

车间给排水管网优化布置的实践研究

丛 明

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]车间给排水管网是保障生产连续性、安全性及环保达标性的核心基础设施,其布置合理性对生产的效率、效益以及运行成本有直接影响。针对当前部分车间管网存在的问题,文章开展给排水管网优化布置实践研究。首先通过勘查、计算明确原有管网问题,结合车间需求确立优化原则与目标,随后从给水管网分压分区、管径优化,排水管网分区收集、坡度调整,以及管网节点布局优化等方面制定针对性优化方案;结果表明,优化后车间给排水管网水力工况更稳定,提高供水压力合格率,改善排水通畅性,节约用水,实现了经济效益与环境效益的协同提升,以供参考。

[关键词]车间;给排水管网;优化布置;水力计算;工程实践

DOI: 10.33142/ec.v8i11.18580

中图分类号: TU991.41

文献标识码: A

Practical Research on Optimized Layout of Workshop Water Supply and Drainage Pipe Network

CONG Ming

The Fourth Construction Co., Ltd. of China Electronics System Engineering, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The workshop water supply and drainage pipeline network is the core infrastructure that ensures production continuity, safety, and environmental compliance. Its reasonable layout has a direct impact on production efficiency, benefits, and operating costs. This article conducts practical research on optimizing the layout of water supply and drainage pipe networks in response to the current problems in some workshop pipe networks. Firstly, clarify the existing pipeline problems through investigation and calculation, establish optimization principles and objectives based on workshop needs, and then develop targeted optimization plans from aspects such as water supply pipeline pressure division, pipe diameter optimization, drainage pipeline collection, slope adjustment, and pipeline node layout optimization; The results show that the optimized workshop water supply and drainage pipeline network has more stable hydraulic conditions, improved water supply pressure qualification rate, improved drainage smoothness, saved water, and achieved a synergistic improvement of economic and environmental benefits, which can be used as a reference.

Keywords: workshop; water supply and drainage pipeline network; optimized layout; hydraulic calculation; engineering practice

引言

随着我国城市发展以及建设规模的不断增加使得我国政府对工业生产中的给排水管网优化设计非常的重视^[1]。车间给排水系统承担着生产用水供给、污水排放、生活用水保障的核心功能^[2]。给排水管网不仅要工业生产中所产生的工业污水进行输送还要对生活污水以及雨水进行输送,如果在给排水管网中存在设计不当的地方,不仅影响工业生产中所产生的各种水的排放,还会使污水渗入到油井中^[3]。随着工业的快速发展,传统车间给排水管网暴露出布局无规划、给水管径与压力不合理、排水坡度不当等问题,导致管道易堵塞、管网材质老化和泄漏等诸多问题,不仅损坏生产设备,而且加剧水资源浪费^[4]。鉴于此,优化车间给排水管网布置对于延长生产设备使用周期、提升生产效率、节约水资源、减少能耗与运维成本尤为关键。

1 车间给排水管网现状分析与问题诊断

1.1 现状勘查与数据采集

为全面掌握车间给排水管网运行状态以及存在的潜在问题,本次研究采用“资料溯源+实地勘测+仪器监测+

水质检测”四位一体方案,具体如下:

(1) 资料查阅与梳理

系统查阅车间原始设计图纸、施工验收记录、运维档案及水质检测报告,明确设计参数、施工标准、历史故障点及水质变化趋势,梳理核心基础信息。

(2) 实地勘查与隐患排查

采用全站仪精准测量管网的走向、埋深,标记关键位置,包括排水口、主干管、检查井、阀门井等,并绘制实测分布图;采用管道内窥镜检测管道内部隐患,是否存在堵塞、泄漏等异常;检查压力表、阀门等附属设施,做好相关记录。

(3) 水力工况连续监测

在给水管网主干管进水口、分支管末端用水点及排水管网分区排水口、主干管出口设置监测点,安装相应仪器,连续监测不同工况下的管网压力、流量以及流速等基础数据。

(4) 水质取样与检测

在生活污水排放口、生产废水排放口及给水管网用水点设置取样点,按《水质采样技术规范》(HJ/T 493—2009)

规范取样,及时送第三方检测机构,依据相关标准检测石油类、pH值、氨氮等多项指标,明确水质情况^[5]。

1.2 问题诊断与水力计算

基于现状勘查、连续监测及采用海曾-威廉公式(C值取100,计算软件为EPANET 2.2)的水力计算分析,明确原有车间给排水管网存在四大核心问题且相互关联,影响生产的效率与运行经济性,具体如下:

(1) 给水管网压力分布不均,供水可靠性与稳定性欠佳。水力计算与监测表明,原有枝状管网压力衰减显著,末端用水点压力远低于生产工艺要求的最低值,该问题导致工件清洗不彻底、降低零件的合格率;近端用水点压力高于设计需求,造成水资源浪费、加速管道接口的老化,并增加了泄漏的风险^[6]。此外,枝状管网固有缺陷使供水可靠性差,在此期间多次因管道问题发生停水事故,只能全区域停水检修,造成很大的损失。

(2) 给水管网管径匹配不合理从而导致能耗较高,同时,部分镀锌钢管因使用年限长出现一些问题,如腐蚀泄漏导致管网漏损。

(3) 排水管网的排水能力欠佳,易出现导管堵塞,造成积水现象,影响生产安全。原有排水管网采用合流制布置,导致生产废水中含有的悬浮物易沉积于管道内。

(4) 管网布局杂乱,运维困难。原管网布置过程中并未充分考虑后期运维需求以及设备布局,导致管道交叉缠绕的现象比较严重,甚至部分管道铺设在设备下方,故后期维修的成本高、耗时长。且缺乏完善标识系统,巡检维护不便。

2 车间给排水管网优化布置方案设计

2.1 车间给排水管网优化原则

排水管的布置应根据站场规划、地形标高、排水流向,按管线短、埋深小、尽可能自流排出的原则确定^[7]。结合车间工艺需求与管网问题,确立优化原则如下:①广泛性:给水管网优化设计时要使覆盖范围尽量广泛,所规定的供水区域都在覆盖范围内,同时给水管网还要有一定的可扩展性^[8]。②安全可靠:确保给水压力流量稳定,满足用水需求;排水能力充足,防止堵塞、积水等,保障生产安全;③经济高效:优化布局、调整管径、选用节能设备,降低成本、能耗与水耗,提升效益;④节能环保:分质供水、废水回用,提高水利用率;排水分区收集处理,降低污染排放;⑤便于运维:优化节点布局,减少交叉,预留空间;完善标识,明确位置,降低运维难度与成本;⑥技术可行:结合现有条件,选用成熟技术材料,确保顺利实施且少影响生产。

2.2 给水管网优化设计

针对原有给水管网诸多问题,结合车间工艺、分区特点,从四个维度优化设计,确保供水系统可靠、经济、适配:

(1) 管网拓扑结构优化

把单一枝状管网改为“环状主干+枝状分支”混合布

局,形成“双源互补、环状保障、枝状分流”的架构。环状主干管沿车间的生产区域外围立柱内侧铺设,采用DN200 PE管形成闭合回路,保障核心生产区的供水;从主干管延伸枝状分支管到各区域,生产区用DN150-DN50 PE管,生活区用DN80 PE管。设双进水口,主进水口连市政自来水,并配变频加压泵,备用进水口连接回用水处理系统,并配备定频加压泵,双进水口处设置智能切换阀门,在市政供水异常时以便可以自动切换^[9]。此外,环状主干管设置检修阀门,分支管起点设控制阀门,管网最低点设排污阀,最高点设自动排气阀。

(2) 管径精准匹配与材质更新

依据各用水点实际的流量需求精准匹配管径,使流速处于0.6~1.0m/s的经济范围,降低沿程水头的损失。

先按分区用水负荷确定分支管设计流量,再代入公式:

$$v = \frac{0.435Q}{d^{2.63}} \text{ 和 } h_f = 10.69Q^{1.852}Ld^{-4.8704} \quad (1)$$

(其中v为流速,Q为流量,d为管径,hf为沿程水头损失,Ld为管道长度),以确定最优管径,并结合管道铺设的具体环境合理选择材质,地下暗敷选PE100级给水管,设备旁明敷选不锈钢管。具体优化:G3管道(原DN100镀锌钢管)换为DN125 PE管,G5管道(原DN50镀锌钢管)换为DN65不锈钢管并优化路径;主干管G1保留DN200规格,并换为PE100管,延长管道的使用寿命。优化后的给水管网主要参数如表1所示:

$$v = \frac{0.435Q}{d^{2.63}} \quad (2)$$

$$h_f = 10.69Q^{1.852}Ld^{-4.8704} \quad (3)$$

其中,v为管道流速(m/s),Q为管道流量(m³/s),d为管道内径(m),hf为沿程水头损失(m),Ld为管道长度(m)。

根据公式计算结果调整管径:G3管道由100mm扩至125mm,流速降至0.9m/s,以降低沿程水头的损失;G5管道从50mm增至65mm,且长度缩短至120m,提升末端供水的压力;主干管G1保留200mm的规格,但更换PE管,以增强耐腐蚀性与使用寿命。

目前在给水管网中所使用的有PPR管材、球墨铸铁管、钢筋混凝土等材质的管网,在实际的设计铺设中要根据当地的地质情况来合理的选取使用何种材质的管网,避免管网材质选择不合适而造成泄露腐蚀现象出现。

优化后的给水管网主要参数如表1所示:

表1 优化后给水管网主要参数

管道编号	管径 (mm)	材质	长度(m)	设计流量 (m ³ /h)	设计流速 (m/s)	设计压力 (MPa)
G1-1	200	PE管	90	35	0.82	0.35
G2-1	150	PE管	65	22	0.78	0.32
G3-1	125	PE管	100	12	0.90	0.28
G4-1	80	PE管	110	8	0.75	0.25
G5-1	65	PE管	120	3	0.72	0.22

2.3 排水管网优化设计

针对原有排水管网合流制问题,遵循“分质分流、分类处理、就近排放”原则从三个方面进行优化:

(1) 排水体制重构与分区

摒弃合流制排水系统,构建“三分流、两类处理”系统。结合废水的性质与路径合理规划三个排水分区:生产废水一区(冷却废水区),水质较洁净,设独立的DN150-DN200 UPVC排水管道,收集后直接送至回水处理系统;生产废水二区(清洗废水区),含油量高,设置独立DN100-DN150 UPVC排水管道,送车间预处理站;在生活污水区域设独立的DN100-DN150 UPVC管,收集后排入市政污水处理管网。在各排管道交汇处设防混流阀门,排水口设水质监测探头,防止不同类型废水混流。管道参数优化:基于水力计算,运用曼宁公式重新设计排水管道的管径与坡度,计算公式如下:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (4)$$

$$Q = Av \quad (5)$$

v 为流速 (m/s), n 为管粗系数(混凝土管 0.013、UPVC管 0.009), R 为水力半径 (m), I 为坡度, Q 为流量 (m³/s), A 为过流面积 (m²)。

根据计算结果,对原有排水管道参数进行调整:将D4管道(原管径100mm,UPVC管)调整为125mm,坡度保持4.0‰,设计流速提升至0.75m/s,满足最小流速要求;将D2管道(原管径200mm,混凝土管)坡度调整为3.5‰,设计流速提升至0.68m/s,排水能力提升至设计值的95%;主干管D1管道(原管径300mm,混凝土管)保持不变,但对管道内壁进行清淤处理,更换老化接口,提升排水顺畅性。

(2) 预处理设施布局优化

在生产废水排水管道末端设预处理站,采用“格栅+沉淀池+隔油池”工艺去除生产废水中悬浮物以及石油类污染物。预处理站靠近车间排水出口布置,尽可能地缩短输送距离。站内设污泥收集装置,定期清理,并安装水质监测仪实时监测,确保废水达标回用或排放^[10]。

2.4 管网节点与辅助设施优化设计

为提升管网运维便利性与运行稳定性,管网节点及辅助设施的优化设计如下:

(1) 节点布局

给水管网交汇处设检修阀,间距≤50m;最高点设排气阀,最低点设排污阀。排水管网转弯、变径处设检查井,间距≤30m;此外,为防止生产高峰期排水不畅造成积水倒灌的现象,在排水管网末端设置溢流井。

(2) 仪表与标识

给水管网用水点、进水口除了设置流量监测仪之外,

安装压力传感器,实时监控管网的运行状态情况;排水管网排水区出口设置流量和水质监测仪。此外,完善管网的标识,标注关键信息。

(3) 节能设备

选用高效节能离心泵,并采用变频控制技术,实现水泵转速的自动调节,选用低噪音、高效率的潜水泵,在提高效率的同时降低运行能耗。

3 优化方案运行效果评估

优化后,给水管网各用水点供水压力稳定,压力合格率较优化前大幅提升,且无因供水压力不足引发的生产中断情况。排水管网各管道流速稳定,排水能力较优化前增强,生产高峰期排水通畅,无积水、堵塞的现象。整体水力性能完全达优化目标要求。

优化后,管网漏损率下降,年节水量增加,生产废水回用率可观,年回用废水量可观,水资源利用效率大幅提高,达成资源节约目标。生产废水经预处理,悬浮物和石油类去除率均超过预设目标;预处理后废水水质达标,部分回用于多环节,减少污染物排放。分流制排水系统实施,降低污水处理难度与成本,减轻对环境的影响,环保效益良好。

优化后,采用高效节能水泵与变频控制技术,给水和排水管网相关泵年运行能耗降低,年节约电费可观;管网漏损率降低与水资源回用,年节约水费不少;管网布局优化与标识完善,减少故障处理与维护工作量,降低运维人工成本可观,经济效益突出。

4 结论

本文开展车间给排水管网优化布置实践研究,结论如下:原有车间给排水管网存在压力分布不均、管径匹配不合理等问题,影响生产连续性与经济性,需优化改造。基于相关优化原则,制定涵盖给水、排水管网及节点与辅助设施优化的系统性方案,其水力性能符合设计目标,优化方案实施后,车间给排水管网运行效果提升,给水压力合格率提高,排水无积水堵塞,管网漏损率降低,取得了节水和生产废水回用成效,运行成本降低,生产废水预处理效果好,实现多效益协同提升。本次研究有局限性,未来可引入智能监测与调控技术,构建智能给排水管网系统,提升运行效率与可靠性。

【参考文献】

- [1]陆露,高峰,郭娟,等.排水管网运维管理问题分析与对策研究[J].中国给水排水,2022,38(2):8-13.
- [2]邵银霞,周洁,汪玲玲,等.基于全生命周期策略的排水养护信息化管理新模式[J].中国给水排水,2024,40(8):17-21.
- [3]白永强,鲁梅,刘绪为,等.镇江市“四位一体”排水管网诊断流程及工程实践[J].中国给水排水,2023,39(12):26-31.

- [4]赵美玲,张巧珍,朱俊,等.基于在线模型的供水管网优化调度系统设计[J].中国给水排水,2022,38(16):35-39.
- [5]周彩云,赵浩钧,刘广.江苏无锡某排水管网改造施工探析[J].广东建材,2025,41(3):158-160.
- [6]杨魁志.旧城区排水管网雨污分流改造设计与思考[J].环境保护与循环经济,2024,44(6):33-38.
- [7]杨辰,蔡瑜.城市排水管网雨污分流改造方案分析:以武汉某项目为例[J].环境保护与循环经济,2024,44(12):15-18.
- [8]孙坤厚.市政雨污水排水管道施工和质量控制研究[J].工程技术研究,2021,6(1):183-184.
- [9]闻路佳.某催化剂工厂排水系统设计实例探讨[J].化工与医药工程,2022,43(2):12-15.
- [10]刘遂庆.排水管网优化坡度设计计算[J].给水排水,2008,34(8):114-118.
- 作者简介:丛明(1994.8—),毕业院校:华北理工大学轻工学院,所学专业:给水排水工程,当前就职单位:中国电子系统工程第四建设有限公司,职务:给排水工程师,职称级别:中级工程师。