

塑造智慧变革



HEXAGON

海克斯康



北京
国家会议中心

2018年
9月10-12日

2018.hexagonchina.com.cn

外部变形自动化监测实例-四川省大渡河猴子岩水电站

石建舟 高级工程师 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

2018年9月

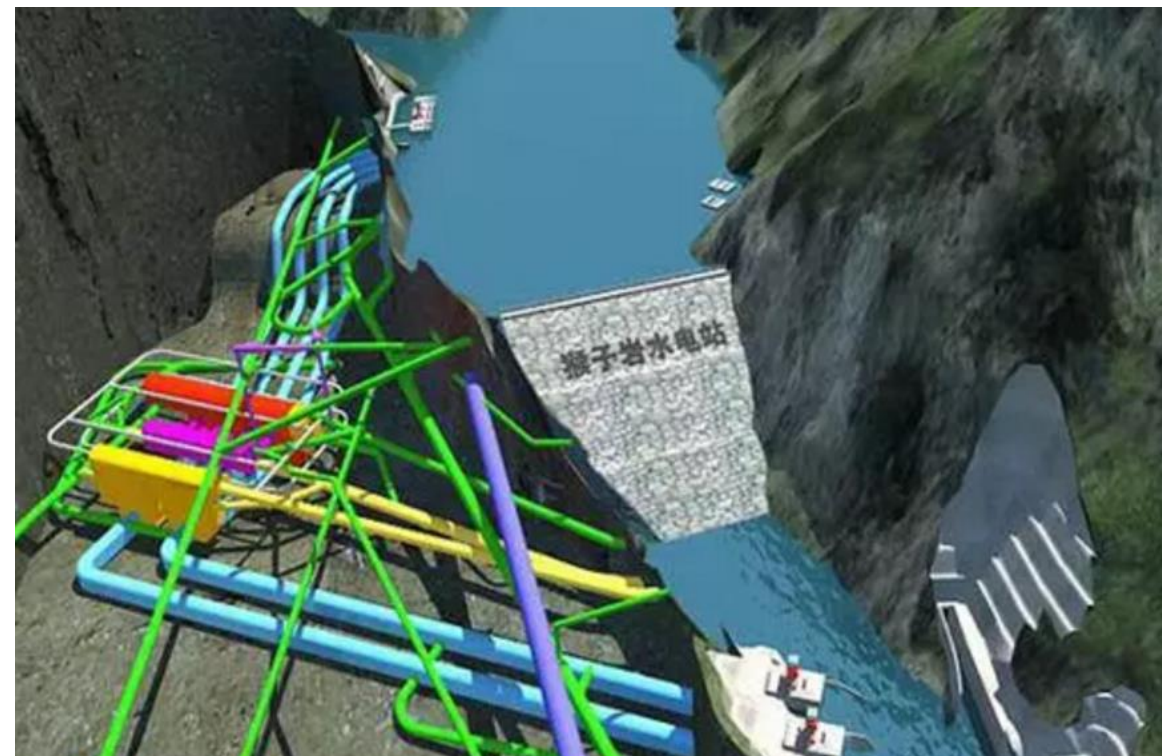
目录

- a) 概述
 - i. 工程简述
 - ii. 外部变形监测布设与实施现状
- b) 外部变形监测系统自动化设计
 - i. 设计原则
 - ii. 自动化监测布设
 - iii. GNSS监测系统
 - iv. 测量机器人监测系统
- c) 监测自动化信息管理系统
- d) 库区边坡治理及监测
- e) 项目总结及建议
- f) 选择自动化监测系统的优势

概述.

• 工程概述.

- 猴子岩水电站位于四川省甘孜州康定县境内，是大渡河干流水电规划22级开发方案的第9个梯级电站，上游为丹巴水电站，下游为长河坝水电站。从丹巴县城～瓦斯沟口沿河右岸有省道211公路通过，并在坝址下游65km处的瓦斯沟口与国道318线相接。坝址距成都市约402km。
- 工程等级为一等，工程规模为大（1）型。水库正常蓄水位1842.00m，相应库容6.62亿m³，总库容7.06亿m³，死水位1802.00m，调节库容3.87亿m³，具有季调节性能。单独运行多年平均年发电量70.15亿kW·h，上游双江口水库建成后多年平均年发电量73.64亿kW·h。



概述.

- 外部变形监测布设与实施现状
- 根据工程地形地质和枢纽结构布设情况，结合结构设计、计算分析成果，开展挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统建筑物以及边坡工程的变形监测主要包括如下：
 - （1）监测控制网工程，包括平面监测控制网和水准监测控制网。
 - （2）大坝外部变形监测工程。
 - （3）边坡工程，主要包括：坝肩及趾板区边坡、溢洪洞进口边坡、溢洪洞及泄洪放空洞出口边坡、泄洪放空洞进口边坡、深孔及非常泄洪洞进口边坡、深孔泄洪洞出口边坡、电站进水口边坡、尾水隧洞出口边坡、开关站边坡、料场边坡；尼洛、角坝堆积体；自然边坡危岩体；业主营地及营地公路边坡等。

序号	仪器名称	单位	设计量		
			挡水建筑物	Y工程边坡及堆积体	小计
1	水平位移网点	个	9		9
2	垂直位移网点	个	15		15
3	变形工作基点	个	9		9
4	水平位移测点	个	38	110	148
5	垂直位移测点	个	38	110	148

外部变形监测自动化系统设计

设计原则

结合猴子岩水电站工程规模和特点，并综合考虑枢纽区监测体系的布设，在满足运行需要的情况下，监测自动化系统应遵循下列设计原则：

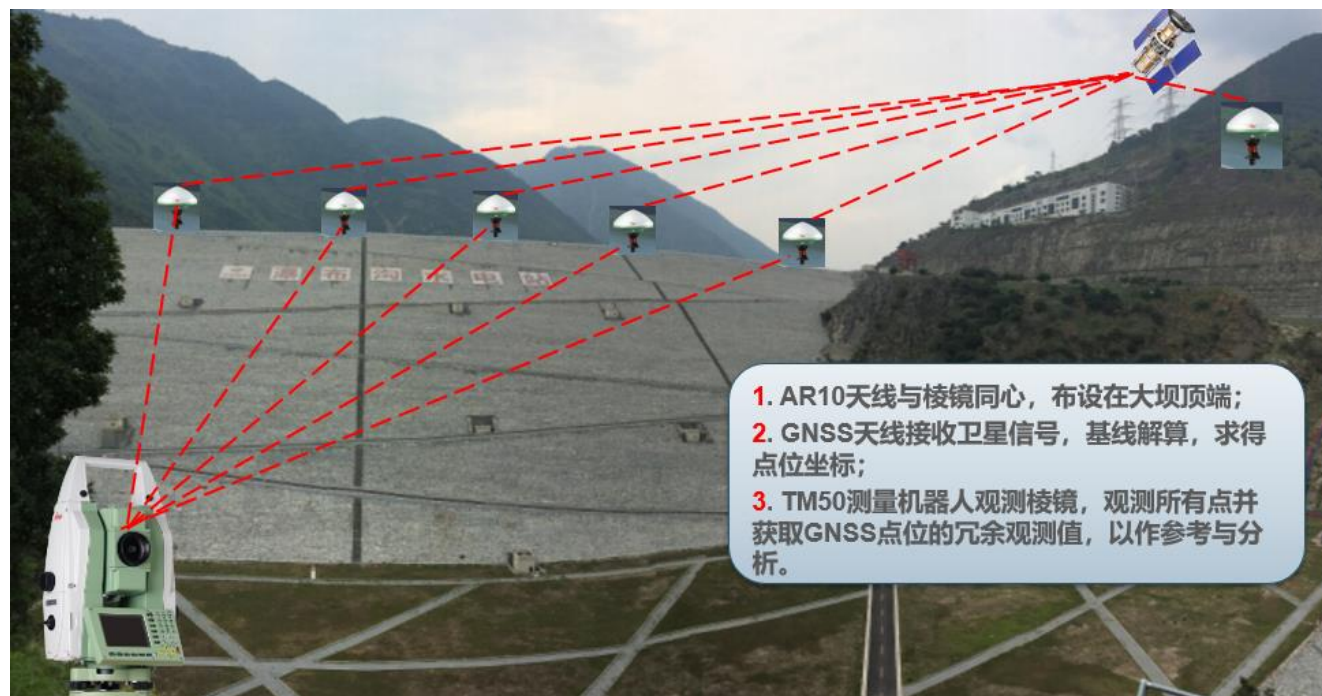
- （1）全面性：在进行自动化设计时按照现行规范的要求，做到外部变形监测设施全面规划，分部、分期实施。
- （2）可靠实用及技术先进性：数据自动采集系统设备的选择应首先立足国内，并采用国内外成熟的先进技术成果，通过高性能计算机网络环境，采用先进的数据库管理软件、开发分析软件、图形处理软件及数据处理分析方法来实现系统功能。
- （3）安全性：系统具有完善的保密、安全控制和安全功能，防止非法用户对数据进行操控。
- （4）实时性：测量时间应短，不应因仪器数量庞大而延长测量时间和数据传输、处理时间，将自动化（或半自动化）监测的数据和人工监测的数据及时导入系统，对各种数据进行实时分析处理，以监控各建筑物和边坡的工作性态。
- （5）兼容性：系统能与本工程的各类监测仪器设备可靠连接，数据传输方式多样。
- （6）可扩展性和开放性：系统应具有较强的可扩展性，提供良好的接口，能够方便地添加模块。自动化采集系统的通信协议及规约应对用户开放，信息管理系统的数据库结构也对用户开放。
- （7）信息管理系统的界面友好、实用，能为日常报表分析提供简易操作平台；并能提供在线、离线及预警分析系统的数据、技术与接口支持。

外部变形监测自动化系统设计

自动化监测布设

外观变形自动化监测系统由基准站和2套子系统组成，其中2套子系统包括GNSS（全球导航卫星系统）监测系统和测量机器人监测系统。采用GNSS接收机测点和测量机器人测点相结合的方式，分别设置相应的观测墩（房）、供电、通讯、防雷、防盗等设施。

- (1) 大坝部位的所有表面变形测点采用测量机器人观测法，使用2台仪器进行交会法或极坐标法进行自动化监测；其中部分测点同时配合GNSS采用相对静态定位法，采用双基线或单基线法进行自动化监测。
- (2) 进水口边坡、右坝肩边坡、溢洪洞边坡的表面变形采用测量机器人极坐标法进行自动化监测，左坝肩边坡、泄洪洞边坡、堆积体边坡、料场边坡及营地边坡的表面变形则采用GNSS双基线或单基线法进行自动化监测。



外部变形监测自动化系统设计

GNSS监测系统

GNSS测点监测系统网络采用以太网的星型结构，通过监测管理中心站对边坡监测网点进行适时数据采集和综合分析。GNSS自动化系统设计内容包括GNSS数据采集子系统、数据传输子系统、数据处理和分析子系统三项。

- 数据采集子系统.

GNSS自动化监测测点数据采集系统由多台GNSS设备组成，每点采集系统主要由GNSS接收机、天线及供电、防雷等辅助设施组成。考虑到现场实际情况，监测网点GNSS系统供电电源拟采用太阳能或厂用电源

- 数据传输子系统

数据传输主要包括：GNSS天线到GNSS主机、主机到监测管理中心站。大坝、左坝肩边坡监测点主机到监测管理中心站采用光纤通讯，其它边坡监测点主机到监测管理中心站采用无线通讯方式。

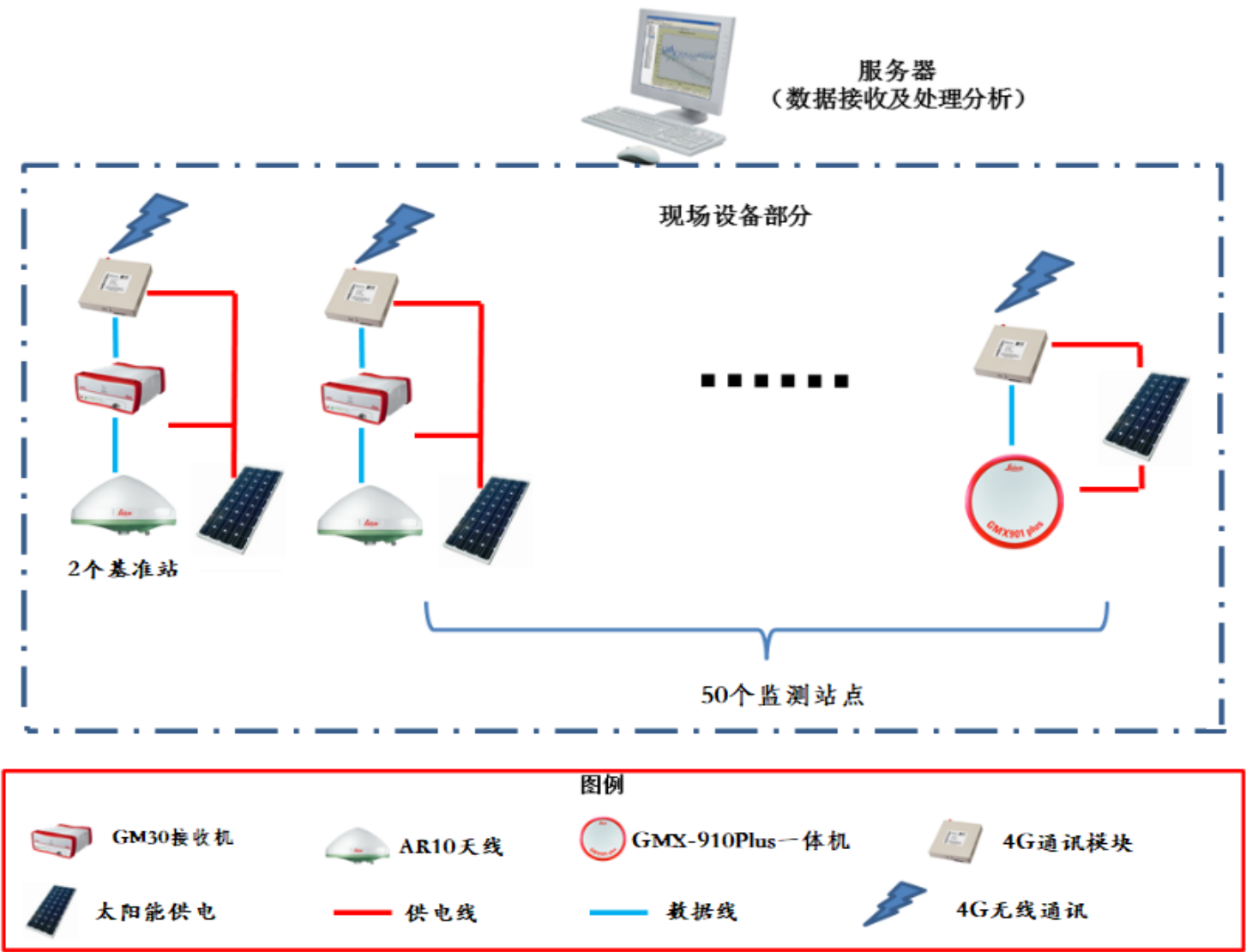
- 数据处理和分析

数据处理和分析是整个GNSS自动化监测系统的核心，由总控、数据处理、数据分析、数据管理4个模块组成

外部变形监测自动化系统设计

- GNSS系统
- 网络结构图

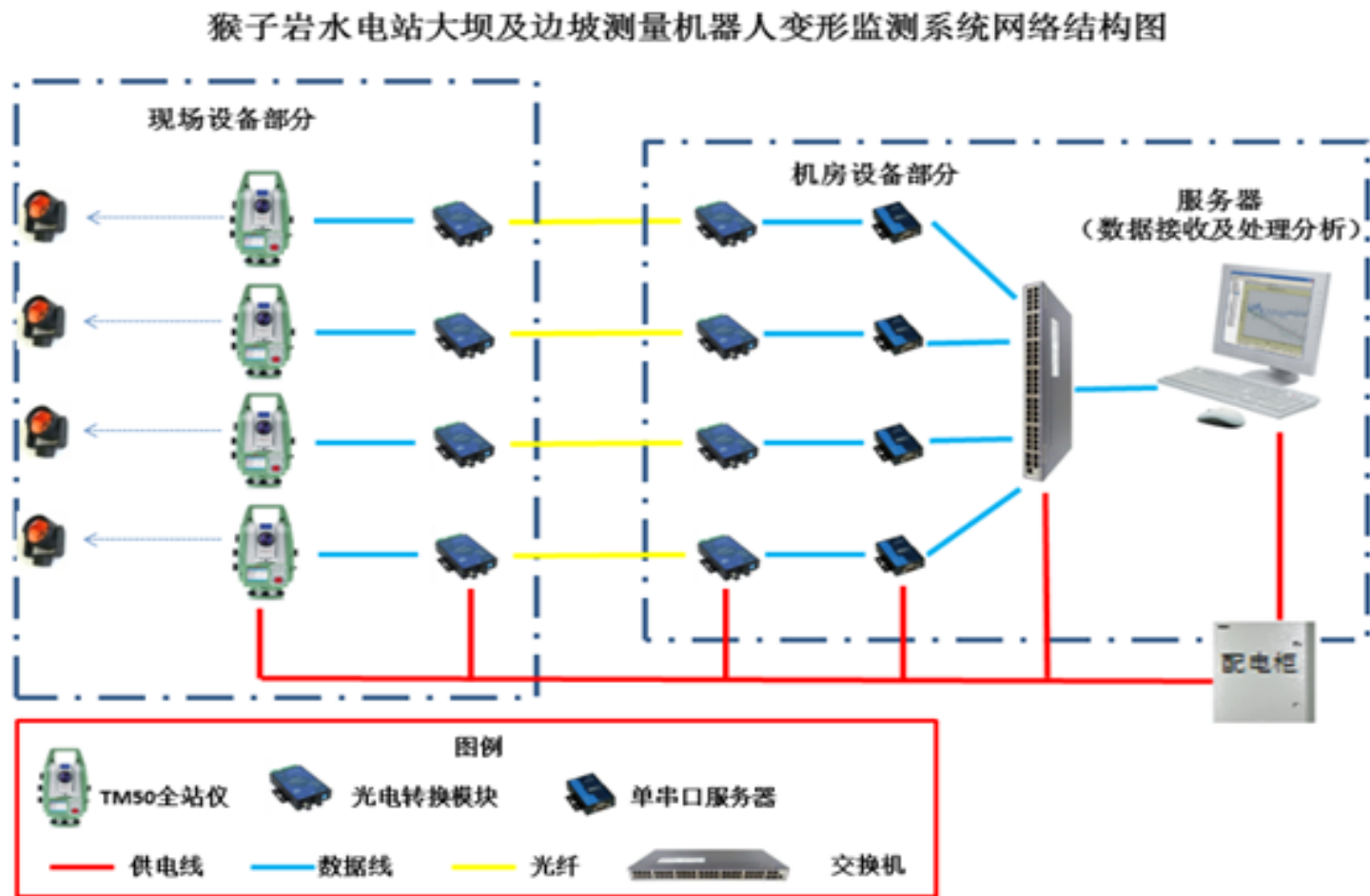
猴子岩水电站边坡及大坝GNSS变形监测系统网络结构图



外部变形监测自动化系统设计

• 测量机器人监测系统

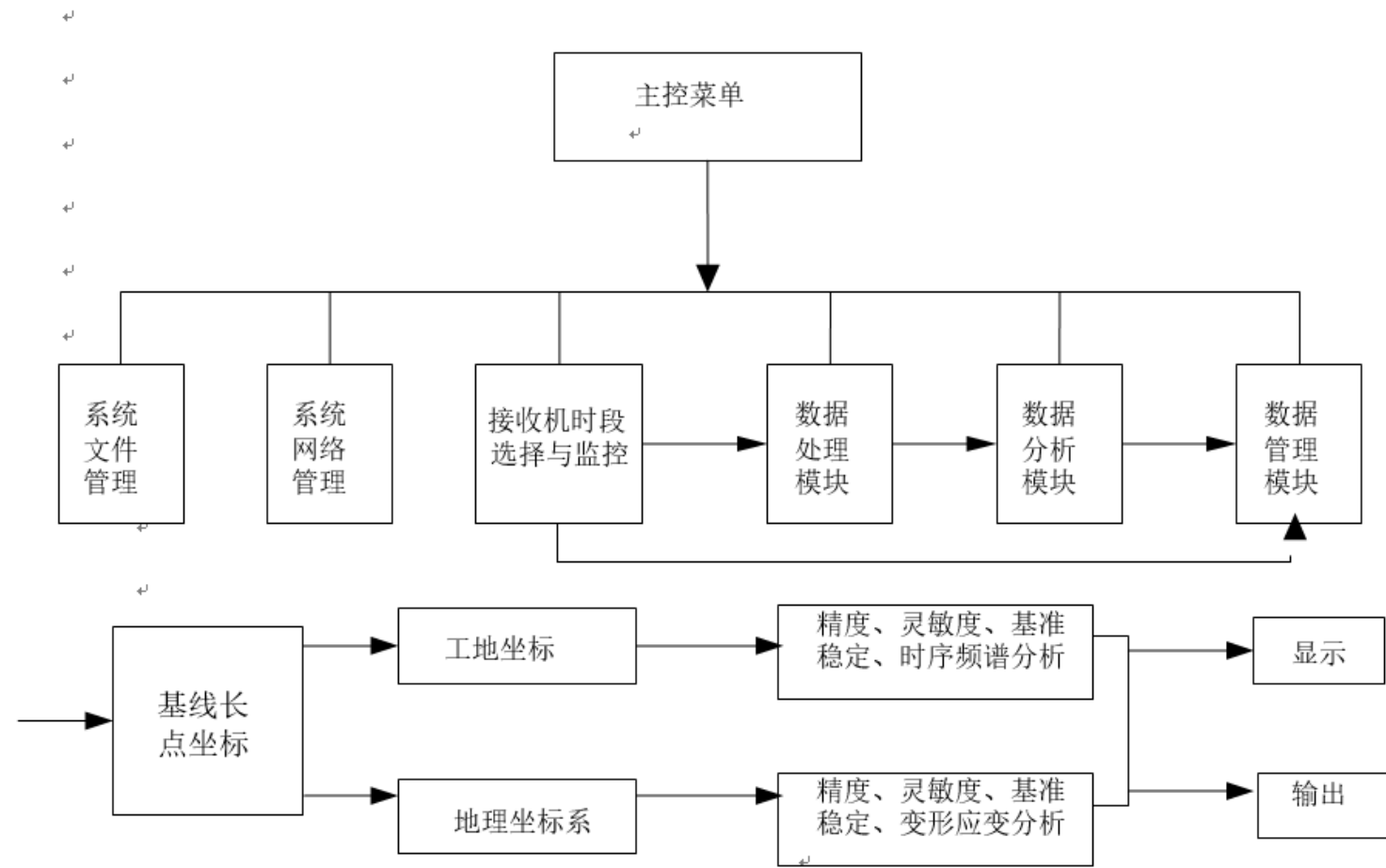
- 测量机器人监测系统主要由三部分组成：
- （1）测量系统：自动测量机器人、后视检校点及监测点棱镜；
- （2）系统组网、通讯及供电方式；
- （3）相关软件及远程控制系统。



监测自动化信息管理系统

- **总体目标**

- 基于Windows 系统及大型数据库采用C/S及B/S编程、遵循有关规程、规范和软件开发生命周期，采用面向对象的软件设计方法，建立以工程监测基础资料、监测数据、巡视记录为基础的监测自动化信息管理系统，实现高度自动化的安全监测信息的集中式管理、数据整编、初步资料分析、确定的异常测值报警和监测信息发布。实现与大坝安全监察中心信息报送软件的正常衔接，能通过系统进行远程管理的相关工作，保障重要监测数据的远程采集。



监测自动化信息管理系统

- **主要技术要求**

- 监测系统软件能兼容国电大渡河公司已经投入使用的自动化变形监测系统（如瀑布沟、大岗山电站）。
- **（1）GNSS系统自动监测和解算软件**
 - 基线解算结果应满足《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T 18314-2009）中相关要求，可自动输出RENIX格式的数据载波相位观测值。包括通信、网络管理、数据采集传输、基线网平差、坐标转换、数据分析和曲线、报表输出等功能。
- **（2）GNSS和测量机器人监测分析软件与测量机器人自动控制测量软件**
 - 系统软件必须保证能接入GNSS、测量机器人、远程控制开关及温度气压传感器这4种设备，能同时控制54台GNSS、4台测量机器人自动数据采集。系统软件应具备扩容功能。
 - 系统软件采用数据库管理方式进行数据存储及管理；允许设置不同的用户权限；能进行数据库的备份与恢复；可以根据需要设定GNSS及测量机器人测量周期、观测频率，并且可以根据汛期需求随时调整观测频率，全天候自动控制所有GNSS及测量机器人测量指定的监测点。
 - 系统分析软件能对GNSS及测量机器人监测成果进行绝对位移量的计算以及特定时间段的累计位移量计算，并进行报警；可以设定多种限差，包括绝对位移量、指定时间段的位移量、与拟合过程线的位移量比较值等；监测点的位移量一旦超过预设值，系统可以通过系统提示、短信、邮件、声音等形式进行报警。

监测自动化信息管理系统

- **主要技术要求**

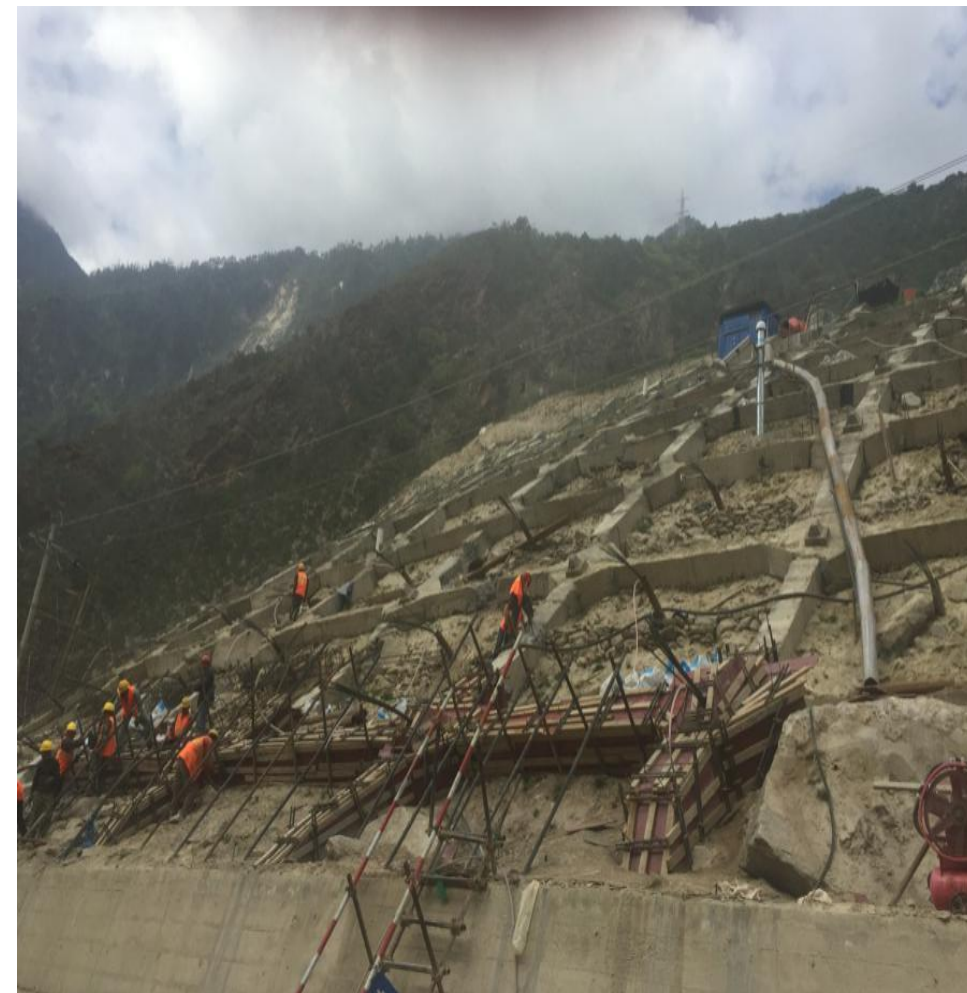
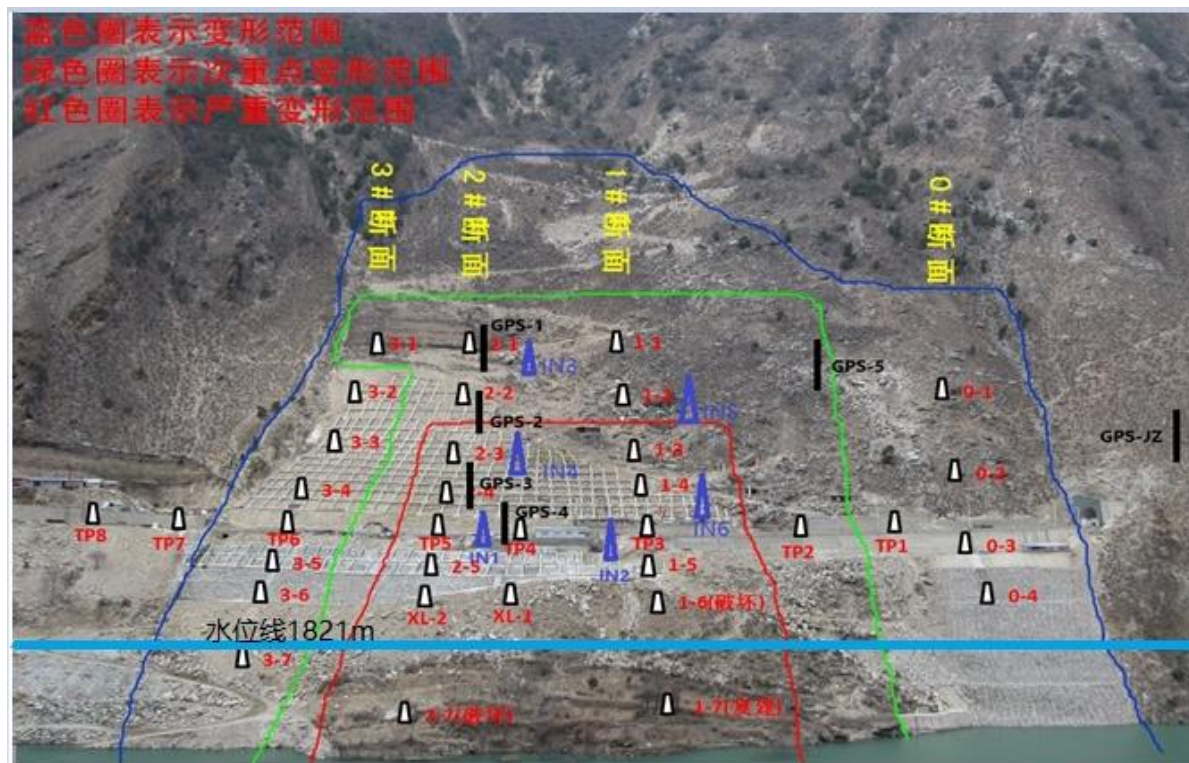
- (3) B级网基线向量解算及网平差自动解算软件

- B级GNSS网基线精度处理须采用专门的软件，计算结果中应包括相对定位坐标和协方差阵等平差所需的元素。整体平差计算应使用专门研制的软件。通过前述的基线向量解算，已经得到了同步观测的基线向量。GNSS定位网是由多个异步网构成的，它们之间往往形成多个异步环闭合条件。所以基线网平差的目的，其一是将各观测时段所确定的基线向量视作观测值，以其方差阵之逆阵为权，进行平差计算，消除环闭合差；其二是建立网的基准（位置基准、方向和尺度基准），求出各GNSS点在规定坐标系中的坐标值，并评定定位精度。
- 大渡河所有电站都处于高山峡谷，选择的工作基准点有可能处于变形区域，所以需要与监测区域外的国家基准点网或地方控制网组成联测，或者各个水电站的基准点网组成连续运行的参考站网，以定期检查工作基点的稳定性。



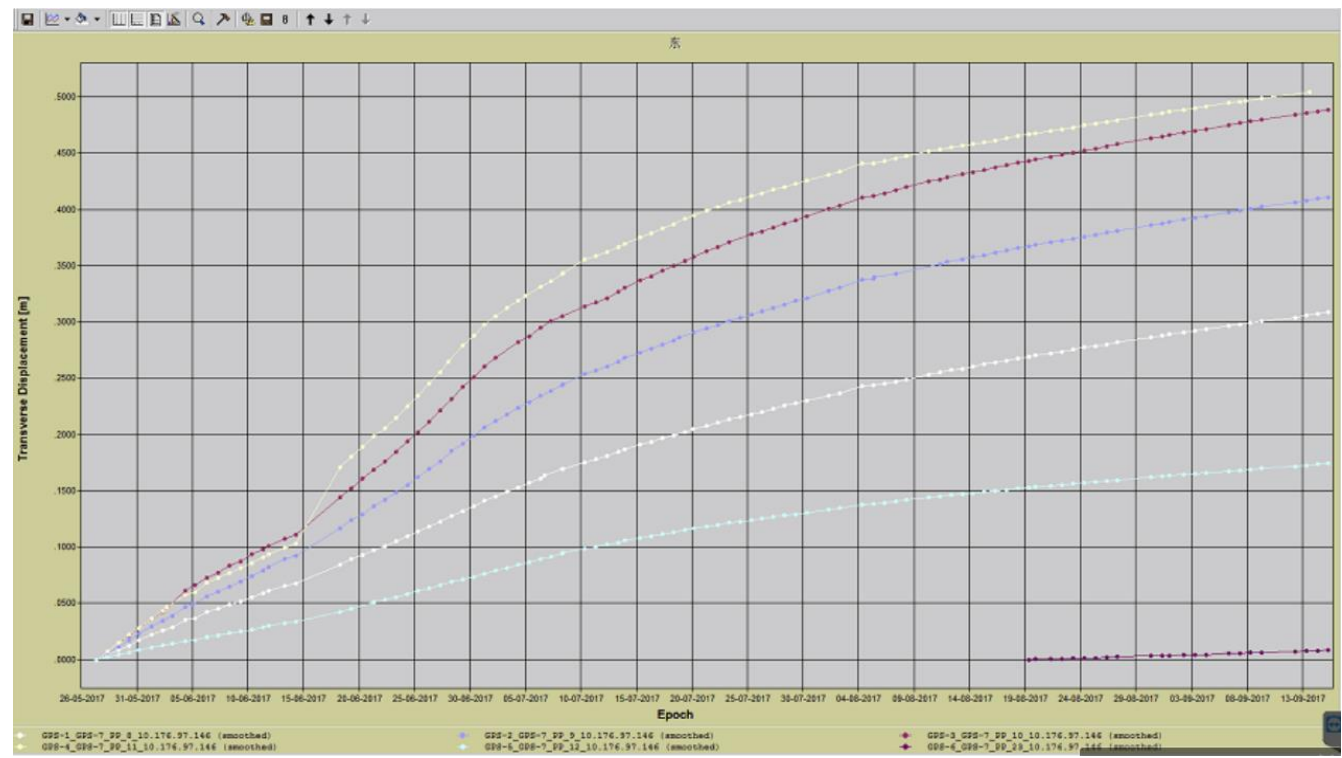
库区边坡治理及监测

- 林邦滑坡体为约300万立方米的古滑坡体，位于猴子岩水电站大坝坝址上游约25千米处，受电站蓄水影响，滑坡体变形较大，最大日变形量达28毫米，导致坡面极不稳定，一旦滑坡，将造成坡体附近的省级211断道，甚至出现安全事故，电站的蓄水及发电也将会受到极大的影响。



库区边坡治理及监测

- 从GNSS监测变化过程线，我们可以清晰地看到滑坡体滑动启动的节点，以及滑坡加速移动的状态，最后滑动趋势变缓的状态，为掌握监测区域滑坡体的滑动情况，提供了一种可视化的数据呈现。GNSS监测是可以提供可靠、准确的监测数据，能准确的判断出监测点位移方向及大小。



选择自动化监测系统的优势

- **全面性**：在进行自动化监测时按照现行规范的要求，做到了外部变形监测设施全面规划，分部、分期实施。
- **针对性**：满足监测工程安全运行需要。
- **可靠实用及技术先进性**：采用国内外成熟的先进技术成果，通过高性能计算机网络环境，采用先进的数据库管理软件、开发分析软件、图形处理软件及数据处理分析方法实现系统功能。
- **稳定性**：适应水工建筑物的恶劣工作环境，具有可靠的供电、防雷、接地、防潮等保护措施；系统具有完善的数据备份功能，能够方便地对数据进行备份和恢复；整个监测系统应为分布式，容错性较好，局部故障不会影响全局运行；实现监测自动化时，能人工测读监测数据。
- **实时性**：测量时间短，不因仪器数量庞大而延长测量时间和数据传输、处理时间，将自动化（或半自动化）监测的数据和人工监测的数据及时导入系统，对各种数据进行实时分析处理，以监控各建筑物和边坡的工作性态。
- **可扩展性和开放性**：系统具有较强的可扩展性，提供良好的接口，方便添加模块。自动化采集系统的通信协议及规约对用户开放，信息管理系统的数据库结构也对用户开放。
- 信息管理系统的界面友好、实用，能为日常报表分析提供简易操作平台；并能提供在线、离线及预警分析系统的数据、技术与接口支持。

项目总结及建议.

- （1）基于猴子岩工程进度以及枢纽区监测设计内容的重要程度和测点工作状况的评估，确立了监测仪器实施自动化系统的原则和范围，并经分析研究本次实现外部变形监测全自动化。
- （2）猴子岩水电站枢纽工程外部变形监测全自动化,实现了大渡河流域库坝安全信息综合管理系统对现场监测的远程管理工作。
- （3）安全监测自动化系统设备采用分布式、RS-485与TCP/IP综合组网。
- （4）监测网点GNSS系统供电电源拟采用太阳能或厂用电源，测量机器人采用专用线路通过厂用电源对系统供电。
- （5）开展猴子岩现场GNSS测试工作，测试范围包括所有外部变形自动化测点，将根据现场GNSS测试研究结果最终确定布设外观监测自动化的测点。
- （6）安全监测自动化系统应与其他相关监测子系统（如：水温及生态流量在线监测、光纤渗漏测温和强震监测和简易气象站等）提供采集服务，同时采集服务软件要适应大渡河流域库坝安全信息综合管理系统软件的要求，实现直接对接。

—— 谢 谢 ——

A decorative graphic at the bottom of the slide consisting of multiple nested chevrons pointing upwards. The chevrons are colored in a gradient from light blue to dark blue, with a green chevron at the very bottom.