

技术发明奖一等奖项目：

## 水泥灌浆智能控制系统关键技术和成套设备

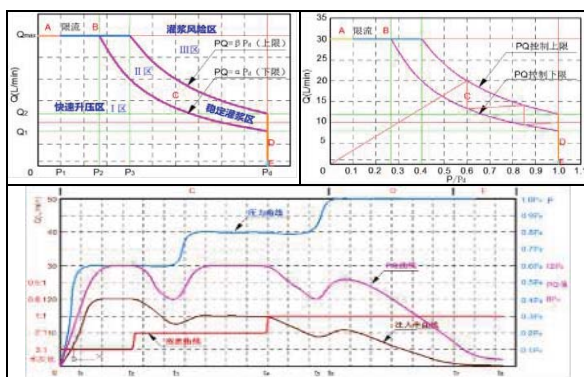
推荐单位： 中国长江三峡集团有限公司

项目完成人： 樊启祥 张超然 黄灿新 蒋小春 杨宗立 周绍武

基岩水泥灌浆质量关系到水电工程全生命周期安全运行。即使在采用“记录仪和数字灌浆”后，灌浆过程仍然由人工操作，工艺控制还存在一些关键技术亟待解决，主要包括：配浆变浆精度低响应慢；压力流量控制响应慢易超压；升压、变浆等过程缺少时程控制；灌浆数据传输及灌浆成果易受干扰；灌浆特殊情况判定和处理依赖个人经验；灌浆数据的全面性不足；灌浆设备及管线布置凌乱。项目围绕灌浆工艺智能控制关键技术持续深入研究八年，研发了集灌浆工艺智能控制、灌浆装备轻量集成、灌浆成果在线分析为一体的水泥灌浆智能控制系统和成套装备。主要技术发明如下：

1. 发明了水泥灌浆三区五阶段智能控制模型和 P-Q-C-t 联动实时控制方法，发明了水泥灌浆六种特殊情况判断标准和实时处理策略，发明了集正常灌浆和特殊情况处理于一体的智能控制方法，满足水泥灌浆四工序、六过程、五类地层的智能控制要求

创建了水泥灌浆三区五阶段智能控制模型 (iGCM)，建立了压力、流量、密度时程控制关系，为水泥灌浆智能控制奠定理论基础；制定了六种灌浆特殊情况判断标准和实时处理策略，发明了灌浆工艺状态自动切换方法，基于压力 P-流量 Q-密度 C-抬动 T-温度 T-时间 t 六参数联动实现灌浆特殊情况智能识别和实时控制；发明了集常规灌浆和灌浆特殊情况处理于一体的智能控制方法，研发了常规灌浆和特殊情况处理智能识别和控制系统，满足水泥灌浆四工序、六过程、五类地层的智能控制要求。



2. 发明了水泥灌浆智能控制数据感知传输、无级配浆变浆、压力控制等成套专利，

### 研发了集成式智能灌浆系统成套设备 iGC

发明了“集成式智能灌浆系统”专利，将灌浆参数感知传输系统、配浆变浆系统、压力控制系统与智能灌浆工艺控制系统集成，研制了智能灌浆单元机 iGC；发明了“灌浆记录仪传感器信号数字化传输方法及装置”等专利，研发了以五参数记录仪为核心的灌浆数据处理中心，研发了密度、流量、压力和抬动测量新方法和新设备；发明了无级配浆实现方法和小体积动态配浆方法，研发了自动配浆系统，实现精准自动配浆和无级变浆；发明了“灌浆压力波动程控方法”，建立了灌浆压力与阀门开度的数学模型，研发了压力自动控制系统，达到灌浆压力精准控制。



### 3. 发明了“灌浆现场过程监控方法及系统”专利，创建了复杂环境下集端网云于一体的水泥灌浆智能管理云平台 (iGM)

发明了“灌浆现场过程监控方法及系统”专利，创建了复杂环境下集端网云于一体的水泥灌浆智能管理云平台 (iGM)；开发了应用于移动端的智能水泥灌浆 APP，具备灌浆数据实时监控、灌浆设备调拨维护在线记录、灌浆成果防伪查询等功能，满足复杂环境下灌浆的便捷化、移动化管理；iGM 可以与工程管理系统和智能大坝建造系统实现数据交互和协同工作。



项目推动水泥灌浆达到智能控制水平，实现常规灌浆四工序、六过程和灌浆特殊情况智能识别和实时控制。成果在乌东德、白鹤滩工程基础加固和防渗工程中全面应用，累计完成灌浆 11 万米 ( $P_{max}6.0MPa$ )，质量合格率 100%，是国家高质量发展规划在水泥灌浆的体现，直接经济效益 2108 万元。成果获知识产权 12 项，发明专利 5 项、实用新型 5 项，外观 1 项，软件著作权 1 项；已进入实质审查专利 24 项，发明专利 10 项、实用新型 11 项，外观设计 3 项。经鉴定研究成果整体上达到国际领先水平，经济、社会和环境效益显著，推广应用价值巨大。