

测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区应用实践探索及存在问题研究

陈国光

身份证号码: 642224197004080015

摘 要: 阐述了引黄灌区在宁夏经济社会的地位和灌区的现状情况, 分析了测控一体化技术与设备在促进宁夏引黄现代化灌区过程中的作用和存在的问题, 认为测控一体化技术与设备是应用是现代化灌区的基础性要素之一, 是水量精准计量的关键设备, 是提升现代化灌区管理水平的重要手段, 应进一步加资金投入加快推广实践应用。分析了测控一体化技术与设备的内涵与主要特征, 以及在宁夏引黄灌区推广应用中需要改进的建议。

关键词: 测控一体化; 现代化灌区; 农业水价改革; 灌区管理

Study on application practice and existing problems of measurement and control integration technology and equipment in Ningxia Yellow River Irrigation Area

Guoguang Chen

Id No.: 642224197004080015

Abstract: This paper expounds the integration of integrated technology and equipment in the process, and analyzes the role and problems, that the integrated technology and equipment is one of the basic elements of modern irrigation area, is the key to improve the management level of modern irrigation area, should further increase investment to speed up the practical application. The connotation and main characteristics of measurement and control integration technology and equipment, and the popularization and application in Ningxia.

Keywords: Measurement and control integration; Modern irrigation area; Agricultural water price reform; Irrigation area management

宁夏地处我国西北内陆, 干旱缺水、生态环境脆弱是基本区情, 经济社会发展的核心在水、关键在水、难点在水。测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区的引进和成功示范, 为宁夏引黄灌区的现代化建设提供了重要抓手, 为区内农业水价综合改革、节水型社会建设、用水权改革等积累了宝贵经验。但在实际应用工作中, 由于受到资金、管理、制度等因素的影响, 测控一体化技术与设备的推广应用仍然面临着一些问题。这些问题的存在不仅制约了传统灌区向现代化生态灌区转型升级和灌区的高质量发展, 还影响广大群众参与灌区现代化改革的积极性。因此, 对测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区实践应用情况及存在问题进行分析探讨, 并就这些问题提出应对措施无疑具有重要的现实意义。

一、宁夏引黄灌区基本情况

宁夏地处黄河流域上游, 土地总面积6.64万 km^2 , 行政区划为5个地级市、22个县(市、区), 从南向北按地形分为南部山区、中部干旱带、北部引黄灌区。其中有4个地级市(除固原市以外)分布在北部引黄灌区, 引黄灌区是宁夏农产品主产区, 也是本地区政治、文化、经济、工业以及生态环境等经济社会发展的重要载体。

黄河是宁夏境内最主要的地表水源, 全区现状年耗水总量约38.87亿 m^3 , 其中黄河水占比达87.78%, 农业用水占全区总耗水量的78.4%(主要集中在北部引黄灌区)。黄河在宁夏段的多年平均含沙量约1.17 kg/m^3 , 其中汛期平均含沙量2.54 kg/m^3 , 汛期常见较大含沙量可达10 kg/m^3 (一般出现天数不超过7天)。宁夏现状统计灌溉

面积约1110万亩, (1亩=1/15hm², 下同), 灌区分布从南向北基本分为南部多个库坝组成的库井灌区、中部三大扬黄工程组成的扬水灌区、北部两大枢纽(沙坡头水利枢纽、青铜峡水利枢纽)控制的引黄灌区。其中引黄自流灌区面积约616万亩, 扬黄灌区面积404万亩, 库井灌区面积88万亩。

全区亩均灌溉取水量591m³/亩, 其中自流灌区亩均灌溉水量595 ~ 1210m³/亩(大值为水稻亩均灌溉水量), 扬水灌区及库井灌区亩均灌溉水量260 ~ 377m³/亩。现状由10个管理处对已建的总长约2253km引、扬黄灌区的干渠和规模以上的5134座干渠分水口进行管理和调度, 支渠及以下田间部分的2780余条支、斗渠和及13266座支渠分水口由各县及水务部门协同900多个农民用水协会共同负责管理和操作。渠道的运行干渠以续灌为主, 支渠、斗渠及以下田间以轮灌为主。

现状干渠分水口流量在6 ~ 0.2m³/s, 量测水设备自流灌区以流速仪为主, 扬水灌区以无喉道量水堰为主, 计量精度约76% ~ 94%, 其中扬水灌区分水口计量精度高于自流灌区。支、斗渠分水口流量0.4 ~ 0.1m³/s, 基本没有没有计量设施, 主要由用水协会或村集体根据多年管水经验按照用水户灌溉面积、灌水时间等方法分摊水量作为水费收缴依据。

宁夏引黄灌区农业用水收费价格一般自流灌区为3.05分/m³, 扬水灌区水费在13.5 ~ 17.9分/m³不等(根据提水高度不同分别核算), 在水价改革试点中, 对示范县(区)的水价进行了调整, 自流灌区水价调整为7.1分/m³, 扬水灌区水费调整为21 ~ 33.9分/m³不等。

引黄灌区有力支撑了宁夏经济社会的发展, 但灌区传统管水用水模式已不能适应现代化节水型灌区的发展要求, 通过不断探索实践, 深刻认识到唯有突破传统管理理念, 用运先进的技术和设备对灌区进行升级改造, 走灌区现代化转型升级发展路子, 将是确保灌区焕发新的活力, 为宁夏经济社会发展做出更大贡献的有效途径。

二、测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区的引进及应用情况

测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区的引进与应用基本分为试点引进、示范应用、提升完善三个阶段。

1. 试点引进阶段。2009年宁夏引黄灌区从国外引进13套翻斗式测控一体化闸门, 建成了我国第一个灌区测控一体化示范点, 取得了较好的效果。2013年至2015年又陆续在中卫市的南山台子和吴忠市的甘城子两个扬水灌区条件较好的分水口试点安装了100余套不同规格和型式的测控一体化设备。设备投入运行后渠道的运行管

理人员不用晚上去现场启、停闸门, 在调度室通过操作平台控制灌水调度。同时对渠道的巡护通过视频实时在线观察, 减少了现场巡护的工作量, 对于突发情况能第一时间发现、处置等, 减轻了运行管理人员的工作量, 测控一体化技术与设备得到了渠道管理单位普遍认可。但由于用水户已经习惯传统的按时间、按亩均摊销水量付费的方式, 对于计量精度的提高, 之前的一些“人情水”也需要缴费, 同时也对新设备的测量精度提出质疑, 用水户普遍对该类设备的使用持怀疑和反对态度。

2. 示范应用阶段。2016年至2018年结合宁夏智慧水利试点建设工作的开展, 在青铜峡灌区基础条件较好的利通区和贺兰县现代化灌区建设项目推广安装了6家企业近1800余套不同规格型号测控一体化设备, 并对部分运行工况和环境条件复杂的水分口进行了试点, 同时首次开展了测控一体化设备现场计量准确度的检测检验工作。虽然各个厂家提供的设备在出厂检验的测量精度都是满足要求的, 但通过对不同厂家在同一测量断面的计量数据分析, 由于现场安装条件、安装施工及调试、取水口泥沙淤积等因素影响, 设备的现场测量准确度受到不同程度的影响, 在安装工况较复杂的水分口表现更加突出。同时部分山区的通信情况也不太乐观, 通信环境也是测控一体化技术推广应用中应该更加关注的内容之一。

3. 提升完善阶段。2019年以来随着宁夏智慧水利建设的持续推进和宁夏水利云平台的应用, 引黄灌区测控一体化技术与设备在实际应用中不断的提升和完善, 截止2021年4月, 宁夏引黄灌区已安装各类型测控一体化设备达3385套(其中: 干渠1483套、支渠以下1902套), 结构型式有测箱板闸、翻斗式槽闸等。这期间针对测控一体化设备现场计量准确度差异较大、通信环境适应性等方面的问题, 在一些干渠的开口上针对性的开展了设备计量准确度试验, 其中在唐徕渠集中安排6家企业的多个类型设备进行了准确度试验。同时之前由于尚未建设自己的数据平台, 所有的操作都是基于设备厂家的虚拟平台进行, 数据流向了设备厂家, 对数据的安全无法得到保障, 在2019年以后建成了专门的数据平台, 切断了数据流向厂家的通道。通过这一期间的完善和升级, 所有测控设备基本实现了闸门远程启闭、流量控制、视频监控等系统的自动化管理升级。但也暴露出了测控一体化没有专门的技术标准、缺乏计量准确度评价依据, 同时设备受泥沙影响、建管模式、改造成本高等问题困扰, 全面推广应用进程相对较慢。

测控一体化技术与设备是一项针对传统灌区向现代

化灌区转型升级过程中产生和发展的系统化应用体系,自引进宁夏引黄灌区以来通过不断的适应与改进,目前已形成了宁夏引黄灌区特点和模式,为农田灌溉条件的改善和农业可持续发展创造了有利条件。

三、测控一体化技术与设备应用成效

测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区的引进到全面适应和推广用虽然存在许多困难和问题,但总体成效显著。

1.提高了工作效率。在测控一体化技术应用之前,各个水管处人员在灌水之前与用水协会根据各级渠道作物种植情况,研究制定详细的配水方案,在灌水期间必须安排人员三班连续作业,人工控制闸门启停,夜间安排工人巡护,工作量繁重。在新技术调试应用完成后,管理人员在数据平台将每期的灌水时间和水量录入后,每级渠道和分水口按设定程序依次工作,管理人员不需在晚上去开启和关闭闸门,减轻了水管单位、农民用水协会管理人员的工作强度,同时渠道配套的高分辨率带夜视功能的摄像机极大地减少了巡护工作。

2.提高了计量成果的稳定性。测控一体化从干渠到田间系统安装了测量和控制设备,提高了干渠和支渠等分水口的水量计量准确度,每级渠道各分水口的流量数据相互复核,整个灌溉系统的量测水准准确度提升,标准化规范化程度较高,计量数据受人为观测的误差和出错率极大降低,提高了从干渠到田间的全系统的测量成果的稳定性。

3.提高了应急处突的及时性。对突发问题的研判更加准确,缩短了流程,降低了灾情险情的损失。通过大数据平台将上游引水、降雨等一系列数据和下游的用水数据相关联,对个别时段突出数据可以及时反馈到调度平台,管理人员及时通过管理平台与管水、用水单位协调,在第一时间提出应对措施,缩短了突发事件的应对时间,几十银有效性不断提升,减少或降低了损失。

4.提升了用水户对水管单位的信任度。通过测控一体化设备的应用,计量精度得到很大程度改善,从源头上杜绝了之前的“大锅水”、“人情水”,灌水量、水费实时在手机上更新,用户与用水协会之间的矛盾得到化解,广大用水户对水管部门的服务满意度有了较大提升,水管单位的公信度进一步提高,用水户的节水意识显著增强。

5.提升了灌区的自动化水平。测控一体化技术在宁夏引黄灌区的成功应用过程中,主管单位指导编制完成了从设备选型、安装调试、田间设计、设备招标、评标、管理体制等系列技术规程(目前正在申报地方标准),为

下一步在宁夏引黄灌区智慧水利建设中全面推广应用,为后期全灌域智慧水利的建设和现代化灌区的发展奠定了坚实的基础。

总体来说,测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区推广应用以来,为灌区的转型升级和发展提供了技术支撑,取得了显著成效。但由于该项技术应用在寒冷地区多泥沙介质工况下,还存在泥沙淤积、现场安装条件、通信等因素对设备性能可靠性等方面造成的不利影响,需要在今后的实际运用中进一步提升和完善。

四、对测控一体化技术与设备的进一步认知

1.测控一体化技术与设备是传统灌区现代化转型升级发展的重要技术创新和关键基础设施之一,是现代化灌区建设的重要基础支撑。通过测控一体化技术与设备近年来在宁夏引黄灌区的实践应用,本文认为测控一体化技术是传统灌区向现代化灌区转型升级的一个理念创新、技术创新和实践创新,通过测控一体化技术和设备与物联网、大数据、云计算等技术的深度融合,改变了传统灌区的管水、用水方式,有效提高了用水效率和提升了灌区现代化管理水平。

2.测控一体化技术与设备是指设备使用功能的一体化,而不是设备结构型式的一体化。测控一体化设备按照功能一般分为“双控”和“单控”两种,双控功能设备应具有量测水和闸门开度两项基本功能,单控功能一般只具备闸门开度控制功能。目前宁夏引黄灌区内安装的测控一体化设备按结构形式主要分为前置测箱板闸、后置测箱板闸、翻斗式槽闸以及自控板闸等型式。(如下图)



3.测控一体化技术与设备从之前主要以国外进口为主,随着国产技术的成熟,目前国内产品已逐渐被广泛应用。测控一体化设备在宁夏引黄灌区实际应用中,根据前期安装实践和测量精准度以及管理方面等综合考虑,截止2020年底前置测箱板闸的应用比例呈递减趋势,翻

斗式槽闸应用比例基本维持, 后置测箱板闸和自控板闸的应用比例逐步增加, 同时国内新研发的如电磁感应测箱、雷达水位流速仪、独立测流箱等其他设备也有一定的应用。

不同类型测控一体化设备应用现状及发展趋势统计表

项目	前置设备	后置设备	翻斗槽闸	自控板闸	其他设备
现状比例 (%)	70.06	9.96	6.45	9.39	4.14
发展趋势	减少	增加	基本维持	增加	择机增加

注: 其他设备是指电磁感应测箱、雷达水位测流仪、改造启闭机、独立测流箱……等。

以上通过对测控一体化技术与设备的再认知, 本文认为测控一体化技术以设备要在灌区的成功应用必须系统化推进, 要建立掌握核心技术的应用平台, 做好各类数据的专题数据库, 要有专业的运维团队, 同时灌区的管理体制机制改革要结合农业水价改革同步开展。

五、测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区应用中存在问题

1. 农田水利设施分水口及流态多样。

由于受到多方面因素的影响, 灌区的发展中, 前期缺乏总体规划, 渠道布局受地理地形条件等限制, 已建的渠道分水口形式多样、流态复杂。据统计宁夏引黄灌区各管理处的干渠分水口22% ~ 41%和支渠分水口14% ~ 32%有湍流, 自流灌区更加突出。其原因: 一是分水口的平面布置、立面位置、进水口型式与渠道走向不协调; 二是灌溉期间, 闸门开度不同, 或前置测流箱淹没深度变化; 三是分水口出口侧的渠道比降较大, 流速大, 引起测流箱出现急流状况; 四是行水中, 分水口泥沙淤积和漂浮物得不到及时清理, 加剧了水流复杂与恶化。分水口以上这些情况都为我们的灌区测控一体化设备的正常运行管理工作带来了非常大的隐患。



2. 分水口淤积和杂物堵塞问题突出。

由于宁夏引黄灌区的灌溉用水高峰期和黄河的泥沙高峰期重叠, 同时引黄灌区是一项非常大的工程, 渠系长、分水口分布面广, 行水期间还存在各类杂物入渠情况。据统计各管理处干渠分水口21% ~ 37%和支渠分水口26% ~ 51%有泥沙淤积, 自流灌区更加突出。其原因: 一是灌溉季节受黄河水含沙量的影响; 二是渠道轮

灌时, 在停水时段分水口回流区落淤; 三是渠道周边村庄密布, 农田杂草、垃圾等漂浮物停留在分水口或进入测流箱。



3. 量测水准准确度差异大。

由于测控一体化设备出厂检测一般是在清水、正向流、水面平稳、低流速的水槽下进行(测箱前置式与后置式条件相近), 并采用标准表验证, 出厂测流箱的检测准确度为: 95% ~ 97%。在实际应用中受进水口土建型式、出水口渠涵型式和进出口流态影响, 干渠分水口大多数安装较良好工况下, 即流向、流态、水位、流速、工程布置等与测流箱出厂检测条件相近时(该工况占64%左右), 装置现场检测的准确度为: 80% ~ 96%, 其中>90%占23%左右。安装条件不良工况下, 即流向、流态、水位、流速、工程布置等与测流箱出厂检测条件相差大时(该工况占36%左右), 该装置现场检测的准确度只有80%左右。支渠分水口系统测水精度良好工况下(该工况占68%左右), 该装置准确度一般为: 72% ~ 93%, 其中>90%占24%左右。不良工况下(该工况占32%左右), 装置准确度一般在76%左右。

测控一体化设备准确度影响因素与程度分析

影响因素	流态	淤积	设计	复测精度	算法	含沙水	非满管	其他
因素特征	水位差 2 ~ 20 cm	厚度 5 ~ 80 cm	布置 设备 选型	条件 方法 精度	数据 舍取	< 7 kg/m ³	长期 < 50%	器件 不稳定
影响程度 (%)	26	18	17	11	10	7	7	4

4. 建设模式与运行维护不够完善。

宁夏引黄灌区在开展测控一体化设备示范建设以来, 分别进行了管理处自建自管、EPC+O、PPP等建管模式的探索, 从实际效果来看, 部分管理处自有的建设管理能力较好, 管理处从前期项目研究到建设施工全过程参与, 对多家企业的设备有较全面的认识和了解, 设备的采购与实际情况结合紧密, 同时管理处结合体制机制改革, 通过扁平化管理, 能够获得设备企业更好的后期运维服务。采用EPC+O模式下, 部分项目存在牵头方组织、协调能力欠缺, 服务不主动等问题, 给业主和项目的高效运行造成一定的不利影响; 个别项目由设备供应

商牵头, 业主一般很难获得设备企业的优惠价格, 同时由于设备企业在当地没有设立运维服务团队, 难以提供及时有效的运维服务, 实践中由设计单位牵头带来的后期运维服务问题尤为突出; 在试点采用PPP模式建设中, 由于前期管理处与项目公司的职责义务研究不够充分等原因, 后期的绩效考核操作与实际存在差异, 水价改革、水权交易以及政府可行性补贴滞后等因素, 为项目的正常运行和效益发挥带来诸多不确定影响因素。

还有设备运行期间由于闸门没有按照流程与要求操作, 导致闸门开度异常显示; 由于通信不稳定影响到远程操作与现地动作、现地显示不协调, 以及操作与显示信号延时; 分水口被杂物堵塞, 闸门关闭困难等问题。从以往统计数据显示在设备安装初期, 系统因素约占35%、人为操作不当约占27%、自然因素约占23%、设备因素约占15%、设备人为故意损坏约占1.43%。

5. 建设成本高、设备形式较单一。

目前宁夏引黄灌区已建的测控一体化设备主要分为“双控”和“单控”两种形式, 同型式设备按不同规格一般国产“双控”设备价格为7.03 ~ 10.15万元/套, 进口设备价格为10.2 ~ 18.45万元/套; “单控”设备国产价格一般在4.25 ~ 7.26万元/套, 进口设备尚无“单控”型式。同时在设备安装时需要对已建的分水口进行不同程度的改造, 一般干渠分水口土建改造费用在1.5 ~ 7.0万元/处, 支渠分水口土建改造费用约0.5 ~ 0.3万元/处。

宁夏引黄灌区目前应用的测控一体化设备主要为超声波测流箱式, 其他如电磁感应测流箱形式的测控一体化闸门、雷达水位流速仪等型的设备相对较少, 总体数量约占2.57%, 设备形式的单一化, 不利于灌区的现代化提升改造和高质量发展。

六、关于测控一体化设备推广应用的几点建议

1. 开展复杂流态、多泥沙介质下测控设备装置的测水准确度评价和标准制定, 要拓展更多型式的测控一体化技术与设备在宁夏引黄灌区的试点应用, 进一步完善测控设备的技术标准。

2. 进一步探索与宁夏引黄灌区现代化升级改造相结合的农业用水权、农业综合水价改革相适应的量测水设备应用的协调性, 加强探索与完善高质量可持续发展的量测水技术与设备应用相匹配的投建管服模式, 推行与探索“投、建、管、服一体化”的新融资模式, 吸引更多的投资者参与项目建设, 减轻对政府财政的依赖, 实现投融资主体多元化。加快建立完善水权制度、推行水权交易、培育水权交易市场, 鼓励开展多种形式的水权交易, 促进水资源的节约、保护和优化配置。

3. 开展与宁夏引黄灌区相适应的全渠道水量计量与水资源配置应用实践关键技术研究, 通过政府与企业合作, 推进测控一体化设备技术、市场的成熟度发展, 通过市场的充分竞争, 进一步提升设备的性价比和适应性。

4. 政府牵头构建测控一体化技术与设备“政、产、学、研、融、用、服”七位一体的产业园区, 组建科技创新团体和技术服务架构体系, 并适时开展项目后评估, 不断总结经验, 不断提升技术应用与设备更新水平。

致谢: 本文写作过程中原宁夏水利厅总工薛塞光教高给予的修改意见和建议, 特此致谢。

参考文献:

- [1]刘景纯. 20世纪30年代陕西新兴农田水利的系统建设与灌区新经济体构建[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 49(06): 152-161.
- [2]张铸. 永昌灌区农田水利建设存在的问题及对策[J]. 农业科技与信息, 2021(12): 120-121.
- [3]赵文雅. 西浚灌区农田水利工程建设和管理存在的问题及对策[J]. 湖南水利水电, 2021(02): 67-69.
- [4]康绍忠. 加快推进灌区现代化改造 补齐国家粮食安全短板[B]. 中国水利. 2020(09): 1000-1123.
- [5]钟鸣辉. 生态型灌区改造工程设计方案若干问题研讨[C]. 中国水利学会. 中国水利学会2013学术年会论文集——S1水资源与水生态. 中国水利学会: 中国水利学会, 2013: 178-182.