

# 大中型灌区自压输水管网设计方案分析研究

任福天

南京市水利规划设计院股份有限公司新疆分公司

DOI:10.12238/hwr.v8i5.5454

**[摘要]** 本论文旨在分析大中型灌区自压输水管网设计方案,为灌区的高效供水提供技术支持。介绍了自压输水管网的概念和设计原则、水力计算与管径选择的方法、管线布置和分区设计的优化原则和方法等。本论文提供了一个系统的设计方案分析框架,为大中型灌区自压输水管网的设计决策提供了重要参考。

**[关键词]** 大中型灌区; 自压输水管网; 分区设计; 工程经济分析

**中图分类号:** K826.16 **文献标识码:** A

Analysis and study on the design scheme of self-pressure water transmission pipeline network in large and medium-sized irrigation areas

Futian Ren

Xinjiang Branch of Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd

**[Abstract]** The purpose of this paper is to analyze the design scheme of self-pressurized water transmission pipe network in large and medium-sized irrigation areas, and to provide technical support for efficient water supply in irrigation areas. The concept and design principles of self-pressurized water transmission pipe network, the method of hydraulic calculation and pipe diameter selection, and the optimization principle and method of pipeline layout and zoning design are introduced. This paper provides a systematic design scheme analysis framework, which provides an important reference for the design decision-making of self-pressurized water transmission pipe networks in large and medium-sized irrigation areas.

**[Key words]** large and medium-sized irrigation areas; self-pressurized water transmission network; zoning design; engineering economic analysis

## 引言

随着农业的发展和扩张,大中型灌区的供水需求日益增加。而自压输水管网作为一种高效可靠的供水系统,受到了广泛关注和应用。自压输水管网设计方案的科学合理与否直接影响着灌区供水的质量和效果。

本论文旨在对大中型灌区自压输水管网设计方案进行分析,通过综合考虑水力计算、管径选择、管线布置、分区设计、阀门配置、消防设备、泵站及其控制方式等多个关键因素,提出可行的设计方案,以优化灌区供水系统的运行效率和经济性。

### 1 管网设计基础

自压输水管网的设计是一个复杂而关键的任务,需要充分考虑多个因素以确保供水系统的高效性、可靠性和安全性。以下是管网设计的基础要素和原则:

#### 1.1 自压输水管网概述

自压输水管网是指在无泵站或仅有少数泵站的情况下,通过合理的管线布置和管径选择,利用地势差和液体自重实现水

流的自然流动,以满足灌区内各个区域的水需求。

#### 1.2 设计原则

**水力平衡原则:** 管网应保持稳定的水力平衡,即进水量等于出水量,以避免压力过高或过低的问题。**压力管理原则:** 根据不同区域的水需求和地形条件,合理配置管道的直径和长度,以控制供水压力,并确保供水质量和效率。**供水可靠性原则:** 通过合理的管线布置和阀门配置,保障供水系统的可靠性,即使发生部分故障或维修工作,也能保证其他区域的正常供水。**安全性原则:** 管网设计应符合相关的安全标准和规范,包括消防设备的配置、泵站的安全控制等,以保护供水系统免受意外事故的影响。**维护性原则:** 在设计管网时考虑维护和修复工作的便利性,合理设置检修井、排气阀、清洗装置等设施,以方便日常维护和紧急修复。

管网设计基础包括了对自压输水管网概念的认知以及设计原则和要求的理解。通过遵循这些基础原则,可以确保设计出高效、可靠且安全的大中型灌区自压输水管网。

## 2 水力计算与管径选择

水力计算和管径选择是设计自压输水管网的重要环节,涉及到确定管道的尺寸和布置,以满足灌区各个区域的供水需求并保持合理的水力条件。

在水力计算中,需要建立适当的管网分析模型,并确定相关的参数。常用的分析模型包括连续方程、势流分析和摩擦阻力模型等。通过这些模型,可以计算出管道中的水流速度、流量、水头损失等关键参数。

管径选择是根据水力计算结果来确定的,旨在提供最佳的水流条件和经济效益。在进行管径选择时,需要考虑以下几个因素:

**水流速度:** 根据水流速度的范围要求,选取合适的管径,以避免水流速度过高导致压力损失增大或水流速度过低引起积水现象。**压力损失:** 根据管道长度、管材摩擦系数和水流量等参数,计算出管道的压力损失,确保在管道运行过程中维持合理的供水压力。**经济性:** 在多个可行方案中,选择对整体投资和运行成本最经济的管径方案。考虑材料费用、施工难度、维护成本等因素,以实现设计效果与经济性的平衡。**过载能力:** 预先评估管道的过载能力,确保管道在额定流量和额定压力下运行时的安全性和可靠性。**环境影响:** 考虑管道对周围环境的影响,包括水土保持、地质条件、环境保护等方面的要求。

通过进行水力计算和管径选择,可以确定灌区自压输水管网中各个管段的合适尺寸和布置,以满足不同区域的供水需求,减少水力损失,并提高整个系统的运行效率和经济性。

## 3 管线布置与分区设计

管线布置和分区设计是设计自压输水管网时的重要考虑因素,对于系统的运行效率和可维护性具有关键影响。以下是管线布置与分区设计的主要内容:

**管线布置:** 在管线布置过程中,需要综合考虑灌区内的地形、供水需求、土壤条件等因素,合理安排管道的走向和位置。常见的布置方式包括主干线和分支线相结合的方式,以满足各个区域的供水需求。**分区设计:** 将灌区划分为不同的供水区域,并根据各个区域的供水需求和地形条件进行分区设计。每个供水区域应有独立的供水入口和出口,通过设置适当的阀门和消防设备来实现供水区域的独立控制和调节。**水力平衡:** 在管线布置和分区设计中,需要保持供水系统的水力平衡。通过合理的管道直径选择、管段长度控制和阀门配置,确保各个供水区域的水流量相符,并避免出现过高或过低的供水压力。**水力损失管理:** 在管线布置和分区设计中,需要充分考虑水力损失的控制。通过合理设置管道长度、管材选择和流速限制等措施,减少管道摩擦阻力和局部水头损失,以提高供水系统的效率。**灵活性和可维护性:** 在管线布置和分区设计时,需要考虑到日常维护和紧急修复的便利性。合理设置检修井、排气阀、清洗装置等设施,以方便对管道进行检修、清洗和排气工作,保证供水系统的正常运行。

通过合理的管线布置和分区设计,可以达到灌区供水系统

的高效性和可靠性的要求。优化的设计方案能够提高供水效率、降低水力损失,并方便系统的维护和管理。

## 4 阀门和消防设备配置

阀门和消防设备的配置在自压输水管网设计中起着重要的作用,它们不仅可以保障供水系统的正常运行,还能提高系统的安全性和应急响应能力。以下是阀门和消防设备配置的主要内容:

### 4.1 阀门配置

在自压输水管网中,合理配置阀门可以实现灌区内各个供水区域的独立控制和调节。常见的阀门类型包括闸阀、蝶阀、球阀等,根据具体情况选择适当的阀门类型。**主输水阀门:** 设置在供水系统的进口处,用于控制整个灌区的供水入口流量。**分区阀门:** 设置在供水系统的分区接口处,用于控制不同供水区域的供水流量。**支线阀门:** 设置在支线管道上,用于分区内不同支线的独立控制。**排气阀和排泥阀:** 设置在高点和低点位置,用于排除空气和清理管道内的杂质。其他阀门: 根据需要,在关键位置设置其他类型的阀门,如紧急关闭阀等。

### 4.2 消防设备配置

在自压输水管网设计中,合理配置消防设备可以提供有效的灌溉和灭火保护。**消防栓:** 设置在重要区域或建筑物周围,以供消防车辆接入,并满足灭火和灌溉需求。**消防水泵:** 配置消防水泵站,用于提供高压流量的水源,以支持灭火工作。**消防喷淋系统:** 在特定场所(如仓库、工业区等)配置喷淋头,以提供自动喷水灭火功能。**灭火器具:** 在关键位置设置手提式灭火器具,以便人员可以迅速应对小规模火灾。

通过合理配置阀门和消防设备,可以实现供水系统的灵活控制和安全保护。阀门的正确配置可以分区调节供水量和控制水流方向,消防设备的配置可以保障灌溉和灭火需求。这样可以提高供水系统的可靠性、安全性和应急响应能力,确保系统在各种情况下的正常运行和应对突发事件的能力。

## 5 泵站及其控制方式

泵站是自压输水管网设计中的重要组成部分,用于提供必要的增压和调节功能,以保障供水系统的正常运行。

### 5.1 泵站概述

泵站是由水泵、电气控制设备、阀门和仪表等组成的设施,用于将水从低压区域抽送到高压区域,以满足灌区不同区域的供水需求。泵站通常设置在地势较高的位置,利用泵的工作原理实现水的输送。

### 5.2 泵站控制方式

**手动控制:** 手动控制方式是最基本的控制方式之一。操作人员根据实际需求手动控制泵站的启停、开关阀门、调整泵的转速等。**自动控制:** 通过使用自动化控制系统,可以实现泵站的自动运行和远程监控。根据事先设定的参数和逻辑,系统将自动控制泵的启停、调节流量和压力等。**可编程逻辑控制(PLC):** PLC控制方式结合了自动控制和编程逻辑的优势。通过预先编写的程序,PLC可以根据不同的运行条件和需求自动控制泵站的运行

状态。变频器控制：利用变频器可以实现对泵站电机的调速控制，根据需要自动调整泵的转速和流量，从而提高效率和运行稳定性。

### 5.3 控制策略

压力控制：泵站可根据灌区不同区域的水压需求，采取压力控制策略，通过监测管道压力并相应调节泵的运行，以保持稳定的供水压力。流量控制：根据供水系统的水量需求，采用流量控制策略，通过监测流量并调节泵运行来满足灌溉区域的不同水量要求。时间控制：根据不同时间段的供水需求，采用时间控制策略，设定不同的泵运行时长和运行周期，以合理调配供水系统的运行状态。

通过适当的泵站控制方式和控制策略，可以实现灌区自压输水管网的有效管理和运行。泵站的自动化控制和远程监控能够提高系统的稳定性、可靠性和能效，确保供水系统按需供水，并及时响应各种运行条件的变化。

## 6 工程经济分析

工程经济分析的目标是在现有资源条件下，选择最具经济效益的工程方案。该分析通常包括以下几个主要步骤：

资金流量估算：首先需要确定项目的资金流量，即预计的投资、运营维护费用和预期收入等。这些资金流量会随着时间发生变化，所以需要进行逐年的估算。成本估算：对建设工程的投资成本进行全面估算，涵盖土地购置、设计、施工、设备采购、人力资源等各个方面的成本。收益估算：分析工程项目的预期收入，包括销售收入、租金收入或其他相关收入。这些收益应根据市场需求和相关因素进行可行性评估，以获取合理的预期收益。投资评价指标：通过计算和比较一系列投资评价指标，如净现值 (NPV)、贴现还本期 (PBP)、内部收益率 (IRR)、投资回报率 (ROI) 等，来评估和比较不同方案的经济效益。灵敏度分析：在工程经济分析中，还需要进行灵敏度分析，即对关键参数进行变动和模拟，以评估这些参数变化对项目经济效益的影响。这有助于了解项目的风险和不确定性，并提供更全面的决策依据。

工程经济分析为工程设计和决策提供了重要的经济依据。通过综合考虑各种因素，如成本、收益、时间价值等，可以量化地评估方案的经济可行性，并选择最佳的工程方案，实现经济效益的最大化。

## 7 结论

工程经济分析是在工程设计和决策过程中至关重要的一项工作。通过对项目的资金流量、成本和收益进行估算和评估，以及计算投资评价指标，可以得出以下结论：

经济可行性：工程经济分析可以评估项目的经济可行性，确定其能否创造足够的收入来覆盖成本和产生利润。如果投资回报率 (ROI) 或净现值 (NPV) 等评价指标为正，则表明项目具有经济可行性。方案比较：通过比较不同方案的投资评价指标，可以确定最具经济效益的方案。这有助于决策者在选择最佳方案时做出理性和经济上的决策。风险评估：通过灵敏度分析，可以评估项目面临的风险和不确定性，并了解不同参数变化对经济效益的影响。这有助于管理者制定相应的风险管理策略，以降低潜在风险对项目经济的影响。

## 8 展望

可持续发展：随着可持续发展理念的兴起，工程经济分析需要更多地考虑环境、社会和治理等因素。将环境成本和社会影响纳入经济分析，可以更全面地评估项目的可持续性。技术创新：新兴技术的出现将给工程经济分析带来新的挑战。技术的发展将对传统能源项目的经济分析提出新的要求。数据分析：大数据和人工智能的应用将提供更多的数据支持和分析工具，使工程经济分析更加精确和高效。通过更好地利用数据，可以更准确地估算成本和收益，并进行更全面的决策分析。

### [参考文献]

- [1]朱昭,黎红梅.湖南省大中型灌区续建配套与节水改造效果评价[J].湖南农业科学,2023,(09):79-84+91.
- [2]王学文.大中型农业灌区标准化规范化管理探讨[J].新农业,2023,(16):92-94.
- [3]张雯叶,刘锦霞,王志寰.江苏省大中型灌区标准化管理探讨——以高邮灌区为例[J].江苏水利,2023,(08):32-36.
- [4]赵文玲,孙国臣,李建伟.潍坊市大中型灌区建设管理实践[J].山东水利,2023,(07):41-43.
- [5]王炜.大中型灌区自压输水系统建设与管理[J].水利规划与设计,2019,(11):79-82.
- [6]雷小虎.新疆大中型灌区自压输水管网设计方案分析研究[D].石河子大学,2018.