

优化方法应用现状及对给排水专业发展的启示

王俊岭 刘彦宏

北京建筑大学环境与能源工程学院

DOI:10.12238/btr.v7i2.4239

[摘要] 优化方法正在融入各行各业中,是各行业快速发展的催化剂性质的管理技术。本文通过对优化方法在各行业的应用文献数量变化进行分析,总结各行业最常用到的优化方法及应用领域。同时,通过对给排水行业文献及优化方法应用潜力的分析,提出优化方法在给排水专业发展中的一些应用点及未来发展方向。

[关键词] 系统优化; 自动化; 市政给排水; 优化方法

中图分类号: F294.9 **文献标识码:** A

Application status of optimization method and enlightenment to the development of water supply and drainage major

Junling Wang Yanhong Liu

School of Environmental and Energy Engineering, Beijing University

[Abstract] The optimization method is being integrated into various industries, is the rapid development of the catalyst-like property management technology. This paper analyzes the changes of the application literature of optimization methods in various industries, and summarizes the most commonly used optimization methods and application fields in various industries. At the same time, through the analysis of the application potential of the literature and optimization methods in the water supply and drainage industry, some application points and future development directions of the optimization method in the development of water supply and drainage industry are proposed.

[Key words] system optimization; automation; municipal water supply and drainage; optimization method

引言

信息技术加速了工业制造过程与时代进步,已成为推动全球技术革命和各行业发展的关键技术^[1]。现如今,各个行业都不可或缺的应用着这些技术,以此来提高生产效率与质量。信息技术的发展也加速了优化技术的应用,通过优化方法对现有系统的各项要素进行调整和改进,以提高系统整体性能、效率、经济性和稳定性。在竞争激烈的时代,优化对于提升企业竞争力以及提高工作效率具有重要意义。对于不同的行业各种优化方法应用的途径和程度不尽相同。对于给排水行业来说,已有许多在建筑给排水、给水管网、排水管道、海绵城市等方面的优化案例应用,但仍需加强两个学科的紧密结合,提高优化技术转化为给排水行业生产力的速度,在大学教学中要增加优化的课程及相应内容,以促进给排水专业的发展,为行业培养专业人才,从而使给排水系统达到“生态性、系统性、节约性、可持续性”的目的^[2]。

1 优化方法在各行业的应用现状

1.1 优化方法文献数量分析

本文用关键词“系统优化”“优化方法”等,对中国知网数

据库进行了查阅,行业主要采用标准产业分类法,共20个行业。年限从1995到2024共29年。分析结果如下所述。

从图1可知,研究优化的各个方向的文献众多,大量文献主要集中在优化设计和优化研究上,其次是优化设计算法和遗传算法等。优化设计和优化研究一直以来便是各行业研究突破的重点,其以数学中的最优化理论为基础,以计算机为手段根据所追求的性能目标建立目标函数,在满足给定的各种约束条件下寻求最优的设计方案。优化设计从马克斯威尔理论(Maxwell, 1980)和米歇尔(Michell, 1905)桁架出现起已有百年,从专门期刊(China National Knowledge Infrastructure, Structural optimization)、有关学术会议和公开出版的著作等方面做不完整的统计(至2024年),已出版国内外图书443本,有关优化论文超过1.5万篇,其中约4000篇探讨基于可靠度的优化和优化程序^[3]。而关于优化设计的算法目前虽不是很多,但却逐年增加,现在大多行业对于遗传算法与多目标优化模型的研究相对较多。遗传算法(GA)主要利用生物界“物竞天择”的进化法则,其在全局搜索上能力很强,但在局部搜索上还有欠缺,耗费时间较多,其他更多的优

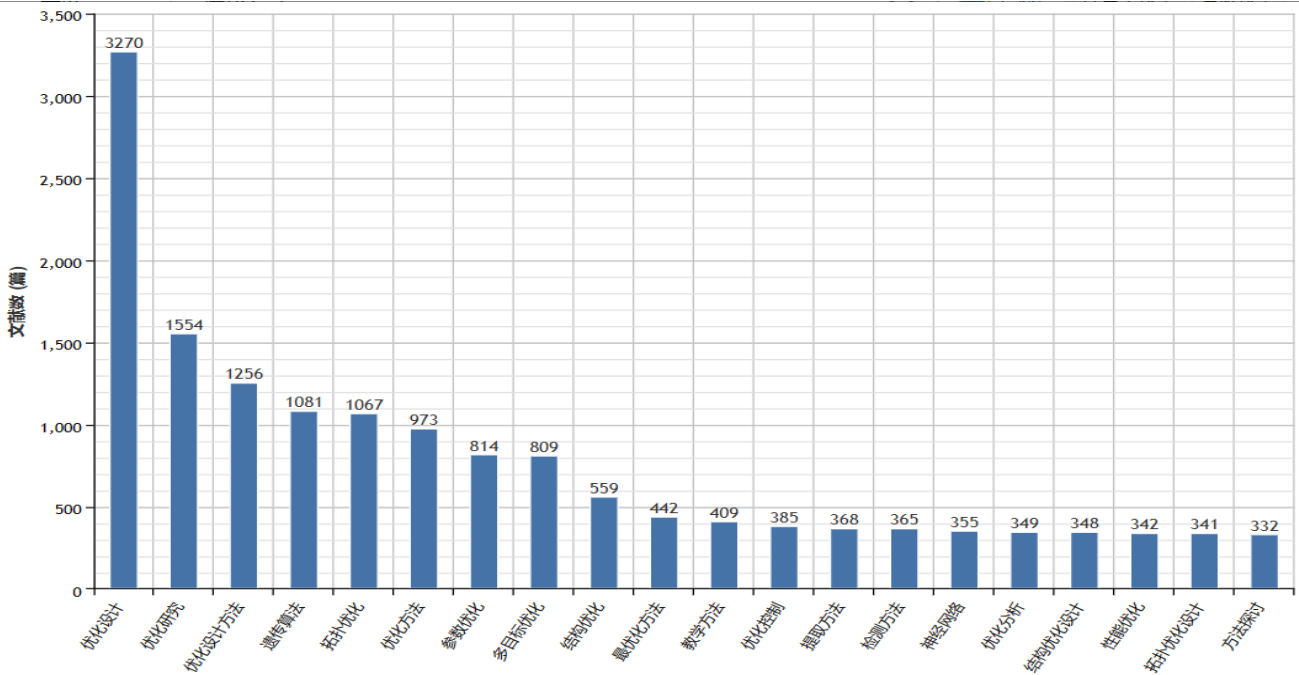


图1 优化的各个方向的文献数量分布

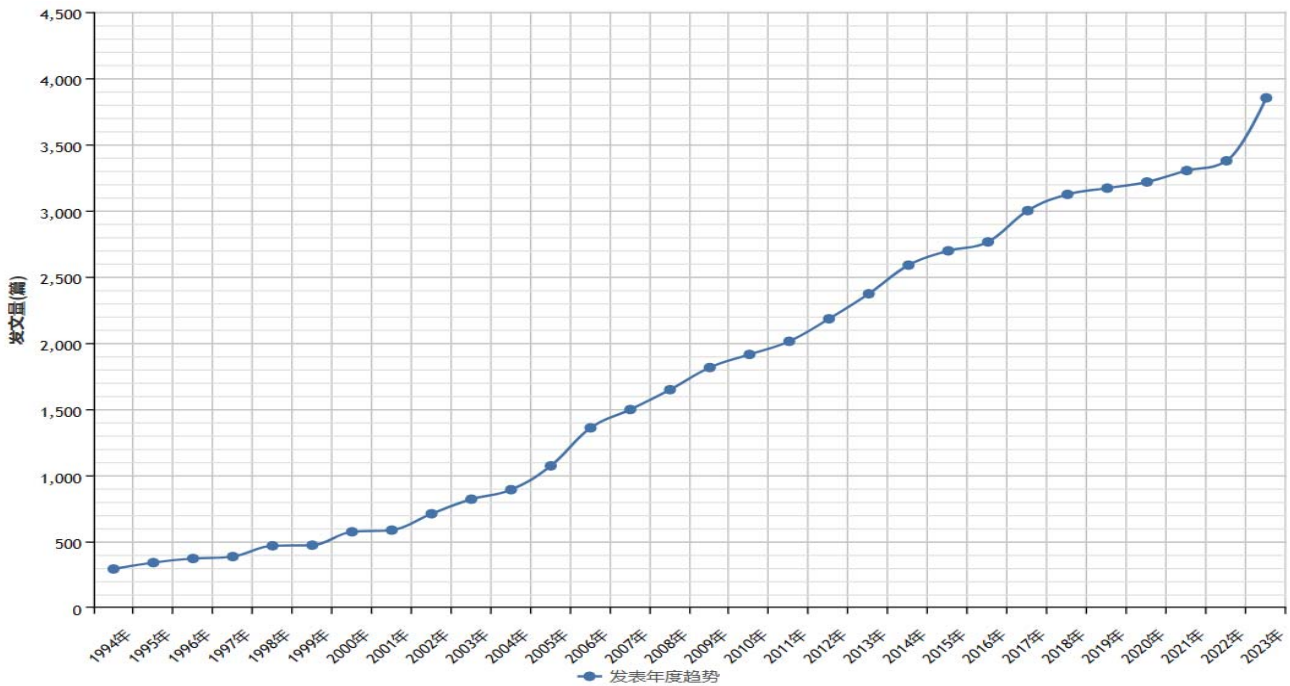


图2 1994-2023 关于优化的论文每年发文章量

化算法也在研究中,例如全局优化中的帝国竞争算法(ICA)、粒子群优化(PSO);局部优化中的模拟退火(SA)、贪婪算法(Greedy);精确算法中的线性规划(LP)、分支定界法(BB);模拟进化算法、数学规划方法、启发式算法、元启发式算法等。随着当前算力的提升,因此未来各种算法的研究会有更大的潜力,相关的文献亦会越来越多。

从1994年至2023年三十年间关于优化的总体文献数量变化可以得知,有关优化方法的文献数量在逐年增加(如图2所示)。其中94年至2004年文献数量增长缓慢,同期增长数量只有50篇甚至更少,据分析,这一时期各行业关于优化技术的应用正处于起步阶段,因计算机还未普及,对于优化方法的应用正在萌芽。2005年之后增加速度开始变快,数量可增加每年300篇左右,尤

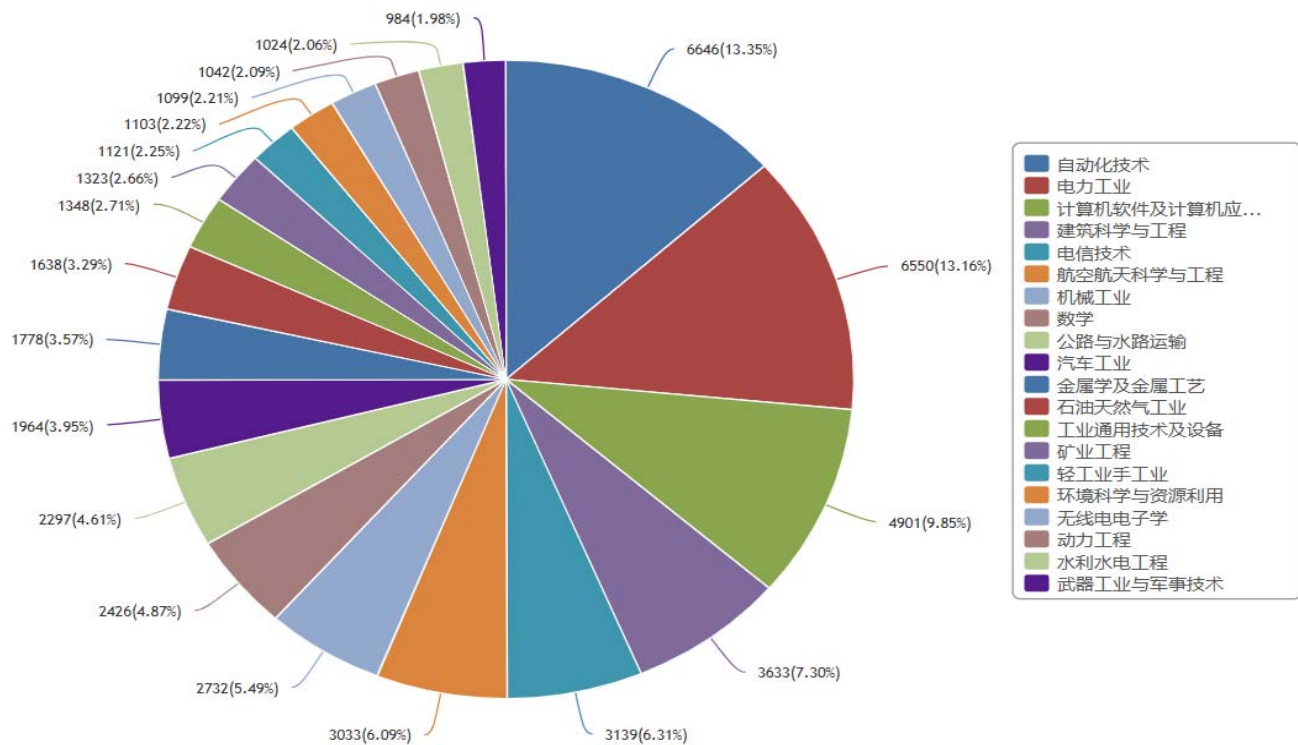


图3 优化方法在各行业的应用文献分布图

其2022-2023年增加最多,达500篇以上。因为随着信息技术的发展,自动化与计算机广泛应用,人们开始采用更高效更经济更优化的方法,应用便越来越多^[4]。

由图3可知,优化方法在不同的行业、专业都有着广泛的应用,绝大部分应用于工业中。工业中主要应用于自动化技术、电力工业、计算机软件技术相关行业,占比分别达到13.35%、13.16%、9.85%。主要是因为在新中国成立70年来,我国工业发展迅速,建成了全球最完整的工业体系,生产能力大幅度提升,工业结构逐步优化,技术水平和创新能力稳步提升,成为世界第一大工业国。与此同时,随着信息时代的发展,传统工业逐渐显现出资源开发过度、生态环境恶化等负面影响,不利于人类的可持续发展,新型工业化应运而生,所谓新型工业化即以互联网、大数据技术、可再生能源利用技术等为重要内容的工业升级。相对应的自动化技术、电力工业、计算机软件技术与之相结合。在这些行业中进行系统优化对于提升我国工业整体竞争力有重要意义^[5]。经过多年的发展,随着社会信息化的不断深入,国民经济许多行业愈来愈多地依靠工业智能化,工业中的自动化、计算机信息化需求也在不断的增加,未来优化方法在相关行业中的应用只增不减,仍旧是研究与应用的重中之重。此外,优化方法在建筑科学与工程、电信技术、航空航天科学与工程、数学、物流、轻工纺织等行业也有不同程度的涉及。通过分析可知,优化不但可以应用于例如机械工业、汽车工业、军事工业等具有复杂结构系统的设计,也可以用于环境与生态保护、海洋工程、水利工程等与社会生活紧密结合的领域,利用其智能的算法

在一定的模型下计算出最优解,解决部分技术上的问题,诸如工程反分析、系统识别等等^[6]。

1.2 优化方法在各行业的应用与发展

1.2.1 自动化工业中的优化

在自动化行业中,如传统自动化立体仓库设计和建设^[7]还基本依赖于工程经验,为避免人为设计失误造成的人力、物力和财力的巨大浪费,在建立自动化立体仓库时,近年来开始采用系统仿真优化的方法。通过系统仿真能直接观察系统模型动态运行效果,找出制约系统运行效率的瓶颈,通过修改系统设计或系统参数,优化系统布局和设备配置,形成最佳资源配置方案。自动化立体仓库建模仿真主要是对AGV输送子系统进行优化配置,孙玉光通过实验^[8]证明配置3个AGV时负荷率刚好,工作利用率合理,避免了人工试验时的人力物力浪费。工业物联网与自动化也联系紧密。“德国工业4.0”、“美国工业互联网”和“中国制造2025”战略目标的相继提出,使得工业物联网被广泛应用。但同时也暴露出诸多问题例如其过度依赖中心化服务器的数据传输过程、中央数据存储机制监管困难^[9]、访问权限不明确等等。然后区块链技术应运而生,通过其共识机制、智能合约进行数据去中心化管理很好的解决工业物联网中的传输问题,而在实际应用中还需考虑多区块链节点,例如刘晶等^[9]提出基于IIOT的区块链多目标优化模型,利用快速非支配排序算法使得到的结果集更优,收敛性更强,优化后的区块链吞吐率得到明显提高,使得物联网与自动化相辅相成。

1.2.2 电力工业中的优化

电力工业是国家经济安全、能源安全的重要组成部分。目前,“双碳”政策的推行使得电力工业工程行业面临着新的挑战和机遇^[10]。这就要求中国电力工业在实现快速增长的同时不断推进科技进步,加大结构调整力度和转变方式,对电力系统进行优化升级。例如金钊等^[11]通过遗传算法寻优去提升算法的复杂环境自适应能力,提升PID参数控制器的复杂环境稳定性,最终达到电力行业旋翼无人机在复杂环境中可操作能力。最开始,人们主要依靠火力发电,火电厂大量修建。虽然目前太阳能、风能都可以发电,但火力发电还是主力军,因此对于火电厂中温度保护的可靠性进行优化还是势在必行得。江春梅^[12]通过改善RS触发器的复位端,在自动复位的基础上加上约束条件,利用DCS系统进行模拟仿真同时加入温度脉冲信号进行优化,使得优化后的温度保护逻辑在普遍的、非常规的温度异常下能更好的实现保护功能,并在温度恢复后自动复位。

1.2.3 机械工业中的优化

近年来,机械工业的发展突飞猛进,由原来的人工车间到逐渐解放双手,机械自动化开始普及并发展,实现了机械自动化生产过程由各个部件构成了一个复杂完整的生产系统来完成。自动控制系统更加提高了产业的发展水平,优化方法常用于数字编程过程,很多生产车间的生产设备都是用数字编程控制自动化系统进行的。PLC自动控制系统便是在机械自动化不断优化后出现的,PLC自动控制系统有效地实现了控制工业设备的目的,从而有效地节省了工业控制领域的人力资源消耗。PLC自动控制系统使得控制精度不断提高,其硬件优化大大降低了短路概率且使所产生的功率达到传统功率的两倍以上^[13]。李浩等^[14]提出在生产设备优化问题中采用以灵敏度为主要参数的优化方法,执行过程中,基于灵敏度分析的生产设备优化配置方案将转化为关于生产周期、生产成本等多目标的优化问题来解决。

1.2.4 能源工业中的优化

随着全球经济的高速发展和人民生活水平的不断提高,对能源的需求量也不断攀升。分布式能源系统包含的设备众多,可同时满足冷热电等多种能源负荷种类的需求,因此供能方式复杂,同样的负荷需求可有多种供能组合方式和运行策略,因此很难确定系统的最佳设备容量和运行策略。Ren等^[15]单独考虑经济性因素优化国内不同区域的分布式能源系统设备容量,得出夏热冬冷地区最适合分布式能源系统的应用。Zhou等^[16]针对不同能源种类、不同能源生产设备、不同能源转换设备、不同能源储存设备的整个能源利用过程,建立混合整数线性规划模型,优化选择多能源耦合的分布式能源系统的设备和容量。Jabbari等^[17]采用遗传算法以年费用最低和最高使用效率为目标,优化热电冷三联供系统设备容量。Mago等^[18-19]在“热跟随”、“电跟随”等固定模式下,研究了分布式能源系统的环境、能耗、经济特性。

2 在给排水行业、专业的应用潜力分析及展望

给水排水行业在国民经济和社会发展中起着十分重要的作用,水的良性社会循环已成为保障各行业科学发展的重要支撑。

长期以来,给水排水工程基本上是靠已有装置所取得的经验进行设计、施工、运行和管理的。给排水工程比一般生产工艺过程在技术经济上具有更大的不确定性。自20世纪60年代开始,国际上在经验总结和数理分析的基础上,逐渐建立起了各种给水排水工程系统或过程的数学模式,从而发展到了以定量和半定量为标志的给排水工程“合理设计和管理”的阶段。与此同时,随着系统分析方法、计算技术和电子计算机手段的发展,对于各种类型的给排水系统,开展了最优化的研究和实践。自70年代至今,美国、日本和欧洲等国家,在给排水管道和处理等工程系统方面,不仅在方法学和计算机程序上取得了各种研究成果,而且日益广泛地将研制的各种计算程序软件应用于给排水工程的计算机辅助设计和自动化运行管理上,并显示了明显的效益^[20]。许多大学的给排水专业也开设了相应的给排水系统优化的课程,为学生将来从事优化方向的工作奠定了基础,未来的课程中将渗透更多的优化方法的应用,为培养能解决复杂工程问题能力的毕业生提供知识支撑。

例如对于专业方向给排水管网而言,优化方法可以应用于给排水管网的布局,管径的确定,还可用在最小管网造价的确定,最优给水管网压力监测点的布置,以及管网整体压力的最优布置。还可用于排水管道的最优坡度设计,给排水管网最优运行方案的设计,最优维护方案的设计等。例如李彦伟等^[21]利用SWMM模型模拟运行现状,分析得出其“瓶颈制约”并提出改变节点高程和增大管径这两种管网改造方案,在两年重现期下两种改造方案分别使整个排水系统的溢流量减少了44.78%和81.62%,明显缓解了节点溢流和管道过载情况。

在污水处理厂专业方向,主要是体现在了解掌握污水处理厂规划、设计、施工方面如何应用优化方法。近年来随着国家不断加大节能减排力度,污水处理如何更加节能越来越受到重视。对于降低污水处理总成本、提高污水处理自动化技术水平也是优化应用点。在此基础上,对于自控系统的优化也必不可少。例如陈征晶^[22]分别对各工段工艺自控优化设计,通过对粗格栅、进水泵房、细格栅、沉砂池、氧化沟、二沉池现场控制站优化设计;对污泥回流泵房、储泥池、脱水车间优化设计,达到了预期的效果,使得污水厂直接运行成本减少了15%左右,并大大降低了工人的劳动强度,改善了人们的操作环境,产生了良好的社会效益和经济效益。

对给水厂方向来说,城镇供水系统优化对于我国双碳战略目标的实施也至关重要^[23]。例如系统的加药量的优化,水泵开启的优化,混凝沉淀时间的优化,系统进出水量水质的优化等等。还有比较多的研究集中在给水厂中泵站的损耗问题。例如陈财会等^[24]基于DQN的强化学习算法,通过获取泵组运行状态、自动优化水泵运行参数,构建DQN网络进行调控,与人工调控相比,DQN算法调控降低了8.84%的损失能耗,既做到了节能减排又具备自主性、实时性、可推广性的优点,具有良好的经济效益。

另外对于建筑给排水方向,也有许多优化方法的应用。这些优化方法在教材中已经有一些渗透融合,并且有一些高校有相

应的研究生的给排水系统优化的课程,那么未来随着优化方法和优化工具的扩充,企业对毕业生综合知识的要求也会提升,那么关于优化的相关知识有望向本科生课程中进行拓展,也是提升毕业生解决问题的综合能力和培养基本科学素养的要求。

3 结语

优化方法已经在各行业得到广泛应用,信息技术的发展将有力推动其加速发展,因此优化方法在给排水行业未来发展潜力巨大,也要求大学中给排水专业的发展中应融入相应的优化方法,使学生的知识体系与行业需求衔接得更好。给排水工程中的优化主要体现在通过优化给排水系统的方案、设计、操作和参数,能够有效地降低投资、能耗和原材料消耗,减少废气和废水排放,降低生产成本更好的促进碳中和碳达峰的实现。同时,系统还能够提高出水水质,增加经济效益。未来,需要进一步提高给排水系统的智能化水平,引入更先进的人工智能技术,融入优化模型方法,以提高系统的预测能力和自主决策能力;其次,需要加强给排水与其他行业信息系统的集成,实现更高效的数据共享和交互,提高整个运行过程的协调性和效率。

[参考文献]

[1]GENG X X,WANG F Y,Mao X P,etal.Data-driven and artificial intelligence accelerated steel material research and intelligent manufacturing technology[J].MGE Advances,2023,1(1):e10.

[2]彭叶斌.人工智能在冶金自动化中的应用[J].流体测量与控制,2023,4(4):78.

[3]郑志焯.分析机械工程自动化技术存在的问题及优化措施[J].中国设备工程,2023,(01):244-246.

[4]庞海芳,张毅鑫,张金明.大学素质教育研究的特点和发展轨迹——基于文献计量分析的视角[C]//中国高等教育学会大学素质教育研究分会.素质教育与一流大学建设——中国高等教育学会大学素质教育研究分会2017年年会暨第六届大学素质教育高层论坛论文集.高等教育出版社,2017:10.

[5]Lixin T ,Ying M .Data analytics and optimization for smart industry[J].Frontiers of Engineering Management,2020,8(2):157-171.

[6]郑志焯.分析机械工程自动化技术存在的问题及优化措施[J].中国设备工程,2023,(01):244-246.

[7]温天智.电气工程及其自动化技术应用现状及其优化方法[J].化工管理,2020,(03):102-103.

[8]孙玉光,周汝胜.自动化立体仓库仿真与设备优化配置技术研究[C]//中国科学技术协会,贵州省人民政府.第十五届中国科协年会第11分会场:综合交通与物流发展研讨会论文集.《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社,2013:6.

[9]刘晶,张喆语,董志红.基于工业物联网的区块链多目标

优化[J].计算机集成制造系统,2021,27(08):2382-2392.

[10]江颖达.“双碳”政策背景下电力工业工程营销战略及实施研究[J].电工技术,2023,(S1):85-87+90.

[11]金钊,张江,张帆.电力行业旋翼无人机智能遗传算法参数优化[J].电子设计工程,2021,29(07):105-109.

[12]江春海.电力行业DCS系统温度质量判断逻辑优化[J].能源研究与管理,2022,14(03):137-140.

[13]王其善.PLC自动化控制系统优化设计[C]//广西写作学会教学研究专业委员会.2019年广西写作学会教学研究专业委员会第一期座谈会资料汇编.[出版者不详],2019:2.

[14]李浩.机械自动化设备优化分析[J].科协论坛(下半月),2013(01):66-67.DWIVEDIA D,SRIWASTAVA G,DHAR S,et al.A decentralized privacy-preserving healthcare blockchain for IoT[J].Sensors,2019,19(2):326.

[15]Ren H B,Zhou W S,Gao W J.Optimal option of distributed energy systems for building complexes in different climate zones in China[J].Applied Energy,2012,91(1):156-165.

[16]Zhou Z,Liu P,Li Z,et al.An engineering approach to the optimal design of distributed energy systems in China[J].Applied Thermal Engineering,2013,53(2):387-396.

[17]Jabbari B,Tahouni N,Ataei A,et al.Design and optimization of CCHP system incorporated into kraft process, using Pinch Analysis with pressure drop consideration[J].Applied Thermal Engineering,2013,61(1):88-97.

[18]Smith A,Luck R,Mago P J.Analysis of a combined cooling,heating,and power system model under different operating strategies with input and model data uncertainty[J].Energy and Buildings,2010,42(11):2231-2240.

[19]Mago P J,Chamra L M.Analysis and optimization of CCHP systems based on energy ,economical,and environmental considerations[J].Energy and Buildings,2009,41(10):1099-1106.

[20]傅国伟.第一讲给排水系统优化导论(一)[J].中国给水排水,1987,(04):45-50.

[21]李彦伟,尤学一,季民.基于SWMM模型的雨水管网优化[J].中国给水排水,2010,26(23):40-43.

[22]陈征晶.城市污水处理厂自控系统的优化设计[J].福建轻纺,2009,(08):35-38.

[23]李成,马顺君,贺鑫.典型给水厂运行碳排放核算与碳减排路径[J].给水排水,2023,59(07):1-7.

[24]陈财会,张天,黄健康.基于DQN算法的泵站供水系统节能控制优化[J/OL].净水技术:1-11[2024-03-15].http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1513.TQ.20231027.1644.002.html.