

# 智能建筑节能方案初探

孙 浩 朱未扬

**摘要:** 文章主要阐述了采用自动化控制技术设计解决智能化建筑中照明系统、冷源系统和空调系统节约能源的方法。

**关键词:** 节约能源 自动化控制 照明系统 空调系统 冷源系统

## An Primary Exploration for Intelligent Building Energy Efficient Project

Sun Hao, Zhu Weiyang

**Abstract:** The paper illustrates the energy-saving solution to lighting, cooling source and air condition system in intelligent buildings based on automatic control techniques.

**Keywords:** Energy-saving, Automatic Control, Lighting System, Air Control System, Cooling Source System

众所周知,在智能建筑中,电能消耗要占到大楼能源消耗总能量的极大比例。特别是冷冻机组、冷却塔、各类水泵、空调机组、新风机组和灯光照明都是消耗电能的主要设备。因此采用最优化的节能控制模式来满足大楼的功能要求,不仅为物业管理带来很大的经济效益,而且还可使系统在较佳的工况下运行,从而延长设备的使用寿命。

### 1 电力供应管理

大厦电力系统主要分为电力供应和电力配电两部分。电力供应系统设备主要有高压开关柜、变压器、低压开关柜等;电力配电系统主要有低压配电盘、配电箱等。电力供应系统将来自城市电网的高电压转换成与用电设备输入电压相匹配的低电压,同时根据用电负荷的种类、等级、用电量、

用电位置等把电力进行分配和控制。电力配电系统主要负责将电力配置到各用电设备,同时对用电设备进行各种用电保护和控制设备的运行。

一般情况下高电压系统由城市供电部门负责设计、安装、计量、管理运行,大厦建设单位仅提供一定面积的设备安装空间。电力供应系统应该配置电力监控系统,完成对高低压开关柜和变压器运行状态的监控,监控系统与楼宇设备控制系统联网,以便根据用电负荷及时调整电力供应。

电力系统的节能主要是指电力配电系统的节能控制。我们知道一座建筑物中的能源百分之八十以上是电能(空调系统的冷源和风能等可以视作由电能转换而来),其他能源,诸如水能、燃气能、燃油能,所占比例要少许多。

从电能的使用方式可以分成电力驱动和照明两大类。电力驱动指的是

对各类设备的供电,将电能转换成了势能、动能、热焓等能源形式,该部分的节能措施体现在用电设备的控制方式上,所以我们将结合空调系统和给排水系统的设备节能控制来阐述电力节能。

大厦照明系统也是一个巨大的能耗系统,尽管在照明设计时尽量采用各种节能灯具和光源,但是实际的运行中间仍然存在着大量浪费能源的现象,提高照明系统的节能控制方式,加强系统的管理能动性和灵活性是达到节能目的唯一途径。我们推荐主要采用以下几种方式进行照明节能控制:

- 日光和照度控制
- 定时控制
- 集中控制
- 移动侦测控制
- 场景控制
- 按钮控制

作者简介: 孙浩,朱未扬,西门子楼宇科技(天津)有限公司。

### 1.1 日光和照度控制

当日光采光不足时就必须利用灯光进行补偿。可这种补偿是随机的,且需要补偿的照度也不一样。此外,靠近窗户或幕墙的区域与远离窗户和幕墙的地方灯光的补偿需求同样也是不同的。因此我们依照室外阳光强度和室内照度相结合控制电灯的开闭和调整灯光亮度。对于像航站楼这样大空间的建筑,可以根据日光对室内的影响程度划分成若干个照明区域,在每个区域内依据照明负荷或面积积分成不同的供电回路。不同回路上的灯具可以相互交叉或者并排布置,以取得最佳效果。安装在室外和室内的照度传感器信号与设定的照度指标相比较后控制电灯的开启或闭合,同时调整灯光亮度。在这里需要注意的是室内照度传感器要安装在具有代表性的位置,区域的划分要合理,相邻区域的灯具布置要有一定的重叠。另外,每个回路所带的电灯不易过多,否则投资额将会增加(大功率的调光器价格很高)。

### 1.2 定时控制

建筑物内部的楼梯间、走道、电梯厅、厕所等公共区域的电灯可以采用预先设定时间(段),譬如在下班时间自动变暗或关闭,或者只有在上班、营业时间才供电。

### 1.3 集中控制

照明系统智能化集中控制,将所有的电灯都可以在中央控制室进行集中控制,设定各种运行参数,随意修改运行模式,智能化的面板开关可以任意的设定、调整开关控制的区域。将传统的、永远不能改变的、仅能完成开关功能的照明系统改变成具有人性化设计,可以根据不同的需求、任意的条件

(定时开关,照度控制,移动检测控制等)进行单一或组合式的控制,加之与调光器的配合会使得照明系统锦上添花,实现了在不降低照明标准,甚至更加丰富照明内容的基础上最大限度地节约能源,对今后大厦的运行管理将带来不可估量的经济效益。

### 1.4 移动侦测控制

针对公共区域,例如电梯前室、楼梯、通道等,利用智慧型移动探测器,控制电灯开启。当有人到达时,探测器输出信号,启动电灯;经过一定时间,电灯自动关闭或者转暗。移动探测器也可以兼作可疑行动或非法入侵报警探测用。

### 1.5 场景控制

对于一些具有一定组合灯光效果要求,或者多种灯光效果的场所或区域,如建筑外观照明、广告照明等,可以采用场景控制模式。相同场所的灯光可以组合成若干个场景,各场景之间的切换平顺而容易。在设置场景模式时我们可以选择最节约能源的方式进行组合控制,即简化了控制,又达到了节能的目的。

### 1.6 按钮控制

对于一些大型建筑物,大部分公共区域的照明都可以不设置手动面板,而是采用集中控制方式。但是对于一些局部场所,例如办公区域、营业场所、某些特殊房间等,仍然可以采用传统的手动面板控制方式。所不同的是手动面板都是智能化的,通过软件设置可以任意改变面板控制的对象,而且面板开关没有负荷容量的概念,甚至可以一键多控。智能化的面板开关具备调光的功能或分段控制功能,就是在手动状态下,也同样能达到节能的目的。

以上各种控制方式可以单独运行也可以组合工作,例如按钮控制和移动探测控制相结合,正常工作时间采用按钮控制,下班后自动切换到移动探测控制模式,从而保证了一天二十四小时都处于节能控制状态下。

## 2 空调系统节能控制

空调系统是一个大能耗系统,对于一些大型建筑,空调系统的控制相当复杂,如果采用一般的控制方式,即要保证环境的舒适性,就不可避免地要浪费掉大量的能源。可是当我们运用一些先进的节能控制方法,使得能源的利用最大化的同时又节约了能源。

空调系统主要由冷源水系统和空气调节风系统两部分组成。下面我们就从“水”和“风”两种介质的控制阐述节能控制方案。

### 2.1 冷源系统的节能控制

#### (1) 理论分析

我们知道空调系统中冷冻水泵和冷却水泵的容量是按照建最大设计热负荷选定的,且留有余量,而运行情况是一年四季长期在固定的最大水流量下工作,由于季节、昼夜和用户负荷的变化,实际空调热负荷在绝大部分时间内远比设计负荷低,如图1所示是一建筑物的实测热负载率变化的情况,由图可见,与决定水泵流量和压力的最大设计负荷(负载率为100%)相比,一年中负荷率在50%以下的小时数约占全部运行时间的50%以上。一般冷冻水设计温差为 $5^{\circ}\text{C} \sim 7^{\circ}\text{C}$ ,冷却水的设计温差为 $4^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ ,在系统流量固定的情况下,全年绝大部分运行时间温差仅为 $1.0^{\circ}\text{C} \sim 3.0^{\circ}\text{C}$ ,即在低温差、大流量情况下工作,从而增加了管路系统的能量损失,浪费了水泵运行的输送能量。一般空调水泵的耗

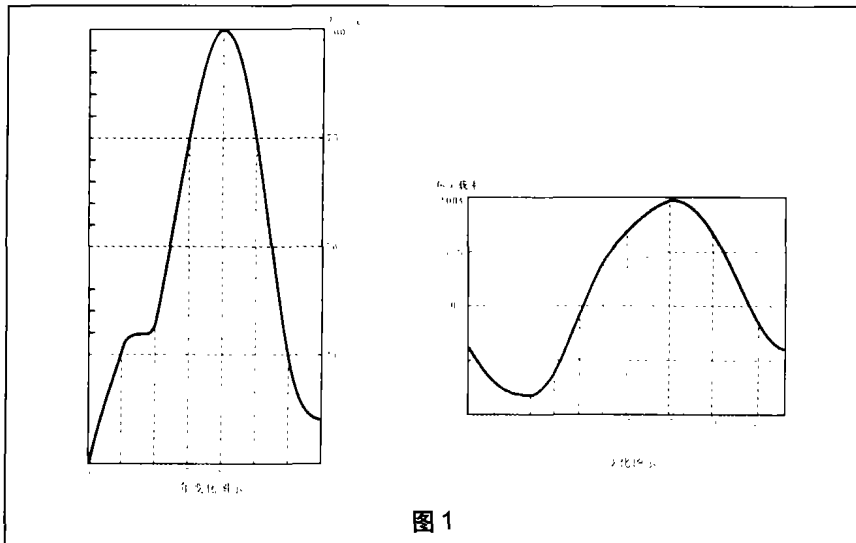


图 1

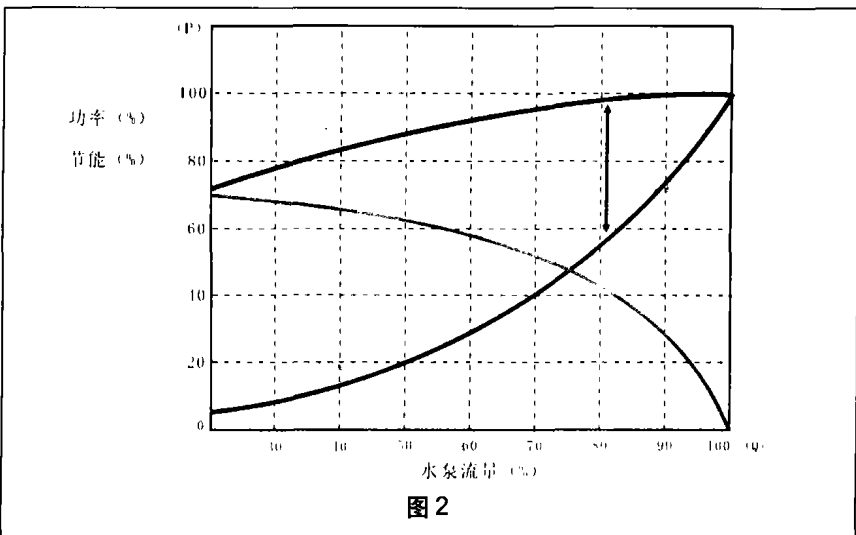


图 2

电量约占总空调系统耗电量的20%~30%，故节约低负荷时水系统的输送能量，具有很重要的意义。所以我们建议采用随热负荷而改变水量的变流量空调水系统。采用变频器调节泵的转速可以方便地调节水的流量，其节能率通常都在40%以上。

对于水泵来说，流量Q与转速n的一次方成正比，温差 $\Delta T$ 与转速n的一次方成反比，扬程H与转速n的二次方成正比，而轴功率P与转速n的三次方成正比，表1告诉我们上述几个量的变化关系。

显然，变流量控制系统的节能效果是十分突出的。请见图2的比较曲线。

采用变频控制技术控制水泵和冷却塔风机具有以下优点：

- 低负荷时可以通过降低水泵及冷却塔风机转速来节约电能消耗。
- 低负荷时可以通过降低水泵及冷却塔风机转速来降低冷站噪声。
- 变频调速便于调整水泵转速以此来适应水管阻力，达到设计工况。
- 变频起动电流小而起动力矩大，对设备无冲击力矩，对电网无冲击电

表 1

转速 (n%)	流量 (Q%)	温差 ( $\Delta T$ %)	扬程 (H%)	轴功率 (P%)
100	100	100	100	100
90	90	111	81	72.9
80	80	125	64	51.2
70	70	143	49	34.3
60	60	167	36	21.6
50	50	200	25	12.5

流，不影响其它设备运行，具有理想的起动特性。

• 变频调节可靠性明显优于Y— $\Delta$  启动器，可以大大减少维护的工作量。

(2) 一次冷冻水泵控制

空调水系统的负荷对象通常为空气处理机组和风机盘管两大类，前者表冷器供冷量通过两通阀自动控制，当空气处理机组在定风量方式下运行，冷水量将随着需冷量的改变而变化；当空气处理机组变风量运行时，主要依靠调节送风量来满足冷量的需求，仅仅在冷负荷较小时达到了风量的最低值才会改变冷水量；后者的两通阀采用位式控制模式，打开时为设计流量，关闭时流量为零。通常水系统总冷量与水流量特性的综合作用呈非线性，水流量的变化相对于总冷量的变化要小。

以冷冻水总流量控制一次水泵的转速。如果多台一次水泵并联运行时宜采用同步变频控制。一次水泵变频控制的流量范围应为50%G~100%G，此范围内流量与频率的变化基本呈线性关系。变频器在低负荷时的效率将下降，不宜无限制地扩大频率变化范围，只要能满足流量调节的变化范围即可。

一次水泵和冷冻机组仍然采用负荷(冷量)控制方式，当总冷量较大时根据总冷水量控制水泵和机组的运行台数，总冷量小到某个值(可以根据空调系统设计估计或现场试测得到)时改为总冷量控制。这样控制是基于考虑到当总冷量需求较大时停止一台机组运行可能出现总供水量不足的现象，此时工作水泵达到额定流量值，空气处理机组的两通阀全部打开，管路阻力降低而致使水泵的工作点向低扬程、大流量方向移动，严重时可能造成水泵电机过载发生事故。

对于一次泵采用变流量方案时由于变流量运行,其供水温度也是不断变化的,此时冷水机组供水温度传感器不再起控制调节作用,它的主要用途是检测水温并通过设定水温的上、下限对冷水机组起连锁保护作用。当空调系统出现低负荷时,供水流量已经处于低流量运行状态,由于低流量必定导致供水温度下降,使得冷水机组制冷效率降低,节能效果势必收到影响。因此,我们可以适当提高供水温度并保持,在调节供水流量来达到一个新的平衡点。

### (3) 二次冷冻水系控制

在采用变风量控制空气机组方式时,冷冻水流量变化范围不大,因此我们推荐采用总冷量控制调节二次冷冻水泵转速,改变供水流量。如果出现负荷太小的情况,改为控制压差旁通调节阀开度的方式控制,此时二次水泵转速不变,保持恒定供水流量,调节旁通水量来满足冷量的需求。

## 2.2 空气处理机组系统的节能控制

空气处理机组系统分为风系统和水系统两部分。水系统可以按照常规调节二通阀开度来控制送风温度,测量参数可以是回风温度或者室内温度。风系统比较复杂,负荷变化是严重影响风系统正常工作的主要原因。为满足环境的要求,往往不得不是空气处理机组运行在最大负荷的情况下,以损失能源为代价来满足环境的需求。近几年变风量空调技术的发展越来越成熟,成功的范例不少。所以我们建议空调系统的空气处理机组采用变风量控制方式。

### (1) 变风量控制的节能效益分析

空调系统的送风量通常是按夏季室内的最大余热设计的,一般工艺设备,照明发热量占约75%,围护结构传热占25%,后者是随室外气象

条件而变化的。实际上全年出现最大负荷量的时间是很短的。

当室内负荷变化时,如果采用定风量运行,一方面浪费风机电耗,另一方面会出现许多季节需要再热,造成冷热量抵消。采用变风量运行,就是风机采用变频调速控制,根据房间热负荷变化,改变风机转速和风量。

风机转速( $n$ )改变时,风机电量( $L$ )和轴功率( $N$ )有如下变化关系:

$$\begin{matrix} L1 = n1 & N1 = (n1)^3 \\ L2 = n2, & N2 = (n2)^3 \end{matrix} = \begin{matrix} (L1)^3 \\ (L2)^3 \end{matrix}$$

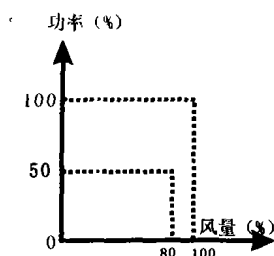


图3

根据上述公式,当风量减少到80%,功率消耗却减少了一半(51.2%)。

据不完全统计,通常空调系统80%以上时间是在小于80%负荷下工作的,如果在部分负荷下风量按 $L1=0.8L0$ 计算,则有80%时间实际运行功率:

$$N1 = (0.8)^3 N0 = 0.512 N0$$

式中: $N1$ ——风机实际运行功率

$N0$ ——风机额定功率

### (2) 空气处理机组变风量控制

变风量控制(VAV)空调系统成功与否在很大程度上取决于是否采用最佳的控制方法。目前采用较多的控制方法有定静压和变静压两种。定静压控制系统的机理是,在保证系统风管上某点(或几点平均)静压一定的前提下,调整风机转速来满足室内负荷变化的需求。该方法的关键是确定风管上的静压点,往往是根据经验值来定,科学性差。变静压控制思想是尽量使风阀处于全开(85%~100%)状态,

使系统静压降至最低,因而能最大限度地降低风机转速以达到节能目的。

变静压空调系统分为三个控制环节,即室内送风量控制、总风量控制和送风温湿度控制。室内送风量控制是根据室内温度与设定温度的差值计算出要求风量(送风温度一定),控制风阀开度改变实际送风量达到计算风量的要求。系统总风量控制是以各风阀开度来决定系统需要总风量,从而调节空气处理机组的风机转速,改变送风量来满足总风量的要求。当室内热负荷不断降低致使风阀开度低于设定的最小开度时,说明单纯调整风量已经不能满足负荷变化的要求,此时我们可以提高送风温度使整个空调系统重新达到平衡。另外,改变送风温度可以改善室内温度过高或过低而产生的不舒适感和室内的气流组织,提高环境的舒适度。

在变风量空调系统新风量的控制是一个不可忽略的重要参数,当送风量在运行过程中随着负荷的减少而不断减少时,新风量也将随着送风量成比例减少,在负荷很低的情况下,就有可能出现新风量不足现象,因此必须对最小新风量进行控制。新风量的控制方法也有多种,例如风阀跟踪调节、送回风机控制、设置独立新风机控制。空气处理机组混和段静压控制和 $CO_2$ 浓度控制等。

## 3 结束语

智能建筑节能是一个非常复杂的问题,由于每栋建筑物的用途不同,采用的建筑材料不同,建筑形状不同等等,往往难以进行有效的比较,因此无论从定性方面来看,还是从定量方面来进行分析,显然尚有大量的课题需要我们去深入的研究。