

# 长江上游梯级水库群多目标联合调度技术

仲志余

(长江勘测规划设计研究有限责任公司, 武汉 430010)

“长江上游梯级水库群多目标联合调度技术”项目(项目编号: 2016YFC0402200)研究于2016年启动,项目经费11 000万元,其中自筹经费8000万元。项目负责单位为长江勘测规划设计研究有限责任公司,项目负责人为仲志余。本项目集合了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、长江水利委员会水文局、南京水利科学研究所、武汉大学、华中科技大学、中国长江三峡集团公司、中国科学院水工程生态研究所、长江水利委员会长江科学院、河海大学、清华大学、中国科学院南京地理与湖泊研究所、四川大学、大连理工大学、华北电力大学、湖北工业大学、长江水资源保护科学研究所等一批水库群调度领域的优势单位,共计19家。

长江横跨我国西部、中部和东部,沟通内陆和沿海,幅员辽阔,是我国经济社会发达地区之一。长江流域水系庞大,水量丰沛,年均水资源总量为9660亿 $m^3$ ,占全国总水量的35.1%。截至2015年,长江上游地区水库总调节库容达700多亿 $m^3$ ,防洪库容逾400余亿 $m^3$ ,预计在2030年前后,总调节库容将超过1000亿 $m^3$ ,防洪库容500余亿 $m^3$ ,对流域洪水及径流的调节作用更加显著。目前,我国水利水电工程已从大规模建设阶段进入到综合运行管理的转型关键期,水利水电工程运用外部条件逐渐发生变化,同时新常态下长江流域经济社会发展对流域水利支撑能力提出了新的更高的要求,故需针对水库调度实践面临的新格局、新特征、新需求、新变化,紧紧围绕长江经济带建设国家重大战略需求,以突破水库群多目标联合调度面临的关键科学问题理论障碍和工程应用支撑技术瓶颈为总目标,攻克梯级水库群防洪、发电、供水、生态、应急等综合调度关键技术,建立水库群多目标联合调度与风险决策的理论、技术与方法体系,提升我国水资源开发利用领域的创新能力,为保障长江流域水资源安全高效利用提供强有力的科技支撑。

长江上游流域梯级水库群联合调度问题因素众多、情况复杂,正朝着多尺度、多层次、多目标方向发展,其优化运行从单一时空尺度、单目标最优转变为可变时空尺度下防洪、供水、生态、发电及航运综合效益最优,同时面临来自水文气象、调度模式、供需矛盾、电网拓扑结构等诸多方面的影响和风险。为此,本项目拟对以下四方面开展系统性深入研究,相关研究路线如图1所示。

## (1) 多阻断大流域非一致性水文预测预报技术

梯级水库群建成投运在一定程度上干扰了流域水文自然循环过程,使水文预测预报的精确性和有效性受到极大影响,因此,本项目将针对变化环境下不同物理背景水文模型的局限性,揭示长江上游梯级水库群建成运行影响下水文循环时空演变规律,提出反映“气—陆—库—水”系统之间物质、能量和信息反馈机制以及耦合作用机理的预测预报方法,以提高水文预报精度并延长预见期。

## (2) 梯级水库群防洪、供水、生态、发电四大基本调度

长江上游梯级水库群规模庞大,且存在复杂的水力、电力联系,传统基于设计运行调度规程的单库调度模式无法实现梯级水库群防洪、供水、生态、发电效益的充分发挥,因此,本项目将研究水库群防洪库容优化分配策略,揭示上游水库群调度方式与中下游不同区域用水需求间的映射关系,解析库群调度导致的复杂水流流态和水温变化对江河湖库复合生态系统宏观和微观过程的作用机理,探明库群多维时空尺度调度模型的耦合途径和方式,科学合理制定库群防洪、供水、生态、发电调度方案。

## (3) 梯级水库群联合蓄放水调度及应急调度两大关注焦点

长江上游水库群调节库容巨大,汛末竞争蓄水将带来欠蓄、欠发等一系列问题,为此,本项目将开展流域

混联水库群蓄放水规律研究，阐明来水不确定影响下联合蓄放水方案防洪风险与兴利效益的量化关系，制定基于分区控制的水库群汛末联合蓄水方案；同时，针对应急调度具有事故来源多样性、时效性要求高、与常态调度协调难度大等特点，开展突发水安全事件的精准、实时、快速及协同应急预警调度方式研究。

(4) 梯级水库群多目标调度模型集成及应用平台研发

针对库群多目标模型集成问题，本项目将研究以多主体之间竞争博弈关系和嵌套关系为基础的综合调度集成方法与技术；此外，针对流域大规模水库群多目标调度功能业务面临的数据多源异构、功能业务间耦合度高的难题，研究突破传统数据分析模式对库群多源时空数据的应用制约，提出混合云架构的水库群智能云服务平台集成技术，构建面对库群多目标调度标准化模型架构体系。

长江上游水库群联合优化调度，可以大大降低长江中下游蓄滞区的使用范围和频次，有效保护长江中下游人民群众的生命财产安全，减少机会成本，预计可取得以下效益：流域洪灾损失率减少 10%；可以提高长江中下游干流、两湖及长江口供水保证率，长江中下游干流

主要控制断面枯期平均流量增加 500~1000m<sup>3</sup>/s，水库群水量利用率提高 3%~5%；水库群年发电量可增加 5%~8%，较设计电量增约 240 亿~300 亿 kWh，经济效益巨大，且相当于每年减少原煤消耗 1110 万吨，减少二氧化碳排放 2337 万吨，减少二氧化硫排放约 12.2 万吨，为实现我国承诺在 2020 年将单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45% 的减排目标做出巨大贡献；同时，可应对突发水安全事件和极端气候引发的生态安全问题，改善江湖关系，实现长江流域重要生物种群生境和干支流水质的有效保护。

综上所述，实行长江上游水库群联合优化调度，在形成战略水资源基地、优化我国水能资源配置、防御洪涝旱等自然灾害、改善生态环境、确保黄金航道通畅、增强城市供水安全和调整区域产业结构等方面，可发挥巨大的作用；此外，还可为电网提供充足的调峰和备用容量，增强电力系统安全和稳定性，保障国民经济可持续发展，具有显著的社会效益。通过本项目合理的技术路线设计和成果凝练，可形成一批具有自主知识产权水库调度成果，并可起到示范和推广作用，能够持续不断地为我国的产业技术进步提供有力支撑。

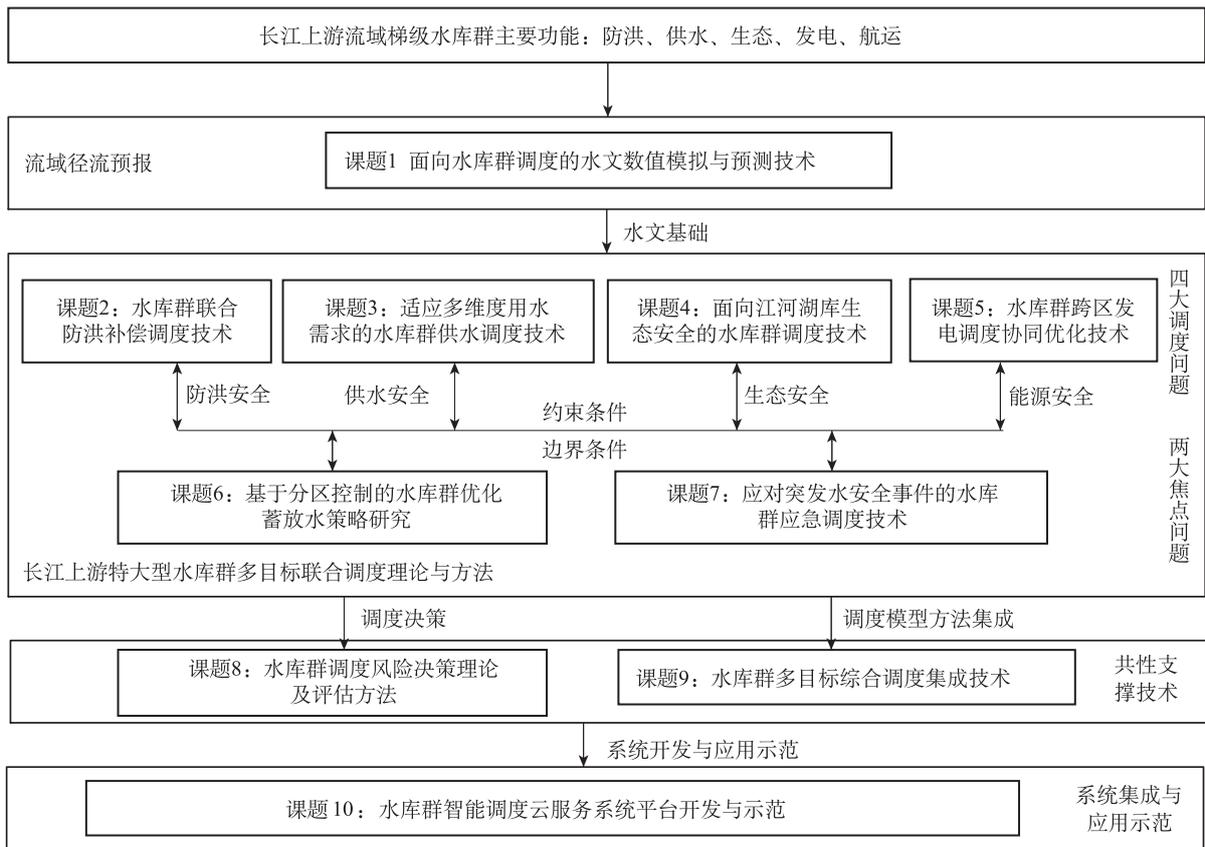


图 1 项目研究路线图