100 音年品牌品质保证













索佳测绘仪器应用案例集 2020年元月

SOKKIA

前言

"百年索佳、品质保证"。创建于 1920 年,专注于专业测量设备研发、生产与服务,索佳产品以高精度和高可靠性闻名于世,成为当今拓普康集团高端测绘仪器著名品牌。

在历史发展的起步阶段,通过模仿欧美产品,索佳生产出了定镜水准仪、金属度盘游标经 纬仪等早期测量仪器产品。上世纪 60 年代,索佳成功研发高性能磁阻尼补偿器,搭载该补偿 器的自动安平水准仪至今仍畅销全球。

上世纪70年代起,随着电子科技的飞速发展,索佳迈进了测量仪器电子化时代。1972年 索佳在日本率先研制成功 SDM3C 型红外测距仪,同时将微电脑技术引入测距仪;1978年推出了性能更优越的中程测距仪 RED2,产品一经问世便打开了全球市场;1982年索佳又推出了精巧和备受欢迎的 REDMINI 红外测距仪。此外,索佳还致力于经纬仪的电子化研究,角度编码器的研制成功使各种电子经纬仪的产销量与日俱增。索佳人马不停蹄,又投入全站仪的开拓工作,1983年研制出10"读数的全站仪 SDM3E,1985年又研制出1"读数的 SET3。

在测量仪器电子化的同时,索佳人又瞄准了测绘设备系统化研发工作,将数据采集设备全站仪 SET 与电子手簿、计算机、绘图仪融为一体,形成了外、内业一体化的综合测绘系统。随着全球定位技术的应用和发展,索佳于上世纪 90 年代初开发出了 GPS 接收机 GSS1。

进入新世纪后,索佳永不倦怠地勤奋探索,相继推出了高精度的数字水准仪 SDL1X (±0.2mm/1km)、超高精度测量机器人 NET05 (测角: 0.5", 测距: 0.5+1)、全站式自动陀螺仪 GYRO,最近又推出了转速快、体积小、重量轻的超声波马达测量机器人 iX 系列产品。

上世纪 80 年代中期索佳产品进入我国后,一直以其专业、高精度和高可靠性深深吸引中国测量界,在仪器由光学向电子转换过程中起了重要的推进作用。索佳秉承"专心致志,创造新的价值,贡献世界"和"专业、开放、合作、服务至上"的经营理念,最早与武汉测绘科技大学(现并入武汉大学)、同济大学、国家光电测距仪检测中心开展合作,致力于促进我国测绘事业的发展。通过在中国设立维修中心、对文教、体育、科研的赞助、为受灾地区重建捐助仪器设备等活动大大地提升了索佳产品的影响力,使之在我国工程施工、基础测绘、石油勘探、水利电力、交通设施、矿山建设等诸多领域得到了广泛应用。

进入新世纪以来,随着自动型和高精度型仪器的不断推出,索佳产品的应用范围不断扩大。为了更好服务中国客户,索佳与技术实力强大的合作伙伴开展合作,不断推出适应中国市场的解决方案,例如适应监测需要的"FMOS 智能监测软件"、用于钢结构施工的"AC 钢结构精度管理软件"、用于工业测量的"eMease 工业测量系统"、用于隧道盾构施工的"超长顶管引导系统"、用于隧道施工的"TJ-MS 手机 App 云端断面分析系统"等。此外,索佳融合测量系统、单人测量系统,多功能机载软件 GEOPRO 等也使索佳产品的应用更为广泛、专业和高效。

本集收录了近年来索佳合作伙伴的部分成功应用案例,分为5个部分:1.变形监测;2.地下工程定向与导向;3.钢结构施工及精度管理;4.BIM及测量机器人施工;5.应急抢险及其它。希望通过本案例集的介绍,对您在应用索佳产品解决实际问题时能有所借鉴和帮助,如果您有好的解决方案也欢迎给我们投稿。

永不倦怠勤奋探索,不断创新追求最佳,这就是索佳!



目 录

_	-、变形监测	1
	1.1 拓佳丰圣地铁监测系统助力武汉地铁安全运行	2
	1.2 京沪高铁丹昆特大桥常州东桥段监测案例	4
	1.3 东莞地铁二号线区间隧道自动化监测案例分享	7
	1.4 四川长滩湖水库运营监测	9
	1.5 成都环球中心监测方案	11
	1.6 基坑自动化监测系统分享	13
	1.7 滑坡及地质灾害监测	15
	1.8 新昌十九峰景区栈道、索桥自动化变形监测方案	17
=	、地下工程定向与导向	22
	2.1 GYROXII 全站式陀螺仪定向测量技术研究	23
	2.2 地下两井间长距离隧道工程贯通测量方案设计	29
	2.3 顶管自动引导系统在污水传输系统工程中的应用	34
=	、钢结构施工及精度管理	37
	3.1 澳门梦幻城项目精度控制技术应用介绍	38
	3.2 高精度全站仪在栓接钢结构制造中的应用	42
	3.3 模拟预拼装技术在钢结构桥梁塔柱安装中的应用	45
	3.4 钢结构工程精度控制	49
四]、BIM 及测量机器人施工	53
	4.1 SOKKIA 单人测量系统在武汉琴台美术馆屋盖施工放样中的应用	54
	4.2 测量机器人在矿山测量中的应用	57
	4.3 索佳 SX101 在北京电影学院怀柔新校区建设 BIM 施工中的应用	61
	4.4 IX 测量机器人在观音山隧道施工中的应用	63
5	ī、应急抢险及其它	65
	5.1 SDL1X 在高程控制网复测中的应用	66
	5.2 国外评测 索佳子弹头 GCX3 接收机介绍	71
	5.3 应急监测 —— 佛山地铁事故抢险记	75
	5.4 索佳全站仪, 测绘南极大陆	76
	5.5 震后 30 分钟应急监测 ——— 我们在行动	77





1.1 拓佳丰圣地铁监测系统助力武汉地铁安全运行

刘玮, 胡明珠 武汉拓佳丰圣测绘科技有限公司

1 项目概况

由于公交置业汉口幸福万象项目的开工建设,深基坑可能会对武汉轨道交通 3 号线产生影响,应业主要求,需要对后湖大道至市民之家区间进行 24 小时不间断运营监测,并及时上报监测数据,提供预警分析。



2 项目准备

武汉拓佳丰圣测绘科技有限公司在接到任务后,面对时间紧任务重的困难,不敢有丝毫怠慢,积极组织人员进行现场踏勘,制定监测方案。考虑到项目对精度要求高,监测点密集,地铁工作时间的特殊性,只能在凌晨 0—3 点才能进行施工作业,同时地铁隧道内网络信号不稳定等情况;公司最终选用了采用 SOKKIA NET 05 AXII 高精度测量机器人与拓佳综合监测系统 (TJ-IMOS) 组合的方案进行项目监测。



索佳 NET05 AXII 使用了索佳独特的自主角度校正系统,提供了更加可靠的角度测量数据。结合索佳优良的 RAB 绝对编码度盘技术,NET05AXII 实现了工业计量级的 0.5"高精度角度测量。索佳同轴探照灯装置,大大方便了在地铁光线昏暗条件下,查找目标的能力,提高了工作效率。索佳采用独特的棱镜自动识别和照准运算法则,当在仪器望远镜的视场内有多个棱镜或反射物体时,仪器都会自动照准离望远镜中心轴线最近的棱镜。保证了观测目标的准确性。



3 拓佳综合监测系统

- (1) 现场设备即插即用,安装方便。
- (2) 现场测量采集器和全站仪通过线缆直连,不存在 通信问题。不会因为网络信号问题造成无法测 量。
- (3) 采集器有大容量存储功能,保证数据不会丢失。
- (4) 支持移动网络数据传输 (CDMA/GPRS/4G)
- (5) 采集器采用 Linux 系统,可长时间稳定工作。
- (6) 系统采用 B/S 框架,客户端通过浏览器直接控制设备查看数据。
- (7) 客户端无须安装数据库、软件,通过浏览器可直接访问
- (8) 软件客户端无须进行端口映射等设置。
- (9) 软件系统通过网页登录,不需要软件狗。
- (10) 该套系统已经在乌鲁木齐、湖南、广西、广州等 国内的多条地铁隧道里运用。







4 系统运行调试

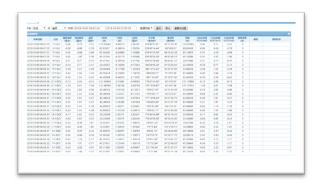
通过拓佳员工的不懈努力,克服白天不能干活,只能晚 上安装的困难,连续奋战4天,把400个监测点安装到 位,分两台仪器进行观测,每台仪器观测 200 个棱镜点 位。由于采用了具有小视场功能的 SOKKIA NET05AXII 高精度全站仪,充分利用仪器内置的辅助照明功能,快 速完成 400 个棱镜初始位置的采集, 为系统的尽快投入 运行节约了宝贵时间。由于该项目监测的点位数量较多, 分布范围较广, 又是运营中的地铁线路, 监测仪器只能 架设在变形区域内。为了提高测量精度,保证数据的准 确性, 拓佳员工利用拓佳综合监测系统软件里的后方交 会改正功能,分点组进行测量,定期测量4个后视点位, 并通过云平台后处理软件进行对比分析,自动校准仪器 的偏差值,保证了全站仪架设点位的准确性,从而保证 了监测点位的精度和准确性。由于拓佳综合监测系统 (TJ-IMOS) 能够远程对全站仪进行加电、断电、开关 机操作, 且能自动完成远程软件升级和数据采集, 使对 监测区域实现 24 小时无人值守自动化监测成为可能。 在通过云平台远程获取到全站仪的监测数据后, 我们发 现由于地铁在运行中有时会干扰全站仪的数据采集,导 致数据偏差过大,经过研发人员和现场人员的通力合作, 我们在云平台后处理软件上加入了智能过滤偏差过大的 错误数据,减少了人工后期处理数据的繁琐工作,提高 了工作效率。为了保证地铁的安全运行, 拓佳综合监测 系统还设置了超限报警,及日常简报功能,定期为客户 推送合格监测数据,大大方便了客户对监测项目掌控。

5 交付系统

经过长达 3 个月的稳定运行,索佳 NET05 AXII 结合拓佳综合监测系统为业主方提供了高精度稳定监测数据。 并且获得了客户的认可!







参考文献

- [1] 《城市轨道交通工程测量规范》 GB50308-2008
- [2] 《工程测量规范》 GB50026-2007
- [3] 《建筑变形测量规程》 JGJ8-2007
- [4] 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB50497-2009
- [5] 《地铁设计规范》 GB50307-2003
- [6] 杨文华、杨凌职业技术学院的《地铁隧道自由设站 变形监测起算点可用性研究》
- [7] 陈涛,张敏,耿司,等.天津市勘察院的《邻近深基坑工程地铁结构位移现场监测与数值模拟分析》
- [8] 刘菊梅.《高精度全站仪技术在地铁监测中的工艺研究》
- [9] 柏文锋.广州地铁设计研究院有限公司的《基于智能全站仪的地铁隧道自动化监测精度分析及验证》



1.2 京沪高铁丹昆特大桥常州东桥段监测案例

杨栋 上海同索测绘科技有限公司

一、高铁概述

高速铁路简称高铁,是指基础设施设计速度标准高、可供火车在轨道上安全高速行驶的铁路,列车运营速度在200km/h以上。到2019年年底,中国铁路营业里程将达到13.9万公里以上,其中高铁(涵盖了200、250、300和350四种速度等级)3.5万公里,居世界第一。

适合高速铁路的生存环境其实只有两条基本原则:第一是人口稠密和城市密集,而且生活水准较高,能够承受高速轮轨比较昂贵的票价和多点停靠,第二是较高的社会经济和科技基础,能够保证高速轮轨的施工、运行与维修需要。

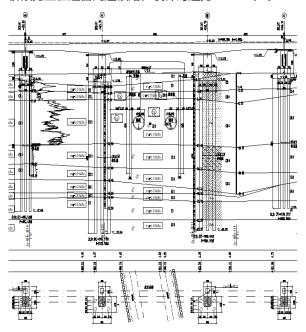
高铁的基本特点如下:

- (1) 高速铁路非常平顺,以保证行车安全和舒适性,高速铁路都是无缝钢轨,而且时速 300 公里以上的高速铁路采用的是无砟轨道,就是没有石子的整体式道床来保证平顺性。
- (2) 高速铁路的弯道少,弯道半径大,道岔都是可动心高速道岔。
- (3) 大量采用高架桥梁和隧道。来保证平顺性和缩短距离。
- (4) 高速铁路的接触网,就是火车顶上的电线的悬挂方式也与普通铁路不同,来保证高速动车组的接触稳定和耐久性。
- (5) 高速铁路的信号控制系统比普通铁路高级,因为发车密度大,车速快,安全性一定要高。

基于高铁的以上特点,可见运营环境比较复杂,穿过人口稠密地区,涵盖了大量的桥梁、隧道、公路、管道,对高铁轨道的监测就势在必行,进行高铁下穿施工时的监测更为重要。 以下为地铁下穿高铁施工时的监测案例:

二、案例概况

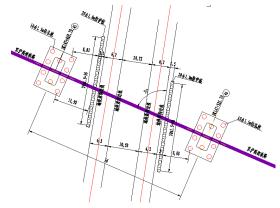
常州地铁 1 号线在通江路处 (DK30+412,高铁运营里程为 K1156+500。) 下穿京沪高铁丹昆特大桥常州东桥段,下穿处桥式为 (40+56+40) m 预应力混凝土连续梁桥中跨,该桥为群桩基础,桩深约 68m,隧道在此处隧顶埋深约 19.01m,最近处水平净距 8.06m,隧道主要在5 (2) 细砂层穿过,下穿段盾构隧道与铁路高架桥平面位置关系如下图所示。京沪高速铁路丹昆特大桥常州东桥段为正在运营高速铁路,设计时速为 350km/h。



京沪高铁跨通江公路处桥梁平立面图



京沪高铁跨通江公路处桥梁实景图



常州地铁 1 号线隧道下穿京沪高铁平面关系图

京沪高速铁路为客运专线,双线电气化线路,无砟道床,线间距为 5m。列车运行密度大,达 90 对/天,设计最高时速 380km/h,目前运营时速 300km/h。施工区段地处丹昆特大桥常州东桥段。天窗期时间段为:每日0:30~4:00。



三、监测目的和意义

京沪高铁铁路开行的动车组较多,列车速度快,对线路要求极其严格。围护桩及周围土体注浆加固施工期间将不可避免的对周边的地层产生扰动,从而可能引起高铁桥墩附加沉降及水平变形,导致影响铁路轨面的平顺性。为了实时对施工过程的动态控制,掌握地层与结构体系的状态及施工对既有铁路的影响,必须进行现场监控量测。并及时反馈监测信息,指导各项施工,保证京沪高铁的正常安全运营。

监测的主要目的如下:

- (1) 通过监测进行信息反馈及预测预报,优化施工组织设计,指导现场施工,确保隧道施工的安全与质量和工程项目的社会、经济和环境效益;
- (2) 及时指导调整施工参数或采取相应的工程措施,以 保证京沪高铁运营安全和周围地层的稳定;
- (3) 通过监测数据的分析处理,掌握施工过程中周边土体稳定性的变化规律,调整或优化相关施工参数,控制地表的下沉,确保地面交通顺畅。
- (4) 通过了解本工程条件下反映出的规律和特点,为类似工程提供借鉴、指导作用。

四、监测内容

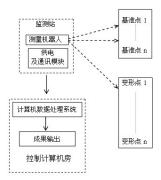
为了及时收集、反馈和分析在施工过程中对京沪高铁45#、46#桥墩产生的变形信息,从而实现信息化施工,确保施工安全以及京沪高铁铁路安全正常运营,确定监测监测内容如下:

- (1) 桥墩竖向位移;
- (2) 桥墩横、顺桥向水平位移;
- (3) 桥墩横向倾斜;
- (4) 桥墩顺向倾斜;
- (5) 桥跨梁体竖向位移;
- (6) 桥跨梁体横、顺桥向水平位移。

五、监测方法

本工程采用 AMS 自动监测系统对京沪高铁桥墩及梁的变形进行实时监测。AMS 自动变形监测系统由五部分组成:测量机器人、监测站、控制计算机房、基准点和变形点组成。远程计算机通过因特网控制远程 GPRS 模块或通过数据连接线控制远程设备,可远程监视和控制监测系统的运行。系统在无需操作人员干预的条件下实现自动观测、记录、处理、存储、变形量报表编制和变形趋势显示等功能。

自动监测系统的组成下图所示:



自动化变形监测系统组成部分示意图

六、自动监测系统构成

(1) 硬件——索佳 NET05AXⅢ自动全站仪

索佳 NET05AXII自动全站仪可自动照准目标。初始化时只要照准目标的大致方位,瞄准和对焦工作就完全由NET05II全站仪来自动完成。初始化后可以自动观测目标

仪器的技术指标如下表所示:

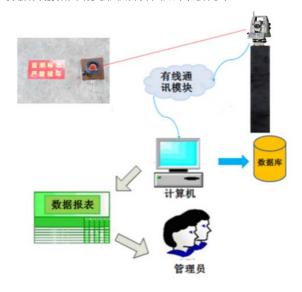


NET05 全站仪技术指标一览

퓇믁	NET05AXII				
角度测量	±0.5"				
距离测量	± (0.8+ 1ppm * D) mm				
测量时间	0.9 (首次 1.5) s				
范围	1.3 / 3.5 km				
放大倍数	30 x				
激光对点器	本项目实施时采用强制对中,消 除了本项误差				

(2) 软件——AMS 自动变形监测软件

AMS 自动变形监测软件可以对全站仪进行控制,达到自动监测的目的。自动全站仪拟采用蓄电池供电或电缆供电,实时控制、采集、储存测量数据。同时通过数据线传送实时数据至办公室服务器进行计算和沉降数据输出。数据传输和自动变形软件界面如下图所示;



数据传输流程图





监测软件界面图

(3) 通讯模块 (有线或无线)

自动监测传感器均安装配套的采集设备,然后通过数据线进行数据传输。考虑到工程的特殊性,为防止其他无线电信号的干扰,确保全站仪数据的正常传输,监测系统通讯方式拟采有线传输通讯方式,需埋设数据线。采用有线通讯是将监测现场数据采集设备连接至数据传输设备并通过数据线连接至监控中心。监控中心可通过进行呼叫连接,采集数据。

七、布点与设站

(1) 布点概况

根据监测内容,需要对 45#、46#桥墩及 45#~46#桥 墩间梁底进行布点。具体布点方式和数量如下:

京沪高铁 45#~46#桥墩每个桥墩设置 4 个观测点,其中墩顶设置 2 个,墩底设置 2 个,2 个桥墩共计 8 个桥墩观测点;45#~46#桥墩间梁底两端各布置一个梁底观测点,共计 2 个梁底监测点。



棱镜现场布置实物图

(2) 后视点布置

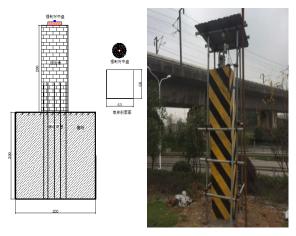
在观测墩的后视方向布设3个棱镜作为后视点,后视点的位置要选择在远离施工影响区,距离观测墩100m以内,通视良好区域(具体位置根据现场周围条件选择合适地点),通过该后视点检查测站自身的稳定性。

(3) 观测墩设置

为了提高监测数据的准确性和监测的连续性,在合适的位置设置固定观测墩,这样可以保证测站稳定,并且可以实现不间断对京沪高铁铁路桥墩变形实时监测。

为了保障全站仪供电和监测数据的及时传输,测站与值守房之间敷设供电电缆和数据通讯电缆。

观测墩结构示意图及观测墩照片如下图所示。



观测墩示意图及以往工程现场

八、监测设计原则

施工监测的成败与监测方法的选取及测点布置情况直接相关。根据经验,归纳以下 4 条原则:

- (1) 可靠性原则: 可靠性原则是监测系统设计中所考虑的最重要的原则。为了确保其可靠性,必须做到:第一,系统采用可靠的仪器;第二,应在监测期间保护好测点;第三,测站位置稳定。
- (2) 多层次监测原则: 多层次监测原则的具体含义有三占:
 - A. 在监测对象上以位移、沉降为主,兼顾其它监测项目;
 - B. 在监测方法上以仪器监测为主,并辅以巡检的方法;
 - C. 在监测仪器选择上选择索佳自动全站仪 NET05AXII进行监测;
- (3) 重点监测关键区的原则: 若线路存在不同等级,等级较高的线路需要进行重点监测。
- (4) 方便实用原则:为减少监测与施工之间的干扰,监测系统的安装和测量应尽量做到方便实用。

九、自动变形监测方法的优点

- (1) 监测精度高:采用精度±0.5"的全自动全站仪器, 仪器自动搜索监测点,减少了人为对中引起的误差;
- (2) 实时采集数据:根据工程的需要,本方法可以全天 候实时采集数据,为盾构穿越提供最新的反馈信息;
- (3) 安全性高:采用全自动全站仪,监测前利用道路通车数量少时将仪器和监测点位布置好以后,监测人员就不用再进入通车道路作业;监测数据可以通过全自动全站仪、数据采集软件和笔记本连接成一个数据采用和输出系统。监测人员在室内就可以完成整个数据的采集和输出。避免了人员在通车道路作业带来的人身安全风险。



1.3 东莞地铁二号线区间隧道自动化监测案例分享

张子康 广州广瑞测绘仪器有限公司

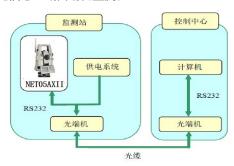
地铁建设、百年工程,中国作为地铁施工量世界第一大国,截止到 2019 年 4 月,中国已有 38 座城市开通地铁。为了有效地预防和减少灾害带来的损失,地铁监测也正如火如荼的展开。目前测量机器人自动化变形监测已经成为了地铁施工期和运营期的主要监测方式,在各个城市的地铁监测项目中得到了广泛的应用。

自 2018 年来,广州广瑞测绘仪器有限公司使用索佳测量机器人圆满完成多项地铁、高铁自动化监测项目,成果显著。以东莞市地铁二号线茶山至榴花公园区间隧道监测项目为例,余屋桥疏浚工程的施工将对地铁隧道结构造成影响,为了保证隧道的安全,需要对茶山至榴花公园区间隧道结构进行监测。



余屋桥疏浚工程与茶山至榴花公园区间隧道位置关系

项目使用索佳自动化监测系统获取测量数据并实时对测量数据进行分析、处理,掌握隧道和围岩稳定性的变化规律,了解影响隧道和围岩稳定性变化的因素;并通过监测数据了解施工方法和施工手段对隧道造成的影响,以便及时调整施工方法和手段,在科学、合理地提高施工效率的同时保证施工安全及隧道的安全。由于项目出入线隧道内部无信号,内部仪器安装位置与外部设备箱及通讯模块安装部位相距180米左右,则采用光纤通讯,实现无信号区域自动化监测。



索佳自动化监测系统组成如图

在该项目有信号的右线部分,数据则采用无线传输的方式,存入计算机或云服务器。

系统通过现场稳定的测站点及基准点在首次初值采集完成后,通过 lcontrol-T 数据传输模块提供稳定的数据传输,软件设置完成后每天定时定点完成数据观测任务,数据存入云服务器,自动上传到信息化平台。



高精度

采用索佳测量机器人获取准确、可靠的原始数据后,通过拟稳平差,边角网平差等多种方式联合解算,多种平差方式解算获取可靠数据,得到高精度的测站点和监测点的基准周期坐标,为项目提供更可靠的数据。



右图为索佳 IX 系列测量机器人

稳定

自动监测软件与索佳全站仪响应稳定快速,对仪器测量过程中出现的错误问题返回迅速,同时系统有优秀的自检功能,极大程度的避免了测量控制中的漏测和误测。





高效

自动监测软件可实时自动进行数据分析处理,生成多种形式的监测数据成果,真实反映了隧道受施工影响的位移变化,直观的表达监测目标的各项变化数据。



(图示为7月30日余屋桥疏浚施工当天采得的真实数据)

在分析现场环境和变化原因后,定制安装监测部件,使用 2 套索佳自动化监测系统同时对左右线监测区域进行高频率监测。







1.4 四川长滩湖水库运营监测

张强进 广州广瑞测绘仪器公司

四川长滩湖水库位于蒲江县境内,是 50 年代修建的中型重力坝水库,主要目的为防洪效益,对库区和下游进行径流调节和给下游农田进行灌溉。在 03 年时期有对该水库进行维护修建,同时也经过几次地震过后,坝体还属于在安全状态,近几年来因为下游耕种作物的改变,使得该大坝已经 3,4 年未有大的开阀放水。导致水库储水位不断上涨,为了更好的了解该坝体的稳定安全,通过安装全自动水雨晴监测站,和将之前的通过人工水准线法测量改为通过自动马达全站仪结合相关 FOMS 用极坐标法实时远程监测,实现水库大坝全自动亚毫米安全监测,为大坝安全提供了更高效可靠的监测手段,保障坝体安全。



长滩湖水库航拍全景图



全自动水雨晴监测站



自动全站仪亚毫米位移监测站



自动全站仪亚毫米位移监测站是通过索佳 DX101 一秒自动马达全站仪搭配 FOMS 软件进行 24 小时无人坚守, 实时自动化监测, 搭配 icontron 实现数据远程传输, 现场设备控制。结合该大坝现场, 在坝体布置了五个基准点 (JZ1-JZ5) 十个观测监测点 (D1-D10), 通过极坐标法来进行观测, 将索佳自动马达全站仪长期安装于架站点, 通过 FMOS 软件自动识别查找监测点, 大大提高监测效率和监测质量。同时结合当地现场情况, 通过太阳能板, 蓄电池等电源适配器组成可长久持续自供自足的能耗系统, 将现场所有监测点棱镜安装保护罩, 对于架站仪器通过加装自动开关保护箱来提高野外设备的安全性。



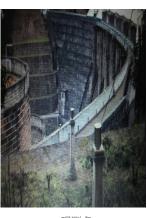
























点位布置图 全站仪保护罩 自动全站仪亚毫米位移监测站运行



1.5 成都环球中心监测方案

吴斌 四川徕拓科技发展有限公司

近日,徕拓测绘团队携索佳全新推出的高精度自动智能型全站仪 SX-101 搭载自主研发的变形监测软件,亮相世界上最大的单体建筑——新世纪环球中心。助力四川省建筑科学研究院完成对建筑物主体、钢结构的沉降和位移监测。

近年来,随着经济的蓬勃发展和防灾减灾安全生产的需要,一些大型人工构(建)筑物和自然山体滑坡变形体的安全监测问题越来越受到社会的重视和关注。传统的人工观测方法因其受观测时间长、观测时段和频率等限制,无法满足生产要求。测量机器人是一种能代替人工进行自动搜索、跟踪、辨识和精确目标并获取角度、距离、三维坐标以及影像等信息的电子全站仪。它是在全站仪基础上集成步进马达、CCD影像传感器构成的视频成像系统,并配置智能化的控制及应用软件而发展形成的综合性测量系统。测量机器人具有自动化程度高、测量功能多样、能提供三维测量成果等特点,适应于建筑物、桥梁、大坝、滑坡等变形的自动监测。

四川徕拓科技发展有限公司,在测量机器人全自动监测方面拥有一套完整的解决方案。本工程运用索佳测量机器人和徕拓无人值守测量软件,24小时在线监测,实时传送数据到云服务器。实现数据不落地,远程对数据合理的计算和分析,对建筑物主体、钢结构的状态进行评估,对工程未来性态进行预报,以确保工程的安全。

工程概况

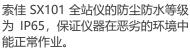


新世纪环球中心是四川省、成都市两级政府确定的打造 世界现代田园城市的重大项目, 主体建筑以"流动的旋 律"为设计理念,建筑以"海洋"为设计主题;衍生出 "飞行之海鸥、漂浮之鲸、起伏之海浪"的建筑形态; 创造出内陆城市"海景风情岛"的娱乐休闲模式,为世 界第一大单体建筑。成都新世纪环球中心位于成都高新 南区天府大道北段 1700 号, 在绕城高速路内侧紧邻公 路边,地处成都市中心向南发展的核心区域内。新世纪 环球中心占地面积约 1300 亩, 总建筑面积约 176 万平 方米,主体平面尺寸约500米×400米,主体高度约100 米,是由中央游艺区和四周酒店、商业、办公等部分组 成的一个集游艺、展览、商务、传媒、购物、酒店于一 体的多功能建筑。建成后成为成都市的娱乐天堂、购物 天堂、休闲天堂和美食天堂。此项目为建筑结构监测项 目, 利用徕拓测绘的无人值守监测系统对主体内部的钢 结构进行水平位移及沉降监测。

配备软硬件

SX 智能型全站仪

此款仪器自动照准距离达到 1000 m,完全能够满足环球中心建筑结构高精度自动监测的需要。 其卓越的多棱镜识别技术,可以分辨的棱镜的最小夹角达到 3′(如下图所示),创造了业内更高记录,在布置监测点时更加灵活。







徕拓自动化变形监测测量系统(LTMOS)

由全站仪、棱镜、自动变形监测软件、计算机及专用通讯供电电缆构成。



它集数据采集、分析及形变、位移值图形输出为一体。 能实现室外无人值守测量、按照预定的时间间隔自动采 集数据、校核点(后视点)以及监测点位移超限检查及 超限自动报警等功能。是进行各类建筑物自动变形监测、 滑坡监测、大坝监测、露天矿开采的理想系统。



施工现场

根据现场监测需求,观测点选定于海洋馆看台上,是一个比较理想的观测位置,通视条件好。安置观测墩,安装玻璃观测房。在一百多米的高空总共布设3个基准点,19个监测点。







精确调校监测棱镜架设位置









软件方面

徕拓无人值守软件,无需安装在指定电脑,任何电脑、 手机登录网站即可访问,通过专用的账号密码登录,确 保数据的安全保密。

项目信息的编辑,全站仪的设置,监测点编辑以及测量周期的设定,数据的查询都在网站上进行。网页界面简单整洁,操作简单易懂,随时随地通过手机,平板,笔记本电脑都可以给全站仪更改指令,查询监测数据。监测的成果可以显示坐标,也可以显示图形并且支持数据导出 EXCEL 格式,提供实时、直观、丰富的数据分析。



网站首页



配置监测点



监测点变化量



变形曲线分析图



1.6 基坑自动化监测系统分享

张子康 广州广瑞测绘仪器有限公司

国家经历 40 年改革开放发展,特别是近 20 年,对基础建设的巨大投入,预期在未来数年也会持续投入。相应地对建筑质量安全,提出非常高的要求。基坑开挖作为绝大部分基础建设"根基",基坑的质量安全问题不容忽视。而对基坑的监测,是一个保护人民生命和社会财产的重要手段。在高效准确、保持稳定可靠,发挥广泛的社会效益上,基坑自动化监测系统就十分重要。

首先,基坑监测是指对开挖深度超过 5m、或开挖深度未超过 5m 但现场地质情况和周围环境较复杂的基坑工程实施工程监测。基坑等级分别分为:

- 一级基坑: 开挖深度大于等于 10 米, 且开挖深度 2 倍以内有重点文物保护对象和管线等。
- 二级基坑: 开挖深度大于等于 7 米小于 10 米, 还可能有地下管线需保护等等。
- 三级基坑: 开挖深度小于 7m, 且周围环境无特别要求。

基坑监测种类繁多,根据不同的分级,相应的监测手段、设备也略有不同。

常见监测项目如图 1.1 所示:



以往的基坑监测手段,每一个方向的变化量都需要通过人工测量、人工量算的形式获取,如表面位移通过人工操作全站仪测定边角关系、沉降通过人工操作水准仪测定高程。无论是从效率,还是精度,都得不到保障。

(图 1.1)

基坑自动监测系统,现场表面位移、沉降观测部分利用索佳自动马达型全站仪进行自动观测,现场利用平板电脑中的 FMOS 采集软件与仪器蓝牙通讯,控制全站仪进行数据采集工作,现场进行精密平差解算,得出变化量,大幅提高人工观测效率与内业处理时间。



参照 JGJ 8-2016 《建筑变形测量规范》,利用测量机器人三角高程测量是能满足二级以下基坑沉降精度要求的。使得基坑数据更为精确、流程更为简明、效率极大提高。

某基坑项目 FMOS+测量机器人三角高程测量沉降 dZ 数据记录

2017/1/23		2017	/1/26	2017/1/30		2017/2/5		2017/2/10	
本次变化量	累计变化量	本次变化量	累计变化量	本次变化量	累计变化量	本次变化量	累计变化量	本次变化量	累计变化量
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
-0.12	0.61	-0.11	0.5	0.38	0.88	-0.62	0.26	0.77	1.03
0.37	2.87	-0.01	2.86	-0.03	2.83	-0.61	2.22	1.05	3.27
2.06	15.63	0.16	15.79	-0.16	15.63	-0.12	15.51	0.99	16.5
0.02	1.03	-0.16	0.87	-0.01	0.86	-0.28	0.58	0.3	0.88
0.28	-0.35	-0.22	-0.57	0.06	-0.51	-0.75	-1.26	0.82	-0.44
0.45	2.96	-0.23	2.73	0.32	3.05	-0.94	2.11	1.26	3.37
0.39	2.82	-0.28	2.54	0.41	2.95	-1.07	1.88	1.48	3.36
0.40	3.01	-0.35	2.66	0.23	2.89	-0.56	2.33	0.85	3.18
-0.05	0.83	-0.18	0.65	0.09	0.74	-0.11	0.63	0.25	0.88
0.00	1.16	-0.08	1.08	-0.16	0.92	-0.2	0.72	0.26	0.98
-0.52	0.43	-0.21	0.22	0.17	0.39	-0.58	-0.19	0.56	0.37
0.17	-0.18	-0.15	-0.33	0.15	-0.18	-0.59	-0.77	0.74	-0.03
-0.04	1.15	-0.38	0.77	0.71	1.48	-0.74	0.74	0.81	1.55
0.13	1.49	-0.64	0.85	0.45	1.3	-0.77	0.53	1.05	1.58
0.52	1.80	-0.94	0.86	0.5	1.36	-0.62	0.74	0.58	1.32

SOKKIA





以某市为建档案馆,对基坑进行开挖为例,该项目环境周围以山体为主为避免塌方造成的损失,当地监测单位采用由 FMOS 软件和索佳机器人组成人工半自动化监测。在基坑开挖 4 米期间,监测到某一断面点数据持续变大,触发预设报警值。

为保证数据实时性和可靠性,监测单位立即驻场通过 FMOS 软件调整为高密度的监测频率,发现数据依旧持续增加,通知相关单位后,施工方立即停工和相关单位召开预警会议,回填土反压,监测数据稳定后再次施工。

施工方再次施工后,监测报告预警点持续增加,隔天当地政府、施工、监理等单位在现场展开应急预警会议,当地政府管理部门要求该项目相关建设管理单位对此事进行汇报,在本次事件中对监测单位在基坑安全监测数据上反馈的及时性、准确性给予表扬。

在险情期间监测单位与我们团队相关人员经过两天一夜的高密度在现监测周期,每小时完成一次监测采集与成果报告提交,真实准确的及时提交数据报告,在发现安全隐患的及时反馈下,使当地政府、施工方立即采取应急方案,避免此次险情扩大,减少了工程损失。

高精度

采用索佳测量机器人获取准确、可靠的原始数据后,通过拟稳平差,边角网平差等多种方式联合解算,多种平差方式解算获取可靠数据,得到高精度的测站点和监测点的基准周期坐标,为项目提供更可靠的数据。



右图为索佳IX系列测量机器人

稳定

自动监测软件与索佳全站仪响应稳定快速,对仪器测量过程中采集的数据迅速反馈,极大程度地避免了测量控制中的漏测和误测,同时系统还具备有优秀的自检功能。



高效

自动监测软件可实时自动进行数据分析处理,生成多种形式的监测数据成果,真实反映了基坑受施工影响的位移变化,直观的表达监测目标的各项变化数据。



1.7 滑坡及地质灾害监测

刘昊天 广州广瑞测绘仪器有限公司

一、引言

地质灾害突发性强, 危害巨大, 严重威胁人民生命财产和国家建设事业。地质灾害中主要危害人民生命和财产安全的 是崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等六种。其中滑坡是我国分布最为广泛的地质灾害类型。

地灾监测具有范围广、环境条件差、目标点数多、观测周期频繁、精度要求高等特点,如果采用大地测量方法进行人工观测,不仅观测频率难以满足,而且对测量人员的专业水平要求高。为此,我们设计开发了基于索佳全站仪的自动化变形监测系统,大大提高了观测质量和工作效率。

近几年来,我国非常重视对地质灾害的安全监测及预报,并从不同角度、采用不同方法致力于该项具体研究工作。地质灾害种类繁多,相应的监测手段、设备也略有不同。常见监测项目如下表:

序 号	监测内容	监测方法	监测仪器和仪表		
		前方交会法、视准线法、水准 法、测距三角高程法等	经纬仪、水准仪、全站仪、自动全站 仪等		
1	地表位移、	近景摄影测量法	陆摄经纬仪等		
	製 缝	测缝法	游标卡尺、测缝仪、伸缩自记仪等		
		GPS法	GPS接收机等		
2	内部位移	测斜法	测斜仪、多点倒锤仪、倾斜计等		
3	地声	量测法	声发射仪、地震仪等		
4	应变	应变计量测法	管式应变计、位移计、滑动测微计等		
_	地下水位	水位自记仪法	地下水位自记仪等		
5	孔隙水压力	压力计量测法	孔隙水压力计等		
6	降雨量	雨量计法	雨量计、雨量报警器等		
6	地温	记录仪法	温度记录仪等		

二、系统

自动化变形监测系统主要由三个部分组成:前端采集、传输模块和控制系统。传输模块由 Icontrol – T、Icontrol-S 和光纤模块组成,控制系统采用 FMOS 监测软件和监测平台。仪器+FMOS 监测软件+数据传输模块能够实时控制仪器进行全天候数据采集工作,自动对数据进行平差解算,根据控制要求完成预警信息录入,自动识别数据预警状态,及时反馈安全状态。



该系统采用性能稳定、功能卓越的索佳测量机器人。结构灵活,可用过网络、串口、蓝牙等多种方式连接,可解决无信号、无电等多种问题。多台测量机器人可同时自动并行工作,且支持联测。数据实时回传且可远程实时操控仪器。 真正意义上实现了自动化、智能化和内外业一体化作业。



三、案例

2019 年 11 月 13 日,广东省韶关市某中等职业学校突发滑坡,滑坡位置距学校的学生宿舍楼仅有两米,情况十分危险。





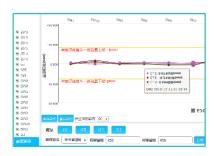


我司于中午十二点接到当地住建局电话,要求参与到该次抢险监测工作,在收到电话后我们积极响应,马上调配仪器设备,由于不清楚现场情况,我们当时准备多套监测方案,有基于有线的,也有基于无线的,针对各不同移动运营商也准备了不同的模块,还针对现场可能没有网络的情况自备了几百米光纤,这么多的工作我们只用了不到两个小时的时间就完成准备,于中午 2 点开始驾车前往韶关,晚上七点到达现场。此前校方对现场进行封锁,无法得知现场情况。

现场未滑坡区域路面严重开裂、错位,随时有发生二次滑坡的危险。测量环境恶劣。基于以上情况,我们采用了自动 化变形监测系统,当天晚上完成监测点布置,仪器架设,自动测量,上传平台等操作。









1.8 新昌十九峰景区栈道、索桥自动化变形监测方案

杨栋

上海同索测绘科技有限公司

一、工程概况

新昌十九峰景区位于新昌城关西南约 22 公里处的镜岭镇境内, 总面积 30.65 平方公里, 有 19 峰, 峰峰相连, 横亘 2.5 公里。项目场地以山为主, 作业环境较差。

本次监测对象为栈道及索桥。栈道为混凝土现浇结构, 荷载主要由悬臂梁和少许立柱承担。索桥两侧墩台为混 凝土结构,桥身为悬索结构。桥身由于处于悬空状态, 受风等因素影响,变化较大,监测难度较大。

二、自动化监测的重要性和意义

2.1 自动化监测的重要性和意义

栈道及索桥原来采用的是人工定期监测的方式,以传统全站仪和水准仪每隔一段时间测一次,这种监测模式在一定程度上达到了监测的目的,但由于这样的监测频率受到观测时段的限制,无法及时发现建(构)筑物的预警数据,并且受天气等因素的影响,无法达到实时、全天候观测的要求。

综合以上各种情况,为能更好满足实时化监测,采用先进的全站仪自动化监测系统为栈道和索桥的全方位位移监测系统,全天候 24 小时不间断工作,将为栈道和索桥的安全运行提供实时、精确的观测数据,具有非常深远的作用和意义。

2.2 本项目实施目的

通过本自动化项目的实施,可有效解决栈道和索桥监测 中遇到的如下问题:

- (1) 监测精度难于提高;
- (2) 易受天气因素的影响,观测时间受限;
- (3) 工作强度大、观测精度易受人为因素影响;
- (4) 观测频次低、观测数据需要人工分析处理并上交成 果等。

自动化监测系统能实现全天候自动化观测,提高监测的精度和频率,观测结构不受天气及人为因素的影响,可同时收集三维位移数据,为相关性分析作好充分准备,可无缝兼容主管单位要求的数据上报格式,数据查询更加方便,能全面提升景区的安全管理水平,为景区的安全运营保驾护航。

三、监测系统设计的原则和依据

3.1 监测系统设计原则

- (1) 系统设计需符合相关安全规程规定,采用有高科技 含量、先进的系统;
- (2) 在现有高精度三维控制网基础上, 能自动对监测基准进行高精度检核, 在栈道、索桥存在不稳定因素的区域建设必要的监测点;
- (3) 从稳定、可靠为系统建设的基本出发点, 兼顾经济 性·
- (4) 系统能同时实现高效动态预警与低动态完整监测

数据获取,满足长期稳定性预测研究提供资料的双 重要求;

- (5) 自动化监测系统应具备完全自动化、数据采集稳定可靠,所有系统综合分析评价科学快捷,所得到的监测数据及结果应能够为可能存在的安全隐患提供准确的预测预报依据;
- (6) 系统软件简洁、直观、操作简便,可按需要进行扩展:
- (7) 系统的可扩展性,接口开放性、便于系统功能扩展 及集成其它现有监测仪表的成果数据。

3.2 监测系统设计技术依据

本系统建设方案严格遵循以下相关规范要求:

- (1) 《工程测量规范》(GB50026-2007);
- (2) 《建筑变形测量规程》(JGJ8-2016);
- (3) 《国家三角测量规范》(GB/T 12897-2006);
- (4) 本项目相关勘察文件和设计图纸;

四、监测范围及系统技术设计

4.1 监测范围

景区栈道和索桥墩台及桥身的三维变形监测,垂直方向 作为重点监测方向。

4.2 外观自动化监测系统整体设计

自动化监测系统设计应兼顾稳定、可靠、高动态预警、 低动态全面数据分析、高度集成其他相关传感器数据为 一体的综合性监测管理平台系统。

自动化监测系统包含以下几部分:

基准点自校子系统 栈道和索桥自动监测子系统 通信、避雷、供电 数据分析、预警、发布综合管理平台



系统整体设计示意图

整体系统设计精度优于建筑变形规范精度要求 (监测精度 3mm)。

4.3 基准点自校准子系统设计

变形体表面变形点的监测是相对于稳定基点作为参考而精确确定的,然而,在现实环境中,绝对稳定的参考基点是一种理想条件下的状况,因此,我们在设计自动化监测系统过程中,必须充分认识到这种特性,必须建立



可量化的自动检核系统以确保整个监测系统在一定运行 周期中的稳定性,从而进一步保证监测数据的真实与准 确。



基准点自校准子系统原理

基准检核系统设计说明:本系统设置了3个后视基准点, 检核时每个测站确保能观测到两个后视基准点,从而确 保监测数据的准确。

4.4 栈道、索桥表面位移自动监测子系统

本项目栈道、索桥表面变形监测子系统设计如下:

(1) 系统将在栈道外边缘每隔 20~30 米左右设置一个监测点(具体监测点数应在基准点埋设后根据现场通视情况确定),设置反光棱镜,使用配置高精度全站仪进行监测。测站与测点间距离尽量控制在 500 米范围内以提高监测精度。具体的埋设方式采用钢筋植入混凝土悬臂梁中,然后将棱镜头与钢筋焊接固定。





监测子系统示意图

(2) 索桥桥身同样设置反光棱镜监测点,桥墩处设置时同样植入钢筋进行焊接固定;桥身由于其特殊性,在以下位置进行焊接固定反光棱镜。



4.5 通信、供电、避雷

系统设计过程中应根据项目现场实际情况综合考虑通信、 供电、避雷以及相关工程细节问题,力求设计合理、易 于现场实施,需严格遵循国家及行业相关标 准规范,设 备安装、附属设施布设应做到合理有序。

室外设备必须统一放在机柜中,主要是全站仪、太阳能控制器、避雷模块、无线传输模块等装置,机柜防水密封,具有一定的防盗性。

机柜设计采用不锈钢机箱装置,加防盗锁,可挂靠在观测墩上。 布设原则:

- (3) 供电电源一并引入机柜,并且强电弱电隔离布线,整洁美观,便于维护。
- (4) 机柜下端预留通线孔,供电源数据线的接入。
- (5) 机柜离地面宜大于 30 厘米。
- (6) 固定螺钉应拧紧,不得产生松动现象。



图 4-4 室外机柜示意图

4.5.1 通信子系统总体设计

目前室外监测常用通讯方式有以下两类: 有线通讯:232 串口线、网线、485/422 线等:

传输通讯特点:使用范围广、可兼容多种通讯方式,稳定快速。但是传输距离近,无法做到客户端实时监控。

无线通讯:无线网桥、GPRS/3G/GPRS/CDMA/3G等 无线网桥通讯特点:需视线开阔、无遮挡传输,可兼容多种通讯方式,传输带宽大、布设方便;

GPRS/3G/GPRS/CDMA/3G 通讯特点:适合监测点距离较偏远,布设光缆成本过高且附近有移动/联通/电信通讯基站;且监控中心需接入互联网,其不受地域、区域及距离的限制,只要具备移动或联通等通讯运营商的网络信号的地方就能够传输数据,安装简单,功耗低,但易受通讯基站的制约,传输数据量小。

根据项目现场实际情况及甲方需求,综合考虑架设成本、施工难度、传输带宽等因素,宜选用无线网桥为主的数据通讯方式,实时将数据传输到云平台,再发送到各个用户手机端。



4.5.2 供电系统总体设计

自动化监测系统通常采用的供电方式有以下几种:市电、UPS、太阳能、风电等,在实际项目中宜根据现场环境及条件,灵活选取其中一种或多种组合方式 进行供电,保证系统能长期安全稳定地运行。

市电供电: 适合于监测点较集中,沿线方便就近取市电的情况,市电供电较稳定,不受天气情况的影响;

太阳能供电:适合于不方便接入市电,市电架设成本较高,且监测点分布比较散,设备功耗较低,阳光充沛的地区,但易受天气情况的影响;

太阳能发电系统由太阳能板、太阳能控制器、蓄电池(组)组成。

根据监测点设备的用电功耗计算需要的太阳能系统配置,通常应考虑保证设备可以连续工作七天,如果需要加大续航能力,则在此标准上做相应增加。

太阳能电池板:太阳能电池板是太阳能发电系统中的核心部分。太阳能电池板的质量和成本将直接决定整个系统的质量和成本。额定的输出电压为 18V。

太阳能控制器:太阳能控制器的作用是控制整个系统的工作状态,并对蓄电 池起到过充电保护、过放电保护的作用。在温差较大的地方,合格的控制器还应具备温度补偿的功能。其他附加功能如光控开关、时控开关都应当是控制器的可选项。本系统采用规格为 12V/10A 的控制器。

蓄电池:一般为铅酸电池,小微型系统中,也可用镍氢电池、镍镉电池或锂电池。其作用是在有光照时将太阳能电池板所发出的电能储存起来,到需要的时候再释放出来。本系统采用的为胶体铅酸电池。

太阳能供电系统宜采用双系统供电的方式进行,保证系统的稳定性:即 GPS 系统和数据通讯系统采用分离的两套系统进行独立供电,一旦其中一套出现故障,则把正常运行的一套电源系统同时接入两套系统。

太阳能供电系统的安装:太阳能电池板需要固定在 GPS 观测墩的侧面,安置要求是:倾斜角度在 30-45 度之间,面对方向为正南方偏西 15 度左右(根据当 地的情况可适当调整),并制作三角形的支架固定在水泥板上,防止偷窃。



图 4-5 太阳能供电示意图

室外现场监测系统建设时可综合现场实际情况,在保证供电稳定性的情况下,以节约成本,减少施工难度为原则合理选择供电模式,可选择单一供电模式,也可几种供电模式混合使用。

4.5.3 防雷子系统总体设计

所有子系统整体防雷分为:设备防雷、电源防雷、通讯 防雷。

设备防雷一般使用避雷针, 地埋避雷网形式;

电源防雷一般使用电源避雷器;

通讯防雷一般使用浪涌保护器;

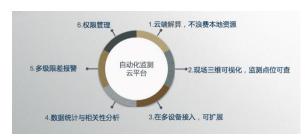
监测点设备在要正常工作,通常设备、供电、通讯是一个有机的整体,因此 防雷方式一般也是组合使用。

4.6 数据分析、预警、发布综合管理软件

该软件适用于使用高精度全站仪进行大坝坝体、边坡、隧道、建筑物等变形体的监测。

系统特点:

- (1) 系统支持多个厂家的智能全站仪,可根据需求灵活选择所需设备,支持徕卡、拓普康、索佳、天宝等厂家的智能全站仪;
- (2) 全天候自动监测,可有效避免人为观测造成的误差;
- (3) 自动监测与数据分析同步,提高了监测质量与工作效率;
- (4) 系统利用三差改正(斜距差分改正、三角高程差分 改正和方位角差分改正)模型和多测回测量技术可 获取亚毫米级监测数据,监测距离最远可达 3km(监测距离与所选设备型号有关);
- (5) 系统支持多仪器协同监测, 具有良好的智能协同性和扩展性:
- (6) 系统采用基于无线传感器网络的开关棱镜群控制 技术,从根本上解决了小视场多目标识别问题;
- (7) 监测点部署灵活,非接触测量,成本低。
- (8) 系统能够实现监测数据自动采集、传输、存储、处理分析及综合预警
- (9) 具有数据展示直观、操作简洁、报表丰富的优点;
- (10) 具有系统自检、日志分类管理、用户安全管理等功能:
- (11) 系统具有多级报警设置, 支持手机短信、E-mail 报警、软件窗口报警、声光报警等方式;
- (12) 支持网络多用户查看监测状态。



自动化监测云平台工作原理图









软件界面示意图



手机客户端 IOS 界面



手机客户端 Andriod

五、监测仪器及方法

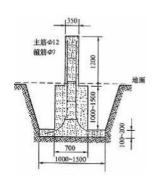
5.1 三维位移监测设备的选取

由于本项目的监测需要进行实时监测,故传统的沉降测量和水平位移测量方式已不适合。针对这个项目,采用自动照准智能型全站仪进行监测点的测量。

方案设备: NET05AXⅢ全站仪+机载监测软件

产品名称	规格	单位	品牌/型号	数量	备注
全站仪	0.5 秒	台	索佳/ NET05AXII	2	索佳
机载版监测软件		套		1	
L 型监测棱镜		个		N	国产
太阳能		套		2	
防雷设备		套		2	

测站基点和后视基点的选择安装:结合现场情况,在下图所示山体上埋设强制观测墩,考虑到景区的美观情况,可以设计成下图样式,如下示意图。







强制观测墩示意图

5.2 自动化监测

首次观测时,需要人为进行监测点的观测。首先测站点 瞄准后视基点,进行定向,再瞄准另一个后视点作为检核点,结束后依次对监测点进行测量,完成一个测回后,智能全站仪进行存储记忆,测量所得数据自动存储在内部储存卡中,所得数据为监测点三维坐标,精确到亚毫米。通过监测系统进行实时数据处理和分析,通过通讯设备,将数据传输至云服务器,然后传输到客户端 app上。第二次开始,该系统能自动根据记忆功能,对设定的监测点进行跟踪观测,最终将观测数据传输到系统,自动计算出两期的变形量以及累计变形量,通过云平台将实时数据发送至客户手机端。当遇到新增点或修补监测点后,需重新让全站仪进行跟踪记忆。



5.3 监测注意事项

- (1) 首次观测时,仪器应严格对中整平,避免安置在受震动的地点。
- (2) 当采集的数据出现异常时,应结合现场及周边环境条件、仪器条件及状态、测试方法、基准网稳定性等因素综合分析,确保已采集数据的准确性和代表性。
- (3) 监测资料的原始记录应完整、清晰、真实、可靠。
- (4) 监测仪器因安置防雨装置。

5.4 监测难点

(1) 因本项目监测是在山上,植被茂密,有几个区域存在树木遮挡,故导致全站仪监测不到而出现盲区, 主要集中在几个山凹中。





- (2) 设测站基准值和后视基准值区域位于未开发区域, 点位埋设存在一定困难,需甲方配合。
- (3) 监测点原则上设置在栈道悬挑梁外侧,但由于存在 栏杆,一侧又临空,埋设时需甲方配合。

六、监测质量的保证措施

6.1 测试方法

在具体测试中固定测试人员,以尽可能减少人为误差;首次观测因进行多次观测取平均值作为初值。

6.2 测试仪器

- (1) 测试仪器在投入使用以前,均应由法定计量单位进行校验,经检验合格并在有效期内方可使用;
- (2) 数据传输后,记录仪器运转情况;
- (3) 使用过程中若发生仪器异常的情况,除立即对仪器 进行维修或调换外,同时对该仪器当天测试的数据 进行重新测试。
- (4) 测试仪器由于长期在外全天候监测,故需至少一年 对仪器进行保养维修。正常使用状态下 5-7 年进行 仪器更新。

6.3 监测元件

- (1) 各类监测元件均应有详细的出厂标定记录并得到 法定计量单位的认可,有效期应满足工程需要;
- (2) 各类监测元件在埋设前均应再次进行测试,经检验 合格方可进行埋设,埋设完成以后立即检查元件工 作是否正常,如有异常应立即进行重新埋设。

6.4 监测点保护

设备安装完毕后做好标记,加强测点保护,提高测点的成活率,确保监测工作顺利进行。

6.5 测点补救措施

监测点若遭受破坏,应及时重新布设并取得初始值,新设点的变形必须在破坏前累计的基础上继续累加确保测点监测数据的连续性。

6.6 人工巡视

现场巡视,用目测观察结构与山体的稳定性是不可忽视的监测方法,它有利于获得是否存在不稳定征兆的直观信息。巡视观察若发现异常和危险情况应及时通知相关各方。





2.1 GYROXII 全站式陀螺仪定向测量技术研究

高涵 1, 高常宝 2

(1. 中国运载火箭技术研究院; 2. 金诚信矿业管理股份有限公司)

随着国家"一带一路"战略的推进,国内外基础设施投资不断加大,测量任务跨行业跨区域已成为新常态,对测量工作提出了新要求。在矿山井巷、公路铁路隧道、城市地铁等地下工程施工中经常需要高精度的测量定向,几何定向和低精度的陀螺定向测量难以满足工程需要。随着卫星导航技术、光电一体技术、信息处理技术在测绘行业的应用,新仪器不断涌现,测量机器人发挥了测量精度高、操作简便、稳定性好的特点,如自动全站式陀螺仪在工程定向测量中就充分体现了自动化的优势,在国内外得到了成功应用,特别是国外工程采用不同的坐标系统和高程系统以及测量规范的不同规定,必须在满足工程需要的前提下对常规测量方法应进行适应性调整,必须理论联系实践,形成成熟的经验以促进技术的发展。金诚信矿业管理股份有限公司使用 GYROX II 自动全站式陀螺仪在云南会泽矿、澜沧矿,湖北三鑫铜矿、铜绿山矿,江西银山矿,陕西潼金矿,赞比亚谦比希矿等国内外多个矿井建设中完成了陀螺定向测量工作并积累了大量经验。在 Zambia Chambishi Mining 使用索佳 GYROX II 自动全站式陀螺仪,采用跟踪逆转点法进行陀螺定向测量,井上下使用索佳 CX-52 全站仪按 5"控制导线等级要求施测,确保了东南矿体两条干米竖井间、主矿体与西矿体间顺利贯通。

1 陀螺定向原理

1.1 陀螺的基本特性

- (1) 定轴性: 陀螺是一个瞬间惯量很大的高速旋转马达, 当转子角动量大且转子为自由悬挂时, 其转轴方向在空间保持不变, 即陀螺轴在不受外力作用时, 它的方向始终指向初始恒定方向[5]。
- (2) 进动性: 当在转轴上施加扭矩时转轴将由于进动性而朝转矩矢量方向移动,即陀螺轴在受到外力作用时将产生非常重要的进动效应^[1]。

1.2 GYRO X II 陀螺仪定向原理 - 钟摆式陀螺

- (1) GYRO X II 悬挂式陀螺仪机体内置悬挂带挂着陀螺马达(陀螺摆),架设到 SX 全站仪上组成全站式陀螺仪,陀螺摆绕地球子午线摆动(进动)。在悬挂带无扭矩的情况下慢慢旋转全站仪进行跟踪进动的两个逆转点方向值,SX 计算出进动的中心即真北方向。
- (2) 陀螺仪是采用两个完全自由度和一个不完全自由度的钟摆式陀螺。根据上述陀螺仪的定轴性和进动性两个基本特性并考虑到陀螺仪对地球自转的相对运动,使陀螺轴在测站子午线附近作简谐摆动的原理而制成的。
- (3) 当地球重力给陀螺摆施加了扭矩所产生的向量朝北,旋转轴的 N 端(转子的向量)开始向北方向进动至北方向,此时重力引起的扭矩使进动继续并在北方向时进动速度达到最大。当 N 端越过北方向后重力矩又使新的 N 端 (原 S 端) 下降致使进动速度降低,当新 S 端进动到这一端同样的象限角时又开始向北方向运动。地球不停地旋转和马达运行状态下旋转轴将在北方向左右往复运动 $^{[5]}$ 。

1.3 跟踪逆转点法

- (1) 进行真北测量时,不停地转动全站仪,使光标始终大致保持刻度 0 点上,当光标接近逆转点时,其移动会逐渐变缓,直到停止,然后光标将会向着相反的方向移动,这一过程会重复多次。全站仪利用多次测得的逆转点处的水平角度,计算出中值(真北方位角)。
- (2) 光标的移动可以看作是陀螺的进动。正弦波的顶点就是逆转点,这些逆转点可以通过光标的移动观测。

2 陀螺观测程序

2.1 测量程序

陀螺定向工作执行"3-2-3"的测量程序,即下井前在地面已知边上采用三测回测量陀螺方位角,在井下定向边上采用两测回测量陀螺方位角,上井后再用三测回测量陀螺方位角,其中下井前和上井后测量的陀螺方位角是用来求陀螺仪的常数的^[3]。

2.2 一测回观测步骤

2.2.1 安置仪器

- (1) 测点上安置仪器时要严格整平对中,观测过程中水准气泡不得偏离 0.5 格,每次观测由一个测回转到下一个测回前仪器要重新整平和对中。
- (2) SX、陀螺仪、逆变器和电池的正确连接。
- (3) 松开管式罗盘锁紧螺旋,将其安置在陀螺仪顶部,使罗盘体与 SX 望远镜处于同一方向线上,转动仪器使罗盘指针处于中央位置。
- (4) 打开检查开关检查游标在零分划线左右摆动是否对称。



2.2.2 测前零位观测

- (1) 取下陀螺锁紧扣,将陀螺仪锁紧螺旋旋至自由悬挂位。
- (2) 启动检查模式(仪器自动监测),测量结束后托起陀螺,使陀螺处于锁紧状态。

2.2.3 初测北方向

- (1) 开启逆变器电源,下放陀螺使游标自由摆动。
- (2) 通过 SX 自动跟踪逆转点确定初北方向。
- (3) 观测结束,托起陀螺并锁紧。

2.2.4 精测北方向

- (1) 将观测的北方向值赋值到 SX 上,再次下放陀螺使游标自由摆动。
- (2) 用逆转点法精确跟踪 5 个逆转点,确定北方向。
- (3) 观测结束,托起陀螺并锁紧。

2.2.5 观测基线陀螺方位角

- (1) 将观测的北方向值赋值到 SX 上,转动全站仪测量基线或定向边的陀螺方位角。
- (2) 2 测回测量陀螺方位角,可以测前和测后分时段观测。

2.2.6 测后零位观测

关闭逆变器电源进行测后零位观测,方法同测前零位观测。

2.3 操作要点

- (1) 打开和关闭陀螺之前陀螺必须锁紧,防止悬挂带损坏。
- (2) 连接和拆除电源线时陀螺必须锁紧并将锁紧扣罩在锁紧螺旋上。
- (3) 精确测比时陀螺下放到阻尼位置时应停留 10s,使游标移动平稳并限幅,再下放到自由位置。
- (4) 一测回结束关闭陀螺电源后应等待 15min, 再进行下一测回测量或拆除仪器。

3 限差及技术标准

3.1 基线点

- (1) 地面测定仪器常数选用地区最高等级已知边上进行,基线已知坐标方位角中误差不超过 10"[3]。
- (2) 井下定向边两端点应为永久点并成组设置,点间距不少于50m。
- (3) 地面控制点使用前应进行检查。

3.2 陀螺观测各项限差

- (1) GYROX II 自动全站式陀螺仪标称精度为±15"。参照测量规程规定,确定各项限差如下:
- (2) 逆转点个数:初测北2个,精测北5个。
- (3) SX 前后两测回的方向值互差的限差为 10"。
- (4) 逆转点法观测摆动中值的相邻互差取 20",间隔互差取 30";中天法观测相邻时间差互差取 0.4s,间隔时间差 互差取 0.6s。
- (5) 地面仪器常数互差取 20"。
- (6) 井下定向边陀螺方位角测回间互差取 30"。
- (7) 相邻逆转点的衰减值互差取 60";间隔逆转点衰减互差取 75"。
- (8) 悬挂带零位变动误差应在±0.5 格内。

4测量成果计算

4.1 子午线收敛角

坐标方位角与地理方位角关系为: A=α+γ

4.1.1 根据高斯平面坐标解算

子午线收敛角根据安置仪器点的高斯平面坐标解算求得[1],按下式计算:

 $\gamma = k \cdot y$

式中: γ—安置仪器站子午线收敛角,符号由安置仪器点来确定。

y—仪器安置点横坐标值。

k—系数,以公里计纵坐标 X 为引数查表即可。



4.1.2 根据经纬度解算

y=sinB·L

式中: B—安置仪器站纬度。

L—经差。

4.2 仪器常数

4.2.1 摆动中值平均值

一测回摆动中值平均值可按下式计算:

 $N_T = (N_1 + N_2 + N_3)/3$ $N_1 = ((a_1 + a_3)/2 + a_2)/2$ $N_2 = ((a_2 + a_4)/2 + a_3)/2$ $N_3 = ((a_3 + a_5)/2 + a_4)/2$

式中: N_T—摆动中值平均值。

N₁、N₂、N₃—摆动中值。

a₁、a₂、a₃、a₄、a₅—5 个连续跟踪的逆转点读数。

4.2.2 陀螺方位角

测线陀螺方位角可按下式计算: $\alpha_T = M - N_T$

式中: α_T —测线一次测定陀螺方位角。

M—测线方向值平均值。



地面基线仪器常数可按下式计算: $\Delta=A-\alpha_T=\alpha+\gamma-\alpha_T$

式中: Δ—仪器常数。

A—已知边的地理方位角,A=α+γ。

α—已知边的坐标方位角。

γ—已知边测站子午线收敛角。

α.—已知边的陀螺方位角。

4.3 定向边坐标方位角

定向边坐标方位角按下式计算: $\alpha' = A' - \gamma' = \alpha_T' - \gamma' + \Delta$

式中: A'—定向边的地理方位角, $A'=\alpha T'+\Delta$ 。

α´—定向边的坐标方位角。

γ´—定向边测站子午线收敛角。

 α_T —定向边的陀螺方位角。

5 精度评定

5.1 定向边的坐标方位角中误差

(1) 根据陀螺定向边坐标方位角计算公式,由误差传播定律得出定向边的坐标方位角中误差的计算公式为:

$$m_\alpha = \pm \sqrt{m_{\Delta^{\frac{2}{\Upsilon}}}^2 + m_{T^{\frac{2}{\Upsilon}}}^2 + m_{\gamma^2}}$$

式中: m_{α} 一定向边的坐标方位角中误差。

 $m_{_{\Delta\,\Psi}}$ —已知边测定仪器常数中误差。

 $m_{_{TY}}$ 一定向边测定陀螺方位角中误差。

m_v—定向边测站子午线收敛角中误差。

(2) 根据多个实测资料求定向的坐标方位角中误差

设同一台仪器(等精度)采用相同的测量方法进行了 N 次定向,各次定向的精度分别为 $m_{\alpha 1}$ 、 $m_{\alpha 2}$ 、…、 $m_{\alpha N}$,则定向的坐标方位角中误差为: $m_{\alpha w}=\pm\sqrt{[m_{\alpha t}{}^2]/N}$

式中: $m_{\alpha = \omega}$ 一定向边的坐标方位角中误差。

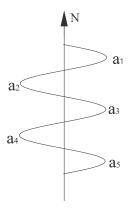


图 1 连续逆转点



m_{ai}—定向边的坐标方位角中误差。

N—定向边数。

设每次定向测量仪器常数测回数为 $n\Delta_1$, $n\Delta_2$, ..., $n\Delta_N$, 定向边测量陀螺方位角测回数分别为 n_1 , n_2 , ..., n_N , 则

$$m_{\alpha, \underline{w}} = = \pm \sqrt{[pvv + p'v'v']/N}$$

式中: p—测仪器常数的权, $p_i=1/(n_{\Delta i}*(n_{\Delta i}-1))$ 。

p'—测量定向边的权, p_i'=1/(n_i*(n_i-1))。

v、v´—分别为井上下陀螺方位角均值与观测值之差。

假设同一台仪器多次定向,均采用 2—2—2 观测程序。已知边 N_1 条,按白塞尔公式求中误差;定向边 N_2 条,按同精度双次观测值差值 d 求算中误差。则定向边坐标方位角中误差为: $m_{\alpha_{\infty}}==\pm\sqrt{[vv]/12/N_1+[dd]/4/N_2}$

当定向边较少,陀螺方位角观测值较少,并上下观测条件相同时,可认为并上下陀螺方位角测定中误差相同,可取 m $_\Delta=m_T$,则一次定向中误差为: $m_\alpha=\pm\sqrt{m_\Delta^2/n_\Delta+m_T^2/n_T}=\pm m_\Delta\sqrt{(n_\Delta+n_T)/(n_\Delta+n_T)}$

2-2-2 观测程序时, $m_{\alpha} = \pm m_{\Delta} \sqrt{3/4}$

5.2 已知边测定仪器常数中误差

(1) 仪器常数一次测定中误差按下式计算: $m_{\Delta}=\pm\sqrt{[vv]/(n_{\Delta}-1)}$

式中: та—仪器常数—次测定中误差。

v—陀螺方位角均值与观测值之差, $v_i=[\alpha_r]/n_{\Delta}-\alpha_{ri}$ 。

n_Δ—已知边测量陀螺方位角测回数。

(2) 已知边测定仪器常数中误差 $m_{\Lambda \mathcal{P}}$ 按下式计算: $m_{\Lambda \mathcal{P}} = \pm m\Delta/\sqrt{n_{\Delta}}$

5.3 定向边测定陀螺方位角中误差

(1) 井下陀螺方位角一次测定误差

井下陀螺方位角一次测定误差可按下式计算: $m_T = \pm \sqrt{[dd]/2n}$

式中: m_T—井下陀螺方位角一次测定误差。

d—同一边两次定向方位角之差。

n—差值个数,即观测对数。

(2) 定向边测定陀螺方位角中误差

定向边测定陀螺方位角中误差可按下式计算: $m_{_{T}\overline{\omega}}=\pm m_{T}/\sqrt{2}$

5.4 子午线收敛角中误差

因子午线收敛角中误差 则很小,可忽略不计。

6 赞比亚谦比希矿陀螺定向测量实例

6.1 谦比希矿井巷工程概况

Zambia Chambishi Mining 位于赞比亚北部铜带省,南纬 12°40′,东经 28°7′,矿区海拔标高 1240~1320m。矿体分为主矿体、西矿体和东南矿体,主矿体开拓方式为主斜坡道(长 4600m)和竖井(深 1020m),西矿体开拓方



式为中央斜坡道(长3800m)和174斜坡道(长3600m),东南矿体开拓方式为副井(深1260m)和北风井(深996m)。矿井设计主矿体与西矿体之间通过300水平-400水平采区斜坡道贯通,距离6200m,需要加测陀螺边提高导线测量精度;东南矿体两条竖井到底后在-980水平进风道贯通,贯通距离4800m,竖转平需要进行联系测量,以使井上下采用统一的平面坐标系统。

6.2 测量方案

如图,根据工程计划和施工进度确定并下巷道贯通相遇点为 K。并下定向边为东南矿体北风井 980 水平 A18—A17、副井 980 水平 F2-F3、主矿体 400 斜坡道 400Z8—400Z9 和西矿体 300 斜坡道 300R7—300R5。地面基线为 E09—E08-1,数据来源于业主提供的《SOUTH-EAST ORE-BODY》资料(文中不宜公开)。使用 GYROX II 自动全站式陀螺仪,3-2-3 观测程序,跟踪逆转点法测量陀螺方位角,求算定向边坐标方位角。

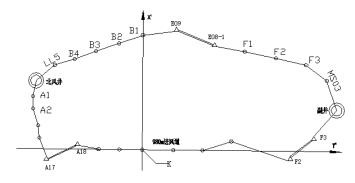


图 2 东南矿体北风井与副井贯通陀螺导线图

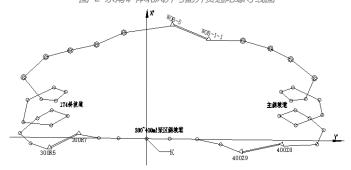


图 3 西矿体与主矿体贯通陀螺导线图

6.3 测量成果及精度评定

表 1 定向边坐标方位角计算及精度评定

:mil4 1 2	程	测	陀螺方位角 N _i			仪器常数△				V		\/\/
测线	序	回										VV
		1	139	12	13	+	0	0	51.4	-	5.2	26.7
		2	139	12	4	+	0	1	0.4	+	3.8	14.7
	下	3	139	12	9	+	0	0	55.4	-	1.2	1.4
F00	井	均	139	12	7.8	+	0	0	56.6	-	0	
E09— E08-1	前	前 方位角α₀		(0	收敛角γο				地理方位角A ₀		角A₀	
(已知边)			۰	,	"		0	'	"	٥	'	"
(UMRZ)			139	13	4.4	-	0	0	1.0	139	13	3.4
	上	1	139	12	5	+	0	0	59.4	+	2.8	8.0
	井	2	139	12	4	+	0	1	0.4	+	3.8	14.7
	后	3	139	12	12	+	0	0	52.4	-	4.2	17.4
A40 A47			陀蚊	累方位角	į N _i		ţ	匀值 N⊤		1	义器常数	坟△
A18—A17 (北风井)	井 下		0	,	"		0	,	11		'	"
(101/177)	,	1	17	45	2		17	45	5.5	+	0	56.6



		2	17	45	9									
	地理方位角A			争A		收敛角γ				方位角	α			
			0	,	"		0	,	11	0	,	"		
			17	46	2.1	-	0	0	1.0	17	46	3.1		
			陀蚊	累方位角	· 剤 N _i		ţ	タ値 N _T		1	义器常数	女△		
			0	,	"		٥	,	11		,	"		
F2 F2	44	1	52	12	57.0		52	12	59.5		0	56.6		
F2-F3 (副井)	井下	2	52	13	2.0		52	12	59.5	+	U	56.6		
(田リア下)	I.		地理	里方位:	 角A		4	女敛角γ	1		方位角	α		
			0	,	11		0	,	"	0	1	"		
			52	13	56.1	-	0	0	1.0	52	13	57.1		
			陀蚊	累方位角	育 N _i		 均值 N _T		仪器常数△					
			0	,	11		0	,	"		1	"		
300R7—	-+-	1	287	41	34.0		287 41	41	36.0	+	0	56.6		
300R5	井 下	2	287	41	38.0		201		30.0		U	30.0		
(西矿体)			地理方位角A		收敛角γ				方位角	α				
			0	'	"		0	'	"	0	,	"		
			287	42	32.6	-	0	0	2.0	287	42	34.6		
			陀螺方位角 N _i			均值 N _T			仪器常数△					
					0	'	"		0	'	"		,	n n
400Z8—	井	1	332	28	6.0		332	28	9.0	+	0	56.6		
400Z9	下	2	332	28	12.0		332	332 20	20 9.0	'		30.0		
(主矿体)				里方位1				女敛角γ			方位角			
			0	'	"		۰	′	"	۰	'	"		
			332	29	5.6	-	0	0	2.0	332	29	7.6		
					测定陀蚊			差 m			±	4.1		
精度评定	臣				最或是值						±	1.7		
				定向	边一次是	定向中	中误差 n	ηα			±	3.3		

7结语

- (1) 国外使用全站式陀螺仪,测量技术要求应满足工程所在地的测绘法规规定;
- (2) 国内外不同坐标系统计算子午线收敛角的方法有所不同,国内测站点横坐标值应去掉带号再减去 500km。
- (3) 对等精度和不等精度定向测量成果应分别进行精度评定。
- (4) 陀螺仪的适用范围不宜超过纬度 75°, 工作温度-20—50℃, 超出此范围测量精度下降很快。
- (5) GYROX II 全站式陀螺仪精度较高(±15", 0.005gon/0.074mil), 陀螺定向测量技术可推广至地下各种工程定向测量,亦可从严规定各种限差满足各行业高精度定向要求。

参考文献:

- [1] 张国良, 朱家钰, 顾和和.矿山测量学[M].中国矿业大学出版社, 2001.
- [2] ISBN 7-5020-0397-5/TD.363.煤矿测量手册[S].煤炭工业出版社, 1990.
- [3] ISBN 7-5020-0302-9/TD.290.煤矿测量规程[S].煤炭工业出版社,1989.



2.2 地下两井间长距离隧道工程贯通测量方案设计

高涵 1, 高常宝 2

(1. 金诚信矿业管理股份有限公司; 2.中国运载火箭技术研究院)

1.前言

地下工程不同于地面工程,矿山井下工程主要是井筒、巷道和硐室,空间位置是随时间而变化的,受巷道设计位置限制控制测量一般选择高程导线测量方法。与地面测量一样应遵循高级控制低级、每项测量有检核、测量精度满足工程需要这三项原则。为实现巷道按设计要求掘进到指定地点与另一条巷道相通,必须保证各掘进工作面沿设计的方向掘进,使巷道贯通偏差不超过工程规定的限度。为了保证贯通测量精度,在施工前必须确定测量方案和测量方法作为测量工作的技术支撑,由于起算数据、地面的平面控制测量和高程测量、矿井联系测量、井下平面控制测量和高程控制测量的精度等级不同,导致贯通误差不同,所以在施测前要进行误差预计,通过不断优化方案,使预计误差小于容许偏差,才能确保工程精准贯通。

随着矿井建设规模的不断增大,井田边界越来越远,导致贯通距离越来越长,对测量精度要求越来越高。新仪器、新技术的应用为精准贯通提供了技术条件。金诚信矿业管理股份有限公司承建的潼金矿业深部探矿工程两井间 10km超长距离巷道工程,经过6年时间连续独头施工,1#斜坡道与2#斜坡道顺利贯通,贯通实际偏差 Mx´=±198mm,MH=±129mm,在矿山测量行业属超长距离贯通的成功案例,《小断面巷道快速施工及超长距离精准贯通》获中国有色金属建设行业工程建设优秀 QC 小组成果奖。

2.贯通巷道工程概况

2.1 工程概况

- (1) 地表自然环境: 潼金矿区地处小秦岭山区, 山高坡陡, 植被茂盛, 不利于地面控制点的布设。
- (2) 地面控制点:原有控制点多被破坏,仅存的几个不通视且自身难以检核,不能满足施工需要。
- (3) 地下贯通线路工程: 潼金矿深部探矿工程主要包括 4 条斜坡道和 500m 水平运输大巷等工程,本文以 1#斜坡道 (3200m)—500m 水平东西运输大巷 (5100m)—2#斜坡道 (2100m) 间巷道贯通为例进行论述。

2.2 贯通相遇点 K 的确定

根据矿井建设生产作业计划确定贯通相遇点位置 K。

2.3 贯通容许偏差

建设单位、设计单位和施工单位商定水平方向贯通容许偏差为 0.3m, 高程方向贯通容许偏差为 0.2m[1]。

3.测量方案

3.1 总体方案

该井下工程贯通距离 10.4km,属超长距离重要巷道贯通,必须先进行贯通误差预计,通过不断优化设计,最终形成满足贯通容许偏差的测量方案。

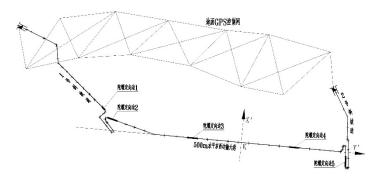


图 1 井上下平面控制图

3.1.1 平面测量方案

- (1) 地面布设 E 级 GPS 控制网;
- (2) 井下布设 5"级光电测距导线;
- (3) 井下每隔 1500-2000m 加测一条陀螺边, 共加测 5条边。



3.1.2 高程测量方案

地面和斜坡道采用三角高程测量,500m 水平东西运输大巷采用水准测量。

3 1 3 测量线路

地面高程点—1#、2#斜坡道硐口—1#、2#斜坡道—500m 水平东西运输大巷—贯通相遇点。

3.2 地面 GPS 控制测量

GPS 控制网布网等级为 E 级,设计联测图以三角形点传递形式为主,连测已知大地点 3 个,全网待求点均至少与两个三角形相连^[5]。观测的基本技术规定如下:

- (1) 卫星高度截止角≥15°;
- (2) 最少观测卫星数为 4 颗;
- (3) 每点观测时段≥2;
- (4) 观测时段长度≥60min;
- (5) 数据采样间隔 15s[5]。

3.3 井下导线测量

由近井点开始至贯通点布设 5"级导线,全站仪标称精度为测角±2", 测距 2+2ppm×D。主要技术要求如下:

- (1) 测角中误差为±5"; 边长 D≥30m 时 4 测回, 2 次对中; 边长 D≤30m 时 4 测回, 4 次对中; 测回间互差≤12"; 2C 互差≤12"; 对中误差≤0.8mm。
- (2) 边长一般为 60—200m; 导线边长往返测量, 往返 2 测回, 测回间较差不超过 10mm, 往返测边长较差不超过 * (2+2ppm*D), 往返测划算为水平距离的互差相对误差≦1/8000。

3.4 加测陀螺边

按照贯通路线、1500-2000m 间距和密集弯曲段前方位置加测陀螺边的原则,共加测 5 条边。使用索佳 GYRO2XII 全站式陀螺仪,仪器标称精度±15",SOKKIA SX-102T 全站仪,标称精度为±2",1.5+2ppm×D。陀螺定向测量采用跟踪逆转点法,2-2-2 观测程序^[2]。技术要求如下:

- (1) 5次定向选择地面同一已知边测定仪器常数,地面已知边方位角精度不大于±10";
- (2) 井下定向边边长不小于 50m^[2]。
- (3) 逆转点个数:初测北2个,精测北5个;逆转点法观测摆动中值的相邻互差取20",间隔互差取30"。
- (4) 全站仪前后两测回的方向值互差的限差为 10"。
- (5) 井下定向边陀螺方位角测回间互差不超过 30"。

3.5 井下高程测量

平巷采用水准测量方法,使用 S3 水准仪,往返观测或两次仪器高测高差;斜坡道采用三角高程测量方法,三角高程测量与光电测距导线测量同步进行。技术要求如下:

- (1) 一站两次高差较差不超过 4mm; 支水准路线往返测高差不符值不超过±50。
- (2) 三角高程测量往返进行,2 测回;高程容许闭合差不超过±100 ; 竖直角观测,测回间互差≤15",指标差互差≤15"^[1]。

4误差预计

误差预计是按照闭合导线或附合导线形式进行,但在贯通之前都是支导线,误差来源包括地面控制测量误差、联系测量误差和井下测量误差。就本文实例,平面误差包括地面 GPS 控制测量误差、陀螺定向误差、方向附合导线测角误差、复测支导线测角误差和导线测距误差引起 K 点在 x´和 y´方向上的误差;高程误差包括水准测量误差和三角高程测量误差引起高程方向上的误差;贯通预计误差取二倍中误差[1]。

4.1 地面 GPS 控制测量误差引起 K 点的 x´和 y´方向上的误差

 $M_{x'g} = \pm Mscos\alpha'$

 $M_{y'g} = \pm Mssin\alpha'$

式中 Ms—两井口近井点边长误差, Ms= (a^2+(bd)^2)^0.5

a—固定误差,对于 D 和 E 级 GPS 网,a≤10mm。

b—比例误差系数,对于 D 和 E 级 GPS 网,分别为 b≤10*10-6, b≤20*10-6[1]。

4.2 陀螺定向误差引起 K 点的 x´和 y´方向上的误差

 $Myo' = \pm [m_{\alpha i} R_{xoi'}/\rho]^0.5$

式中 $m_{\alpha i}$ —定向边的定向误差, $m_{\alpha 1}$ 、 $m_{\alpha 2}$ 、 $m_{\alpha 3}$..., $m_{\alpha N}$.

 $R_{yoi'}$ 一井下导线起始点与 k 点连线在 y'轴上的投影长, $R_{yo1'}$ 、 $R_{yo2'}$...、 $R_{yoN'}$ 。

Rxoi'—井下导线起始点与 k 点连线在 x'轴上的投影长,Rxo1'、 Rxo2'…、 RxoN'^[5]。

4.3 方向附合导线测角误差引起 K 点的 x´和 y´方向上的误差

$$M_{x'\beta M} = \pm m_{\beta}/\rho \sqrt{[\eta^2]_1 + [\eta^2]_2 + \cdots + [\eta^2]_N}$$

$$M_{y'\beta h h} = \pm \pm m_{\beta}/\rho \sqrt{[\xi^2]_1 + [\xi^2]_2 + \cdots + [\xi^2]_N}$$

式中 mβ—测角中误差。

n—各导线点至本段导线中心 O 的连线在 y´轴上的投影。

§——各导线点至本段导线中心 O 的连线在 x´ 轴上的投影[1]。

4.4 复测支导线测角误差引起 K 点的 x´和 y´方向上的误差

$$M_{x'\beta} = \pm m_{\beta}/\rho \sqrt{[Ry^2]}$$

$$M_{y'\beta} = \pm m_{\beta}/\rho \sqrt{[Rx^2]}^{[1]}$$

式中 Ry´—支导线段各导线与 K 点连线在 y´ 轴上的投影。

Rx´—支导线段各导线与 K 点连线在 x´ 轴上的投影[1]。

4.5 导线测距误差引起 K 点的 x´和 y´方向上的误差

$$M_{x'l} = \pm \sqrt{[m_l^2 \cos^2 \alpha']}$$

$$M_{\text{v'l}} = \pm \sqrt{[m_l^2 \sin^2 \alpha']}$$

式中 ml—光电测距导线量边误差。

α´—导线各边与 x´轴间的夹角[1]。

4.6 贯通相遇点 K 的 x´和 y´方向上总中误差

$$M_{x'k}$$
= $\pm \sqrt{Mx'g^2/N_1 + Mx'o^2/N_2 + Mx'_{\beta ph}^2/N_3 + Mx'_{\beta}^2/N_4 + Mx'_{l}^2/N_5}$
 $M_{y'k}$ = $\pm \sqrt{My'g^2/N_1 + My'o^2/N_2 + My'_{\beta ph}^2/N_3 + My'_{\beta}^2/N_4 + My'_{l}^2/N_5}$
式中 N_1 , N_2 , N_3 , N_4 , N_5 —观测次数或测回数。

4.7 贯通相遇点 K 的 x´和 y´方向上预计误差、点位误差、导线精度

$$M_{x'}$$
 = $2M_{x'k} \le M_{x'}$

$$M_{y'}$$
 \overline{m} =2 $M_{y'k}$

$$M_{k \overline{m}} = \pm \sqrt{Mx'_{\overline{m}}^2 + My'_{\overline{m}}^2}$$

M_{k 预}/S (S 为导线总长度)

表 1 K点在 x´、y´方向预计贯通误差

项目	Χ΄	y´	测回/次
	11.30	60.69	D-1
地面 GPS 测量误差引起 K 点在	7.99	42.92	D-2
x´、y´方向上的误差 Mx´g 平、	22.37	120.18	E-1
My´g 平	15.82	84.98	E-2
定向误差引起 K 点在 x´、y´方向上	140.75	53.20	1
的误差 Mx´o 平、My´o 平	99.52	37.62	2
	66.12	67.47	1
附合导线误差引起 K 点在 x´、y´方	46.75	47.71	2
向上的误差 MX′β 附、My′β 附	38.17	38.95	3
	33.06	33.73	4
	52.21	0.07	1
支导线测角误差引起 K 点在 x´、y´	36.92	0.05	2
方向上的误差 MX´β 支、My´β 支	30.15	0.04	3
	26.11	0.03	4



	13.03	15.49	1
导线测距误差引起 K 点在 x′、y′方	9.21	10.95	2
向上的误差 Mx´l 平、My´l 平	7.52	8.94	3
	6.51	7.75	4
	166.07	148.55	1
K 点在 x´、y´方向预计中误差	154.74	140.25	2
Mx′k、My′k	150.78	137.37	3
	148.75	135.91	4
	372.13	317.09	1
预计 K 点在 x′、y′方向上的贯通误	339.48	290.50	2
差 Mx´k 预、My´k 预	311.55	274.75	3
	287.51	261.82	4
	44	1	
新生 V 占的占位记差 MV 药	41	2	
预计 K 点的点位误差 Mk 预	40	3	
	40	4	
	1/24	1	
预计导线精度(K点的点位相对误	1/26	2	
差) Mk 预/S	1/26	3	
	1/27	4	

4.8 水准测量误差引起 K 点的高程误差

 $M_{HJK} = \pm m_{hL} \sqrt{R}$

式中 mhL—1km 高差中误差。

R—水准路线长度,km。

4.9 三角高程测量误差引起 K 点的高程误差

$$M_{H\Delta} = \pm m_{h\Delta} \sqrt{L}$$

式中 mhΔ—井下 1km 三角高程路线高差中误差。

L—三角高程测量路线长度,km。

4.10 贯通相遇点 K 的高程总中误差

$$M_{HK} = \pm \sqrt{M_{HJK}^2/N_1 + M_{H\Delta}^2/N_2}$$

式中 N1、N2—观测次数或测回数。

4.11 贯通相遇点 K 的高程预计误差

 $M_{H \, \overline{\mathfrak{M}}} = \pm 2 M_{HK} \leq M_{H \, \overline{\mathfrak{R}}}$

表 2 K 点在高程方向上的误差预计

井下 1km 水准路线高差中误差	m _{hL}	17.7
500 中段平巷水准路线长度 (km)	R	5.598
井下水准测量误差 (±)	Мнж	41.8
井下 1km 三角高程路线高差中误差	m _{hL}	50.0
斜坡道三角高程路线长度 (km)	L	5.4
井下三角高程测量误差 (±)	МнΔ	115.7
K 点在 H 方向预计中误差(±)	Мнк	87.0
预计 K 点在 H 方向上的贯通误差 (±)	М _{н 预}	174.0



5 结语

(1) 潼金矿业深部探矿工程两井间 10km 超长距离巷道贯通测量中通过误差预计确定平面控制测量按照地面 GPS 测量, E 级一次测量; 井下陀螺定向测量, 10"一次测量; 测角、量边分别按 4 个测回要求进行测量; 高程控制 测量按照水准测量往返观测、三角高程 2 测回往返测量。经过 6 年时间连续独头施工, 1#斜坡道与 2#斜坡道顺利贯通, 贯通实际偏差在预计偏差范围内, 满足允许偏差规定, 见表 3。

表 3 贯通实际偏差、预计误差和允许偏差对比表

项目	贯通允许偏差	贯通预计误差	贯通实际偏差
水平重要方向误差 mm	300	288	198
高程方向误差 mm	200	174	129

- (2) 贯通方案的选择是基于误差预计结果确定的,外业测量作业时所使用的测量仪器、测量方法和限差要求必须满足误差预计所使用的技术参数,当外业测量条件发生变化时应随时调整,采取相应减小误差的措施;巷道贯通后应及时测量实际偏差并将贯通点两侧的导线和高程连测,形成闭合或附合高程导线并进行精度评定,作为以后误差参数选择的依据。
- (3) 井下平斜巷贯通时一般只预计水平重要方向 x´和高程方向 H 的误差。本文在此基础上增加了对水平次要方向 y´的误差预计,在评定测量成果质量时取二倍中误差作为允许误差。对不同水平之间竖向工程贯通 (如竖井贯通、中段间溜井贯通)的误差预计具有借鉴作用,必要时可取三倍中误差作为预计误差以满足贯通精度要求。

参考文献:

- [1] 张国良, 朱家钰, 顾和和.矿山测量学[M].中国矿业大学出版社, 2001.
- [2] 高常宝. GYROXII 全站式陀螺仪定向测量技术研究[J].中国矿山工程, 2018,47 (6):58-63
- [3] ISBN 7-5020-0397-5/TD.363.煤矿测量手册[S].煤炭工业出版社, 1990.
- [4] ISBN 7-5020-0302-9/TD.290.煤矿测量规程[S].煤炭工业出版社, 1989.
- [5] CH/T2009--2010 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范[M].测绘出版社, 2010
- [6] 拓佳丰圣.索佳 GYRO2XⅢ自动全站式陀螺仪使用说明书[M].2013.



2.3 顶管自动引导系统在污水传输系统工程中的应用

杨栋 上海同索测绘科技有限公司

顶管是继盾构施工之后发展起来的一种非开挖施工方法,以解决管道埋设施工中对城市建筑物的破坏和道路交通的 堵塞等难题。顶管法施工就是在工作坑内借助于顶进设备产生的顶力,克服管道与周围土壤的摩擦力,将管道按设计 的坡度顶入图层中,当一节管道完成顶入土层之后,再下第二节管道继续顶进。其原理是借助于主顶油缸及管道间、中继间等推力,把工具管或掘进机从工作坑内穿过土层一直推进到接收坑内,管道紧随掘进机(或工具管)之后,埋设在两坑之间。

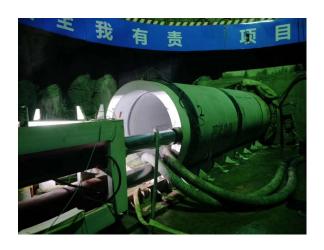


某市污水传输系统工程建设中,支隧隧道采用顶管法施工,采用 DN1500 的预应力钢桶混凝土管,10、11#施工竖井采用明挖施工。

本污水传输系统项目支隧工程具有直径小(D1650mm)、距离长(单次顶进长度达927m)、间距近(两管之间净间距2.5m)、埋深深(埋深22—32m)、曲线复杂(管线呈S型双曲线)、地质复杂(穿越地层有粉质粘土层、粘土层、强风化粉砂岩、中风化粉质砂岩)等特点,施工难度极大,在国内尚无成功先例。

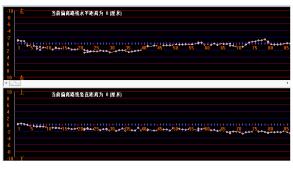
顶管隧道单线全长 3380.56m, 采用内径 1.65m, 壁厚 200mm 的 F 型钢筒混凝土管, 管节长度 2.5m; 平行布置, 净间距 2.5m, 平面为曲线, 10#——11#曲率半径 600m (3 段)、11#—4#曲率半径 10800m, 纵断面为 0.5‰。





该管道设计的路线为曲线,且单线路长达 1700m,传统的激光经纬仪指导顶管顶进的方法达不到曲线和长距离的需求;管内直径 165mm,管内操作空间小,测量人员无法正常自由通行;空气潮湿,温差大,观测条件对导向测量十分不利;在施工过程中,整个管道是动态的,管内无固定点,每次导向测量都要从工作井起始点开始,所以人工测量时间长,总的导向测量次数少,这些因素大大影响了工程的施工进度和贯通精度。

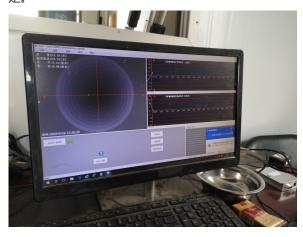
本项目采用上海同索测绘科技有限公司研发的 APS 顶管自动引导系统,该系统由硬件产品和软件产品组成。 利用全站仪的坐标测量功能实时控制顶管方向;利用全站仪三角高程测量功能实时控制管道标高,以保持管道的设计坡度;利用便携式电脑及软件获取实时测量数据,绘出偏差轨迹,实时显示当前里程与机头中心位置。



计算结果自动和设计轴线比较,并在计算机屏幕上显示机头中心相对于设计轴线的左右偏差、上下偏差的图形和数值,以及测量时的里程和时间。只需人工操作全站仪进行学习测量一次之后,余下的测量过程在计算机的控制下自动运行,无需人工干预,测量一次只需约5分



钟。系统操作简单、自动化程度高,可实现顶管开挖机导向的准确性和可靠性,避免测量人员由于理论和经验的缺乏而导致的错误,辅助工程技术人员做出正确的决定。



该系统硬件设备主要有自动驱动全站仪、计算机、棱镜、自动整平基座、通讯电台和一些附件组成。此项目中选择了索住 IX1001 自动全站仪,索住 IX 系列采用了当今市场上更轻、更小、动力更强劲的新型超声波马达。让您可以平稳、精确地连续跟踪移动目标,或者重复监测固定棱镜目标,转速 180°每秒,极大提高工作效率!



硬件构成







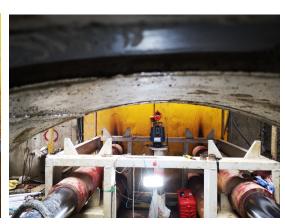


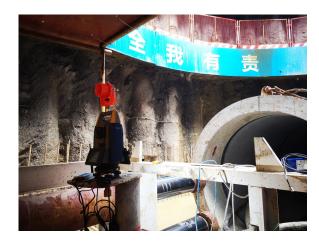


SOKKIA















3.1 澳门梦幻城项目精度控制技术应用介绍

向阳¹, 罗雪君², 徐晓玉³, 张立新⁴,许兆平⁵, 周志敏⁶

(1、福建船政交通职业学院; 2、广州永联钢结构有限公司; 3、上海龙禹船舶技术有限公司; 4、上海龙禹船舶技术有限公司; 5、广州永联钢结构有限公司; 6、上海龙禹船舶技术有限公司。)

1 引言

精度控制技术最常应用在传统的造船,海工平台等领域,是一门成熟的技术。现如今根据精度控制技术的不断改良创新,已经应用到建筑钢结构行业,并有诸多的成功案例。

钢结构在生产过程中的精度控制技术是指通过科学的管理方法和先进的工艺手段对钢结构件及拼装过程进行尺寸精度控制和管理。本文介绍了澳门 City of dreams 项目在其钢结构件建造过程中精度控制的难点和要点,并提出精度控制解决方案,以期提高同类钢结构建质量,缩短建造周期。

钢结构建筑与传统的砖混钢筋建筑相比,由于其采用先进的设计和加工工艺以及大规模的生产方式,可以降低造价。钢结构建筑可采用螺栓连接,只需不多的费用即可完成拆卸和易地组装,有很好的可移动性和美观性。

但是,由于钢结构建筑外围钢结构件数量庞大,线型复杂,对单个构件的精度及尺寸有很高的要求。同时其拼装方式多为螺栓连接,对拼装定位也提出相当高的要求。

本文以其中一组节点的建造及拼装实例,阐述精度控制技术在钢结构领域的实际应用和相关技术内容。

2 实施精度控制技术的主要目的

通过钢构件建造过程的精度控制,确保钢构件模块化快速生产,确保构件建造精度,可保障钢构建筑在施工安装过程中的简单高效;

通过钢构件建造过程的精度管理,探讨将精度管理模式 从船舶建造领域向建筑钢结构领域的拓展应用模式,实 现能耗降低,效率提升的管理模式;

通过钢构件安装过程的精度控制和安装初始数据库的建立,可明确钢构建筑初始结构数据,并通过定期监测,

实现钢构建筑物变形情况, 确保建筑结构安全使用;

通过钢构件和钢构建筑物的制造和施工数据管理,使钢构建筑的全生命周期的管理成为可能。

所以,我们在澳门梦幻城项目(见图1)钢结构建造过程中采用了精度管理技术,是对于以上内容的实施,事实证明,获得了很好的效果。



图 1 澳门梦幻城模型

3 钢结构精度控制技术:

钢结构在建造过程中精度控制技术方案是建筑钢结构件的一个重要内容,也是钢结构件得以顺利进行的重要保证。由于带有弧度或双曲度的钢构件很难为现场制造人员所理解、吸收和消化,所以需要更多的准备和培训工作,才能实现建造精度。根据该项目,精度控制技术主要包括以下内容:

3.1 详细的作业指导书

经过前期工作经验的整理、总结,对一些重要的节点如何控制,根据施工现场的实际情况,把施工流程、工艺进行了统筹,如此形成一个循环,促进该项目的施工工艺愈发完善。

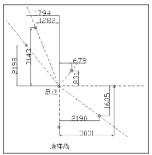
在制作工程中制定了以下几个节点:小组立制作,地样线,胎架制作,部件组立,划线,样冲,自检,节点完工测量,精度测量管理,控制要点,收尾工作及报验。为了更好的完善上面的工作,针对每个环节制定精度特有的工艺方法及控制技术。

3.2 小组立部件制作技术:

基于梦幻城项目部件结构简单,小组立一般为方管结构,制作过程中在端面用工艺板固定,保证端面管口的方正度。完工后用分线检验其直线度。

地样线控制技术:

除按图纸画出地样线外,需对各点间间距进行检验(保证角度),误差在±1mm内,合格后打上样冲点标记。 (见图 2)



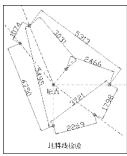


图 2 地样线控制图

3.3 胎架制作技术:

胎架用#20型钢作为胎架桩,再上面铺一块水平钢板作为胎架基面。后续地样线制作及支胎均在此平面上完成。 要求水平面板四角水平,且与其他基面保证在同一水平面,支胎柱时,需保证离节点端面 200mm。(见图 3)



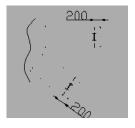
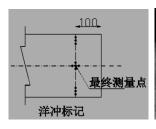




图 3 胎架基面图

3.4 基准线设计技术:

为了更好的保证钢构件整体精度和重要结构拼装精度,在钢构件建造的各个阶段,除了制作地样线外,在重要的结构上,对每个钢构件标示了 100MK 基准线,并敲样冲保留,便于后续检查。有效保证了构件建造过程的参考,以及后期拼装的参考。(见图 4,图 5)



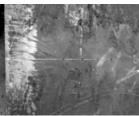


图 4 100KM 基准线图

图 5 100KM 基准线图

测量点布置及自检控制技术:

构件依据地样线进行拼接,拼接后将地样线反到构件表面,布置测量点。部件组立过程中依据地样,测量点,自检单进行定位。(见图 6)

通过二维数据的自检单(见图7,图8),加上吊地样线,可对现场进行初步的立体全方位的检查及辅助定位,确保在焊前固定工装加固后,数据良好,定好后做焊前检查。这样能更规范、快速、准确的做好组立工作。调动起现场施工人员的精度管理意识,大幅提升构件的周期及质量,节约成本。

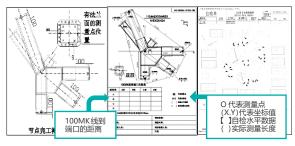


图 6 测量点布置图

图 7 二维自检单

图 8 二维自检单

3.5 初期余量管理技术:

传统的余量管理,一般是严格按照地样基准线等进行余量切割。因构建各部位可能存在结构偏差,往往容易出现累计偏差,造成最终原始坡口的二次修割或者堆焊,影响产品最终质量且增加了成本。

该项目上采用了三维整体分析,最终根据综合情况确定 最终修割量(见图9)。过程通过对焊前及焊后的主体焊 接收缩量统计所获得的收缩量,在构件焊前报验合格后 马上对余量进行划线切割,准确高效地保证了无余量精度,同时为后续项目采用无余量技术积累了经验。

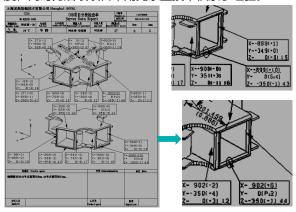


图 9 最终修割量图

- (1) 43 点位置面板长 10mm;
- (2) 44 点位置短尺 8mm;
- (3) 数据显示下面板整体向 x 负方向偏移 8mm;
- (4) 焊前数据可以考虑平移面板;
- (5) 若焊后数据,需 44 点面板切割 10mm; 43 点面 板长肉 8mm;
- (6) 这样做可以在节点全部结束后没有余量

3.6 数字化测量技术:

该项目实行数字化三维检测,辅佐以精度管理流程实施,实现精度控制,其过程为通过全站仪可直接的采取现场分段主要管理点相对坐标,通过坐标转换可实现物体现场局部坐标与钢构设计坐标的匹配并得到现场数据和理论数据的偏差,由此知道现场作业并实现测量、分析作业的数字化,大大减轻了作业现场工作量,提高了测量效率及测量数据的准确性和可靠性。

传统方法 检测及控制情况简述:通过地样线,通过激光经纬仪保证角度,通过水准控制测量,保证节点构件装配角度,通过地样进行最终的余量切修。这种简单有效的方法在钢结构制造领域颇为通用。存在着一系列有待改善的问题:

- (1) 分解测量, 纯在累积偏差, 精度相对难以保证;
- (2) 对地样线依赖性强,翻身焊接后必须精准复位方可进行检测,胎位有限,影响进度。
- (3) 施工方根据施工节点剖视图进行装配及检验,容易出现镜像错装。

现有方法 通过全站仪对构件进行数据采集,转站测量实现快速三维整体检测,原始数据及最终提交完工报告将全部实施三维立体数据报表(见图 10---图 13)。可实现多根构件同时批量检测: 在该项目上最多同区域实现过 4 节点四站同时检测完成,后续数据单节点处理。大大的提高了检测精度及效率保证生产进度。检测结束后进行点位与模型的精度分析出具检测报告,进行结构调整或余量切修。同时在检测前出具二维检测报表,施工方可进行二维确认,保证建造精度降低返修成本,提高建造效率。

SOKKIA



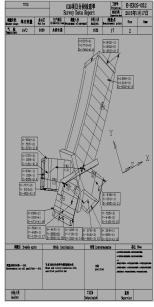
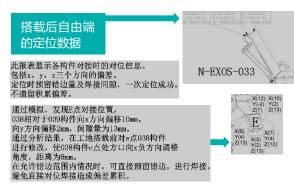


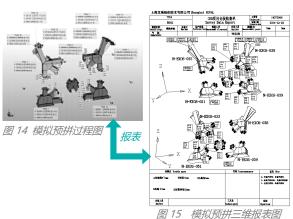
图 12 分析过程图

图 13 三维报表图

3.7 模拟搭载技术:

为了确保构件在运输往安装地前,确保构件能顺利实现拼装,保证施工方的安装周期,在发运前,实施对构件的模拟拼装工作(见图 14)。其主要考察相邻构件之间的吻合度,以及和设计理论值之间的差异度(见图 15)。以数字化测量为前提,通过虚拟技术和人工干预的应用,在电脑中将多个相邻构件进行模拟演示并分析得出有效的模拟预拼方案,在确保精度的情况下,指导现场吊装的一次定位完成。





4 钢结构精度管理技术:

随着国内人口老龄化,重工业劳动力年轻化的社会发展趋势,重工领域很快将面临劳动力相对不足的情况。同时国内钢构企业同质化竞争激烈,利润微薄,而另一方面,现场施工外包队伍理念落后,效率低下,浪费严重。在这种情况下,实现标准化,降低成本,提高效率,甚至是自动化的工作,是每个重工制造企业必须勇敢面对的机遇和挑战。这也为钢结构制造领域,在钢结构建造过程中逐步实现精度管理带来了发展的契机。

4.1 复检率的建立

所谓复检率是指重复检查的概率。由于建造偏差或偏差修正不到位等原因倒成高复检率,高复检率会造成项目进度缓慢,影响构件发运及现场吊装,同时也以为着巨大的浪费:包括场地占用、人员占用、焊材浪费、能耗浪费;意味着成本的无形增加和利润的大幅度损失。本项目通过建立复查率,评判各建造团队的学习力和经济性。

4.2 自检工作的开展和推广

精度管理的根本是建造精度,而并非检验精度。通过检验对精度及施工方的强制管理,是被动的精度管理,是不够的。往往大部分的问题,通过检验发现了,已经意味着返修的成本已经支付,浪费已经产生,利润已经丢失。只有通过过程的管理,防范于未然,逐步实现钢结构件产品的建造精度,才是精度的最终目标。在该项目中,通过三维报表结合二维尺寸管理,逐步形成了一种由施工方参与的精度管理模式。而这种管理模式,即"人人自省,防范于未然"的管理模式,使得后来的钢构件的制造速度大幅度提升,达到缩短项目周期的目的。

4.3 精度管理流程初步建立

正是在以上两点的支撑上,该项目通过各方的努力,从现场施工、生产管理、质量管理,精度检测等各个方面,细化分工、责任到人,形成了较为完善顺畅的检验流程,充分保证了项目的顺利进行。

5 结语:

通过建造方,检测方,生产管理方的全力配合,有效的保证了该项目作为复杂结构的空间对接精度,从 X 型双曲度节点和八爪鱼形节点在工地现场顺利吊装及安装,是该产品精度质量上的确切保证,同时工厂也完全开展起了自检工作及调整前数据确认工作,为后续同类型项目的精度管理应用积累了丰富的实战经验。在钢结构件制造领域,三维精度检测,模拟搭载和精度管理还是新兴技术,任重道远。



参考文献

- [1] 徐进军.工业测量技术与数据处理[M].武汉:武汉大学出版社,2014.2.
- [2] 白明根.基于全站仪的先进精度测量方法的应用[J].上海外高桥造船技术, 2012.22 (2): 18.
- [3] 黄若波,张杰.基于全站仪和 3D 设计系统的三维精度测量技术研究[J].造船技术, 2011 (4).
- [5] 张金辉,孙倩楠,王涛等.基于全站仪三维坐标测量的钢结构制作精度控制方法研究[J].钢结构,2015.
- [6] 李建松,冯文灏等.大型钢结构部件的高精度检测与放样系统[J].钢结构,2001.16 (05).
- [7] 刘联伟,赵资钦,张宜圣.大型钢结构安装高精度控制技术[J].建筑开发技术,2004.2.
- [8] 程宝炜.钢结构安装过程中质量控制的环节及质量标准[J].科技与企业, 2013 (10).
- [9] 赵旭,徐长旭.高层钢结构柱安装精度控制[J].钢结构,2000.
- [10] 刘联伟,赵资钦,张宜圣.大型钢结构安装高精度控制技术[J].建筑开发技术,2004.2.



3.2 高精度全站仪在栓接钢结构制造中的应用

向阳¹, 鄂利春², 高相府³, 徐晓玉⁴, 刘杰⁵, 叶爱青⁶ (1、福建船政交通职业学院; 2-6、上海龙禹船舶技术有限公司)

在栓接钢结构领域中,为保证安装现场的螺栓孔位正确匹配、满足安装要求,需要对钢构件出厂前进行有效的尺寸精度控制,即必须对连接板螺栓孔进行检测及校核;由于栓接精度要求高,项目周期紧,故采用 0.5"高精度全站仪进行钢构件整体空间的尺寸控制。

基于全站仪采集的三坐标数据分析处理,本文利用钢结构尺寸控制专用软件 IN-CHECK 进行测量、IN-ANALY 软件进行数字化分析、IN-ASSEM 软件进行模拟预拼装,将各种栓接时的问题进行提前处理。

1 项目简介

本项目为管廊模块项目,管道在钢构件结构上预制,钢结构自身设计采用螺栓栓接,分为上下两层对接,底部模块同现场已安装完成的地脚螺栓连接;如图 1 所示,为模块结构图,共有 18 根立柱,每根立柱上下两层连接板面均需测量,单个连接面测量四角的 4 个螺栓孔,测量点数多;且单个螺栓孔精度要求为±1"/16,为保证项目的顺利运行,故使用高精度全站仪 SOKKIA-NET1005 进行检测。



图 1 模块结构图

2 基于 SOKKIA-NET1005 精度检测方法

2.1 SOKKIA-NET1005 简介



图 2 SOKKIA-NET1005

2.2 测量实施方案

现场测量点为螺栓孔中心,需要获得 其圆心的三坐标,由于圆心点不存在 于钢构件上,所以需制作特定的测量 工装来满足测量条件;如图 3 所示,根 据钢构件螺栓孔大小制作孔检测工 装,孔接触面做-0.3mm公差,以满足 现场使用及精度要求。



图 3 孔检测工装

现场测量采用自由设站方式,全站仪架设整平后,对螺栓孔进行数据采集;由于现场存在遮挡及测量钢构件顶部螺栓孔时,需要进行搬站,为减少搬站带来的误差,在测量初始时在构件四周需布设 4-5 个固定标靶,其坐

标应在第一测站内测量,其后的每次搬站测量均使用至少3个公共点标靶(选其中一固定点进行坐标复核确认)进行转站,且搬站精度应在±1mm内才能进行下一测站的测量,如图4所示;

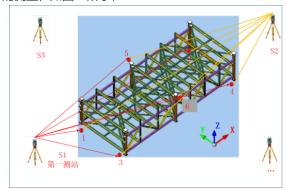


图 4 全站仪自由设站中搬站测量示意图

搬站测量后的数据全部统一到第一测站的坐标系下,为保证整体数据的精度搬站次数不应超过 4次;测量过程中现场应做好标记,避免漏测及重复测量的出现。

2.3 自由设站原理与精度评定

转站测量采用的是自由设站边角交会原理,通过测量 A、B 两个已知点,自动计算设站点 Pn 的坐标,实现坐标系统一完成搬站。

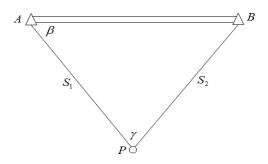


图 5 自由设站边角交会

如图 5 所示, A、B 为已知点, P 为设站点。通过测量距离 S1、S2、测定夹角 y、列出误差方程式:

V=BX-L (1)

其表达式为:



$$B = \begin{bmatrix} \frac{\rho \sin \alpha_{PA}^{0}}{S_{PA}^{0}} & -\frac{\rho \cos \alpha_{PA}^{0}}{S_{PA}^{0}} \\ \frac{\rho \sin \alpha_{PB}^{0}}{S_{PB}^{0}} & -\frac{\rho \cos \alpha_{PB}^{0}}{S_{PB}^{0}} \\ -\cos \alpha_{PA}^{0} & -\sin \alpha_{PA}^{0} \\ -\cos \alpha_{PB}^{0} & -\sin \alpha_{PB}^{0} \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} \delta_{x} \\ \delta_{y} \end{bmatrix} L = \begin{bmatrix} \gamma_{1} - \gamma_{1}^{0} \\ \gamma_{2} - \gamma_{2}^{0} \\ S_{1} - S_{1}^{0} \\ S_{2} - S_{2}^{0} \end{bmatrix}$$

针对方向与距离两类测量值,定义方向观测值的中误差为 m_0 ,定权为 1,则边长观测值定权为: $P_s = \frac{m_0^2}{m_c^2}$ 。

由目标函数 $V^TPV = min$ 列出法方程, 解算得:

$$X = (B^T P B)^{-1} B^T P L \tag{2}$$

协因数阵:

$$Q = (B^T P B)^{-1} = \begin{bmatrix} Q_{xx} & Q_{xy} \\ Q_{yx} & Q_{yy} \end{bmatrix}$$
(3)

点位中误差为:

$$M_p = \pm m_0 \sqrt{Q_{xx} + Q_{yy}} \tag{4}$$

全站仪自由设站的测量精度,不仅与测距、测角精度直接相关,而且受搬站公共点及设站点构成的几何图形影响。现场测量时,尽量使 β 保持在 40° -120°, γ 取 40° -120°, 构成稳定的几何图形。

设 [S]_AB=100m, β =40°, γ =80°; 依据其检定证书的检定结果, 根据(1)、(2)、(3)、(4)式解算得[M] P^'=±0.7mm。



3.1 数据分析处理

利用分析软件直接读取 3D 设计模型,根据现场实测螺栓孔位生成理论点三坐标(X,Y,Z),将实测数据坐标集(x1,y1,z1)导入软件中进行自动匹配,实现实测点与设计点一对一匹配;

由于钢构件采用上下对接的方式,底层模块还需和安装 现场对接,所以分析时以模块的地面地脚螺栓为基准, 分析整个模块的建造状态;

数据处理时需采用自动、手动匹配调整,首先整体数据自动匹配结束后,进行距离绑定,查看整体数据偏差状态,再根据底部基准进行手动调整,在软件中利用"1点、2点、3点"的旋转、平移功能,直到整体螺栓孔数据达到最佳匹配状态,至此单个钢构件的数据分析结束,如图6所示:

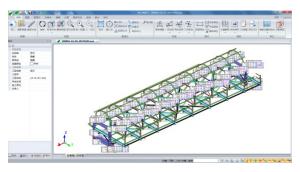


图 6 单个钢构件数据分析处理

3.2 报告出具

软件中含有3维版块和2维版块,在3维版块中数据分析结束后进入2维版块中生成数据报表,一键生成钢构件底部、顶部的螺栓孔偏差数据报告。

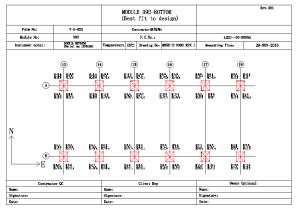


图 7 模块螺栓孔图形报告

4 数字化模拟预拼装

4.1 模拟预拼

模拟拼装预期效果及目标是通过数据的电脑模拟预拼替代现场实物预拼同样可满足建造精度;对所有制作好的单一构件进行虚拟拼装,用来检验单一构件的尺寸偏差,及对接构件的累积偏差。使得问题点得以早发现和早处理,降低制造成本保证建造周期。

此项目对接面共有两个,一个是底部模块底层地脚螺栓 同安装现场支墩螺栓连接,另一个是底部模块顶部螺栓 同顶部模块对接,如图 8 所示;

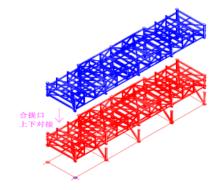


图 8 模块对接示意图



利用电脑预拼装软件读取对接单构件分析完成的数据文件,将底层模块构件作为基准分段,安装现场的支墩地脚螺栓数据由于提前预制安装完成,可以将其理论数据当成实测数据,顶层模块构件的实测值同底层模块构件的实测值进行拼装匹配,顶层模块构件通过分析调整,已达到整体螺栓孔的最优匹配。分析过程如图 9 所示:



图 9 模拟预拼装过程分析

4.2 现场修正

对接模块完成模拟预拼装后,出具图 10 所示的对接面图形报告,工程师根据螺栓孔匹配结果,给出解决方案。

结合设计、安装要求,在保证安装结构强度的前提下,对于超差无法对接的问题,采用底层模块顶部单张面板上的对接螺栓孔扩孔处理方案,保证螺栓孔完成对接;对接超差且不允许扩孔的对接面板现场安装时采用焊接方式连接;底层模块构件地脚螺栓对接时根据偏差报告对螺栓孔进行扩孔修正,而不允许扩孔处理时则修改安装现场支墩的地脚螺栓坐标位置,以满足现场的顺利安装。

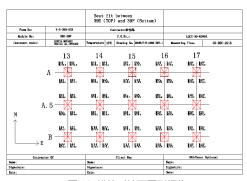


图 10 模块对接面图形报告

5 总结

本项目成功的使用高精度全站仪进行栓接钢结构进行精度控制,不仅快速高效的完成检测工作,而且精度等级大大提升对钢构件质量有了保障;利用分析处理软件对栓接钢构件进行数字化模拟预拼,成功保证了安装现场工作的顺利进行,缩短了整个项目的运行周期,节省了大量的人力、物力。

参考文献

- [1] 杨守菊,徐常亮.全站仪自由设站的应用及精度分析[J].甘肃科技,2008,24(19):43-45.
- [2] 杨为民,朱海华.测距反射片测量精度的实验研究 [J].现代制造技术与装备,2016,(2):23-25.
- [3] 冯文灏.工业测量[M].武汉:武汉大学出版社, 2004,10.
- [4] 梁志强. 螺栓连接钢结构施工技术[J]. 施工技术, 2013, (6): 55-57.
- [5] 张金辉, 孙倩倩, 王涛. 基于全站仪三维坐标测量的钢结构制作精度控制方法研究[J]. 钢结构, 2015,30 (1): 50-53.
- [6] 李亚东. 数字模拟预拼装在大型钢结构工程中的应用[J]. 施工技术, 2012,9 (41): 23-26.
- [7] 丁一峰,陆华,李文杰.信息化预拼装在钢结构成品检测中的应用[J].土木建筑工程信息技术, 2012,(4):52-56.
- [8] 李杨,姚谏,张玉玲.数字化模拟预拼装研究与应用[J].工业建筑,2015.



3.3 模拟预拼装技术在钢结构桥梁塔柱安装中的应用

中国铁道路科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所,北京上海龙禹船舶技术有限公司,上海

项目概述:

北京永定河大桥是一座全钢结构双塔斜拉刚构桥(详见图 1),具有工程规模大、结构形式复杂、节点构造复杂、加工制作精度要求高、运输吊装能力要求高、测量测控精度要求高的特点,从加工制作到运输安装都极具挑战性。 预拼装是验证钢塔节段制造工艺、加工精度的重要环节。通过对本项目钢塔实体预拼装作业,模拟钢塔架设过程中匹配连接关系,尽早发现问题、尽早解决。

由于本钢塔断面尺寸大、线形复杂,采用实体预拼装难以实施,需要针对不同结构采用不同状态的预拼装作业。



图 1 现场规划图

1 单节段精度监测

1.1 现场单节段检测

钢塔节段制造时需划设纵横基准线, 肋板、腹板组装位置也均应划出相应基准线, 节段位置交点敲好洋冲点, 作为钢塔节段测量的基准。 在塔柱安装前, 在塔柱外侧壁板即现场三个方向布设好三组固定棱镜, 用于后续安装定位监测;

如图 2 所示,现场使用 0.5"高精度全站仪进行单节段检测,利用钢结构测量软件获取结构点及棱镜组的三坐标。



图 2 单节段现场测量

1.2 单节段数据分析

本项目中共涉及三个坐标系:单节段测量独立坐标系;三维模型设计坐标系;现场安装坐标系(大地坐标系);单节段数据分析时将全部统一至现场安装坐标系下。

将现场采集的单节段坐标数据与转换后的模型设计数据进行匹配对比分析,分析原则为:

- (1) 添加现场理论轴心点;
- (2) 整体测量数据与理论数据初步分析;
- (3) 生成测量轴心点坐标,测量轴心点位置调整至理论位置;
- (4) 以单节段顶面为基准,进行平面拟合,包括平面与角度;
- (5) 基准面最佳拟合分析结束后,出具定位棱镜组大地坐标及轴心点位置指令报告 A1;
- (6) 出具单节段尺寸偏差报告 A2。



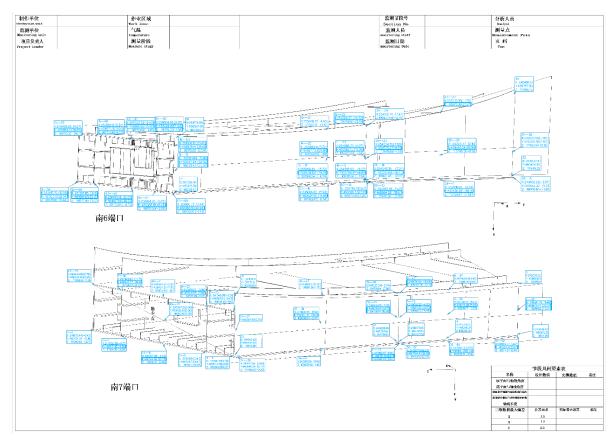


图 3 单节段数据分析报表

2 模拟预拼装

2.1 预拼装目的

为了保证桥位架设精度、确定桥位安装基准、确保钢塔线形等,钢塔柱节段整体检测合格后,对钢塔节段进行实体预拼装和数字化预拼装。本项目钢塔节段进行预拼装的主要目的:

- (1) 验证钢塔节段接口的匹配性;
- (2) 检验钢塔柱制造整体线形;
- (3) 验证钢塔节段制造工艺的可行性;
- (4) 检验钢塔节段制造工装的可靠性;
- (5) 连接塔段间的临时匹配件及调整装置;
- (6) 塔段间加劲肋嵌补段的量配。

2.2 拼装数据分析原则

- (1) 获取现场安装后的对接面(节段顶面)大地坐标;
- (2) 以现场对接面实际位置为基准,与拼接单节段的测量结果进行对接分析;
- (3) 原则上不进行拼接节段的位姿调整;
- (4) 出具模拟预拼装报告 B1, 指导现场进行提前修整。

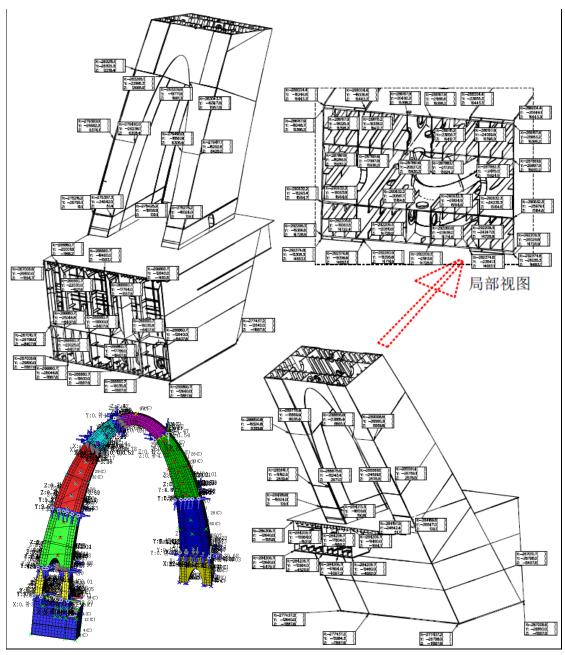


图 4 模拟预拼装分析结果报告

3 现场定位安装

钢塔节段数量多,结构尺寸大、线型复杂,钢塔节段组拼在专用厂房内的组拼胎型上进行。

钢塔塔柱轴线的精度控制,是通过塔柱节段四周壁板上布设纵向基准线予以实现。钢塔节段制造过程中,每段四周壁板均需布设纵横向基准线,以基准线为基准进行结构的组装、预拼装等工作;在塔柱安装时,测量塔柱外侧布设好的三组棱镜,监测钢塔制造线型,如图 5 所示。



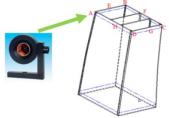


图 5 现场吊装图

3.1 现场初步定位

现场吊装对接,根据模拟预拼装报告作出提前修正后,检查确认对接缝情况;根据节段上的基准点、线检查确认对点、对线位置偏移情况;通过拉尺和水准仪等方法确认节段拼装初期位置情况; 现场进行位置调整,直至结构面对接情况良好,加焊限位条,完成初步定位。



3.2 精确定位

如图 6 所示, 现场布设控制网, 坐标系统一至大地坐标系; 控制点为浇筑的水泥柱加强制对中底盘, 位置稳固不动。

将拼装节段位置三坐标拆分成平面 (X, Y) 与高程 H, 首先通过控制点的已知高程传递至基准段底脚, 利用全站仪测距功能与电子水准仪结合完成向天顶的高程传递, 进行拼接段的顶面高程测量, 出具与理论位置高程的平面偏差报告 C1, 现场根据平面偏差报告 C1 进行高度调整, 保证顶面高程满足安装规范限差要求。

全站仪架设在已知控制点上,通过联立控制网定向结束后,测量拼接节段上的三组棱镜平面坐标,与单节段测量出具的指令报告 A1 进行对比分析,指导现场进行平面位置的微调整,直至调整棱镜位置到指令报告 A1 下的坐标值。

拼装节段平面与高程坐标调整结束后进行拼装段的上平面位置复测,出具上平面及轴心点的位置、高程报告,确认是 否满足安装规范要求并给出对应解决措施,保证下一拼装节段成功吊装。

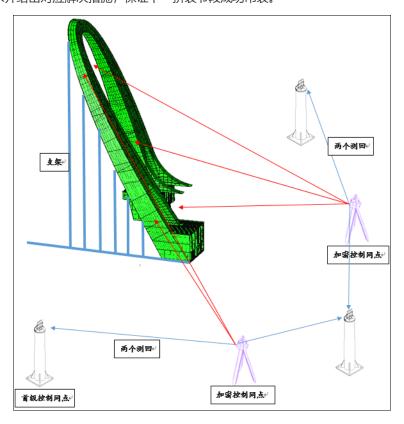


图 6 现场定位示意图

4 总结

本文以桥梁塔柱钢结构模拟拼装为例,介绍了模拟预拼装的拼接目的与拼接原则;对数字化模拟预装的工程应用进行了较为充分的分析,基于模拟预拼装的特点,将其应用到现场钢结构安装以实现钢结构加工工厂制作与现场安装的互动。

目前,超高层、大跨度、结构复杂的钢结构建筑越来越多,造成一些钢结构构件越来越复杂,其安装控制难度大大提高;通过本项目的顺利实施,对于难以进行实地实物拼装的钢构件,利用数字化模拟预拼装技术可以作为一种有效的补充控制定位手段。

以上模拟预拼装方案设计和模拟预拼装作业实施,由上海龙禹船舶技术有限公司,受中国铁道路科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所的委托执行。执行日期为 2017 年 8 月至 2018 年 8 月。



3.4 钢结构工程精度控制

杨栋 上海同索测绘科技有限公司

一、钢结构概述

钢结构工程是以钢材制作为主的结构,主要由型钢和钢板等制成的钢梁、钢柱、钢桁架等构件组成,各构件或部件之间通常采用焊缝、螺栓或铆钉连接。近年来,随着经济社会的发展,生产中对大型设备的需要也在不断地发展着,同时社会经济的发展和科技的进步又为制造这些大型设备提供了可能。钢结构在设备工程、建筑工程中的应用越来越广泛,并且取得了非常不错的应用效果,也对钢结构工程的设计和工艺加工提出了更高的要求。

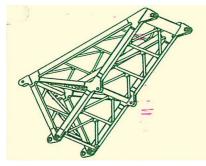
在钢结构建造时,大型设备往往被分割成若干段,各段首先在不同的模块上安装,然后模块总装时再将各设备分段进行总拼装。这些设备必须在分段安装时就考虑到模块总拼装的连接问题,否则将导致设备在模块就位之后无法顺利完成总拼装。

大型钢结构设备在三维空间和尺寸上都存在出现偏差的可能,钢结构设备安装的实际偏差是设备安装及其前期相关 所有施工步骤的一系列误差的累积,这些误差通常包括:结构预制误差、结构总装误差、设备制造误差、设备定位误 差。所以在整个制作过程及生产工艺过程中都需要注意精度控制。

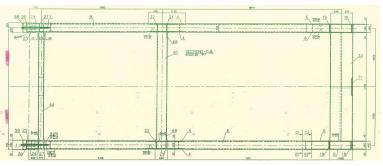


二、案例概况

此钢结构长超过 15 米, 宽约 6 米, 高约 6 米。从纵剖面看,此钢结构主体呈两个平行的三角形状态,实际上整体是由三个长方形的钢结构搭建组成;投影到水平面呈现的是一个长超过 15 米、宽 5.8 米的长方形,底部由两根纵向钢梁、三根横向钢梁组成,设计图如下;结构主体各顶端预留有不同标准的连接孔,用于设备的最终拼装。



钢结构主体设计图



钢结构底部投影





钢结构现场实物

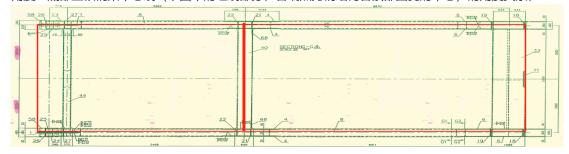
结构体积比较大,精度控制要求也较高,为确保钢结构的安装顺利、整体结构尺寸精确,钢结构的制作尺寸精确是基本条件。制作尺寸中涉及到现场的安装尺寸尤为重要,如钢柱的直线度和扭曲度、梁和柱的连接孔到柱底板的距离、连接孔本身的加工精度、水平梁的直线度和柱梁连接板的加工精度、支撑连接板相对于梁柱本身的位置尺寸等,均是加工制作控制的重点。

三、精度控制的内容

此项目的精度控制主要体现在尺寸方面,结构主体和各部件的尺寸需要在设计公差范围内,且需要达到毫米级精度;另一个重要的精度控制工作是钢结构顶端圆孔之间的同轴度、圆孔中心的直线度,具体的内容如下:

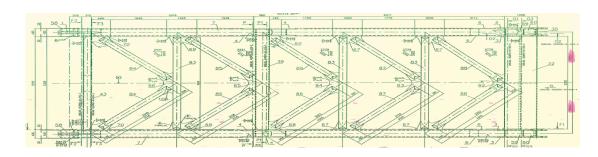
(1) 底部

- 尺寸:底部五根钢梁中心线(下图中的红线部分,各端点为钢结构各顶部圆孔的中心)的尺寸;
- 角度:底部五根钢梁中心线(下图中的红线部分,各端点为钢结构各顶部圆孔的中心)的角度关系;



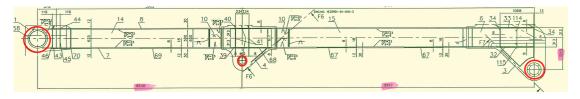
(2) 顶部

尺寸:顶部钢梁中心线的尺寸,具体见下图;角度:顶部钢梁中心线的角度关系,具体见下图;

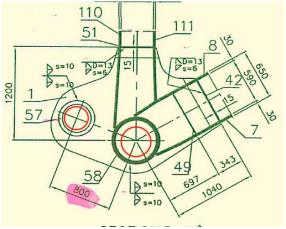


(3) 圆孔

- 高度:各顶端圆孔中心的高低关系,具体见下图;
- 位置:各顶端圆孔中心的空间位置关系,具体见下图;



● 尺寸:同一顶端两个相邻圆孔中心的尺寸,具体见下图;



● 同轴度:同一顶端两个相邻圆孔中心线的同轴度,具体见下图;





四、精度控制的方法

本项目基于高精度全站仪配合 eMeas 工业测量系统软件的方法来处理。全站仪的三维坐标测量方式与 eMeas 软件数据分析相结合,仪器的测量精度高达 0.5mm; 软件能够在现场实测实算钢结构的各尺寸和空间位置关系,包括圆心拟合、直线度计算、平面度计算等。

五、精度控制的软硬件配置

(1) 硬件——索佳 NET05AXⅢ全站仪

索佳 NET05AXⅢ全站仪测量精度高,测角精度高达 0.5 秒,测距精度最高可达 0.5 mm;免棱镜测程 100 m,反射片测程 200 m;仪器性能稳定,适应性强,可工作在—20___+50℃环境下。

仪器的技术指标如下表所示:



NET05AXⅢ全站仪技术指标一览

NETUSAX11至增仅仅不指标一见					
型号	NET05AXII				
角度测量精度	±0.5"				
反射片测距精度	± (0.5+ 1ppm * D)				
	mm				
棱镜测距精度	± (0.8+ 1ppm * D)				
	mm				
测量时间	0.9 (首次 1.5) s				
范围	1.3 / 3.5 km				
放大倍数	30 x				

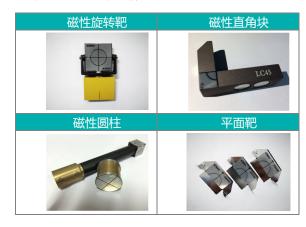
(2) 软件——eMeas 工业测量软件

eMeas 是一款基于 WindowsCE 平台的全站仪机载工业测量软件,该软件将传统的 PDA+数据线+全站仪的测量模式融为一体,配合电脑版 3 维工业测量软件,是工业测量精度控制管理在新时期的革命性的软件。该软件适用于工业制造、造船精度管理、航空航天构件测量等工业级 高精度测量与数据分析领域。



(3) 配件

配件主要是辅助仪器进行测量,拟合出钢结构的直线度、平面度、圆心等等,具体如下表:

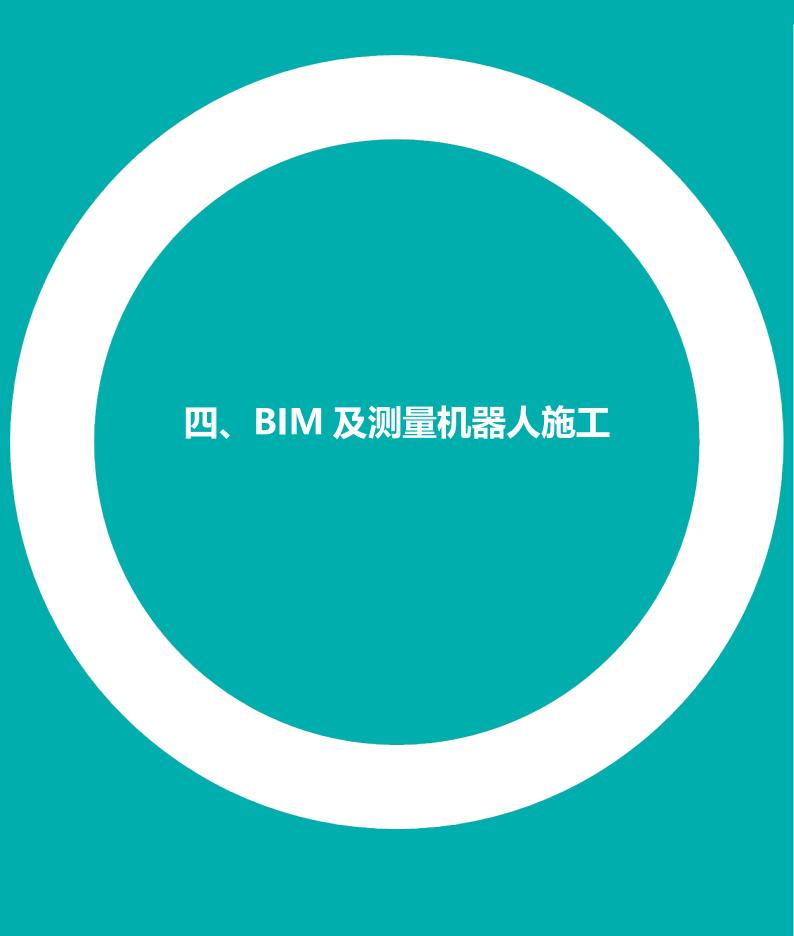


六、eMeas 工业测量系统的优点

在钢结构领域中,为保证施工现场的安装精度,要对钢结构产品进行有效的尺寸质量控制,即在生产制作过程中必须对构建中的关键点进行检测及校核,采用传统的钢尺、角尺等测量工具已经难以满足检测的精度要求,而全站仪结合 eMeas 工业测量系统的使用可以很好的解决这一问题,其主要特点如下:

- ◆ 亚毫米级的测量精度,满足各种工程的需要;
- ◆ 完善的数据采集及分析功能;
- ◆ 界面简洁, 傻瓜式的操作方式, 不懂测量也懂操作;
- ◆ 强大的设计对比功能;
- ◆ 实时的数据管理与数据同步功能;
- ◆ 人性化的测量模式。

全站仪集测角、测距、测坐标于一体,测量范围大、智能程度高,具有高效率高精度等特点;而 eMeas 工业测量软件通过控制全站仪,将勘测所得的现场实物分段的数据与设计数据进行对比,可对整体和单块数据进行解算,同时软件还提供了分段测定、分析、附加计算等功能,以便对实 物分段的变形进行分析,提高分段的生产性。





4.1 SOKKIA 单人测量系统在武汉琴台美术馆屋盖施工放样中的应用

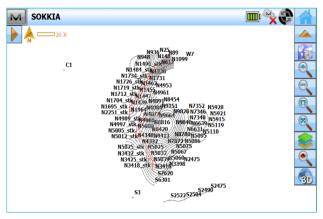
张庆元¹ , 付永发¹ (1. 拓普康索佳 (上海) 科贸有限公司)

建设中的武汉琴台美术馆是武汉市的文化地标项目,采用板柱-剪力墙结构体系,挑战结构美学多个极限;美术馆屋盖面积 2.2 万平方米,形态高低起伏、类似山体,仿佛从土里长出,屋盖结构设计为自由双曲面密肋梁+实心板结构形式,任何一块区域的曲率均不一致,在设计和建设上属国内外首例。



为了营造建筑物仿佛从土里长出的效果,需要在模拟自然山体的屋盖上填土种植花草和铺设观光步道,须在屋盖上修建形如梯田的挡水坝;挡水坝为平滑曲线且随屋顶高低的变化而变化,工程施工对挡水坝位置的放样间隔要求为 1 米,精度要求≤2cm,整个屋盖区域分为 11 个区,大约需要放样 1.8 万个点位,仅一个区需放样曲线 40 条,放样点 2542 个,点位分布密集复杂(见下图)。





武汉琴台美术馆由中建三局集团有限公司承建,为了确保工程质量和工程进度,施工方在大量调研的基础上,决定在传统施工放样的基础上引入 BIM 施工放样;传统施工放样采用手动全站仪+对中杆棱镜+对讲机的方式进行,需要 2名测工配合进行工程放样工作;BIM 施工放样采用 SOKKIA 单人测量系统进行,该系统具有单人操作、设计数据直



接导入、可设定放样精度限差、操作简捷、放样数据可记录等特点;系统由超声波马达全站仪 IX1001+360°棱镜+SHC5000 手簿组成,只需 1 名测工即可进行工程放样工作;超声波马达全站仪 IX1001 测角精度 1",测距精度1+2ppm,马达转速最高可达 180°/秒,可轻松对 100 米外以 125km/小时速度快速移动的目标保持跟踪;SHC5000 为 7 英寸彩色液晶显示屏工业级手簿,内置索佳 GEOPRO 测量软件,能以图形方式将测量和放样数据充分展示;手簿与全站仪通过远距离蓝牙进行数据通讯,工作距离可达 600 米。







传统施工放样场景

BIM 施工放样场景

2019 年 12 月 3-4 日屋盖施工放样过程中 SOKKIA 单人测量系统放样精度限差设定为 1cm, 放样精度显示、放样精度设置、放样报表局部见下图:

0	P	Q	R	S
計放样北	放样东	放样高程	北差	东差
-43.674	0.393	-6.594	0.01	0.001
-42.863	0.986	-6.614	0.005	-0.001
-41.271	2.2	-6.601	0.004	-0.003
-40.484	2.818	-6.602	0	0.001
-39.711	3.445	-5.917	0.004	0.004
-38.927	4.083	-5.915	-0.005	-0.002
-38.153	4.709	-5.915	0	-0.001
-37.355	5.321	-5.915	-0.007	-0.001
-36.558	5.904	-5.91	0.004	0.004
-35.724	6.459	-5.912	0.002	0.004
-34.869	6.975	-5.915	0.005	0.001
-33.979	7.437	-5.911	0.002	0.002
-33.062	7.841	-5.915	-0.002	0.005
-32.126	8.203	-5.905	-0.005	0.002
-31.188	8.528	-5.912	0.002	0.003





从以上设备记录中可以看出索佳单人测量系统的各点放样精度均在 1cm 以内,系统可以导出放样报表,各项数据均可查看;传统施工放样受设备限制,施工放样数据无法记录,放样精度靠测工经验保证,放样精度为 2cm 左右,在限差的边缘,施工现场部分区域地势复杂,坡度很大,表面光滑,人站立困难,传统施工放样在如此区域控制放样精度、相互沟通协作需要花费大量时间。

下表为 2019 年 12 月 3-4 日屋盖施工期间不同方法的放样点数和工作时间比较:

	索佳单人测量系统放样			传统测量放样				
日期	测工人数	日工作时间	放样点数	平均放样速度	测工人数	日工作时间	放样点数	平均放样速度
	(人)	(小时)	(点)	(点/小时)	(人)	(小时)	(点)	(点/小时)
2019/12/3	1	4.5	177	37	2	7.0	60	٥
2019/12/4	1	4.5	160	31	2	7.0	67	3

以上施工数据表明,采用 SOKKIA 单人测量系统进行测量放样的实际工作效率是传统测量放样的 4.1 倍,而且人员上可以节省 1 人。



右图为索佳单人测量系统放样报表中观测时间的部分记录,从记录中可以清晰地看到 采用索佳单人测量系统进行测量放样,放样点时间间隔基本在 1 分钟左右;同等环境 下进行传统施工放样一个点需要 4-5 分钟,甚至更长时间。

从现场劳动强度和操作便利性上来看,传统施工放样需要两个测量人员通过对讲机不断进行沟通,用以帮助(指挥)司镜人员的移动和定位,BIM 放样只需一名测量人员使用索佳单人测量系统、看着屏幕就可知道该往哪儿移动和移动量,轻松、高效、便捷。

时间 2019:12:03 09:52:43 2019:12:03 09:53:57 2019:12:03 09:55:19 2019:12:03 09:56:23 2019:12:03 09:58:11 2019:12:03 09:59:30 2019:12:03 10:00:25 2019:12:03 10:02:20 2019:12:03 10:03:36 2019:12:03 10:05:46 2019:12:03 10:06:41 2019:12:03 10:08:09 2019:12:03 10:08:09 2019:12:03 10:09:04

用户评语:

相对传统施工放样, BIM 施工放样中采用的索佳单人测量系统具备以下优势:

(1) 精度好

系统精度可控,放样精度优于 1cm;

(2) 效率高

工效可提高 4 倍以上;

(3) 效益高

只需要一个测量人员即可进行工作,并能保证精度。可节省一个专业测量人员;

(4) 降低劳动强度

常规测量中观测员与司尺员之间需要随时沟通,遇到复杂情况,比如结构复杂、点位有异常等情况,需要两位工作人员进行反复沟通协调;而使用索佳单人测量系统,所有数据均在手簿中,并直观的通过图形在手簿中显示,测量人员能够实现"所到即所得"的高效作业;

(5) 数据可追溯

放样数据、放样偏差、放样时间、放样点棱镜常数、棱镜高等等可通过系统提供的放样报表查看,数据可追溯, 常规测量无法实现此功能。

(6) 操作简单易学

传统测量人员经过30分钟的简单培训即可进行单独作业。

(7) 用途广

适合于条件复杂、精度要求高和放样点位密度大的环境;对室内环境下的测量与定位、管道及机电安装、特殊形状结构等的放样具有"精准、快速、高效"的特点。



4.2 测量机器人在矿山测量中的应用

吴绍雄¹, 王大勇¹, 杨超武¹, 姚猛¹, 夏云¹ (1. 贵州开磷有限责任公司)

一、测量机器人的简介

本次使用的测量机器人即是一台机载"MAGNET ("云技术"服务为基础)"软件,型号为 SX-101T 的索佳自动全站仪。机载软件"MAGNET ("云技术"服务为基础)"在完整的 FlexField 和 FlexOffice 软件之间进行无缝链接的解决方案,并配置符合本地化需求道路放样,多测回测角及导线平差程序;内置大容量内存和各种应用测量程序,功能强大、性能稳定、使用方便,首创三轴补偿技术,先进的开放式 DOS 计算机操作系统,标准的 PCMCIA 数据存储卡,温度、气压自动感应,可选配遥控器,结构紧凑,重量轻,便于长途携带。基本参数详见表 1-1

品牌	卑:	索佳							
产品系	系列:		SX						
放大係	音率:		30X						
产品	 类型		自动照	照准型			自动品	眼踪型	
型·	号	SX-101P	SX-102P	SX-103P	SX-105P	SX-101T	SX-102T	SX-103T	SX-105T
自动	照准	•							
自动	跟踪	-	-	-	-	•	•	•	•
旋转速度/自	动跟踪速度			8	5°/秒 (20°C	时) / 20°/和	沙		
工作	躬 遂		ATP1/AT	P1S 360°棱	镜: 2~600	m,CP01 小	√型棱镜: 1.	3 ~ 700m	
			OR′	IPA 小型棱镜	注:1.3~500)m,AP 棱镜	意: 1.3~1,0	00m	
最小	显示	0.5			/5"		"/1"		/5"
测角		1"	2"	3"	5"	1"	2"	3"	5"
倾斜	补偿					范围: ±6′			
	测距范围		-		: 1.3 ~ 1000	•			
棱镜		0			00m, AP 核				5)
	测距精度		±	-	ppm×D) m			Z)	
反射片	测距范围	1.3m~500m(使用 RS90N-K 反射片)							
	测距精度				: (2mm+2p	•			
免棱镜	测距范围 测距精度				~ 1000m (良				
 操作					: (2mm+2p 嵌入式 Wind	•			
显示					欧ハユ、VVIIIC 透射式 TFT C				
					序,可外接				
接					A 口和小型!				
防尘防				`	P65 (IEC 6)	, ,			
工作				•	•	+50°C			
激光照				共轴 EDI	M 测距红色》	敷光指示,3	R 级激光		
导向				红绿色发			3 ~ 150m		
尺	寸 寸			230 (罗	き)×207(₺	€) ×393 (₹	高)mm		
重				,,,		.9kg			
BDC70						5.2Ah			
工作	时间				约4	小时			
信号源/沿	激光输出	4	红色激光二粒	及管 (690nn	n) /免棱镜	莫式: 3R 级/	/棱镜或反射	片模式: 1组	3
工作距离	(斜距)			远距离模式	: 2~300m	/ 标准模式	: 2~100m		
	 时间				15				

表 1-1 基本参数



二、井下导线的测量

井下导线的布设应从整体到局部,分级布设,逐级控制。为了限制测量误差的累积,保证必要的测量精度,为工程建设中整体设计的巷道工程能够分区施工放样,必须先在全测区范围内选定一些控制点,构成一定的几何图形,用精密的测量仪器和精确的测算方法,在统一的坐标系统中确定它们的平面位置和高程,再以这些控制点为基础测算其他碎部点的位置,通常称这些控制点为导线点。

根据矿山地理条件,在井下工程测量中受地形或控制点等条件的约束,无法布设附合导线或闭合导线,只能布设成为支导线。由于支导线本身不具备严密的检核条件,为了能使布设的支导线达到一级导线的精度要求,必须对支导线进行往返多测回观测。以——七零主平硐井巷工程阳郎段布设的一级导线为例进行说明。

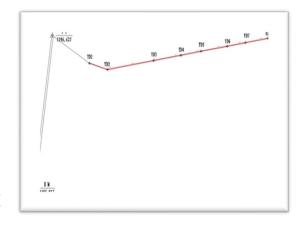


图 1 1170 主平硐阳郎段一级导线

(一) 常规测量

- 1、 利用普通全站仪沿已经敷设好的一级导线点逐个进行联测,每个测站上测量两个测回;
- 2、 现场将观测数据记录在导线外业测量记录本上;
- 3、 将观测数据带到室内进行内业整理, 评定精度, 并整理出一级导线所需的计算元素;
- 4、 检查是否符合限差要求; 如果超限, 必须回到现场重新测量直到符合要求;
- 5、 计算坐标成果;
- 6、 测量原始数据和内业计算表格见附件 1。

(二) 机器人测量

- 1、 利用索佳 ST-101T 全站仪沿已敷设好的一级导线点逐个进行联测,每个测站测三个测回;
- 2、在 MAGNET Field 模式下调用多测回观测程序,设置好"观测值类型"、"目标类型"、"棱镜常数"、"发射光"、EDM 模式"、"测量等级"、"观测顺序"、以及"限差设定"等,转动全站仪到后视方向精确瞄准点击保存,随后转到前视方向,对点名、仪器高等进行重新编辑后保存,仪器可自动倒转望远镜完成后面的观测,待观测结束后程序自动跳转到观测结果页面,可立即查看是否超限。如果未超限,选择采用,这时全站仪程序会自动计算出前视的坐标点并进行保存;如果超限,可立即重新进行测回观测;
- 3、 多测回观测结束后的数据可已直接输出成 TXT 文档。 输出数据格式可根据需要自定义;
- 4、 计算坐标成果;
- 5、 测量原始数据和内业计算表格见附件 2。

三、成果总结

通过对测量机器人在矿山测量中的应用,分析可得出以下结论 (详细见表 3-1):

- 1、 在测量方法上, 由原来的常规测量改为适合我公司井下导线测量的多测回观测法。
- 2、 观测条件,由于人工照准必须充足的照明,而机器人测量无需照明即可实现自动跟踪。
- 3、目标跟踪的方式发生改变,由人工照准变为仪器自动跟踪,测量精度更加精准可靠。
- 4、 观测时间, 常规测量每测站 2 个测回 40 分钟, 通过机器人自动跟踪测量每测站 3 个测回仅需 15 分钟。
- 5、 限差检验方面, 常规测量必须每测站观测完现场计算限差是否超限, 经计算检验未超限才能搬到下一测站; 通过 对机器人多测回观测自定义限差, 观测完毕仪器即可自动计算限差, 大大减轻了测量人员现场计算检验的工作 负担, 节约大量时间。
- 6、 成果记录方面, 常规测量是记录人员通过手工记录在外业观测记录本上, 并将记录结果带回办公室使用计算器 计算出成果, 而机器人测量可通过自定义设置数据格式, 选择所需的计算元素仪器自动储存观测数据, 减少了由于口误、笔误造成的错误; 回到办公室将数据导出利用 Excel 表格编程, 快速计算出成果。
- 7、 成果计算方面,通过导出数据利用 Excel 编程处理测量成果,避免了因人为输入数据造成的错误,减少了人为计算对数据取舍误差。
- 8、 成果保存方面,常规测量的成果资料是放在档案柜的纸质资料,不易于永久保存;通过使用 Eexcel 表格编程处理的测量成果为电子版可永久保存,资料查询也很方便。

总之,通过创新测量方法,借助测量机器人 MAGNET Field 软件程序进行导线测量,不但提高了测量精度,还可节约大量的时间和减少人员配备,更是将测量返工降为零,大大提高了测量工作效率。通过改进内业计算思路,利用 Excel 编程整理内业资料,不但能快速准确地出成果资料,而且有利于测量资料的查阅和永久保存。使矿业公司测量工作得到了明显的提升和改善,为今后矿山测量工作开拓路新的思路。



测量方法	常规测量	机器人测量
	普通全站仪 1 台	索佳 ST-101T 全站仪 1 台
	觇标 2 个	觇标 2 个
测量次文	脚架 3 个	脚架 3 个
测量设备	钢卷尺 3 把	钢卷尺 3 把
	导线测量外业记录本	/
	铅笔1支	/
人员配备	4	3
测量方法	常规测量	多测回观测
观测次数	2 个测回	3 个测回
测量时间	20min/站	3min/站
测量条件	照明充足	微量照明
测量精度	低	高
跟踪目标	人工照准	自动跟踪
观测数据记录方法	手工记录	仪器记录
限差检验	内业数据整理后	角测回度报表 (现场)
出成果	计算器计算	Excel 表格计算
成果保存	纸质资料	电子版资料
保存期限	有限期	永久保存
资料查阅	档案柜查找	电脑检索

表 3-1 详细对比分析

附件 1







图 1-1 常规测量原始观测数据

附件 2

```
| Reader>> Delimiter() FileFormat(Instrument/Base Point, HI/Base Ant. Ht., Target Point, HR/Ant Ht., Horizontal Ands, Zenith Angle, Sipse Distance) 
        | Reader>> Delimiter() FileFormat(Instrument/Base Point, HI/Base Ant. Ht., Target Point, HR/Ant Ht., Horizontal Ands, Zenith Angle, Sipse Distance) 
        | Reader Angle A
```

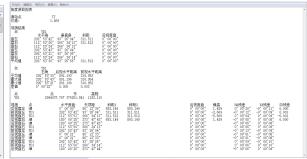


图 2-1 多测回测角原始观测数据

图 2-2 角度测回报表原始记录数据





图 2-3 多测回测角原始数据成果整理专用表格





4.3 索佳 SX101 在北京电影学院怀柔新校区建设 BIM 施工中的应用

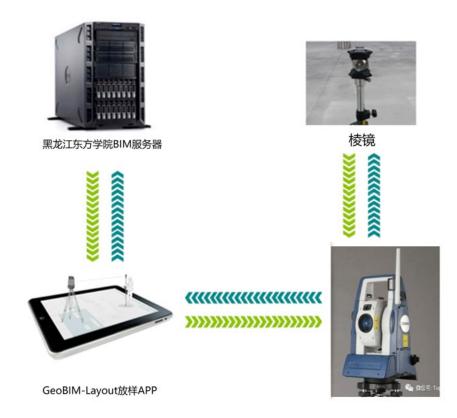
曹海涛 北京九碧木公司

项目背景

目前北京电影学院怀柔新校区一期项目已全面开工建设,施工方为北京城建集团和中铁建工集团,在怀柔区相关部门的全力配合下,该工程各项工作如期推进。

其中总建设用地 26.76 公顷。项目计划分两期建设,其中一期工程建筑面积为 178800 平方米,建设项目包括教学行政办公楼、图书馆、各类实习用房、学生及教工宿舍、食堂等 全部采用 BIM 施工技术 ,其中土建以及电管线放样全部采用索住系列 BIM 放线机器人在现场指导施工放线 。

系统构成



现场图片





SOKKIA





BIM 放样机器人的优势

- (1) BIM 价值最大化
- (2) 把 BIM 模型搬到工地中。
- (3) 任何复杂的 BIM 设计都可以轻松放样。
- (4) 真正实现 BIM 模型指导施工,并将放样数据返回设计数据对比
- (5) 放样精准、高效,数据全面
- (6) 减少人为因素干扰,所以精准。
- (7) 单人操作,导航式放样,所以高效。
- (8) 自动化电子文档,照片数据传回到
- (9) 内业,实时协同工作。
- (10)减少返工,缩短工期

BIM 放样机器人的创新点

- (1) 减少作业人数,传统方法: 3人 -> 现在: 1人
- (2) 简化仪器操作,提高作业速度:设站、观测比传统方法简单快捷,可根据现场实际在任意合适位置设站。
- (3) 自动化程度高,提高效率和质量:同步实测、放线,自动计算、记簿、成果报告及提交
- (4) 降低作业人员的专业和技能要求
- (5) 降低放线作业成本至少50%
- (6) 直接用 BIM 模型指挥放线,有利于保证施工符合设计,放线结果同步实测,并将数据直接、客观地返回给 BIM,有利于保证 BIM 符合现场也可用于实测检核
- (7) 自主研发、数据安全性高,可本地存储,实现 BIM 在施工中的落地应用,充分发挥 BIM 的工程价值。国产软件,可根据需求深度定制。

项目总结

传统施工

传统的建筑工程施工过程的测量放线工作由劳务队完成,通常采用全站仪测量和拉钢尺的方式进行作业,工作方法 粗糙,操作麻烦 (尤其是在结构梁分布密集的情况下),工作效率低,空间局限性较大,关键的缺陷是其施工精度不 够,导致施工质量不能够满足设计要求。

BIM 施工放样

BIM 施工放样高于传统施工放样

BIM 施工放样操作比传统施工全站仪施工放样简单:可实现可视化操作 BIM 模型、棱镜自动追踪照准棱镜,这样完全减少了施工人员,完后可以单人施工放线。

基于索佳 BIM 放线机器人进行施工放线的精度可以达到 1mm,优于传统全站仪放线的精度 2-3mm。

在工期方面,由于 BIM 放线机器人的引入有利于形成标准化的安装流程,提高整体施工效率。同时能够加强深化设计与现场施工的连接,能够有效减少 90%的机电施工错误、返工等问题,能够有效节省施工时间,保证施工进度,节约工期。



4.4 IX 测量机器人在观音山隧道施工中的应用

中铁十二局安六城际铁路项目部

一、项目概况

安六铁路城际铁路,又称安顺至六盘水城际铁路。起于贵州省安顺西站终于六盘水站,总投资 151.21 亿元,为国家 I 级、双线客运专线,设计速度为 250 公里/小时,营运里程约 124 公里,于 2015 年 11 月 11 日开建,预计 2019年内将建成通车。[1]

由沪昆客专安顺西站引出,向西经安顺开发区、普定、六枝、钟山和水城 5 个区(县、特区)16 个乡镇街道,到水城站接轨后,利用既有的沪昆铁路抵达六盘水站,沿线设安顺西(既有)、黄桶北、六枝南、长箐、冷坝、六盘水东、六盘水(这6 个站为新建)。届时,贵阳经安顺至六盘水运行时间将由3.5 小时缩短至1 小时左右。安六铁路城际铁路的建设,对于完善贵州省铁路网、合理引导城镇空间布局、推动黔中经济区和毕水兴经济带两大板块的发展具有重大战略意义。

二、隧道施工的保障:索佳 IX1001 测量机器人和 TJ-MS 隧道断面软件

观音山隧道全长 2101 米,处于典型的卡斯特地质构造区,洞内岩溶强烈发育,穿越煤系地层、采空区、软弱破碎断层交汇带、长距离浅埋地层、低瓦斯,洞身下穿六六高速公路,特别是破碎和浅埋的四、五级围岩占整座隧道的 85%,施工难度较大,工期时间紧。



据了解,观音山隧道是安六铁路隧道施工中地质条件最复杂、施工难度最大的一座隧道。对于隧道超欠挖和管控施工特别严格,遂采用索佳新型超声波马达机器人 IX 和 TJ-MS 施工放样和断面扫描于一体隧道软件,较好地保障了隧道施工的质量、精度和工期。

索佳 IX1001 超声波马达测量机器人

IX1001超声波马达测量机器人集成先进技术精华,转速更快、机身更小巧、重量更轻的新一代测量机器人。具有高可靠性、高防护等级和坚固耐用的特点,同时具备超强的棱镜跟踪和免棱镜测距能力。测角精度1",测距精度: 1+2ppm,马达转速180°/秒。能适应隧道严苛的环境,更快的转速和高精度大大提高效率;较小的体积和重量是工作更轻松。

TJ-MS 隧道断面软件

数据的组织管理:只需将已知数据(控制点、平面定线、竖向定线和设计断面等)存储在全站仪,即可以灵活地调用这些参数。

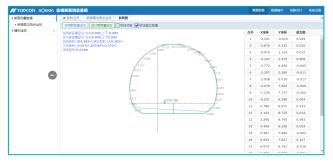
放样测量:包括超欠挖随机检测、开挖轮廓线放样、横断面扫描测量和隧道中边桩放样等。

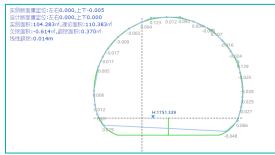
成果查看:可以方便地查看、删除各种测量成果。



三、测量成果:

隧道软件断面一体成图和报表, 见图一





图一 现场扫描断面上传成图

图二 断面里程数据一目了然



图三 各种报表数据输出,满足业主监理要求

四、总结

索佳 IX 超声波马达测量机器人和 TJ-MS 隧道断面软件的完美结合,保证了施工进度,大大提高工作效率,减轻测量人员的劳动强度,多样的报表输出,赢得业主、监理和施工方的称赞。





5.1 SDL1X 在高程控制网复测中的应用

胡明珠 武汉科大测绘仪器有限公司

一、工程概况

拟建的伍家岗长江大桥位于宜昌市,是连接点军区和伍家岗区的跨江通道,是"宜昌市城市总体规划(2011~2030年)"中一条重要的城市交通主通道,与建设中的庙嘴长江大桥共同形成城市的环线,满足城市东扩建设的发展需要,同时缓解日益突出的交通紧张局面,保障城市交通的正常发展。

伍家岗长江大桥主桥采用主缆跨度布置为 290+1160+395m 的悬索桥方案,跨度为 1160m。大桥为双向六车道城市快速路,设计行车速度为 60km/h。

二、高程控制网

除房顶上控制点 DQ2、DQ10、DQ11 及山顶上控制点 DQ12 外,其余平面控制点兼作高程控制点,并在江北桥中线上下游隐蔽位置的构造物混凝土基础上埋设了 2 个独立水准点 QBM1、QBM2,与国家二等水准点"Ⅱ朱宜 4"起算,"Ⅱ宜沙 3"一起组成高程控制网。

高程控制网示意图 DQ14 DQ13 II童93 DQ8 D1 B2 DQ9 K II 中 DQ6 DQ7 DQ6 IXT 4

三、控制网复测目的

本次测量是在 2015 年 5 月份测量过的成果、2019 年 10 月及长江三峡勘测研究院有限公司

(武汉)复测的成果、2017年1月第一次、2017年8月第二次、2018年3月、2019年9月,的基础上进行的第五复测,来确定经过一段时间后点位是否发生位移及沉降,以及验证控制网等级的严密性,是否能够满足大桥的施工要求。

四、高程控制网复测

4.1 精度要求

根据《公路勘测规范》中的有关规定,宜昌伍家岗长江大桥高程控制网按二等水准测量精度进行测量,要求每公里水准测量高差的偶然中误差≤1mm。

4.2 观测

(1) 陆地水准测量

陆地水准测量在 2019 年 3 月完成,采用 1 台 SDL1X 数字水准仪及配套条码铟瓦水准尺进行观测, 每个测段进行 往、返测量并组成水准闭合环。测站观测程序为:往返测奇数测站为"后前前后"模式,偶数测站为"前后后前"模式;对于数字水准仪,水准测量视线长度和高度及观测限差规定如表 6、表 7。

表 7 水准测量视线长度和高度 (m)

测量等级	视线长度	前后视距差	前后视距累积差	视线高度	重复测量次数
二等	3≤L≤50	≤1.5	≤6.0	0.55≤h≤2.8	≥2

表 8 水准测量限差 (mm)

测量等级	基、辅分划读数之差	基辅分划所测高差之差	检测间歇点高差之差	上下丝读数平均值与中丝读数之差				
二等	0.4	0.6	1.0	3.0				
注: 数字水准	注:数字水准仪同一标尺两次读数差不设限差,两次读数所测高差的差执行基辅分划所测高差之差的限差。							

在外业观测期间进行标尺圆气泡检校、水准仪 i 角的检测和铟瓦条码尺零点差测定。二等水准测量中往返测高差较差、附合或环闭合差限差为 (F 为水准测量的环线或路线长度)。

本次高程控制网二等水准测量复测共组成 3 个闭合环,跨江段 1 个,南岸 1 个,北岸 1 个,各闭合环闭合差及限差见表 8。

表 9 水准测量闭合环及限差表 (m)

水准环号	水准线路环长(km)	环闭合差(mm)	限差(mm)	备注
1	1.0181	0.48	4.04	南 岸
2	2.995	1.0	6.92	跨江段
3	4.8350	0.43	8.80	北 岸

(2) 跨河水准测量

本次跨江水准复测采用精密三角高程测量方法代替二等水准测量,棱镜杆架设在水准点上,两台仪器分为主、辅站进行对向观测,每台仪器配置一套精密三角高程测量软件进行施测。测量完成后,将数据从软件中导出至电脑上进行高差解算。每2个水准点之间均采用此方法进行测量。本次工测量了DQ08-DQ07、DQ07-DQ05、DQ05-DQ08 三段水准线路进行测量,其中DQ07-DQ05、DQ05-DQ08 两段线路均为跨江水准。

(3) 对于常用的 DQ10 点通过 QBM1 点引三角高程引至并测量。

4.3 二等水准测量内业计算

高程平差值及其精度成果表

		生 一 在		1
序号	点名	高程平差值(m)	中误差(mm)	备注
1	DQ03	74.09890	0.00	
2	QBM2	52.30460	0.00	
3	WJ02	51.92533	1.45	
4	WJ01	56.90512	1.57	
5	DQ05	57.49615	1.58	
6	WJ06	67.90953	1.32	
7	DQ04	68.54004	1.15	
8	WJ07	68.80579	0.88	
9	WJ05	74.81571	0.90	
10	DQ01	88.02189	1.34	
11	DQ06	54.85515	1.92	
12	DQ07	52.83924	1.56	
13	DQ08	52.77820	1.51	
14	L140	52.52643	1.51	
15	L139	52.45292	1.50	
16	DQ09	51.53128	1.45	
17	JM01	52.02672	1.21	
18	SD-3	52.45784	0.84	
19	JM02	52.80268	0.99	
20	JM03	52.70346	1.03	
21	DQ13	69.29879	1.53	
22	JM04	61.39862	1.71	
23	JM05	70.57107	1.87	
24	DQ14	77.86219	1.97	
25	QBM1	51.74569	1.72	

高差平差值及其精度成果表

序号	起点	终点	高差平差值(m)	中误差(mm)	备注
かち	心黑	经册	同左十左但(III)	中庆左(IIIII)	田江
1	WJ02	WJ01	4.97979	1.12	
2	WJ01	DQ05	0.59103	0.54	
3	WJ06	DQ04	0.63050	0.79	
4	DQ04	WJ07	0.26575	0.81	
5	WJ07	DQ03	5.29311	0.88	
6	DQ03	WJ05	0.71681	0.90	
7	WJ05	DQ01	13.20618	0.99	
8	WJ02	DQ06	2.92981	1.26	
9	WJ02	WJ06	15.98420	0.86	



10	DQ05	DQ07	-4.65691	1.36	
11	DQ07	DQ08	-0.06104	0.89	
12	DQ08	DQ05	4.71795	1.34	
13	DQ08	L140	-0.25177	0.47	
14	L140	L139	-0.07351	0.84	
15	L139	DQ09	-0.92164	0.80	
16	DQ09	JM01	0.49544	1.09	
17	JM01	QBM2	0.27788	1.21	
18	QBM2	SD-3	0.15324	0.84	
19	SD-3	JM02	0.34485	0.57	
20	JM02	JM03	-0.09922	0.32	
21	JM03	DQ13	16.59533	1.29	
22	DQ13	JM04	-7.90018	1.22	
23	JM04	JM05	9.17245	0.76	
24	JM05	DQ14	7.29112	0.62	
25	JM04	QBM1	-9.65293	1.31	
26	QBM1	DQ07	1.09355	1.21	

往返测高差统计表

起点	终点	往测距离(km)	返测距离(km)	往测高差	返测高差	较差(mm)	高差均值(m)
				(m)	(m)		
WJ01	DQ05	0.100	0.100	0.59099	-0.59075	0.24	0.59087
WJ02	WJ01	0.491	0.491	4.97933	-4.97868	0.65	4.97901
WJ06	DQ04	0.223	0.221	0.63070	-0.63102	0.32	0.63086
WJ07	DQ03	0.281	0.316	5.29349	-5.29364	0.15	5.29357
DQ04	WJ07	0.234	0.216	0.26617	-0.26609	0.08	0.26613
WJ05	DQ01	0.328	0.350	13.20557	-13.20684	1.27	13.20621
DQ03	WJ05	0.266	0.257	0.71652	-0.71709	0.57	0.71681
WJ02	DQ06	0.527	0.452	2.92968	-2.92993	0.25	2.92981
WJ02	WJ06	0.268	0.289	15.98453	-15.98474	0.21	15.98464
JM05	DQ14	0.126	0.128	7.29176	-7.29082	0.94	7.29129
JM04	JM05	0.193	0.186	9.17245	-9.17251	0.06	9.17248
QBM1	DQ07	0.568	0.309	1.09298	-1.09442	1.44	1.09370
JM04	QBM1	0.691	0.076	-9.65245	9.65250	0.05	-9.65248
JM05	DQ14	0.237	0.443	7.29095	-7.29093	0.02	7.29094
JM04	JM05	0.253	0.558	9.17249	-9.17236	0.13	9.17243
DQ13	JM04	0.579	0.243	-7.89974	7.89984	0.10	-7.89979
JM03	DQ13	0.666	0.095	16.59538	-16.59580	0.42	16.59559
JM02	JM03	0.034	0.031	-0.09922	0.09918	0.04	-0.09920
SD-3	JM02	0.110	0.668	0.34490	-0.34501	0.11	0.34496
QBM2	SD-3	0.248	0.583	0.15348	-0.15319	0.29	0.15334
JM01	QBM2	0.612	0.186	0.27715	-0.27733	0.18	0.27724
DQ09	JM01	0.460	0.132	0.49524	-0.49492	0.32	0.49508
L139	DQ09	0.228	0.136	-0.92171	0.92196	0.25	-0.92184
L140	L139	0.253	0.186	-0.07395	0.07362	0.33	-0.07379
DQ08	L140	0.076	0.680	-0.25183	0.25193	0.10	-0.25188
DQ07	DQ08	0.309	0.573	-0.06087	0.06081	0.06	-0.06084
每公里水准测量的高差偶然中误差: 0.46(mm)							



4.4 水准控制点复测成果与设计成果对比

表 10 基础上水准标志点复测高程对照表

序号	点名	复测高程	2019.9 移交高程或上次复测成果	差值	备注
		H (m)	H (m)	(mm)	
1	DQ01	88.0219	88.0167	5.2	
2	DQ03	74.0989	74.0989	0.0	
3	DQ04	68.5400	68.5377	2.3	
4	DQ05	57.4962	57.4932	2.9	
5	DQ06	54.8552	54.8525	2.7	
6	DQ07	52.8392	52.8433	-4.1	
7	DQ08	52.7782	52.7818	-3.6	
8	DQ09	51.5313	51.5344	-3.1	
9	DQ13	69.2988	69.2969	1.9	
10	DQ14	77.8622	77.8627	-0.5	
11	JM01	52.0267	52.0272	-0.5	
12	JM02	52.8027	52.8020	0.7	
13	JM03	52.7035	52.7023	1.2	
14	JM04	61.3986	/	/	
15	JM05	70.5711	/	/	
16	L139	52.4529	52.4560	-3.1	
17	L140	52.5264	52.5313	-4.9	
18	QBM1	51.7457	51.7461	-0.4	
19	QBM2	52.3046	52.3046	0.0	
20	SD-3	52.4578	52.4574	0.4	
21	WJ01	56.9051	/	/	
22	WJ02	51.9253	51.9238	1.5	
23	WJ05	74.8157	/	/	
24	WJ06	67.9095	/	/	
25	WJ07	68.8058	/	/	

表 11 强制归心面板上凸出点复测高程对照表

Stripped of the man of the stripped								
序号	点名	复测高程	设计移交高程	差值	备注			
		H (m)	H (m)	(mm)				
1	DQ07	54.0453	54.0494	-4.1				
2	DQ08	53.9884	53.9920	-3.6				
3	DQ09	52.7538	52.7569	-3.1				
4	DQ13	70.4996	70.4977	1.9				
5	DQ14	79.1480	79.1485	-0.5				
6	JM02	54.2013	54.2006	0.7				
7	JM03	54.0588	54.0576	1.2				

4.5 二等跨江水准测量成果及与设计对比表

表 12 跨江水准测量成果及与设计对比表

起点	终点	线路长度	实测高差 (m)				设计院高差	高差差值
尼州		(km)	第一次测量	第二次	7测量	平均值	(m)	(mm)
DQ05	DQ07	1.368	-4.6588	-4.6561		-4.6574	-4.6499	7.5
DQ07	DQ08	0.309	-0.0611	-0.0614		-0.0612	-0.0615	-0.3
DQ08	DQ05	1.318	4.7186	4.7206		4.7196	4.7114	-8.2
闭合环	不总长	2.995	环闭合差			1.0	闭合差限差	6.92

4.6 二等水准复测精度评价

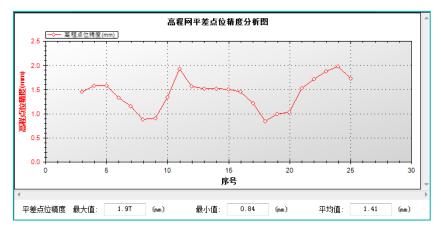
此次高程复测,仪器完全满足相应观测精度要求,数据的补测、重测和剔除合理,数据处理的软件符合要求,处理的项目齐全,起算数据正确。

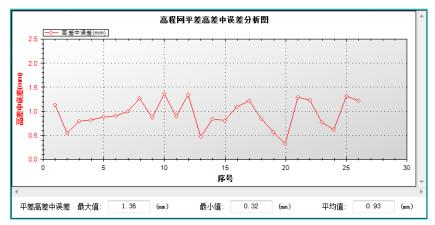
由水准测量高差计算成果看, 陆地水准的 2 个大环, 南岸及北岸段, QBM1-DQ07 测段往返测较差最大为 1.44mm, 该段限差为 δ=4√L=2.65 mm, 远远小于限差的要求, 所有测段的误差均小于限差, 满足要求。每公理测量高差偶

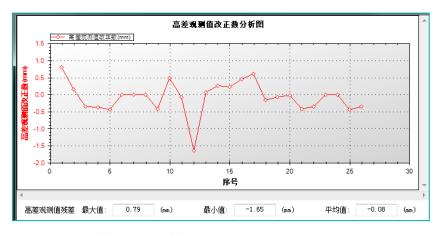


然中误差为 0.46mm 也远远小于二等测量 2mm的精度要求。本次陆地水准测量的精度均满足二等水准测量的要求。

本次跨江水准 DQ05-DQ07-DQ08-DQ05 环线闭合差为 1.0mm 小于限差 6.92mm, 精度均满足二等水准测量的要求。







从平差完成的成果来看,均满足二等水准测量的精度要求。

五、 高程控制网复测结论

北岸的陆地水准 DQ07-QBM2-DQ07 的水准测量成果、南岸的 DQ01-DQ05-DQ06 符合二等水准测量,复测成果可靠。通过 2018 年 10 月三峡院勘测公司(武汉)设计复测的成果,按照规范相邻点之间限差超过 $\delta=6$ \checkmark L 就更新高程坐标,小于就是测量误差范围内,按设计高程走,对比发现 DQ01,需要更新,DQ07、DQ08、DQ09、L130、L140 有稍微的沉降,需要更新,别的都按设计高程沿用。

跨江水准 DQ05-DQ07-DQ08-DQ05 的水准测量成果符合二等水准测量,复测成果可靠。说明该段设计移交原控制点水准成果可靠,可用于施工控制测量。



5.2 国外评测 | 索佳子弹头 GCX3 接收机介绍

拓普康索佳(上海)科贸有限公司

回顾 GCX3 GNSS 接收机, 其新颖的外形突出体现了独特、高精度 GNSS 系统隐藏优势。

国外评测专家这样谈到:"直截了当地说,这个小型接收机的表现和之前接触过的许多高端(但价格更贵)GNSS流动站接收机一样好,无论是作为基准站-流动站还是作为一个网络RTK流动站。在测试它的时候一度玩得太开心了。"

索佳 GCX3 绰号为"子弹头",于 2017 年 3 月发布,这是"子弹头"接收机家族的第二代产品。为什么要这么久的测试呢?必须坦率地说:这种"有趣、新颖的外观"使得人们在尝试使用的过程中小心翼翼,毕竟形状与我们平时使用的典型的"桶状"、"汉堡状"或"箱子状"的测量型流动站大相径庭。



但是尽管如此,还是发现有越来越多的子弹头在投入使用中。一个 200 人规模的欧洲林业部门甚至为接收机和 SHC5000 平板手簿搭建了一个漂亮的支架,用于野外地图绘制。经过与测绘同行的交谈和读者的询问,关于这个子弹头工作效果如何的问题急需得到回答。

"我们通常不会直接进行产品评论,也从不进行面对面的比较(我们不是《消费者报告》或 JD Powers 那样的全球市场调查公司),但是当某产品独一无二时,它会激起所有人的兴趣。事实证明,这种独特的形状是它最大的优点之一,还有其他一些令人惊讶的地方。"

基本要素

最重要的是,它比典型的 GNSS 流动站要小,并且更轻巧:它重 440 克,大约和一罐苏打水一样重。而且它更细,又更像一小啤酒瓶(47 毫米*47 毫米*197 毫米)。不得不说,在把它从对中杆卸下来之后,自然而然地把它放进了裤子后面的口袋里,这是那些传统外形的流动站无法做到的事情。





GCX3 跟踪和使用所有可见星座: GPS、Glonass、Beidou(B1+B2)、伽利略(E1)、QZSS和各种区域SBAS。

最大数据采样率是 10Hz,可以以 10Hz 频率播发和更新,无论是匹配的历元模式还是外推模式。值得注意的是,以不同采样率进行的测试并没有产生任何显著的结果差异(与尝试过的任何流动站一样),但是有少数几个应用程序的高采样率实际上是有意义的,而且可以派上用场(例如移动基站、海洋应用程序、手机地图、某些监视功能)。

实时数据格式包括有标准的 RTCM3、RTCM3-MSM(多信号消息) 和 CMR/CMR+。这些格式适用于用作基准站或流动站、网络流动站(在播发此类格式时,至少与大多数 RTCM 一样)。接收机有 8GB 的内置内存,足够的空间可用于项目文件和静态观测数据的存储。静态存储采用本机的 TPS 格式,但文件也可以轻松转换为Rinex 格式。

接收机可通过标准蓝牙或 USB2.0 连接到外部设备。而且,接收机充电和任何能使用 USB-micro 接口的电器一样简单,甚至支持充电宝。



流动站可以接入 CORS 进行网络 RTK 作业,在小范围作业内,可以通过内置通讯系统(不需要许可证)实现。索佳称这种短距离无线电技术为"SiteComm",拓普康在各自的型号上称其为"LongLink",但这两种技术本质上都是一种远程蓝牙技术,而且都有300米的工作范围。

电池工作时间为 10 小时,设置了两台接收机(一台发送和一台接收),运行了整整 8 个小时,所以 10 小时应该是现实的。此外,有了简单的 USB-micro 充电/数据端口,可以连接任何简单的移动电源和充电宝,就像你的手机一样。

这是一个物理性能强劲的小接收机。它很坚固,防护等级达到 IP 67,可以在-20°C 到 63°C (-4°F 到 145°F)之间工作。

我们可以认为,索佳 GCX3 接收机从外形因素上,在流动站层面上已经击败了绝大多数竞争对手。

GCX3 经过两代产品更替,其产品性能更加成熟稳定。







左为 GCX2 右为 GCX3

索佳 GCX3 有一个比较高的天线,一位测量工程师曾经提出疑问:这么高的天线,说明 ARP(天线参考点)到相位中心的距离比较大,那么,一旦对中杆气泡没有居中,偏差较大时,就可能造成较大误差。

我们在 NGS 网站查找到 GCX3 天线的 ANTINFO 数据会发现,虽然它的垂直偏移量比其它型号接收机大一些,

但它的 NE 方向偏移量比桶状/汉堡状/箱子状接收机更小

让我们再仔细探究一下这个独特的天线。

POST

这种天线被称为 POST 天线,它的形状以及精密轨道卫星定位技术在众多 RTK 接收机中是别具一格的。

几年前看到它的时候,第一印象以为它的天线是螺旋形状的天线。螺旋天线通常用于卫星通信,它对信号产生右偏。

对于测量型接收机来说,它们的天线大多是平平的,没有平面地网;也有像风车或栅栏这样的变体天线。在一些休闲 GPS 设备上,我们也许能看到补丁或螺旋形天线,如四馈源螺旋天线。但对 GCX3 来说,它不是螺旋天线。



关于 GCX3 天线问题, 咨询过美国拓普康 GNSS 产品经理 Vishu Surarna。他说, GCX3 天线是拓普康产品工程师团队长期努力工作的结果,这种新颖而独特的设计,让 GCX3 接收机更加紧凑和轻便。这与SiteComm/LongLINK电台设计目标一样,不仅仅是蓝牙,也是一种创新,从而把这项技术推向更高水平。

再一次重申,这种非传统形状的天线,颠覆了我的想像,总是以为"天线的平面地网面积越大越好"。这种认识,让我对 GCX3 天线的性能产生怀疑,但测试结果表明这是错误的。





测试

在美国国家大地测量基线场进行一系列测试,根据已公 布的天线参数进行检核,结果非常好。

在美国国家大地测量基线场做了很多日常测试,包括光学、激光和 GNSS 测量。没有人会怀疑基线场的坐标和基线有问题。这些年,我还在基线场附近有遮挡环境的地方做了一些测量标志,并从基线场把点坐标引过来。我是当地众多测量工程师中的一员,我们自愿做这些检测工作,通过数周的观测来帮助 NGS 确认基线是正确的。

测试了两个周末,使用了多种方法,包括基准站/流动站模式和接入当地 CORS 系统,每个点测 10 次、重新初始化、多次测量等等。我还用了两台其它厂家的不同型号的高端流动站接收机。多年来,我在这些点上用过很多厂家的不同型号接收机,大多数新型号的接收机测量结果和已经值是相符的。

对每一个型号的接收机都做了测试,一次一个,并且在 遮挡环境和多路径环境下都测试过,来衡量这些接收机 的性能,希望能在完全一致、公平的条件下进行比测和 评价。

第一天,当地一位测量工程师加入进来一起测试,我们尝试着不看手册就使用这个系统,这是我们从未见过的测量软件。虽然 GCX3 可以用 Topcon的 MagNET Field 软件,但我们还是尝试在 SHC5000 手簿上使用 Sokkia的 GeoPro 软件,这更有趣。

SHC5000 是一个 7 寸的平板电脑,我喜欢在平板电脑上工作,但很多人不喜欢,觉得它比较大而且重,因人而异。GCX3 测量软件 GeoPro 也可以在 Sokkia 的其它手簿上工作,如 SHC500 或 S-350。Suvarna 说,S-350 和 GCX3 是一个流行的搭配组合,用户喜欢 GCX3 的紧凑和轻便,即使配更大一点的平板电脑,仍然可以把整个装备放到衣服口袋中。

我们没有深入研究 GeoPro 软件的其它特性,但在浏览菜单时发现,它的功能还是很强大的,似乎可以满足我们一切的测量需求。GeoPro 软件可以用于 GNSS、全站仪和融合测量,是一个很棒的外业测量软件。

我喜欢在平板电脑上工作,但很多人不喜欢,所以 GCX3 将与 Topcon 或 Sokkia 控制手簿中的任何一个一起工作,如 SHC500、Allegro2 和 T1-8 控制手簿。Suvarna 说 T-18 是一个受欢迎的组合,用户喜欢 GCX3 的紧凑和轻便的特点。即使有了更大的平板电脑,我仍然可以把整个装备放在我的衣服口袋里。

我们并没有深入研究 GeoPro 软件的其他特性,但在浏览菜单时发现,它似乎可以做我们期望的一切,对于GNSS、全站仪和混合测量来说,是一个很棒的现场测量软件。GCX3 作为基准站和流动站,可以使用 SiteComm技术将它们进行连接。



"子弹头就像我测试过的几台高端流动站一样,在高度遮挡环境 下也表现得很好。"

我们在一个基准点上的三脚架上设置了一台基准站GCX3,然后移动到150米以外的另一个基准点的位置,然后沿相反的方向移动到另一个方向,距离基准站280米。在280米处,SiteComm仍然正常工作(正如规格所承诺的那样)。我站在他们中间,看它是否受影响,然后进入一些树林,但一切都很好。直到另一天,我尝试了430米的距离,它才开始受影响。

在这些测试中,我根据 NGS 发布的距离检查了一下。我使用了一个简单的合并网格因子(最小的预期失真,因为网站是非常平坦的)。对 GCX3 的观测值不超过0.05′(15mm),主要分布在0.02′-0.04′(6mm~12mm)范围内。

NGS 还没有发布高级高程标记, 但级别运行是在重新认证过程中执行的。最大高程差为 0.11'(33 mm), 但多数在 0.05'-0.07'(15 mm~21 mm)范围内。

后来,在100英尺范围内我对其他的流动站进行了测试(使用附近的基准站),并发现了同样的结果。最初,GCX3基准站-流动站看起来略好一些,但当进行GCX3与附近基地(通过NTRIP)连接的观测时,结果实际上是相同的。网络解决方案(VRS)每一个都可以与单基站相媲美,但在这个位置,在一个相当密集的网络中,它就像RTK一样,在雨桶里打鱼。

经过 15 分钟和 2 个小时的静态后处理测试,得到了与其他设备相同的不同长度测试的答案, 25 分钟和 2 小时的操作程序-RS 和 OPUS (标准) 解决方案 (通过国家大地测量调查在线后处理服务) 得到了相同的答案。





对于多路径抑制和遮挡环境测试(在公平的条件下),子弹头与其他一些普通的流动站被放在一个横梁上。在多次测试中,接收机位置来回切换,横杆进行旋转。所有的表现都是一样的。

我还喜欢 GCX3 上静态模式的启动 (或停止) 的特性 (不使用控制手簿), 只需快速连续按 3 次电源按钮, 就可以控制开始和结束。

由于今年时间还太早,无法在落叶树下进行全叶测试,所以我在日益茂密的常青树下选择了标记。在每个标记点,所有的设备都可以固定,在几乎相同的位置上。只有在非常厚(虽然很难用公制)的树冠下,它们中的任何一个才有困难,而 GCX3 才开始显示出略高于其他其中一个的能力。

在随后的多路径抑制测试中(我在不同的距离举起一张金属片,把三脚架放在卡车旁边),一切都表现得非常出色。直到我把被单贴在两英尺高的地方,他们中的任何一个才开始出现问题-这是对于现代天线和多路径抑制的证明。再一次,只是在极端条件下,GCX3开始显示与其他接收机相比略高的能力。我试着击败它,但它是一个很顽强的,有能力的小型设备。

为了看看它在全天候的条件下是如何工作的,我开始在房子后面乱七八糟的植被和小溪岸边做点采集。我在全站仪上采集了好几次了,而且它是位于几英里内最大的本土枫树下的。当我尝试不同的流动站时,在岩石上做一些木桩和标记。我把两个 GCX3 塞进我的衣服口袋里,把两根对中杆和一个双脚放在一个袋子里,拨开向日葵的种子,然后跋涉到荒野里。



对于某些资产用户来说,对子弹头的一个调整配置是这个支架, 用于放置一部标准大小的手机。 我在公开的标记上建立了基准站,并开始采集点。我没有用支架把平板贴在对中杆上:在厚厚的灌木丛中,这会引人注意,所以大多数测量师更喜欢在这种情况下使用一个更小的数据控制器。

我把平板电脑放在胸前,没有挡道。这个小小的接收机没有被挂任何东西,轻重量是我从通常的桶状/汉堡状流动站没有体验过的受欢迎的特性。随着枫树刚刚开始发芽春天的叶子,这将最多是中等的冠层,我得到很好的固定值,并与我在基线上测得的大多数标记误差在相同的范围内。

Sokkia Resellers 有时将这款流动站接收机称为入门级,但其中大部分都与价格和额外费用有关。任何品牌的高端设备通常都是由倾斜测量或额外信号等附加功能来区别的,但就实时 GNSS 的基本原理和在公平条件下的性能而言,中等水平的设备当然是相当有能力的。当我们在网络上做一些调查发现,你只需花费一台顶级的流动站(多种型号/厂家)的价格,就能买到两台新的子弹头,这样看起来就更有吸引力了。

我的测试并不是一次严格控制的科学研究。但即使是这些少量的数据,我也确信这是一个严肃可行的系统,测量人员应该考虑并进行测试(就像任何设备一样)。所以,那个看上去很有趣的流动站才是真正的交易!



5.3 应急监测 —— 佛山地铁事故抢险记

背景介绍:

2018年2月7日晚,佛山地铁2号线一期工程中交二 航局标段绿岛湖至湖涌盾构区间右线工地突发透水,导 致隧道管片变形及破损,引发地面季华西路三十多米路 段坍塌,造成致多人死伤。



为了防止二次事故发生,急需对绿岛湖至湖涌盾构区间进行实时自动化变形监测,用于评估隧道的稳定性。佛山地铁 2 号线事故现场指挥部经过论证,最后选择广州广瑞公司进行此项作业,为进一步采取应急抢险措施提供科学有力的数据支撑。

广州广瑞公司应急监测项目组

2 月 12 日年关将近,广瑞公司节前坚守岗位的智能监测技术团队在接到通知后,迅速组成应急监测项目组,与佛山地铁 2 号线事故现场指挥部的技术人员了解现场情况和监测要求。



广州广瑞公司应急监测项目组

2月12日当晚经过缜密的协商后,广瑞公司应急监测项目组于2月13日下午五点半到晚上十点的时间段,进入隧道危险段,将一台 SOKKIA 的 NET05AXII 高精度测量机器人,配套两套 Icontrol-T 通讯控制模块(广瑞公司自主研发)带到现场,完成绿岛湖至湖涌区间地铁自动监测系统的安装调试。在五小时内完成了整个监测

系统的实施工作,并将实时数据传输到事故应急指挥部。

索佳 NET-05AXII 精密型自动化 3D 全站仪

索佳 NET-05AXII 全站仪施工安装现场



应急抢险实施过程

由于地铁施工方无法确保安全,进入隧道后按照计划, 广瑞公司应急小组兵分两路,同时安装通讯设备和索佳 NET05AXII 自动全站仪。



现场还有不少地方积水很深,淤泥没过半腿,作业人员需要将长达 2000 米长的光纤安置在隧道中间的管片上,难度极大。

可谓上百项目磨一剑,技术过硬、规程严谨、组织严密,纵使在这样恶劣的条件下,广瑞公司应急小组仍然克服种种困难,以高精度、高可靠性为原则,经过努力,5小时完成了1.6公里长度智能监测及通讯设备安装。整个系统即时运行,创造了地铁实时监测项目安装的新纪录!



5.4 索佳全站仪,测绘南极大陆

2018 年 11 月 2 日,中国第 35 次南极考察队启程南极科考,本次考察是自然资源部组建后开展的首次南极考察活动。

考察以完成国家重大基建工程为目的,通过陆地-海洋大气-冰架-生物的多学科联合观测,充分利用船基、冰基、海基、陆基、空基、站基等平台,开展恩克斯堡岛新站建设相关工作、泰山站二期工程收尾、国家南极观测/监测网建设、海洋环境保护调查、站区环境整治等重点工作,以及常规保障、物资运输、工程建设、固定翼飞机考察和国际合作等工作。



同济大学测绘与地理信息学院乔刚副教授经自然资源部选拔参加此次南极考察,主要开展中山站冰盖新机场跑道实地测绘和遥感调查等任务,本次科考工作选择的测绘设备是素佳 CX-102LN 全站仪。



全站仪参与测绘南极大陆的主要工作

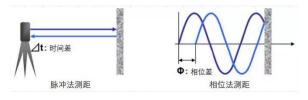
- 1. 2018 年 12 月 26 日,天气晴朗,温度约-10 度, 索佳 CX-102LN 参加中国南极中山站冰盖机场跑 道的测绘和放样工作,确定了冰盖上机场跑道的区 域和旗杆标志物的位置;
- 2. 2019年1月14日,天气晴朗,温度约-5度,在中国南极中山站内陆冰盖基地,索佳CX-102LN对我国南极唯一的固定翼飞机"雪鹰601"的各传感器进行几何关系测绘工作。

CX-LN 系列全站仪的主要特点:

- ◆ 2000m 超远程无棱镜测距, 极大地拓展了仪器的应用范围
- ◆ 高安全性 1 级脉冲激光 EDM, 具备抗干扰远程测量能力
- ◆ 棱镜和无棱镜模式下分别采用 宽、窄光束测量,确保测距结 果的高精度和高可靠性



激光测距常用的两种方式:



脉冲法:通过测定测距激光束往返的时间和光速来求取

色器。

相位法: 通过测定激光束发射与接收间的相位差来求取

距离。

CX-LN 采用了与竞争对手相异的超远程脉冲测距技术,通过重复测估方法,有效剔除远程测距光波信号中的噪声,尽管测量时间稍长,但却从根本上解决了常规无棱镜模式难以达到的超远程目标测量的难题。

CX-LN 的 2000m 无棱镜测程使其成为了该类型产品的引领者,用户无需再为能否架设棱镜而烦恼,也不会因湖面、河流的阻隔或安全原因无法抵达而沮丧,看似遥不可及却又"尽"在眼前,大大减轻了测量作业的劳动强度,在确保人员安全、带来便利和效率的同时又极大地拓展了仪器的应用范围。





5.5 震后 30 分钟应急监测 —— 我们在行动

6月17日22时55分,四川宜宾市长宁县(北纬28.34度,东经104.90度)发生6.0级地震,震源深度16千米。6月18日,中国地震台网官方微博再次发布消息,6月18日07时34分在四川宜宾市长宁县(北纬28.37度,东经104.89度)发生5.3级地震,震源深度17千米。

据了解,此次地震发生在人口稠密地区,震感强烈,除宜宾外,四川多地(如成都、绵阳、乐山、自贡等)及省外多地(如重庆、陕西、云南等)均有明显震感。

地震导致部分地区房屋倒塌, 致使人员被埋。震后, 应急管理部立即启动应急响应, 支援抗震救灾工作。四川省政府启动二级响应, 组织力量赶赴震区了解灾情。

泸州职业技术学院与四川省地质矿产勘查开发局——三地质队积极响应,立刻组织人员携带 SOKKIA 品牌的 DX101AC 全站仪赶往灾区进行紧急应急监测。地震后 30 分钟即刻开始应急监测。

6月17日23点20分西南医科大学智能立体车库基坑应急监测现场使用DX101AC全站仪搭配徕拓智能监测系统进行了应急监测。用来判断建筑物在地震中是否受损,为保障生命财产及安全提供质检数据。





徕拓软件介绍。

徕拓监测系统由四川徕拓科技有限公司开发,是运用测量机器人代替人工瞄准,能进行自动搜索、跟踪、辨识和精确目标并获取角度、距离、三维坐标的新型监测模式。

监测模式:

1、 半自动: 机载软件加后处理

2、 全自动:控制模块加远程遥控和数据处理。

应急测量需要及时和持续的进行现场测量数据,在现场获取位移量并初步分析结果,为以后的处置实施提供准确的基础数据。当天现场无法使用全自动方式进行自动检测,只能使用半自动的方式进行周期检测。经过检测,基坑的位移量在正常范围内。

MADE TO FIT YOUR WORLD

拓普康索佳 (上海) 科贸有限公司

网址: www.sokkiachina.cn

北京运营中心

地址:北京市朝阳区东四环中路 82 号金长安大厦 A-1003

电话: 010-8776 2600

武汉技术中心

地址: 武汉市武昌区武珞路 456 号新时代商务中心

(中建三局) 主楼 2308 室

电话: 027-87646473

上海服务中心

地址: 上海自由贸易试验区港澳路 389 号 1 幢五层 E 区

电话: 021-63541844

