

政研通讯

第一期

总第 249 期

江西省水利发展研究中心

2022 年 2 月 28 日

【本期文章】

1. “双碳”目标下江西水利工作的一点思考
2. 库区型水文站使用在线 ADCP 流量监测系统情况的调研报告

“双碳”目标下江西水利工作的一点思考

江西省水利科学院

刘毅生 肖胜生 张磊 秦晓蕾 郑海金

摘要：2020年9月22日，在第七十五届联合国大会上国家主席习近平代表中国政府在第七十五届联合国大会上郑重向世界承诺，中国CO₂排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。中国提出“双碳”目标既体现了一个负责任大国的担当，也是中国高质量发展的内在需求。本文在梳理“双碳”目标提出的科学背景与国内形势基础上，简要介绍了国家层面和江西省委省政府的总体部署，指出江西作为水利工作大省，应重点从水资源节约保护与高效利用、水电资源开发、水利工程建设管理、水土保持四个业务工作层面发力，结合必要的观念、人才与科技保障，为“双碳”目标实现贡献“江西水利力量”。

关键词：气候变化；二氧化碳；“双碳”目标；水利工作；江西省

2020年9月22日，国家主席习近平在第75届联合国大会代表中国政府郑重承诺，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，CO₂排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和（以下简称“双碳”目标）。水利行业与气候变化休戚相关，是受气候变化影响最敏感的行业之一。水利作为经济社会发展的基础性行业，与减碳、控碳有密切关系，应积极全方位服务于“双碳”目标实现。江西作为国家生态文明试验区

先行省份之一，理应在积极应对气候变化、践行“两山理论”、实现高质量发展上“作示范、勇争先”。作为水利工作大省，江西也应在全国“双碳”目标的实践指导和省委省政府统一部署下，积极稳妥推进碳达峰碳中和工作，为早日实现“双碳”目标贡献江西水利力量。

“双碳”目标背景下，江西水利工作应该有哪些作为？重点采取哪些举措？本文从“双碳”目标提出背景及现实意义出发，在简要介绍国家层面碳达峰碳中和顶层设计和全省统一部署基础上，结合江西水利工作实际及未来一段时间的工作思路，探讨实现“双碳”目标对水利的需求，给出“双碳”目标下江西水利发展建议。

1 气候变化与“双碳”目标

1.1 气候变化的科学认知

全球气候变化是以全球变暖为主要特征，或者说气候变暖引起一系列全球性的变化，包括臭氧层破坏、紫外辐射增加、酸雨加剧、热浪和暴雨等极端天气事件频率加大、冰川消融和海平面上升等。世界气象组织《2019年全球气候状况声明》指出：2019年是有仪器记录以来温度第二高的年份；2015~2019年是有记录以来最热的5年；2010~2019年是有记录以来最热的10年，全球陆地平均温度在过去100年升高了 0.6°C ^[1]。随着气温升高，地球表面的大气波动更为剧烈，高温、酷寒、干旱、暴雨等极端天气事件的出现将更加频繁，地球的“脾气”也在变差。

全球平均气温快速上升与大气中以 CO_2 为主的温室气体浓度快速升高密切相关^[2]。为减缓全球气候变化，限制温室气体排放

量是最直接最有效的途径。对全球升温的贡献百分比来说，主要是 CO₂、CH₄、N₂O 三种，特别是由于 CO₂ 占比达到 55% 而备受关注^[3]。1860 年以来，主要由于人类活动所排放的 CO₂ 等温室气体，平均每年增长率为 4.22%^[4]。2019 年，大气中 CO₂ 浓度已经超过 415 ppm，创造了有史以来最高纪录，更加逼近科学界和国际社会所认定的安全红线^[1]。

1.2 国际国内背景与现实意义

全球气候变暖，地球气候正接近不可逆转的转折点，全球变暖程度越高，发生低可能性、高影响结果事件的概率就越大，不排除气候系统的突变反应^[2]。因此，全球气候变化的核心问题在于控制温室气体排放，特别是控制碳素的排放^[2]。碳达峰（carbon emission peak）指在某一个时点，CO₂ 等温室气体的排放不再增长达到峰值，是 CO₂ 排放量由增转降的历史拐点。碳中和（carbon neutrality）是指通过减源、控碳和增汇等手段，使得碳排放和碳吸收之间达到平衡，实现碳净零排放。实现碳中和是减缓气候变暖的根本途径。中国提出碳达峰碳中和的重大战略决策，既是基于中国推动构建人类命运共同体的责任担当，也是我国高质量发展的内在要求。

从 2005 年开始，中国就已经成为全球碳排放量最大的国家。2019 年，我国 CO₂ 排放总量约为 98 亿 t，占全球碳排放总量的 27.92%^[5]，国际环境外交谈判压力很大。全世界约有 50 个国家已经实现了碳达峰，其排放总量占到了全球排放的 36% 左右。其中，欧盟在上世纪 90 年代实现了碳达峰，其峰值为 45 亿 t；美国碳达峰时间为 2007 年，峰值为 59 亿 t^[6]。据测算，我国实现碳达峰

的预测峰值约为 110 亿 t。另外，全球已有 50 余个国家和地区承诺实现碳中和目标^[7]。中国的碳中和承诺如若按期实现，将使全球气温升高幅度减少 0.2~0.3 °C^[8]。

双碳目标愿景的提出将中国的绿色发展之路提升到新的高度，成为中国未来数十年内社会经济发展的主基调之一。只有将双碳目标纳入生态文明建设整体布局，才能推动经济社会绿色转型和系统性深刻变革。从现在至 2030 年，我国的碳排放仍将处于一个爬坡期；2030~2060 年间，碳排放要渡过平台期并最终完成中和任务。中国目前仍然处于工业化和城镇化快速发展阶段，具有高碳的能源结构和产业结构，发展惯性大，路径依赖强。用不到 10 年的时间实现碳达峰，此后再用不到 30 年的时间实现碳中和，几乎没有缓冲期，时间紧，任务重。因此，双碳目标，不是百米赛跑，而是一场马拉松，需要国人齐心协力，拿出抓铁有痕的劲头。

2 国家与江西省层面实现“双碳”目标的顶层设计

2.1 国家顶层设计

自从 2020 年 9 月中国向世界作出“双碳”目标承诺以来，随后在党的十九届五中全会、中央经济工作会议、全国两会以及中央财经委员会第九次会议等一系列重要会议上，党中央对碳达峰碳中和工作作出部署，明确了基本思路和主要举措。2021 年 10 月，《生物多样性公约》第十五次缔约方大会领导人峰会上提出：我国将陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和一系列支撑保障措施，构建起实现“双碳”目标的“1+N”政策体系。总体上，既

要“做减法”，也要“做加法”，选择合适的技术手段实现“减碳、固碳”，逐步达到碳中和。其中：做减法包括降低能源消耗总量、降低能源碳强度，即在能源供应端尽可能用非碳能源替代化石能源发电、制氢。在能源消费端力争在生活、交通、工业、农业、建筑等绝大多数领域中，实现电力、氢能、地热、太阳能等非碳能源的替代；做加法主要是增加碳捕集利用封存和增加陆地生态系统碳汇，即在人为固碳端通过碳捕集封存、生态建设、土壤固碳等组合工程去除不得不排放的 CO₂。

总体上要将优化产业结构和能源结构作为碳达峰碳中和的工作重点，以能源脱碳为主线加速推动工业、建筑、交通等行业大规模去碳化。有研究认为，至 2060 年中国实现碳中和的时候，能源领域减排的贡献超过 80%，碳捕集利用封存的贡献与陆地生态系统碳增汇的贡献都在 10% 左右^[9]。

2.2 江西省总体部署

2021 年 11 月 17 日，江西省委书记易炼红同志主持召开江西省碳达峰碳中和工作领导小组第一次全体会议。会议就科学合理、有序有效推进碳达峰碳中和战略提出明确要求。1) 着力构建绿色低碳循环发展的现代产业体系，在调整产业结构中全面“减碳”；2) 加快推进能源结构调整，推动可再生能源替代行动，加强能耗总量和强度双控管理，在能源结构优化中持续“降碳”；3) 抓紧部署绿色低碳前沿技术研究，在创新绿色技术中助推“低碳”；4) 发挥江西绿色生态优势，加强山水林田湖草沙生命共同体建设，抓紧实施重要生态系统保护和修复重大工程，全面提升生态系统的碳汇增量，提升生态系统有效“固碳”；5) 加快构建有利于碳达峰

峰碳中和的制度框架，在完善政策体系中实现“控碳”。

3 助力“双碳”目标贡献江西水利力量的建议

实现“双碳”目标需要各个行业、各个领域和全体国民的共同努力，是多层次、多维度的全局性工作，是一场硬仗，也是对我们党治国理政能力的一场大考^[2]。水利行业在碳达峰碳中和进程中也同其他行业一样肩负着重要责任，并将发挥不可替代的作用。对江西省而言，水利行业应从自身业务特点出发，充分考虑江西省雨情、水情，找准工作重点，分析行业碳排放特点及碳吸收潜力，采取积极措施推动本行业及全社会碳中和目标的实现。作为未来一段时间江西水利工作的行动纲领，《江西省推进新时代水生态文明建设五年行动计划（2021-2025年）》（以下简称《行动计划》）在“第一条 指导思想”中已明确要“贯彻落实碳达峰碳中和等重大部署，着力构建持续水安澜、优质水资源、健康水生态、宜居水环境、先进水文化的水安全保障体系”。江西省水利厅已将助力实现“双碳”目标作为水利工作的重要指导思想。尽管水利行业涉及碳素减排增汇的内容很多，但结合江西省情和水情，重点应从水资源节约保护与高效利用、水电资源开发、水利工程建设管理、水土保持和必要的人才科技保障等方面发力。

3.1 水资源节约保护与高效利用

与“双碳”目标近似的名词就是“低碳水利”。低碳水利，就是以节约和保护水资源为中心，以低碳水利建设、低碳水利管理为基本点，实现水资源的永续利用和水利的可持续发展，其核心是节约、保护水资源。因此，“双碳”目标对江西水利工作的首要要

求就是水资源的节约、保护，促进水资源的合理配置与高效利用。气候变化深刻影响到水循环多过程及其多向反馈作用机制，进一步加剧水资源供需矛盾。同时，生态用地与生态用水不断被挤占又加剧了气候变异过程。因此，需要对传统水资源开发利用与保护模式进行革新，减缓和适应气候变化。严登华等^[10]对此进行了深入研究，将碳的净排放约束纳入到水资源优化配置中，提出了基于低碳发展模式的水资源合理配置模型，构建了区域碳-水耦合系统。联系江西实际，本文认为适应“双碳”目标的水资源刚性约束，应重点考虑以下几个方面的工作：

（1）从水资源规划角度看，水资源分配要实施最严格水资源管理制度，遵循“四水四定”原则，从人与自然和谐共生理念出发，尽可能降低水资源利用量和污水排放量。目前，正在紧张开展的鄱阳湖流域水资源“四定”管理创新试点研究，也应将碳减排约束纳入一并考虑，根据水资源承载能力优化城市空间布局、产业结构和人口规模。

（2）遵循“保护优先，统筹协调”原则，坚决抵制不合理用水行为，提高水资源利用效率。尽管江西属于丰水地区，但水资源利用效率偏低。正如《行动计划》中明确指出，要“推进农业节水增效、工业节水减排、城镇节水降损，加快推进城乡生活节水”。

（3）继续发挥水经济的杠杆作用，深入推进农业水价综合改革。2020年，江西省农田灌溉水有效利用系数为0.515^[11]。农业水价综合改革将在促进水资源农业高效利用和减排上发挥重要作用。要健全农业水价形成机制、精准补贴机制、用水管理机制、工程运行管护机制和农业水权制度，加快建成农业供用水计

量设施体系，促进农业生产节水减排。

(4) 提高非常规水资源利用。《江西省水资源公报》显示，2019 年全省非常规水资源利用量 2.16 亿 m^3 ，其中雨洪利用量 1.57 亿 m^3 ，污水处理回用量 0.59 亿 m^3 。然而，当前江西非常规水利利用量仅占 0.85%，比例极小。今后要大力提高非常规水资源利用。一方面，在确保防洪安全前提下，对汛限水位、进入后汛期时间和区域进行科学调度，拦蓄洪水，特别是抓住洪水“尾巴”；另一方面，积极规划和兴建一批新的调蓄工程，提高水资源调配能力，促进水资源的时空均衡^[12]。相对于开发新的水源，污水资源化利用能够减少对水生态环境破坏，缓解水资源不足和提高水资源利用效率，也是助力“双碳”目标实现的重要举措。

3.2 水电资源开发

为了落实“双碳”目标，国家“十四五”能源发展规划提出更加积极的新能源发展目标，要“因地制宜开发水电”。我国目前产业结构和工业体系主要是以高碳为主，发电方式主要依靠火力发电，火电占全国发电量的 67.9%^[13]，水电的比例仅为 17.8%^[14]。如果以燃烧煤炭的火力发电为参考计算减排效益，每节约 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电，就相应节约标准煤 0.4 kg，减少 CO_2 排放 0.997 kg^[15]。按照这一标准，2020 年全国水电发电量 1.36 万亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ^[16]，相当于减排 13.56 亿吨 CO_2 ；仅三峡电站 2020 年发电量就高达 1118 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ^[17]，相当于减排 1.115 亿吨 CO_2 ；作为江西小三峡的峡江水利枢纽工程总装机 36 万 kW，年发电量若按 11 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 计算，相当于每年可减排 90 万吨 CO_2 。可见，相比于火电的高能耗，水电是一种清洁能源，能够有效减少化石能源消耗，是实现“双碳”目标的重要

路径。

江西省境内水系发达，有巨大的水能潜力。全省多年平均降水量 1638.4 mm，多年平均水资源量 1565 亿 m^3 ^[12]，全省理论水能蕴藏量达 6845 MW，技术可开发量 5370 MW，年发电量约 200 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ^[18]。尽管江西农村水能资源开发率已达到 77%，剩余的 23% 开发难度相对较大^[19]。但通过对现有老旧电站进行挖潜改造、增效扩容，可进一步提高水能利用率。国家能源局表示，到 2030 年非化石能源的一次能源消费比例要达到 25%。虽然水电资源开发对河道健康造成一定的负面影响，但是只要科学调度，保证必要的生态流量，可降低对水生态环境的影响。因此，作为水能资源丰富的省份，因地制宜开发水电是促进经济社会发展和碳减排的双赢途径，是贡献江西力量的重要方面。除了传统的水库水能资源开发、河道闸坝水电开发、农村小水电开发及挖潜增效之外，还包括抽水蓄能电站的开发利用，合理利用水能资源、促进节能减排。

3.3 水利工程建设中的资源节约与环境保护

水是生命之源、生产之要、生态之基。我国建设现代化经济体系和生态体系的重大部署把水利放在九大基础设施网络建设之首。水利的核心要义是趋利避害，水利的高质量发展就是要以贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念为引领，做大水的“利”，控制水的“害”^[20]。但在推动社会经济发展的同时，水利行业也成为了重要的能源消耗体和温室气体排放源，特别是在水利工程建设过程中还存在一些环境不友好型、资源不节约型的理念、技术与方式。水利基础设施的建设和运营是水利行业的主

要碳源。根据水利行业特点，与水利基础设施建设与运营相关的工程措施会排放较多的 CO₂，与水资源管理相关的非工程措施所排放的 CO₂ 较少。因此，工程措施是碳减排的重点关注环节。创新治水理念、技术与方式，降低水利工程规划、设计、建设、管理全链条中的能源资源消耗和环境污染，以最小的成本获得最大的经济和环境效益。

未来五年，江西在推进防洪工程建设（如鄱湖安澜百姓安居“双安”专项工程、圩堤除险加固、重点蓄滞洪区建设、五河治理防洪工程、中小河流治理与千亩圩堤整治、山洪沟防洪治理、病险水库（水闸）除险加固等）、供水工程建设（如建设城乡供水一体化工程体系、大中型调蓄工程、大中型灌区建设及续建配套与现代化改造等）、水生态修复工程建设（如赣抚尾间综合整治、水系连通及水美乡村建设、国家水土保持重点工程与生态清洁型小流域建设、农村水环境治理与幸福河湖建设等）过程中要推进水利工程生态化改造，大力推广绿色低碳施工方式，坚持把绿色发展贯穿于水利工程设计、施工、运行管理全过程，有效节约建筑材料，尽量就地取材，保护施工现场的生态环境，实现水利工程全生命周期绿色建造。结合江西省工作实际，目前重中之重是要加强规划设计人员的低碳意识和科学素养，在规划设计阶段充分融入低碳、绿色、循环和减排的理念和技术模式。在工程建设环节，由于水利工程一般都耗资巨大，需要大量的水泥、混凝土、钢材和土地资源，并产生大量的废水和弃土弃渣，因此要对优化施工环节和流程，合理配置人员、设备和资源，减少建设环节的碳素释放。另外，对于广泛实施的幸福河湖、河道治理和水美乡

村建设中，特别是摒弃“填埋河道、盖板封河、截弯取直、水泥护砌、铜帮铁底”的错误做法，采取“生态护岸、宜弯则弯、宜宽则宽、人水相亲”的正确做法，让河道恢复自然状态。

3.4 水土保持

生态系统固碳能力的提高是对“双碳”目标的实现最直接的响应^[21]。除了丰富水生态的物种多样性、完善水生态的碳捕集与封存能力之外，最为主要的就是通过水土流失综合治理，直接提升陆地生态系统的碳储存。《行动计划》中也明确指出要“探索推进水价值转换。坚持绿色低碳发展方式，探索畅通“绿水青山”与“金山银山”的转换路径，为碳达峰碳中和贡献水利力量”。

对于水土保持而言，尽管其出发点不是减缓全球气候变化，但是它的发展和过程却深刻地改变着地表覆被和结构、土地利用方式和陆地生态系统的经营措施等，从而对碳素或温室气体在不同库间的循环产生干扰，影响着全球气候变化。具体而言主要体现在两个方面：1) 坡面或者小流域尺度土壤侵蚀过程中，径流和泥沙本身所携带的有机碳进行迁移过程中不可避免会有部分矿化分解，从而释放到大气中。水土保持措施通过改变下垫面及地表微地形，可以减少这种气态输出过程。2) 对于侵蚀退化地而言，水土保持措施及其合理有效配置，能够促使碳素更多地储存在植物体和土壤中，达到陆地生态系统碳增汇的目的^[22]。

江西是我国水土流失比较严重的地区之一。2020年水土流失动态监测结果表明，全省轻度及以上水力侵蚀面积依然达到23613.50 km²，占全省土地总面积的14.13%^[23]。对这些侵蚀面积进行分类施策、精准治理，可以有效提高其碳汇服务功能。另外，

尽管经过近四十年的综合治理，植被得到了一定恢复，但大面积分布的马尾松等水保林生态系统的稳定性与质量依然处于较低水平，纯林、小老头林等低效林广泛存在，其碳汇等生态系统服务功能亟需提升。如兴国县塘背河小流域的研究表明，与未治理对照样地相比，治理 4 年、14 年、24 年和 34 年后水保林样地 1 m 深度内土壤有机碳吸存速率分别达到 $0.74\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 、 $0.14\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ， $0.54\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $0.58\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ；但即使恢复了 34 年的水保林样地，其 1m 深度内土壤有机碳储量 ($39.65\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$) 与周边未扰动次生林 ($75.90\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$) 之间依然存在较大差距，碳汇潜力巨大^[24]，对这部分进行改造和提质增效也能有效提升碳汇服务功能。

过去几十年，江西省的水土保持工作一直走在南方红壤区的前列，基本实现了“荒山野山”向“绿水青山”的转变。下一步，要继续做好水土保持转型升级的文章，提升生态系统整体生态服务功能。具体到水土保持碳汇方面，建议从以下 3 个方面着手：1）要科学评估江西省（特别是赣南）四十年水土保持综合治理的碳汇效益和未来水土保持综合治理的碳增汇潜力，预估水土保持对碳中和的预期贡献；2）构建低碳侵蚀区水土保持生态恢复全过程碳收支计量与监测评估技术体系；3）以广泛分布的马尾松低效林和柑橘类果园（特别是脐橙园）为对象，科学开展面向碳吸存的水土保持生态恢复综合治理，建设固碳增汇综合整治技术示范和试点，逐步构建气候变化背景下的南方红壤区水土保持固碳增汇基础理论、技术攻关、试验示范、推广应用全链条一体化体系。

4 结论

以气候变暖为主要特征的全球气候变化是不争的科学事实。早日实现碳达峰和碳中和是减缓全球变暖的根本出路。中国提出2030年前碳达峰、2060年前碳中和目标既体现了一个负责任大国的担当，也是中国高质量发展的内在需求。“双碳”目标的实现，需要各行各业的共同努力。水利作为重要民生和基础性行业，与减碳、控碳有密切关系，理应有所担当。作为水利工作大省，未来一段时间，江西应遵循《江西省推进新时代水生态文明建设五年行动计划（2021-2025年）》，重点从水资源节约保护与高效利用、水电资源开发、水利工程建设管理、水土保持四个业务工作层面发力，并结合必要的观念、人才与科技保障，为“双碳”目标的实现贡献“江西水利力量”。

参考文献：

- [1] WMO. WMO provisional report on the state of the global climate 2020. 2021
- [2] 张建云, 周天涛, 金君良. 实现中国“双碳”目标 水利行业可以做什么. 水利水运工程学报, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1613.TV.20211022.1538.006.html>
- [3] 政府间气候变化专门委员会. IPCC 第六次评估报告《综合报告》, 2021
- [4] Levin I. The balance of the carbon budget. Nature, 2012, 488(7409): 35-36
- [5] Friedlingstein P, O'Sullivan M, Jones MW, et al. Data supplement to the global carbon budget 2020. Earth System Science, 2020, 12(4): 3269-3340.
- [6] 蔡浩, 李海静, 刘静. 从国际比较看碳达峰对中国经济的启示. 新金融, 2021, 5(388): 23-29
- [7] Energy & Climate Intelligence Unit. Net Zero Tracker[EB/OL]. 2021. <https://eciu.net/netzerotracker>.
- [8] 何建坤. 全球气候治理新形势及我国对策. 环境经济研究, 2019, 3: 1-9
- [9] 中国尽早实现二氧化碳排放峰值的实施路径研究课题组. 中国碳排放尽早达峰. 北京: 中国经济出版社, 2017
- [10] 严登华, 秦天玲, 肖伟华, 等. 基于低碳发展模式的水资源合理配置模型研究. 水利学报, 2012, 43(5): 586-593
- [11] 江西省水利厅. 江西省水资源公报, 2020

- [12] 孙晓山. 充分发挥江西发展的水资源优势. 中国水利, 2014, 12: 9-12
- [13] 苏健, 梁英波, 丁麟, 等. 碳中和目标下我国能源发展战略探讨. 中国科学院院刊, 2021, 36(9): 1001-1009
- [14] 中国电力企业联合会. 2020 年全国电力工业统计快报数据一览表. 2021
- [15] 舟丹. 节约 1 度(kW·h)电或 1kg 煤到底减排了多少“二氧化碳”或“碳”? . 中外能源, 2011, 16(11): 58
- [16] 中电联电力统计与数据中心. 2020-2021 年度全国电力供需形势分析预测报告. 2021
- [17] 中国三峡集团有限公司. 中国三峡集团有限公司 2020 年度报告. 2021
- [18] 马国洋. 江西抚河流域水能资源开发现状及对策研究. 陕西水利, 2021, 12: 32-34
- [19] 曹腾飞, 周斌, 郭庆斌, 等. 关于江西省绿色小水电现代化提升工程的思考与建议. 水利发展研究, 2021, 1: 64-66
- [20] 李梦娅, 贺霄霞. 从生态系统碳循环角度关注水利行业的碳达峰、碳中和. 水利发展研究, 2021, 5
- [21] 左其亭, 邱曦, 钟涛. “双碳”目标下我国水利发展新征程. 中国水利, 2021, 22: 29-33
- [22] 肖胜生, 郑海金, 杨洁, 等. 土壤侵蚀/水土保持与气候变化的耦合关系. 中国水土保持科学, 2011, 9(6): 106-113
- [23] 江西省水利厅. 江西省水土保持公报 (2020) . 2021

[24] Xiao SS, Zhang J, Duan J, et al. Soil Organic Carbon Sequestration and Active Carbon Component Changes Following Different Vegetation Restoration Ages on Severely Eroded Red Soils in Subtropical China. *Forests* 2020, 11, 1304

库区型水文站使用在线 ADCP 流量监测系统 情况的调研报告

信江饶河水文水资源监测中心 韩建军

在线 ADCP 是先进的流量测验仪器。江西水文加大了水文信息化建设步伐。水位、雨量实行了自动采集存储、远程传输，流量测验设施设备得到了很大改善，引进 ADCP 在线流量测验设备，减少了水文测验的劳动强度，推进了水文监测自动化的快速发展。

一、调研背景

近年来，受水利工程影响，部分河段的水文站成为库区型水文站，河流的天然状态发生较大改变。库区型水文站，由于库区水位受控制影响，控制期水位变化小，流量变化大，水位流量关系不相应，需要采集大量的流量数据反映流量的变化，水位流量定线困难。

在线 ADCP 监测系统可以用于监测水位、流速、流量的实时变化，是一种可用于复杂环境下的水文站流量测验新方法，在国内很多河流环境中获得成功。因此，推广在线 ADCP 监测流量，能实时提供流量数据，满足防汛抗旱、资料整编等要求。现简要介绍在线 ADCP 在受水利工程影响河段上饶、渡峰坑水文站的作业情况。

二、测站现状

（一）上饶水文站

上饶水文站位于上饶市信州区滨江东路，1956年10月设立，集水面积 2735 km²，属玉山水控制站，国家重要水文站。

本站测验河段顺直长约 2000 m，两岸为浆砌石防洪堤。断面上游 740 m 处有一座长塘大桥，下游约 600 m 处和 809 m 处各有一座大桥，下游约 1400 m 处是玉山水和丰溪河汇合口。下游约 11 km 处为 2005 年建成信州水利枢纽工程。受下游信州水利枢纽工程的影响，上饶站成为库区型水文站，常年水位基本维持在 64.40 ~ 66.00 m。洪水来源为上游降水，洪水期受丰溪河顶托影响，水位流量关系不稳定，历年资料整编采用连实测流量过程线法。

(二) 渡峰坑水文站

渡峰坑水文站位于江西省景德镇市昌江区西郊垦殖场庄屋下村，1941 年 4 月设立，集水面积 5013 km²，系昌江控制站。现有监测项目水位、流量、沙量、降水量、蒸发和水质等功能，资料系列水位流量自 1950 年至今，除担负基本水文资料收集外，主要承担景德镇城市防洪、水环境监测、周边和下游地区水情信息服务等工作。

本站测验河段顺直长约 1200 m，上游 1000 m 有一弯道，弯道左岸有一支流南河汇入，下游 12 km 处的鲇鱼山节制闸对本站水流产生严重的顶托影响。洪水来源为上游降水，水位在 24.50 m 以下时，由于受鲇鱼山节制闸影响，水位流量关系紊乱，24.50 m 以上时，主要受洪水涨落影响，历年资料整编采用连实测流量过程线法。

三、比测率定

(一) 上饶水文站

选定上饶水文站基本水尺断面为在线 ADCP 率定断面。因上

饶站无其他流量监测设施，故率定比测采用走航式 ADCP 法。河段区间无支流汇入，选择上饶水文站上游 740 m 处长塘桥作为走航式 ADCP 测流断面，两处断面均受下游信州水利枢纽工程的影响。

采用 2019 年 4 月 30 日 ~ 2020 年 7 月 9 日的时间段资料，35 组比测流量数据分析率定流量。比测期间，实测水位变幅为 64.07 ~ 66.98 m，占历年水位变幅 35.4%，实测流量变幅 36.4 ~ 3590 m³/s。

依据相关水文规范，分析内容包括：绝对误差、相对误差、标准差、随机误差等。根据分层流速特征，针对不同水位级，采用不同分层数据计算出流量并建立相关关系。当水位小于等于 65.30 m 时选用 5 ~ 20 层指标流速，相关关系为 $Q_{\text{走航}}=1.0336Q_{\text{在线}}+24.803$ ($R^2=0.9926$ ，相关关系良好)；当水位高于 65.30 m 时选用 1 ~ 4 层指标流速，相关关系为 $Q_{\text{走航}}=1.2514Q_{\text{在线}}+753.49$ ，($R^2=0.9554$ ，相关关系良好)；走航式 ADCP 流量与在线 ADCP 流量相关关系见图 1、2。 $Q_{\text{走航}} \sim Q_{\text{在线}}$ 关系线通过三检，定线精度符合《水文资料整编规范》要求。

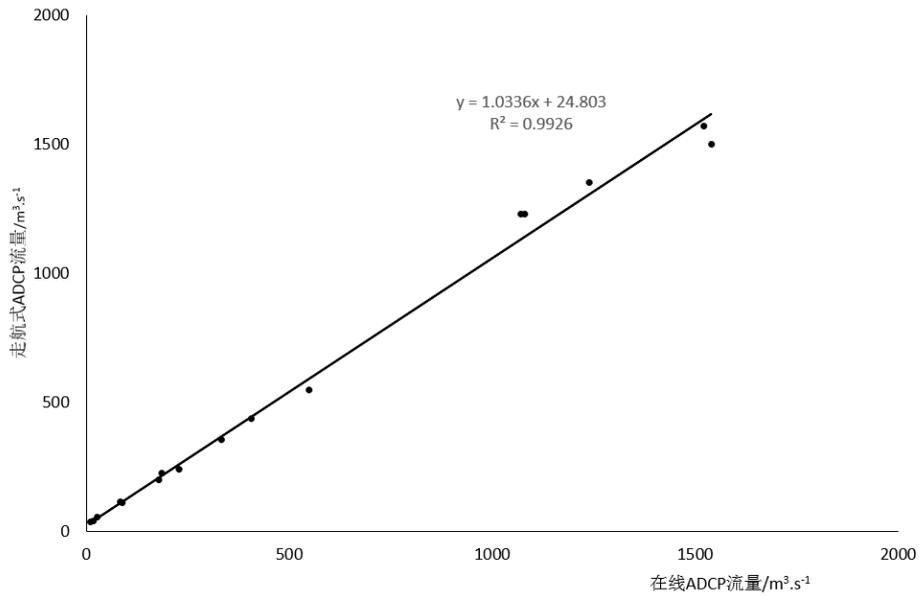


图1 水位≤65.30m 走航式 ADCP 与在线 ADCP 流量相关关系

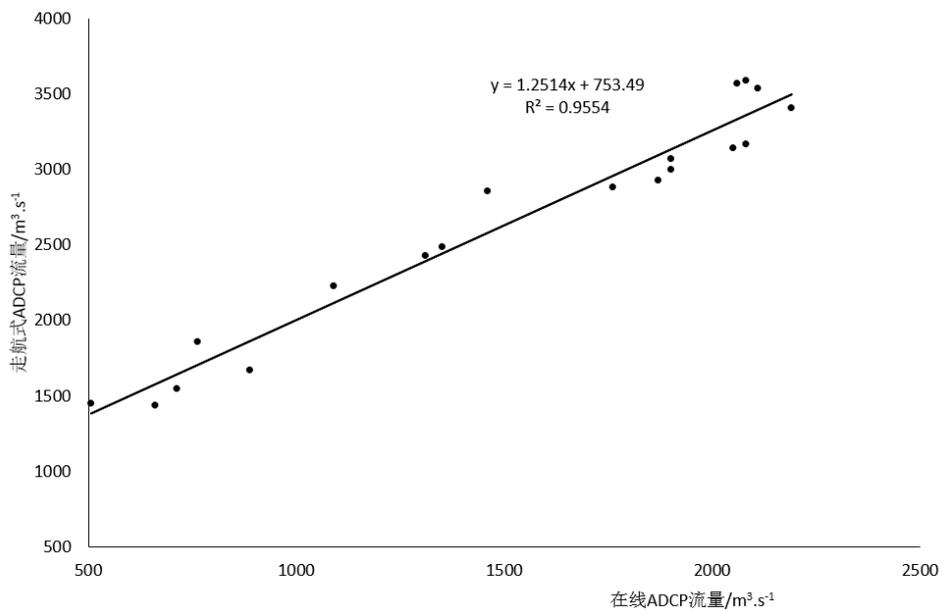


图2 水位>65.30 m 走航式 ADCP 与在线 ADCP 流量相关关系

(二) 渡峰坑水文站

渡峰坑水文站流量测验断面中泓部分靠近左岸，涨水时漂浮物较多。断面下游左岸 285 m 处有一废弃石油码头，区间无支流汇入；仪器安装在码头柱子背水一侧，具有较好的隐密性，既能较好地保护仪器不受漂浮物撞击，又不影响仪器正常测验，且码

头平台方便管理人员进行仪器设备的日常维护管理。为确保在线 ADCP 流量成果与缆道流速仪法流量成果的一致性，本次率定选用同时测验数据。

本次率定分析选定的资料时间段为 2014 年、2016 年、2017 年三年数据，2015 年 1~8 月因仪器故障（主汛期资料缺失），故 2015 年数据不参与率定分析。2016 年 1 到 2 月、2017 年 5 到 6 月在线式 ADCP 仪器故障，数据缺失，此时段不参与率定分析。率定期间，渡峰坑站出现 3 次超警戒洪水，最高水位为 33.89 m（2016 年），最低水位为 22.99 m（2017 年），占历年水位变幅 81.1%。

流速仪法断面平均流速与在线 ADCP 指标流速的关系见图 3。从图 3 可知，当水位达到 24.50 m（即平均流速大于 0.30 m/s）以上时，两断面流速呈单一的线性关系，河道恢复天然状态，可直接用流速仪成果与在线 ADCP 成果进行率定。当水位低于 24.50 m（即平均流速小于 0.30 m/s）时，受闸坝影响，流速关系散乱，视为闸坝影响下的非自然流态，采用缆道流速仪法的流量成果难以保证精度，故采用走航式 ADCP 测验成果与在线 ADCP 测验成果对比。

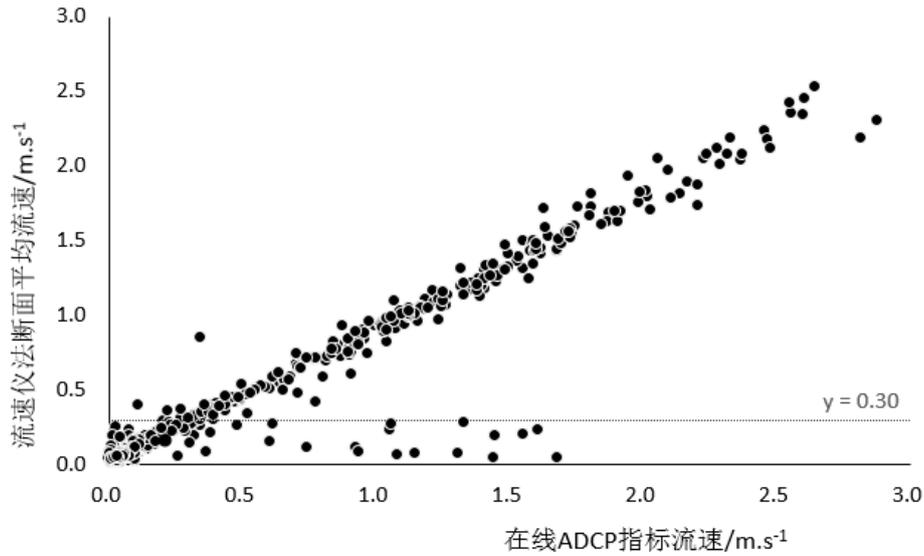


图3 流速仪法断面平均流速与在线 ADCP 指标流速图

本次率定分析资料的时间段为 2014 年 2 月 24 日~2014 年 12 月 31 日、2016 年 2 月 26 日~2017 年 12 月 31 日。水位大于 24.50 m，且平均流速大于 0.30 m/s，有同时在线 ADCP 数据，缆道流速仪法测流共有 169 次，采用流速仪法断面平均流速与在线 ADCP 流速建立相关关系（见图 4），相关关系为 $V_{\text{实测}}=0.8910 V_{\text{在线}}$ ($R^2=0.9711$ ，相关关系良好)。 $V_{\text{实测}} \sim V_{\text{在线}}$ 关系线通过三检，定线精度符合《水文资料整编规范》要求。

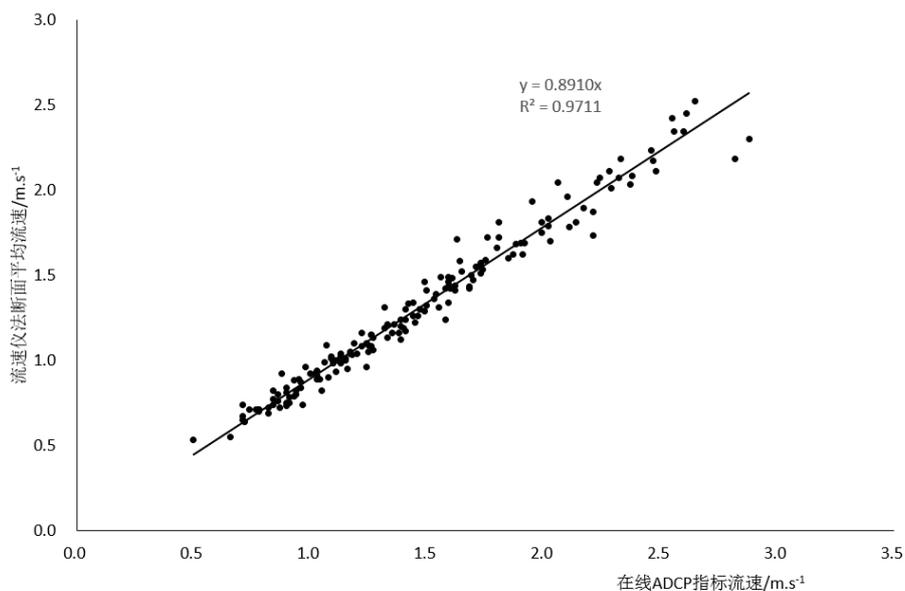


图4 流速仪法断面平均流速与在线 ADCP 指标流速相关关系

为验证在闸坝影响下在线 ADCP 的稳定性，另收集 M9 走航式 ADCP 的 30 个测点与在线 ADCP 数据进行分析，采用走航 ADCP 流速与在线 ADCP 指标流速建立相关关系见图 5。相关关系为 $V_{\text{走航}}=0.8335 V_{\text{在线}}$ ($R^2=0.9770$ ，相关关系良好)，由此可知在闸坝影响下，在线 ADCP 同样具有稳定的测验性能和较高的测验精度。

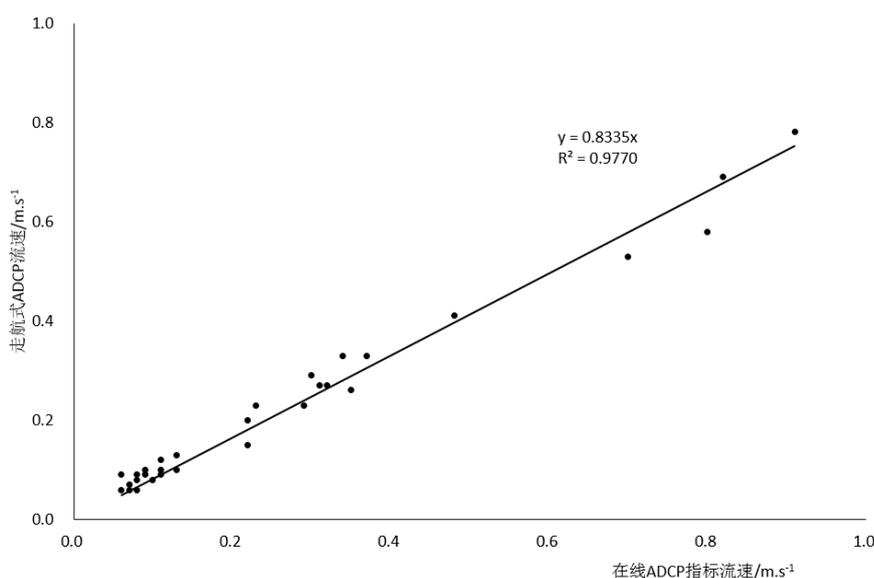


图 5 走航 ADCP 流速与在线 ADCP 指标流速相关关系

(三) 结论

从两个站点的率定情况可知，在线 ADCP 流量监测系统在受到水利工程影响的上饶站和渡峰坑站可以建立良好的相关关系，在线 ADCP 流量监测系统在此类断面是可以应用的。

四、思路和建议

在线 ADCP 是一种先进的、技术含量高的测流仪器，具有安装简便，日常运行成本低，实时监测，数据自动传输等优点，并有一定抗干扰能力、对不同水流均具有适应性。采用该仪器设备采集的水位、流速、流量等数据进行水文资料整编，减少了资料

二次录入错误，提高了资料整编质量和工作效率。

在线ADCP在使用过程中出现数据缺失的情况，主要由数据传送模块和探头故障造成。测站人员要掌握仪器设备故障维修方法，定时认真检查电源和设备状况，要做好仪器到场维修或更换设备以及防雷、防盗、防电击等安全措施；枯水期择机清洗探头，以确保探头状况良好；后期要继续同步收集实测流量与在线ADCP测验资料，积累资料验证率定系数的稳定性及相关关系的有效性。

送 水利部办公厅、政策法规司、发展研究中心；长江水利委员会政策法规局；省委农办、政研室，省人大财经委、农委、环资委，省政府办公厅秘书一处，省政协农委、人资环委、社法委；厅领导、总工程师，驻厅纪检监察组，各设区市、省直管试点县（市）水利局，厅机关各处室，厅直各单位，省鄱建办

主 编：刘毅生、王敬斌、张磊

编 辑：吴礼玲

投稿邮箱：jxsslzyjzx@163.com

共印 100 份