

· 联合资助方经验交流 ·

## 雅砻江联合基金资助情况及成效

孙文良\*

雅砻江流域水电开发有限公司, 成都 610051

**[摘要]** 为推进我国大型流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地建设和深地基础科学的发展,于2005年和2016年,国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)和雅砻江流域水电开发有限公司先后设立两期雅砻江联合基金。本文回顾了该联合基金的设立背景、资助情况和管理工作,系统地梳理了两期联合基金取得的成效,并对未来设立第三期雅砻江联合基金提出了展望。

**[关键词]** 国家自然科学基金;雅砻江联合基金;水风光互补;深地基础科学;雅砻江公司

### 1 雅砻江联合基金设立背景

国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)与有关部门、地方政府和企业共同投入经费设立联合基金,在商定的科学与技术领域内共同支持基础研究。

联合基金旨在发挥科学基金的导向作用,引导与整合社会资源投入基础研究,促进有关部门、企业、地区与高等学校和科学研究机构的合作,培养科学与技术人才,推动我国相关领域、行业、区域自主创新能力的提升。

2005年正值雅砻江流域水电开发有限公司(以下简称“雅砻江公司”)水能资源四阶段开发战略中第二阶段实施的关键时期,面临雅砻江下游复杂地质条件下拥有世界最高坝的锦屏一级水电站建设,拥有世界埋深最深、规模最大的水工隧洞群的锦屏二级水电站建设,以及梯级水电站联合优化调度运行等一系列世界级关键技术难题<sup>[1]</sup>。为破解上述世界级关键科学技术问题,依托我国顶尖科学研究平台开展产学研用联合研究,为流域开发提供科技支撑和保障,雅砻江公司2005年与自然科学基金委联合设立了雅砻江水电开发联合研究基金(第一期雅砻江联合基金)。第一期雅砻江联合基金由雅砻江公司出资3000万元,自然科学基金委出资2000万



**孙文良** 雅砻江流域水电开发有限公司副总经理,高级经济师、高级工程师,主要研究方向为流域清洁可再生能源企业管理、流域清洁可再生能源开发规划管理等。承担国家自然科学基金雅砻江联合基金重点支持项目。获中国技术市场协会金桥奖二等奖。

元,双方共同选题以资助高坝工程、深部地下工程和梯级电站统筹管理等研究领域的相关研究项目。

2016年,雅砻江公司提出了建设雅砻江流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地转型升级的发展战略,同时中国锦屏地下实验室(第二期)建设也正在顺利推进。为继续发挥国家自然科学基金的导向作用,吸引和调动社会科技资源投入基础研究,推动雅砻江流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地建设和深地基础科学研究,增强我国绿色清洁可再生能源及深地基础科学的自主创新能力,雅砻江公司于2016年与自然科学基金委再次联合设立了第二期雅砻江联合基金<sup>[2,3]</sup>。第二期雅砻江联合基金的资金由雅砻江公司出资6000万元,自然科学基金委出资3000万元,双方共同选题以资助大型流域水风光互补绿色清洁可再生能源示范基地建设和深地基础科学等领域的相关科学技术问题研究。

收稿日期:2021-07-27;修回日期:2021-08-14

\* 通信作者,Email:sunwenliang@ylhdc.com.cn

本文受到国家自然科学基金项目(U1965205)的资助。

## 2 资助项目情况

### 2.1 雅砻江水电开发联合研究基金(第一期雅砻江联合基金)

#### 2.1.1 总体情况

第一期雅砻江联合基金分别于2005年和2006年进行了两批次项目指南发布和评审,其中2005年项目指南资助包括高坝(300米级)安全、高坝(300米级)枢纽水力学和河道水环境、深埋长引水隧洞和洞室群安全及其预报、岩石高边坡安全及其预报、流域水能开发和利用管理共5个研究领域,高拱坝真实工作性态仿真和设计的理论与方法、高拱坝的失效破坏机理与安全评估、高性能大坝混凝土、深部岩体的工程特性与分区方法、高压大流量岩溶裂隙水与不良地质情况超前预报和治理、高压大流量岩溶裂隙水与不良地质情况超前预报和治理、高边坡形成和发育动力学过程、高边坡稳定性分析、岩石高边坡失稳的大型滑坡预警和防治、高拱坝快速建设与实时控制、水电企业流域化集团化科学化管理的理论和方法、市场条件下流域梯级水电站联合运行与管理共12个研究方向;2006年项目指南资助包括2005年提出的5个研究领域下的高应力和真实加荷条件下土石料工程特性、高土石坝变形分析与安全控制、水电开发与生态环境协调发展理论、深部岩体分区与地应力测量方法、深部岩体的工程特性研究、水电企业流域化集团化科学化管理的理论和方法共6个研究方向。项目指南发布后在国内水电相

关科技领域引起了极大的反响和积极的响应,最终确定十余家顶尖科研院所和著名高校的数十个优秀研究团队承担了19项重点项目和31项面上项目,项目负责人包括6位院士和多位国家重点学科带头人。

#### 2.1.2 研究领域分布

第一期雅砻江联合基金资助研究领域包括以下5个:高坝(300米级)安全、深埋长引水隧洞和洞室群安全及其预报、流域水能开发和利用、岩石高边坡安全及其预报管理、高坝(300米级)枢纽水力学和河道水环境(见图1),两批次总计资助项目50个,上述5个研究领域的资助项目数量及比例分别为:14.28%、13.26%、10.20%、7.14%和6.12%。

#### 2.1.3 依托单位分布

第一期雅砻江联合基金资助项目的依托单位共有24家,各依托单位及其获资助项目数量的具体情况如下(见图2):河海大学(5)、中国水利水电科学研究院(5)、四川大学(5)、同济大学(4)、中国科学院武汉岩土力学研究所(3)、西安理工大学(3)、清华大学(3)、长江水利委员会长江科学院(2)、南京水利科学研究所(2)、华中科技大学(2)、成都理工大学(2)、大连理工大学(2)、中国科学院生态环境研究中心(1)、重庆大学(1)、三峡大学(1)、华北电力大学(1)、中国地质科学院地质力学研究所(1)、山东大学(1)、中国科学院水生生物研究所(1)、上海交通大学(1)、国家安全生产监督管理局安全科学技术研究中心(1)、浙江大学(1)、天津大学(1)、中国地质大学(1)。

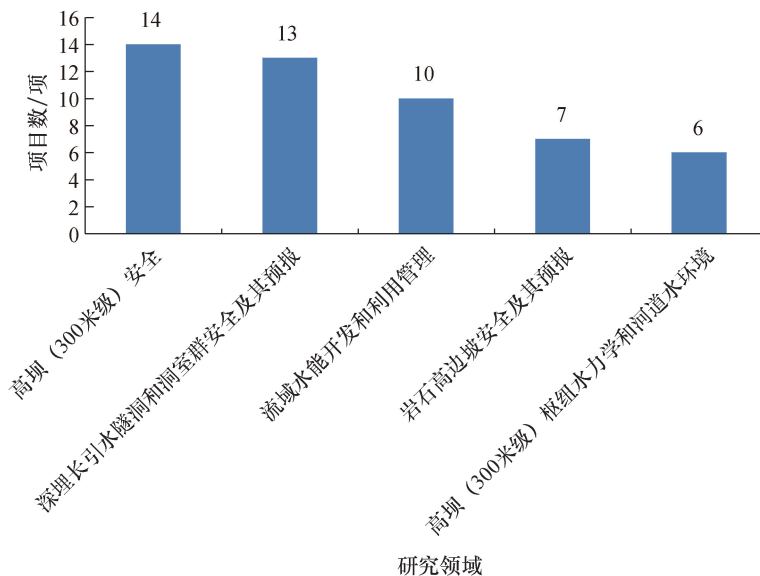


图1 第一期雅砻江联合基金研究领域分布

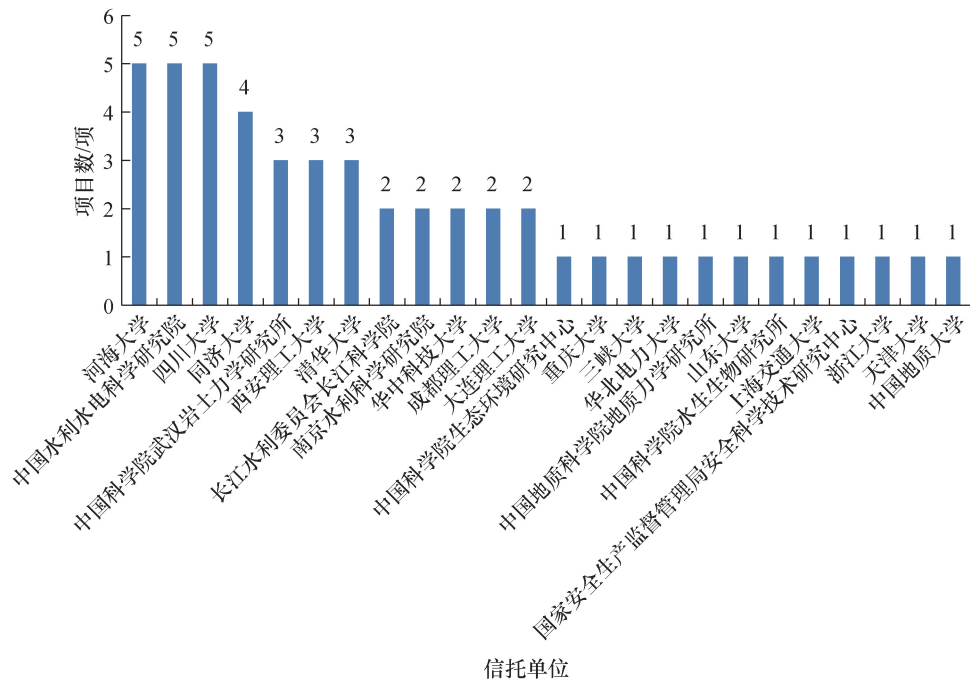


图2 第一期雅蓉江联合基金依托单位分布

## 2.2 第二期雅蓉江联合基金

### 2.2.1 总体情况

第二期雅蓉江联合基金从2017年至2019年分3年共进行了三批次的项目指南发布和评审<sup>[4-6]</sup>。其中,2017年的项目指南资助包括风光水互补清洁能源开发技术、高坝工程建设和流域梯级电站长期安全经济运行、深地基础科学共3个研究领域,共包含流域梯级风光水多能互补运行的优化调度方式、高海拔地区风光水多能互补运行的设备及系统安全稳定性、高坝枢纽泄流雾化与应对措施、水电工程高陡边坡群施工期及运行期安全与控制、特高土心墙堆石坝坝关键技术、极低本底实验中材料放射性检测的高灵敏度探测器研制、深埋内压隧洞围岩—支护系统时效特性及长期安全性评价与控制共7个研究方向;2018年的项目指南资助研究领域不变,包含流域风光水多能互补示范基地全生命周期智能化运行维护和远程集中控制、区域用电需求预测方法及多种清洁能源消纳模式研究、雅蓉江流域风电场优化选址/风资源测量评估/机组设备选型方法研究、特高土心墙堆石坝土料冻融性能演变规律及其机理研究、特高土心墙堆石坝长期变形特性和开裂机理研究、流域梯级电站区间来水预报方案及电站间流量传播规律研究、极深地下实验室环境辐射本底/先进探测技术研究、深部断层活化规律与洞室稳定性评价和环境评价共8个研究方

向;2019年的项目指南在原有的3个领域基础上,新增1个大型水电工程建设与运行智能化技术研究领域,共包含极低本底实验放射性核素含量及行为/超高分辨探测技术、极深洞室裂隙围岩渗流稳定性及动态力学响应研究、大型流域风光水互补清洁能源开发战略及相关机制研究、复杂山地风能图谱关键技术研究、强震区300米级特高心墙堆石坝抗震机理/措施研究及抗震安全评价、高海拔高流速大温差条件下泄水建筑物抗冲耐磨混凝土裂缝控制研究、复杂地质条件下大型地下洞室群工程设计施工一体化动态安全与控制理论与方法研究、高心墙堆石坝填筑作业无人驾驶碾压机智能控制理论方法研究、高心墙堆石坝建设智能监控理论方法研究、智能电厂水力发电设备在线智能故障诊断与趋势预警关键技术研究、智能化技术在企业安全生产管理工作的应用研究共11个研究方向。项目指南发布后再次在国内清洁能源开发和深地基础科学相关行业领域引起了极大的反响和积极的响应,最终确定资助22项重点支持项目和24项培育项目,项目负责人包括多位院士团队中的长江学者和国家杰出青年基金获得者。

### 2.2.2 研究领域分布

第二期雅蓉江联合基金资助研究领域包括以下4个:深地基础科学、风光水互补清洁能源开发技术、高坝工程建设和流域梯级电站长期安全经

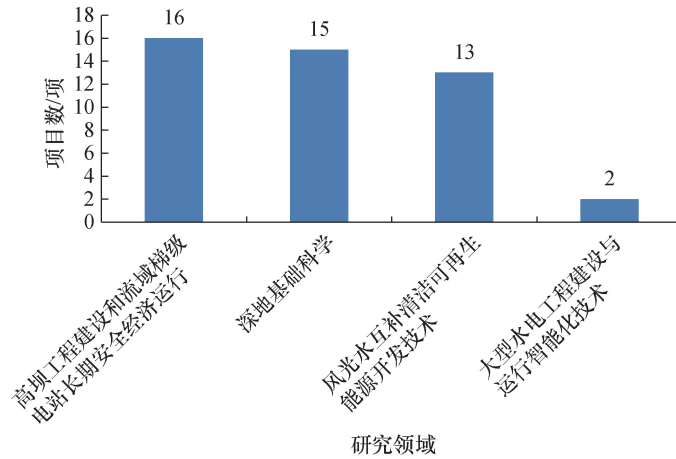


图3 第二期雅砻江联合基金研究领域分布

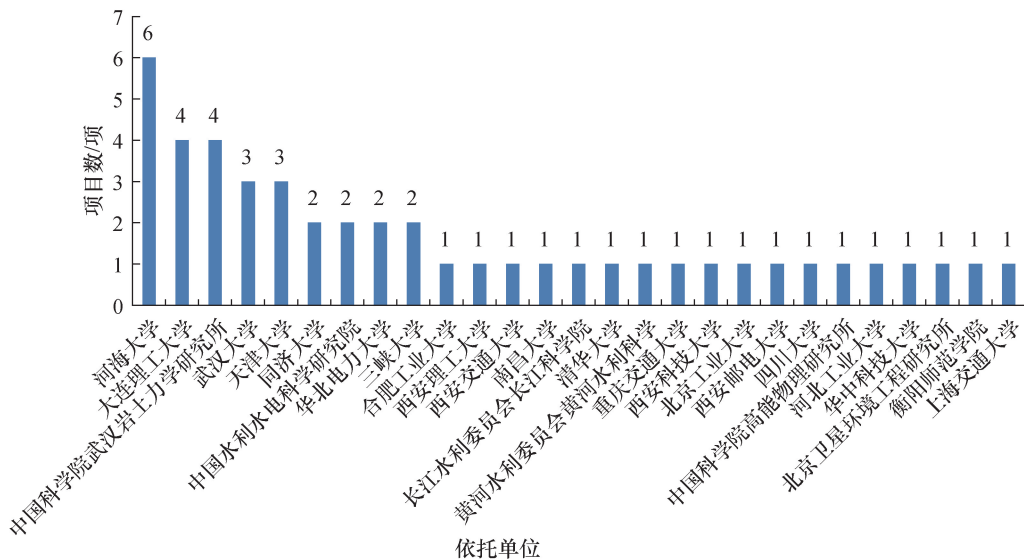


图4 第二期雅砻江联合基金依托单位分布

济运行、大型水电工程建设与运行智能化技术(见图3),3个批次总资助项目46个,上述4个研究领域的资助项目数量及比例分别为:16、35%、15.33%、13.28%、2.4%。

### 2.2.3 依托单位分布

第二期雅砻江联合基金资助项目的依托单位共27个,各个依托单位及其获资助项目数量情况如下(见图4):河海大学(6)、大连理工大学(4)、中国科学院武汉岩土力学研究所(4)、武汉大学(3)、天津大学(3)、同济大学(2)、中国水利水电科学研究院(2)、华北电力大学(2)、三峡大学(2)、合肥工业大学(1)、西安理工大学(1)、西安交通大学(1)、南昌大学(1)、长江水利委员会长江科学院(1)、清华大学(1)、黄河水利委员会黄河水利科学研究院(1)、重庆交通大学(1)、西安科技大学(1)、北京工业大学(1)、西安邮电大学(1)、四川大学(1)、中国科学院高能物理研究所

(1)、河北工业大学(1)、华中科技大学(1)、北京卫星环境工程研究所(1)、衡阳师范学院(1)、上海交通大学(1)。

## 3 取得成效

第一期雅砻江联合基金通过各研究团队的不懈努力,以及雅砻江公司与相关设计院高效配合,截至2010年底,第一期雅砻江联合基金全部项目已顺利完成预期研究任务,并通过评审验收,取得的相关科技成果为锦屏一级、锦屏二级、两河口等世界级工程建设中面临的高压地下水、高地应力和岩爆、高边坡安全治理、复杂地质条件下高拱坝建设、高土石坝变形分析、强震区高土石坝抗震、特高水头泄洪消能、梯级联合优化运行等技术难题的攻克发挥了重要作用,解决了制约工程建设的一系列重大技术难题,保障了雅砻江流域水电工程的顺利建设。随着雅砻江

联合基金相关科技成果的凝炼融合和推广应用,雅砻江公司与各项目研究团队共同申报并获得了7项国家科技进步奖、70余项省部级科技奖,发表高水平学术论文数百篇,为推动行业科技进步发挥了重要作用,取得了显著的经济和社会效益。

目前,第二期雅砻江联合基金46个项目均正在按照申请书和计划书的要求按计划开展研究工作,极大推进了我国在大型流域水风光互补绿色清洁能源开发技术、高边坡稳定性演化机制与安全调控、高坝枢纽泄流雾化、高土石坝筑坝材料/变形控制/抗震理论/智能建造、深部岩石力学相关理论和技术、深地环境辐射本底/放射性核素探测技术等基础科学理论与技术的研究进展。目前已申请专利100余项、发表高水平论文300余篇。相信随着项目研究成果的进一步凝炼和推广应用,雅砻江公司将与各项目研究团队策划申报一批省部级、国家级科技奖项。

通过实施雅砻江联合基金,雅砻江公司与自然科学基金委以及国内知名高校和科研机构建立了良好的合作和信任关系,进一步提升了雅砻江公司和国投集团的影响力、知名度以及企业形象;培养了一大批雅砻江公司科研人才,形成了雅砻江公司科技创新体系 and 创新能力,为雅砻江公司可持续健康发展起到了重要作用。此外,雅砻江联合基金模式也为自然科学基金委后续联合基金的设立和管理提供了有效的借鉴。更重要的是,雅砻江联合基金同时以国家和企业重大需求为导向,组织实施了一批“产学研用”紧密结合的高水平科研项目,为推动国家基础科学研究和行业科学技术进步发挥了重要作用。

#### 4 成立雅砻江虚拟研究中心

作为雅砻江联合基金合作模式的延续,于2011年1月,雅砻江公司构建了我国水电行业首家“产、学、研”结合的雅砻江虚拟研究中心,首批成员包括雅砻江公司和20家在我国水电科技领域具有重要地位的高校和科研院所。雅砻江虚拟研究中心依托网络平台实现信息交流和资源共享,利用网络平台丰富的科技信息资源和流域开发中提炼的科研课题来吸引国内高端科研机构持续关注雅砻江流域开发,参与有关科研和咨询活动,通过组织开展科研项目、学术交流、技术咨询等多种形式的科研活动,在不改变中心成员主体地位和实体组织的条件下联合

国内水电科技领域优势科研力量组成一个柔性的研发组织,开展产学研合作的研发活动。

自成立以来,雅砻江虚拟研究中心已分别于2013年1月、2014年4月和2018年11月召开了3次年度大型学术交流会议,出版了《流域水电开发重大技术问题及主要进展—雅砻江虚拟研究中心2014年度学术年会论文集》《大型流域风光水互补清洁能源基地重大技术问题研究与深地基础科学进展—雅砻江虚拟研究中心2018年度学术年会论文集》《雅砻江流域水风光互补绿色清洁能源示范基地技术研究与深地基础科学进展—雅砻江虚拟研究中心2021年度学术年会论文集》共3部会议论文集。雅砻江虚拟研究中心作为产学研结合的科技创新平台,在解决流域清洁能源开发和深地基础科学面临的关键科学技术问题的同时,促进了我国清洁能源和深地基础科学科技水平的提升。

#### 5 结语与展望

两期雅砻江联合基金的设立在行业内产生了巨大反响,总计资助近百个项目,成立了我国水电行业首家“产学研”结合的雅砻江虚拟研究中心,研究成果不仅推动了雅砻江流域绿色清洁能源开发,还极大地推动了我国高坝和深埋地下工程建设技术、水风光互补绿色清洁能源开发技术和深地基础科学的研究进步,产生了显著的社会和经济效益。

展望未来,雅砻江流域水风光互补绿色清洁能源示范基地和国家重大科技基础设施“极深地下极低辐射本底前沿物理实验设施(简称‘锦屏大设施’)”双双纳入国家“十四五”规划。雅砻江流域清洁能源基地有望建设成为世界最大的绿色清洁能源示范基地,有利于推进国家能源革命战略,增强国家能源安全保障能力,助力碳达峰、碳中和“3060目标”的实现,具有重大的政治、经济和社会意义。锦屏大设施是国家重大科技创新平台<sup>[7,8]</sup>,主要用于开展暗物质探测、深地中微子、核天体物理等基础科学研究,所涉及的重大前沿科学问题有着揭示物质起源和宇宙演化奥秘,开启人类全新的宇宙认知的巨大意义。

基于前两期雅砻江联合基金所取得的成效和当前雅砻江流域水风光互补绿色清洁能源示范基地建设和智能化转型升级的契机,以及锦屏大设施深地

前沿基础实验研究的需求,雅砻江公司将与自然科学基金委继续保持合作,筹划在深地前沿基础科学、大型流域水风光互补绿色清洁可再生能源开发技术、大型流域水电工程智能建造关键技术、大型流域水电工程智能运行关键技术等领域继续设立雅砻江联合基金。

### 参 考 文 献

- [1] 吴世勇,周济芳,申满斌,等.雅砻江流域水电开发重大科技创新及主要进展.流域水电开发重大技术问题及主要进展——雅砻江虚拟研究中心2014年度学术年会论文集.郑州:黄河水利出版社,2014:12—20.
- [2] 吴世勇,杜成波,周济芳,等.雅砻江流域清洁能源开发重大科技创新及主要进展//大型流域风光水互补清洁能源基地重大技术问题研究与深地基础科学进展——雅砻江虚拟研究中心2018年学术交流会议论文集.郑州:黄河水利出版社,2018:16—25.
- [3] 孙文良.雅砻江流域清洁能源开发重大科技创新及主要进展//雅砻江流域清洁能源示范基地建设主要科技创新及进展——雅砻江虚拟研究中心2021年学术交流会议论文集.郑州:黄河水利出版社,2021:10—19.
- [4] 李志兰,郑知敏,李铭禄,等.2017年度国家自然科学基金项目申请、评审与资助工作综述.中国科学基金,2018,32(1):4—6.
- [5] 雷蓉,刘权,王岩.2018年度国家自然科学基金联合基金项目评审工作综述.中国科学基金,2019,33(1):36—39.
- [6] 雷蓉,刘佳,刘权,等.2019年度国家自然科学基金联合基金项目申请、评审与资助工作综述.中国科学基金,2020,34(5):609—614.
- [7] 李会红,卢宇,曾钢.大科学装置科学研究联合基金十年资助管理工作综述.中国科学基金,2019,33(4):367—374.
- [8] 郝红全,郑知敏,李志兰,等.国家重大科研仪器研制项目(部门推荐)管理工作概述和若干思考.中国科学基金,2021,35(3):482—485.

## A Review of the Fund Support and Achievements of Yalong River Joint Fund

Sun Wenliang\*

*Yalong River Hydropower Development Company, LTD, Chengdu 610051*

**Abstract** The National Natural Science Foundation of China and the Yalong River Hydropower Development Company set up two stages of Yalong River Joint Fund in 2005 and 2016, in order to promote the construction of green, clean and renewable energy demonstration base with complementary water, wind and solar energy on large river basins and the development of basic science in deep underground areas. This paper reviews the founding and management of the Yalong River Joint Fund, systematically summarizes its achievements, and brings out prospects for the establishment of the third-stage of Yalong River Joint Fund.

**Keywords** the National Natural Science Fund; Yalong river joint fund; complementary water, wind and solar energy; basic science in deep underground areas; Yalong river company

(责任编辑 姜钧译)

\* Corresponding Author, Email: sunwenliang@ylhdc.com.cn