兼做地源换热管施工技术的文献报道。通过对多节管道免焊的接头连接技术、弧形连接管与地源换热管一体加工技术、施工中与超长钢筋笼长度相匹配的预连接方法、地源换热管与钢筋笼用绑丝固定等技术的综合总结，并形成本施工方法。

2.施工方法特点

2.0.1 多节管道连接采用外部连接套管+丝扣连接，通过连接环与外部连接套管丝扣连接拧紧，密封、抗弯效果更好，实现地源换热管施工现场连接的免焊接。

2.0.2 根据桩径，下部弧形连接管与两根地源换热管整体加工制作后一并做防腐处理。该一体预制件中的地源换热管长度根据桩长及钢筋笼分节情况确定。

2.0.3 根据钢筋笼分节长度，确定与超长钢筋笼分节长度相匹配的地源换热管长度，后将标准节根据所需长度进行预连接，可与钢筋笼加工平行施工，也可提前批量进行预连接。

2.0.4 地源换热管与钢筋笼用绑丝十字绑扎分两次固定，第一次绑扎固定仅作位置控制，此时可上下调整位置；第二次绑扎时拧紧，并适当加密，确保地源换热管不滑动、管道顺直。

3.适用范围

适用于长度满足地源换热要求的、单根桩有两根以上声测管且有地源换热需求的桩基础工程。

4.工艺原理

4.0.1 地源换热管现场连接免焊的接头装置，包括标准节涂塑管、连接套管、连接环、橡胶垫环、定位环等，通过将橡胶垫环套入下部标准涂塑管中，使之置于连接套管和定位环之间，再将防腐管插入套管中，通过连接环与连接套管丝扣连接拧紧，实现连接紧密不渗漏，且抗弯效果更好，现场连接无需焊接。

4.0.2 由于两根地源换热管需要弧形连接管连通，实现介质的循环。根据桩径及地源换热管分布要求，制作弧形连接管，根据桩长及钢筋笼分节情况确定底节两根地源换热管长度，将弧形连接管与底节地源换热管工厂焊接，形成一体的底节标准段，再将底节标准段做防腐处理，减少施工现场工作量，且防腐效果更佳。

4.0.3 由于地源换热管为无缝钢管后涂塑形成的管道，一般长度为 6m，结合现场工钢筋笼分节长度（约 24m），需要将地源换热管提前进行连接后与钢筋笼连接固定。在钢筋笼存放场地提供管道预连接场地，与钢筋笼加工平行施工或提前批量进行地源换热管标准节的连接，形成与钢筋笼长度相匹配的半成品，确保钢筋笼加工完成后即可进行穿管工作，工序衔接更紧密。

4.0.4 地源换热管与钢筋笼用绑丝十字绑扎分两次固定，在钢筋笼分节下放前，先将地源换热管与钢筋笼通过绑丝十字

绑扎初步连接固定，此时绑丝仅作位置控制；钢筋笼下放中节与节连接过程，通过调整上部地源换热管的上下位置，将地源换热管连接紧密并拧紧；钢筋笼下放过程，随钢筋笼下放，随通过二次拧紧绑丝，并适当加密，确保地源换热管顺直。

5.材料与设备

5.1 材料

表 6.1-1 材料资料

项目	资料
圆钢管	质量证明书
	检测报告（化学成分）
	检测报告（力学性能）
	材质证明书
	产品规格和技术参数文件
环氧树脂流体粉末	产品说明书
	质量证明文件
	产品合格证
	产品说明书
橡胶止水环	技术规格参数表
	合格证
	产品规格参数
	产品质量检测报告
防水胶带	材质证明
	合格证
	产品规格参数
	产品质量检测报告
连接套管+连接环+定位环+涂塑管整体	材质证明
	内外涂层厚度
	连接处抗拉测试
	连接处气密性测试
	硬度测试
	粘结强度测定
绑丝	耐腐蚀性测试
	质量证明文件
	产品说明书
	质量检测报告
	技术规格参数表

5.2 机具设备

表 6.2-1 机具设备表

序号	机械设备型号	数量	用途
1	12m 平板车	1	材料远距离倒运
2	叉车	1	材料倒运
3	活口管钳	15	涂塑管连接
4	活动扳手	15	涂塑管连接
5	角磨机	5	涂塑管连接

6.质量控制

6.1 质量控制点

表 7.1-1 质量控制要点

序号	控制环节	控制要点	主要控制内容
施工准备阶段	施工方案	施工方案选择和优化	确定施工工艺和方案
	机械设备	机械设备选取和供应	合理选择，保证供应
施工阶段	人员	施工人员投入	保证足够的专业工人
	措施	质量保证措施	采取措施保证过程质量
检查验收阶段	成型态验收	连接处紧密验收	连接处无渗漏，顺直不变性

6.2 质量控制措施

表 7.2-1 质量控制措施

序号	工序	控制要点
1	进场材料	资料检查：查合格证、质检报告等，确保与材料型号规格一致，含原料、涂层指标及厂家信息；看说明书，确认性能等符合设计。 外观检查：查涂层是否均匀光滑，无气泡等缺陷；看管材有无变形、划伤，管口是否平整。 尺寸规格检查：测管径、壁厚、长度，符合设计标准及偏差范围。 性能检验：用划格法或拉开法测涂层附着力；通过浸泡或盐雾试验测耐腐蚀性；用水压或气压试验测耐压强度。 数量核对：按合同清单清点数量，抽检合理；编号标识，录入台账建档。
2	连接安装	连接前准备：复查管材外观、尺寸与防腐层；清理管口杂质；核对管件与管材规格型号。 连接过程控制：机械加工合格螺纹，正确涂抹密封胶和热塑套管，按扭矩拧紧。 安装质量控制：按要求按一定间距临时固定，修复连接处防腐层。 安装后检查：查外观缺陷；做压力试验；用专业方法检测泄漏。
3	混凝土灌注后通水试验	试验前准备：查管道外观及连接密封性；正确连接试验系统；调试加压、流量、温度测量设备。 试验过程控制：按要求缓慢升压至 1.5 倍工作压力（≥0.6MPa），稳压 1h，压降≤0.05MPa；监测流量、进出口水温及管道周边温度。 试验后处理：缓慢泄压；排空清理管道；记录分析压力、流量、温度数据，不合格则做报废处理。

6.3 成品保护

表 7.3-1 成品保护

成品名称	成品伤害	保护方法	保护时间	保护要点
涂塑管原材	表面涂层破坏	禁止生拉硬拽，避免磕碰	管材连接前	搬运安装：轻拿轻放，用合适工具吊运；避免地面拖拽；分类平整堆放，加隔离物；规范安装，正确操作工具。 环境管控：清理场地尖锐物；控制湿度，雨天防潮；隔离腐蚀性化学物质。 维护保养：定期检查；施工时防护，加强现场管理；及时修复破损防腐层，选适配材料方法。
标准管连接处	密封层破损	避免磕碰，多层防水胶带缠绕	灌注混凝土前	施工操作：清洁打磨管材，倒角防刺穿；控温加热，均匀移动，施压贴合；冷却后束带加固，弯曲处加支撑。 环境把控：避开恶劣天气，恶劣时搭建防护棚；场地平整无尖锐物，远离化学品，高温时降温。 后期维护：定期检查鼓包、裂纹；轻微破损用胶或小块套管修补，严重则整体更换。
成活后外漏涂塑管	弯曲变形	桩头围护	承台施工前	固定加固：管材与桩头连接处用角钢支架或混凝土墩台支撑防晃动；多管并行时，以 U 型管卡整体固定。 标识警示：设标识牌禁机械靠近，危险区拉警示带、装护栏。 定期检查：检查护套管、固定件及防腐层，发现破损及时修复。
涂塑管上部封堵	管内落入杂物	端部木塞封堵	承台施工前	定期巡查，对缺失的木塞补充，保证所有声测管均封堵。

结语：

认真贯彻“安全第一，预防为主”的方针，根据国家有关规定、条例，结合施工单位实际情况和工程的具体特点，组成专职安全员和班组兼职安全员以及工地安全用电负责人参加的安全生产管理网络，执行安全生产责任制，明确各级人员的职责，抓好工程的安全生产。本施工方法施工技术，大大减少焊接工作，减少了环境污染，同时提高了施工效率，符合绿色施工及环境保护要求。本施工方法的应用符合建筑施工“科技管理创新，促进降本增效”的施工理念，满足国家关于建设节能工程的相关要求，强调加快传统方法技术革新，探索出了一套低成本、高效益、创新性的施工管理方法。通过本施工方法

创新，解决了离岸填海地区超长桩预埋声测管兼做地源换热管连接严密防腐难题，得到了政府、业主的高度认可，社会效益显著。

【参考文献】

[1]水上振冲置换砂桩工艺在处理软基中的施工应用[J]. 孙岩松.工程建设与设计, 2020（11）

[2]螺杆桩自动定位成桩工艺在软基处理中的应用[J]. 李贵山.铁道建筑技术, 2020（01）

[3]先排水后成桩新型软基处理技术现场施工工艺初探[J]. 郑旭；余以强.科技创新与应用, 2016（35）