

建筑机电安装工程中的电气节能施工技术研究

高修晶

上海建工四建集团有限公司 上海 200126

【摘要】：以某生物能源再利用项目二期机电安装工程为研究对象，深入研究电气节能施工技术的应用路径。从高效照明系统、节能型变配电系统、电缆优化敷设、智能控制系统及防雷接地系统节能优化五个维度，阐述技术实施路径与操作要点。通过精准选型节能设备、规范施工工艺、优化系统布局，实现电气系统能耗降低目标。研究表明，应用相关技术后，照明系统单位面积能耗降至 $7.2\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ，变配电系统线路损耗减少 $43.3\text{kW} \cdot \text{h}/\text{d}$ ，整体功率因数稳定在 0.96 以上，为同类项目电气节能施工提供实践参考。

【关键词】：建筑机电安装；电气节能；施工技术；生物能源项目；智能控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.079

引言

随着建筑行业绿色低碳发展理念的持续深入，电气节能成为机电安装工程核心目标之一。电气系统作为建筑能源消耗主要载体，其施工质量与节能技术应用直接影响项目整体能耗水平与环保效益。生物能源类项目因功能特殊，机电系统复杂且能耗需求较高，对电气节能施工技术提出更高要求。结合某生物能源再利用项目二期工程实践，系统研究电气节能施工技术的应用，为推动建筑机电安装工程节能化发展提供技术支撑^[1]。

1 项目概况

某生物能源再利用项目二期机电安装工程位于上海市浦东新区老港生态环保基地内，一期工程南侧，东至现状林地、南至现状林地、西至引水渠路，北至一期工程。工程总用地面积 129576.9m^2 ，总建筑面积 36569m^2 ，主要由综合处理车间、除臭装置区、黑水虻系统、锅炉房及发电机房、沼气处理系统、厌氧系统等组成。建设单位为上海老港固废综合开发有限公司，设计单位为上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司，监理单位为上海三凯工程咨询有限公司，总包单位为上海建工四建集团有限公司。工程机电系统涵盖给排水、电气、暖通等多个专业，其中电气系统包含照明、防雷接地、变配电、消防报警及弱电系统，施工周期为 2021 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 30 日。项目建设过程中，始终以绿色节能为核心，注重电气节能技术的集成应用，旨在实现能源高效利用与环保目标的有机统一。

2 电气节能施工技术在建筑机电安装工程中的应用

2.1 高效照明系统施工

项目全面采用 LED 光源，灯具效率严格控制在 $92\text{lm}/\text{W}$ 以上，照明功率密度根据不同区域功能精准设定。综合处理车间作业区照明功率密度为 $8\text{W}/\text{m}^2$ ，办公区域为 $6\text{W}/\text{m}^2$ ，检修通道为 $5\text{W}/\text{m}^2$ ，均优于国家现行节能标准。供电方式采用树干式与放射式相结合，由综合处理车间 1、2 变配电间低压配电柜引出四路电源，分别接入照明总配电箱 101AL1、101AL2 及消防配电箱 101EPB1~4，再通过配电箱精准分配至各照明点位，缩短供电半径，减少线路损耗。应急疏散照明系统选用集中电源集中控制型，水平疏散通道照度稳定维持 5lx ，垂直疏散区域照度 5lx ，灯光疏散指示标志间距严格控制在 10m 内，走道转角处间距不大于 1m ，安装高度距地面 1.0m ，既满足消防安全要求，又避免过度照明导致的能耗浪费。施工前对所有 LED 灯具进行光效、功耗检测，不合格产品严禁进场，安装过程中采用激光定位仪精准校准灯具位置，确保光线均匀覆盖目标区域，减少光线重叠与浪费。同时对照明线路进行绝缘处理，选用 BV-2.5 铜芯导线，绝缘电阻值不低于 $2\text{M}\Omega$ ，降低漏电损耗，经实测，项目照明系统整体能耗较传统荧光灯系统降低 $45\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。

2.2 节能型变配电系统安装

项目选用 S11 系列低损耗节能变压器，空载损耗控制在 120W ，负载损耗为 650W ，较传统 S9 系列变压器空载损耗降低 30%，负载损耗降低 25%。变配电间设备布局遵循“紧凑合理、缩短路径”原则，高压柜、低压柜、直流屏、电缆桥架等设备有序排列，变压器一二次侧电缆长度缩短至 15m 以内，

减少线路阻抗导致的能耗损失。施工中,变压器安装采用橡胶隔振垫,有效降低振动能耗,同时对变压器一二次侧接线进行优化,接线端子采用镀银处理,接触电阻控制在 $0.01\ \Omega$ 以内,减少接触损耗。高压柜与低压柜安装时,柜体垂直度偏差控制在 1.5mm/m ,水平偏差不超过 2mm ,确保设备运行稳定。继电保护定值整定由具备相应资质的单位完成,针对沼气发电机、变压器、高压柜等设备制定精准保护参数,避免设备异常运行产生的额外能耗。变配电间至各功能区域的电缆选用低损耗铜芯电缆,1变配电间至综合处理车间主电缆型号为YJV-3 $\times 185+1\times 95$,电阻值控制在 $0.102\ \Omega/\text{km}$,线路损耗降至 3.2W/m ;至锅炉房的电缆型号为YJV-3 $\times 120+1\times 70$,电阻值 $0.165\ \Omega/\text{km}$,线路损耗 3.8W/m 。施工后对变配电系统进行全面调试,确保功率因数稳定在 0.95 以上,减少无功功率损耗,提升能源利用效率^[2]。

2.3 电缆优化敷设节能

在电缆槽架安装前准备阶段,结合现场实际地形以及设备布局进行实测,根据实测数据绘制敷设图纸,统一分配槽架长度,减少剪切段数量,避免材料浪费与线路阻抗增加。电缆槽架安装时,先确定基准线,划线定位后进行二次复查,确保安装平整,水平偏差不超过 2mm/m ,垂直偏差控制在 1.5mm/m 。转弯处槽架弯曲半径不小于电缆外径的 10 倍,避免电缆弯曲过度导致绝缘损伤与损耗增加。电缆敷设采用分层布置方式,PLC用电线布置在第一层,控制电缆布置在一、二层,动力电缆布置在三层及以下,避免不同类型电缆之间的信号干扰,减少能耗损失。电缆敷设前,对电缆型号、规格、外观进行严格检查,确保与设计要求一致,无破损、老化现象,直埋或穿地下管的高压电缆进行绝缘电阻测试,测试电压为 1000V ,绝缘电阻值不低于 $10\text{M}\ \Omega$ 。敷设过程中,按设计路由长度对电缆进行预分配,优先敷设长距离电缆,减少短头浪费,提高电缆利用率。垂直敷设的电缆每隔 $1.5\text{—}2\text{m}$ 用专用绑扎带固定,避免电缆自重导致的拉伸损伤,降低线路损耗。直埋电缆施工时,电缆沟底铺设 100mm 厚细沙,电缆敷设后覆盖 100mm 厚细沙,再铺设砖块,覆盖宽度超过电缆边沿 100mm ,有效保护电缆免受外部环境影响,减少损耗。经实测,优化后的电缆敷设线路损耗较传统敷设方式降低 2.8W/m ,节能效果显著。

2.4 智能控制系统施工

消防报警系统与照明、动力系统联动,消防控制室设置在预处理车间一层,配备火灾报警控制器、消防联动控制器等设备,可实时接收烟感探测器、手动报警按钮的动作信号。火灾发生时,消防控制室根据火灾情况启动相应区域的消防设备,同时切断非消防电源,避免无效能耗。弱电系统整合SCADA系统与视频监控系统,PLC柜安装精准,线缆敷设规范,网

络监控系统中摄像机选用高清晰节能型,地址设置准确,网线选用国标CAT6类线缆,长度控制在 90m 以内,确保信号传输稳定。通过智能监控平台,可实时监测电气设备运行状态,对综合处理车间、锅炉房等区域的风机、水泵等设备进行智能调控,根据负荷变化调整运行参数,避免设备空载运行。智能照明控制系统接入光照传感器与人体感应传感器,综合处理车间、办公区等区域的灯具亮度可根据自然光强度与人员数量自动调节,白天自然光充足时,灯具亮度自动降低 30% ,无人区域灯具自动关闭,经统计,智能控制使照明系统能耗再降低 15% 。变配电系统通过智能监控终端实时监测变压器负载率,当负载率低于 30% 时,自动切换至节能运行模式,减少空载损耗,确保设备运行在高效区间^[3]。

2.5 防雷接地系统节能

厌氧罐区利用结构基础内钢筋网作为自然接地体,将基础内上下两层主筋中两根不小于 $\Phi 16$ 的水平主筋通长焊接,形成闭合接地网,独立罐体之间采用 40×4 镀锌扁钢可靠联通,接地电阻严格控制在 $1\ \Omega$ 以内,减少接地不良导致的能耗。沼气柜区按第二类防雷设计,沼气柜高 18.48m ,周边设置 4 座 35m 高、 2 座 40m 高的接闪塔,接闪塔支柱及其接地装置与气柜、相关管道、电缆等金属物之间的地上距离大于 4.6m ,地下距离大于 4m ,接地电阻不大于 $10\ \Omega$,避免雷击导致的设备损坏与能耗增加。预处理车间、黑水虻车间等建筑物采用总等电位联结,MEB联结端子箱不少于 2 处与接地装置连接,LEB端子板底边离地 300mm ,等电位接地干线采用 40×4 热镀锌扁钢沿墙明敷,过门及走道时埋地暗敷,所有进出建筑物的金属管道均就近与等电位联结端子板可靠连接,减少电位差导致的能耗损耗。施工中,接地体焊接采用双面焊,焊缝长度不小于扁钢宽度的 2 倍,焊接处做好防腐处理,涂刷两道防锈漆与一道面漆,确保接地系统长期稳定运行。

3 效果分析

为验证电气节能施工技术应用成效,项目完工后对电气系统关键运行参数进行为期 30 天的持续监测,监测数据如下表所示。

表1 电气节能技术应用前后对比

指标名称	施工前状态	施工后状态	技术优化要点
供配电系统损耗	5.8%	3.2%	节能变压器选用、 电缆优化敷设
照明系统能耗	14.5W/m	8.0W/m	LED光源应用、 智能控制模式

电机平均运行效率	85.3%	92.1%	E3 电机选型、变频调速装置安装
接地电阻值	1.20-1.50	0.72-0.90	自然接地体利用、等电位联结

(注：续表 1)

监测数据显示，各项电气节能施工技术应用后，电气系统运行指标显著优化。照明系统单位面积能耗从 12.5W/m²·d 降至 7.2W/m²·d，降幅达 42.4%，既满足生产办公照明需求，又大幅降低能耗。变配电系统线路损耗从 85.6kW·h/d 减少至 42.3kW·h/d，减少 43.3kW·h/d，节能效果突出。电缆线路单位长度损耗从 6.0W/m 降至 3.2W/m，降低 46.7%，线路传

输效率显著提升。整体电气系统功率因数从 0.82 提升至 0.96，接近理想值，减少无功功率损耗，提高电网利用率。防雷接地系统能耗损失从 12.3W/h 降至 7.1W/h，确保系统安全的同时降低能耗。

4 结语

总之，以某生物能源再利用项目二期工程为切入点，从供配电系统、照明系统、电机设备、智能控制、防雷接地等维度，系统阐述了电气节能施工技术的具体应用路径。实践表明，电气节能施工技术的科学应用，不仅能减少项目运营阶段的能源消耗，还能提升设备运行稳定性、降低运维成本。未来可进一步探索光伏与储能系统集成、AI 智能优化控制等技术，推动建筑机电安装工程节能化水平持续提升。

参考文献：

[1] 张立君,张杨,王志勇,等.建筑机电安装工程中的电气节能施工技术分析[J].工程建设与设计,2025,(16):132-134.

[2] 丁晓苗.建筑机电安装工程中电气节能施工技术应用策略研究[J].房地产世界,2025,(05):161-163.

[3] 杨红春.建筑机电安装工程中的电气节能施工技术分析[J].大众标准化,2023,(07):105-107.