

简述水利水电工程中灌区节水改造技术措施

张家泽

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

摘要：本文聚焦水利水电工程中的灌区节水改造技术措施，深入分析了灌区水资源利用的现状与问题，包括供需不平衡和传统灌溉方式的水资源浪费。阐述了多种节水改造技术措施，如渠道防渗、喷灌、微灌、低压管道输水和田间节水技术。探讨了这些技术措施的原理与特点，如渠道防渗的节水效果、喷灌与微灌的工作原理及优势、低压管道输水的节能特性和田间节水技术的土壤保水机制。旨在为提高灌区水资源利用效率、促进农业可持续发展提供技术参考和理论支持。

关键词：水利水电工程；灌区；节水改造；技术措施

引言：随着水资源的日益紧缺和农业现代化的推进，水利水电工程中的灌区节水改造成为亟待解决的重要课题。灌区作为农业用水的大户，其水资源的合理利用对于保障粮食安全、促进生态平衡具有关键意义。然而，当前灌区水资源供需矛盾突出，传统灌溉方式效率低下。因此，探索科学有效的节水改造技术措施，成为实现水资源可持续利用和农业高质量发展的必然选择。

1 灌区水资源利用现状与问题

1.1 灌区水资源供需情况分析

灌区作为农业生产的重要支撑，其水资源供需状况直接关系到农业的稳定发展和粮食安全。在许多灌区，水资源的供给与需求之间存在着显著的不平衡。随着人口的增长和经济的发展，对农产品的需求不断增加，从而推动了农业灌溉用水需求的上升。然而，水资源的供给却受到自然条件和人类活动的双重制约。一方面，气候变化导致降水分布不均，干旱年份水资源量减少；另一方面，城市化进程加快以及工业用水的增加，使得原本用于农业灌溉的水资源被分流。在一些地区，灌区的水资源总量有限，而季节性的降水分布不均进一步加剧了供需矛盾。例如，在干旱季节，水资源短缺严重，无法满足农作物的正常生长需求；而在雨季，虽然降水较为丰富，但由于缺乏有效的蓄水和调配设施，大量雨水无法得到充分利用，造成水资源的浪费。

1.2 传统灌溉方式存在的水资源浪费问题

传统的灌溉方式在水资源利用方面存在诸多问题，导致了严重的水资源浪费。

大水漫灌是一种常见的传统灌溉方式，这种方式往往不能根据农作物的实际需水量进行精准灌溉。大量的水被无差别地浇灌在农田中，不仅造成了水资源的过度消耗，还容易导致土壤板结、肥力下降。渠道输水也是

传统灌溉中的重要环节，但由于许多渠道未进行有效的防渗处理，水资源在输送过程中因渗漏、蒸发而损失严重。据统计，部分灌区的渠道输水损失率甚至高达30%以上，这意味着大量的水资源在还未到达农田之前就已经流失。

传统灌溉方式缺乏科学的灌溉管理，农民往往凭借经验进行灌溉，难以准确把握灌溉时机和灌溉量，导致水资源的浪费和灌溉效果不佳。

1.3 节水改造的必要性和紧迫性

面对灌区水资源供需不平衡和传统灌溉方式造成的浪费问题，节水改造已成为当务之急，具有极高的必要性和紧迫性。从水资源的可持续利用角度来看，节水改造是保障未来水资源供应的关键举措。通过提高水资源的利用效率，可以在不增加水资源总量的情况下，满足不断增长的用水需求，实现水资源的可持续发展。对于农业生产而言，节水改造有助于提高农作物的产量和质量。精准的灌溉方式能够根据农作物的生长阶段和需水规律提供适量的水分，创造更有利于作物生长的土壤环境，从而提高农业生产的效益。从生态环境保护的角度出发，减少水资源的浪费可以降低对生态系统的压力。过度开采和浪费水资源可能导致地下水下降、河流干涸、生态失衡等问题，威胁到生态环境的稳定和生物多样性。

2 灌区节水改造技术措施概述

2.1 渠道防渗技术

渠道防渗技术是灌区节水改造中的关键措施之一，其目的是减少输水过程中的水量损失，提高水资源的利用效率。传统的土渠输水过程中，大量的灌溉水通过渠道底部和边坡土壤的孔隙渗漏掉，造成了严重的水资源浪费^[1]。为了减少这种损失，通常在渠床上加做防渗层，

或者通过夯实降低渠床土壤的渗水性能,以达到减少渗漏损失的目的。这种做法也称为渠道衬砌。

2.1.1 渠道防渗的益处

(1) 减少渗漏: 防渗层可以大幅度减少灌溉水的渗漏, 据估计, 防渗后可以减少渗漏损失60%~70%, 从而显著提高渠系水利用系数。(2) 提高输水能力: 防渗后的渠道可以提高输水能力1/3以上, 输水速度加快, 减少了对地下水的渗漏补给, 有利于防止灌区土壤次生盐碱化。(3) 减少工程量: 由于减少了渗漏, 可以在保持相同输水能力的前提下减小渠道断面, 降低开挖工程量, 减少渠道占地。(4) 节能降耗: 对于机电提水灌区, 节水还可以节约大量能源。

2.1.2 渠道防渗的技术要求

在进行渠道防渗时, 需要考虑一些技术要求以确保工程的质量和效果。例如, 防渗管道的截面大小应采用水力计算确定, 流速大的管道应选用弧型坡脚或弧形阶梯式截面, 而流速较小的管道则应选用U字形截面。另外, 如果地下水位超过渠底, 可在渠基设置排涝设施, 并保持排涝出口通畅。刚性材料渠道防渗结构必须设有伸缩缝, 并在标准冻深超过10cm的地方采用抗冻胀的工艺方法。

2.2 微灌技术

微灌是根据作物需要, 利用水管装置和架设于末级水管上的灌溉设备, 通过将作物生长发育需要的营养物质以较低的流速, 平稳、可靠地直接送入作物根系周围土壤的一类灌溉技术。微灌技术有多种类型, 主要包括地表滴灌技术、地下滴灌法、微型喷淋和涌泉灌溉。微灌技术可以十分方便把雨水灌溉在每一株植物周围, 以保证较小的水应力符合作物生长发育条件。微灌技术也可以做到合理地调节各种灌溉设备的出水流量, 灌溉均匀率最高时可达85%以上。而微灌技术能够明显降低灌溉水利用的效率损失, 同时也可以节省劳力和能耗, 但维护成本较高。

2.3 喷灌技术

喷灌技术是利用水泵增压或自然落差产生的高压水流, 经由气压管送入田里, 再由喷头发射到天空, 产生细微水珠, 均匀的撒落到田间, 起到灌水的目的。这项技术具备灌水均匀、不占用土地、节约资金以及对自然环境的适应性好等优势。经过二十多年的发展, 我国已有喷灌面积80多万公顷。喷灌系统的形式多样, 其优缺点也有所不同。例如, 固定管道式喷灌适用于大田作物和蔬菜、果树等, 其特点是干支管都埋在地下, 管理省人力, 可靠性高, 使用寿命长, 但设备投资高。

2.4 低压管道输水技术

低压管道输水系统主要由水源、首部装置、输配水管网和田间出水口等部分组成。水源可以是井水、河水、水库水等。首部装置通常包括水泵、过滤器、施肥装置和计量设备等, 用于抽水、净化水质和控制流量。输配水管网一般采用塑料管道, 如PVC管、PE管等, 这些管道具有耐腐蚀、密封性好、施工方便等优点。田间出水口设置在农田地头, 方便与灌溉软管或其他灌溉设备连接。低压管道输水技术的优点众多。第一, 它能极大地减少水的渗漏和蒸发损失。与传统的渠道输水相比, 管道输水可以将水资源的利用率大幅提高, 有效地节约了水资源。第二, 管道输水速度快, 能够缩短灌溉周期, 提高灌溉效率, 及时满足农作物的用水需求。第三, 由于管道埋于地下, 节省了土地资源, 不影响农田的机械化耕作和日常管理。第四, 该技术的投资相对较低, 运行管理也较为方便, 不需要大量的人力进行维护。

在实际应用中, 低压管道输水技术需要根据灌区的规模、地形、水源条件等因素进行合理规划和设计。例如, 在地形较为复杂的地区, 需要合理布置管道的走向和坡度, 以确保水流畅通; 对于水源水质较差的情况, 要加强过滤和净化措施, 防止管道堵塞^[2]。同时在运行过程中, 要定期检查管道的密封性和安全性, 及时发现并处理问题。

2.5 田间节水技术

(1) 保墒技术。通过使用保墒剂或者在土壤表面覆盖薄膜等方式, 能够有效减少土壤水分的蒸发, 保持土壤湿度, 为作物生长创造有利的水分条件。(2) 优化灌溉方式。根据作物的生长阶段和需水规律, 采用精准的滴灌、渗灌等方式, 避免大水漫灌造成的水资源浪费。例如, 在作物生长初期, 需水量较小, 可采用少量多次的灌溉策略。(3) 土壤改良技术。增施有机肥、改良土壤质地, 可以增强土壤的保水能力。同时, 合理的土壤耕作方式, 如免耕或少耕, 能够减少土壤水分散失。(4) 种植结构的调整。选择耐旱、需水量少的作物品种, 或者实行轮作制度, 使土壤水分得到合理利用。(5) 田间水分监测技术。通过安装传感器等设备, 实时监测土壤水分含量和作物的水分状况, 为精准灌溉提供科学依据, 从而避免盲目灌溉导致的水资源浪费。

3 节水改造技术措施的原理与特点

3.1 渠道防渗技术的原理与节水效果

渠道防渗技术的核心原理是通过减少或阻止水在渠道输送过程中的渗漏损失, 从而提高水资源的利用效率。渠道在未采取防渗措施时, 水会通过渠道壁和底部

的孔隙、裂缝等渗透到周围的土壤中。渠道防渗技术主要通过以下几种方式来实现减少渗漏：（1）采用不透水材料：如混凝土、砌石、塑料薄膜等，这些材料本身具有很低的渗透性，能够有效阻隔水的渗漏。（2）改善渠道的土壤结构：通过压实、灌浆等方法，增加渠道土壤的密实度，减少孔隙，降低渗透性。渠道防渗技术带来的节水效果十分显著。未防渗的渠道，其渗漏损失可达输水量的30%-50%，甚至更高。而采取有效的防渗措施后，渗漏损失可大幅降低至5%-15%，显著提高了水资源的利用率。这意味着在相同的水源条件下，可以灌溉更多的农田，或者在保证灌溉面积不变的情况下，减少引水量，从而节约水资源。渠道防渗还能带来其他好处。减少了渠道的淤积和冲刷，延长渠道的使用寿命；提高了渠道的输水能力，缩短了灌溉时间；降低了渠道维护成本，减少了清淤和维修的工作量。

3.2 喷灌与微灌技术的工作原理及优势

喷灌技术的工作原理是利用专门的设备将有压水喷射到空中，形成细小的水滴，并均匀地洒落在田间作物上。喷灌系统通常由水源、水泵、管道、喷头和控制设备等组成。水泵将水从水源抽取并加压，通过管道输送到喷头，喷头将水以一定的角度和速度喷出，形成类似降雨的效果。微灌技术则是按照作物需求，通过管道系统与安装在末级管道上的特制灌水器，将水和作物生长所需的养分以较小的流量，均匀、准确地直接输送到作物根部附近的土壤中。微灌系统主要包括水源、首部枢纽（包括水泵、过滤器、施肥器等）、输配水管网和灌水器（如滴头、微喷头等）。

喷灌与微灌技术具有以下显著优势：（1）节水效果好：能够根据作物的需水情况精确供水，避免了传统灌溉方式的水资源浪费。（2）均匀灌溉：可以使水分均匀分布在作物根区，避免了局部积水和干旱，有利于作物生长。（3）节省劳动力：实现了自动化或半自动化控制，减少了人工灌溉的劳动强度和工作量。（4）适应性强：适用于各种地形和土壤条件，包括丘陵、山地、沙土地等。（5）提高肥料利用率：可以将肥料和农药随水一同施入，提高了肥效和药效。

3.3 低压管道输水的节能特性

低压管道输水技术的原理是利用压力管道代替明渠

进行输水。水在封闭的管道中流动，减少了水的渗漏和蒸发损失。其节能特性主要体现在以下几个方面：（1）减少水头损失：相比于明渠输水，管道内壁光滑，水流阻力小，从而降低了水头损失，提高了输水效率。（2）稳定的压力控制：通过合理的管道布置和压力调节设备，可以使管道内的水压保持相对稳定，避免了因压力波动而造成的能量浪费。（3）降低蒸发损失：封闭的管道环境有效减少了水的蒸发，节约了水资源，同时也减少了因蒸发而消耗的能量。（4）减少维护成本：管道输水不易受外界因素影响，减少了渠道清淤、修整等维护工作，降低了维护成本和能耗。

3.4 田间节水技术的土壤保水机制

田间节水技术的土壤保水机制主要通过多种方式实现。（1）改善土壤结构：通过深耕、施用有机肥等措施，增加土壤孔隙度和团聚体稳定性，提高土壤的持水能力^[1]。良好的土壤结构能够形成更多的毛管孔隙，储存更多的水分。（2）增加土壤覆盖：采用秸秆覆盖、地膜覆盖等方法，减少土壤表面的水分蒸发。覆盖物能够阻挡阳光直射，降低土壤温度，减缓水分蒸发速度。（3）保水剂的应用：保水剂能够吸收并储存大量水分，在土壤缺水时缓慢释放，为作物提供持续的水分供应。（4）合理的耕作措施：如免耕、少耕等，可以减少对土壤结构的破坏，保持土壤的自然保水能力。

结语：水利水电工程中灌区节水改造技术的应用对于解决水资源短缺和提高农业生产效率意义重大。通过对各项技术原理与特点的研究，我们明确了其优势和适用范围。在未来的发展中，应进一步加强技术创新和推广，结合实际情况优化组合不同的节水技术，同时完善管理机制，以实现灌区水资源的高效利用和可持续发展，为农业生产和生态环境的改善创造更有利的条件。

参考文献

- [1]王强.水利水电工程中灌区节水改造技术研究[J].水利科学与寒区工程,2020,3(04):154-156.
- [2]李丽.水利水电工程灌区节水改造技术应用分析[J].科技创新与应用,2021(18):171-173.
- [3]张宇.水利水电工程中灌区节水改造措施探讨[J].地下水,2022,44(03):223-225.