

# 工业厂房建筑电气设计及节能措施分析

刘 航 李碧琳

西安航天神舟建筑设计院有限公司 陕西 西安 710075

**摘要：**工业厂房是工业生产的重要场所，其电气系统的稳定运行和高效节能对于保障生产活动的顺利进行、降低企业运营成本具有重要意义。在当前全球倡导节能减排的大背景下，工业厂房建筑电气设计不仅要满足生产设备对电力的需求，还要注重能源的合理利用，通过优化设计和采用节能技术，减少能源消耗，提高能源利用效率。所以，针对工业厂房建筑电气设计及节能措施进行分析与探讨是非常有必要的。

**关键词：**工业厂房；建筑电气设计；节能措施

引言：随着工业的快速发展，工业厂房的建设规模不断扩大，电气系统作为工业厂房正常运行的关键组成部分，其设计的合理性和节能性直接影响到企业的生产成本和可持续发展能力。基于此，本文深入探讨了工业厂房建筑电气设计的各个方面，包括供配电系统、照明系统、电力拖动系统等，并针对每个环节提出了切实可行的节能措施，旨在为工业厂房的电气设计提供有益的参考，实现能源的高效利用和企业经济效益的提升。

## 1 工业厂房建筑电气设计及节能措施的意义

首先，从企业运营成本角度来看，合理的电气设计与有效的节能措施能够显著降低企业的用电开支。工业厂房内用电设备众多，电能消耗巨大。精准的供配电系统设计，利用准确计算负荷，极大地避免了设备容量过大或过小带来的能源浪费与低效运行<sup>[1]</sup>。选择节能型变压器与优化线路设计，大幅度减少了线路传输损耗。而在照明系统方面，采用高效节能灯具并结合智能控制方式，可大幅降低照明能耗。

其次，对环境保护而言，工业厂房电气节能措施发挥着关键作用。工业用电在全社会用电量中占比颇高，降低工业厂房的电能消耗，意味着大幅度减少了发电过程中的能源消耗与污染物排放。以火力发电为例，减少电能使用可降低煤炭等化石能源的燃烧量，从而减少二氧化碳、二氧化硫等温室气体与有害污染物的排放，对缓解全球气候变化、改善空气质量贡献显著。众多工业厂房推行电气节能措施后，所在地区的空气质量得到明显改善，生态环境压力得以减轻。

此外，从行业发展层面分析，工业厂房建筑电气设计及节能措施是推动行业技术进步与可持续发展的动力。对于电气设计过程而言，不断探索与应用新的节能技术，如智能监控系统、能量回馈技术等，能够促使电气设备制造企业与设计单位持续创新。此举提升了行业整体的技术水

平的同时，还为新型节能产品与技术的研发创造了市场需求。如，变频调速技术在工业厂房电力拖动系统中的广泛应用，有力地推动了电机制造企业高性能变频电机的研发与生产。与此同时，节能导向促使行业内形成绿色发展共识，可推动整个工业朝着资源节约、环境友好的方向转型升级，增强了行业的可持续竞争力。

## 2 工业厂房建筑电气设计

### 2.1 供配电系统设计

#### 2.1.1 负荷计算

准确的负荷计算是供配电系统设计的基础。工业厂房内的用电设备种类繁多，包括生产设备、照明设备、通风设备等，其负荷特性各不相同。在进行负荷计算时，需要根据设备的额定功率、运行时间、同时系数等参数，采用合适的计算方法，如需要系数法、二项式法等，确定厂房的计算负荷。像是对于大型机械加工厂房，其生产设备功率较大且运行时间较长，在计算负荷时应充分考虑设备的实际运行情况，合理选取同时系数，以确保计算结果的准确性。

#### 2.1.2 电源选择与变压器配置

根据厂房的负荷需求和当地的供电条件，选择合适的电源接入方式。对于负荷较大的工业厂房，一般采用高压供电，以减少线路损耗。尤其在变压器配置方面，应根据计算负荷选择容量合适的变压器，并合理确定变压器的台数和运行方式<sup>[2]</sup>。如，对于季节性生产的厂房，可以采用两台变压器并列运行，在生产淡季时切除一台变压器，以降低变压器的空载损耗。并且，应选择节能型变压器，如非晶合金变压器，其空载损耗比普通变压器可降低70%~80%。

#### 2.1.3 供配电线路设计

需要注意的是，供配电线路的设计应遵循安全、可靠、经济的原则。在选择导线和电缆时，要根据线路的

负荷电流、敷设方式和环境条件等因素,合理确定导线和电缆的型号、规格。比如,在有腐蚀性气体的厂房内,应选用防腐型电缆;在高温环境下,应选用耐高温电缆。而且,要合理规划线路路径,尽量缩短线路长度,减少线路电阻,降低线路损耗。对于长距离输电线路,可以采用高压输电方式,提高输电效率。

## 2.2 照明系统设计

### 2.2.1 照明方式与灯具选择

工业厂房的照明方式应根据生产工艺和工作环境的要求进行选择,主要包括一般照明、局部照明和混合照明。一般照明适用于对光线均匀度要求较高的场所,如车间的一般操作区域;局部照明则用于对光线要求较高的局部工作区域,如机床的操作部位;而混合照明是将一般照明和局部照明相结合,以满足不同工作区域的照明需求。在灯具选择方面,应优先选用高效节能的灯具,如LED灯具。LED灯具具有发光效率高、寿命长、显色性好等优点,相比传统的荧光灯和白炽灯,可节能50%到80%。

### 2.2.2 照明控制

合理的照明控制可以有效节约能源。工业厂房的照明控制可采用多种方式,如分区控制、定时控制、光控控制等。其中,分区控制是将厂房划分为不同的区域,根据不同区域的使用情况进行单独控制;定时控制是通过设置定时器,在不需要照明的时间段自动关闭灯具;光控控制则是利用光敏传感器,根据环境光线的强弱自动调节灯具的亮度。

## 2.3 电力拖动系统设计

### 2.3.1 电动机选择

电动机是工业厂房中应用最广泛的用电设备之一,其能耗占工业用电的很大比例。在选择电动机时,应根据负载的性质和要求,选择合适的电动机类型和容量<sup>[3]</sup>。对于恒转矩负载,如风机、水泵等,可选用异步电动机;对于调速要求较高的负载,如机床、起重机等,可选用变频调速电动机。

### 2.3.2 电动机调速控制

采用电动机调速控制技术可根据负载的变化实时调整电动机的转速,从而实现节能目的。常见的电动机调速方式有变频调速、调压调速、串级调速等。其中,变频调速技术应用最为广泛,它利用改变电动机电源的频率来调节电动机的转速,具有调速范围广、调速精度高、节能效果显著等优点。

## 3 工业厂房建筑电气节能措施

### 3.1 供配电系统节能措施

#### 3.1.1 无功补偿

工业厂房的用电构成中,电动机、变压器等感性负载占据主导地位。这些设备在运行时,电流相位滞后于电压相位,会消耗大量无功功率。无功功率虽不直接用于做功,但却在电网与设备之间来回交换,导致功率因数降低。功率因数过低,不仅会使线路电流增大,造成额外的线路损耗,还会影响供电质量,降低发电设备的利用率。

为彻底解决这一问题,安装无功补偿装置成为关键手段。电容器是最常见的无功补偿设备之一,它利用向系统提供容性无功功率,来抵消感性负载所需的无功功率,从而提高功率因数。实际应用中,可根据厂房内不同区域的负载特性,采用集中补偿、分组补偿或就地补偿的方式。

而静止无功发生器(SVG)则是更为先进的无功补偿设备。相较于电容器,SVG能更快速、精确地调节无功功率输出。它采用电力电子技术,可根据系统无功需求实时调整输出,对电网的动态变化响应迅速。在一些对电能质量要求极高的工业厂房,如电子制造车间,SVG能有效稳定电压,有效减少电压波动和闪变,进一步保障生产设备的稳定运行。一般情况下,将功率因数从较低水平提高到0.9以上,可显著降低线路损耗10%~15%,进而提升了电能利用效率。

#### 3.1.2 智能监控与管理系统

当代信息技术的飞速发展,促使建立供配电系统智能监控与管理系统成为工业厂房节能的重要途径。该系统借助传感器、通信网络和智能软件,对供配电系统的运行参数,如电压、电流、功率、电能质量等进行实时采集与监测。一旦系统出现故障或异常,如过压、欠压、过载、短路等情况,系统能迅速发出自动报警信号,并准确定位故障位置,为维修人员快速排除故障提供依据,尽可能减少停电时间,降低因停电造成的生产损失。

而在对长期积累的运行数据进行深度分析的基础上,智能监控与管理系统还能挖掘出系统运行的潜在规律。如,根据历史负荷数据,预测不同时间段的负荷变化趋势,进而自动调整变压器的运行台数。当负荷较低时,切除部分变压器,尽量避免其轻载运行造成的空载损耗;在负荷高峰时段,投入全部变压器,确保系统满足用电需求。智能化的运行方式,能使供配电系统始终处于高效节能的运行状态,有效降低能源消耗。

## 3.2 照明系统节能措施

### 3.2.1 高效光源与灯具优化

在光源选型方面,应全面推广LED灯具替代传统荧光灯、金卤灯等低效光源。LED灯具光效可达100到150lm/W,比传统光源节能50%到80%,且寿命长达5万小时,显著降低维护成本。针对高棚厂房,可采用高光效LED工矿灯,通过优化配光曲线减少光损耗;潮湿或腐蚀性环境应选用三防型LED灯具,确保长期稳定运行。除此之外,灯具布局需结合功能区域划分,例如货架通道采用窄光束角灯具精准投光,办公区采用漫反射灯具提升照度均匀性。

### 3.2.2 自然光融合与智能控制

充分利用自然采光是最经济的节能方式。可在厂房侧墙设置采光带或导光管,将自然光引入室内。某电子厂房案例显示,通过锯齿形天窗与反光板组合,白天可减少30%人工照明使用。智能控制方面,应采用光照度传感器与人体感应联动控制:白天根据自然光强度自动调节灯具亮度,夜间通过红外感应实现“人来灯亮、人走灯熄”。对于多区域厂房,可设置场景控制模式,如“生产模式”全开工作区照明,“清洁模式”仅保留通道基础照明,降低非必要能耗。

### 3.2.3 照明功率密度控制

依据GB 50034《建筑照明设计标准》,严格按功能区域设定照明功率密度值(LPD)。例如一般生产区 $LPD \leq 5W/m^2$ ,精密装配区 $\leq 8W/m^2$ 。通过智能调光系统动态调整照度,当设备停机时自动降低至待机照度(30%全亮),相比全时满负荷运行可节能25%到40%。对于室外照明,采用半夜灯控制策略,在凌晨时段关闭部分灯具或切换为节能模式,能够减少无效能耗。

### 3.2.4 智能运维与能效监测

建立照明系统能效管理平台,实时监测灯具运行状态与能耗数据。在此可应用大数据分析预测灯具寿命,提前更换老化设备避免光衰导致的能耗上升。某汽车制造厂引入智能运维系统后,年维护成本降低18%,异常照明故障响应时间缩短至10分钟内。

## 3.3 电力拖动系统节能措施

### 3.3.1 优化电机运行方式

工业厂房中的电力拖动系统广泛应用于各类生产设备,如风机、水泵、输送带等。电动机的运行效率直接影响着整个系统的能耗。根据负载的实际需求,合理调整电动机的运行方式是节能的关键。许多工业设备在运行过程中,负载并非始终保持恒定<sup>[4]</sup>。如,风机在通风

量需求变化时,若电动机始终以恒定转速运行,不单单会造成能源浪费,还可能因长期过载或轻载影响设备寿命。对于多台电动机联合工作的系统,采用群控技术能够实现更高效的节能运行。群控系统通过传感器实时监测系统的运行参数,如压力、温度、流量等,并根据这些参数自动调整电动机的运行台数和转速。这里以大型通风系统为例,当室内空气质量较好、温度适宜时,群控系统可自动减少风机的开启数量,降低运行转速,使电动机在高效区运行,避免不必要得能源消耗。

### 3.3.2 能量回馈技术

在工业生产中,起重机、电梯等具有位能性负载的设备在下降或制动过程中,电动机处于发电状态,会产生能量回馈。传统的制动方式往往通过电阻将这部分能量消耗掉,造成能源浪费。采用能量回馈装置,则可将这部分能量回收并回馈到电网中,实现能量的再利用。能量回馈装置主要由电力电子变换器和控制器组成。当设备制动时,能量回馈装置将电动机产生的交流电转换为符合电网要求的交流电,并通过控制器控制其回馈到电网的相位和幅值,确保电能的稳定输送。在一些大型工业厂房的起重机系统中应用能量回馈技术后,经测算,可降低系统能耗15%到25%,减少了企业的用电成本,还为节能减排做出了积极贡献。

结语:工业厂房建筑电气设计是一个系统工程,涉及供配电系统、照明系统、电力拖动系统等多个方面。在设计过程中,应充分考虑节能因素,通过合理的设计和采用先进的节能技术,降低电气系统的能耗,提高能源利用效率。同时,要结合实际工程需要,不断总结经验,优化设计方案,为工业厂房的节能改造和新建项目提供有力的技术支持,促进工业企业的可持续发展。

### 参考文献

- [1]李明子.工业厂房建筑电气设计及其节能措施分析[J].建筑技术开发,2019,46(18):18-19.
- [2]田宇.工业厂房建筑电气设计及其节能措施探究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(1):228-231.
- [3]胡腾宇.工业厂房建筑电气设计及其节能策略分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(7):95-96.
- [4]许慧明.工业厂房建筑电气设计要点及其节能措施探讨[J].华东科技(综合),2021(3):89-89.