

现浇无粘结预应力混凝土地下埋管施工技术

曾金鸿, 李英才

(广东省东江—深圳供水改造工程总指挥部, 广东 东莞 523710)

摘要:介绍东深供水改造工程中现浇预应力混凝土地下埋管施工技术. 为确保工程施工质量, 施工现场进行 1:1 原型试验, 工程中选用了合适的钢模台车和模板系统、高强度混凝土的配制与浇筑、后张法预应力钢绞线的安装和张拉、现场检测等新技术. 工程实践表明, 施工效果及质量优良, 可为我国同类型调水工程施工提供借鉴.

关键词:地下埋管; 混凝土浇筑; 预应力; 东深供水改造工程

中图分类号: TV431

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2003)06-0042-03

东深供水改造工程(以下简称东改工程), 全长 51.7 km, 是向香港、深圳及工程沿线东莞市城镇提供饮用源水以及农田灌溉用水的跨流域大型调水工程, 分别采用三级供水泵站和渡槽、地下埋管、隧洞、箱涵、倒虹吸等各种不同建筑物结构型式, 其中, 凤凰岗一窑坑段采用双圆地下埋管.

地下埋管穿越两条河流和一条干线公路, 包括进口和出口连接段, 管道总长 2×3425 m, 建筑物等级为 I 级. 管道结构型式为埋藏式现浇环形后张法无粘结预应力混凝土有压双圆管, 圆管内径 4800 mm, 上半圆壁厚 350 mm, 下半圆外形为平底矩形, 底部厚 500 mm, 两圆管之间净距 1000 mm. 设计地基承载力为 250 kPa, 圆管底铺设 200 mm 厚 C10 混凝土垫层. 标准管节有 15 m, 11 m 两种, 每节分缝处采用铜片止水. 依据水头压力和埋置深度, 预应力钢绞线束间距变动范围为 251 ~ 356 mm, 体形尺寸和钢筋配置均相同. 钢绞线每束 4 根, 每根由 7 丝 $\phi 5$ 高强钢丝组成, 外涂防腐油脂并套 PE 塑料套管. 预应力钢绞线抗拉设计强度指标为 $f_{pk} = 1860$ MPa. 锚具槽中心设置在底部以上 454 mm 处, 纵向通长开槽. 混凝土设计强度为 C40, 抗渗等级为 W10. 双圆管横断面结构型式见图 1.

1 现场原型试验

为解决高标号混凝土配合比的设计和浇筑、模板、钢绞线安装及张拉等一系列施工工艺中的技术难题, 在施工现场进行了 1:1 原型试验, 以获得有关施工参数, 为施工提供参考依据, 测试的主要内容

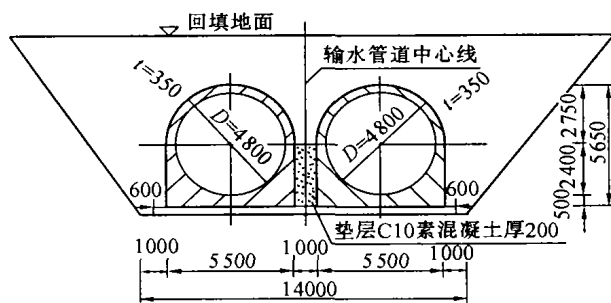


图 1 现浇预应力地下埋管断面

有: ①内模浮托力; ②混凝土浇筑过程中内模变形测量; ③地基沉降测量; ④混凝土内部温度测量; ⑤预应力钢绞线张拉过程中涵管收敛量测; ⑥张拉应力损失测试; ⑦压水试验.

2 钢模台车

每节管道混凝土一次整体性浇筑成型. 内模为针梁式, 红外线激光定位, 外模为轨道门架式. 内外模板为各自相对独立的操作系统. 施工工艺为: 内模就位 → 内层钢筋绑扎 → 钢绞线安装就位 → 外层钢筋绑扎 → 外模就位 → 混凝土浇筑. 内模不开窗口, 外模每 0.6 m 一段, 采用散装模板, 随混凝土浇筑上升而分层安装.

2.1 内模台车

工程使用针梁式钢模台车, 断面为圆形, 分为针梁、内模板和支撑及行走三大系统. 其断面布置见图 2.

针梁全长 36 m, 高度 1.4 m, 由两条主梁组成, 主梁间距 1.2 m, 每条主梁高 1400 mm, 宽 250 mm, 梁体及联系板由厚 16 mm 的钢板焊接而成. 针梁前后由

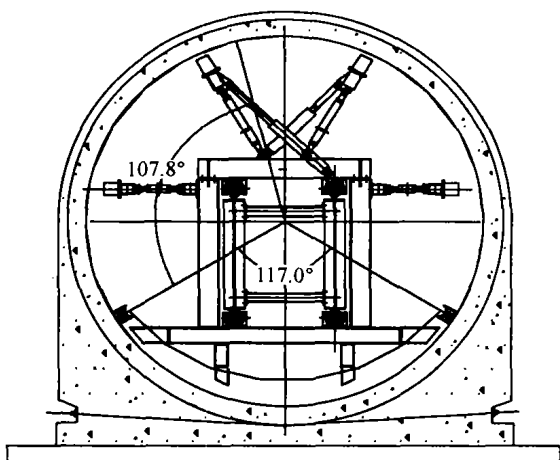


图2 内模针梁台车断面

底座支托,后底座底部为圆弧,压在已浇筑的涵管混凝土面上;前底座底部为平面,压在垫层混凝土面上.通过微调平移机构,可以对针梁进行左右方向移动,以便对中定位.前后底座上各有两个竖向液压千斤顶,使针梁台车可整体升降,调节高程.当浇筑混凝土针梁受力时,设置机械式的辅助支撑千斤顶,以防油压千斤顶滑落.针梁或面模板行走时,采用卷扬机牵引,针梁上焊有滑轨,通过轮系使针梁和面模板可各自相对进行滑动行走.

内模板由底模、大边模及小边模组成,面板用厚 8 mm 的钢板,拱肋板采用厚 12 mm 钢板,间距 1 500 mm,加强采用角钢 $\angle 50 \times 50 \times 3$,间距 250 mm.底模上有底梁,底梁上有门架,采用 I25 号工字梁焊接,通过门架,外与大小边模连接,内与针梁轨道通过轮系滑动以及升降.底模与大小边模连接采用铰接.收模(拆模)和立模(安装模板)采用阵列油压千斤顶操作,浇筑混凝土时的负荷采用阵列机械千斤顶(丝杠)支撑.在拱肋上焊接通长梁,在梁上布置千斤顶.拆模时,先收小边模,再收大边模,最大收模量为 75 mm.

支撑、收缩采用千斤顶操作,液压、油缸设置在针梁顶面平台上;行走系统设置为双筒卷扬机构1套,卷扬机牵引力为50 kN,内模行走速度为4.46 m/min,针梁与内模板间共设置32个滑轮系统。

2.2 外模台车

根据涵管的体型结构,在浇筑试验段时对外模结构型式进行比较,选定了如下型式,见图3.

外模门架由顶梁、左右边柱、底梁、联系梁、斜撑梁及轨道轮组成,顶梁及左右边柱用 I25 号工字梁,间距 750 mm 作为受力框架,焊接在底梁上,底梁用 2 片槽钢组合,夹住轨道轮。

除锚具槽用木模板外,其余用标准钢模板长 1 500 mm,厚 55 mm,宽度有 300 mm 和 600 mm 两种,顶部 1 500 mm 范围内不用模板,采用人工将混凝土抹平。

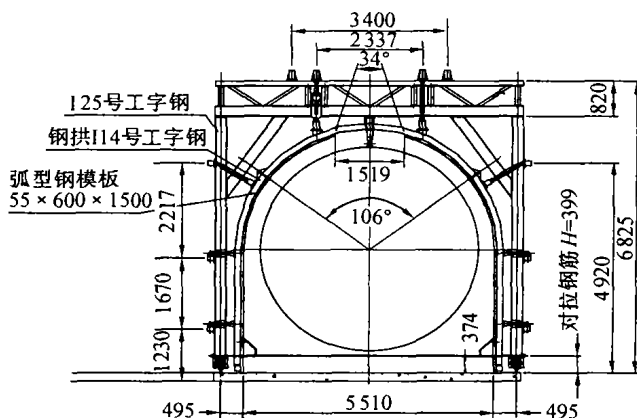


图3 外模台车断面

在混凝土垫层上钻孔用膨胀螺栓固定钢轨,使外模台车在其上滚动,用2台铰车牵引。

3 高性能混凝土(HPC)的配制、浇捣和养护

3.1 高性能混凝土的配合比设计

高性能混凝土是一种高耐久性、高强度及高流动性混凝土。其特征为低水灰比、大坍落度、泵送适应性强；水化热低、干缩小，硬化后体积稳定性好，不产生裂缝、收缩和徐变较小，28 d 龄期标准强度和抗渗指标分别达到 C40 和 W10。为此，首先在试验室进行配合比设计，通过试验段试验进行修改和优化，选用水灰比 0.4，一级配，骨料最大径 $D_{\max} \leq 20 \text{ mm}$ ；胶结材料水泥为金羊牌 525 号水泥；掺加一级粉煤灰和高效减水剂。

3.2 混凝土浇筑和养护

混凝土由 $2 \times 1600 \text{ L}$ 拌和楼集中拌制, 6 m^3 混凝土搅拌车运输, 混凝土泵泵送入仓, 插入式高频振捣器振捣。混凝土坍落度控制在 15 cm 左右, 90 min 内无损失。内模 36 h 脱模、外模 24 h 脱模脱模后外侧混凝土用麻袋覆盖洒水, 内侧混凝土用洒水养护, 减少水化热和防止混凝土表面干裂。

4 预应力钢绞线的张拉、锚固及防腐

本圆管为后张无粘结预应力钢绞线施工,预应力钢绞线将承担内水压力的绝大部分,必须认真施工.本文除常规施工方法之外,以下几点是至关重要的.

4.1 张拉前张拉设备的校定

主要张拉设备机具有:千斤顶 YDC240QX-200、油泵 ZB4-500、 $\varnothing 400$ 砂轮切割机、手提砂轮切割机、专用剪、专用锤、钢卷尺、钢锯等。在张拉作业之前,对油泵和千斤顶逐一编号,配套标定,绘制出油泵压力表读数 P 和千斤顶张拉力 T 的对应关系曲线,即 $P-T$ 曲线,在工程实际操作时依据此曲线对钢绞线(束)的张拉力进行控制。在操作时千万注意油泵和

千斤顶必须按标定的编号配套使用,不得交叉混用, $P-T$ 曲线每月进行1次校验。

4.2 钢绞线的张拉

当混凝土强度达到设计强度的80%以上方可进行张拉。张拉方式为左右锚具槽2套设备同时对称进行。

无粘结预应力钢绞线(束)的张拉控制应力 σ_{con} 取钢绞线强度标准($f_{ptk}=1860\text{ MPa}$)的75%(即 $\sigma_{con}=1395\text{ MPa}$),同时在张拉时,注意两束钢绞线之间的张拉力差值不得大于50%,以防混凝土出现环向裂缝。为此,以一段圆管为一单元,对钢绞线(束)从A端到B端顺序编号,张拉顺序如下:①由A端向B端依序张拉奇数的钢绞线(束),张拉力为 $(0\sim 50\%)\sigma_{con}$;②由B端向A端依序张拉偶数的钢绞线(束),张拉力为 $(0\sim 100\%)\sigma_{con}$;③由A端向B端依序第二次张拉奇数的钢绞线(束),张拉力为 $(50\%\sim 100\%)\sigma_{con}$ 。

无粘结预应力钢绞线(束)的张拉要匀速进行,并要对钢绞线伸长值 ΔL 、压力表读数 P 和对应的张拉力 T 及时记录。

4.3 钢绞线的防腐

钢绞线张拉结束后,用手提砂轮切割机切除多余的钢绞线,保留30~50 mm;再将钢绞线和锚具表面擦洗干净,然后安装钢绞线的防腐蚀油脂、橡胶垫板、塑料保护套、钢压板和压紧螺栓。将锚具槽周边混凝土凿毛后用水冲洗干净,再用高压风吹干锚具槽,涂刷粘结剂,回填管身锚具槽混凝土,按等强度的无收缩混凝土进行防护封锚,并对混凝土湿润养护14 d。

4.4 预应力张拉质量评定

张拉荷载以应力控制为主,伸长值校核为辅的

控制方法,根据规范要求,钢绞线的理论计算伸长值与实际张拉伸长值相差在 $-5\%\sim 10\%$ 之内,理论计算伸长值为163 mm,见表1。

表1 计算伸长值与实测伸长值比较 mm

项 目	实测值	差 值
最大值	177	14
最小值	164	-1
允许误差范围 $(1-0.05)L_{\text{计}}\sim(1+0.10)L_{\text{计}}$	154.85~179.30	-8.15~16.30

实际张拉时实测伸长数据离散性小,张拉质量高,工艺水平稳定,预应力钢绞线实际张拉荷载满足设计技术要求。

5 结 语

本工程率先采用了目前国内同类型最大的现浇无粘结预应力地下埋管技术,因此只能根据试验段的有关成果及现场施工新获得的有关参数来指导施工。针梁式钢模台车的使用是成功的,内模采用针梁,模板全封闭不开窗口,外模使用散装标准模板,挂在台车上,随混凝土浇筑层上升而分层接装模板,便于混凝土入仓和振捣。涵管混凝土全断面一次浇筑成型是可行的,每节涵管长15 m,高度5 650 mm,混凝土量145 m³,浇筑混凝土需要10~12 h。预应力钢绞线的张拉在底部两边对称同时进行,钢绞线张拉过程其松弛损失能满足设计要求。混凝土浇筑的外观质量达到比较满意的效果,在内模底部反弧段及外模顶反弧段尚有气泡等一些缺陷,有待于进一步总结并尽可能消除。由于存在结构物底部5 500 mm宽基础约束,产生少量可观察到的表面裂缝,为此需进一步研究混凝土裂缝的处理和混凝土防裂措施。

(收稿日期:2003-07-03 编辑:张志琴)

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登本校在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

本刊创办于1957年,是我国中文核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中,有不少国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果,部分达到了国内领先和国际先进水平,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议,发挥了较大的社会效益和经济效益,深受工程界和科技界赞许,并获得全国优秀高校自然科学学报二等奖,以及中国期刊方阵“双效期刊”、全国水利系统优秀期刊称号。

本刊每逢单月出版,国内外公开发行。邮发代号:28-63,每期定价:8.00元,全年订费48.00元。欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系。联系地址:南京市西康路1号《河海大学学报(自然科学版)》编辑部,邮政编码:210098;电话:025-83786343;E-mail:xb@hhu.edu.cn。