

技术发明奖二等奖项目 1:

## 建筑粒料绿色制备技术与装备

推荐单位： 中国葛洲坝集团股份有限公司

项目完成人： 周厚贵 兰 芳 张忠桥 马经红 彭元平 张现团

针对复杂多样的料源种类、品种众多的成品需求、日渐严苛的制备环境，重点研究再生粒料绿色制备的移动装备技术、高匹配的建筑粒料定制技术、多样高效的废水处理技术，在装备、工艺、环保方面开展创新发明，形成建筑粒料绿色制备技术，有效破解建筑粒料制备所面临的尖端客户定制和资源环境难题。关键技术及发明点如下：

### 1. 再生粒料绿色制备的移动装备新技术

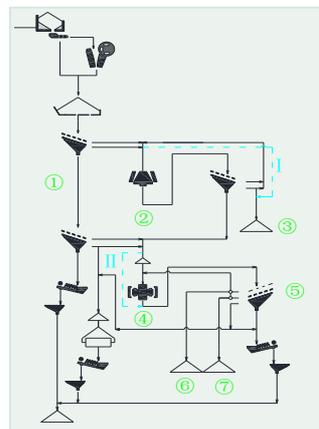


再生粒料绿色制备的移动装备新技术，研究适应不同工况废弃物的专用破碎腔型，研制研磨架可调的反击式破碎机；研究轻物质分离技术，采用“预筛+风选”双重分离技术，研制“风力物料分离器”；研究粒料制备工艺，按功能模块集成移动式装

备车，制备各种再生粒料。基于大量积累的各类工艺流程和技术参数，通过工艺流程的组合和多级设备的集成，实现高度匹配的再生粒料生产，满足各种不同的粒料成品需求。实现资源的循环利用，减少原岩开采，降低填埋费用和填埋用地面积。本项技术有 2 项发明专利，53 项实用新型。

### 2. 高匹配的建筑粒料定制技术

通过高匹配的建筑粒料定制技术，以适应复杂多样的料源及品种众多的成品需求。依据工程运行经验数据库，分析料源特性、成品要求，建立工艺模型。通过数字模拟或工艺生产试验，分析各工艺节点的流量、粒度组成，调整确定各工序流向、流量、进出料粒度组成，满足成品制备需求。发明了多种料源的兼容组合工艺，有级配要求的非混凝土骨料



的长级配制备工艺，天然砂砾料制备高性能混凝土用碎卵石技术，天然卵石制砂制粉技术，分部定制技术——砂石储存、筛分、破碎、冲洗、输送等，夯实了粒料制备的全面节能。本项技术有发明专利 24 项、实用新型 70 项。



### 3. 多样高效的废水处理技术

通过精选砂石料制备废水废砂处理的天然有利地形和充分利用废水废砂沉积、输送的力学规律，实现对废水废砂的科学调度运行，低成本地攻克了砂石料制备废水废砂处理难题。有天然好地形可利用的砂石加工系统尾渣库处理工艺、适应狭窄陡峻拌和系统二次筛分的“自然脱水干化+真空脱水干化”处理工艺。本

项技术有发明专利 2 项、实用新型 10 项。

**建筑粒料绿色制备技术**成功应用于水利水电工程建筑领域和建筑固体废弃物处理领域，解决了领域内关键、共性的技术难题。

建筑固体废弃物处理领域，在云南、陕西、河南、伊朗、印尼等国内国际项目均有广泛应用，共处理建筑废弃物 2715 万吨，节省填埋用地 212.0 万  $m^2$ ，节约原岩开采 2362 万  $m^3$ ，综合经济效益为 10.3678 亿元。

水利水电工程建筑领域，有龙滩水电站、瀑布沟水电站、景洪水电站、丹江口大坝加高工程、锦屏一级水电站、向家坝水电站、溪洛渡水电站、白鹤滩水电站、亭子口水电站、藏木水电站、果多水电站、大岗山水电站、居甫渡水电站、枕头坝水电站、观音岩水电站等 20 多项大型巨型电站的砂石拌和系统，应用技术节约成本类直接经济效益 2.0036 亿元。

技术发明奖二等奖项目 2:

## 水下封堵浮体拍门技术研究及应用

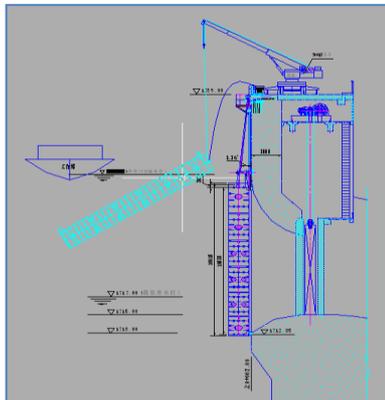
推荐单位: 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

项目完成人: 姚栓喜 廖永平 朱增兵 魏永新 王海峰 张湘涛

水电水利工程高混凝土坝坝身泄水道经数十年长期运行后,在高速水流作用下,事故闸门槽及流道混凝土、衬砌钢板常会产生不同程度的冲蚀破坏,如不能及时修复,将成为水库电站严重的安全隐患。高水头坝身泄水道由于闸门故障或破坏导致高流速大流量异常过流的事件偶有发生,处理起来异常困难,如不能截断水流将严重危及电站的安全。研究发明了一种从坝前封堵坝身泄水孔进口的技术,在静水或动水条件下,截断水流,为闸门和流道修复创造旱地施工条件。

### 1. 主要成果一

发明了一种泄水孔在流道过水状态下的封堵方法,即浮体拍门封堵方法。包括设计、制造、现场拼装、闸门就位、封堵实施等全过程封堵方法,动水、静水均可使用,成功解决了封堵泄水道孔口的世界性难题。



### 2. 主要成果二

研发了浮体拍门、半潜式浮体闸门、自动潜行式浮体闸门等典型浮体闸门。门叶结构由多节密封箱体拼装而成的,内设互不连通的独立密封的充水舱。闸门设置在泄水道进口处,通过充水和水力作用关闭孔口,为门后洞内泄



水道及门槽的修复创造旱地施工条件。

### 3. 主要成果三

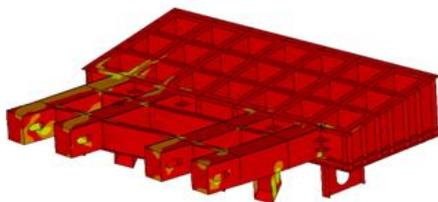
采用专门研制的水封，能够使闸门在不太平整的混凝土面上直接可靠封水。

### 4. 主要成果四

研发了水下坝面不平度测量技术、水下闸门软导向技术、水下定位技术等系列成果，保证浮体拍门的可靠就位、有效封水。

### 5. 主要成果五

发明了一种具有密封盖板的门枢，包括将密封盖板与浮体拍门门枢做为一体，即能用于封堵门槽顶部、支承浮体拍门，又能作为浮体拍门的门枢连接结构，又起到了为浮体拍门导向、定位功能，结构简单，便于施工安装。



### 6. 创新点

- (1) 首创了一种泄水孔在流道过水状态下的封堵方法，即浮体拍门封堵方法。
- (2) 首创了浮体拍门装置；
- (3) 首创一种由多节密封箱体拼装而成的门叶结构；
- (4) 首创一种包括支承结构、水平面密封、插入定位的盖板式闸门。

### 7. 成果水平、经济效益、社会效益及推广应用

本项成果为国内外首创的重大技术发明，成功解决了动水和静水条件下封堵泄水道孔口的世界性难题，成果达到了国际领先水平。

已经完成了刘家峡、龚嘴、水口等多个大型水电站泄水道修复工程，两个大型水电站泄水道事故处理难题，产生了显著的经济效益和社会效益。

该成果的推广应用，有利于我国水电水利工程的安全运行，具有良好的经济效益、社会效益及广阔的应用前景。

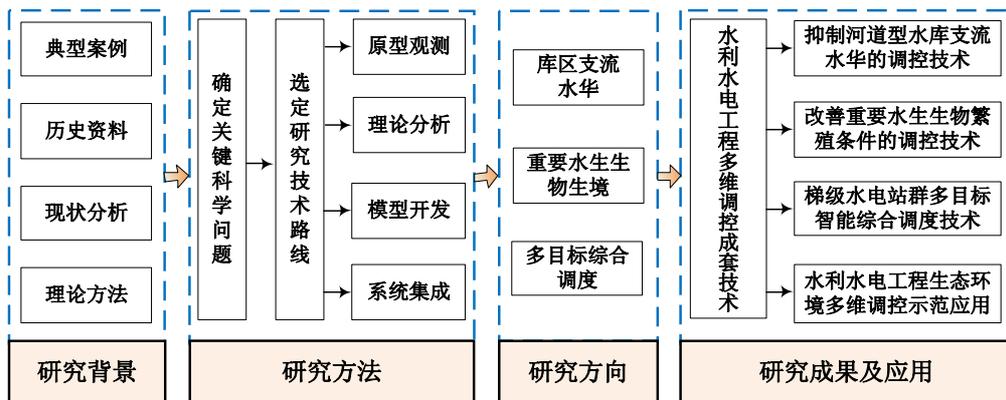
技术发明奖二等奖项目 3:

## 面向库区支流水华及重要水生生物生境的水利水电工程 多维调控成套技术及应用

推荐单位： 中国长江三峡集团公司

项目完成人： 戴会超 毛劲乔 戴凌全 陈永柏 雷晓辉 王小明

作为洪涝灾害频繁、水资源短缺的国家，加快具有水资源调配、防洪抗旱、能源保障、航运等综合效益的大型水利水电工程建设的步伐，是我国经济社会可持续发展的必然需求。我国已建成多座大型水利水电工程，如三峡、溪洛渡、向家坝等。水利水电工程在发挥巨大综合效益的同时，也会使上下游水沙情势发生改变，造成水库富营养化及水华、水生生物生境胁迫等问题，成为制约水利水电工程可持续发展的瓶颈。本研究面向国家重大需求，在国家科技支撑计划、973 计划、国家杰出青年科学基金等支持下，经过十余年的应用基础研究与技术攻关，自主研发了面向库区支流水华及重要水生生物生境的水利水电工程多维调控成套技术，创建了多属性、分层、分布的水利水电工程生态环境效应监控体系，实现了多时空尺度、多层次、多目标的多维调控，为水利水电工程管理和流域水生态环境安全保障提供了系统解决方案。



### 1. 提出了面向河道型水库支流库湾水华预警与调控新技术

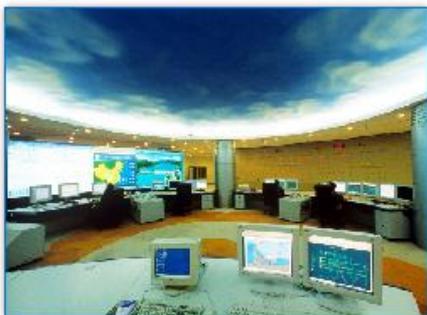
结合物联网及现代水质观测新技术，发明了水利工程影响下流域水文水质监控系统

和方法，实现了固动结合监测、实时远程监控、分布式信息传输、多源数据融合、智能化信息管理等创新，为实施水库生态调度提供了翔实可靠的水文、水质信息。有机结合了地理自动定位、水质自动监测和控制等技术，实现了水利工程影响下水库营养状态的智能判别，该技术在减少水质监测资料需求量的同时，明显提高了复杂环境条件下水体营养状态的判别准确性。发明了基于云体系架构的河道型水库支流库湾水华预警与调控技术，通过监测网络结构、节点优化布设方法和大数据云存储模式创新，提出基于主因动态测试、数据驱动风险预测与事件类比重现相耦合的水华预警新方法。综合考虑水库运行和水流垂向紊动等因素，形成抑制水华暴发的水动力适宜环境，有效减小对敏感水域影响。实施后库区支流库湾水华暴发强度和频次较设计规程调度大幅降低。

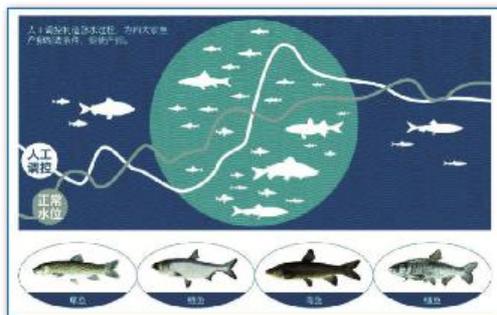
## 2. 提出了改善重要水生生物繁殖条件的技术

建立了基于物联网的长江特有鱼类产卵栖息地监测方法，以中华鲟与四大家鱼为对象，研究了水利工程对产卵区的环境胁迫机制，定量得出了适宜重要水生生物繁殖的流量、流速、水深、水温等要素。结合上游梯级枢纽每年 4、5 月份多处于腾空库容阶段的有利条件，发明了适合家鱼繁殖需求的水库生态调控技术，通过连续增加日均出库流量，制造“人造洪峰”，使得下游出现适合家鱼繁殖的水文和水动力条件。研究了中华鲟繁殖对产卵场位置及关键生态要素的适应性，发明了兼顾中华鲟繁殖需求的水库生态调度技术，可在葛洲坝水电站仅损失 0.15%发电量的同时将产卵适合度增加 39%。适合四大家鱼和中华鲟自然繁殖需求的水库生态调控方法实施后水库下游出现了更适宜重要水生生物繁殖的水文水动力条件，明显增加了产卵概率。

本项目取得具有自主知识产权的原创成果，已授权国家发明专利 57 项，申请国际 PCT 专利 4 项，软件著作权 8 项。发表 SCI 论文 74 篇、EI 论文 251 篇，出版专著 3 部，受到国内外同行的广泛关注与国际刊物文献的引用及评价。相关技术被纳入 5 部国家和行业规范、3 项国家级规划。相关研究成果总体达到国际领先水平。已成功应用于长江、金沙江、清江等流域，以及三峡、向家坝、溪洛渡、南水北调等重大工程中，经济效益、社会效益及生态效益显著。



三峡水利枢纽调控中心



面向四大家鱼繁殖需求的生态调控

## 技术发明奖二等奖项目 4:

# 高重力坝地基深厚软弱破碎岩体处理关键技术

推荐单位: 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

项目完成人: 冯树荣 张永涛 潘江洋 曾祥喜 邹阳生 陈安重

重力坝是依靠坝体自重维持稳定的坝型,故重力坝坝基的稳定和安全是保证大坝安全的先决条件。软弱夹层和构造破碎带是重力坝坝基中常见而且影响较大的地质缺陷,尤其是深厚软弱破碎岩体,其处理措施及稳定变形评价直接影响到工程的安全和投资。本课题针对深厚软弱破碎岩体对大坝应力应变、抗滑与渗透稳定影响较大研究坝基应力变形、抗滑和渗透稳定的综合分析方法、设计原则和安全控制标准;采取综合处理措施,既满足大坝稳定应力要求,又能降低软弱破碎岩体渗透破坏的风险;针对软弱破碎岩体发明一种新的水泥灌浆方法,达到工期短、价格便宜,灌浆效果又好的目的;解决置换混凝土三维受力、横缝传递压剪力的要求与碾压混凝土大仓面快速施工互相影响制约的问题。

2001年以来,项目组进行研究和实践,通过室内试验研究和现场大规模试验相结合,发明系列新理论、新设备、新方法,在坝基岩体承载和变形,防参与排水,抗滑与渗透稳定统筹处理及大规模置换混凝土快速施工等方面有重大创新,形成一整套高重力坝地基深厚软弱破碎岩体处理的设计、施工和运行的成套技术,主要技术发明点如下:

### 1. 创新提出坝基排水孔智能可调控的理论和配套技术

在采用“扩大坝基、开挖置换、三维传力、不良地质体针对性处理”等综合处理方法,对软弱破碎岩体进行常规处理的基础上,创新提出动态智能可调控坝基排水的理论以及坝基排水孔出水量智能可调节的抽排减压配套技术。在坝基地质条件复杂、渗透稳定问题突出的坝基,智能调控出水量的排水孔以减小、均化排水量,降低渗流流速,满足坝基抗滑稳定、渗透稳定、基底应力控制三者的综合平衡。



## 2. 首次提出高重力坝破碎地基采用防渗墙防渗的成套解决方案

针对高重力坝地基深厚软弱破碎岩体的防渗处理，首次采用防渗墙及墙下帷幕灌浆技术，重点分析了刚性重力坝和柔性防渗墙变形协调和应力特性，提出了坝体和防渗墙连接的细部构造，很好地解决了刚性重力坝水平变形小、垂直变形大与柔性防渗墙水平变形大、垂直变形小的变形协调矛盾，提出了高重力坝破碎地基采用防渗墙防渗的成套解决方案。



## 3. 发明高压冲挤灌浆方法和专用器具

针对高重力坝下覆的多条软弱夹层和挠曲破碎带，创新提出了高压冲挤灌浆方法，发明了高压冲挤灌浆专用器具，取得了良好的防渗效果。



## 4. 研发设置灌浆系统的碾压混凝土横缝诱导孔成缝新工艺

对大坝地基破碎带开挖置换的混凝土，研发设置灌浆系统横缝诱导孔成缝新工艺、横缝并缝施工全过程新技术，实现大仓面碾压砼连续施工，满足置换混凝土整体受力要求。



向家坝工程通过本技术的应用，首批 2 台机组比原计划提前发电 55 天、41 天，创造直接经济效益 5 亿元。研究成果共取得国家发明专利 5 项，实用新型专利 1 项，工法 1 项，发表论文 20 余篇，研究成果达到国际领先水平，促进水电清洁能源建设技术的发展。

技术发明奖二等奖项目 5:

## 地质工程数字摄影勘察编录及三维可视化关键技术

推荐单位: 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

项目完成人: 李浩 刘新中 杨彪 傅胜 张友静 邹文志

“地质工程数字摄影勘察编录及三维可视化关键技术”原创性构建形成了一整套集理论、方法和应用技术于一体、多技术集成创新为特色的摄影勘察编录技术方法体系,攻克了长期困扰地质专业人员现场勘察编录手工作业工效低、精度差、技术落后的难题;全面变革了高山峡谷、高陡边坡、大型地下洞室群等复杂工况下的地质勘察编录手段,克服了人工无法直接实地调查带来的技术缺陷;实现了施工地质编录和复杂场地工程地质测绘由传统手工作业向计算机作业与信息化管理转换的全数字化工作流程。主要技术创新如下:

### 1. 提出了基于量测化普通数码相机的摄影地质勘察编录概念、方法及技术框架

从自主创新、安全高效的新视角,独创性提出基于量测化普通数码相机的摄影地质勘察编录概念、方法及技术框架;建立了以现场数码成像是基础,计算机信息处理为手段,多技术集成应用为特征的地质勘察编录新方法体系,取得发明专利,并开发了配套软件;实现了地质专业现场工作由传统手工作业向全数字化作业与信息化管理的转换。



### 2. 创建了一种普通数码相机可量测化的高精度检校方法

本技术研究发明了一种室内精密平面控制场和数码相机可量测化三维检测装置及检校方法。该方法将普通数码相机的畸变系数和内方位元素分别在二维、三维控制场中序贯解算,以减弱元素之间相关性的影响。通过实验拍照,精确解算相机的畸变差系数、内方位元素和外方位元素,达到控制其检测精度的目的。从而有效解决了普通数码相机的量测化应用及成果质量控制问题,并可扩展到附加 400mm 级长焦镜头的数码相机参数检校,

达到了 1km 以上级长距离开展摄影地质数字勘察编录的技术要求。经向家坝、江坪河等大中型水电工程现场应用精度评定，地质测绘与编录成果完全满足规程规范要求，设备成本显著降低。

### 3. 研究发明了地质数码影像编录仪

通过各种方案的反复比选和优化设计，确立了地下洞室、坑道，以及人工无法接触的高陡边坡采用“像方控制”的图像采样模式，即需要开发专用设备，以确定拍摄站点空间相对位置。提出了“摄影地质编录仪”的原理，研究发明“地质数码影像编录仪”，解决了地质工程勘察编录空间信息定量、快速采集问题；独创了“自动安平活动控制架”，大幅提高了地质勘探洞等小断面洞室的地质编录效率和精度。

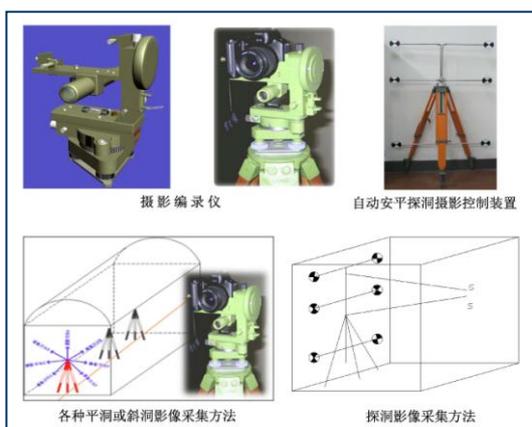
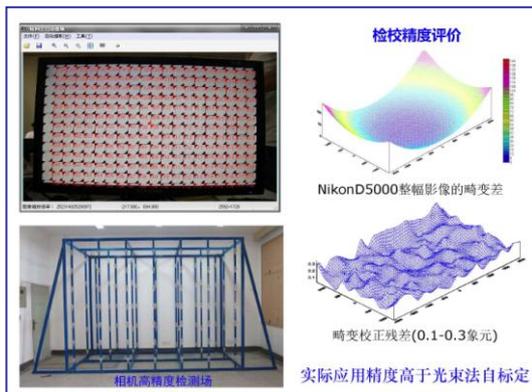
### 4. 设计开发了地质工程数字摄影勘察编录系统

研究并创建了面向水电、交通、市政、采矿等工程领域各种洞（井）型、边坡、基坑、高山峡谷、钻孔岩芯工程地质勘察编录的图像处理、严密物像空间变换、成果质量控制等完整的技术方法体系。提出了基于平面展示影像的数字地质勘察编录理念、方法及其误差理论，成功解决了影像地质特征提取、结构面产状量算与解译、影像勘察编录成果质量保证等难题。设计开发了满足实际应用需求的“地质工程数字摄影勘察编录系统”，实现了地质勘察编录的全数字化作业，大幅度提高了地质技术成果的质量和标准化程度。

### 5. 构建了基于地质勘察编录成果的三维地质影像全自动建模技术

地质勘察编录成果的三维地质影像全自动建模技术，支持对洞室、基坑、边坡、高山峡谷和钻孔岩芯等工程及地质信息的三维地质影像自动建模与三维可视化分析，首次探索并实现了三维虚拟环境下的地质勘察编录方法。

研究成果在红水河龙滩、金沙江向家坝、湖北江坪河、堵河黄龙滩、斯里兰卡 M 坝等 10 余个国内外大型水电工程，以及多个铁道隧洞、公路桥梁、石油洞库和数十个采矿工程中得到了广泛应用，具有很好的推广应用价值。



技术发明奖二等奖项目 6:

## 高面板堆石坝面板结构性破损防控技术

推荐单位: 中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

项目完成人: 湛正刚 张合作 田业军 李洪泉 纪进旭 程瑞林

面板堆石坝是世界高坝建设的主要坝型之一。进入二十世纪中后期以来,以中国、巴西、墨西哥等主要国家在引领高面板坝建设和运行中曾发生过面板结构严重破损导致坝体渗漏量增加的现象,使得业内对于该坝型继续向更高坝建设产生了担忧,表明高面板坝安全特别是变形控制和面板结构挤压破损问题尚未得到根本解决。在依托工程等重大科研项目支持下,研究提出了“控制坝体总沉降变形、化有害变形为无害变形、以及适应坝体纵向变形的面板结构”、面板脱空及反向渗透破坏安全控制技术,形成了高面板坝面板结构性破损防控成套技术,解决了高面板堆石坝建设和运行期的坝体变形、面板挤压破坏、面板脱空和反向渗透破坏等安全控制技术难题,主要成果如下:

### 1. 提出面板压性缝缝宽适应纵向变形的理论表达公式,发明了适应坝体纵向变形的面板垂直缝结构。

针对国内外高面板坝出现挤压破坏的问题,系统提出了“控制坝体总沉降变形、化有害变形为无害变形、以及适应坝体纵向变形的面板结构”的面板挤压防控技术。揭示了面板挤压的关键因素为坝体纵向变形,发明了面板压性缝缝宽适应纵向变形的理论表达式,发明了适应坝体纵向变形的面板垂直缝结构,预防了面板挤压破坏的发生。

面板压性缝分缝宽度按如下方法确定:

$$b=b_0+b_1 \quad (\text{公式 1})$$

式中:

$b$ ——压性缝分缝宽度;

$b_0$ ——嵌填材料压缩后的宽度,  $b_0 = \lambda b$ ,  $\lambda$  材料压缩系数;

$b_1$ ——压性缝可压缩回弹的有效宽度,  $b_1 \geq B/n$ ,  $B$  面板施工后坝体沿轴线方向的纵向变形,  $n$  压性缝分缝条数,  $n = L/S + 1$ ,  $L$  面板受压区长度,  $S$  混凝土面板受压区分块宽度,一般取为 10~18m。

经整理有  $b \geq BS / ((1-\lambda)(S+L))$  (公式 2)

利用上述 (2) 式即可确定合适的压性缝宽度和条数。

发明技术应用于贵州董箐面板坝(坝高 150m)、老挝南坎 2(Nam Khan 2, 坝高 136m) 面板坝, 工程运行至今, 混凝土面板均未发生挤压破坏。

### 2. 发明了对分期面板“埋管灌浆”控制“面板脱空”的新方法

发明了提前在面板底部预埋的灌浆管对分期面板“埋管灌浆”控制“面板脱空”变形, 首次实现对混凝土面板脱空部位分时段、分次进行脱空灌浆处理的方法。该方法对面板无破损, 也不会影响水库供水和发电效益。

发明技术应用于董箐、老挝南坎 2 面板坝, 面板至今未发生由脱空引起的结构破损。

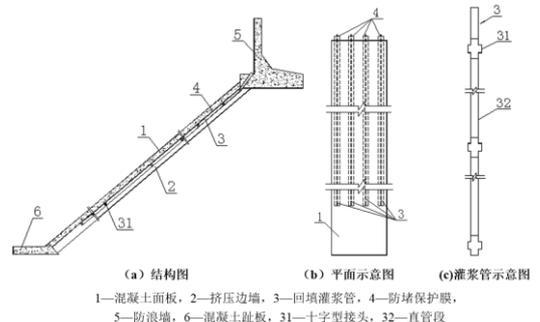


图 1 面板脱空灌浆埋管示意图

### 3. 提出了坝体施工期反向渗透控制新方法

发明了利用埋设在坝体内的排水盲材收集坝体内集水, 通过钢套管和带逆止阀的水平排水钢管自由排至上游坝体外; 实现了枯期、汛期及面板上游盖重填筑期的全时段反渗排水功能。发明技术应用于贵州董箐、老挝南坎 2 面板坝, 是坝体施工期未发生反向渗透破坏的关键。

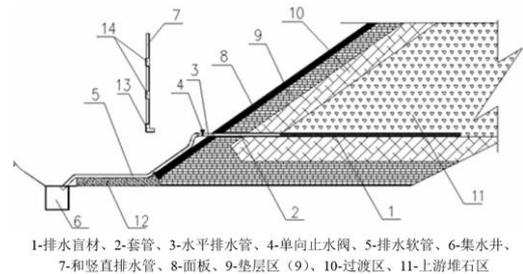


图 2 施工期反渗排水系统示意图

本项目研究成果主要应用在董箐和老挝 Nam Khan2 面板坝中, 近三年(2013 年 1 月至 2015 年 12 月)发电累积新增利润 1.686 亿元。谭靖夷、马洪琪院士, 曹克明、杨泽艳大师, 蒋国澄、赵增凯教授等业内著名专家对项目研究提出的核心发明技术给予了高度评价。研究成果为预防面板堆石坝面板挤压破坏等安全问题, 提供了良好的技术手段, 进一步推进了水利科学技术的发展与进步, 可为高面板堆石坝建设乃至 300 级高坝发展提供技术支持。