

灌区工程设计关键技术与常见问题分析

郑森文 喻凯星

中铁水利水电规划设计集团有限公司 江西 南昌 330029

摘要：灌区工程设计对农业用水保障与水资源高效利用至关重要。设计需坚守系统性、经济性、节水型、可靠性四大原则，涵盖水资源统筹、输水系统优化、节水灌溉适配、排水防涝等关键技术。针对水资源匹配、输水系统、节水技术适配性、排水系统设计等常见问题，提出勘察规划、技术选型、设施完善等优化措施，为灌区工程科学设计提供理论支撑。

关键词：灌区工程；设计技术；水资源配置；节水灌溉；优化措施

引言：农业是国家发展的根基，灌区工程作为农业用水保障的核心载体，其设计质量直接影响水资源利用效率与农业可持续发展。当前，水资源短缺与灌溉需求增长的矛盾日益突出，传统灌区设计面临技术适配性不足、系统协同性差等挑战。从核心原则出发，探讨关键技术要点，分析常见问题并提出优化措施，对推动灌区工程现代化转型具有重要意义。

1 灌区工程设计核心原则

灌区工程设计需坚守四大核心原则，在系统性治理的同时，兼顾经济性、节水型与可靠性，为工程长效可持续运行奠定基础。系统性原则要求统筹取水、输水、配水、排水全流程，实现各系统有机衔接，同时兼顾工程与周边环境协调，避免单一环节脱节影响整体效益。经济性原则强调在满足灌溉功能前提下，优化设计方案，合理选用材料与工艺，控制建设及运行成本，杜绝过度设计造成的资源浪费。节水型原则是核心导向，需结合区域水资源禀赋，融入先进节水理念与技术，最大限度减少灌溉损耗，提升水资源利用效率。可靠性原则要求充分考量自然条件变化与荷载影响，保障各系统长期稳定运行，确保灌溉供水连续可靠。四大核心原则相辅相成，贯穿设计全过程，保障工程科学合理、切实可行^[1]。

2 灌区工程设计关键技术

2.1 水资源统筹与取水工程设计技术

水资源统筹是灌区工程设计的前提，核心是结合区域水资源总量、时空分布特征及灌溉需求，科学划定灌溉水源范围，优化水源配置方案，实现高水高用低水低用、地表水与地下水合理互补，提升水资源利用的合理性与可持续性。取水工程作为灌区工程的起点，其设计质量直接决定灌溉供水的稳定性，需根据水源类型、水文地质条件及供水规模，选用适配的取水方式与技术。地表

水取水需重点考虑高程、水位、流量变化规律，自流与提水结合、选址选型合理、优化构筑物结构，设置检修、计量、防泥沙、防漂浮物设施，保障不同水文条件下稳定取水；地下水取水需结合水文地质勘察结果，合理确定井型、井深及井群布局，控制开采量，避免出现地下水位下降、地面沉降等问题，同时保障取水水质达标。此外，需建立水资源动态监测机制，实时掌握水资源变化，为取水工程优化运行提供支撑。

2.2 输水系统优化设计技术

输水系统是灌区工程的核心组成部分，承担着将取水口水资源输送至各灌溉片区的重要任务，设计核心是减少输水损耗、提升输水效率，保障水资源精准输送。设计需结合灌区地形地貌、灌溉范围、供水规模，合理选择明渠或管道输水方式，优化线路布局。明渠输水需结合地形地质情况，合理确定断面尺寸、纵坡及边坡坡度，选用抗冲、抗渗性能良好的衬砌材料，减少渗漏与冲刷损耗，设置节制闸、分水闸实现流量精准调控；管道输水优先选用耐腐蚀、抗压、耐磨管材，优化直径与敷设方式，合理设置阀井、镇墩、支墩等附属设施，减少水头损失，避免管道破损漏水，尤其适用于地形复杂、征地困难、耕地集中的灌区。此外，需考虑防冻、防淤、防堵措施，寒冷地区做好保温处理，多泥沙水源设置清淤设施，确保输水系统长期稳定运行。

2.3 节水灌溉与配水工程设计技术

节水灌溉技术是灌区工程设计的核心重点，需结合区域作物类型、土壤条件及水资源状况，选用适配的节水灌溉方式，提高灌溉水利用效率，减少灌溉损耗。常见方式包括滴灌、喷灌、微喷灌、低压管道灌溉：滴灌适用于果树、蔬菜等经济作物，可精准输送至作物根部，减少蒸发与渗漏；喷灌适用于大田作物，能均匀喷洒灌溉区域，提升均匀度与效率；微喷灌适用于多种需水植

物,受风影响小,能有效减少深层渗漏和地面蒸发;低压管道灌溉用管道代替传统的土渠,适配各类作物,兼顾节水与成本控制。配水工程需与节水技术适配,根据灌溉片区布局、作物种植结构,优化配水系统布局,合理确定管道、沟渠断面尺寸与流量,实现水资源按需分配、精准供给。同时设置流量监测与调控设施,保障各片区灌溉水量均匀,结合作物生育期需水规律优化灌溉制度,进一步提升灌溉合理性与水资源利用率^[2]。

2.4 排水防涝工程设计技术

排水防涝工程是保障灌区工程安全运行、保护农田生态的重要支撑,设计核心是及时排出田间多余水量,防止土壤盐碱化、内涝灾害发生,保障作物正常生长。设计需结合灌区地形地貌、土壤质地、降水特征及地下水埋深,优化排水系统布局,选用适配的明沟、暗管或竖井等排水方式。明沟排水需合理确定沟渠断面尺寸、间距及纵坡,确保排水通畅,同时避免占用过多耕地;暗管排水选用耐腐蚀、透水性良好的管材,合理设置埋深与间距,提升排水效率,减少对农田耕作的影响,适用于土壤黏重、地形陡峭、地下水位较高的灌区。此外,排水系统需与输水、配水系统协同衔接,合理设置排水口,避免排水回流影响灌溉系统,同时考虑排水回收利用,提升水资源循环利用效率,低洼易涝区域需强化排水能力,增设应急排水设施,提升灌区抗涝水平。

3 灌区工程设计常见问题及优化措施

3.1 水资源匹配不合理问题及优化措施

水资源匹配不合理是灌区工程设计中最常见的问题之一,主要表现为灌溉水源选择与灌溉需求不匹配、水资源配置统筹不当、地表水与地下水利用失衡。部分灌区设计前未充分开展水资源勘察,对水资源总量、时空分布及变化规律掌握不全面,盲目确定水源,导致供水能力无法满足灌溉峰值需求,或水量过剩造成浪费;部分灌区过度依赖地下水,缺乏地表水与地下水协同利用设计,长期开采易引发地下水位下降、水资源枯竭等问题;此外,未结合作物种植结构和生育期需水规律优化配置方案,导致灌溉水量分配不均,出现部分片区灌溉不足、部分片区过度灌溉的现象,影响水资源利用效率与作物产量。

针对上述问题,需从勘察、规划、配置三个层面采取优化措施,实现水资源合理匹配。一是强化前期水资源勘察,组织专业人员全面勘察区域水资源,精准掌握总量、时空分布、水质及变化规律,结合灌溉规模和作物种植结构,科学划定水源范围、筛选适配水源,确保供水能力与灌溉需求相匹配。二是建立水资源统筹配置

机制,优化水源配置方案,实现地表水与地下水合理互补,优先利用地表水,合理控制地下水开采量,预留生态用水份额,实现水资源可持续利用。三是优化灌溉水量分配,结合作物生育期需水规律和土壤墒情,制定差异化灌溉制度,精准分配各片区水量,设置流量监测设施,建立动态监测与调控体系,实时调整配置方案,应对水资源时空分布不均的影响,提升利用效率^[3]。

3.2 输水系统设计不合理及优化措施

输水系统设计不合理是影响灌区运行效率的核心问题,主要表现为输水线路布局不科学、输水方式选择不当、衬砌材料适配性差、附属设施不完善。部分灌区输水线路未充分考虑地形地貌,迂回过长导致输水距离增加、水头损失过大,降低效率且增加建设与运行成本;部分灌区未结合实际条件合理选择输水方式,地形复杂、耕地集中区域仍采用明渠输水,导致渗漏、蒸发损耗大且占用耕地;部分灌区衬砌材料抗冲、抗渗、耐腐蚀性能不足,长期运行易出现破损、裂缝,引发渗漏甚至渠道坍塌;此外,附属设施不完善或设计不合理,导致流量无法精准调控、渠道淤积严重,影响系统正常运行。

针对上述问题,需从线路、方式、材料、设施四个方面优化,提升输水效率与稳定性。一是优化输水线路,遵循“短路径、顺地形”原则,结合地形和灌溉片区分布规划线路,缩短距离、降低水头损失,避开地质复杂区域,提升安全性并降低建设维护成本。二是合理选择输水方式,因地制宜选用明渠或管道输水,地形平坦、水源含沙量大的区域优先采用明渠并强化衬砌;地形复杂、水资源紧缺区域优先采用管道输水,减少损耗并节约耕地。三是科学选用衬砌材料,根据水文地质条件和运行环境,选用耐久性强的材料,采用差异化衬砌工艺,强化施工质量控制并定期维护修复。四是完善附属设施,合理设置节制闸、分水闸等调控设施,增设拦污、清淤设施,寒冷地区做好管道保温,确保流量可控、输水通畅、系统稳定运行。

3.3 节水灌溉技术适配性不足及优化措施

节水灌溉技术适配性不足是当前灌区设计的突出问题,主要表现为技术选型与作物类型、土壤条件、水资源状况不匹配,灌溉制度不合理,配套设施不完善。部分灌区盲目追求先进技术,未结合区域实际选用适配方式,导致节水效果不佳、成本增加,如土壤透水性强区域选用喷灌易造成渗漏,大田作物选用滴灌成本过高;部分灌区未结合作物生育期需水规律和土壤墒情,仍采用传统灌溉模式或盲目套用其他灌区制度,未充分发挥节水潜力;此外,配套设施不完善,设备质量不佳或过

滤、施肥设施缺失,导致系统易堵塞、损坏,增加后期维护成本。

针对上述问题,需从选型、制度、配套三个方面优化,提升节水效果与经济性。一是科学选用节水灌溉技术,坚持“因地制宜、适配实用”原则,结合作物类型、土壤条件和经济水平选型,大田作物优先选用低压管道灌溉、喷灌,经济作物优先选用滴灌、微喷灌,水资源极度紧缺区域可采用膜下滴灌,平衡节水效果与成本。二是优化灌溉制度,结合作物需水规律、土壤墒情和降水情况,开展需水试验,制定差异化制度,明确灌溉时间、水量和周期,建立动态监测体系,推广智能化灌溉,实现精准灌溉,充分发挥节水潜力。三是完善配套设施,根据所选技术配套建设过滤、施肥、控制设施,选用质量可靠、易维护的设备,强化施工质量控制,建立维护管理制度,定期检修更换设备,确保节水技术长期稳定发挥作用^[4]。

3.4 排水系统设计不完善及优化措施

排水系统设计不完善直接影响灌区农田生态与工程安全,主要表现为布局不合理、排水能力不足、排水方式选择不当。部分灌区排水系统未与输配水系统协同衔接,线路迂回不畅,导致田间余水无法及时排出,易引发内涝;部分灌区未充分考虑降水、土壤及地下水位条件,排水能力不足,暴雨天气易造成农田被淹;部分灌区在土壤黏重、地下水位较高区域仍采用明渠排水,效率低下且易淤积坍塌;此外,排水出口设计不合理,易导致排水回流污染灌溉水源。

针对上述问题,需从排水布局、能力、方式及水质保护四个方面优化,保障排水系统正常运行。一是优化排水布局,结合地形、输配水系统和农田分布,统筹规

划排水线路,确保排水顺畅且与输配水系统协同,合理设置排水沟渠参数,及时排出田间余水。二是提升排水能力,结合降水特征和土壤条件,科学计算排水流量,确定合理的断面尺寸和坡度,强化暴雨应急排水能力,增设应急设施并定期清淤疏浚,提升排水效率。三是合理选择排水方式,因地制宜选用明渠、暗管或竖井等排水,土壤黏重、耕地集中区域优先采用暗管排水,透水性较强区域可采用明渠排水,盐碱化风险高区域采用竖井排水降低地下水位。四是加强水质保护,合理设计排水出口,对污染物排水进行净化处理,推动排水回收利用,提升水资源循环利用效率^[5]。

结束语:灌区工程设计需以系统性思维统筹全流程,以技术创新破解节水与效率矛盾,以科学管理保障工程长效运行。通过优化水资源配置、输水系统、节水灌溉及排水防涝技术,针对性解决适配性不足、布局不合理等典型问题,可显著提升灌区综合效益。未来需持续强化技术集成与模式创新,推动灌区向智能化、生态化方向演进,为农业高质量发展筑牢根基。

参考文献

- [1]侯海红.灌区工程设计关键技术与常见问题分析[J].水利技术监督,2025(11):170-173.
- [2]何昕宇.灌区生态田间工程设计、运行技术要点探析[J].黑龙江水利科技,2021,49(6):101-103.
- [3]杨晓庆.南宁市邕北灌区工程设计径流分析[J].广西水利水电,2025(3):45-48.
- [4]萧燕子,许昌,梁春光.BIM技术应用于灌区工程设计标准化的研究[J].河南水利与南水北调,2025,54(7):19-22.
- [5]宋立冬.塔城裕民县哈拉布拉灌区蓄水调节池工程设计初探[J].陕西水利,2025(7):152-154.