

塑造智慧变革

2018年海克斯康新产品新技术发布暨用户大会

HxGN Local Beijing 2018

2018年9月10日-12日 北京·国家会议中心

外部自动变形监测技术在水利水电工程的应用与发展

张礼兵 院长助理 中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司

2018年9月12日

目录

1. 中国水利水电建设概述
2. 典型工程应用案例
3. 智慧水利水电构想
4. 前景展望

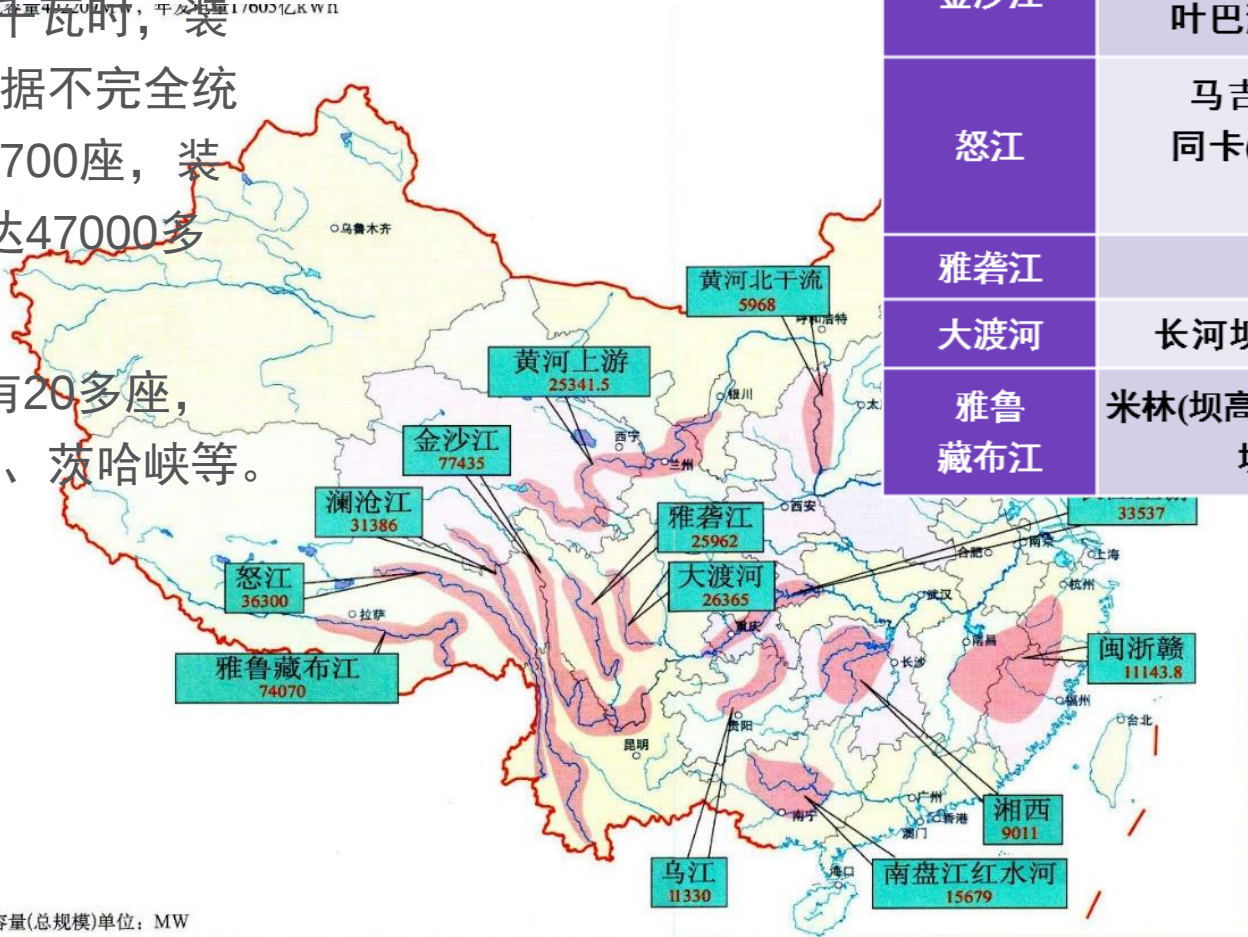
1、中国水利水电建设

• 全国水电工程建设概况

截至2015年底，我国水电总装机容量已达3.19亿千瓦，年发电量1.11万亿千瓦时，装机容量和发电量均居世界第一。据不完全统计，我国已建成大中型水电站近700座，装机在5万千瓦及以下的小水电站达47000多座。

规划建设的200m以上的特高坝有20多座，如白鹤滩、叶巴滩、松塔、如美、茨哈峡等。

水电基地	工程名称(最大坝高)
黄河上游	茨哈峡(254m) 玛尔挡(210m)
澜沧江	糯扎渡(261.5m) 古水(245m) 如美(315m) 班达(222m)
金沙江	其宗(310m) 岗托(229m) 叶巴滩(240m) 拉哇(227m)
怒江	马吉(270m) 松塔(315m) 同卡(205m) 怒江桥(240m) 罗拉(243m)
雅砻江	两河口(295m)
大渡河	长河坝(240m) 双江口(314m)
雅鲁藏布江	米林(坝高100m，覆盖层厚500m， 填筑方量1亿m³)



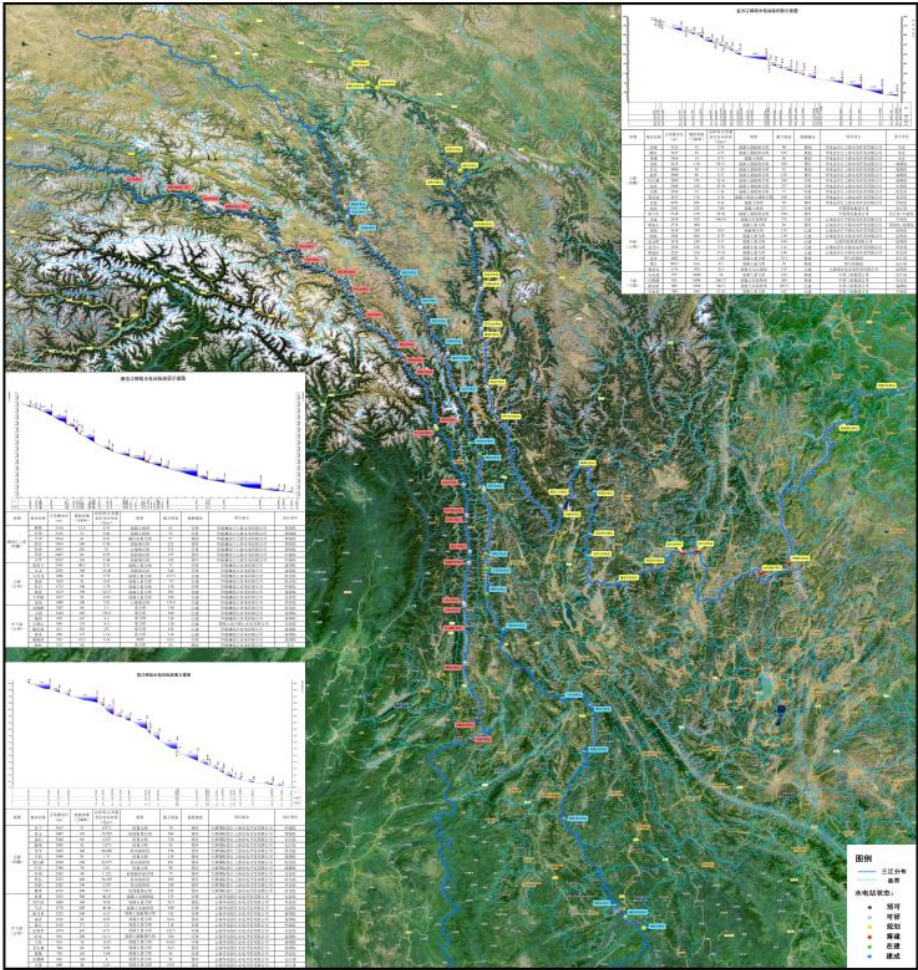
1、中国水利水电建设

- 云南水电工程建设概况

水电建设高峰已过，目前未建电站主要集中在云南省怒江、西藏等地区或流域，受建设环境、竞价上网等影响，目前水电开发与建设明显趋缓，但随着一大批电站的投产发电，后水电运行时代全面开启。

云南省电站建设情况一览表

序号	阶段	数量（座）	装机（万千瓦）
1	已建、在建	2105（80%）	8485
2	规划	424	3323
3	合计	2529	11809



1、中国水利水电建设

- 全国水利工程建设概况

截至2015年底，全国已建水库近10万座，其中大中型水库近4000座。云南省现有水库5728座，其中大型水库6座、中型水库约205座、小型水库5534座。

表 1 全国不同规模水库数量与库容汇总

水库工程	合计	大型		中型	小型	
		大(1)	大(2)		小(1)	小(2)
数量(座)	98 002	127	629	3 938	17 949	75 359
总库容(亿 m³)	9 323.12	5 665.07	1 834.78	1 119.76	496.38	207.13

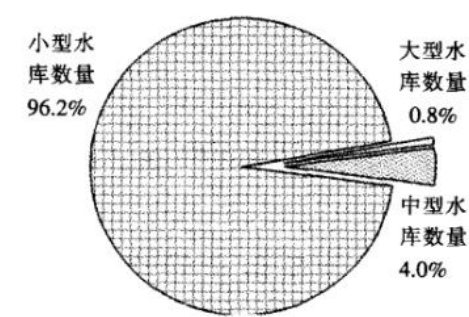


图 1 不同规模水库数量比例

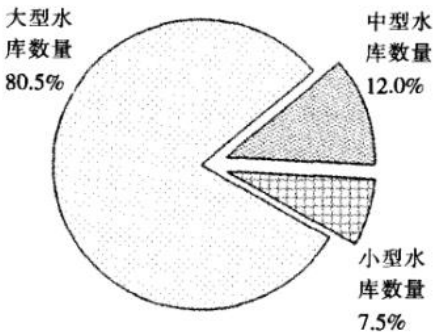


图 2 不同规模水库总库容比例

2010-2015年我国大中型水库数量



2、典型工程应用案例

• 小湾水电站简介

小湾水电站位于云南省南涧县和凤庆县交界的澜沧江中游河段，大坝为混凝土双曲拱坝，最大坝高294.5m，装机4200MW，正常蓄水位1240m，总库容 $150 \times 10^8 \text{m}^3$ ，大坝坝顶弧长892.79m，承受总水推力高达1800万t，为世界上第一座300m级拱坝及承受水荷载最高的双曲拱坝。



• 小湾水电站GNSS监测系统

项目于2011年7月12日开始安装施工，同年10月27日开始进入正常运行状态。是国内最早在高坝上采用GNSS进行大坝自动化变形监测的工程，在行业树立了典范。

在大坝2#、4#、6#、9#、12#、15#、19#、22#、25#、29#、32#、35#、38#、41#、43#坝段共15个坝段设置GNSS监测点，解决了传统表面变形监测点存在的全天候、高精度、实时动态测量问题。

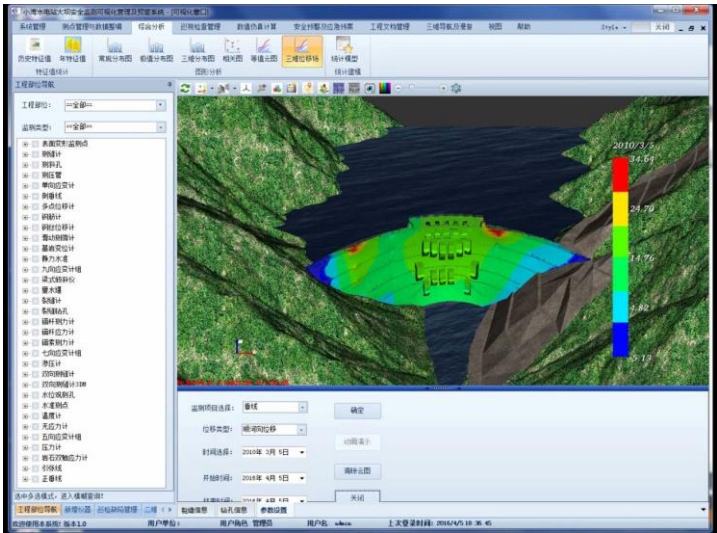
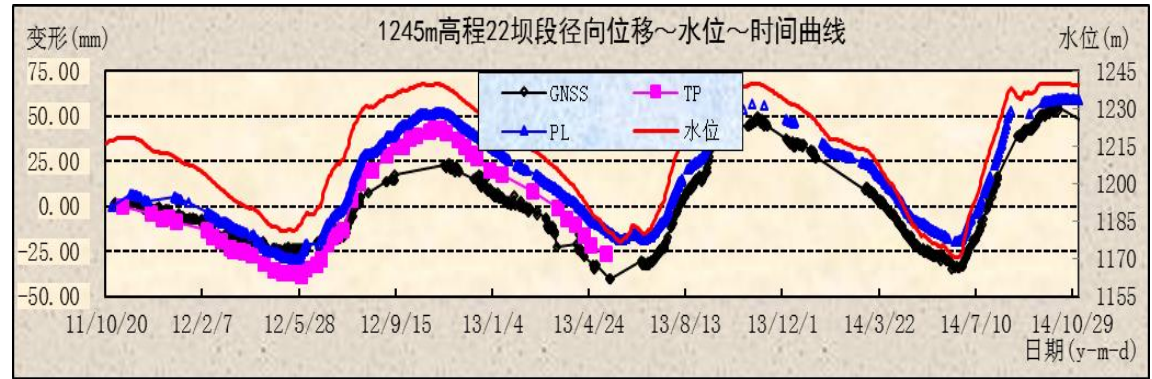
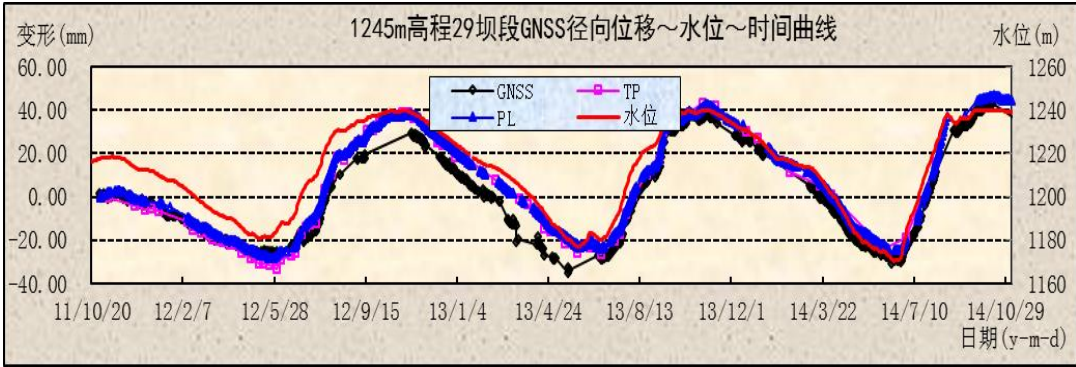


3、典型工程应用案例

- 小湾水电站GNSS运行评价

通过GNSS、表面变形监测点、正垂线同时段测值的比较，可以看出数据的规律性一致、量值接近，表明GNSS变形监测系统可靠性好。拱坝GNSS水平位移实测精度为0.76mm~3.33mm,除9#坝段外，其余均小于3.0mm。在监控大坝运行、下闸蓄水、工程验收等各个阶段发挥重要作用。

A02-GTP-01	A04-GTP-01	A06-GTP-01	A09-GTP-01	A12-GTP-01
2.02	2.49	2.24	3.33	1.90
A15-GTP-01	A19-GTP-01	A22-GTP-01	A25-GTP-01	A29-GTP-01
1.76	1.48	1.32	1.24	1.05
A32-GTP-01	A35-GTP-01	A38-GTP-01	A41-GTP-01	A43-GTP-01
0.91	0.82	0.76	0.79	0.78



3、典型工程应用案例

- 小湾水电站GNSS成功应用，对水利水电行业特别是高拱坝外部变形自动化监测问题提供了解决方案，在行业引起极大的关注，2012年水电工程外部变形自动化监测技术研讨会在大理成功召开，并参观了小湾工程GNSS的实际运行情况。



3、典型工程应用案例

- 糯扎渡水电站简介

糯扎渡水电站是澜沧江中下游河段八个梯级规划的第五级，属大（1）型一等工程，枢纽建筑物由心墙堆石坝、左岸开敞式溢洪道、左、右岸泄洪隧洞、左岸地下引水发电系统及地面副厂房等建筑物组成。心墙堆石坝最大坝高261.5m，在已建同类坝型中位于亚洲第一、世界第三，装机容量585万kW。



- 糯扎渡水电站GNSS监测系统

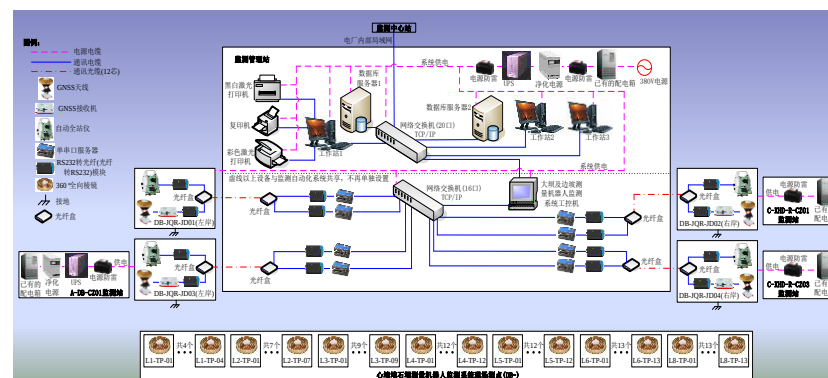
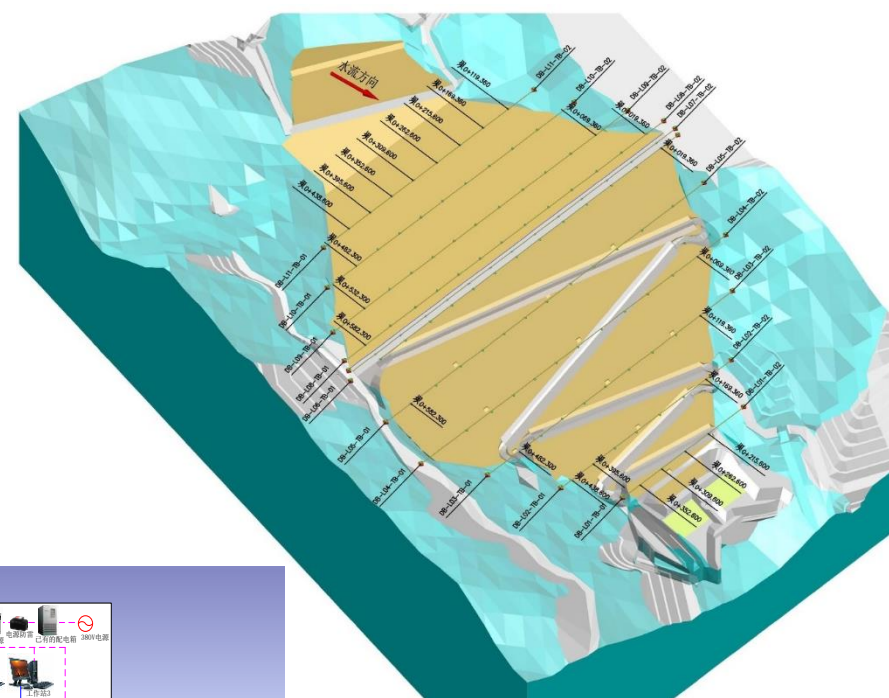
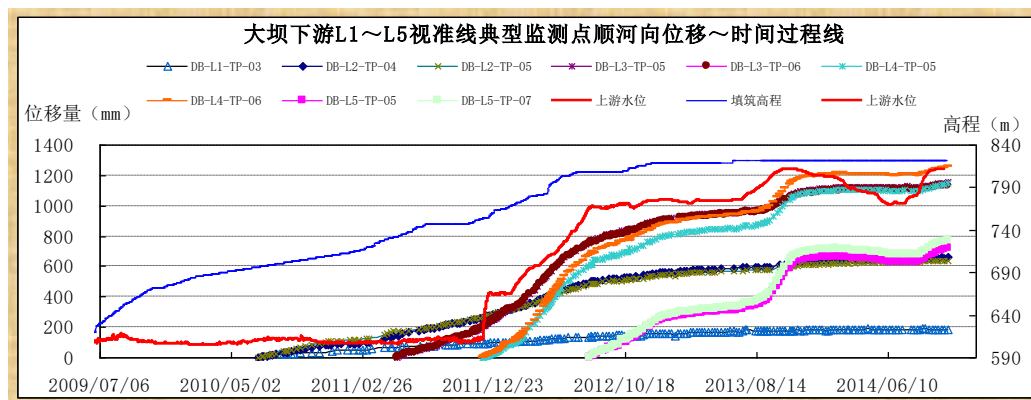
糯扎渡水电站外部变形自动监测系统包括GNSS和测量机器人监测系统2大部分，引入了超站仪、镜站仪等新型变形监测设备和技术，监测范围覆盖整个大坝、边坡及近坝库岸滑坡体，首期布置GNSS监测点63个（3个基准点）、测量机器人测点114个、超站仪5台，经过第二期和第三期的建设，枢纽工程建筑物外部变形监测已全面实现自动化。外部变形自动监测系统在糯扎渡水电站的全面应用，为电厂后期运行节省了大量的人力物力，满足了现代电厂无人值班、少人值守的现代企业管理理念，为国内类似工程树立了一个标杆。



3、典型工程应用案例

- 糯扎渡水电站外部变形监测成果分析

目前坝顶最大沉降645mm、顺河向位移334mm，下游坝坡最大沉降1167mm、顺河向位移1256mm，位于下游坝坡738m高程河中部位。



3、典型工程应用案例

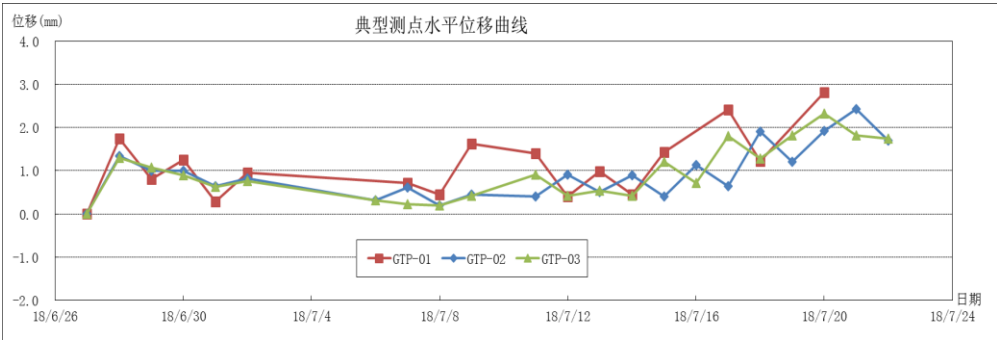
- 梨园水电站简介

梨园水电站坝址位于云南省丽江市玉龙县（右岸）与迪庆州香格里拉县（左岸）交界的金沙江中游河段，为金沙江中游河段规划的第三个梯级，枢纽由挡水、泄水、冲沙、引水发电等主要建筑物组成，采用左岸坝后岸边厂房布置形式。挡水建筑物为混凝土面板堆石坝，最大坝高155m，安装4台单机容量为600MW的混流式水轮发电机组，总装机容量2400MW。



- 梨园水电站外观自动化监测系统

梨园安全监测自动化系统主要分为内观自动化和外观自动化两部分，外观自动化部分包括测量机器人监测系统和GNSS监测系统。外观自动化选取大坝、下咱日堆积体、念生肯沟堆积体共计43个表面变形观测点接入GNSS监测系统，选取大坝、溢洪道引渠边坡、电站进水口边坡、进水塔顶部和溢洪道闸室顶部共计78个表面变形观测点接入测量机器人监测系统实现自动化。开工日期2016年02月25日，完工日期2017年12月10日，目前运行情况良好。



3、典型工程应用案例

- 景洪水电站

景洪水电站位于云南澜沧江上，安装3台测量机器人。



- 功果桥水电站

功果桥水电站位于云南澜沧江上，安装3台测量机器人，20台GNSS。



- 龙开口水电站

龙开口水电站位于云南澜沧江上，安装3台测量机器人，10台GNSS。

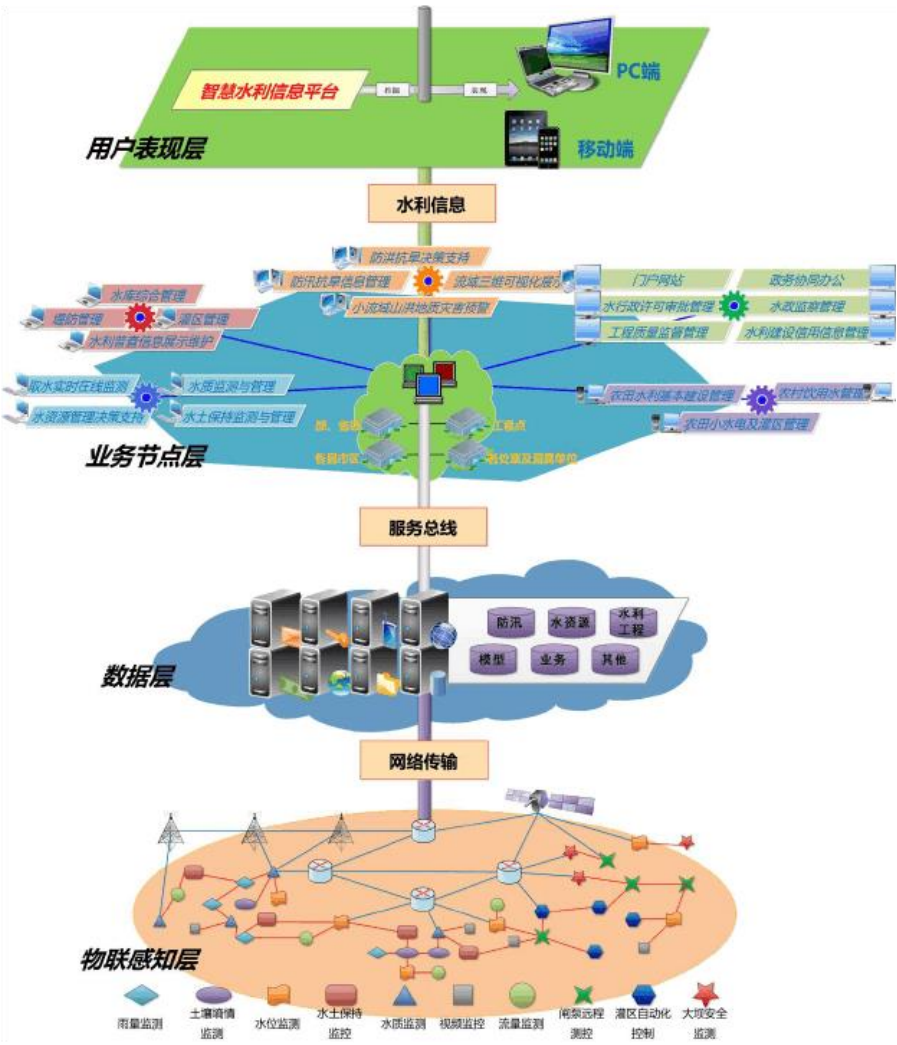
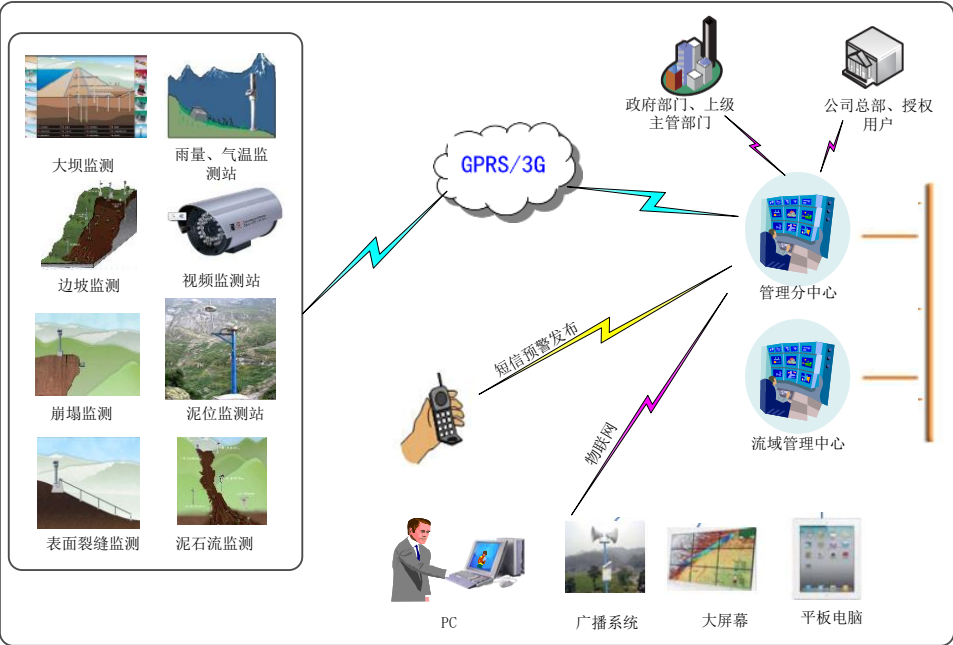


GNSS及测量机器人系统还在云南金安桥、观音岩、三岔河、苏家河口、松山河口，四川镜屏、岗山等几十座电站成功开展应用，在水电水利工程外观自动监测方面发挥重要作用。

3、智慧水利水电构想

- 智慧水利水电概念

智慧水利水电是在工程数字化的基础上，利用智能监控和物联网技术，加强信息采集、管理和服务，构建“物联感知、互联互通、科学决策、智能管理”的人性化工程。



3、智慧水利水电构想

- 总体目标：

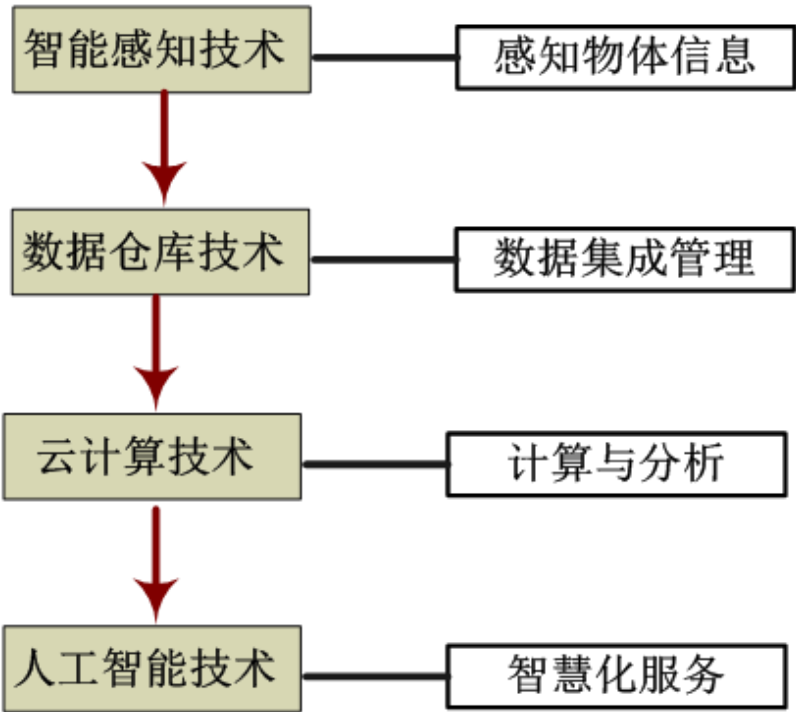
依托智能传感、物联网、大数据等现代技术，全面建成水利水电信息基础感知体系，推动水利水电综合业务精细化管理，提升科学化决策调度管理水平，最终形成“更透彻的感知、更全面的互联互通、更科学的决策、更高效智能的管理”。

- 实现途径

智慧工程是以全生命周期管理、全方位风险预判、全要素智能调控为目标，将信息技术与工程管理深度融合，通过打造工程数据中心、工程管控平台和决策指挥平台，实现以数据驱动的自动感知、自动预判、自主决策的柔性组织形态和新型工程管理模式。

水利物联感知体系是水利综合业务应用的基石，“智慧水利水电工程”建设需要在现有信息采集设施基础上，针对采集站点种类，空间密度、时间频度，数据精度等方面进行全面的提升，为水利智慧应用提供基本支撑。

GNSS、测量机器人等在水利水电工程智能感知系统中扮演了重要作用。



4、前景展望

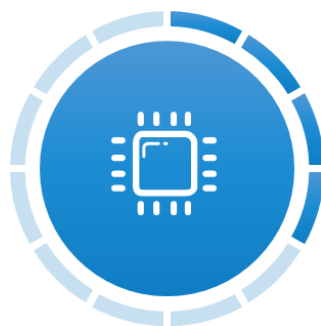
- 智慧工程需求—安全监控、智慧建设、效益为先

以云南省为例，截至2017年底，全省已建成水库（含水电站水库）7067座，其中大型水库41座，中型水库299座，小（1）型1044座，小（2）型5684座，总库容740亿立方米，其中大中型水库104座，库容605亿立方米，大批水库大坝的建成投产，其运行性态实施监测，建立互联互通的感知系统是大势所趋。



国家层面

水利水电等大坝工程的安全运行直接关系到人民生命财产安全，**属于重大公共安全范畴**，需对其运行性态进行全面在线监控。



行业层面

随着越来越多的水利水电、道路交通及市政等基础设施建成投产运行，建立服务于运维阶段的**智慧工程**成为行业迫切需求，而智能感知系统是建立智慧工程的基础。



企业层面

只有保障工程设施更健康、更耐久、更安全，才能最大限度的发挥其**经济效益**，这是企业最大的愿望。

4、前景展望

- **市场开拓：**

物联感知体系是智慧水利水电的基石，智慧水利水电建设离不开GNSS、测量机器人等外观监测设备，未来全国10多万座水库大坝的智慧化建设需要，铸就了外观监测自动化设备百亿级市场。

- **开放共享**

智慧工程要求数据共享与融合，为解决信息孤岛、数据碎片等问题，各专业口径的数据标准化，并在统一运用平台上相互交换、实时共享，为大数据价值的持续开发利用提供支撑，这是外部变形监测行业（GNSS及测量机器人等）需要思考的问题。

—— 谢 谢 ——





如果您对此篇PPT感兴趣，请扫描二维码
