高山峡谷区大坝与高陡边坡外部变形监测精度控制技术

完成单位: 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

西安科技大学甘肃农业大学

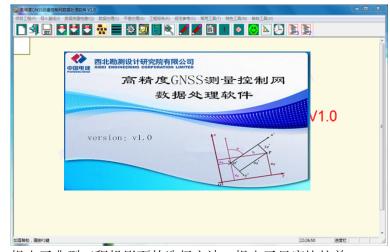
主要完成人: 周 恒 李祖锋 赵庆志 焦 健 巨广宏 赵彦华 吕宝雄 缪志选 刘潇敏 王明

高山峡谷或重植被覆盖地区水电工程外部变形监测存在监测精度保障困难与效率较低的问题,个别项目的精度保障能力甚至接近技术极限,对监测精度控制带来了很大挑战。本成果在汲取国内外有关大坝、滑坡、特殊边坡及建筑物外部变形监测研究成果的基础上,针对目前高山峡谷区大坝、附属建筑物与近岸边坡变形监测精度保障困难与效率较低的问题,较系统研究了高山峡谷区监测基准网与变形监测精度控制技术,提出了一系列大坝与近岸高陡边坡外部变形监测精度控制技术方法。

该成果已获授权发明专利 8 项,出版专著 1 部,发表学术论文 20 篇,开发软件系统 3 套,其中技术创新点变形监测高精度控制测量研究成果获中施企协科技创新成果奖一等奖(2017)、电力工程科学技术进步奖一等奖(2018)。主要内容如下:

1、GNSS 高精度变形监测基准网建立与维持关键技术

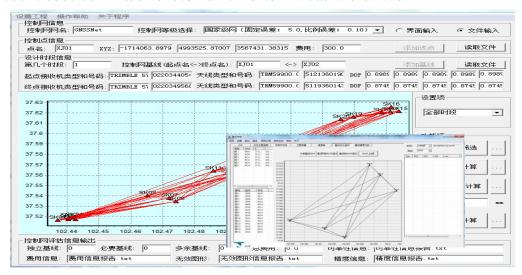
系统提出了基于卫星遮挡 条件的 GNSS 监测网卫星可见 性分析、技术设计以及一种新 的监测网精度估计方法。提出 了一种新的工程参考椭球确定 方法,系统的外部变形监测网 投影参数确定方法,及适用于 大旋转角的控制网二维约束平 差方法。提出了投影工程分类, 高斯投影最优化抵偿投影参数 及对应椭球参数优化方法,解 答了基于 3 类最优化参数确定 问题,在投影层面建立了尺度



比与椭球参数的等价转换模型,提出了典型工程投影面的选择方法。提出了尺度比抗差计算方法及 GNSS 网与边、角网联合平差与分区块联合平差的尺度一致性归算方法,研究了监测地面网与 GNSS 网的联合平差关键技术。提升了峡谷地区监测网数据处理质量,有效推动了高山峡谷区 GNSS 监测精度保障困难技术问题的解决。

2、高山峡谷区大坝与高陡边坡外部变形监测精度控制技术

提出了基于可见卫星的建立了较系统的监测方案设计、方案评估及观测调度计划制定在内的系统的测前规划设计方法。系统提出了基于可见卫星边界条件的变形监测测前规划设计方法,GNSS 星历预报、基线精度估算以及控制网精度估算的方法和模型,优化了监测基准点布置、峡谷地区 GNSS 监测计划制定、重点观测控制点同步观测基线的筛选及确定方法,有效推动了水电工程高山峡谷区 GNSS 监测精度保障困难等技术问题的解决。解决了测站点存在障碍物遮挡时,现有星历预报不准确的问题。



提出了 GNSS+GR 自动化监测关键技术,及基于精密测距尺度基准的 GNSS 变形监测成果确定系列方法;提出了高精度、低成本的测量机器人外部变形监测大气折射改正方法,通过建立现场或异地辅助基准点,依据近地气层温度梯度分布规律,以方位、高度角及气象要素确定任意方向待测点大气垂直折光系数计算模型,解算出任意方向大气中折射变化量,建立大气折光系数方差估算模型,并建立方差评估方法。较好解决了高山峡谷区滑坡监测测量机器人自动化监测获取高精度监测数据困难的问题,及推动了 GNSS 与测量机器人全自动化协同监测作业技术的发展。

提出了一种基于 GNSS 自动化监测数据的监测 区域短时强降雨灾害监测预警新方法。该方法对近 岸边坡监测中对强降雨等灾害性天气的监测预警提 供了较好技术保障。





技术发明奖二等奖项目:

便携式变态混凝土智能高压注浆系统及注浆方法

完成单位: 中国水利水电第七工程局有限公司 河海大学

主要完成人: 唐杰伟 田正宏 张彬 郑祥 刘英 蔡博文

西藏高寒高海拔地区地处高山峡谷地带,交通不便,且存在昼夜温差大、湿度、风速变化大且快、库水温度低等特殊气候条件,施工中人、机降效严重,施工投入高,技术难度大,风险高。针对高寒高海拔条件,改变传统人工加浆法变态混凝土施工方法,研发了适应面狭窄复杂、注浆要求快、浆量控制严的智能型便携式注浆设备,形成具有特色的变态混凝土注浆振捣工艺,改变传统人工加浆法变态混凝土施工方法,增强变态混凝土质量均匀性和密实性,显著节约工程成本和提升作业功效。

1、便携式变态混凝土智能高压注浆系统采用三相电机驱动液压柱塞泵的方式高压注浆,由电气系统远程自动控制,施工简便,自动化程度高。高压注浆管中安装有电磁流量计,流量计通过测量感应电压可推算出水泥浆液流速,方便施工现场及时准确判断碾压混凝加浆量

变态混凝土对水泥浆液加浆量要求极严格:若加浆量不足,则变态混凝土质量难以保障;若加浆量过大,则会多导致混凝土浆骨比、胶砂比增大,由此导致混凝土硬化体积收缩变形增大,带来抗裂性能下降,造成质量问题;为了控制变态混凝土加浆量,实现加浆流量流速可控,设计电磁流量计以及流量遥控反馈系统控制浆液流量。



图 1-1 电磁流量计以及流量遥控反馈系统

2、引入电动三通阀门和遥控装置实现远程操作停止加浆

流量计通过测量感应电压可推算出水泥浆液流速,方便施工现场及时准确判断碾压混凝土加浆量。当电机开启后,高压柱塞泵即开始泵送浆液不再停止,现场需要停止加浆时往往需要手动





图 2-1 电动三通阀及遥控控制器

关闭设备,这样极易造成电机短时间内连续启停的工作状况,而电机的启停过程是电机负荷最大的过程。当电机开启后,高压柱塞泵即开始泵送浆液不再停止,现场需要停止加浆时只需要通过遥控装置控制电动三通阀动作,关闭加浆棒方向流量,将流量调至回浆管方向,实现临时停止加浆。

3、利用手持式电锤击振力将振动加浆棒插入混凝土中,振动加浆棒上的锥形注浆 头采用花头压喷式设计,出浆孔打斜孔,出浆孔上棱台采用倒角设计,控制高压浆液喷 射方向,出浆孔外侧使用高弹橡胶压环套紧,保证浆液喷射分散、均匀且方向可控,同 时施工省力

出浆孔制作为外宽内窄状,阻止混凝土中 大粒径骨料进入,解决了之前试验会出现的水 泥浆液堵管现象,出浆孔外依然套橡皮圈,橡 皮圈上下侧棱台台面经过一定打磨工艺加工, 上棱台台面打磨为向内成 45 度 角,下棱台打磨为向下的圆弧角。

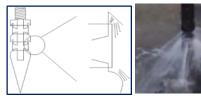




图 3-1 出浆孔棱台打磨示意图及喷浆效果示意图

4、棒机分离式结构结合高压管长距离输浆,适应了现场注浆点的灵活便捷应用需求,且加浆压力高、注浆影响范围大;操作手设有单点注浆时间(流量)控制的蜂鸣提醒功能,提高了作业效率和经济性,也提升了注浆均匀性

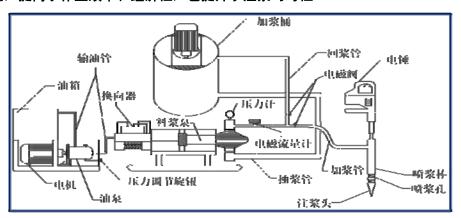


图 4-1 便携式变态混凝土高加浆系统构成示意图

目前国家正加大西藏地区水电建设力度,而本课题在西藏果多电站的研究成果能够带来①节约能源、材料;②降低人员劳动强度、提高生产效率、提升产品质量等诸多显著效果,这将为其他类似工程的建设提供重要的技术支持,节省工程投资。该项目推广应用前景巨大。

溪洛渡水电站 8000kN 特大型门机研制

完成单位: 中国水利水电第七工程局有限公司

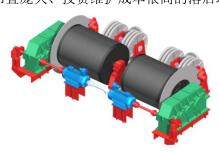
主要完成人: 吴思够 曾 文 李启江 蒋从军 姚 刚 杨 芳 夏 理 闫 军 范如谷 张君松

溪洛渡水电站位于四川省雷波具和云南省 永善县交界的金沙江上, 是一座以发电为主, 兼有拦沙、防洪和改善下游航道条件等综合利 用效益的巨型水利水电枢纽。泄洪坝顶 8000kN 双向门机,是该电站坝顶最关键的启闭设备, 用于深孔事故闸门的启闭和吊运,以及表孔液 压门机的安装、检修。本项目依托泄洪坝顶 8000kN 双向门机,对超大型门机的设计、制造 关键技术进行了系统的研究。主要成果如下:

溪洛渡水电站全景

1、超大容量门机起升机构设计

研究了一种适用于超大容量门机的起升机构,实现了大机构采用通用件、机构技术 性能可靠、机构外形简洁、安装维护方便快捷,改变了过去大容量起升机构结构复杂、 机构布置庞大、投资维护成本很高的落后现状。



起升机构三维图



起升机构实物图

2、超大容量门机钢结构设计优化

优化了大容量、斜拉工况门机钢结构设计布局,采用有限元分析软件对钢结构进行 数据分析,实现了结构轻量化设计,选取了经济合理的结构型式,使门机钢结构自重优 化率达 25%。

3、超大容量门机电气控制系统技术

利用多电机的位置同步和力矩均衡控制技术,解决了超大容量起升机构多台电动机

的驱动控制。整流回馈装置和光纤环网的应用,分别满足了门机的环保运行和高控制可 靠性要求。数字化技术满足了小车液压系统的高精度同步运行要求,实现对门机的安全 监控。

4、门机适应起升斜拉工况的技术

研究采用了适应门机起升斜拉工况的最佳小车驱动方式--液压双缸驱动;门机各部分分别研究采取了相应的技术措施,克服了小车起升斜拉工况对门机结构的不利影响,实现水电站对起重设备高可靠性、高安全性、智能化的要求。

5、门机大车沿圆弧轨道运行技术

研究了一种新型门机大车运行机构,解决了以往



小车液压驱动系统

大车沿圆弧轨道运行门机常见的大车啃轨问题,确保了门机的安全稳定运行。





适应圆弧轨道运行的新型大车运行机构

6、适应斜拉起升工况的超大门机负荷试验方案

制定了一种适应斜拉工况的门机负荷试验方法,确保了超大容量、斜拉起重机型式试验的顺利进行,为起重机投入电站运行提供了可靠的技术保障。



8000kN 特大型门机斜拉负载试验

成果已成功应用于乌东德、向家坝、枕头坝、埃塞俄比亚吉布等十余座国内外大中型水电工程的大容量启闭设备,也为后续白鹤滩等我国西部高海拔山区水电项目的建设提供可靠的技术借鉴和参考。