

“国家重点研发计划”

全面提升特大水利枢纽长期运行的安全性和效益

练继建

(天津大学建筑工程学院, 天津 300072)

我国水利水电建设已取得举世瞩目的成就。特别是长江流域作为我国水资源配置和可再生能源发展的战略要地, 其水电可开发量 2.44 亿 kW, 约占全国的 40%, 干支流上已建或规划建设水利枢纽 80 余座, 其中特大水利枢纽近 20 座, 已经形成了世界上规模最大的特大水利枢纽群。这些特大水利枢纽具有泄洪流量大、运行水头高、装机容量大、地质地形条件复杂的特点, 其防洪、发电、航运运行调控的复杂性和安全运行保障的技术难度居世界之最。世界各国水利枢纽在运行过程中发现严重破坏或失事的事例屡见不鲜, 如俄罗斯萨扬舒申斯克、意大利瓦依昂、法国马尔帕塞等的严重破坏是极其深刻的启示。造成这些工程破坏或失事的原因主要是由于对高速水流、高压瞬变流、高水头渗流巨大破坏作用、水力致灾机理和耦联灾变规律认识不清、研究不足, 加之对枢纽运行安全运行实时测控的能力不足, 尚缺乏枢纽泄洪、发电、通航等实时精细运行调控技术等。随着越来越多的特大水利枢纽建成和投入运行, 发挥的效益越来越大, 因此对枢纽调控与安全运行技术的需求越来越迫切, 急需加强这方面的研究。

国家十三五规划“水资源高效利用”重点专项明确提出急需加强“重大水利工程建设与安全运行”方面的研究, 以满足特大水利枢纽长期安全运行的重大需求。针对“长江水利水电水运关键问题”, 由天津大学牵头, 南京水利水电科学研究院、长江勘测规划设计研究有限责任公司、中国水利水电科学研究院、雅砻江流域水电开发有限公司、长江水利委员会长江科学院、武汉大学、华中科技大学、清华大学等 18 家国内一流的科研、设计和工程单位, 联合申报的“长江上中游特大水利枢纽调控与安全运行技术研究”项目, 已经获批立项。

我国水利枢纽安全运行研究当前所面临的问题及亟待研究的方向为: 第一, 世界各国水利枢纽运行中有近 1/3 泄水工程遭受不同程度的破坏, 我国高坝泄流工程其单宽泄洪消能功率高出国外同规模工程 3~10 倍, 高速水流产生的消能防冲、雾化、振动、空蚀、次声波危害十分突出, 当前对通过枢纽运行调控来提升泄洪安全性的研究较少, 以往对洪水应急调控的研究多是针对洪量

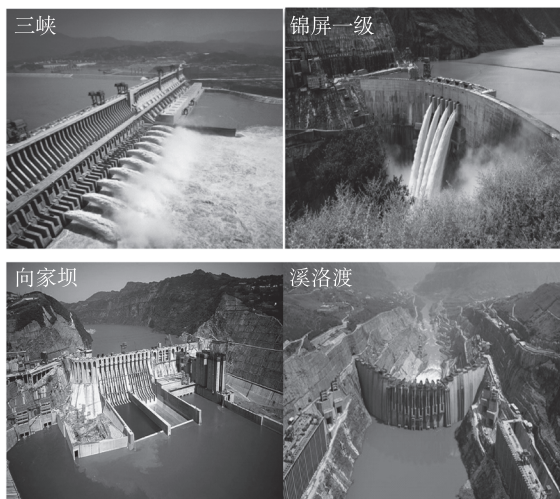


图1 我国著名特大水利工程

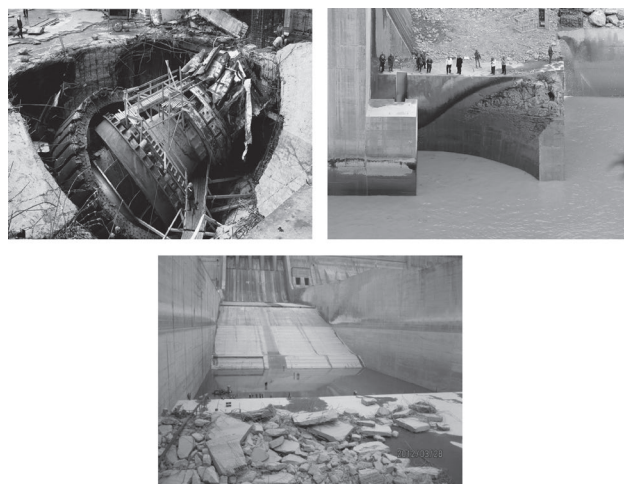


图2 水利工程运行破坏工程实例

图片依次为: 俄罗斯萨扬水电站重大事故, 鲁地拉水电站初期运行破坏, 金安桥水电站泄洪破坏。

作者简介: 练继建 (1965—), 男, 天津大学建筑工程学院, 研究方向为工程水力学与水利水电工程安全, E-mail: jjlian@tju.edu.cn。

的调控,没有考虑枢纽运行安全的约束,还需加强对满足多安全约束的枢纽群洪水调控技术的研究;第二,水力发电系统安全问题被学术界和工程界忽视,以往研究未充分考虑“水力—机电—结构”非线性耦联动力特性影响,缺乏有效模拟预测系统水力共振的评价预警方法,为了实现水力发电系统运行安全性、稳定性、经济性的同步提升,亟待提出一套水力发电系统耦联动力安全及智能运行技术;第三,我国长江中上游河流狭窄、比降大,枢纽调控引起的水位变幅大,易带来严重的航运安全隐患,通航安全问题技术难度远高于国外,亟待提出一套水利枢纽发电—泄洪—通航等多维动态优化调控和安全运行技术;第四,以往对复杂运行环境下高坝结构工作性态响应和库岸长期安全稳定运行研究仍显不足,需要加强;另外,目前枢纽安全(特别是水力安全)监测仪器装备和方法落后,远不能满足枢纽实时调控和工程长期运行安全监控的要求,急需有新的突破。以上几个方面国外没有成功经验可以直接借鉴,均需要我们通过自主创新来解决这些问题。

“长江上中游特大水利枢纽调控与安全运行技术研究”项目,拟解决的科学问题和关键技术主要包括:研究高速水流、高压瞬变流、高水头渗流的致灾机制和演化规律,复杂运行环境下高坝结构和近坝库岸的调控响应和性能衰减规律,寻求机理研究的突破;研究枢纽运

行安全多因素耦联和多信息融合的综合评估理论方法,形成理论方法的创新;研发枢纽运行安全多因素耦联监测检测新技术与装备,形成枢纽安全运行共性技术装备的突破;研究枢纽群暴雨洪水预报及应急调控技术、枢纽泄洪运行安全实时调控技术、水力发电系统耦联动力安全及智能运行技术、大水位变幅下通航运行安全优化调控技术、复杂运行环境下高坝结构性态响应与控制、特高拱坝近坝库岸长期安全稳定运行、高坝枢纽运行初期风险调控与安全保障技术、枢纽发电、泄洪、通航联合优化调控技术等,形成若干关键技术的创新和突破。并将枢纽防洪安全、泄洪安全、发电安全、通航安全、大坝安全、库岸安全、初期运行安全关键技术进行系统集成,形成综合性的特大枢纽安全运行联合调控和安全保障技术。

该项目的研究内容注重发挥水文学、水动力学、结构力学、材料科学、信息传感、人工智能、计算机技术等多学科交叉的优势;融合主被动激励检测、光纤混合传感和组网的优势;以及理论分析、数值计算、模型试验、原型试验、监测反馈分析多技术手段的综合优势。以实现理论方法创新,突破水力致灾机制、耦合动力安全、坝体库岸响应性能弱化衰减规律理论障碍;实现监测仪器装备创新,突破现有测控技术在精度、频响、覆盖范围、耐久性、可靠性的共性技术瓶颈;实现安全保障技术创新,建立完整的泄洪、发电、通航、大坝和库岸系统安全监测预警体系;实现实时调控技术创新,实现发电、泄洪、通航系统运行安全性、稳定性和经济性同步提升;最终实现水利枢纽调控和安全运行系统集成技术创新。

项目完成后,形成特大型水利枢纽调控和安全运行的具有普适性的理论技术体系,建立实时调控和安全运行系统平台,并开展典型工程应用示范。可望大大降低枢纽安全隐患,有效保护人民群众的生命财产安全;减缓水利枢纽所处的不利环境影响;提升发电效益和通航能力,满足防洪、发电、航运等综合性需求,确立我国在该技术领域的国际领先地位,全面提升特大型水利枢纽长期运行的安全性和效益。

