

## 高混凝土坝裂缝产生机理与防裂关键技术

### ➤ 简要信息

- 【获奖等级】** 应用成果奖一等奖
- 【任务来源】** 国家科技计划项目、行业部委项目、其他项目
- 【课题起止时间】** 2005 年 1 月~2019 年 12 月
- 【完成单位】** 中国水利水电科学研究院
- 【主要完成人】** 张国新、朱伯芳、刘毅、刘有志、张磊、李松辉、邱永荣、周秋景、王振红、朱振洪

### ➤ 背景

防裂是混凝土坝建设的重要任务，也是施工控制的重点和难点之一。裂缝的产生将影响工程质量和耐久性，严重的会危及大坝安全。项目以解决高混凝土坝裂缝防控这个世界级难题为目标，针对高混凝土坝温控防裂中的需求和现有研究的不足，研究团队通过理论方法、模型试验、机理分析、软件研发、现场试验、系统集成和应用完善推广等手段，紧密结合高混凝土坝的建设与实践、深度揭示了高混凝土坝开裂与致裂机理，发展完善了高混凝土坝温控防裂理论与方法；开发了高效、大规模、实时仿真的温度场、应力场有限元仿真分析软件；提出了防止混凝土高坝各种裂缝的“九三一”整体解决方案，实现了高坝全坝、全过程、时空温度梯度全面智能管控，破解了“无坝不裂”的历史难题。以本研究成果为基础，新编了《混凝土坝温度控制设计规范》

(NB/T 35092-2017) 和《水工混凝土温度控制施工规范》(DL/T 5787-2019), 为我国高混凝土优质、安全、高效建设提供了技术支撑, 促进了高混凝土坝施工和建设管理的技术进步。

#### ➤ 主要内容

- 高混凝土坝裂缝产生机理与防裂理论。
- 混凝土坝全过程数值仿真算法研究与软件开发。
- 混凝土坝温控防裂整体解决方案。
- 典型工程应用。

#### ➤ 创新点

- 系统揭示了高混凝土坝温度应力发展的规律和裂缝产生的机理, 完善了温控防裂理论, 为高混凝土坝温控防裂提供了理论支撑。
- 提出并集成了描述大坝形态、材料特性、施工过程变化的各种算法和数学模型, 开发了混凝土坝温度应力高性能仿真分析软件, 实现了大坝施工到运行的全坝全过程温度场、应力场的仿真模拟, 为大坝性态仿真与安全评估奠定坚实基础。
- 提出了防止混凝土高坝各种裂缝的“九三一”整体解决方案, 即“早保护、小温差、慢冷却”九字方针, “早期、中期、后期”三期冷却以及“智能温控”。
- 提出了全环节全过程智能温控方法, 研发了成套设备和软件, 实现了从机口温度、入仓温度、浇筑温度、最高温度到后期控温指标的全环节、全过程温控信息的自动获取、

互联互通、实时评价、实时决策和智能调控，为工程现场有效保障温控质量提供了重要技术支撑。

### ➤ 推广应用情况

项目提出的高混凝土坝成套温控防裂理论与方法、技术与标准在近年来建成或在建的拉西瓦、锦屏一级、溪洛渡、乌东德、白鹤滩、鲁地拉、藏木、丰满重建、黄登、大藤峡、杨房沟等 53 座（100m 以上）高坝和特高拱坝中得到广泛采用，获得科研合同额 3.5 亿元，有力支撑了这些工程高质量建设，产生了巨大的经济效益，预期经济效益在 30 亿元以上。相关的规范、标准和方法将用于指导和保障未来待建工程、尤其是西部高寒地区工程的优质、安全、高效建设，对于未来“一带一路”沿线国家大坝建设和世界坝工技术发展具有重大参考价值。

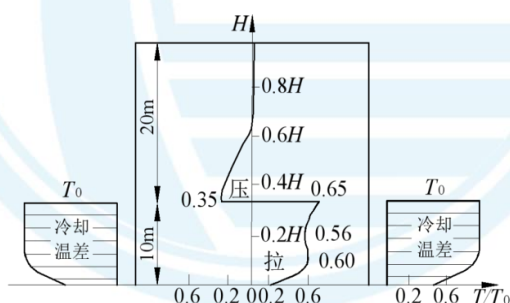


图 1 基础约束区冷却的双约束面叠加原理

仿真分析软件 中国水利水电科学研究院自主研发

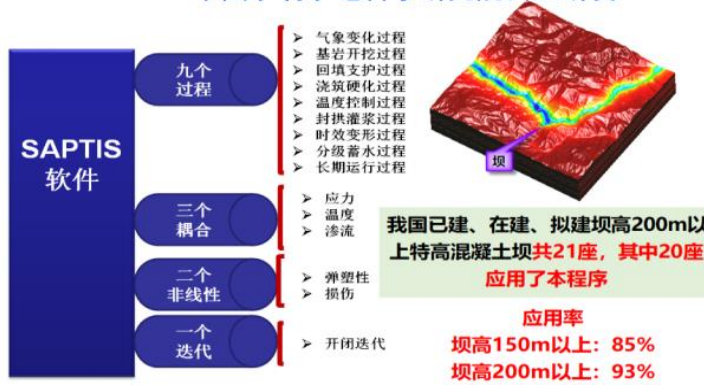
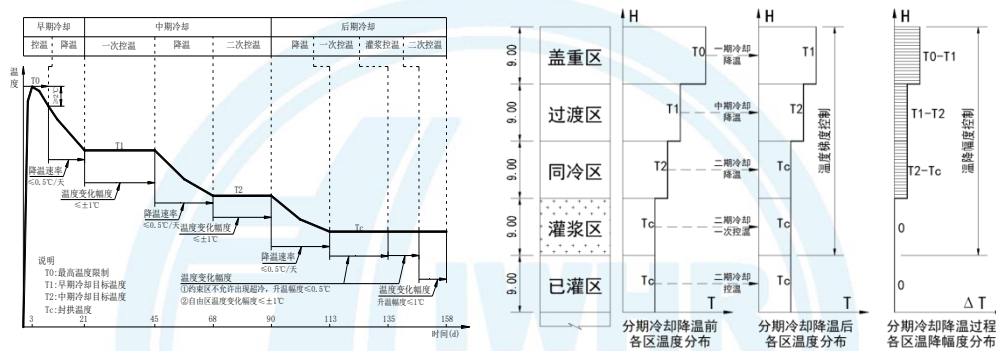


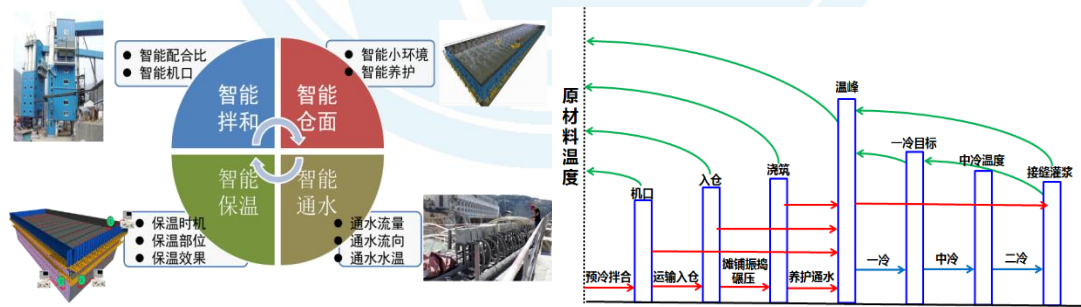
图 2 SAPTIS 仿真分析软件功能



时间温度梯度控制

高度方向温度梯度控制

图 3 大坝时空方向的温度梯度控制策略



全过程全环节智能温控

全过程控温指标反馈调控

图 4 智能温控管控体系