

某输水工程超长地下隧洞施工测量监督管理

陈 党 莹， 陈 文 杰

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司,四川 成都 611130)

摘 要:阐述了超长地下隧洞施工测量监督管理工作的实践,分析了超长地下隧洞施工坐标系、投影面的选择与合理使用及取得的成效,着重分析了测量监督管理的重、难点问题,旨在为类似工程施工监理测量管理提供借鉴与参考。

关键词:超长隧洞测量监督管理;坐标系;投影面的选择与合理使用

中图分类号:TV554;TV512;TV221.1;TV52;TV7 文献标识码: B 文章编号:1001-2184(2021)增 1-0093-03

Supervision and Management of Survey of Super-long Underground Tunnel in a Water Transmission Project

CHEN Dangying, CHEN Wenjie

(Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co., LDT, Chengdu, Sichuan, 611130)

Abstract: Based on the practice of survey supervision and management of super-long underground tunnel, this paper analyzes the selection and rational application of the coordinate system, projection plane as well as the relevant achievements, and stresses the key points and difficulties in survey supervision and management aiming at providing references for similar projects.

Key words: survey supervision and management of super-long tunnel; coordinate system; selection and rational application of projection plane

1 概 述

对于地下隧洞的工程测量,有关施工测量技术控制的论述较多,但关于测量监督管理的相对较少,结合某典型工程的具体实践,就测量监督管理、施工过程中坐标系、投影面的选择与合理使用以及最终取得的成效等进行了论述。

我国西北某输水工程隧洞全长 516 km,其中某监理标管理范围内的隧洞全长为 283.393 km,管理范围共划分 9 个施工标段,合计 28 个工作面,隧洞最小埋深 103 m,最大埋深 710 多 m,其中支洞共 8 条(不计前期地质勘探试验洞),最长的支洞为 6.15 km,最大纵坡为 12.9%,综合纵坡为 11.78%。主支洞最大高差达 710 多 m,主洞单向开挖(掘进)最长为 20.63 km,纵坡为 1/2 583,最大开挖断面为 12.3 m×16.51 m,正常掘进断面为半径 $r=3.5$ m 的圆形断面,采用钻爆+TBM 法施工,属典型的超长地下隧洞工程。

2 监理标段具有的特点及施工测量监督管理难点

收稿日期:2021-09-13

该监理标段的显著特点为:线长、面广、分散、工作面多、承包人多。而对于测量监督管理的难点主要表现为:

(1)面对分散在长达近 300 km、几乎同时开工的众多承包人,且各承包人派驻现场的测量人员数量、工作能力参差不齐,工作习惯各异,因此,如何形成规范、一致的测量成果资料为一大难点;

(2)如此长距离、大高差的地下隧洞,如何化解地球曲率对贯通的影响为一大难点;

(3)如何解决因本项目特例,施工蓝图坐标不能直接用于施工的问题。

3 针对该监理标段施工测量监督管理采取的措施

根据所监理的标段范围及该项目特点,结合测量监督管理的难点,监理部采取了以下主要措施。

3.1 组建适宜的测量监理组织管理模式并明确职责

为保障该项目监理部测量工作的顺利、高效开展,监理部成立了测量监理专业组,采用直线型组织管理模式,同时聘请了公司总部专家技术委员会测量专业总工程师担任该项目测量咨询专家

组组长,从组织和技术上保障了监理测量工作的高效运行。专家组现场咨询每年不少于 2 次,每次不少于 10 d。各测量组分别负责 3~4 个标段(含地面施工标段)的测量监理工作,测量组长负责全线的测量监理工作,并不定期巡查各个标段、各工作面,同时对各测量监理组的工作进行指导、培训。

3.2 统一测量工作用表

为避免不同标段的承包人各行其事、测量成果资料形式五花八门、最终归档资料格式不一致,根据该监理标段及项目特点,监理工程师本着适用、简洁的原则,依据《水利工程施工监理规范》(SL 288—2014)中的有关用表及要求,并在广泛征求各标段承包人技术、质量、测量部门意见的基础上,统一了从开工准备阶段到完工验收的全施工周期的测量用工作表格(表 1),使所有标段承包人各施工阶段形成的测量文件格式一致,杜绝了同一项目、不同承包人形成的测量文件格式各异,同时体现了我单位监理的专业化。

表 1 测量用工作表

用表/图编号	表/图名称	说明
表 1	测量仪器、设备年检台账	
表 2	测量人员资质台账	
表 3	钻爆开挖断面验收测量数据用表	
表 4	TBM 掘进断面检测数据用表	
表 5	地形、明挖/填测量数据用表	
表 6	工程量计算用表	
表 7	混凝土浇筑、衬砌模板检查、验收用表	
图一	地形图绘制法	附样式图例
图二	开挖/掘进断面图绘制法	附样式图例

3.3 投影面的选择与施工坐标系统的合理使用

由于该项目隧洞距离长、主支洞高差大,为保障该监理标段各隧洞的顺利贯通,监理部引入了投影系统并进行换带计算,将相邻工作面归化至同一平面。开工前,该项目建设单位聘请了国内 4 家知名高校测绘教授团队联合设计了该监理标段的投影系统,将该监理标段所管理的施工段划分为 5 个独立的投影/坐标系统,不同位置选用不同的坐标起算原点和抵偿高程面,各投影面/坐标系统选用不同的中央子午线经度(与 90°中央子午线不重合)^[1],从而最大限度地减少了投影变形

误差对隧洞长度及贯通的影响。

监理工程师在仔细研究、分析、学习所采用的投影系统/坐标后,协调组织建设单位对各承包人进行投影/坐标系统的选择和使用进行技术交底,督促各承包人认真学习,彻底弄懂各自标段、特别是对同一标段、同一支洞进入主洞后两侧主洞使用不同的投影面/坐标系统的情况,监理工程师进行重点的强调,并在后期的工作中随时检查、提醒以杜绝因投影面/坐标系统使用错误造成不可逆的结果。

3.4 蓝图坐标的处理及方法

由于该工程不同部位采用了不同的投影面/坐标系统,而设计单位提供的施工蓝图是依据航测图定线的坐标,蓝图坐标与施工坐标为不同的坐标系统,导致施工蓝图上标注的隧洞轴线各点坐标实际上不能直接用于施工。因此,在各标开工前,必须根据建设单位提供的控制网点成果及投影区间划分关系,利用控制成果中提供的程序进行纵横平移、尺度缩放、旋转等四参数转换、坐标换带、投影归算,将蓝图坐标转换至实际使用坐标(以下简称“蓝图坐标转换”)。

为了防止蓝图坐标转换错误进而造成使用错误,经监理工程师协调建设单位后,要求在开工前对于承包人转换后的坐标成果必须经监理工程师复算审查、建设单位的测量代表核算,三单位转换成果一致并签字、盖章后方可使用。同时,为减少投影变形的影响,在其使用过程中,蓝图直线上已标明的坐标必需使用相邻两点逐一连线,而不得使用两端连线、中间内插控制点的方式指导开挖/掘进轴线方向(受不同投影面的影响,蓝图上长距离的“直线”段两端点连线成的“直线”与逐点连成的线段组成的“直线”在不同位置存在横向偏差,经计算,其最大偏差达 3.4 cm)。对于蓝图上的同一坐标点如划分在不同的投影区间,必须采用与其对应的区间投影关系进行蓝图坐标转换(即同一蓝图坐标,根据坐标/投影转换系统,当其划分在不同投影区间时,转换后有两个不同的实际施工用坐标),这亦为该项目的一个显著特点,同时也是易于引起使用错误的地方。对此,监理工程师采用了上述事前控制的方法,从“源头”上消除了可能发生的错误。

3.5 严把工作流程与技术方案

以事前控制为基础,要求各承包人从开工前的测量组织机构设置、人员配置、分工、测量仪器、设备配置、首级控制网复测方案、各单项技术方案、贯通误差技术设计、过程测量及资料提交到完工验收资料汇编等严格按照合同、建设过程中建设、监理单位有关测量技术要求的文件、规范、规程等实施,从程序和技术上体现监理的全过程控制和履约意识。

3.6 洞内控制测量等级、导线网形要求及测量仪器配置

参考《水利水电工程测量规范》(SL197—2013)、《水利水电工程施工测量规范》(SL52—2015)、《水工建筑物地下开挖工程施工规范》(SL378—2007)中对不同相向开挖洞长基本导线、水准测量控制网等级选择要求^[2-4],结合建设单位对洞内基本导线、水准测量控制网的要求和开工前审批的贯通误差估算方案,并依据建设单位有关测量技术文件中要求洞内控制测量“就高不就低”的原则,该监理标段的所有主洞基本控制平面统一采用二等双交叉导线、高程采用二等水准进行开挖/掘进轴线控制。在明确了洞内控制网(平面、高程)等级要求后,各标段依此配置满足测量精度要求的全站仪、水准仪,并提交仪器资料供监理工程师审查、备案。

3.7 强化过程控制

过程的有效控制是关系到预期目标能否实现的关键。在具体施工过程中,监理工程师随时检查承包人的控制导线、水准测量是否按有关要求及时布设、施测,在承包人进行外业施测过程中,监理工程师采用旁站、巡视的方式进行监督。在此基础上,为保障洞内控制的准确性,监理工程师对所有工作面进入主洞的控制导线进行了独立测量、计算,有效的防止了因承包人测量、计算错误、坐标/投影系统使用错误造成不可逆后果的情况发生^[5]。同时,为保障洞内控制的可靠性,结合以往工程经验,要求主洞施工用控制导线的测量次数不少于 200%,在每次测量计算成果偏差满足限差要求的基础上,取算术平均值作为控制点成果进行开挖/掘进隧洞轴线的控制。

在 TBM 掘进过程中,对 VMT 导向系统坐标的传递提出了专项要求,并在掘进过程中随时关注 VMT 导向系统显示的轴线姿态,随时调整,

进一步减少了掘进轴线偏差的误差积累。在每一工作面贯通前,对控制导线要求进行系统的复核性测量以再次验证坐标系统应用及过程控制的正确性,确保工作面顺利贯通。通过以上措施的实施,保证了各标段、各工作面控制导线的准确性和精度指标要求及坐标系统使用的正确,为指导施工提供了有力保障。

对于施工过程中监理工程师发现的问题或承包人提出需要协调解决的测量问题,监理工程师及时组织相关单位召开专题会议予以协调或协商解决,解除了承包人的后顾之忧,同时也调动了承包人的积极性。

3.8 事后控制

在开挖/掘进完成一定进尺后,及时实施开挖后断面的测量及检测。对开挖/掘进后断面的测量与检测有三个目的:(1)为工序验收提供基础资料、为完工验收积累资料;(2)进一步检查、印证控制导线和开挖/掘进方向的正确性、准确性;(3)为永久支护提供基础参考资料。

4 所取得的管理成效

通过对超长地下隧洞实施有针对性的施工测量监理管理,达到了预期的管理目标。

(1)选择合理的监理测量组织结构及管理模式,使职责、分工明确,有利于管理和奖惩,能够充分调动员工工作的积极性及解决问题的主动性。对于工程建设过程中出现的个性问题进行组内讨论、处理,避免了动用全线测量人员和人力资源浪费;对于共性问题进行全线讨论、协商处理,避免了各部位、各工作面意见、标准的不一致。

(2)实施全过程管理,注重事前控制,统一标准、格式,使众多承包人、工作面形成的测量资料标准统一、形式一致,有利于检查、归档整理,减少了后期归档整理的大量工作。

(3)合理选用投影高程面、施工坐标系。通过合理的投影高程面选用、施工坐标系统的运用,减小了投影畸变影响,提高了贯通精度。该监理标段已贯通的各工作面贯通精度均达到了水平方向 $\pm 100\text{ mm}$ 、垂直方向 $\pm 50\text{ mm}$ 偏差的合同技术要求。

(4)根据 TBM 的施工特点,重视控制导线、掘进过程中 VMT 导向系统坐标传递质量,杜绝

(下转第 131 页)

风罩离机组较近,其抗振问题亦应引起足够的重视。可以肯定的是:增强发电机层楼板的抗振能力对风罩的抗振有利。

(2)钢蜗壳与外围混凝土紧密结合时,其厂房整体结构的基频为 7.44 Hz 与额定转速时机组的固有振动频率能够满足规范要求错开度,但与其与飞逸转速时的机组固有振动频率相差不大;钢蜗壳脱空时机组的振动频率降低,基频为 5.82 Hz,与额定转速下的固有频率 5 Hz 较为接近,很容易引起结构共振,因此,在实际运行时应多关注机组振动情况,避免发生钢蜗壳脱空现象。

参考文献:

[1] 钱培峰. 结构动力学[M]. 北京:中国工业出版社,1964.

[2] 宫玉才,周洪伟,陈璞,等. 快速子空间迭代法、迭代 Ritz 向量法与迭代 Lanczos 法的比较[J]. 振动工程学报,2005,18(2):227-232.
[3] 朱伯芳. 有限单元法原理与应用[M]. 北京:水利电力出版社,1979.
[4] 申艳,伍鹤皋,蒋遼超,等. 三峡水电站直埋式蜗壳结构自振特性[J]. 武汉大学学报(工学版),2007,40(6):56-60,65.
[5] 水电站厂房设计规范,NB35011-2016[S].

作者简介:

董官炯(1988-),男,四川成都人,工程师,硕士,从事水利水电工程设计工作;
王树平(1977-),男,四川成都人,高级工程师,学士,从事水利水电工程设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 95 页)

错误,为各工作面的贯通提供良好的测量技术支撑。1

5 结 语

对于一项工程的建设,任何一项管理工作一定要结合技术工作进行;同样,技术工作的实施过程也一定存在管理的影子。从监理测量管理的角度对超长地下隧洞施工进行了简要的论述。

随着我国水利工程开发建设的进展以及改善基础民生条件的需要和工程技术的发展,水利工程走进山区、地下是一段时期的趋势,且具有隧洞、隧道越来越长的趋势。但在现行的有关水利规程、规范中,对诸如单向长距离开挖/掘进的测量的技术要求及在采用 TBM 法施工时断面测量间距的要求(目前实际应用过程中,基本是根据隧

洞/隧道双向开挖钻爆法施工断面验收测量间距要求,结合工程经验进行控制、计算),需及时进行修订并予以明确或增补相关要求、内容,以便于从业人员实际操作。

参考文献:

[1] 张正禄. 工程测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.
[2] 水利水电工程施工测量规范,SL52-2015[S].
[3] 水工建筑物地下开挖工程施工规范,SL378-2013[S].
[4] 水利水电工程测量规范,SL197-2013[S].
[5] 魏文杰,王明胜,于丽. 敞开式 TBM 隧道施工应用技术[M]. 成都:西南交通大学出版社,2015.

作者简介:

陈党莹(1973-),男,陕西礼泉人,高级工程师,注册监理工程师,学士,研究方向:水利水电工程监理及管理;
陈文杰(1978-),男,江苏盐城人,高级工程师,注册监理工程师,学士,研究方向:水利水电工程监理及管理。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 122 页)

龙泉山隧道 2 号联络通道采用上述施工方法取得了明显的成效:通过提前施工交叉口段右线衬砌结构,及时控制了联络通道已开挖段落继续发生较大变形,使其趋于稳定并消除了其对正洞支护结构的影响;通过设置复拱及临时支撑,在不影响右线道路保通条件的情况下,进一步保证了衬砌结构的稳定,降低了交叉口处正洞的安全风险,保障了右线掌子面的正常施工进度;同时,采用超前管棚注浆对联络通道上部的围岩进行了加固,有效保证了联络通道的施工安全,进而保证了工期。龙泉山隧道 2 号联络通道在洞口浅埋段复

杂地质条件下安全施工取得的经验对类似隧道工程施工具有良好的参考借鉴意义。

参考文献:

[1] 铁路隧道监控量测技术规程,Q/CR9218-2015[S].
[2] 高速铁路隧道工程施工技术规程,Q/CR9604-2015[S].
[3] 铁路隧道防排水施工指南,TZ331-2009[S].
[4] 混凝土结构加固设计规范,GB50367—2013[S].
[5] 高速铁路隧道工程施工质量验收标准,TB10753-2010[S].

作者简介:

万俊义(1975-),男,四川眉山人,工程师,学士,从事水利水电与市政工程施工技术与管理工作;
刘 毅(1993-),男,河南洛阳人,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)