

全国民用建筑工程设计技术措施 节能专篇 电气

National Technical Measures for Design of Civil Construction
Special Edition—Energy Conservation

Electric

建设部工程质量安全监督与行业发展司

Department of Construction Quality, Safety Supervision
and Construction Industry Development Ministry of Construction P.R.C.



中国建筑标准设计研究院
CHINA INSTITUTE OF BUILDING STANDARD DESIGN & RESEARCH

2007
全国民用建筑工程设计技术措施
节能 专 篇

电 气
Electric

建设部工程质量安全监督与行业发展司
中国建筑标准设计研究院

关于发布《全国民用建筑工程设计 技术措施——节能专篇》的通知

建质〔2006〕277号

各省、自治区建设厅，直辖市建委，总后营房部，新疆生产建设兵团建设局，国务院有关部门建设司：

为指导全国建筑设计单位进行建筑节能设计，我部组织中国建筑标准设计研究院等单位编制了《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》，包括《建筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·动力》、《电气》五个分册，并已审查。现予发布。

中华人民共和国建设部
二〇〇六年十一月九日

《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》编委会

主任委员：吴慧娟

副主任委员：赵宏彦 王文艳

委员：(按姓氏笔画为序)

左亚洲 田有连 孙 英 朱 茜 李雪佩 李晓明 何玉如
陈富生 吴学敏 杨仕超 张树君 张 兢 罗继杰 郎四维
洪元颐 贾 苇 舒世安 温伯银 詹 谊 蔡镇钰

《电 气》

编写组负责人：李雪佩

编写组成员：(按姓氏笔画为序)

丁 杰 王东林 王苏阳 孙 兰 孙成群 刘云兵 朱立彤
邵民杰 陈众励 张青虎 李炳华 李雪佩 李道本 逢 京
赵济安 徐 华 焦建欣

主 审 人：田有连 洪元颐 温伯银

审查组成员：(按姓氏笔画为序)

尹秀伟 王金元 王素英 李俊民 刘屏周 张艺滨 陈汉民
杜克俭 吴恩远 张路明 杨德才 费锡伦 谢 卫 熊 江

参编单位：(按章节先后为序)

北京市建筑设计研究院

现代建筑设计(集团)有限公司

中国航空工业规划设计研究院

中国建筑设计研究院机电专业设计研究院

清华大学建筑设计研究院

五洲工程设计研究院

天津市建筑设计院

中国中元国际工程公司

中国纺织工业设计院

同方股份有限公司

前 言

《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》(2007)是由建设部工程质量安全监督与行业发展司组织中国建筑标准设计研究院等单位编制的一套以指导全国建筑设计单位进行建筑节能设计的技术文件,是对《全国民用建筑工程设计技术措施》(2003)节能设计部分内容的补充、深化、汇总和完善,是节能设计标准的细化与延伸。《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》(2007)包括《建筑》、《结构》、《给水排水》、《暖通空调·动力》、《电气》五个分册,内容基本涵盖目前可应用于工程建设节能技术的全部内容。编制的目的是为了大力推行和实施建筑节能,建设资源节约型社会和环境友好型社会,在工程建设中进一步贯彻落实建筑节能设计标准,指导工程设计人员正确选择和应用成熟的节能技术,进行建筑节能设计,推动建筑节能工作的开展。本套节能技术措施可供全国各设计单位参照使用,也可供有关建筑管理部门、建设单位和教学、科研、施工、监理等人员参考。

《电气》分册的内容包括:总则、供配电系统的节能、电气照明的节能、建筑设备的电气节能、计量与管理、可再生能源利用等六章。编写时遵循如下原则:

1. 编写量大面广的、成熟的、广泛应用的节能措施;
2. 编写业内共同关注的、涉及面大的推荐性、示例性节能措施;
3. 编写技术先进、正在发展的具有前瞻性和推广价值的节能措施;
4. 编写相关专业共同实现的节能措施。

本分册编制组的具体分工如下:

第1章 李雪佩

第2章 逢京 陈众励 丁杰

第3章 邵民杰 李炳华 王苏阳 徐华 刘云兵

第4章 王东林 焦建欣 李道本 孙兰 孙成群 赵济安

第5章 张青虎 朱立彤

第6章 张青虎

《电气》分册编入的内容,是业内有关人士多年共同研究、创造的劳动成果,是共有的技术结晶和财富,编写工作得到全国设计、施工和

有关单位的大力支持，在此，特向各有关单位和专家致以诚挚的感谢。

由于节能技术正处于发展阶段，节能措施的实施条件与效果又受到地域、经济发展等诸多因素的影响，加之编制工作量大、时间仓促，因此，本分册所涵盖的内容和深度还不够，有不少内容有待于补充和完善，也难免存在一些问题和不足，敬请批评指正，以便我们今后修订和更新。

联系地址：北京市西城区车公庄大街19号

中国建筑标准设计研究院

邮 编：100044

联系电话：(010) 88361155 -281

联系人：李雪佩 孙 兰

E-mail: lixp@chinabuilding.com.cn

sunl@chinabuilding.com.cn

网 址：www.chinabuilding.com.cn 国家建筑标准设计网

《电气》分册编写组

二〇〇七年一月

目 录

➤➤	1 总 则	(1)
➤➤	2 供配电系统的节能	(2)
	2.1 一般规定	(2)
	2.2 负荷计算	(2)
	2.3 功率因数补偿	(13)
	2.4 谐波治理	(18)
	2.5 变配电设备选择	(25)
➤➤	3 电气照明的节能	(31)
	3.1 一般规定	(31)
	3.2 照明设计和设备选择	(31)
	3.3 照明控制	(43)
	3.4 天然光的利用	(48)
➤➤	4 建筑设备的电气节能	(52)
	4.1 一般规定	(52)
	4.2 空调系统	(52)
	4.3 给排水系统	(57)
	4.4 电动机	(58)
	4.5 电梯	(64)
	4.6 窗、门类	(66)
➤➤	5 计量与管理	(69)
	5.1 一般规定	(69)
	5.2 电能量计量装置	(69)
	5.3 冷热量计量装置	(70)
	5.4 中央空调系统的计量	(71)
	5.5 居住小区的能耗计量	(73)
➤➤	6 可再生能源利用	(75)
	6.1 一般规定	(75)
	6.2 太阳能光伏电源系统	(75)
	6.3 风力发电系统	(80)
➤➤	主要依据的标准规范	(82)

1 总 则

1.0.1 为贯彻执行国家有关建筑节能的方针政策，在民用建筑工程电气设计工作中，大力推广和实施节能方针，编制《全国民用建筑工程设计技术措施——节能专篇》以下简称《节能专篇》。

1.0.2 《节能专篇》适用于新建、改（扩）建的民用建筑工程电气设计；对于工业企业建筑工程的节能设计，应结合其工程实际，可参考使用。

1.0.3 本篇为《节能专篇》中的“电气”篇，重点介绍建筑电气工程的系统配置、设备选择、电气控制的节能措施。

内容包括：供配电系统的负荷计算、供电质量要求、设备选择；电气照明设计与控制；建筑物的暖通空调系统、给排水系统、电动机、电梯、门窗等设备的控制；计量仪表及其控制管理；可再生能源的利用等部分。对传统的常用节能措施进行了汇总、深化，并编入了成熟的和经过实践证明比较成熟的新节能技术；适当介绍了行之有效的新设备、新装置及其推荐做法、使用说明和建议，供建筑电气设计、施工及有关人员参照使用。

1.0.4 建筑电气节能的原则是：在充分满足、完善建筑物功能要求的前提下，减少能源消耗，提高能源利用率，而不是简化建筑物的功能要求，降低其功能标准。节能的途径之一是合理配置建筑设备，并对其进行有效、科学的控制与管理。

1.0.5 建筑物的能源消耗取决于建筑物类型、建筑标准、建筑物所在地区的环境条件、经济发展水平以及人们的使用习惯等多种因素，涉及建筑、结构、给排水、暖通空调等多个专业的工程设计与系统配置。建筑电气专业的设计人员应根据建筑物的使用功能和设计标准等综合要求，合理进行供配电、电气照明、建筑设备及系统的控制设计，确保安全可靠、经济合理、灵活适用、高效节能。

1.0.6 “节能降耗”是国家的基本国策之一，随着科技的迅速发展，节能技术、设备也将不断提高和发展。在工程设计中要不断总结经验，深入调查研究，把握成熟的新技术、新设备信息，逐步加以推广应用。既要采用高科技的、联动控制的节能技术，也应重视行之有效的传统的、分立的节能方案；既重视大范围、大容量的节能大户，也不应忽略局部、点滴的节能功效。

1.0.7 应用本篇提供的节能措施和方案时，尚应严格执行我国现行相关的规程规范。

2 供配电系统的节能

2.1 一般规定

- 2.1.1** 供配电系统设计时认真考虑并采取节能措施是实现电气节能的有效途径，也是供配电系统设计正确合理的具体体现。
- 2.1.2** 负荷计算是确定供配电系统方案和施工图设计的重要依据，本章对负荷计算中需要关注的问题、常用计算方法、负荷参数等予以提示和介绍推荐，供参考使用。
- 2.1.3** 提高供电系统的功率因数、治理谐波是提高供电质量、节约能源的又一途径，本章提出了功率因数的补偿要求、补偿方法、谐波的预防和治理措施。
- 2.1.4** 变配电系统应选择节能设备，并应正确选定装机容量，减少设备本身的能源消耗，提高系统的整体节能效果。
- 2.1.5** 应合理选择变配电所位置，正确选择导线截面、线路的敷设方案，以利于降低配电线路的损耗。

2.2 负荷计算

2.2.1 要点。

1. 负荷计算是供电系统的设计依据。

1) 通过负荷计算，利用最佳负载系数法确定变压器容量，选择技术参数好的变压器和系统开关设备，确保系统安全、可靠，在经济运行方式下运行。

2) 提高功率因数，降低变压器的无功功率。

2. 负荷计算中需要关注的问题。

1) 正确构成配电系统。供配电系统设计的合理性直接影响系统电气设备投资、运行及管理，因此，除要保障人身安全、供电可靠、技术先进外，还要检验实际运行中系统是否经济、合理。

2) 按需要系数法确定导线截面只是满足了导线载流量发热和电压损失的要求，还应按保护配合的要求综合选择导线截面。

3) 系统损耗由线路损耗和变压器损耗两部分组成。按损耗的变化情况可划分为可变损耗和固定损耗，见表 2.2.1。

3. 配电系统的节能措施。

1) 配电系统电压等级的确定：选用较高的配电电压深入负荷中心。用电设备的设备容量在 100kW 及以下或变压器容量在 50kV·A 及以下者，可采用 380/220V 供电；特殊情况也可采用 10kV 供电；对于大容量用电设备（如制冷机组）宜采用 10kV 供电。

2) 合理选定供电中心：将变压器（变电所）设置在负荷中心，可以减少低压侧线路长度，降低线路损耗。

表 2.2.1 损耗百分率表

可变损耗	固定损耗
电流通过导体和变压器所产生的损耗，与负荷率、电网电压等因素有关	接通电源，配电系统就存在损耗，与电压和频率有关
80% ~ 90%	10% ~ 20%
包括变压器的铜损和配电线路上的铜损	包括变压器的铁损，电缆线路、电容器及其他电器上的介质损耗及各种计量仪表、互感器线圈上的铁损

3) 合理选择变压器：选用高效低耗变压器。力求使变压器的实际负荷接近设计的最佳负荷，提高变压器的技术经济效益，减少变压器能耗。

4) 优化变压器的经济运行方式：即最小损耗的运行方式。尤其是季节性负荷（如空调机组）或专用设备（如体育建筑的场地照明负荷）可考虑设专用变压器，以降低变压器损耗。

5) 合理选择线路路径：负荷线路尽量短，以降低线路损耗。

2.2.2 负荷计算方法。民用建筑的电力负荷计算，基本上都采用单位指标法、需用系数法以及负荷密度法。负荷密度法主要适用于规划设计。方案设计阶段可采用单位指标法确定变压器的容量和台数。初步设计和施工图设计阶段则采用需用系数法。

负荷计算的主要内容有：设备容量、计算容量、计算电流。

设备容量：也称为安装容量，是用户安装的所有用电设备的额定容量或额定功率（设备铭牌数据）之和。

计算容量：也称计算负荷、需要负荷，通常采用 30min 最大平均负荷，标志用户的最大用电功率。

计算电流：是计算容量在额定电压下的电流，是选择配电变压器、导体、电器、计算电压偏差、功率损耗的依据，也可作为电能消耗量及无功功率补偿的计算依据。

1. 单位指标法。

在方案设计阶段，为确定供电方案和选择变压器的容量及台数，通常采用单位指标法。根据目前的用电水平和装备标准，其指标见表 2.2.2-1。

表 2.2.2-1 变压器装置指标

建筑类别	用电指标 (W/m^2)	变压器装置指标 ($V \cdot A/m^2$)
住宅	15 ~ 40	20 ~ 50
公寓	30 ~ 50	40 ~ 70
旅馆	40 ~ 70	60 ~ 100
办公	30 ~ 70	50 ~ 100
商业	一般：40 ~ 80	60 ~ 120
	大中型：60 ~ 120	90 ~ 180
体育	40 ~ 70	60 ~ 100
剧场	50 ~ 80	80 ~ 120
医院	40 ~ 70	60 ~ 100

续表 2.2.2-1

建筑类别	用电指标 (W/m ²)	变压器装置指标 (V·A/m ²)
高等院校	20~40	30~60
中小学	12~20	20~30
展览馆	50~80	80~120
演播室	200~500	500~800
汽车库	8~15	12~34

注：1. 当空调系统采用直燃机制冷时，用电指标比采用电动压缩机制冷时降低 20~35V·A/m²。表中所列用电指标上限值，为采用电动压缩机制冷的数值。

2. 住宅用电负荷按当地设计标准估算。

单位指标法的计算公式如下：

$$S_{30} = K \cdot N / 1000$$

式中 S_{30} ——计算的视在功率 (kV·A)；

K ——单位指标 (V·A/m²)；

N ——建筑面积 (m²)。

2. 需用系数法。

需用系数法源自工业企业单位的负荷计算，应用在公共民用建筑负荷计算中会因为负荷运行方式的差异而产生偏差。

1) 需用系数法的特点：

①按需用系数法确定负荷时，计算负荷是采用 30min 时间间隔平均负荷的最大值。按此条件选择电气设备和元件，并确定配电线路电压损失的数值。因此，电气设备和导线截面已留有一定余量，提高了供电的安全可靠性。

②由于需用系数法未考虑用电设备同时运行台数的影响和设备容量的动态变化，将导致计算结果较实际偏大。因此，进行负荷计算时，须正确选取与各级变配电所或配电干线计算负荷相匹配的同时系数 (K_t)。

2) 有关用电设备组的需用系数及功率因数见表 2.2.2-2。

表 2.2.2-2 用电设备组的需用系数及功率因数

负荷名称	规模	需用系数 K_x	功率因数 $\cos\phi$	备注
照明	面积 $S < 500\text{m}^2$	1~0.9	0.9~1	含插座容量 荧光灯就地补偿或 采用电子镇流器
	$500\text{m}^2 < S < 3000\text{m}^2$	0.9~0.7	0.9	
	$S = 3000 \sim 15000\text{m}^2$	0.75~0.55		
	$S > 15000\text{m}^2$	0.6~0.4		
冷冻机锅炉	1~3 台	0.9~0.7	0.8	—
	>3 台	0.7~0.6		
热力站、水泵、 通风机	1~5 台	0.95~0.8	0.8	—
	>3 台	0.8~0.6		

续表 2.2.2-2

负荷名称	规模	需用系数 K_x	功率因数 $\cos\phi$	备注
厨房设备 洗衣设备	$\leq 100\text{kW}$	0.5 ~ 0.4	0.8 ~ 0.9	—
	$> 100\text{kW}$	0.4 ~ 0.3		
窗式空调器	4 ~ 10 台	0.8 ~ 0.6	0.8	—
	10 ~ 50 台	0.6 ~ 0.4		
	> 50 台	0.4 ~ 0.3		
舞台照明	100 ~ 200kW	1 ~ 0.6	1	—
	$> 200\text{kW}$	0.6 ~ 0.4		

3) 需用系数法的计算公式:

$$P_{js} = K_x \cdot P_e$$

式中 P_{js} ——计算有功功率 (kW);

K_x ——需用系数;

P_e ——用电设备组的设备容量 (kW)。

4) 需用系数法进行负荷计算的注意事项:

①照明负荷的容量应根据所用光源的额定功率加上附属设备的功率确定。如:气体放电灯、金属卤化物灯的负荷容量为灯泡的额定功率加上镇流器的功耗,低压卤钨灯为灯泡的额定功率加上变压器的功耗。

②用电设备组的设备容量不包括备用设备的容量。

③消防用电设备容量不列入总设备容量。

④季节性用电设备(如制冷设备和采暖设备)应择其大者计入总设备容量。

⑤反复短时工作制的用电设备功率应换算到负荷持续率为 25% 的设备功率。

⑥单相负荷应均衡地分配到三相上。当单相负荷的总容量小于计算范围内三相对称负荷的总容量的 15% 时,按最大相负荷的 3 倍作为三相对称负荷计算。

⑦对用电设备进行分组计算时,同类用电设备的总容量为算数相加。不同类用电设备的总容量应按有功功率和无功功率负荷分别相加求得。

⑧配电干线和变电所的计算负荷为各用电设备组的计算负荷之和再乘以同时系数 K_t 。 K_t 一般取 0.8 ~ 0.9。

⑨当不同类别的建筑(如办公楼和宿舍楼)共用一台变压器时,其同时系数可按负荷高峰时段较大的一组考虑选取。

2.2.3 公共建筑的负荷参数。

1. 负荷类别百分比。用电设备分为照明负荷和动力负荷。它们在不同类别的建筑物中所占负荷的百分率不同,一般照明及插座、空调机组所占份额较大,见表 2.2.3-1。

2. 办公建筑。包括各级党委、政府、企业、事业、团体、社区办公楼等,常是由办公室、会议室、计算机房及配套用房(餐厅、车库等)组成。

1) 负荷特点:电气负荷按正常的工作时间计算,工作日为星期一至星期五,工作时间是早 8:00 ~ 晚 5:00。空调负荷占总电力负荷的 1/4 ~ 1/3,用电负荷受气温变化影响极大,但持续用电时间较短。

表 2.2.3-1 负荷类别百分率表 (%)

序号	类别	办公楼	旅游旅馆	医疗建筑	商业建筑
1	照明及插座	43.66	11	11	47
2	空调机组	48	29	36	38
3	通风换气	2.4	14	16	5
4	电梯及其他设备	5.3	27	37	8
5	给排水电机	0.64	19	—	2

2) 负荷参数: 照明设计应满足《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 关于办公建筑照明功率密度值的要求。

智能化办公楼要根据《智能建筑设计标准》GB/T 50314—2000 进行负荷计算。其他办公楼、综合楼可按表 2.2.3-2 进行负荷估算。

表 2.2.3-2 办公建筑负荷密度表

序号	名称	负荷类别	负荷密度 ($V \cdot A/m^2$)	
			安装	计算
1	办公室	照明/插座	16/40	11/30
2	零售区	照明/插座	22/30	15/20
3	中庭	照明/插座	50/20	40/10
4	门厅	照明/插座	22/20	15/10
5	卫生间	照明/插座	20	15
6	室内停车场、储藏室	照明/插座	10	5
7	健身房	照明/插座	30/20	20/10
8	电话机房	照明/插座	10	5
9	楼梯间	照明	10	10
10	走廊	照明/插座	15	10
11	银行门厅	照明/插座	40/40	35/30
12	保险柜室、休息室	照明/插座	25/10	20/5
13	广播室	照明/插座	40/50	30/40
14	多功能厅	照明/插座	26/50	18/40
15	计算机中心、中央文件室、会议室、邮局、交易室	照明/插座	25/10	18/10
16	展览厅、大会议室	照明/插座	16/20	11/10
17	中、小型会议室	照明/插座	16/20	11/10
18	收发室	照明/插座	16/20	11/10
19	洗衣房、复印机室、邮件室	照明/插座	16/40	11/30
20	换衣室	照明/插座	15	15

续表 2.2.3-2

序号	名称	负荷类别	负荷密度 ($V \cdot A/m^2$)	
			安装	计算
21	阅读室	照明/插座	16/15	11/10
22	医疗室、餐厅、咖啡厅	照明/插座	30/30	20/20
23	乒乓球室、棋牌室	照明/插座	30/10	20/5
24	自行车库	照明/插座	10	5
25	维修间	照明/插座	30/30	20/20
26	美容室	照明/插座	50/200	40/100
27	厨房	照明/插座	30/30	20/15
28	装卸区	照明/插座	10	10

3. 医疗建筑。包括综合医院、专科医院、康复中心、急救中心、疗养院等。

1) 建筑特点：综合医院按床位可分为 300、400、500、600、800 及 1000 床；按医院等级可分为三、二、一级医院。目前经常涉及的一般为二级以上的医院。

医院一般分为门诊部、医技部、住院部、行政部、后勤部等。综合性医院的布局有分散式、集中式和半集中式。考虑节能及使用便利，多采用半集中式。

2) 负荷参数：照明设计应满足《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 关于医院建筑照明功率密度值的要求。

医院的用电负荷以空调、照明负荷为主体，其中空调电制冷为用电负荷的 45% ~ 55%，照明为 30%，动力及医疗设备用电为 15% ~ 25%。

医院虽然为功能性民用建筑，用电设备较多，但其照明标准比商业楼、写字楼低，用电负荷不高（北京市供电规划 $8V \cdot A/m^2$ ，即可满足要求）。医院变压器安装指标一般在 $65 \sim 75V \cdot A/m^2$ 之间。

随着医疗科学技术的发展，越来越多的医疗电气设备和医用电子仪器应用于医院的临床诊断和治疗，主要负荷分布如下：

①放射科主要包括 ECT 室、CT 室及 X 光室，其供电电源应单独引自配变电所专用回路，为了互不干扰，三者的电源应分开设置。ECT 的设备容量为 $150kV \cdot A$ 左右，CT 的设备容量为 $35 \sim 50kV \cdot A$ ，各自带有专用调压器，在相应的机房内设置配电箱，设备自带控制箱。X 光射线机每台设备容量 $50kV \cdot A$ 左右，一般医院设有 5 ~ 6 台，总用电量约为 $250kV \cdot A$ 左右，但需用系数只有 0.2 左右，每台设一个配电箱。

②血透室内的用电设备多，比较特殊。反渗透设备用电量约为 380V、40A，应单独设置配电箱。血透机每床一台，均为移动式，用电量约为 220V、5A，需有稳压装置。为使血透机互相不受干扰，应满足每台一路电源，且需加上临时仪器仪表，每床应设两组单相三极加二极的暗插座。血透室内的恒温恒湿机，用电量约为 220V、6A 左右。

③手术室是医院的中心部位，不得中断供电，除两路 10kV 同时供电外，还须设应急自备柴油发电机组，在低压配电室设应急母线段，末端自动切换。每个手术室设置独立的电源控制箱，并装剩余电流检测装置，但不应设剩余电流保护器。手术室内设备，包括内墙体（大多为钢板），均为厂家配套，设备供应商自带控制箱（箱内包括无影灯的控制开关），电气设计时只需预留接口。

④检验科、理疗科等的医疗设备，对电源电压的稳定性要求较高，其插座或插座箱电源应引自稳压器或设备自带稳压电源。

⑤医院其余设备大部分为移动的单相用电设备，用电量一般不大于 25A，采用插座或插座箱供电形式。

4. 文化建筑。包括剧院、电影院、图书馆、博物馆、档案馆、文化馆、展览馆、音乐厅等。

1) 负荷特点：电气负荷按工作时间计算，工作时间随服务对象不同而变化。空调负荷占总电力负荷的 1/4 ~ 1/3，受气温变化影响极大，但持续用电时间较短。

①图书馆、博物馆、美术馆、展览馆的功能和照明要求基本相同，但局部和重点照明不同。图书馆建筑照度要求高的场所宜设局部照明，存放善本书的场所不宜采用紫外线辐射较强的光源，阅览室荧光灯宜采用无噪声的电子镇流器，书库照明应采用专用的书库照明灯具。

②观展建筑照明分为一般照明、陈列照明（橱窗照明）和投射照明，并注意以下几点：

- a. 室内一般照明宜低于展品照明的照度，以便观赏者能够集中精力；
- b. 灯光设置应防止产生眩光；
- c. 使用高显色性光源（ $R_a \geq 85$ ），使观看者能正确辨认展品颜色；
- d. 防止室内镜面反射，提高展柜内的照度。

③影剧院的照明主要包括观众厅、休息厅、门厅、放映室、舞台及辅助房间的照明。舞台照明较特殊，需要专门的照明器和调光设备。

2) 负荷参数：展览厅照明标准见《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 中表 5.2.9 展览馆展厅照明标准值。

陈列室展品照明应根据展品类别选择相应照明标准，见《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 中表 5.2.8 博物馆建筑陈列室展品照明标准值。

5. 商业建筑。包括百货公司、超级市场、菜市场、旅馆、餐馆、饮食店、洗浴中心、美容中心等。

1) 负荷特点：电气负荷按工作时间计算，其工作时间随服务对象不同而变化。空调负荷占总用电负荷的 1/4 ~ 1/3，受气温变化影响极大，但持续用电时间较短。

商业建筑整个照明应按营业种类特点进行配置，分为店前照明、门厅照明、橱窗照明，店内照明以及整个建筑物的立面（外观）照明，做到既有区别，又相互协调。

2) 负荷参数：照明设计应满足《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 关于商业建筑照明功率密度值的要求。

商业照明系统的一个显著特点是相间不平衡度很高，应设置分相无功功率自动补偿装置，以提高功率因数和供电质量。

各类商业建筑的一般照明，在距地面 0.75m 参考水平工作面处的推荐照度值按《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 的规定执行。

6. 体育建筑。包括体育场、体育馆、游泳馆、健身房等。

1) 负荷特点：体育建筑电力负荷应根据其使用要求，区别对待。仅在比赛期间才使用的大型用电设备宜设置单独变压器供电。在确定变压器数量时，应考虑体育建筑用电负荷的特点和经济运行条件，以及供电系统的可靠性，宜选择多台小容量变压器的供电方案。大型体育场馆还应预留一定的备用容量，作为在场馆内举行其他活动的临时电源。

①体育建筑照明设计，应满足不同运动项目和观众观看的要求；在有电视转播时，应满足电视转播的照明要求，减少阴影和眩光。

②体育建筑分室内和室外照明，室内可使用投光灯和顶灯相结合的照明方式，室外体育场一般采用投光灯。照明光源应根据运动项目，随时变换光源的光色和显色性。

③层高较低的健身房一般采用荧光灯照明，灯具宜与视线平行以减少眩光。

④层高较高的体育馆一般采用高强气体放电灯，有时为满足显色指数及光色要求也采用混光照明灯具。

⑤室外足球场一般多采用四角布投光灯，要求灯杆高度不能低于球场总宽度的1/4。

2) 负荷参数：体育建筑比赛场地照度标准应符合《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 的规定。甲级以上体育建筑还应符合有关国际单项体育组织的规定。其他场所照明的照度标准见表 2.2.3-3。

表 2.2.3-3 体育建筑其他场所照明的照度标准

类别	参考平面及其高度	照度标准值 (lx)
办公室、会议室、贵宾室、接待室、以及医务、警卫、运动员、裁判员用房	0.75m 水平面	300 ~ 500
计算机房、扩声机房、转播机房、通信机房、计时计分机房、灯光控制室、系统辅助用房	控制台面	500
记者评论室、检录处、兴奋剂检查室	桌面	500
开敞式观众休息厅	地面	200
封闭式观众休息厅	地面	300
楼梯间、走道、浴室、厕所	地面	100
器材库	地面	100

7. 教育建筑。包括托儿所、幼儿园、中小学校、高等院校、职业学校、特殊教育学校等。主要由教室（阶梯教室）、实验室、办公室、阅览室等组成。

1) 负荷特点：以照明负荷为主。一般教室照明采用荧光灯，美术教室宜采用显光指数高的光源。为避免光幕反射并降低眩光，荧光灯长轴应与黑板垂直，照明灯具距桌面的高度不应小于1.7m。黑板应设专用的照明设施，其平均垂直照度不能低于200lx。其他功能房间的设计要点见其他章节。

2) 负荷参数：照明设计应满足《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 关于学校建筑照明功率密度值的要求。

2.2.4 住宅建筑的负荷参数。

1. 负荷特点：住宅建筑分为住宅和宿舍。住宅包括经济适用房、普通住宅、高档住宅、公寓别墅等；宿舍主要是职工宿舍、职工公寓、学生宿舍、学生公寓等。因其功能要求、设计标准不同，相应的设备配置、用电负荷也不尽相同。

2. 负荷参数：住宅单元应采用单相供电。有三相用电设备的住户，三相电源只供设备用电。计量电能表应按当地供电局有关规定安装。

住宅用电指标可根据户型不同按3~8kW/户估算；当住宅户数不确定时取15~50W/m²（乘以建筑面积）估算。

住宅用电负荷宜采用需要系数法计算，需用系数的选定可根据表2.2.4-1选取，也可从住宅用电需用系数曲线上选取。

1) 多户住宅需用系数表，如表2.2.4-1。

表 2.2.4-1 多户住宅需用系数表

按单相配电计算时 所连接的基本户数 (户)	按三相配电计算时 所连接的基本户数 (户)	需用系数	
		通用值	可采用值
≤3	≤9	1	1
4	12	0.95	0.95
6	18	0.75	0.80
8	24	0.66	0.70
10	30	0.58	0.65
12	36	0.50	0.60
14	42	0.48	0.55
16	48	0.47	0.55
18	54	0.45	0.50
21	63	0.43	0.50
24	72	0.41	0.45
25 ~ 100	75 ~ 300	0.40	0.45
125 ~ 200	375 ~ 600	0.33	0.35
260 ~ 300	780 ~ 900	0.26	0.30

2) 住宅用电需用系数曲线如图 2.2.4。

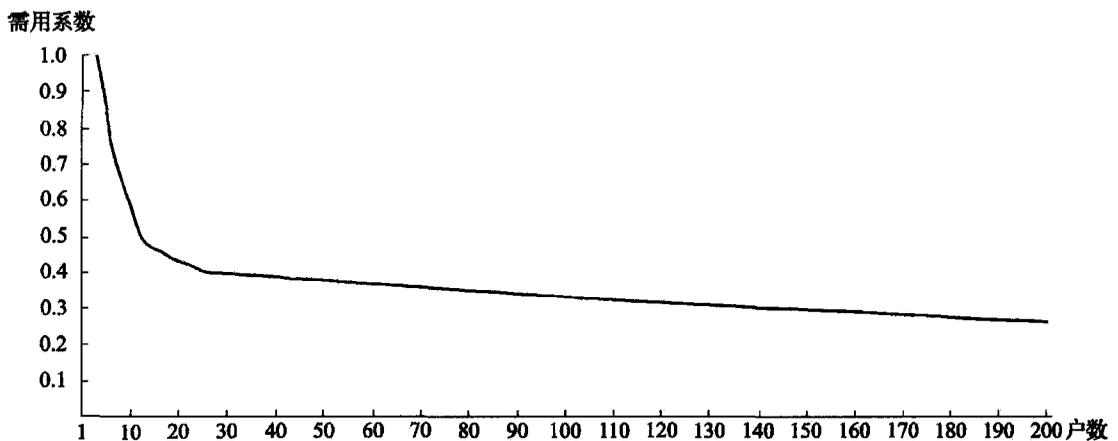


图 2.2.4 住宅用电需用系数曲线

注：本曲线的户数是单相线路供电的用户数，如在三相供电系统中则要以单相供电的最多户数计算。对于三室及以上的户数比较多，一、二室户数比较少的供电线路，需用系数可适当偏小；反之，需用系数可适当偏大。

3. 各地区的相关规定。

1) 北京地区：住宅用电负荷见表 2.2.4-2 ~ 表 2.2.4-4 规定。

2) 上海地区：根据上海市工程建设规范《住宅设计标准》，每套用电负荷计算功率不应小于表 2.2.4-5 规定。

3) 天津市：住宅用电负荷见表 2.2.4-6 规定。

表 2.2.4-2 不同类型住宅及配套公建综合系数

项目类别	系数	综合系数取值
普通住宅（高层）	r_1	$21.71V \cdot A/m^2$
普通住宅（高层）	r_2	$2.171kV \cdot A/户$
普通住宅（多层单台变压器）	r_{11}	$17.64V \cdot A/m^2$
普通住宅（多层单台变压器）	r_{21}	$1.764kV \cdot A/户$
高档住宅楼、高级公寓、住宅及办公为一体的 SOHO、 别墅区等住宅（不含分散式电采暖）	r_3	200 户以下： $3.619kV \cdot A/户$
	r_4	200 户及以上： $2.714kV \cdot A/户$
住宅区内的配套公建，如小型底商、学校、社区服务业等	r_5	$54.29V \cdot A/m^2$
	r_{51}	$44.12V \cdot A/m^2$

表 2.2.4-3 普通高层和多层 2 台配电变压器供电的住宅配电变压器容量

序号	住宅总建筑面积 (m^2)	折合住宅户数	变压器量 ($kV \cdot A$)
		(户)	
1	8000 ~ 11000	80 ~ 110	100×2
2	11100 ~ 21000	110 ~ 210	200×2
3	21100 ~ 31000	211 ~ 310	315×2
4	31100 ~ 41000	311 ~ 410	400×2
5	41100 ~ 51000	411 ~ 510	500×2
6	51100 ~ 61000	511 ~ 610	630×2
7	61100 ~ 81000	611 ~ 810	800×2
8	81100 ~ 100000	811 ~ 1000	1000×2

表 2.2.4-4 住宅区内配套共建配电变压器容量

序号	建筑面积 (m^2)	综合系数	变压器量 ($kV \cdot A$)
		r_{51} 、 r_5 ($V \cdot A/m^2$)	
1	3500	44.12	$120 \sim 150$
2	3501 ~ 6500	54.29	100×2
3	6501 ~ 8000	54.29	200×2
4	8001 ~ 12000	54.29	315×2
5	12001 ~ 16000	54.29	400×2
6	16001 ~ 20000	54.29	500×2
7	20001 ~ 24000	54.29	630×2
8	24001 ~ 31000	54.29	800×2
9	31001 ~ 40000	54.29	1000×2

表 2.2.4-5 住宅用电负荷计算功率

房 型	用电负荷计算功率 (kW)
小套	4
中套	6
大套	8

注：每套住宅用电负荷功率小于等于 8kW 时，应单相进户。

表 2.2.4-6 住宅用电负荷标准

类 型	建筑面积 (m ² /户)	用电负荷 (kW/户)	单元电度表 (A)
一类	45 ~ 50	4	5 (20)
二类	60 ~ 80	4	5 (20)
三类	90 ~ 120	6	10 (30)
四类	130 以上	一般 8	一般 10 (40)

4) 重庆市：住宅用电负荷执行当地标准 (1997 年)，见表 2.2.4-7。

表 2.2.4-7 住宅用电负荷标准

户 型	综合用电负荷 (kW/户)		
	多层住宅	高层住宅	全电气化住宅
二室户	3 ~ 4	3.5 ~ 4.5	7 ~ 8
三、四室户	4 ~ 5	4.5 ~ 5.5	8 ~ 9

5) 吉林省：住宅用电负荷见表 2.2.4-8 规定。

表 2.2.4-8 住宅用电负荷标准 (1998 年讨论稿)

用电负荷 (kW/户)	电度表规格 (A)
3	5 (20)
4 ~ 6	10 (40)
6 ~ 8	15 (60)

注：吉林省 1998 年统一技术措施称，一般住宅容量可按 3kW、4kW、5kW 三个档次，对装有空调和大型电炊具的高级住宅可按 6kW、7kW、8kW 考虑。

6) 广州市：住宅用电负荷执行当地规范 (1997 年)，见表 2.2.4-9。

表 2.2.4-9 住宅用电负荷标准

建筑面积 (m ² /户)	装 设 容 量
40 以下	3kW/户
40 ~ 80	4kW/户
80 以上及高级住宅	75W/m ²

7) 新疆地区:小康住宅用电负荷执行当地标准(1998年),见表2.2.4-10。

表 2.2.4-10 住宅用电负荷标准

住宅类型	一般住宅	高级住宅	豪华住宅	别墅
用电负荷(kW/户)	3~3.5	3.5~4.5	4.5~5.5	5.5~10

2.2.5 工程实例。

1. 工程概述。

北京某大型购物中心始建于1990年,原来是亚运会的配套商场,是一个中大型零售业类的百货商场。1997年通过商场扩建改造,将营业面积由7000m²,扩展到约20000m²,外加其他辅助用房,总计建筑面积约30000m²。根据对以往负荷运行的总结和扩建后增加负荷的仔细分析,决定仍用原有的变压器,容量为2×1000kV·A。用电指标仅为66.7V·A/m²。为确保商厦安全运行,在低压配电系统中装设负荷监控系统。

自1997年投入运行以来,系统工作稳定,未出现变压器过载现象。变压器负荷率:夏季为65%、冬季为40%,达到设计效果。

2. 措施:

- 1) 对负荷状况进行详细分析和严密计算,使暖通设备容量的冗余合理。
- 2) 选择技术参数好的变压器和经济运行方式。
- 3) 采取提高功率因数、抑制谐波等措施。
- 4) 改善变电所的通风降温条件,以控制变压器工作温度。
- 5) 配备能源管理系统,实现能耗跟踪、远程及就地控制。

3. 结论:

- 1) 工程设计中应认真分析、研究用电设备的实际负荷和运行管理程序。
- 2) 采取全方位的节能措施。

2.3 功率因数补偿

2.3.1 要点。

1. 供配电设计应通过正确选择电动机、变压器的容量以及照明灯具启动器,降低线路感抗等措施,提高用电单位的自然功率因数。

2. 当采用提高自然功率因数措施后,仍达不到电网合理运行要求时,应采用并联电力电容器作为无功补偿装置。如经过技术经济论证,确认采用同步电动机作为无功功率补偿装置合理时,也可采用同步电动机。

3. 高压电气设备的无功功率宜由高压电容器补偿,低压电器设备的无功功率宜由低压电容器补偿。

4. 当采用高(中)、低压自动补偿装置效果相同时,宜采用低压自动补偿装置。

5. 补偿基本无功功率的高压或低压电容器组,宜在配变电所内集中补偿。

6. 容量较大、负载稳定且长期运行的用电设备的无功功率宜单独就地补偿。

7. 当补偿电容器所在线路谐波较严重时,高压电容器应串联适当参数的电抗器,低压电容器宜串联适当参数的电抗器。

8. 当配电系统中谐波电流较严重时，无功功率补偿容量的计算应考虑谐波的影响。
9. 电容器分组时，应满足下列要求：
 - 1) 分组电容器投切时，不应产生谐振。
 - 2) 适当减少分组组数和加大分组容量，必要时应设置不同容量的电容器组，以适应负载的变化。
 - 3) 应与配套设备的技术参数相适应。
 - 4) 应在电压偏差的允许范围内。

2.3.2 功率因数补偿容量的计算。

1. 功率因数定义。功率因数指有功功率和视在功率的比值。
2. 功率因数的数值要求。功率因数的数值应满足当地供电部门的要求。当无明确要求时，应满足如下值：

- 1) 高压用户的功率因数应为 0.9 以上。
 - 2) 低压用户的功率因数应为 0.85 以上。
3. 功率因数补偿容量的计算。

1) 不考虑谐波的计算方法：

①简化的功率因数补偿容量计算方法。

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

式中 P ——有功功率 (kW)；
 S ——视在功率 (kV·A)。

②基于减少申报的最大视在功率的补偿容量计算 (图 2.3.2-1)。

$$P = \sum P_i$$

$$Q_i = P_i \cdot \tan\phi_i$$

$$Q_1 = \sum Q_i$$

$$\Delta Q = \sum Q_i - \tan[\arccos(\cos\phi)] \cdot \sum P_i$$

式中 Q_i ——每个用电设备的无功功率 (kvar)；
 P_i ——每个用电设备的有功功率 (kW)；
 $\cos\phi$ ——目标功率因数；
 ΔQ ——需要补偿电容器容量。

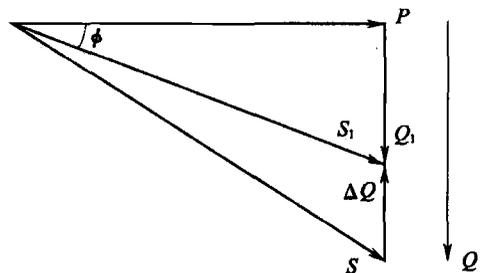


图 2.3.2-1 补偿容量计算示意图

③为增加有效有功功率输出而补偿的补偿容量计算 (表 2.3.2-1)。

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

表 2.3.2-1 负载功率因数与变压器有功功率输出能力的关系

tanφ	cosφ	变压器的标称容量 (kV·A)											
		100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.00	1.00	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.20	0.98	98	157	245	309	392	490	617	784	980	1225	1568	1960
0.29	0.96	96	154	240	302	384	480	605	768	960	1200	1536	1920
0.36	0.94	94	150	235	296	376	470	592	752	940	1175	1504	1880
0.43	0.92	92	147	230	290	368	460	580	736	920	1150	1472	1840

续表 2.3.2-1

tanφ	cosφ	变压器的标称容量 (kV·A)											
		100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
0.48	0.90	90	144	225	284	360	450	567	720	900	1125	1440	1800
0.54	0.88	88	141	220	277	352	440	554	704	880	1100	1408	1760
0.59	0.86	86	138	215	271	344	430	542	688	860	1075	1376	1720
0.65	0.84	84	134	210	265	336	420	529	672	840	1050	1344	1680
0.70	0.82	82	131	205	258	328	410	517	656	820	1025	1312	1640
0.75	0.80	80	128	200	252	320	400	504	640	800	1000	1280	1600
0.80	0.78	78	125	195	246	312	390	491	624	780	975	1248	1560
0.86	0.76	76	122	190	239	304	380	479	608	760	950	1216	1520
0.91	0.74	74	118	185	233	296	370	466	592	740	925	1184	1480
0.96	0.72	72	115	180	227	288	360	454	576	720	900	1152	1440
1.02	0.70	70	112	175	221	280	350	441	560	700	875	1120	1400

④对变压器吸收的无功电能进行补偿的补偿容量计算。

当变压器所吸收的无功功率不能忽略时,可采用以下公式近似计算:

$$Q = I^2 X_c \cdot S = \Delta u\% \cdot S$$

变压器负载率为 $n\%$ 时:

$$Q = (n\%)^2 \cdot \Delta u\% \cdot S$$

变压器满载时:

$$Q = \Delta u\% \cdot S$$

变压器半载时:

$$Q = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \Delta u\% \cdot S$$

[例] $\Delta u\% = 6\%$, $S = 1600 \text{ kV} \cdot \text{A}$

满负荷时:

$$Q = 6\% \times 1600 = 96 \text{ kvar}$$

半负荷时:

$$Q = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 6\% \times 1600 = 24 \text{ kvar}$$

变压器的实际补偿容量应按变压器的实际负载率(例如按变压器计算负载率的 0.7)来确定,以避免过补偿。

当变压器的负载变化较大,精确计算有困难时,变压器的基本无功补偿容量可按变压器额定容量的 5% 配置。

2) 谐波环境中功率因数的计算。

①理论算法。

理想正弦波的功率因数计算:

$$PF = \frac{P}{S}$$

式中 P ——有功功率 (kW);

S ——视在功率 (KV · A)。

$$\cos\phi = \frac{P_1}{S_1}$$

式中 P_1 ——基波的有功功率 (kW)；

S_1 ——基波的视在功率 (KV · A)。

当谐波存在时, $PF < \cos\phi$

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{P}{S_1} \cdot \frac{S_1}{S} = PF_{\text{disp}} \cdot PF_{\text{dist}}$$

式中 PF_{disp} ——位移功率因数；

PF_{dist} ——畸变功率因数。

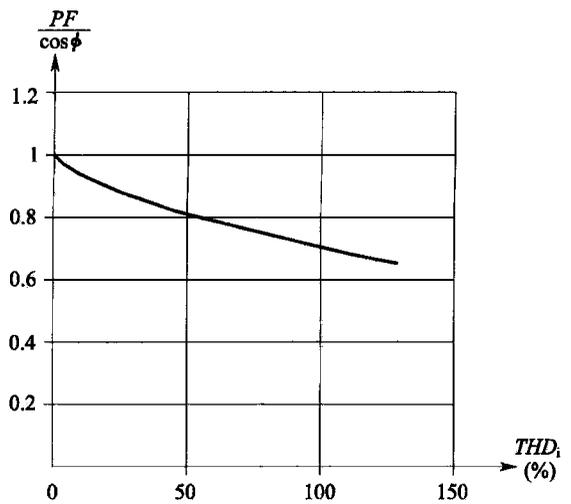
也可以利用基波因素来计算谐波环境中的功率因数 PF ：

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{UI_1 \cos\phi_1}{UI} = \frac{I_1}{I} \cos\phi_1 = \nu \cos\phi_1$$

式中 ν ——基波因数, 它等于基波电流有效值与总电流有效值之比, 即: $\nu = I_1/I$ 。

上式说明了实际功率因数是由基波电流位移和电流波形畸变两个因素决定的。

②工程估算方法。在实际工程设计中, 谐波所致的无功功率很难估算, 故上述算法实际上不可行。由于电网规模巨大, 通常可以认为电力系统的内阻为零 (视作无限大系统), 因而仅考虑谐波电流而忽略谐波电压的影响, 即 $THD_U = 0$ 。此时, 功率因数与谐波电流畸变率 THD_i (%) 之间的关系如图 2.3.2-2 所示, 供工程估算时参考。



THD_i 变化对 $\frac{PF}{\cos\phi}$ 的影响, 其中 $THD_U=10$

图 2.3.2-2 谐波电流畸变率 THD_i (%) 与功率因数 PF 的关系曲线

图中, PF 为实际功率因数; $\cos\phi$ 为理想正弦波的功率因数, 即基波功率因数, 我们传统算法所得即为此值; THD_i (%) 可粗略估算得到。

从图 2.3.2-2 可见, 在谐波电流的影响下, 实际功率因数将按图示曲线下降, 这是由于谐波产生了额外的无功功率。因此, 在工程设计中, 特别是对于选择 Y, yn0 连接组别变压器的中性线截面选择、配电导体 (线) 的中性线选择计算中, 宜按上图所示曲线对功率因数进行粗略的修正, 否则, 计算所得的电流值将会偏小, 从而导致导体 (线) 中性线载流能力不足。

③谐波环境中补偿电容器参数的确定。

a. 根据 G_h/S_n 的比值确定补偿电容器的参数, 见表 2.3.2-2。

表 2.3.2-2 根据 G_h/S_n 的比值确定的补偿电容器参数

$\frac{G_h}{S_n} < 15\%$	$15\% \leq \frac{G_h}{S_n} \leq 25\%$	$25\% < \frac{G_h}{S_n} < 60\%$
标准电容器	电容器额定电压增加 10%	电容器额定电压增加 10%, 并配置谐波抑制电抗器

注: 1. G_h 为连接到有电容器组的母线上所有谐波源装置 (静态变换器、变频器、速度控制器等) 的视在功率额定值的总和。应当注意的是, 12 脉及以上的整流器、已采取非常有效的谐波抑制措施的谐波源设备等均不应计入。

2. S_n 为系统中变压器视在功率额定值的矢量和。

b. 根据实测总谐波畸变率 THD_i 来确定补偿电容器的参数, 见表 2.3.2-3。

表 2.3.2-3 根据实测总谐波畸变率 THD_i 确定的补偿电容器参数

$THD_i \cdot \frac{S}{S_n} < 5\%$	$5\% \leq THD_i \cdot \frac{S}{S_n} \leq 10\%$	$10\% < THD_i \cdot \frac{S}{S_n} < 20\%$
标准电容器	电容器额定电压增加 10%	电容器额定电压增加 10%, 并配置谐波抑制电抗器

注: 1. S_n 为变压器视在功率。

2. S 为变压器副边实测的视在功率 (满负荷且不带电容器)。

3. THD_i 为变压器副边实测的电流畸变率。

④ 串联型调谐电抗器配比计算。

在调谐频率 f_h 处:

$$X_L = \frac{X_C}{h^2}$$

式中 X_L ——电抗器基波感抗值;

X_C ——电容器基波容抗值;

h ——理论调谐次数。

在确定电抗器容量时, 应使实际调谐频率小于理论调谐频率 (即希望抑制的谐波频率), 以避免发生系统局部谐振。还应考虑一定裕度, 因为当电容器使用时间较长后, 其介质材料退化, 从而导致电容值下降, 易引起谐振频率的升高, 如表 2.3.2-4。

表 2.3.2-4 串联型调谐电抗器配比

理论调谐次数 n	理论调谐频率 (Hz)	实际调谐频率 (Hz)	实际调谐次数	实际电抗器配比
3	150	135	2.7	13.7%, 可选 12.5% ~ 14%
5	250	215	4.3	5.4%, 可选 4.5% ~ 5.5%
7	350	315	6.3	2.52%, 可选 2% ~ 3%

⑤ 系统谐振频率计算。

$$h = \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q_c}}$$

式中 Q_c ——电容器的额定容量 (Mvar);

S_{cc} ——母线短路容量 (MV·A)。

补偿容量的分组应避开系统谐振点。

电容器容量的增加, 导致谐振频率向低值偏移; 反之, 系统短路容量的增加, 则导致谐振频率向高值偏移。

⑥ 晶闸管投切电容器组 (TSC)。

a. 无功功率变化较大的场所宜采用晶闸管投切电容器组;

b. 晶闸管投切电容器组的分组应符合系统中无功功率的变化特性。

⑦ 静止无功发生器 (SVG)。无功功率变化较大且谐波严重的系统中宜采用静止无功发生器。

2.3.3 功率因数的控制方法。

1. 无功补偿装置的投切方式, 具有下列情况之一时, 宜采用手动投切的无功补偿装置:

- 1) 补偿低压基本无功功率的电容器组。
- 2) 常年稳定的无功功率。
- 3) 经常投入运行的变压器或配(变)电所内投切次数较少的高压电动机及高压电容器组。
2. 无功补偿装置的投切方式,具有下列情况之一时,宜装设自动投切装置:
 - 1) 为避免过补偿,装设无功自动补偿自动投切装置在经济上合理时。
 - 2) 为避免在轻载时电压过高而造成某些用电设备损坏,装设无功自动补偿装置在经济上合理时。
 - 3) 只有装设无功自动补偿装置,才能满足在各种运行负荷的情况下的电压偏差允许值。
3. 无功自动补偿的调节方式,宜根据下列原则确定:
 - 1) 以节能为主进行补偿时,采用无功功率参数调节;当三相负荷平衡时,亦可采用功率因数参数调节。
 - 2) 无功功率随时间稳定变化时,按时间参数自动调节。

2.4 谐波治理

2.4.1 要点。

1. 电力系统中的无功功率主要由相位角和高次谐波造成。电力电子设备等的非线性负载产生的高次谐波,增加了电力系统的无功损耗。

2. 配电系统的合理设计、用电设备的正确选型(尤其谐波指标的确定)对于提高电能使用效率至关重要。

3. 由于谐波分布的多变性和谐波工程计算的复杂性,要在设计阶段完全解决谐波问题非常困难,故工程调试与试运行阶段的谐波实测与分析,对于电力系统的谐波治理和最终提高电能利用率起着决定性作用。

2.4.2 电网的谐波限值。

1. 公共电网。电力公司向用户提供的电能质量应符合《电能质量公共电网谐波》GB/T 14549—1993的要求。不符合该规范要求的,应采取技术措施,直至符合该规范的要求为止。

2. 用户配电系统。

1) 电力系统公共连接点(电源侧)的谐波电压(相电压)限值应符合表2.4.2-1的要求。

表 2.4.2-1 谐波电压(相电压)限值

电网标称电压(kV)	电压总谐波畸变率(%)	各次谐波电压含有率(%)	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
66			
110	2.0	1.6	0.8

2) 电力系统公共连接点的全部用户向该点注入的谐波电流分量(方均根)不应超过表2.4.2-2规定的允许值。

表 2.4.2-2 谐波电流分量限值

标准电压 (kV)	基准短路容量 (MV·A)	谐波次数及谐波电流允许值 (A)																							
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24	11	12	9.7	18	8.6	16	7.8	8.9	7.1	14	6.5	12
6	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13	6.1	6.8	5.3	10	4.7	9	4.3	4.9	3.9	7.4	3.6	6.8
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9	3.7	4.1	3.2	6	2.8	5.4	2.6	2.9	2.3	4.5	2.1	4.1
35	250	15	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	5.6	2.6	4.7	2.2	2.5	1.9	3.6	1.7	3.2	1.5	1.8	1.4	2.7	1.3	2.5
66	500	16	13	8.1	13	5.4	9.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5.0	2.3	2.6	2.0	3.8	1.8	3.4	1.6	1.9	1.5	2.8	1.4	2.6
110	750	12	9.6	6.0	9.6	4.0	6.8	3.0	3.2	2.4	4.3	2.0	3.7	1.7	1.9	1.5	2.8	1.3	2.5	1.2	1.4	1.1	2.1	1.0	1.9

注：当电力系统公共连接点处的最小值短路容量与基准短路容量不同时，谐波电流允许值应进行换算。

3) 谐波骚扰的强度分级应符合表 2.4.2-3 的规定。

表 2.4.2-3 低压电源系统中谐波骚扰强度分级 (以基波电压的百分比表示)

骚扰强度	谐波含量 THD_v	非 3 次整数倍奇次谐波分量								3 次整数倍谐波分量					偶次谐波分量			
		5	7	11	13	17	19	23~25	>25	3	9	15	21	>21	2	4	6~10	>10
一级	5	3	3	3	3	5	1.5	1.5	*	3	1.5	0.3	0.2	10	2	1	0.5	0.2
二级	8	6	5	3.5	3	5	1.5	1.5	*	5	1.5	0.3	0.2	2	1	0.5	0.2	
三级	10	8	7	5	4.5	5	4	3.5	**	6	2.5	2	1.7	1	3	1.5	1	1
四级	大于三级，具体视环境要求而定																	
* = 0.2 + 12.5/n (n 为谐波次数)																		
** = 3.5 ~ 1.0 (随频率升高而降低)																		

注：该表引自上海市地方标准《公共建筑电磁兼容设计规范》DG/TJ 08—1104—2005。

4) 建筑物低压配电系统的谐波骚扰等级应符合下列规定：

①医院重要手术室和重症监护室、计量检测中心、大型计算机中心、金融结算中心等对谐波敏感的重要设备较多的建筑物中，相关配电系统主干线的谐波骚扰强度宜达到一级标准。

②大型办公建筑中，动力配电系统主干线的谐波骚扰强度宜达到二级标准。

③中、小型办公建筑中，动力配电系统主干线的谐波骚扰强度宜达到三级标准。

④音乐厅、影剧院等拥有强烈谐波骚扰源的建筑物中，除调光回路以外的配电主干线的谐波骚扰强度宜达到三级标准。

2.4.3 用电设备的谐波限值。

注：国家尚无系列化标准，暂时引用上海市地方标准《公共建筑电磁兼容设计规范》DG/TJ 08—1104—2005，该规范借鉴了 IEC 的相关标准。

1. 16A 及以下的单相设备。

1) 除晶闸管调光型白炽灯以外的照明灯具的谐波电流限值，如表 2.4.3-1 所列。

表 2.4.3-1 设备谐波电流限值 (一)

谐波次数 n	最大允许谐波电流/基波输入电流 (%)
2	2
3	$30 \cdot \lambda$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (仅考虑奇次谐波)	3

注: λ 是回路功率因数。

2) 电视接收机、个人计算机及其监视器、监视电视系统的监视器等设备的谐波电流限值, 如表 2.4.3-2 所列。

表 2.4.3-2 设备谐波电流限值 (二)

谐波次数 n	每瓦允许最大谐波电流 (mA/W)	最大允许谐波电流 (A)
3	3.4	2.3
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.4
11	0.35	0.33
$13 \leq n \leq 39$ (仅考虑奇次谐波)	$3.85/n$	—

3) 在建筑物中固定安装的其他设备的谐波电流限值, 如表 2.4.3-3 所列。

表 2.4.3-3 设备谐波电流限值 (三)

谐波次数 n	最大允许谐波电流 (A)
奇次谐波	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \times 15/n$
偶次谐波	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \times 8/n$

2. 每相输入电流大于 16A 小于 75A 的设备。

1) 当设备安装点的系统短路功率比 $R_{sce} \geq 33$ 时, 直接接入电网设备的谐波电流输出限值, 如表 2.4.3-4 所列。

表 2.4.3-4 设备的谐波电流输出限值 ($R_{sce} \geq 33$ 时)

谐波次数 n	允许谐波电流 I_n/I_1 (%)	谐波次数 n	允许谐波电流 I_n/I_1 (%)
3	21.6	21	≤ 0.6
5	10.7	23	0.9
7	7.2	25	0.8
9	3.8	27	≤ 0.6
11	3.1	29	0.7
13	2	31	0.7
15	0.7	≤ 33	≤ 0.6
17	1.2		
19	1.1	偶次谐波	$\leq 8/n$ 或 ≤ 0.6

注: I_1 为额定基波电流, I_n 为谐波电流分量, 适用于 220/380V, 50Hz 电源系统。

2) 当设备安装点的系统短路功率比 R_{sce} 符合表 2.4.3-5、2.4.3-6 范围时, 直接接入电网的三相不平衡、三相平衡设备的谐波电流输出限值如表 2.4.3-5、2.4.3-6 所列。

表 2.4.3-5 单相、两相和三相不平衡设备谐波电流输出限值

R_{sce} 最小值	允许谐波电流畸变系数 (%)		允许单次谐波电流占基波电流百分比 I_n/I_1 (%)					
	THD	PWHD	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}
66	25	25	23	11	8	6	5	4
120	29	29	25	12	10	7	6	5
175	33	33	29	14	11	8	7	6
250	39	39	34	18	12	10	8	7
350	46	46	40	24	15	12	9	8
450	51	51	40	30	20	14	12	10
600	57	57	40	30	20	14	12	10

注: 1. 偶次谐波相对值不超过 $16/n$ %。

2. 上下 R_{sce} 之间允许用线性内插法取得数据。

3. 对于三相不平衡设备, 上述数据适用于每一相。

4. I_1 为额定基波电流, I_n 为谐波电流分量, 适用于 220/380V, 50Hz 电源系统。

$$\text{总谐波畸变系数: } THD = \sqrt{\sum_{n=2}^{40} \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2}; \quad \text{高次谐波加权畸变系数: } PWHD = \sqrt{\sum_{n=14}^{40} n \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2}。$$

表 2.4.3-6 三相平衡设备谐波电流输出极限值

Rsce 最小值	允许谐波电流畸变系数 (%)		允许单次谐波电流占基波电流百分比 I_n/I_1 (%)			
	THD	PWHD	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}
66	16	25	14	11	10	8
120	18	29	16	12	11	8
175	25	33	20	14	12	8
250	35	39	30	18	13	8
350	48	46	40	25	15	10
450	58	51	50	35	20	15
600	70	57	60	40	25	18

注：1. 偶次谐波相对值不超过 $16/n$ %。

2. 上下 Rsce 之间允许用线性内插法取得数据。

3. I_1 为额定基波电流， I_n 为谐波电流分量，适用于 220/380V，50Hz 电源系统。

$$\text{总谐波畸变系数: } THD = \sqrt{\sum_{n=2}^{40} \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2}; \text{ 高次谐波加权畸变系数: } PWHD = \sqrt{\sum_{n=14}^{40} n \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2}$$

3) 当设备的单相电流大于 75A 时，其 THD_i 宜低于 35%，但短时工作的设备（指在正常运行过程中，产生谐波的元件或机构不在线的设备，如带旁路的水泵软启动器等）除外。

2.4.4 谐波的预防和治理。

1. 谐波预防。

1) 一般原则。当建筑物中所用的主要电气和电子设备不符合 2.4.3 条的规定时，应对此类设备或其所在线路进行谐波治理，且应符合下列要求：

① 区级或以上医院重要手术室和重症监护室、计量检测中心、大型计算机中心、金融结算中心等对谐波敏感的重要设备较多的建筑物内，应在相关配电系统主干线上靠近骚扰源处设置有源滤波装置。

② 大型办公建筑中，宜在动力配电系统主干线上靠近骚扰源处设有源或无源滤波装置；当采用无源滤波装置时，应注意避免发生电网局部谐振。

③ 中、小型办公建筑中，宜在动力配电系统主干线上靠近骚扰源处设无源滤波装置并应注意避免发生电网局部谐振。

2) 系统设计要点。

① 除低压用户外，公共建筑配电系统的接地保护应采用 TN-S 制。

② 普通民用建筑配电变压器绕组应采用 D，yn11 型接线。

③ 谐波骚扰等级为一至三级的建筑物供电配电系统中，涉及主要非线性负载的配电变压器的负载率应按下式降容：

$$\text{降容系数} \quad D = \frac{1.15}{1 + 0.15K}$$

其中系数 K 为：

$$K = \frac{\sum_{h=1} h(I_h)^2}{\sum_{h=1} (I_h)^2} = \frac{\sum_{h=1} (hI_h)^2}{I_{rms}^2} = \frac{\sum_{h=1} (hI_h/I_1)^2}{(I_{rms}^2/I_1)^2} = \frac{\sum_{h=1} (hI_h/I_1)^2}{1 + THD_i^2}$$

注意, 其 K 值应根据系统的谐波水平确定。也可根据谐波源负荷占变压器的负荷比例, 按图 2.4.4 粗略估计降容系数。

当不作计算时, 普通配电变压器的负载率不宜高于 75%。

④谐波骚扰等级为四级的建筑物供配电系统中, 涉及主要非线性负载的配电变压器的负载率(计算值)应按降容系数 D 确定, 当不作计算时, 不宜高于 70%。

有条件时, 可选用按照 K 系数制造的专用配电变压器, 其 K 值应根据系统后的谐波水平确定, 计算方法参见本款③。

⑤谐波骚扰等级为四级的建筑物中, 功率因数补偿电容器应串接适当规格的电抗器, 并应注意避免发生电网局部谐振。

⑥设计中, 应尽可能将非线性负荷放置于配电系统的上游, 谐波较严重且功率较大的设备应从变压器出线侧起采用专线供电。

⑦三相 UPS、EPS 电源输出端接地形式为 TN 时, 中性线应接地, 以钳制由谐波引起的中性线电位升高。

⑧为 X 光机、CT 机、核磁共振机等大功率非线性负载供电的变压器和馈线, 宜按低阻抗要求进行设计。

⑨由晶闸管控制的负载或设备宜采用对称控制, 以减小中性线谐波电流。

⑩设计过程中对建筑物的谐波难以预测时, 宜预留必要的滤波设备空间。

2. 谐波治理方法。

1) 无源吸收谐波装置。

①电容器串接调谐电抗器, 要求见表 2.4.4-1。

表 2.4.4-1 电容串接调谐电抗器(一)

$G_h \leq \frac{S_{sc}}{120}$	$\frac{S_{sc}}{120} \leq G_h \leq \frac{S_{sc}}{70}$	$G_h > \frac{S_{sc}}{70}$
标准电容器	电容器额定电压增加 10%	电容器额定电压增加 10% + 谐波抑制电抗

注: 1. G_h 为连接到有电容器组的母线上所有产生谐波源装置(静态变换器、变频器、速度控制器等)的视在功率额定值的总和, 应当注意的是, 12 脉及以上的整流器、已采取非常有效的谐波抑制措施的谐波源设备等均不应计入。

2. S_{sc} 为电容器组端的三相短路容量 ($k \cdot VA$)。

3. S_n 为系统中变压器视在功率额定值的总和。

当变压器 $S_n \leq 2MV \cdot A$ 时, 可按表 2.4.4-2 简化处理。

表 2.4.4-2 电容串接调谐电抗器(二)

$G_h \leq 0.15S_n$	$0.15S_n \leq G_h \leq 0.25S_n$	$0.25S_n < G_h \leq 0.60S_n$	$G_h > 0.60S_n$
标准电容器	电容器额定电压增加 10%	电容器额定电压增加 10% + 谐波抑制电抗	滤波器

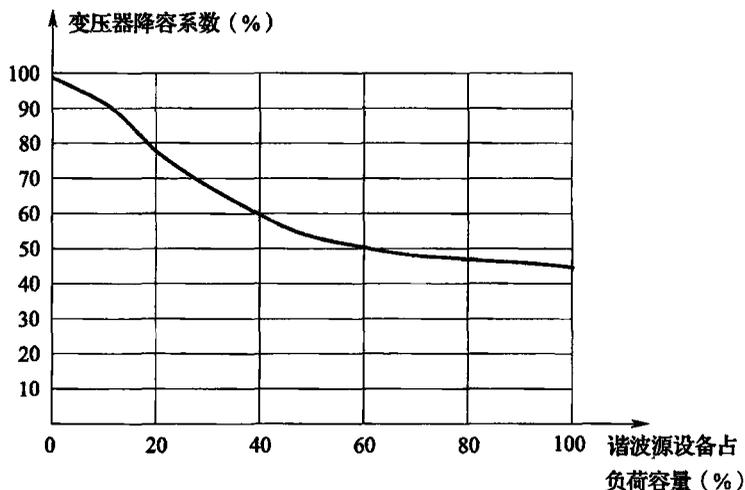


图 2.4.4 变压器降容曲线

串联调谐电抗器配比计算：

$$\text{调谐频率 } f_h \text{ 处: } X_L = \frac{X_C}{h^2}$$

式中 X_L ——电抗器基波感抗值；

X_C ——电容器基波容抗值；

h ——谐波次数。

在确定电抗器容量时，应使实际调谐频率小于理论调谐频率（即希望抑制的谐波频率），以避免发生系统的局部谐振。此外还应考虑一定裕度，因为当电容器经长期运行后，其介质材料绝缘性能将逐年有所退化，从而导致电容值下降，易引起谐振频率的升高。一般实际调谐频率和电抗器配比可按表 2.4.4-3 确定。

表 2.4.4-3 调谐频率与电抗器配比

理论调谐次数 n	理论调谐频率 (Hz)	实际调谐频率 (Hz)	实际调谐次数 n	实际电抗器配比
3	150	135	2.7	13.7%，可选 12.5% ~ 14%
5	250	215	4.3	5.4%，可选 4.5% ~ 5.5%
7	350	315	6.3	2.52%，可选 2% ~ 3%

②无源滤波器。常见类型有：

a. 串联调谐滤波器。由电容器和电抗器串联而成，用于调谐较低次的谐波频率处。该滤波器阻抗对较低次的谐波频率呈容性、高阻抗，对较高次的谐波频率呈感性、低阻抗，即在低于调谐频率时呈高阻特性。

b. 双带通滤波器。由一个主电容器、一个主电抗器和一个调谐装置串联而成，这种滤波器的阻抗在两个调谐频率处到达最低值。

c. 阻尼滤波器。可以是 1 阶、2 阶和 3 阶的，常用 2 阶的。一个 2 阶的阻尼滤波器由一个电容器与一个电抗器和一个电阻的并联组合相串联而成，它在一个较宽的频率范围内呈现为低阻抗，因而具有较宽的滤波频带。

2) 有源吸收滤波装置。常见类型有：

①并联有源滤波器（工程中较为常用）。

②串联有源滤波器。

③串并联复合型有源滤波器。

3) 无源有源复合滤波吸收装置。由无源滤波器和有源滤波器组合而成，由无源滤波器吸收一个或多个功率较大且稳定的特定频率的谐波，再由有源滤波器消除其余谐波。

4) 静止无功发生器（SVG）。无功功率变化较大且谐波严重的系统中宜采用静止无功发生器，在进行功率因数补偿的同时，也能在一定程度上实现对谐波的抑制。

5) 滤波器的正确应用。各种谐波治理设备的适用场合不尽相同。配电系统至少满足下列条件之一时，才可设置滤波器：

①配电系统的自然功率因数较低，需要作电容补偿；

②必须降低电压畸变以避免灵敏负载被干扰；

③必须降低电流畸变以避免馈线（如电缆的中性线等）与设备（如电容器等）过载。

其中，当配电系统中具有相对集中的大容量（如 200kV·A 或以上）非线性长期稳定运行的负载

时,宜选用无源滤波器;当配电系统中具有大容量(如 $200\text{kV}\cdot\text{A}$ 或以上)非线性负载,且变化较大(如断续工作的设备等),用无源滤波器不能有效工作时,宜选用有源滤波器;当配电系统中既具有相对集中且长期稳定运行的大容量(如 $200\text{kV}\cdot\text{A}$ 或以上)非线性负载,又具有较大容量的经常变化的非线性负载时,宜选用有源无源组合型滤波器。

2.5 变配电设备选择

2.5.1 要点。

1. 配用电变压器、在线式静止逆变应急电源等设备是配电系统常用的主要电源设备,又是其自身消耗一定电能的设备,通电运行后长期在电网上运行,一般只在检修时才退出电网,选择不当其本身耗电量的累积值也很大。因此选择变压器、在线式静止逆变应急电源时应注意:

- 1) 选择自身功耗低的变配电设备。
- 2) 选择国家认证机构确认的节能型设备。
- 3) 选择符合国家节能标准的配电设备。
2. 应降低用电设备配电线路的损耗,一般采取下列措施:
 - 1) 变压器靠近负荷中心,缩短线缆、母线的长度。
 - 2) 有条件时,就地进行电容器补偿提高设备的运行功率因数,降低线路的运行电流。
 - 3) 采用单芯电缆组成的供配电回路时,电缆应呈品字形敷设以降低线路阻抗。
 - 4) 抑制谐波电流在线路中的含量,降低线路损耗。

2.5.2 变压器的选择。

1. 节能变压器的能效标准。节能变压器是空载、负载损耗相对小的变压器,根据行业标准的要
求,某一型号或系列的变压器,新型号的自身功耗应比前一个型号低 10% 。例如: $S10$ 型应比 $S9$ 的空载、负载损耗低 10% 。

国家关于变压器的能效标准促进了变压器的自身损耗的降低。

2. 变压器选择原则。

- 1) 应选用低损耗、低噪声的节能变压器。
- 2) 合理地计算、选择变压器容量。

①变压器额定容量应能满足全部用电负载的需要,但不应使变压器长期处于过负载状态下运行。变压器的经常性负载应在变压器额定容量的 60% 为宜。

②对于具有两台以上的变压器的变电所,应考虑其中任一台变压器故障时,其余变压器的容量能满足重要负荷级以上的全部负荷的需要。

③多台变压器的容量等级应适当搭配,并考虑维修方便和减少备品、备件的数量。

④变压器的容量不宜过大,以免供电线路过长,增加线路的损耗。

3. 35kV (或 110kV) 主变压器的选择。

1) 变压器的台数和容量应根据地区供电条件、负荷性质、用电容量、运行方式和用户发展等因素综合考虑确定。

一般采用三相变压器,其容量可按投入运行后 $5\sim 10$ 年的预期负荷选择,至少留有 $15\%\sim 25\%$ 的裕量。

2) 有重要及以上级别负荷的变电所中宜装设两台主变压器。当技术经济比较合理时,可装设两台以上主变压器。当变电所可由中、低压侧电力网取得足够容量的备用电源时,可装设一台主变压器。

3) 具有 110/35/10 (6) kV 三种电压的变电所中, 如通过主变压器各侧绕组的容量均达到该变压器容量的 15% 以上, 主变压器宜采用三绕组变压器。当变压器不能满足电力系统和用户电压质量的要求时, 应采用有载调压变压器, 总的调压范围应大于最大电压偏移值。

4) 变压器过载能力应满足运行要求。

5) 变压器中性点接地方式, 按系统的需要可选择中性点直接接地或非直接接地两种方式, 一般要有中性点引出, 绝缘水平按标准或实际需要确定。

6) 变压器噪声不应超过环境保护规定。

4. 10 (6) kV 配电变压器的选择。

1) 变压器台数应根据负荷特点和经济运行进行选择, 当符合下列条件之一时, 宜装设两台及以上变压器。

①有大量重要及以上级别的负荷。

②季节性负荷变化较大。

③集中负荷较大。

2) 装有两台及以上变压器的变电所, 当其中任何一台变压器因故断开时, 其余变压器的容量应满足重要及以上级别负荷的用电, 并宜满足用户主要设备的用电需求。

3) 变压器容量应根据计算负荷选择。对昼夜或季节性波动较大的负荷供电的变压器, 经技术经济比较, 可采用容量不一致的变压器。

4) 在一般情况下, 动力和照明宜共用变压器。属下列情况之一时, 可设专用变压器:

①照明负荷较大, 或由于负荷变动引起的电压闪变或电压升高, 严重影响照明质量及灯泡寿命时, 可设照明专用变压器。

②单相负荷很大时, 可设单相变压器。

③冲击性负荷 (如试验设备、电焊机群及大型电焊设备等) 较大, 严重影响供电质量时, 可设专用变压器。

④在接地形式为 IT 系统的低压电网中, 照明负荷应设专用变压器。

⑤当季节性的负荷容量较大时 (如大型民用建筑中的空调冷冻机等负荷), 可设专用变压器。

⑥出于某些特殊设备的功能需要 (如容量较大的 X 光机等), 宜设专用变压器。

5) 在一般情况下应选用 D, yn11 接线的变压器, 使变压器容量在三相不平衡负荷下得以充分利用, 并有利于抑制三次谐波电流。

在下列条件下, 必须选用 D, yn11 接线的变压器。

①变压器单相负荷较多, 超过每相负荷的 15% 的。民用建筑中的照明负荷都是单项负荷, 故变压器大部分属于此类。

②为了使单相接地短路保护装置有足够的灵敏度, 需要提高单相接地短路的电流值时。

③当需要限制系统中因采用气体放电灯的电子镇流器、可控硅设备产生的大量三次谐波含量时, D, yn11 接线的中性点接地系统将会把三次谐波引入大地, 不会流入用户以外的电网中。但在改、扩建工程中仍宜采用与原系统绕组接线形式相匹配的变压器。

6) 变电所在多层建筑或高层建筑主体内, 宜选用不燃或难燃型变压器。

7) 运行在无尘或有腐蚀性气体环境场所的变压器, 应选用防腐、防尘型变压器。

5. 变电所主变压器经济运行的条件。

两台或多台主变压器经济运行的条件见表 2.5.2。

表 2.5.2 变电所主变压器经济运行的条件

序号	主变压器台数	经济运行的临界负荷	经济运行条件
1	2 台	$S_{cr} = S_N \sqrt{2 \times \frac{P_0 + K_q Q_0}{P_k + K_q Q_0}}$	如 $S < S_{cr}$ 宜 1 台运行 如 $S > S_{cr}$ 宜 2 台运行
2	n 台	$S_{cr} = S_N \sqrt{n \cdot (n-1) \cdot \frac{P_0 + K_q Q_0}{P_k + K_q Q_0}}$	如 $S < S_{cr}$ 宜 $n-1$ 台运行 如 $S > S_{cr}$ 宜 n 台运行

S_{cr} 为经济运行临界负荷 (kV·A);
 S_N 为变压器的额定容量 (kV·A);
 S 为变电所实际负荷 (kV·A);
 P_0 为变压器的空载损耗 (kW);
 Q_0 为变压器空载时的无功损耗 (kvar), 按下式计算:
 $Q_0 \approx S_N (I_0\%) / 100$, 其中 $I_0\%$ 为变压器空载电流占额定电流的百分值;
 P_k 为变压器的短路损耗 (kW) (亦称负载损耗);
 Q_k 为变压器额定负荷时的无功损耗增量 (kvar), 按下式计算:
 $Q_k \approx S_N (U_k\%) / 100$, 其中 $U_k\%$ 为变压器阻抗电压占额定电压的百分值;
 K_q 为无功功率经济当量 (kW/kvar) 由发电机电压直配的工厂变电所, $K_q = 0.02 \sim 0.04$ kW/kvar;
 经两级变压的工厂变电所, $K_q = 0.05 \sim 0.08$ kW/kvar;
 经三级及以上变压的工厂变电所, $K_q = 0.01 \sim 0.015$ kW/kvar;
 在不计及上述计算条件时, 一般取 $K_q = 0.1$ kW/kvar。

2.5.3 应急电源的选择。

1. 应急电源类型。

1) 自备应急柴油发电机组是由柴油机拖动工频交流同步发电机组成的发电设备, 能快速自启动, 适用于允许中断供电时间为 15s 以上的负荷。

2) 自备应急燃气轮发电机组是由燃气轮机拖动工频交流同步发电机组成的发电设备, 其功能特点与 1) 相同。

3) UPS 不间断电源是由电力变流器储能装置 (蓄电池)、开关 (电子和机械式) 构成的静止型交流不间断电源装置。适用于允许中断供电时间为毫秒级的负荷。

4) EPS 应急电源是由充电器、逆变器、蓄电池、隔离变压器、切换开关等装置组成的把直流电能逆变成交流电能的应急电源装置, 适用于允许中断供电时间为 0.25s 以上的负荷。

5) 有自动投入装置的独立于正常电源的专用馈电线路, 适用于自投装置的动作时间能满足允许中断供电时间 1.5s 以上的应急电源。

6) 容量不大、采用直流电源且允许停电时间为毫秒级的特别重要负荷, 应采用蓄电池组作为应急电源。

以上几种应急电源, 以柴油 (或燃气轮) 发电机组和有自动投入装置的独立于正常电源的专用馈电线路方案为节约电能的最佳选择。因为 UPS、EPS、蓄电池组均需要对蓄电池进行充电, 长期运行必然造成电能的消耗。

2. 应急电源供电要求。

1) 为确保对特别重要负荷的供电, 严禁将其他负荷接入应急供电系统。工程设计中, 对于其他专

业提出的特别重要负荷，应仔细研究协调，尽量减少特别重要负荷的负荷量。

2) 应急电源与正常电源之间必须采取安全可靠措施，防止其并列运行。保证应急电源的专用性，尤其要防止向系统反送电。

大型企业及重要的民用建筑中往往同时使用几种应急电源，应使各种应急电源设备的配电系统密切配合，做到安全、可靠，充分发挥作用。

3. 柴油发电机组。柴油发电机组由柴油机（原动机）、发电机和控制屏三部分组成，具有热效率高、启动迅速、结构紧凑、燃料存储方便、占地面积小、工程量小、维护操作简单等特点，是工程建设中首选的应急电源。

1) 柴油发电机组分类：

①普通型机组。一般采用一体结构，具备基本的启动、停止、手动操作和仪表显示功能。

②普通保护型机组。除普通型机组功能外，一般还具有水温、油温高，以及油压低报警和停机功能，有的还带有超速（过频）、充电系统故障报警、过负荷和短路保护功能。

③自动化机组。具有以下自动化功能：

a. 自动维持准备运行状态。

b. 自动启动和加载。

c. 自动停机。

d. 多机组自动并联与解列。

e. 自动补给机组的燃油、机油，冷却水能够自动补充，机组启动用蓄电池自动充电。

f. 有过载、短路、过速度（或过频率）、冷却水温度过高、机油压力过低等项的联锁保护装置。

g. 有正常运行或非正常运行的声光信号系统及相关的数字接口。

2) 柴油发电机组功率参数：

①额定功率（标定功率）：是在标准环境状况下，标定转速（额定转速）下的有效功率。

②12h 功率：指内燃机允许连续运转 12h 的标定功率。

③持续功率：是在标准环境状况下内燃机允许长期连续运转的功率，一般为额定功率的 90%。

④超负荷功率：是内燃机在标定工况工作之后，立即可以继续发出的最大功率，一般为额定功率 110%，并在 12h 运转期内连续运转 1h。

3) 柴油发电机组性能等级见表 2.5.3。

表 2.5.3 柴油发电机组性能等级表

性能等级	定 义	用 途
G1 级	用于只需规定其电压和频率基本参数的负载	一般用途（照明和其他简单的电气负载）
G2 级	用于对其电压特性与公用电力系统有相同要求的负载，当负载变化时，可有暂时的电压和频率的偏差	照明系统、泵、风机和卷扬机
G3 级	用于对频率、电压和波形特性有严格要求的用电设备	无线电通信和可控硅整流器控制系统的负载
G4 级	用于对频率、电压和波形特性有特别严格要求的负载	数据处理设备或计算机系统

4) 柴油发电机组设置原则。符合下列情况之一时，宜设自备应急柴油发电机组：

①为保证重要级以上负荷的用电时。

②有重要及以上级别负荷，但取得第二电源有困难或不经济合理时。

③当供电中断将会危及人身生命安全、造成秩序严重混乱和经济上很大损失时。

5) 柴油发电机组容量选择:

①应急电源一般只设一台机组，其容量按应急负荷大小和大容量的电动机启动等因素综合考虑确定。

②在方案或初步设计阶段，可按供电变压器容量的 10% ~ 20% 估算柴油发电机的容量。

③在施工图阶段可根据重要及以上级别的负荷容量确定。

④选用注意事项:

a. 柴油发电机的额定功率系指外界大气压力为 101.325kPa (760mmHg)、大气温度为 20℃、相对湿度为 50% 的情况下，保证能连续运行 12h 的功率（包括超负荷 110% 运行 1h）。如连续运行时间超过 12h，则应按 90% 额定功率使用。如气压、气温、湿度与上述规定不同，应对柴油发电机的额定功率进行修正。

b. 全压启动大容量鼠笼型电动机时，母线电压不应低于额定电压的 75% ~ 80%。电动机全压启动允许容量取决于发电机的容量、励磁方式以及电动机的额定启动容量。

c. 宜选用高速柴油发电机组和无刷型自动励磁装置，柴油发电机组应装设快速自动启动及电源切换装置，宜采用蓄电池启动，并应具有连续三次自动启动的容量。

d. 需要时应考虑采取措施，抑制非线性负载使发电机输出电压的波形失真。

4. UPS 不间断电源。UPS 不间断电源的主要任务是向关键设备提供高质量的无时间中断的交流电源。

1) UPS 不间断电源的组成。UPS 一般由整流器、蓄电池、逆变器、静态开关和控制系统组成，根据负载要求可分为：在线式、非在线式。

2) UPS 不间断电源设置原则。符合下列情况之一时，应设置不间断电源：

①重要场所（如监控中心等）的备用电源。

②需要高质量电源（如对电压、频率，波形失真等有较高要求）的场所。

3) UPS 不间断电源选择。

①UPS 不间断电源装置的选型，应按负荷性质、大小、运行方式、电压及频率波动范围、允许中断供电时间、波形畸变系数及切换波形是否连续等各项指标确定。

②为了提高不间断电源装置的供电可靠性和运行灵活性，需装设静止型旁路开关，其切换时间一般为 2 ~ 10ms。

③用市电旁路时，逆变器的频率和相位应与市电锁相同步。

④对于三相输出的负荷不平衡度，最大一相和最小一相负载的基波均方根电流之差，不应超过不间断电源额定电流的 25%，最大线电流不超过其额定值。

⑤三相输出系统输出电压的不平衡系数（负序分量对正序分量之比）应不超过 5%。输出电压的波形失真和谐波含量，如无特殊要求，总波形失真度不应超过 5%（单相输出允许 10%）。

⑥当不间断电源系统内整流器负荷较大时，应注意高次谐波对不间断电源装置输出电压波形、配出回路保护及对供电电网的影响，必要时应采取吸收高次谐波。

⑦不间断电源系统设计时，其系统的各级保护装置之间，应有选择性配合。

4) 不间断电源设备的容量确定。

①不间断电源设备输出功率，应按下列条件选择：

a. 不间断电源设备给电子计算机供电时，单台 UPS 输出功率应大于电子计算机各设备额定功率总

和的 1.5 倍。对其他用电设备供电时，为最大计算负荷的 1.3 倍。

b. 负荷的最大冲击电流不应大于不间断电源设备的额定电流的 150%。

②不间断电源装置配套的整流器容量，应大于或等于逆变器需要容量与蓄电池直供的应急负荷之和。

5) UPS 不间断电源供电时间。

①不间断电源系统在交流输入发生故障后，为保证用电设备按照操作顺序进行停机时，其供电时间（蓄电池的额定放电时间）可按停机所需最长时间来确定，一般取 8 ~ 15min。

②当有备用电源时，不间断电源系统在交流输入发生故障后，为保证用电设备供电连续性，并等待备用电源投入，其供电时间（蓄电池额定放电时间）一般可取 10 ~ 30min。在供电系统中设有应急发电机的 UPS 应急供电时间可以短一些，否则应长一些。

5. EPS 应急电源。EPS 是利用 IGBT 大功率模块及相关的逆变技术把直流电能逆变成交流电能的大型应急电源，它的容量为 0.5 ~ 400kW，是一种集中供电式应急电源装置。

1) EPS 应急电源装置的组成。EPS 应急电源由充电器、蓄电池、逆变器、隔离变压器，切换开关、监控器和显示、机箱及保护等装置组成。

2) EPS 应急电源的分类。EPS 应急电源一般分为不可变频应急电源和可变频应急电源两类。

3) EPS 应急电源供电时间。供电时间一般为 60、90、120min 三种规格，还可以根据用户需要选择更长的。

4) EPS 应急电源选择。容量必须大于所供负载中同时工作容量总和的 1.1 倍以上。

3 电气照明的节能

3.1 一般规定

3.1.1 本章内容包括电气照明设计中需要遵循的节能要点、室内外照明节能指标的确定和节能光源、灯具、附件的选择方法；典型建筑物的室内外电气照明节能设计以及有效的、合理的、智能化的节能控制措施等。

3.1.2 照明节能设计应是在保证不降低作业面视觉要求、不降低照明质量的前提下，力求最大限度地减少照明系统中的光能损失，最大限度地采取措施利用好电能、太阳能。

3.1.3 照明节能应通过选择合理的照度标准，选用合适的光源及高效节能灯具，采用合理的灯具安装方式及照明配电系统，并根据建筑的使用条件和天然采光状况采用合理有效的照明控制装置来实施。

3.1.4 本章所列的照明指标系摘录、融合了相关标准的规定，具体参数以标准规定值为准；各种节能光源、灯具、附件的技术参数为目前常用产品设备的技术资料，工程设计时应根据实际选用设备的相关资料进行计算和设计配置。

3.1.5 电气照明的智能化控制应以节能作为主要目的之一，并能改善照明的视觉环境，展示手法等。

3.1.6 在工程设计中应根据地理环境和应用条件，充分考虑自然光、太阳能等新型能源的应用。

3.2 照明设计和设备选择

3.2.1 要点。

1. 照明节能设计原则。

1) 应在提高整个照明系统效率，保证照明质量的前提下，节约照明用电。

2) 照明设计时，应满足《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 所对应的照度标准、照明均匀度、统一眩光值、光色、照明功率密度值（简称 LPD）、能效指标等相关标准值的综合要求。

3) 在民用建筑中所要求的照度标准值，可以根据照明要求的档次来选择照度标准值。档次要求高的允许提高一级，档次要求低的允许降低一级，以利节能。

4) 建筑照度标准值应从节能上考虑，贯彻按实际需求来选择照度标准值的高低，不宜追求或攀比高照度水平。

5) 照明设计时，应选择合适的照明方式：

①当照明场所要求高照度时，应选混合照明的方式。

②当工作位置密集时，可采用单独的一般照明方式，但照度不宜太高，一般不宜超过 500lx。

③当工作位置的密集程度不同，或仅为其中某一区域时，可采用分区照明的方式，要求高的工作区采用较高的照度，而非工作区可采用较低的照度，但两者的照度比不宜大于 3:1。

6) 室外照明设计尚应考虑如下特点：

①室外照明的光源选择应注重其光电参数的总体评估，如光源的发光效率、显色指数；灯的启动

与再启动时间、工作电流、额定电压等参数；灯的寿命及性价比等相关因素。

②照明功能无特殊要求、电能损耗大体相同时，一般宜选用同一类型或色温相近的光源。

2. 照明节能设计措施。

1) 应根据国家现行标准、规范要求，满足不同场所的照度、照明功率密度、视觉要求等规定。

2) 应根据不同的使用场合选择合适的照明光源，在满足照明质量的前提下，尽可能地选择高光效光源。

3) 在满足眩光限制的条件下，应优先选用灯具效率高的灯具以及开启式直接照明灯具，一般室内的灯具效率不宜低于70%，并要求灯具的反射罩具有较高的反射比。

4) 在满足灯具最低允许安装高度及美观要求的前提下，应尽可能降低灯具的安装高度，以节约电能。

5) 合理设置局部照明，对于高大空间区域，在高处采用一般照明方式，对于有高照度要求的地方，宜设置局部照明。

6) 应选择电子镇流器或节能型高功率因数电感镇流器，公共建筑内的荧光灯单灯功率因数不应小于0.9，气体放电灯的单灯功率因数不应小于0.85，并应采用能效等级高的产品。

7) 照明配电系统设计应减少配电线路中的电能损耗，具体措施如下：

①选用电阻率 ρ 较小的线缆；

②减少线缆长度；

③适当加大线缆的截面积，以降低线路阻抗。

8) 主照明电源线路尽可能采用三相供电，以减少电压损失，并应尽量使三相照明负荷平衡，以免影响光源的发光效率。

9) 设置具有光控、时控、人体感应等功能的智能照明控制装置，做到需要照明时，将灯打开，不需要照明时，将灯关闭。

10) 充分合理地利用自然光、太阳能等。

3.2.2 照明节能指标的确定。

1. 房间或场所应采用一般照明的照明功率密度值(LPD)作为照明节能的评价指标。

2. 不同种类的建筑及场所有不同的照明功率密度对应值，计算房间或场所一般照明的照明功率密度值时，应计算其灯具光源及附属装置的全部用电量。

3. 各类建筑所对应的照明功率密度值：

1) 居住建筑：每户照明功率密度值不宜大于表3.2.2-1的规定。当房间或场所的照度值高于或低于本表规定的对应照度值时，其照明功率密度值应按比例提高或折减。

表 3.2.2 - 1 居住建筑每户照明功率密度值

房间或场所	照明功率密度 (W/m ²)		对应照度值 (lx)
	现行值	目标值	
起居室	7	6	100
卧室			75
餐厅			150
厨房			100
卫生间			100

2) 办公建筑：照明功率密度值不应大于表 3.2.2-2 的规定。当房间或场所的照度值高于或低于本表规定的对应照度值时，其照明功率密度值应按比例提高或折减。

表 3.2.2-2 办公建筑照明功率密度值

房间或场所	照明功率密度 (W/m ²)		对应照度值 (lx)
	现行值	目标值	
普通办公室	11	9	300
高档办公室、设计室	18	15	500
会议室	11	9	300
营业厅	13	11	300
文件整理、复印、发行室	11	9	300
档案室	8	7	200

3) 商业建筑：照明功率密度值不应大于表 3.2.2-3 的规定。当房间或场所的照度值高于或低于本表规定的对应照度值时，其照明功率密度值应按比例提高或折减。

表 3.2.2-3 商业建筑照明功率密度值

房间或场所	照明功率密度 (W/m ²)		对应照度值 (lx)
	现行值	目标值	
一般商店营业厅	12	10	300
高档商业营业厅	19	16	500
一般超市营业厅	13	11	300
高档超市营业厅	20	17	500

4) 旅馆建筑：照明功率密度值不应大于表 3.2.2-4 的规定。当房间或场所的照度值高于或低于本表规定的对应照度值时，其照明功率密度值应按比例提高或折减。

表 3.2.2-4 旅馆建筑照明功率密度值

房间或场所	照明功率密度 (W/m ²)		对应照度值 (lx)
	现行值	目标值	
客房	15	13	—
中餐厅	13	11	200
多功能厅	18	15	300
客房层走廊	5	4	50
门厅	15	13	300

5) 医院建筑：照明功率密度值不应大于表 3.2.2-5 的规定。当房间或场所的照度值高于或低于本表规定的对应照度值时，其照明功率密度值应按比例提高或折减。

表 3.2.2-5 医院建筑照明功率密度值

房间或场所	照明功率密度 (W/m ²)		对应照度值 (lx)
	现行值	目标值	
治疗室、诊室	11	9	300
化验室	18	15	500
手术室	30	25	750
候诊室、挂号厅	8	7	200
病房	6	5	100
护士站	11	9	300
药房	20	17	500
重症监护室	11	9	300

6) 学校建筑：照明功率密度值不应大于表 3.2.2-6 的规定。当房间或场所的照度值高于或低于本表规定的对应照度值时，其照明功率密度值应按比例提高或折减。

表 3.2.2-6 学校建筑照明功率密度值

房间或场所	照明功率密度 (W/m ²)		对应照度值 (lx)
	现行值	目标值	
教室、阅览室	11	9	300
实验室	11	9	300
美术教室	18	15	500
多媒体教室	11	9	300

3.2.3 节能光源、附件及其选择。

1. 节能光源的选用。

1) 节能光源的选用原则。

①照明光源的选择应符合国家现行相关标准的规定。

②应根据不同的使用场合，选用合适的照明光源，所选用的照明光源应具有尽可能高的光效，以达到照明节能的效果。

③各种节能光源的光效及主要技术指标见表 3.2.3-1。

表 3.2.3-1 各种节能电光源的技术指标

光源种类	光效 (lm/W)	显色指数 (Ra)	色温 (K)	平均寿命 (h)
普通荧光灯	>70	70	全系列	10000
三基色荧光灯	>90	80~98	全系列	12000
紧凑型荧光灯	>60	85	全系列	8000
金属卤化物灯	>75	65~92	3000/4500/5600	6000~20000
高压钠灯	>100	23/60/85	1950/2200/2500	24000
低压钠灯	>200		1750	28000
高频无极灯	>60	85	3000~4000	40000~80000

④照明设计时,应尽量减少白炽灯的使用量。一般情况下,室内外照明不应采用普通白炽灯,在特殊情况下需采用时,其额定功率不应超过100W。一般可采用白炽灯的场所为:

- a. 要求瞬时启动和连续调光的场所,使用其他光源技术经济不合理时;
- b. 对防止电磁干扰要求严格的场所;
- c. 开关灯频繁的场所;
- d. 照度要求不高,且照明时间较短的场所;
- e. 装饰有特殊要求的场所;

⑤选择荧光灯光源时,应使用T8荧光灯和紧凑型荧光灯,有条件时,应采用更节电的T5荧光灯。

⑥一般照明场所不宜采用荧光高压汞灯,不应采用自镇流荧光高压汞灯。

⑦在适合的场所应推广使用高光效、长寿命的高压钠灯和金属卤化物灯。

2) 各种节能光源的选用方法。

① 荧光灯的选用。

- a. 荧光灯主要适用于层高4.5m以下的房间,如办公室、商店、教室、图书馆、公共场所等。
- b. 荧光灯应以直管荧光灯为主,并应选用细管径型($d \leq 26\text{mm}$),有条件时应优先选用直管稀土三基色细管径荧光灯(T8、T5),以达到光效高、寿命长、显色性好的品质要求。
- c. 在要求照度相同条件下宜采用紧凑型荧光灯取代白炽灯,取代后的节能效果见表3.2.3-2。

表 3.2.3-2 紧凑型荧光灯取代白炽灯的效果

普通照明白炽灯	由紧凑型荧光灯取代	节电效果	电费节省
100W	25W	75W	75%
60W	16W	44W	73%
40W	10W	30W	75%

d. 双端荧光灯能效限定值及能效等级要求应符合《普通照明用双端荧光灯能效限定值及能效等级》GB 19043—2003的规定;单端荧光灯能效限定值及节能评价要求应符合《单端荧光灯能效限定值及节能评价》GB 19415—2003的规定。

② 金属卤化物灯的选用。

- a. 室内空间高度大于4.5m且对显色性有一定要求时,宜采用金属卤化物灯。
- b. 体育场馆的比赛场地因对照明质量、照度水平及光效有较高的要求,宜采用金属卤化物灯。
- c. 一般照明场所不宜采用荧光高压汞灯,不应采用自镇流荧光高压汞灯,可用金属卤化物灯替代荧光高压汞灯,以取得较好的节能效果,见表3.2.3-3。

表 3.2.3-3 金属卤化物灯替代荧光高压汞灯的节能效果

编号	灯种	功率 (W)	光通量 (lm)	光效 (lm/W)	显色指数 (Ra)	替换方式	照度提高 (%)	节电率或电费节省 (%)
1	荧光高压汞灯	400	22000	55	40	—	—	—
2	金属卤化物灯	250	19000	76	69	1→2	-13.6	37.5
3	金属卤化物灯	400	35000	87.5	69	1→3	37.1	—

- d. 商业场所的一般照明或重点照明可采用陶瓷金属卤化物灯，该灯比石英金属卤化物灯具有更好的显色性、更长的寿命、更高的光效。
- e. 金属卤化物灯的光效和寿命与其安装方式、工作位置有关，应根据工作时照明的水平或垂直位置，选择合适的类型（表 3.2.3-4）。
- f. 光源对电源电压的波动敏感，电源电压变化不宜大于额定值的 10%。
- g. 金属卤化物灯宜按三级能效等级选用。
- h. 除 1500W 以外的规格，产品 2000H 光通维持率不应低于 75%。

表 3.2.3-4 金属卤化物灯初始光效

标称功率 (W)	最低初始光效 (lm/W)		
	1 级	2 级	3 级
175	86	78	60
250	88	80	66
400	99	90	72
1000	120	110	88
1500	110	103	83

③高压钠灯的选用。

- a. 高压钠灯的发光特性与灯内的钠蒸气压有关，标准高压钠灯光效高，显色性较差，适用于显色性无要求的场所；对显色性要求较高的场所，宜选用显色性改进型高压钠灯，见表 3.2.3-5。
- b. 高压钠灯可进行调光，光输出可以调至正常值一半，功耗能减少到正常值的 65%。
- c. 高压钠灯宜按三级能效等级选用，选用要求应符合《高压钠灯能效限定值及能效等级》GB 19573—2004 的规定。
- d. 50W、70W、100W、1000W 的 2000H 光通维持率不应低于 85%，150W、250W、400W 的产品 2000H 光通维持率不应低于 90%。

表 3.2.3-5 高压钠灯初始光效

标称功率 (W)	最低平均初始光效 (lm/W)		
	1 级	2 级	3 级
50	78	68	61
70	85	77	70
100	93	83	75
150	103	93	85
250	110	100	90
400	120	110	100
1000	130	120	108

④发光二极管 LED 的选用:

a. 目前的发光二极管光通量不高, 约在 30 ~ 50lm/W, 价格相对较高, 尚未作为普通照明光源推广, 但其单色性好, 启动时间短, 寿命长, 适用于各种场合的动态照明及颜色变化。

b. 白光 LED, 无红外线及紫外线辐射, 适用于博物馆及展览厅有特殊要求的场所。

2. 节能镇流器的选用。

1) 镇流器选用原则。

①自镇流荧光灯应配用电子镇流器。

②直管形荧光灯应配用电子镇流器或节能型电感镇流器。

③高压钠灯、金属卤化物灯应配用节能型电感镇流器; 在电压偏差较大的场所, 宜配用恒功率镇流器; 功率较小者可配用电子镇流器。

④荧光灯和高强气体放电灯的镇流器分为电感镇流器和电子镇流器, 选用时宜考虑能效因数 BEF :

$$BEF = 100 \times (\mu/P)$$

式中 BEF ——镇流器能效因数 (W^{-1});

μ ——镇流器流明系数值, 是指基准灯与被测镇流器配套工作时的光通量与基准灯与基准镇流器配套工作时的光通量之比;

P ——线路功率 (W)。

⑤各类镇流器谐波含量应符合《低压电气及电子设备发出的谐波电流限值 (设备每相输入电流小于等于 16A)》GB 17625.1—1998 的规定, 无线电骚扰特性应符合《电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法》GB 17743—1999 的规定。

⑥各种规格镇流器自身的功耗见表 3.2.3-6。

表 3.2.3-6 各种镇流器自身的功耗表

光源功率 (W)	镇流器自身消耗的功率 (W)		
	普通型电感	节能型电感	电子型
≤20	8 ~ 10	4 ~ 6	<2
30	9 ~ 12	<4.5	<3
40	8.8 ~ 10	<5	<4
100	15 ~ 20	<11	<10
150	22.5 ~ 27	<18	<15
250	35 ~ 45	<25	<25
400	48 ~ 56	<36	20 ~ 40
	镇流器自身消耗占 灯功率的百分比 (%)	镇流器自身消耗占 灯功率的百分比 (%)	镇流器自身消耗占 灯功率的百分比 (%)
>1000	10 ~ 11	<8	5 ~ 10

2) 镇流器的选用方式。

①宜按能效限定值和节能评价值选用管型荧光灯镇流器, 选用要求参见《管形荧光灯镇流器能效限定值及节能评价值》GB 17896—1999。

a. 各类镇流器能效因数、节能评价值应不小于表 3.2.3-7、表 3.2.3-8 所列数值:

表 3.2.3-7 管型荧光灯镇流器能效限定值

标称功率 (W)		18	20	22	30	32	36	40
BEF	电感型	3.154	2.952	2.770	2.232	2.146	2.030	1.992
	电子型	4.778	4.370	3.998	2.870	2.678	2.402	2.270

表 3.2.3-8 管型荧光灯镇流器节能评价价值

标称功率 (W)		18	20	22	30	32	36	40
BEF	电感型	3.686	3.458	3.248	2.583	2.461	2.271	2.152
	电子型	5.518	5.049	4.619	3.281	3.043	2.681	2.473

b. 36W/40W 荧光灯用电子镇流器与电感镇流器性能的比较见表 3.2.3-9。

表 3.2.3-9 荧光灯用电子镇流器与电感镇流器性能比较表

型号品种	自身功耗 (W)	重量比	价格比	光效比	开机浪涌电流比	电磁干扰 EMI
36W/40W 普通电感镇流器	9	1	1	0.95~0.98	1.5	无
36W/40W 节能电感镇流器	4~5	1.5	0.6	1.02~1.05	1.5	无
36W/40W 国产标准电子镇流器	≤3.5	0.3~0.4	3~4	1.10	10~15 倍	在允许范围内
36W/40W 进口电子镇流器	≤3.5	0.4~0.5	4~7	1.10	8~10 倍	在允许范围内
36W/40W 国产 H 型电子镇流器	≤3.5	0.2~0.4	1.3~1.8	1.10	15~20 倍	有明显干扰、超标

②宜按能效限定值和节能评价价值选用高压钠灯镇流器, 选用要求参见《高压钠灯用镇流器能效限定值及节能评价价值》GB 19574—2004。

各类镇流器能效因数、节能评价价值应不小于表 3.2.3-10 所列数值。

表 3.2.3-10 高压钠灯镇流器能效限定值、节能评价价值

额定功率 (W)		70	100	150	250	400	1000
BEF	能效限定值	1.16	0.83	0.57	0.340	0.214	0.089
	目标能效限定值	1.21	0.87	0.59	0.354	0.223	0.092
	节能评价价值	1.26	0.91	0.61	0.367	0.231	0.095

③宜按能效等级选用金属卤化物灯镇流器，见表 3.2.3-11。

表 3.2.3-11 金属卤化物灯镇流器能效限定值

标称功率 (W)		175	250	400	1000	1500
BEF	1 级	0.514	0.362	0.232	0.0957	0.0640
	2 级	0.488	0.344	0.220	0.0914	0.0611
	3 级	0.463	0.326	0.209	0.0872	0.0582

3. 高效灯具的选用。

1) 灯具的选用原则。

①选择灯具光强空间分布曲线宜采用空间等照度曲线、平面相对等照度曲线。

②灯具分类宜按光通量分布、光束角、防护等级划分。

③灯具的能效应采用灯具的光输出比作为评价标准。

④灯具配光种类的选择。

a. 宜根据不同场所选用不同种类灯具的配光形式，如表 3.2.3-12 所示。

表 3.2.3-12 不同种类灯具的配光性能

类别名称	上半球光通 (%)	配光曲线形状	灯具特点	适用场所
	下半球光通 (%)			
直接型	0	窄中宽	照明效率高 顶棚暗，垂直照度低	要求经济，高效率的场所，适用高顶棚
	100			
半直接型	10	苹果形配光	照明效率中等	适用于要求创造环境氛围的场所，经济性较好
	90			
扩散型	40	梨形配光	增加天棚亮度	
	60			
	60			
	40			
半间接型	90	元宝形配光	要求室内各表面有高的反射	
	10			
间接型	100	凹字形 心字形	效率低，环境光线柔和，室内反射影响大	适用创造气氛，具有装饰效果反射型的吊灯、壁灯
	0			

b. 直接配光灯具射出的光通量应最大限度地落到工作面上，即有较高的利用系数，宜根据室空比 RCR 选择配光曲线，如表 3.2.3-13 所示。

⑤灯具效率及保护角选择。

a. 灯具反射器的反射效率受反射材料影响较大，常用反射材料的反射特性见表 3.2.3-14。

表 3.2.3-13 根据室空比 RCR 选择配光曲线

室空比 RCR	选用灯具的最大允许距高比 L/H	配光种类
1~3	1.5~2.5	宽配光
3~6	0.8~1.5	中配光
6~10	0.5~1.0	窄配光

表 3.2.3-14 灯具常用反射材料的反射特性表

反射材料		反射率 (%)	吸收率 (%)	特 性
镜面反射	银	90~92	8~10	亮面或镜面材料, 光线入射角等于反射角
	铬	63~66	34~37	
	铝	60~70	30~40	
	不锈钢	50~60	40~50	
定向扩散反射	铝(磨砂面, 毛丝面)	55~58	42~45	磨砂或毛丝面材料, 光线朝反射方向扩散
	铝漆	60~70	30~40	
	铬(毛丝面)	45~55	45~55	
	亮面白漆	60~85	15~40	
漫反射	白色塑料	90~92	8~10	亮度均匀的雾面, 光线朝各个方向反射
	雾面白漆	70~90	10~30	

b. 灯具格栅的保护角对灯具的效率和光分布影响很大, 保护角 20°~30°时, 灯具格栅效率 60%~70%; 保护角 40°~50°时, 灯具格栅效率 40%~50%。

c. 灯具的光输出比应满足以下要求:

- 采用直接照明的直管荧光灯时, 所选灯具的光输出比应符合如下的规定: 敞开式不小于 75%, 透明棱镜不小于 65%, 漫射不小于 55%; 格栅灯具, 双抛物面不小于 60%, 铝片不小于 65%, 半透明塑料不小于 50%, 不得采用镜面不锈钢板制作格栅和反射器;

- 采用间接照明时, 所选灯具的光输出比不应小于 80%;

- 采用直接照明的高效气体放电灯时, 出光口敞开的灯具光输出比不应小于 75%; 有格栅或面板的灯具光输出比不应小于 60%;

- 采用光束角大于 30°的投光灯时, 所选灯具的光输出比应大于 30%。

⑥高保持率灯具的采用。高保持率灯具指运行期间光源光通下降较少、灯具老化污染现象较少的灯具。

a. 高压钠灯, 寿终光通量约降低 17%; 金属卤化物灯, 寿终光通量约降低 30%;

b. 灯具宜采用石英玻璃涂层降低氧化腐蚀率;

c. 环境污染较大的场所宜采用活性炭过滤器, 提高灯具使用效率。

3.2.4 室内照明的节能设计。

1. 室内照明节能设计的原则。

1) 在照度标准值的选取时, 应根据不同场所的不同功能要求和不同的标准要求选取合适的照度标准值。公共建筑照明标准值应符合《建筑照明设计标准》GB 50034—2004 第 5 章节的相关规定。

2) 公共建筑室内照明功率密度值不应大于表 3.2.2-2~3.2.2-6 的规定。

3) 选用高效节能的光源和灯具 (包括镇流器)。

①照明光源应以高光效荧光灯为主要光源, 其中包括稀土三基色 T8、T5 荧光灯和紧凑型荧光灯。设计时应优先选用直管型稀土三基色 T8、T5 荧光灯和紧凑型荧光灯。

②镇流器应符合该产品的国家能效标准, 自镇流荧光灯应配电子镇流器, 直管型荧光灯应配电子镇流器或节能型电感镇流器。

③在满足眩光限制和配光要求条件下, 应选用效率高的灯具。

2. 设计方法:

1) 光源与灯具。

①办公建筑一般应以荧光灯灯具为主。有空调的房间, 在条件允许时宜采用照明与空调一体化灯具。

②商场营业厅、超市等的照明光源一般以直管形荧光灯和紧凑型 (节能) 荧光灯为主, 有时也采用小功率的金属卤化物灯, 有特殊照明要求的场合则辅之以一定数量的卤钨灯和陶瓷金属卤化物灯。对于高大顶棚的售货厅或者入口大厅等场所, 宜采用高强气体放电灯, 如金属卤化物灯等。

高强气体放电灯灯具的效率, 应满足表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 高强气体放电灯灯具的效率

灯具出光口形式	开敞式	格栅或透光罩
灯具效率 (%)	75	60

③宾馆、酒店建筑由于功能复杂, 不同场所对光源的要求也不同。具体可归纳为:

- a. 客房宜以暖色的节能灯为主;
- b. 大堂、多功能厅、餐厅等处应采用节能灯作为主要光源;
- c. 有调光要求的如多功能厅等可采用节能灯、卤钨灯、白炽灯相结合的光源。

④设备机房、车库等应优先选用直管型三基色 T8 荧光灯。

2) 照明方式。根据不同场所的照度要求适当采用分区一般照明、局部照明、重点照明等多种方式, 保证照明质量, 节约用电。

3) 照明控制方式。

①可根据天然光的照度变化, 决定照明点亮的范围, 靠外墙窗户一侧的照明灯具宜能单独控制。

②根据照明使用的特点和时段采取分区分时控制方式, 并适当增加照明开关点。

③不同场所应采用适当的节电开关, 如定时开关、接近式开关、调光开关、光控开关、声控开关等。

宾馆客房应设节电钥匙开关, 人离开房间时延时切断除冰箱和电脑外的其他电源。

④走廊、电梯前室、楼梯间及公共部位的灯光控制可采取定时控制、集中控制及调光和声光控制等方式。有 BA 系统的, 可纳入 BA 系统进行集中管理, 条件允许的还可以采用智能灯光控制系统进行更全面、更灵活的节能控制。

⑤门厅、会议室、多功能厅和要求比较高的办公室等, 可采用智能灯光控制系统进行多场景控制和调光控制。

⑥对建筑形式和经济条件许可的公共建筑, 还宜随室外天然光的变化自动调节室内照度, 或利用各种导光和反光装置如光导管等将天然光引入室内进行照明。

3.2.5 室外照明的节能设计。

1. 室外照明节能设计的原则。

1) 光源的选择。

①居住区道路、公建周围道路及庭院照明、景观照明一般首选小功率金属卤化物灯，次选紧凑型荧光灯和细管径荧光灯，一般情况下不选用白炽灯。

②建筑物立面照明的外照明一般选用金属卤化物灯或高压钠灯；建筑物立面照明的内光外透照明可选用细管荧光灯。建筑物轮廓照明可选用5~9W紧凑型荧光灯或高效的发光二极管、LED灯带等。

2) 灯具的选择。

①在满足眩光限制条件下，应优先选用效率高的灯具。一般情况下首选敞开式直接型照明灯具，不宜选用带保护罩的包合式灯具，因前者的效率比后者的效率高20%~40%。

②根据不同的现场状况、功能要求，选择光利用系数高的灯具。

③应选用具有光通量维持率高的灯具：

- a. 选用石英玻璃涂膜的灯具反射罩和保护罩、镀过红外反射膜或经过阳极氧化处理的铝反射罩；
- b. 选用镀过光触媒膜的灯具反射罩或保护罩；
- c. 选用加装了活性炭过滤器的灯具。

3) 电器附件的选择。

①镇流器的选择：优先选用自身功耗小、寿命长、可靠性好、温升小、性价比高的镇流器。

②电容补偿器的选择：应根据使用条件采取集中或分散电容补偿措施，以提高照明系统的功率因数。

4) 室外照明系统节能控制器的选择。

①可控硅降压型照明节电装置。

优点：电压调节速度快，精度高，可分时段实时调整，且相对来讲体积小、设备轻、成本低。

缺点：出现大量谐波，对电网形成谐波污染，尤其不能用于有电容补偿的电路中。

②自耦降压式节电装置。

优点：结构、功能简单，可靠性较高。

缺点：当电网电压波动时，自耦变压器输出的电压也会上下波动，无法保证照明的工作电压处于稳定状态。

③智能照明控制器。

优点：智能照明控制器不仅具有上述两类产品的优点并克服了以上缺点，还增加了许多实用功能和设备，提高了整体的安全可靠性能。

缺点：成本高于前两种产品。

5) 控制方式。建筑物夜间景观照明和室外照明宜采用集中遥控的控制方式，并可通过人工分时段控制和通过线路设计分区域控制。有BA系统或智能灯光控制系统的也可以通过这些系统进行多场景、多时段的自动控制，或者通过定时开关、光控开关等进行自动控制。

2. 景观照明的节能设计。

由于我国尚无城市景观照明的专业设计标准，建筑物夜间景观照明的照度值可参照《民用建筑电气设计规范》JGJ/T 16—92或国际照明委员会（CIE）推荐的照度标准值；建筑物立面夜景照明单位面积安装功率可参照表3.2.5选取。

表 3.2.5 建筑物立面夜景照明单位面积安装功率

立面放射比 (%)	暗背景		一般背景		亮背景	
	照度 (lx)	安装功率 (W/m ²)	照度 (lx)	安装功率 (W/m ²)	照度 (lx)	安装功率 (W/m ²)
60~80	20	0.87	35	1.53	50	2.17
30~50	35	1.53	65	2.89	85	3.78
20~30	50	2.21	100	4.42	150	6.63

3.3 照明控制

3.3.1 要点。

1. 应根据建筑物的建筑特点、建筑功能、建筑标准、使用要求等具体情况，对照明系统进行分散、集中、手动、自动，经济实用、合理有效的控制。

1) 建筑物功能照明的控制。

① 体育场馆比赛场地应按比赛要求分级控制，大型场馆宜做到单灯控制。

② 候机厅、候车厅、港口等大空间场所应采用集中控制，并按天然采光状况及具体需要采取调光或降低照度的控制措施。

③ 影剧院、多功能厅、报告厅、会议室及展示厅等宜采用调光控制。

④ 博物馆、美术馆等功能性要求较高的场所应采用智能照明集中控制，使照明与环境要求相协调。

⑤ 宾馆、酒店的每间（套）客房应设置节能控制开关。

⑥ 大开间办公室、图书馆、厂房等宜采用智能照明控制系统，在有自然采光区域宜采用恒照度控制，靠近外窗的灯具随着自然光线的变化，自动点燃或关闭该区域内的灯具，保证室内照明的均匀和稳定。

2) 走廊、门厅等公共场所的照明控制。

① 公共建筑如学校、办公楼、宾馆、商场、体育场馆、影剧院、候机厅、候车厅和工业建筑的走廊、楼梯间、门厅等公共场所的照明，宜采用集中控制，并按建筑使用条件和天然采光状况采取分区、分组控制措施。

② 住宅建筑等的楼梯间、走道的照明，宜采用节能自熄开关，节能自熄开关宜采用红外移动探测加光控开关，应急照明应有应急时强制点亮的措施。

③ 旅馆的门厅、电梯大堂和客房层走廊等场所，采用夜间定时降低照度的自动调光装置。

④ 医院病房走道夜间应采取能关掉部分灯具或降低照度的控制措施。

3) 道路照明和景观照明的控制。

① 道路照明应根据所在地区的地理位置和季节变化合理确定开关灯时间，并应根据天空亮度变化进行必要修正，宜采用光控和时间控制相结合的智能控制方式。

② 道路照明采用集中遥控系统时，终端应具有在通信中断的情况下自动开关的控制功能，在采用光控、程控、时间控制等智能控制方式时，应具有手动控制功能。同一照明系统内的照明设施应分区或分组集中控制。

③ 道路照明采用双光源时，在“深夜”应能关闭一个光源；采用单光源时，宜采用恒功率及功率转换控制，在“深夜”能转换至低功率运行。

④ 景观照明应具备平日、一般节日、重大节日开灯控制模式。

2. 应根据照明部位的灯光布置形式和环境条件选择合适的照明控制方式。

1) 房间或场所装设有两列或多列灯具时，宜按下列方式分组控制：

- ①所控灯列与侧窗平行；
- ②生产场所按车间、工段或工序分组；
- ③电化教室、会议厅、多功能厅、报告厅等场所，按靠近或远离讲台分组。

2) 有条件的场所，宜采用下列控制方式：

- ①天然采光良好的场所，按该场所照度自动开关灯光或调光；
- ②个人使用的办公室，可采用人体感应或动静感应等方式自动开关灯。

3) 对于小开间房间，可采用智能化面板开关控制，每个照明开关所控光源数不宜太多，每个房间的开关数不宜少于2个（只设置1只光源的除外）。

3. 功能复杂、照明环境要求较高的建筑物，宜采用专用智能照明控制系统，该系统应具有相对的独立性，宜作为BA系统的子系统，应与BA系统有接口。建筑物仅采用BA系统而不采用专用智能照明控制系统时，公共区域的照明宜纳入BA系统控制范围。

大中型建筑，按具体条件采用集中或分散的、多功能或单一功能的自动控制系统；高级公寓、别墅宜采用智能照明控制系统。

4. 应急照明应与消防系统联动，保安照明应与安防系统联动。

3.3.2 智能照明控制系统。

1. 系统功能。

1) 智能照明控制系统是全数字、模块化、分布式总线型控制系统，将控制功能分散给各功能模块，中央处理器、模块之间通过网络总线直接通信，可靠性高，控制灵活。

2) 系统根据某一区域的功能、每天不同时间的用途和室外光亮度自动控制照明。并可进行场景预设，由BA系统或分控制器通过调光模块、调光器自动调用。

3) 照明控制系统分为独立子网式、特定于房间或大型的联网系统。

4) 联网系统具有标准的串行端口，可以容易地集成到BA系统的中央控制器，或与其他控制系统组网。

2. 应用范围。智能照明控制系统可对白炽灯、荧光灯等多种光源调光，对各种场合的灯光进行控制，满足各种环境对照明控制的要求。

3. 系统组成。由调光模块、开关模块、控制面板、液晶显示触摸屏、智能传感器、PC接口、监控计算机（大型网络需网桥连接）、时钟管理器、手持式编程器等部件组成。

所有单元器件（除电源外）均内置微处理器和存储单元，由信号线（双绞线或光纤等）连接成网络。每个单元均设置唯一的单元地址并用软件设定其功能，通过输出单元控制各照明回路负载。

1) 智能照明控制系统框图，见图3.3.2-1。

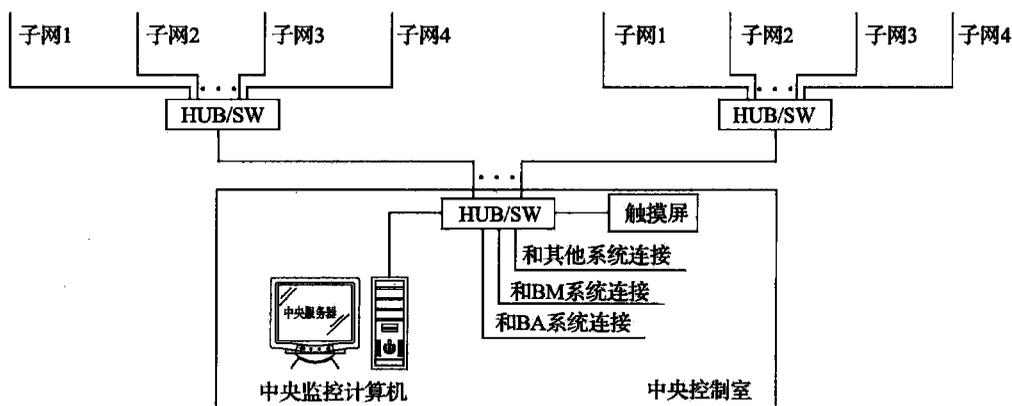


图 3.3.2-1 大型照明控制系统框图

2) 智能照明控制系统接线示意, 见图 3.3.2-2。

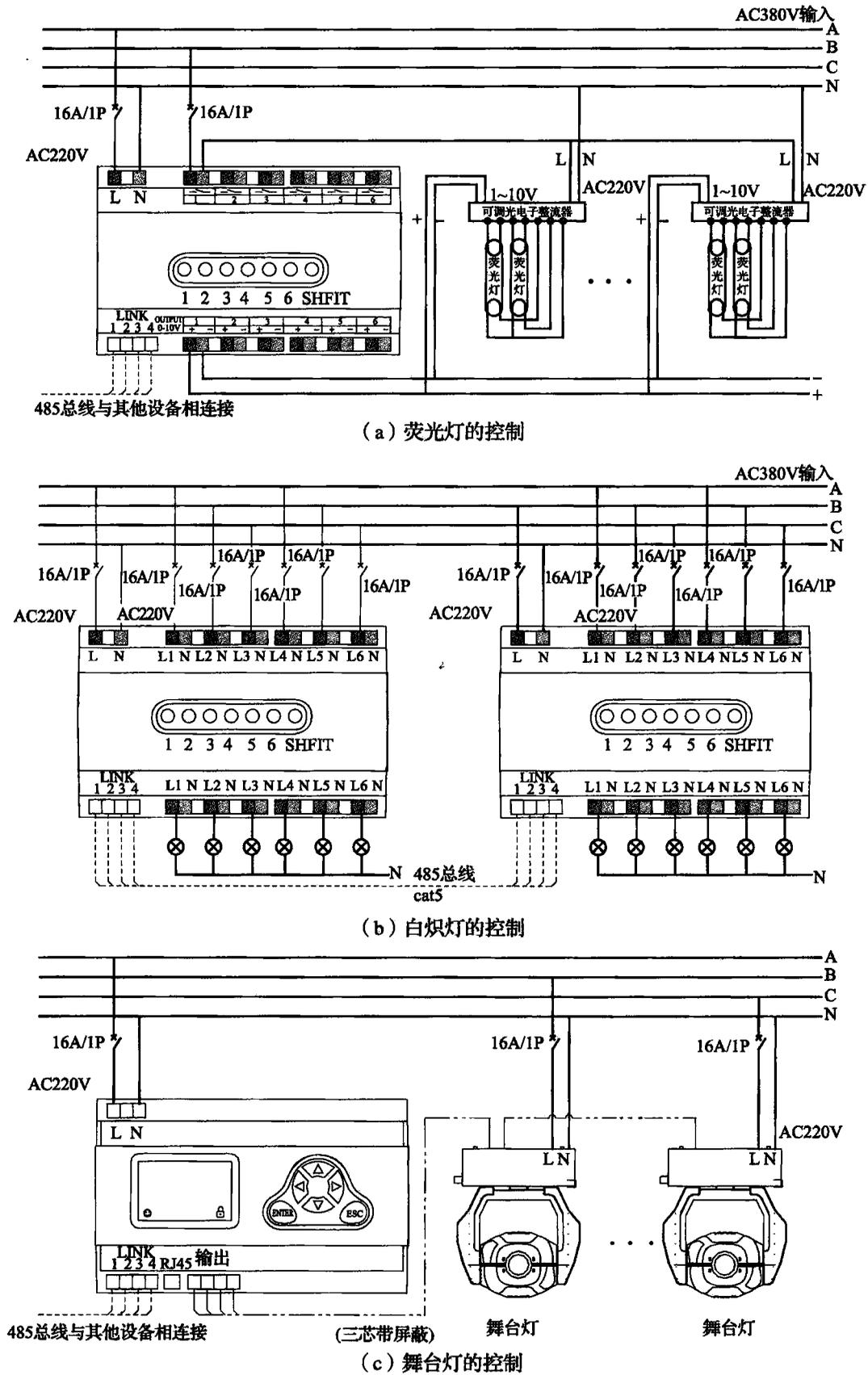


图 3.3.2-2 照明控制系统

3) 传输方式。照明控制系统数据传输方式在国际上尚无统一的标准,目前主要有光纤传输方式、双绞线传输方式、电力载波传输方式和无线射频传输方式等。这四种传输方式的数据传输速率、传输的可靠程度有较大区别,基本特点和适用范围见表 3.3.2-1。

表 3.3.2-1 数据传输方式的特点和适用范围

传输类型	特 点	适用范围
光纤传输方式	由光纤传输信息,需单独敷设线路。 光纤具有传输速率高、抗干扰性强、防雷击,误码率低以及敷设方便等优点	适用于新建、 扩建的工程
对绞线 传输方式	以一根五类数据通信线(四对对绞线)传输信息,需单独敷设线路。 (1) 软硬件协议完全开放、功能完善,通用性好; (2) 线路两端变压器隔离,抗干扰性强,防雷性能好; (3) 速度快、网络速度可达到数千兆,双向,可传输高速的反馈信息; (4) 系统容量几乎无限制,不会因系统增大而出现不可预料的故障; (5) 作为信息传输介质,有大量成熟的通用的设备可以选用	
低压电力载 波传输方式	利用电力线传输信息,不用单独敷设线路。 由于受电力线中电流波动的影响,数据传输速率及数据传输的可靠性可能受到较大影响。当监控设备过多时,数据传输的不可靠可能会导致系统瘫痪	适用于新建、 扩建的工程,特 别适用于改造的 工程
无线射频 传输方式	利用无线射频传输信息,室内无需布线,施工简单,可以节省施工的投资。 无线射频的工作频率应符合 IEEE802.11b 标准要求	

4) 功能模块的类型及作用,见表 3.3.2-2。

表 3.3.2-2 功能模块的类型和作用

模块类型	作 用
调光模块	模块的基本原理是由微处理器(CPU)控制可控硅的开启角大小,从而控制输出电压的平均幅值,调节光源的亮度
开关模块	模块的基本原理是由继电器输出节点控制电源的开关,从而控制光源的通断
输入模块	输入模块的基本原理是接受控制信号
控制面板	控制面板是供人直观操作控制灯光场景的部件,它是由微处理器进行控制的,可以通过编程完成各种不同的控制要求。微处理器识别输入键符,进行处理后向通信线上发出控制信息,去控制相应的调光模块或开关模块,对光源进行调光控制或开关控制
传感器接口模块	用于连接照度探测、存在探测、移动探测等传感器
时间管理模块	时钟能与控制系统 RS485 网上所有设备互相接口,实现自动化任务和事件控制。它可用于能源管理控制器或为日/周预置时间选择场景
照明管理软件	可监控分布式照明控制系统的应用软件

4. 智能照明控制方式。智能照明常用控制方式一般有场景控制、集中控制、群组组合控制、定时控制、光感探头控制、就地控制、远程控制、图示化监控、应急处理、日程计划安排等。其主要功能

及应用场所如下:

1) 场景控制: 用户预设多种场景, 按动一个按键, 即可调用需要的场景。多功能厅、会议室、体育场馆、博物馆、美术馆、高级住宅等场所常采用此种方式。

2) 群组组合控制: 一个按钮, 可设定对多个配电箱(跨区)中的照明回路进行开关控制, 即一键可控制整个场所的照明开关。

3) 定时控制: 根据预先设定的时间, 触发相应的场景, 使其打开或关闭。适用于地下车库等大面积场所。

4) 天文时钟: 输入当地的经纬度, 系统自动推算出当天的日出日落时间, 根据这个时间来控制照明场景的开关。特别适用于夜景照明、道路照明。

5) 光感探头控制: 根据光感探头探测到的照度, 控制照明场所内相关灯具的开启或关闭。常在写字楼、图书馆等场所应用, 靠近外窗的灯具可采用光感控头, 根据天然光的亮度进行开关, 以节约用电。

6) 就地控制: 一般情况下, 控制过程自动进行, 在某些情况下, 可使用控制面板来强制调用需要的照明场景模式。

7) 远程控制: 通过互联网(Internet)对照明控制系统进行远程监控, 能实现:

①对系统中的各个照明控制箱的照明参数进行设定、修改;

②对照明状态进行监视、控制。

8) 图示化监控: 用户可以使用电子地图功能, 对整个控制区域的照明进行直观的控制。可将整个建筑的平面图输入系统中, 并用各种不同的颜色来表示该区域当前的状态。

9) 应急处理: 在接收到安保系统、消防系统的警报后, 能自动将指定区域照明全部打开。

10) 日程计划安排: 可设定每天不同时间段的照明场景状态, 并将场景调用情况记录、打印输出, 方便管理。

3.3.3 智能照明控制系统的应用示例。

1. 酒店。

1) 大堂。大堂的灯光一般均由智能照明控制系统自动控制管理, 系统根据大堂运行时间自动调整灯光效果。

在接待区安装可编程控制面板, 根据接待区域各种功能特点和不同的时间段, 一般预设4种或8种灯光场景; 工作人员也可进行手动编程, 方便地选择或修改灯光场景。

系统应充分利用自然光, 实现日照自动补偿。当天气阴沉或夜幕降临, 大堂的大吊灯及主照明将逐渐自动调亮; 当室外阳光明媚, 系统将自动调暗灯光, 使室内保持要求的亮度, 同时, 可延长灯具寿命2~4倍, 可保护昂贵的水晶吊灯和难安装区域的灯具。

2) 西餐厅、酒吧厅、咖啡厅。西餐厅、酒吧厅、咖啡厅等一般采用多种可调光源, 通过智能化控制使之始终保持最柔和、最优雅的灯光环境。可分别预设4种或8种灯光场景, 也可由工作人员进行手动编程, 方便地选择或修改灯光场景。

在厅内或需分割的包房内安装可编程控制面板, 可预设4种或8种场景, 也可由工作人员通过可编程控制面板, 方便地选择或改变灯光的场景。

3) 宴会厅。宴会厅一般需预设多种灯光效果场景, 以适应不同场合的灯光需求, 并可配备遥控器, 供值班经理等使用遥控器远距离控制大型宴会厅的灯光效果。

4) 中餐厅。大型中餐厅可利用智能照明控制系统的固有功能, 随意分割或合并控制区域, 方便控制及调整就餐空间。

5) 会议室。会议室是酒店的一个重要组成部分, 采用智能化控制系统对各照明回路进行调光控

制,实现预先设定的多种灯光场景,使得会议室在不同的使用场合都能具有合适的灯光效果。工作人员还可以根据需求,选择手动或自动的定时控制。

会议室的灯光控制系统宜与投影设备相连,当需要播放投影时,灯光能自动地缓慢地调暗;关掉投影仪后,灯光又会自动地柔和地调亮到合适的效果。

6) 地下车库。车库照明平时一般由中央控制主机控制,处于自动控制状态。车辆进出繁忙时,照明全开。白天,由于有日光,可适当降低照度,降低能耗。车辆较少时只开车道灯,如需观察车辆,可就地开启局部照明,经延时后关闭。停车区域采用智能移动探测传感器,当有人或车移动时开启相应的局部照明,车停好后或人、车离开后延时关闭。当有车移动时可以通过主机显示出来。方便保安和管理人员的管理。

一般还在车库入口管理处内安装控制面板开关,手动控制车库的照明灯光。

2. 体育场馆。

主赛场照明应设置多种亮灯模式,例如“业余训练”、“国内比赛”、“国际比赛”、“TV 转播国内比赛”、“TV 转播国际比赛”等任意亮灯模式,应能根据需要灵活地实现各种比赛要求。观众席也宜实现多种不同的灯光场景。

系统需能自动调节各种场地灯光开启的先后顺序,避免由于同时点亮而引起的启动大电流冲击供电系统。

系统操作应简单、直观,使用者只需在控制面板上操作按键,就能自动进入该键对应的预置状态。

系统一般设置多地控制操作点,灯控室能控制主场地和观众席的灯光,场地便于操作处能控制“业余训练”等平时运营需要的灯光。

3. 写字楼(办公区)。

采用智能化控制系统后,可使照明系统工作在全自动状态。通过配置的“智能时钟管理器”预先设置若干基本工作状态,通常为“白天”、“晚上”、“清扫”、“安全”、“周末”、“午饭”等,根据预设定的时间自动的在各种状态之间切换。

各个办公室都应配有手动控制面板,可以随时调节房间的工作状态和合适的灯光效果。

4. 影剧院。

电影院和剧场应利用智能控制系统预先存储的场景及时和方便的调用灯光效果,以适应不同场合的灯光需求,供工作人员任意选择。

工作人员可通过可编程控制面板或遥控器按键调用所需的某一灯光场景。

在灯光控制室、放映室或舞台侧宜配备液晶显示控制器,工作人员通过操作控制器控制每路灯光,随时存储和调用各种灯光场景。

3.4 天然光的利用

3.4.1 要点。

1. 为了在建筑照明设计中贯彻国家的节能法规和技术经济政策,实施绿色照明,宜利用各种技术措施将天然光引入室内进行照明。

2. 应根据工程的地理位置、日照情况进行经济、技术比较,合理的选择导光或反光装置。对日光有较高要求的场所宜采用主动式导光系统;一般场所可采用被动式导光系统。

3. 采用天然光导光或反光系统时,必须同时采用人工照明措施,人工照明的设计和安装应遵循国

家及行业相关标准和规范。天然光导光、反光系统只能用于一般照明，不可用于应急照明。

4. 当采用天然光导光或反光系统时，宜采用照明控制系统对人工照明进行自动控制，有条件可采用智能照明控制系统对人工照明进行调光控制。当天然光对室内照明达不到照度要求时，控制系统自动开启人工照明，直到满足照度要求。

3.4.2 天然光导光系统。

1. 天然光导光系统主要由采光部分、导光部分、照明器及其附件、配件等组成，见图 3.4.2-1。

2. 当采用天然光导光系统时，应避免将采光部分布置于阴影区内。

3. 天然光导光系统导光管内径应按 250mm、350mm、450mm、550mm、800mm、1100mm、1500mm、2000mm、2500mm 分级。不宜采用矩形、梯形、多边形断面的导光管。

4. 天然光导光系统的反射材料反射率不宜低于 95%。

5. 照明设计时可按下列条件选择天然光导光系统：

1) 高度较低房间，如办公室、教室、会议室及地下停车场宜采用中小管径的导光系统；

2) 高度较高的房间，如体育馆比赛厅、展览馆展厅等宜采用大中管径的导光系统；

3) 高度较高的工业厂房，应按照生产使用要求，采用大管径导光系统。

6. 宜减少天然光导光系统的长度和转弯次数，并符合下列规定：

1) 小管径的导光系统长度不宜大于 3m；

2) 高照度场所宜采用大管径导光系统；

3) 导光系统弯头不宜超过 2 个。

7. 天然光导光系统照度可按图 3.4.2-2 各图进行估算。

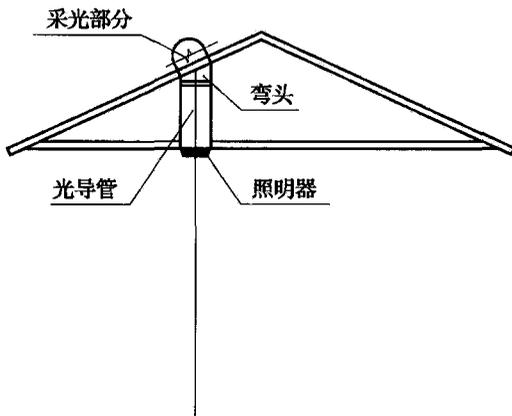
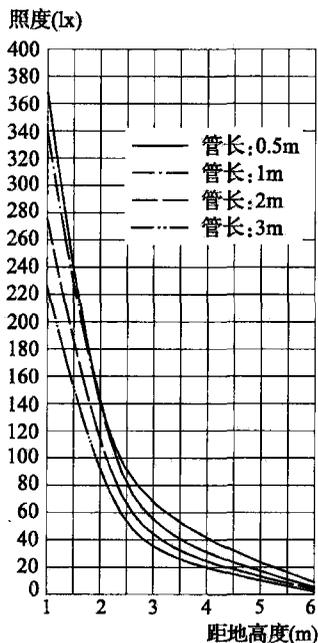
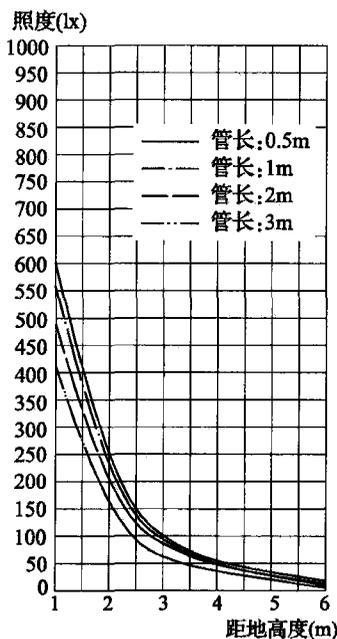


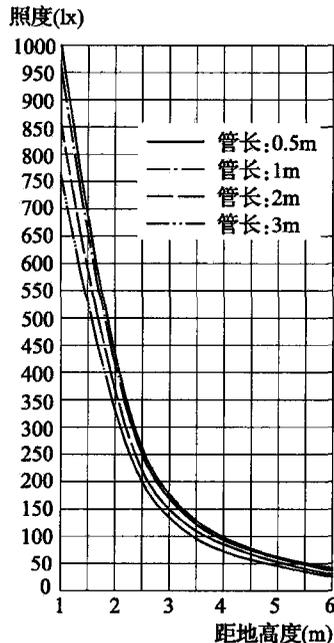
图 3.4.2-1 天然光导光系统的构成



(a) 内径为250mm



(b) 内径为350mm



(c) 内径为450mm

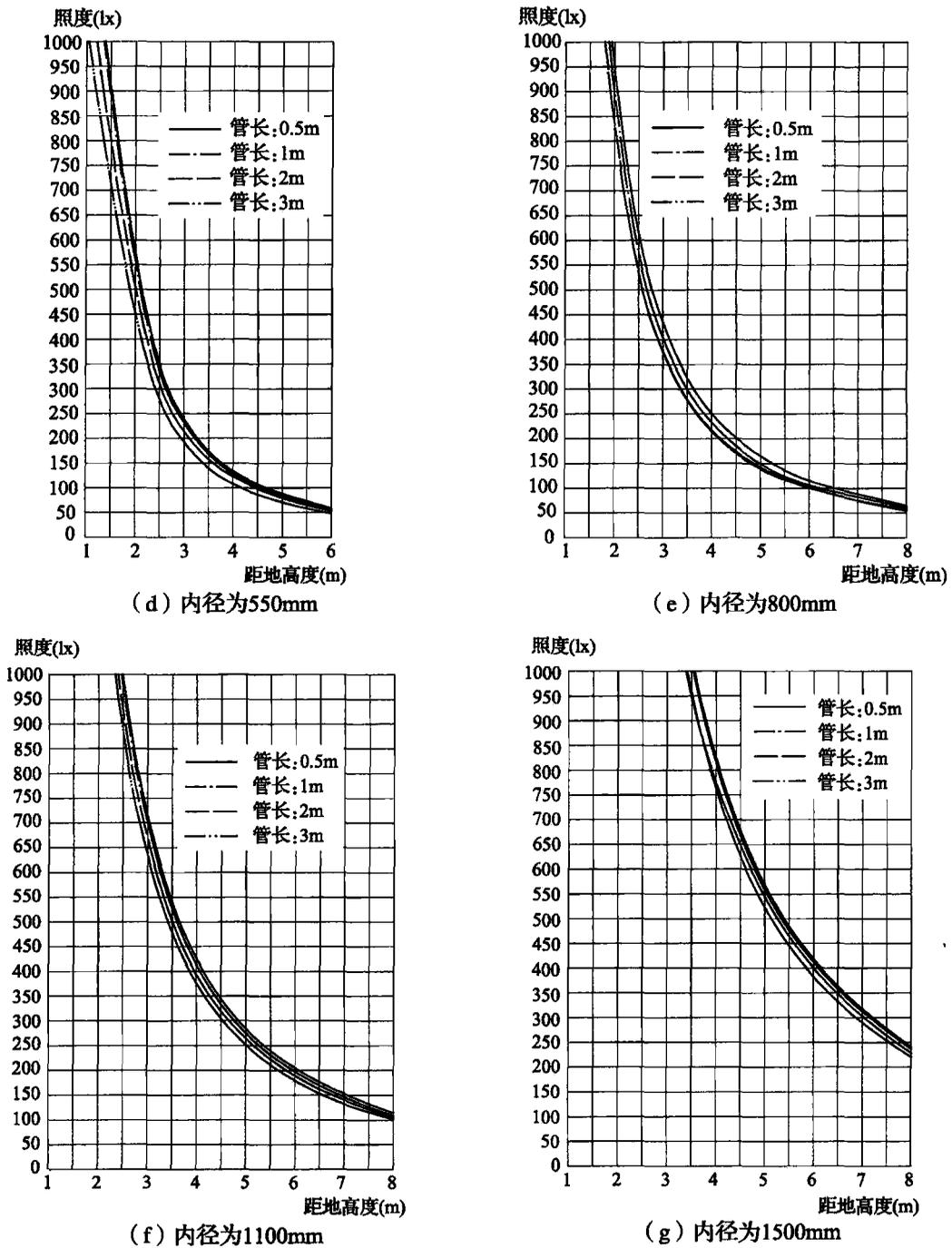


图 3.4.2-2 导光系统照度计算图表

注：室外照度为 25000lx，材料反射率为 95%。

8. 导光系统的布置宜根据建筑物特点、照明要求等因素综合考虑，当照度要求均匀、且层高较高时，宜采用水平布置；一般情况下应采用垂直布置。

1) 当导光系统采用水平布置时，宜采用吸顶安装或吊装，并尽量均匀布置，相邻两导光管之间的距离应根据导光管的管径、长度、安装高度等因素确定，但不宜大于安装高度的 1.5 倍，以获得均匀照明，见图 3.4.2-3。

即

$$S \leq 1.5H$$

式中 S ——导光管的间距 (m)；

H ——导光管的距地高度 (m)。

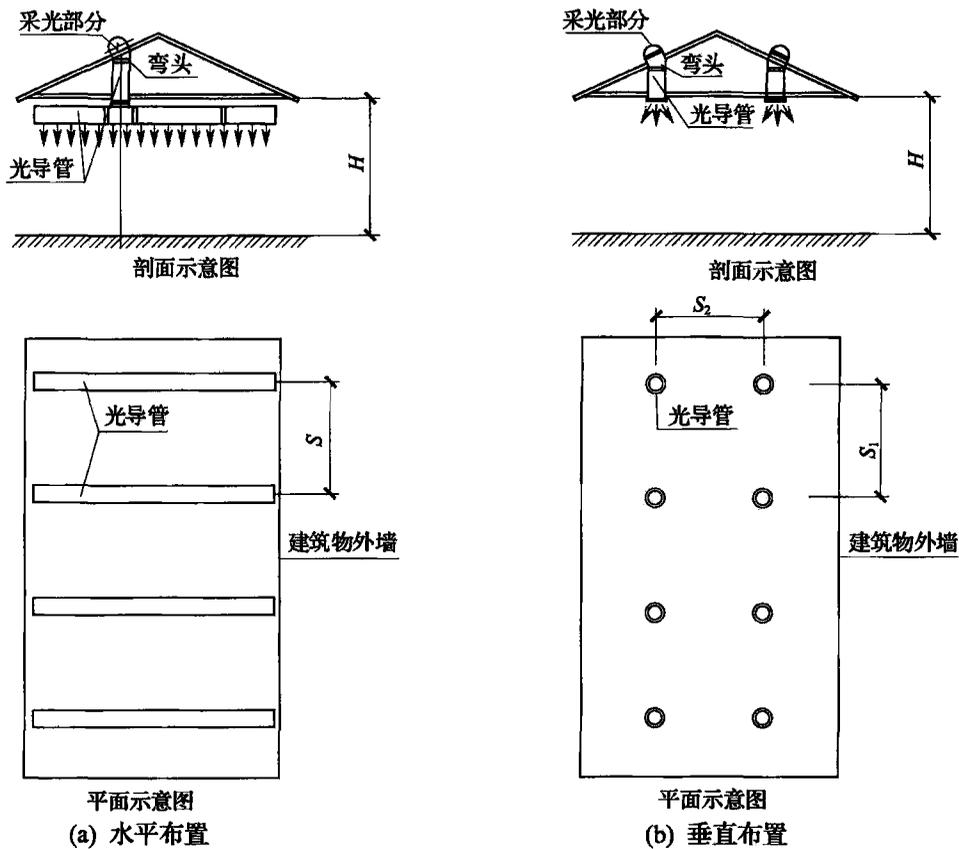


图 3.4.2-3 导光管水平布置示意图

2) 当导光管采用垂直布置时, 其端部发光用于照明, 此时相当于点光源。导光管垂直布置宜遵循如下原则:

- ①符合本条第 2、6 款的规定;
- ②尽可能以最近的路径到达室内;
- ③可以与吊顶结合进行布置;
- ④照明器宜均匀布置, 当有特殊需要时, 也可进行非均匀布置;
- ⑤相邻照明器的间距应根据配光曲线确定, 按表 3.4.2 布置照明器。

表 3.4.2 直接型照明器最大允许距离比

分类名称	距离比 S/H	1/2 照明角
特深照型	$S/H \leq 0.5$	$\theta \leq 14^\circ$
深照型 (狭照型、集照型)	$0.5 < S/H \leq 0.7$	$14^\circ < \theta < 19^\circ$
中照型 (扩散型、余弦型)	$0.7 < S/H \leq 1.0$	$19^\circ < \theta < 27^\circ$
广照型	$1.0 < S/H \leq 1.5$	$27^\circ < \theta < 37^\circ$
特广照型	$1.5 < S/H$	$37^\circ < \theta$

3.4.3 其他。

1. 除特殊需要, 导光部件不宜采用光导纤维。
2. 天然光导光或反光系统应通过国家权威部门检测。

4 建筑设备的电气节能

4.1 一般规定

- 4.1.1** 建筑设备的节能设计，应满足监控对象的工艺要求和《全国民用建筑工程设计技术措施——电气》第15章的规定。
- 4.1.2** 节能措施应根据建筑功能、系统类型、运行数据等通过技术经济比较确定。
- 4.1.3** 本章所述的建筑设备主要包括：空调系统设备、给排水系统设备及电动机、电梯以及门窗类等设备。
- 4.1.4** 空调系统和给排水系统的节能控制是基于建筑设备监控系统的监测、控制功能实现的，确定控制方案时应挖掘系统潜能，提高节能效果。
- 4.1.5** 在工程设计中设备配套的电动机一般由工艺选择，合理选择电动机，为减少能耗，电气专业应与工艺人员配合协调。
- 4.1.6** 电梯一般是成套定型设备，电气专业只实现供电要求，随着建筑物高度、面积、人流量的增加，电梯控制工艺的程序化、智能化，在供电系统、控制方式等方面都应考虑节能措施。
- 4.1.7** 随着建筑物功能要求的提高，建筑门、窗的控制也向自动化、智能化发展，其控制要求与控制精度不仅需要满足建筑物的整体要求，而且将影响对自然光、室外冷热量的有效应用，实现节能效果。

4.2 空调系统

4.2.1 要点。

1. 冷冻水、冷却水及热交换器系统。

- 1) 监测冷水机组或热交换器、阀门、水泵、冷却塔风机等设备状态、供回水的温度、压差及流量。
- 2) 控制冷水机组、水泵、冷却塔风机等设备的启停及投入的运行台数，在条件允许时，进行调速控制。

2. 通风及空气调节系统。

- 1) 监测空调和新风机组等设备的风机状态、空气的温湿度、CO₂浓度等。
- 2) 控制空调和新风机组等设备的启停、变新风比焓值控制和变风量时的变速控制。
3. 中央空调变流量系统。该系统是对制冷机房的空调设备进行集中节能控制，是一套完整的节能控制系统。采用模糊控制和变频技术，主要由变流量控制器将定流量系统转变为变流量控制系统。

4.2.2 冷冻水及冷却水系统。

1. 当技术可靠、冷水机组自身控制条件允许时，宜对冷水机组出水温度进行优化设定。
2. 冷水机组的冷水供、回水设计温差不应小于5℃。在技术可靠、经济合理时，宜将运行参数和控制参数作相应调整，加大冷水供、回水温差，减少流量，实现节能。
3. 间歇运行的空气调节系统，宜采用按预定时间进行最优启、停等节能控制方式。

4. 根据冷冻水供、回水温差及流量值, 自动监测建筑物实际消耗冷量 (包括冷量的瞬时值和累积值), 优化设备运行台数和运行顺序的控制。

5. 采用空调变流量系统时, 变速泵不宜采用流量作为被控参数。

6. 当空调变流量系统采用变速泵时, 供、回水总管上不宜设置旁通电动阀。

7. 当空调水系统末端设备采用电动三通阀时, 空调水系统不应设置压差旁通控制。

8. 一次泵系统。

1) 冷水机组的运行台数选择 (见图 4.2.2-1):

①对于规模较小、负荷侧流量变化不大的工程, 可根据回水温度 (或供、回水温差) 调节机组运行台数, 调节方式为自动监测、手动操作。

②对于规模较大、负荷侧流量变化较大、自动化程度要求较高的工程, 应优先确定采用冷量控制机组的运行台数, 设计时应给出分台数控制的边界条件。

③冷水机组及相关设备应有相应的启、停联锁。

2) 冷冻水泵的运行台数选择。与冷水机配套的水泵通常采用一机对一泵, 冷冻水泵运行台数也可根据冷量变化确定。

3) 冷冻水泵变频调节控制。

①在经过包括设备的适应性、控制系统方案等技术论证后, 在确保系统安全可靠且具有较大节能潜力和经济性的前提下, 可采用与控制设备相适应的变频调节控制方式, 并与采用变速调节控制的冷水机组的频率相协调。

②根据供、回水压差控制冷冻水泵的转速。对于具有陡降型特性曲线的水泵, 采用压差控制方式较有利。

③应设置冷冻水泵的最低频率, 最低频率与水泵的堵转频率和冷水机组最小流量有关。

④一台变频器宜控制一台水泵, 多台水泵并联运行时, 其频率宜相同。

⑤空调水系统的末端应采用电动二通阀进行控制。

9. 二次泵系统。

1) 冷水机组的运行台数选择 (图 4.2.2-2)。根据一次环路的供、回水温差和流量计算出冷量的实际需求, 确定冷水机组运行台数。

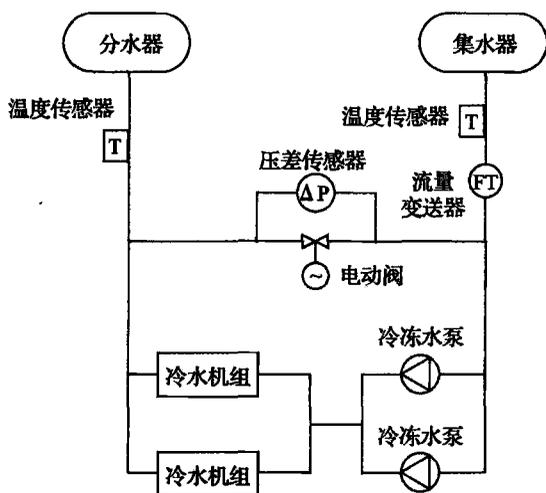


图 4.2.2-1 一次泵系统示意图

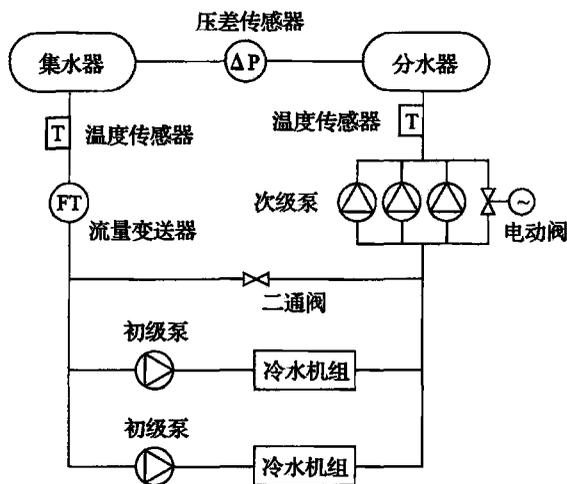


图 4.2.2-2 二次泵系统示意图

2) 初级泵的运行台数选择。与冷水机组台数的控制方式相同,通常初级泵与冷水机组联锁启停。

3) 次级泵的运行台数选择:

①对于具有陡降型特性曲线的水泵,可采用压差控制确定其运行台数,但系统转换的稳定性和控制精度受到限制。

②根据用户侧测定的流量值与次级泵设定流量值相比较,确定次级泵运行台数。

4) 次级泵变速调节控制。

①采用变速调节控制比采用水泵台数控制的方法更节能。

②宜采用供、回水压差或采用系统出口总管压力信号进行控制。在保证供、回水温差的同时,也可根据典型立管环路末端最不利处压差信号进行控制。

③采用变速调节控制时,其运行水泵的频率宜相同。并应设置最低频率,以防止水泵堵转。

5) 二次泵空调水系统的末端应采用电动二通阀进行控制。

10. 冷却水系统。

冷却水侧的变频调节控制方式和调速范围应充分考虑冷水机组的效率,同时兼顾冷水机组和冷却塔的最小流量的要求。

1) 冷却水泵的变频调节控制。

①根据冷却水供、回水温度及温差,控制冷却水泵的转速,当温度仍高于设定值时,应增加冷却塔风机运行的台数或提高风机的转速;

②设置冷却水泵的最低频率,以防止水泵堵转;

③一台变频器宜控制一台水泵,多台水泵并联运行时,其频率宜相同。

2) 冷却塔风机的节能控制。

①冷却塔风机的运行台数选择。根据冷却水回水温度确定冷却塔风机运行的台数。

②冷却塔的变频调节控制。根据冷却水进水温度控制冷却塔风机运行的速度,在条件允许时,可采用一台变频器控制多台冷却塔风机。

3) 对冬季或过渡季存在一定量供冷需求的建筑,在室外气候条件允许时,采用冷却塔直接提供空调冷水。关闭冷水机组及相关的电动蝶阀,开启板式换热器相关电动蝶阀,实现冷水机组与板式换热器之间的切换。

11. 水源热泵系统。

1) 当循环水温度 $T_x \geq 30^\circ\text{C}$ 时,自动切换为夏季工况(与夏季相关的阀门打开,相应的冬季阀门关闭),启动并运行冷却水系统。

2) 当 $20^\circ\text{C} < T_x < 30^\circ\text{C}$ 时,通常认为是过渡季节,冷却水系统和辅助热源系统自动切除。

3) 当循环水温度 $T_x \leq 13^\circ\text{C}$ 时,自动切换为冬季工况(与冬季相关的阀门打开,相应的夏季阀门关闭),辅助热源系统工作。

4) 根据循环水温度,控制循环水泵的转速和冷却塔运行台数或转速。控制转速时,应设置最低频率,以防堵转。

5) 水源热泵系统的其他配套设备(例如:冷冻水、冷水机组侧等)的控制内容与上述内容相近,不再赘述。

4.2.3 冰蓄冷系统。

1. 冰蓄冷系统常用的运行工况有:蓄冰、蓄冰装置单独供冷、制冷机单独供冷、制冷机与蓄冰装置联合制冷等。工况的转换宜通过对阀门和水泵的自动控制来实现。

2. 冰蓄冷系统控制策略。

1) 蓄冷装置优先, 以蓄冷装置融冰供冷为主, 当空调负荷大于蓄冰装置的融冰能力时, 启动制冷机补充冷量。此方法节省电费较多, 但运行控制复杂。

2) 制冷机优先, 以制冷机制冷为主, 当空调负荷大于制冷机容量时, 启动蓄冷装置补充冷量。此方法控制简单、运行可靠, 但蓄冷装置利用率较低, 节省电费不多。

3) 冰蓄冷系统应对冰槽的进出口溶液温度、蓄冰槽的液位、调节阀的阀位以及流量等进行监测。

4) 冰蓄冷系统的二次冷媒侧换热器应设置防冻保护控制。

5) 开式系统宜在回水管上安装压力传感器和电动阀控制。

4.2.4 热交换系统。

1. 根据二次侧出水温度值与设定值之差, 通过电动阀自动调节一次侧热媒的流量。

2. 根据二次侧供、回水压差控制压差旁通阀的开度, 维持压差在设定的范围内 (末端应是二通阀调节)。

3. 根据二次侧供、回水温差和流量, 确定热水泵运行台数。

4. 根据二次侧供、回水压差控制热水泵的转速, 保持压差在设定的范围内 (供、回水总管不设旁通电动阀)。

5. 多台热交换器及热水泵并联设置时, 在每台热交换器的二次侧进水处设置电动蝶阀, 根据二次侧供、回水温差和流量, 调节热交换器的台数。

6. 根据二次侧供、回水温差和流量, 自动监测建筑物实际消耗热量 (包括瞬时热量和累积热量), 优化设备运行台数和运行顺序的控制, 并可作为计量和经济核算的依据。

7. 热水泵停止运行时, 一次侧电动阀应关闭, 二次侧电动蝶阀亦应关闭。

8. 当采用市政热源时, 一次侧可采用电动二通阀调节流量。当单独设置锅炉提供热源时, 必须采用电动三通阀进行流量调节。

4.2.5 通风及空气调节系统:

1. 以排除房间余热为主的通风系统, 宜根据房间温度控制通风设备的运行台数或转速。

2. 地下停车库的通风系统控制方式:

1) 定时启停风机 (运行台数)。

2) 根据车库内 CO 浓度自动控制风机启、停和运行台数。

3. 当采用人工热、冷源对建筑物进行预热或预冷时, 新风系统应能自动关闭。当采用室外空气进行预冷时, 应尽量利用新风系统。

4. 在人员密度相对较大且变化较大的房间, 宜设 CO₂ 浓度检测装置, 根据室内 CO₂ 浓度值调节风机的速度, 使其浓度始终保持在卫生标准规定的限值内。

5. 系统过滤网两端压差超过设定值时报警, 提示清洗或更换, 减少风机能耗, 并应有强制停机的功能。

6. 当排风系统采用转轮式热回收装置时, 风机及转轮等宜联动控制。

7. 在中央管理工作站, 根据昼夜室外温湿度参数、事先排定的工作及节假日作息时间表等条件, 自动 (或手工) 修改最小新风比、送风参数和室内温湿度参数设定值等。

8. 新风机组的节能控制。

1) 根据送风温度与设定值之差, 自动调节电动阀的开度。

2) 根据送风湿度与设定值之差, 自动调节加湿阀 (通常在冬季)。

3) 风机启停与新风风门、电动阀应设开闭联锁。

9. 空调机组的节能控制。

- 1) 根据回风（或室内）温度与设定值之差，自动调节电动阀的开度。
- 2) 根据回风（或室内）湿度与设定值之差，自动调节加湿阀（通常在冬季）。
- 3) 风机启停与风门、电动阀应设开闭联锁。在有回风的系统中，新风阀和回风阀应联锁控制。
- 4) 根据回风 CO₂ 浓度，调节新风、回风和排风阀的开度，在满足卫生标准规定的条件下，应确定在最小新风比下运行。
- 5) 根据室内外焓值的比较，自动调节新风、回风和排风阀的开度，并结合室内外干球温度，实现变新风比焓值控制方式。

6) 在室外温度低于室内温度时，应充分利用室外的低温调节室内温度。焓差控制器由控制器比较室外温度及回风温度高低而控制各风阀开度。风量控制，可采用自动和手动双重方式，由温（湿）度的检测，经过风阀和变速双重调节，达到室内设定的温湿度。

10. 风机盘管的节能控制。

- 1) 手动控制风机三速开关和风机启停。
- 2) 手动控制风机三速开关和风机启停，电动水阀由室内温控器自动控制。
- 3) 风机启停与电动水阀应设联锁。
- 4) 冬夏均运行的风机盘管，其温控器应设季节转换：

①温控器设置手动转换开关；

②对于二管制系统，通过在风机盘管供回水管上设置箍型温度开关，实现季节自动转换功能。在条件允许时，实现统一集中的季节转换。

5) 通过灯光智能控制装置或客房智能控制器等不同控制方式，实现对风机盘管的三速开关及电动水阀的集中控制，满足房间温度的自动调整 and 不同温度模式的设定。

6) 房间温控器应设于室内有代表性的位置，不应靠近热源、灯光及外墙，不宜将温控器设置在床头柜等封闭空间中或集中放置。

4.2.6 变风量控制系统。

采用变风量系统时，风机应优先采用变速控制方式，并对系统最小风量进行控制。风机变速控制的方法有：

1. 总风量控制法。根据所有变风量末端装置实时风量之和，控制风机转速，调节送风量。此方法较容易实现。
2. 变静压控制法。尽可能使送风管道静压值处于最小状态。此方法对技术和软件要求较高，是最节能的方法，只有经过充分的论证和有技术保障时，方可采用。
3. 定静压控制法。根据送风静压值控制风机转速。控制简单、运行稳定，节能效果不如前两种方法。

4.2.7 中央空调变流量控制系统。

1. 冷冻水控制子系统：变流量控制器设定冷冻水供、回水温度为某一特定值，冷水机组控制冷冻水供水温度为该相应值，变流量控制器根据回水温度控制冷冻水泵的转速，调整冷冻水流量。

2. 冷却水控制子系统：变流量控制器设定冷冻水供、回水温度为某一特定值（即供、回水温差为特定值），变流量控制器根据供、回水温度和温差，控制冷冻水泵的转速，调整冷却水流量。

3. 冷却塔风机控制子系统：变流量控制器将冷却水回水温度设定在某一特定值，变流量控制器根据进水温度变化，控制冷却塔风机的转速，使冷却水的进水温度保持在设定值上。

4. 中央控制系统实现对系统的参数进行优化设置，监测系统的运行状态，统一协调各子系统的控

制, 提供系统运行管理的各项功能, 见图 4.2.6。

5. 中央控制系统对冷水机组一般只监测不控制, 在冷水机组开放通信协议时, 可以实现启停控制, 并可根据空调系统的运行状态和控制模式的要求对冷水机组的参数进行优化设置。

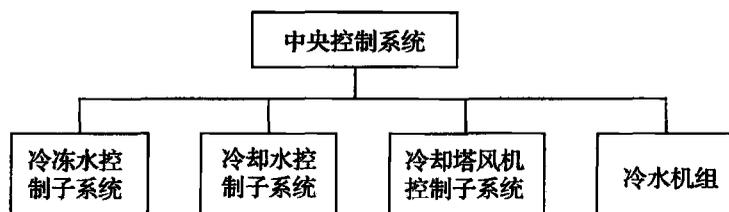


图 4.2.6 中央空调变流量控制系统框图

4.3 给排水系统

4.3.1 要点。

1. 为实现给排水系统的节能控制, 应对生活给水、中水及排水系统的水泵、水箱(水池)的水位及系统压力进行监测。

2. 应根据水位及压力状态, 自动控制相应水泵的启停, 自动控制系统主、备用泵的启停顺序。

3. 应对系统故障、超高低水位及超时间运行等进行报警。

4.3.2 给水系统:

1. 高位水箱给水系统。

1) 对高位水箱的水位采用液位变送器进行测量, 根据高位水箱的水位, 自动控制给水泵的启停, 并监视溢流水位及低水位报警。

2) 对生活水池水位采用液位变送器进行测量, 监视溢流水位及低水位报警, 并根据溢流水位报警信号, 自动停止给水泵。

3) 监视水泵的运行、故障及手/自动状态, 自动累计设备运行时间, 确定主、备用泵的轮换并作出维护提示。

2. 恒压变频给水系统的控制。

1) 由压力测量变送器测量水管出口压力, 控制水泵的启停, 调节给水泵的转速, 以保持供水压力的恒定。

2) 监视变频器的工作状态、故障状态、频率状态、频率控制、变频器电源开关控制等。

3) 多台水泵并联供水时, 可采用调速泵、定速泵混合供水。调速泵及定速泵应有轮换控制。

4) 监视水泵的运行、故障及手/自动状态, 自动累计设备运行时间, 确定主、备用泵的轮换并作出维护提示。

5) 对水箱(水池)的水位采用液位变送器进行测量, 监视溢流水位及低水位报警, 并根据溢流水位报警信号, 自动停止给水泵。

3. 中水恒压变频供水系统的控制。中水恒压变频供水系统的控制要求与恒压变频给水系统基本相同, 并应增加根据中水水箱的液位控制自来水补水电磁阀的功能。

4.3.3 排水系统。

1. 根据集水坑(池)液位的高低, 自动控制相应的排水泵的启停, 并对溢流报警水位发出报警。

2. 监视水泵的运行、故障及手/自动状态, 自动累计设备运行时间, 作出维护提示。

3. 给排水系统的各种水泵的控制也可根据物业管理的具体要求采用定时、定水位的控制方式。

4.4 电动机

4.4.1 要点。

1. 民用建筑中的常用电动机。民用建筑工程中常用拖动电动机的类型有交流鼠笼型异步电动机、变极多速三相异步电动机、线绕转子型异步电动机、直流电动机、同步电动机、无刷直流电动机、直线电动机、伺服电动机等。

交流电动机通过控制其端电压、转矩、转速、功率因数、传动效率节能；直流电动机通过控制其输出转矩、电压、速度节能。

2. 节能控制原则：

- 1) 电动机功率的选择，应根据负载特性和运行要求，使之工作在经济运行范围内。
- 2) 异步电动机采用调压节能措施时，需经综合功率损耗、节约功率计算及启动转矩、过载能力的校验，在满足机械负载要求的条件下，使调压的电动机工作在经济运行范围内。
- 3) 对机械负载经常变化又有调速要求的电气传动系统，应根据系统特点和条件，进行安全、技术、经济、运行维护等综合经济分析比较，确定其调速运行的方案。
- 4) 在安全、经济合理的条件下，异步电动机宜采取就地补偿无功功率，提高功率因数，降低线损。
- 5) 当采用变频器调速时，电动机的无功电流不应穿越变频器的直流环节，不可在电动机处设置补偿功率因数的并联电容器。
- 6) 交流电气传动系统应在满足工艺要求、生产安全和运行可靠的前提下，使系统中的设备、管网及负载相匹配，提高电能利用率。
- 7) 功率在 50kW 及以上的电动机，应单独配置电压表、电流表、有功电能表，以便监测与计量电动机运行中的有关参数。

3. 常用的节能措施及其适用场合。

- 1) 在新建、扩建、改建项目中，应选择高效节能的电动机。
- 2) 功率在 200kW 及以上的电动机，宜采用高压电动机。
- 3) 当系统短路容量或变压器容量相对较小时，大容量交流异步电动机宜采用恒频变压软启动器启动，改善启动特性。在电动机空载或轻载时还可根据功率因数的大小，控制晶闸管的导通角，提高功率因数，达到节电效果。
- 4) 在技术改造、节能改造的项目中，当电动机处于“大马拉小车”状态且电动机的绕组接线条件允许时，可将电动机定子绕组由“ Δ ”改为“Y”形接法。
- 5) 在技术改造、节能改造项目中，可将异步电动机同步化运行，提高系统功率因数。
- 6) 电动机调速节电措施。

①交流电动机。改变交流电动机的定子频率、磁极对数、转差率可调节电动机的转速；异步电动机的电磁转矩与定子相电压的平方成正比，同步角速度与定子相电压的平方成正比，所以，调整电动机的端电压也可以调速；通过传动机械负载的离合器也可以调速。

常见的异步电动机的调速比为：调定子供电电压，外接饱和电抗器或晶闸管，调速比为 3:1 ~ 10:1（转速闭环）；采用电磁转差离合器，调速比为 5:1 ~ 10:1（转速闭环）；采用调速型液力耦合器，调速比为 3:1 ~ 5:1；线绕转子电动机转子回路串电阻有级切换及斩波控制调速，调速比为 1.5:1；线绕转子

电动机静止串级调速,调速比为2:1~4:1;双定子绕组线绕转子电动机内反馈串级调速,调速比为1.6:1~2.0:1;鼠笼型电动机变换极对数,调速比为2:1~4:1;改变电动机电源频率,调速比为10:1或更大等。

变压调速、电磁转差离合器调速及线绕转子电动机转子回路串电阻调速系统,其全部转差功率都转换成热能消耗在转子回路,较其他常见的调速方法效率低。变压调速一般采用双相晶闸管调压,适用于小于5kW的鼠笼型电动机及小于40kW的线绕转子电动机,节能率约20%,但存在高次谐波,调速范围为0.8~1.0。电磁转差离合器调速系统由电磁调速电动机及配套的控制装置组成,适用于鼠笼型电动机,节能率约25%,但存在不可控区。转子回路串电阻调速系统,适用于线绕转子电动机,但不节能,故不宜用于调速,可用于驱动较频繁启动的负载。

线绕转子电动机串级调速、内反馈串级调速系统中,除转子铜损,变流装置本身的损耗外,大部分转差功率都转化成有用功率,效率较高。但系统结构较复杂,投资成本较高,有高次谐波,电动机必须是线绕转子电动机,影响该调速系统的应用范围。串级调速系统由绕线型异步电动机、晶体管串级调速装置(包括主回路、控制回路、整流系统、逆变系统)组成。6kV、10kV电压等级内反馈串级调速系统由具有双定子绕组的异步电动机及外配的变流器、启动柜、补偿柜组成。

改变极对数调速、变频变压调速系统中,转差功率只有转子铜损,电动机转速改变,其转差功率基本不变,效率高。改变极对数调速是有级调速,虽然电动机体积相对较大,却经济、可靠,容易实现,适用于鼠笼型电动机速度转换不频繁的场所,节能率约20%,但应指出的是变极转换开关易损坏。变频变压调速是无级调速,由鼠笼型电动机和变频装置组成,节能率约30%,可以构成高动态性能的交流调速系统以取代直流调速系统。虽然该系统的结构复杂,投资成本高,有高次谐波,但因其性能好仍得到广泛应用。

电梯、自动扶梯、吊车等恒转矩负载可选择变极对数电机、晶闸管交流变压、变频装置驱动方案,并可有选择地实现其调速功能要求。转子回路串电阻方案不宜用于调速,可用于不调速负载的启动(如吊车负载)。

②直流电动机。拖动恒转矩负载的直流电动机通过调电枢电压调速,拖动恒功率负载的直流电动机通过调励磁调速。

直流电动机的调速性能好、范围宽,能适应各种机械负载特性的需要。但直流电动机的效率低、耗能大、维护复杂,因此只在交流电动机不能满足负载调速要求时才采用。

小容量直流电动机较单相异步电动机具有启动转矩大、调速性能好等优点,风机盘管风机广泛采用无刷直流电动机,利用调电枢电压实现无级调速,较单相异步电动机改变端电压的有级调速,具有显著的节电效果。

4.4.2 常用的交流异步电动机。

1. 电动机的特点。

1) 鼠笼型电动机:结构简单、制造容易、价格便宜、耐用、可靠、易维护、特性硬,启动和调速性能差,轻载时功率因数低,在变频电源供电下可平滑调速。为变极数多速电动机,可分级变速调节,但体积大,价格较贵。

2) 线绕转子电动机:因有集电环,较鼠笼型电动机维护量大,价格稍贵,但启动转矩大,启动时功率因数高,可进行小范围的短时速度调节,多用于电网容量小、启动次数多的机械,在建筑电气工程中的提升机、电梯中广泛应用。

2. 电动机类型的选择。

1) 恒负载连续运行、功率在250kW及以上,宜采用同步电动机。

2) 除特殊负载需要外, 一般不宜选用直流电动机。

3. 效率及功率因数。电动机的效率及功率因数是其节能的重要指标, 且随负荷率的高低变化而增加和降低。达到电动机的额定功率时效率和功率因数最高。

4. 电动机的选择。

1) 一般原则。

①正确选择电动机的额定功率。电动机需满足负载所需的启动转矩; 运行中不得超过其允许的工作温度; 电动机在额定功率的 75% ~ 100% 运行时效率最高, 所以负荷率宜在 0.8 ~ 0.9 范围内。一般工程选用 Y 或 Y₂ 系列电动机, 当有可能及技术经济合理时也可选用 YX、YX₂ 系列高效率电动机。

②选择采用通用变频器调速的鼠笼型电动机时, 应留有适当的裕量, 因定子电流中的高次谐波使电动机的电流增加和温度升高, 功率因数和效率变差。

③普通鼠笼型电动机是空气自冷式, 须考虑电动机的散热问题。当转速低于额定转速时, 风扇散热能力变差, 必须限制负载转矩, 控制温升。

2) 风机、泵类负载, 宜选用普通鼠笼型电动机。电动机不宜在 40% 同步转速以下长期运行。

3) 恒转矩负载拖动电动机的选择。若以连续运行时间超过 10min 或断续运行时暂载率超过 40% 确定的满负载长期运行, 其转速在 60% 同步转速以上时, 宜选用普通鼠笼型电动机; 其转速在 25% ~ 60% 同步转速之间, 宜采用带有外部强迫风冷的鼠笼型电动机, 即变频专用电动机。

4) 线绕转子电动机的选择。当线绕转子电动机采用串级调速方案经常在低速条件下运行时, 转子的铜损、铁损会增加, 自冷风扇的冷却风量也随之减少, 使电动机散热能力下降。此时电动机的额定功率应按下式选择:

$$P = k_p P_c$$

$$P_N > P$$

式中 P ——串级调速的线绕转子电动机的计算功率 (kW);

P_N ——串级调速的线绕转子电动机的额定功率 (kW);

k_p ——裕量系数, 一般取值为 1.15 左右, 对于长期低速运行, k_p 值需适当加大;

P_c ——按不调速时, 线绕转子电动机的计算功率 (kW)。

5) 采用变频调速装置驱动的电动机选择: 采用变频调速装置驱动的电动机启动电流小, 500kW 以下的电动机可选用 380V 电压等级的低压电动机, 500kW 及以上、800kW 以下的电动机宜选用 660V 或 10 (6) kV 电压等级。

4.4.3 静止式变压变频器的选用。

1. 变频器的容量。变频器的额定容量 (kV · A) 是指在额定电压及额定电流下变频器的视在功率, 是变频器负载能力的一种辅助表达方式, 选择变频器时需校核变频器的额定电流是否满足要求。

变频器的容量一般按额定输出电流、电动机的功率或额定容量选择:

1) 变频器的额定输出电流 (A) 是其晶体管变频器所能承受的电流值。连续运行的总电流在任何频率条件下均不得超过变频器的额定电流。

变频器的额定电流选择见下式:

$$I_{\text{evf}} \geq K_1 I_{\text{evf}}$$

式中 I_{evf} ——变频器额定电流 (A);

K_1 ——电流裕量系数, 一般可取 1.05 ~ 1.15, 电动机持续负载率大于 80% 及启停频繁时取值

1.15, 其他取值 1.05;

I_{evf} ——电动机额定电流 (A)。

注: 国外产变频器容量有的以电动机的额定功率 (kW) 表示。该容量是依据其本国标准制定的, 选用时应校核其变频器的额定电流是否满足要求。

2) 风机、水泵类负载选择变频器的容量时, 一般按电动机的额定功率选用。

3) 恒转矩负载选择变频器的容量, 一般按将电动机的额定功率放大一级选用。

2. 变频器的类型选择:

1) 风机、泵类负载, $T_L \propto n^2$, 低速下的负载转矩较小, 通常选用普通功能型控制通用变频器。

2) 电梯、自动扶梯等恒转矩负载若采用普通功能型控制通用变频器, 需加大电动机和变频器的容量以提高低速转矩, 满足负载变化的需要。也可选用恒转矩控制的通用变频器, 因恒转矩控制的通用变频器低速转矩大, 静态机械特性硬度大, 负载适应面宽, 不怕冲击, 具有推土机特性。

3) 恒转矩负载若对动态响应性能要求较高, 可采用矢量控制的通用变频器。

3. 变频器选择时应注意的问题:

1) 为尽量减少谐波污染可能造成的危害, 变频器的电源侧宜设进线电抗器 (为变频器的选配件); 变频器的负载侧宜设输出电抗器 (为变频器的选配件); 变频器的负载侧馈出线宜采用屏蔽电缆或线缆穿钢管敷设。

2) 当变频器的电源电压等级与变频器的额定电源电压等级不符时, 可在变频器的电源侧设电源变压器。电源变压器的容量按下式确定:

电源变压器的容量 (kV·A) = 变频器的输出功率/变频器输入功率因数 × 变频器效率

本公式中, 当设进线电抗器时变频器输入功率因数取 0.8 ~ 0.85; 当不设进线电抗器时变频器输入功率因数取 0.6 ~ 0.8; 变频器效率取 0.95; 变频器的输出功率为所接电动机的总功率。

通常的工程经验是: 电源变压器的容量一般按变频器容量的 130% 选用。

3) 当需解决风机类设备在没有运行时因外部气流影响可能处于自由低速转动、水泵因逆止阀泄漏倒转、电源从公网供电切换到由变频器供电时电动机不是处于静止状态、瞬时停电电动机自启动等问题时, 宜选用有速度搜索功能 (也称为再启动功能) 的通用变频器。

4) 当重要负载要求在瞬间断电、雷击瞬间低电压、电网电压波动 (不是解列) 等现象后, 变频器能自动恢复正常工作时, 宜选用有最小电压控制器 (也称为直流欠电压控制器) 功能或电源恢复正常后自动再启动功能 (也称自动再启动功能) 的变频器。

5) 当要求避免变频器的某段特定频率易引发机械设备发生共振, 或电气电路振荡造成的变频器过电流保护、系统跳闸事故时, 宜选用设有跳跃频率 (也称回避频率) 功能的通用变频器。

6) 当要求 PID 控制调节风机、泵类的工况时, 宜采用有 PID 控制器功能的通用变频器。

7) 当变频拖动系统采用 PLC 控制器控制或需与 BAS 通信连接时, 宜采用满足响应通信协议并具有通信接口的变频器。

8) 对于 6kV、10kV 电压等级双定子绕组的绕线型异步电动机, 可采用中型内反馈交流调速三相异步电动机及其外配的变流柜、启动柜、补偿柜构成的串级调速系统, 此系统较普通串级调速有更高的节能效果, 且取消了逆变变压器及相关的开关设备, 通过内补偿提高了电动机的功率因数, 有效抑制谐波对电网的污染。适用于 6kV、10kV 电压等级大功率、在有限调速范围场合的线绕转子电动机驱动的风机及泵类负载。

9) 3kV、6kV、10kV 电压等级笼型电动机的风机及泵类负载需要调速时, 宜选用中压静止式变压变频器。

4.4.4 风机、水泵的节能。

1. 节能原理。

1) 风机、水泵的负载特性。

$$n_1/n_2 = Q_1/Q_2$$

$$(n_1/n_2)^2 = H_1/H_2 = T_1/T_2$$

$$(n_1/n_2)^3 = P_1/P_2$$

式中 Q_1 、 Q_2 ——风量 (m^3/s)、流量 (m^3/s)；

H_1 、 H_2 ——风压 (Pa)；

P_1 、 P_2 ——轴功率 (kW)；

T_1 、 T_2 ——负载转矩 (N·m)；

n_1 、 n_2 ——转速 (r/min)。

即：风机风量、泵流量的改变与转速成正比；风机风压、泵扬程的改变与转速的平方成正比；风机、泵的轴功率改变与转速、风机风量、泵流量的三次方成正比；风机、泵的轴功率在速度不变时与风机风压、泵扬程成正比。由于风机、泵的电动机的容量是按最大风量及风压、流量及扬程确定的，与空调系统实际需要存在较大的可调整空间，所以系统的设备需要按照风量、风压、流量、扬程等调节电动机的转速，从而改变电动机的输出转矩和输出功率，达到节能效果。

2) 按离心式风机功率选择电动机。

$$P = kQH/\eta\eta_c \times 10^{-3}$$

式中 P ——离心式风机电动机功率 (kW)；

Q ——送风量 (m^3/s)；

H ——空气压力 (Pa)；

η ——风机效率，约为 0.4 ~ 0.75；

η_c ——传动效率，直接传动时为 1；

k ——裕量系数，见表 4.4.4-1。

表 4.4.4-1 离心式风机电动机裕量系数

功率 (kW)	1 以下	1~2	2~5	大于 5
裕量系数	2	1.5	1.25	1.15~1.10

3) 按离心式泵功率选择电动机。

$$P = k\gamma Q(H + \Delta H)/\eta\eta_c \times 10^{-3}$$

式中 P ——离心式泵电动机功率 (kW)；

γ ——液体密度 (kg/m^3)；

Q ——泵的出水量 (m^3/s)；

H ——水头 (m)；

ΔH ——主管损失水头 (m)；

η ——水泵效率，一般取 0.6 ~ 0.84；

η_c ——传动效率，与电动机直接连接时， $\eta_c = 1$ ；

k ——裕量系数，见表 4.4.4-2，当管道长、流速高、弯头与阀门的数量多时，裕量系数值适当加大。

表 4.4.4-2 离心式泵电动机裕量系数

功率 (kW)	2 以下	2 ~ 5	5 ~ 50	50 ~ 100	100 以上
裕量系数	1.7	1.5 ~ 1.3	1.15 ~ 1.10	1.08 ~ 1.05	1.05

2. 节能措施。

1) 设定控制液位、时间, 控制泵的启停。

2) 调节风机、泵类风门(挡板)、阀门, 控制风量、流量。

对于风机类、泵类负载, 当流量在 90% ~ 100% 范围内变化时, 通过风门控制器、阀门控制器控制风门(挡板)、阀门的开度, 与电动机调速的节能效果相近, 不必采取电动机调速措施。

3) 调速节能:

①电动机定子调压。交流异步电动机定子调压一般采用双向晶闸管调整电压实现无级调速, 为转差功率消耗型的调速系统。由于风机、泵类负载转差功率损耗系数均较小, 较适用于要求风量、流量在 50% ~ 100% 范围内变化、平滑启动、短时低速运行的风机、泵类负载。

电风扇、风机盘管风机等采用单相交流异步电动机, 一般采用串电阻调整电动机定子电压的有级调速方法。

②电动机变换极对数。风机是按满足风量的最大需求选用的, 但实际运行并不固定在最大风量的运行状态。例如: 地下车库送排风风机、兼作火灾时排烟的风机, 平时排风风量不大, 只在汽车尾气浓度超过定值和火灾时排烟才需要加大或在最大排风风量的工况下运行, 所以采用接触器切换来改变变极电动机定子绕组接线, 获得多个不同转速, 改变风量, 使风机平时低速运转。

电动机变换极对数调速方法适用于风量、流量在 50% ~ 100% 范围内变化的场合。

③在转子回路连续调节等效电阻。线绕转子异步电动机在转子回路连续调节等效电阻, 用转子电阻斩波调速法改变晶闸管的通断比率, 实现无级调速节能。转子电阻斩波调速法是一种低效调速方法, 适用于风机、泵类负载风量、流量在 50% ~ 100% 范围内变化。电动机低速运转比关小阀门开度的耗电还节省得多。

④采用变频调速、静止串级调速、内反馈串级调速。当风量、流量在 80% ~ 100% 范围内变化时; 风量、流量变化大于 50% ~ 100% 范围时, 宜采用高效率的变频调速或静止串级调速、内反馈串级调速, 不宜采用变压、转子回路串电阻、电磁转差离合器等低效率调速方法。静止串级调速、内反馈串级调速均属静止低同步串级调速, 转差功率只能从转子输出, 在同步转速以下调速, 取代转子串电阻调速, 适用于大功率风机、泵类的变速驱动。

供水泵类负载的控制普遍采用以压力或流量、速度为参量的双闭环控制系统。

YQT 系列中型内反馈交流调速三相异步电动机是专门为风机、泵类调速节能设计的, 可广泛用于风机、水泵的调速拖动, 取代挡板、阀门调节, 具有显著的节能效果。

⑤采用电磁调速电动机调速系统。电磁调速电动机调速系统由鼠笼型异步电动机、电磁转差离合器、测速发电机及晶闸管控制装置组成。电磁调速电动机适宜风量、流量在 50% ~ 100% 范围内变化的小型风机、泵类负载的节能。YCTD 系列低电阻端环电磁调速电动机较 YCT 系列电磁调速电动机效率高 10% 以上, 宜选用 YCTD 系列低电阻端环电磁调速电动机。但此调速方案节能效果较低, 且要求运行环境相对洁净。

⑥恒压供水系统的变频调速。民用建筑中用水量波动大, 夜间几乎不用水, 用水高峰时需多台水泵同时运行。供水系统宜采用一台泵调速的多泵恒压供水系统, 可替代水塔、高位水池、无塔上水等供水方式。

⑦冷冻水变流量供水系统的变频调速。空调系统中，冷冻水的供给应随系统对冷量的需要而改变。若冷冻水泵恒速供水，会在消耗冷量少时造成浪费。所以冷冻水泵的电动机应随冷量需求量的变化改变转速，节约电能。在变流量冷冻水供水系统中，宜采用变频调速，控制冷冻水的流量。

⑧控制风机转速调节冷却风量。中央空调系统风柜风机通过调速调节冷却风量，调速的方法一般采用串电阻调节电动机定子电压的有级调速、变频无级调速、直流电动机（无刷直流电动机）无级调速等。

⑨风机盘管的风机电机调速。小容量直流电动机较单相异步电动机具有启动转矩大调速性能好等优点，被广泛应用于驱动风机盘管的风机。风机盘管风机采用无刷直流电动机驱动，大大减轻了维护工作量，改善了运行环境，利用调电枢电压实现无级调速，较单相异步电动机改变端电压的有级调速，具有显著的节电效果。

4.5 电 梯

4.5.1 要点。

1. 应根据建筑物的性质、楼层、服务对象和功能要求，进行电梯客流分析，合理确定电梯的型号、台数、配置方案、运行速度、信号控制和管理方案，提高运行效率。

2. 应根据电梯的载重量、运行速度和提升高度，合理选择电梯的电动驱动和控制方案。

3. 在一般大型建筑物中，特别是超过100m的高层建筑，应采用分区服务的方式来提高电梯服务效率。

4. 在人流集中的公共场所，如商店、车站、机场、大厦及地下铁道等处，在短时间内输送人员流量大时，应选择自动扶梯。

5. 多台电梯集中排列时，应具有按规定程序集中调度和控制的群控功能。

6. 每台电梯，自动扶梯和自动人行步道应装设单独的隔离和短路保护装置。停层站指示器照明宜由电梯自身电源供电。主电源开关不应切断下列供电电路：

- 1) 轿厢、机房和滑轮间的照明和通风；
- 2) 轿顶和底坑的电源插座；
- 3) 机房的电源插座；
- 4) 电梯井道照明；
- 5) 报警装置。

7. 电梯、自动扶梯和自动人行步道的供电容量，应按拖动电动机的电源容量与其他附属用电容量之和确定。

8. 电梯、自动扶梯和自动人行步道电源断路器的选择应符合下列规定：

- 1) 电源开关宜采用低压断路器，其额定电流应不小于计算电流。
- 2) 低压断路器的过载保护特性曲线应与电梯、自动扶梯、自动人行步道设备的负载特性曲线相配合。

合。

4.5.2 客梯。

1. 客梯电力驱动方式分为交流驱动和直流驱动。

1) 交流驱动分为：交流调压调速和变频调速。

2) 直流驱动分为：晶闸管供电的直流电动机驱动和斩波控制直流电动机驱动。

2. 客梯的性能要求。

- 1) 有良好的启动、停止性能。
- 2) 平层准确, 运行安全可靠, 当由于断电等原因的停梯时, 电梯轿厢应自动停靠最近层站。
- 3) 系统工作效率高, 节省能量。
- 4) 运行平稳、噪声小。
- 5) 对电源及周围电磁环境无超标的污染。
- 6) 当采用变频调速拖动方式时, 宜采取附加过滤器, 限制其注入电网谐波电流, 使其在国家规定允许范围内。
- 7) 2 台及以上电梯电源容量的计算应计入同时系数, 参见表 4.5.2。

表 4.5.2 不同电梯台数的同时系数

电梯数量 (台)	2	3	4	5	6	7	8
直流电梯	0.91	0.85	0.80	0.76	0.72	0.69	0.67
交流电梯	0.85	0.78	0.72	0.67	0.63	0.59	0.56

- 8) 当装有 2 台电梯时, 宜选择并联控制方式, 3 台及以上宜选择群控控制方式。
 - 9) 客梯应有完善的信号控制系统, 确保乘客安全。
- ### 3. 单台客梯的控制功能。
- 1) 集选控制: 具有对轿厢指令、厢外呼梯记忆, 停站延时自动关门启动运行, 同向逐一应答, 自动平层自动开门, 顺向截梯, 自动换向反向应答, 自动应召服务功能。
 - 2) 特别楼层优先控制: 特别楼层有呼唤时, 应以最短时间应答。应答前往时, 不执行轿厢内和其他呼梯指令。到达该特别楼层后, 该功能自动取消。
 - 3) 停梯操作: 在夜间、周末或假日, 通过停梯开关使电梯停在指定楼层。停梯时, 轿门关闭, 照明、风扇断电, 以利节电、安全。
 - 4) 开门时间自动控制: 根据厅外召唤、轿厢内指令的种类以及轿厢内情况, 自动调整开门时间。
 - 5) 按客流量控制开门时间: 监视乘客的进出流量, 使开门时间最短。
 - 6) 光电装置: 用来监视乘客或货物的进出情况。
 - 7) 光幕感应装置: 利用光幕效应, 如关门时仍有乘客进出, 在轿厢门未触及人体时就能自动重新开门。
 - 8) 灯光和风扇自动控制: 在电梯无厅外召唤信号, 且在一段时间内也没有轿内指令预置时, 自动切断照明、风扇电源, 以利于节能。
- ### 4. 群控客梯的控制功能。群控客梯除配置单台客梯控制功能外, 还应有下列控制功能:
- 1) 最大最小功能: 为防止长时间等候, 预测可能的最大等候时间, 可均衡待梯时间, 使待梯时间最少。
 - 2) 优先调度: 在待梯时间不超过规定值时, 对某楼层的厅呼梯, 由已接受该层内指令的客梯应召。
 - 3) 区域优先控制: 当出现一连串呼梯信号时, 区域优先控制系统首先检出“长时间等候”的呼梯信号, 然后检查这些信号附近是否有电梯并由附近电梯应召, 否则按“最大最小”原则控制。
 - 4) 特别楼层的集中控制:
 - ①将餐厅、表演厅等存入群控客梯控制系统;
 - ②根据轿厢负载情况和呼梯频度判断人员密度;

③在拥挤时，调派2台客梯专职为这些楼层服务；

④拥挤时不取消这些楼层的呼梯信号，并自动延长开门时间；恢复正常后，转由“最大最小”原则控制。

5) 满载报告：统计呼梯频度和负载情况，用以预测满载，避免已派往某一层的客梯在中途运行时又换派一台。本功能只对同向信号起作用。

6) 已启动电梯优先：对某一层的呼梯，按应召时间最短原则由靠近该层停层待命的客梯负责。但此时如系统已判断：若不启动停层待命客梯，而由其他已启动客梯应召乘客待梯时间又不过长时，就由其他已启动客梯应召，而不启动待命客梯。

7) “长时间等候”呼梯控制：若按“最大最小”原则控制时出现了乘客长时间等候情况，则转入“长时间等候”呼梯控制，另派一台客梯前往应召。

8) 特别楼层服务：当特别楼层有呼梯信号时，将其中一台客梯解除群控，专为特别楼层服务。

9) 高峰服务：当交通偏向上高峰或下高峰时，电梯自动加强需求较大一方的服务。

10) 独立运行：按下轿厢内独立运行开关，该客梯即从群控系统中脱离出来，此时只有轿厢内按钮指令起作用。

11) 分散备用控制：根据大楼内客梯数量，设低、中、高基站，供不运行客梯停靠。

12) 运行模式：

①低峰模式：人员稀少时进入低峰模式。

②常规模式：客梯按“心理性等候时间”或“最大最小时间”原则运行。

③上行高峰：早上高峰期间，所有客梯均驶向主层，避免拥挤。

④午间服务：加强餐厅层服务。

⑤下行高峰：晚间高峰期间，加强拥挤层服务。

13) 节能运行：当人员流动量不大时，系统查出候梯时间低于预定值，即将闲置客梯停止运行，关闭灯和风扇；或限速运行，进入节能运行状态。当人员流动量增大，再陆续启动闲置客梯。

14) 监视面板：在控制室内装设监视面板，通过灯光指示监视客梯运行情况，并可选择最优运行方式。

15) 群控备用电源运行：开启备用电源时，全部客梯依次返回指定层。然后使限定数量的客梯应用备用电源继续运行。

16) 故障备份：当群控管理系统发生故障时，可执行简单的群控功能。

4.5.3 扶梯与自动人行道。

1. 应根据建筑物的性质、服务对象，确定扶梯、自动人行道运送能力和设备型号、台数。

2. 交流自动扶梯计算电流应为每级拖动电机的连续工作制额定电流与每级的照明负荷电流之和。

3. 自动人行步道计算电流为铭牌连续工作制额定电流与照明负荷电流之和。

4. 选择电梯和自动扶梯、自动人行步道的配电线缆时，应依据设备的计算电流及其相应的工作制确定，并应考虑线路的敷设环境条件。线缆的连续工作载流量应不小于计算电流，并应校验其电压损失。

5. 自动扶梯与自动人行道在全线各段均空载时，应暂停或低速运行。

4.6 窗、门类

4.6.1 要点。

1. 根据工程项目的实际情况，选择相适应的门窗及其节能措施，以达到室内热（冷）能的有效

利用。

2. 对建筑物的窗、门的开启实施智能化控制及管理, 实现优化建筑物的空间环境, 达到降低热(冷)能耗及节约非使用性能源消耗的效果。

4.6.2 窗的节能控制。

1. 窗的类型及其对能耗的影响。

1) 建筑物外表面局部或整面的窗, 包括: 玻璃幕墙的外(内)推窗、倒窗、内通风窗、中庭上空的上推窗等; 嵌入式遮阳百叶帘及室外遮阳板; 以及通常的单(双)层玻璃窗等。

2) 窗是建筑物热交换、热传导最敏感的区域。冬季, 其热损失是墙体的几倍; 夏季, 阳光透过玻璃射入室内, 形成温室效应, 造成室内过热, 增加空调能耗。窗的节能控制是降低室内能耗的重要措施。

2. 控制方式。窗的节能控制方式包括定时控制、光感控制、温感控制、场景控制和综合集成控制等。

1) 定时控制。定时控制是在室内需要空调制冷的过渡季节里使用, 利用夜间较低的室外空气冷却建筑, 消减围护结构的蓄热量, 增加白天围护结构吸收热量, 降低使用空调的能耗。用于定时控制的窗应符合以下要求:

①窗具有按设定程序定时控制开启或开启度的功能。

②满足利用空气流动中热空气上升的“效应”, 夏季能降低室内温度。

2) 光感控制。光感控制是自动调节室外遮阳板的角度, 有效遮挡由于太阳直射对室内产生的大部分热量。感测光亮值的光线传感器安装在建筑物顶层, 当感测光亮值 \geq 设定值时(设定为该区域的最大照度设定值), 嵌入式遮阳百叶帘的遮阳百叶帘自动放下, 有效地反射由于太阳直射对玻璃幕墙产生的大部分热负荷。双层幕墙通道自下而上形成的空气流带走剩余的热量, 降低室内温度。用于光感控制的窗应符合以下要求:

①具有根据日光的照射强度, 控制嵌入式遮阳百叶帘、室外遮阳板与太阳照射的方位角、高度角同步到达相应角度的功能。

②具有自动调节室外遮阳板的太阳照射方位角和高度角功能, 能有效地遮挡太阳辐射热, 降低空调冷负荷。

3) 温感控制。温感控制是在室内需要空调制冷的过渡季节里使用, 当室外温度低于室内温度, 且温差大于设定值时, 打开外层通风窗、外推窗、内层内倒窗, 利用室外空气降低室内温度, 减少使用空调的时间; 在室内需要空调供热的过渡季节里, 当室外温度高于室内温度, 且温差大于设定值时, 打开外层通风窗、外推窗、内层内倒窗, 利用室外空气加热室内空气, 减少使用空调的时间。

窗的温感控制系统应符合以下要求:

①具有根据温度传感器感测的室内、外温差, 控制窗的功能。

②夏季, 当传感器感测的室内外温差值大于等于设定值、室内外相对湿度差值大于等于设定值时, 能打开外层外通风窗、外推窗、内层内倒窗、室内通风窗及中庭上空的上推窗, 形成自外向内、自下而上的空气流, 带走室内热量, 降低室内温度。

③冬季, 当双层幕墙通道中的温度传感器感测到室内温度值小于等于通道中的温度值并且大于等于室外温度值时, 能关闭外通风窗、外推窗, 打开内层内倒窗, 夹层中的空气在阳光照射下温度升高, 有效提高内层玻璃及空气温度, 气体自然上浮, 与室内形成气体循环, 提高室内温度。

4) 场景控制。场景控制是在室内需要使用空调的过渡季节里, 在建筑物的内庭、公共大空间, 利用室内外风压及室内热压的作用, 打开建筑上部和底部的窗口, 利用自然通风循环降低建筑能耗。

窗的场景控制系统应符合以下要求：

①具有对双层玻璃幕墙外推窗、内倒窗、遮阳帘、外通风窗、内通风窗及内庭上空的上推窗等若干装置控制设定的组合，能形成通风、聚热等空气流场景模式，达到适应室内环境的功能要求。

②应满足夏季形成通风模式：早晨将外推窗、内倒窗、内通风窗打开，利用热空气上升的效应，降低室内温度。

③应满足冬季形成聚热模式：中午关闭外通风窗、外推窗，打开内层内倒窗，通过夹层中的空气在阳光的照射下，温度升高，气体自然上浮，与室内形成气体循环，提高室内温度。

5) 窗的综合集成控制。综合集成控制是通过窗的遮阳、空调、灯光照明等相关设备的综合集成控制，实现节能功能。

窗的综合集成控制系统应符合以下要求：

①能调整遮阳帘板与太阳照射角度，利用光线的反射与散射供室内采光，当达到设定的照度值时，关闭或部分关闭灯光照明，减少室内的用电量、照明灯具产生的热量、空调用电量。

②能调整遮阳帘板与太阳照射角度，降低日光的热辐射，减少空调系统的热负载。

4.6.3 门的节能控制。

实现人员出入门时对门的管理和开启控制，可与室内冷（热）能、照明等设备系统进行反馈控制，避免门开启或室内无人时，上述设备系统仍处于运行状态，以降低能源消耗。

1. 门的开启权限控制系统应符合以下要求：

1) 建筑物出入口门的开启权限控制系统，其按权限设定的通行门能与室内的空调、灯光照明等能源设备实现联动控制的功能。

2) 能根据出入者的权限设定，控制室内能源设备的开启或关闭。

2. 门的状态控制系统应符合以下要求：

1) 建筑物出入口门的控制系统应与室内的空调、灯光照明等能源设备，实现节能的联动控制。

2) 根据门的开启或关闭状态，集成控制室内空调、灯光照明系统的启停，避免室内能源失控及流失。

5 计量与管理

5.1 一般规定

5.1.1 本章涉及的计量装置包括各种类型的电量计量装置、冷热量计量装置及其他用于能量结算和管理的计量装置。

5.1.2 计量装置的设置是为了有效进行能量计量、管理，并保证计量量值的准确、统一和计量装置运行的安全可靠。

5.1.3 计量装置的设置和管理包括计量方案的确定、计量器具的选用、订货验收、检定、检修、保管、安装、竣工验收、运行维护、现场检验、周期检定（轮换）、抽检、故障处理、报废的全过程管理，以及与能量计量有关的能量计费系统、远端集中抄表系统等相关内容。

5.2 电能量计量装置

5.2.1 要点。

1. 电能计量装置的基本要求。

应选用计量检定机构认可的用电计量装置。

- 1) 具有规定的准确度；
- 2) 具有规定的可靠性；
- 3) 功能能够适应管理的要求；
- 4) 有可靠的封闭功能和防窃电性能；
- 5) 装置便于工作人员现场检查和带电作业。

2. 由计算机监测管理的电能计量装置的检测参数，应包括电压、电流、电量、有功功率、无功功率、功率因数等。

3. 执行分时电价的用户，应选用装设具有分时计量功能的复费率电能计量或多功能电能计量装置。

4. 选择电流互感器时，应根据额定电压、准确度等级、额定变比和二次容量等参数确定。对负荷随季节变化较大的用户，建议采用范围较宽的S级电流互感器。

5.2.2 计量装置的故障及计量差错。

1. 各组成部分如测控板（电能表）、互感器、计量二次回路等本身出现故障。
2. 电能计量装置接线错误。
3. 电量计算错误。
4. 窃电行为引起的计量失准。
5. 外力不可抗力因素造成的电能计量装置故障等。

5.2.3 减少计量装置综合误差的方法。

1. 电能表与互感器配合进行误差调整。即尽量使电能表的误差和互感器的合成误差相反，以减少

电能计量装置综合误差。

2. 根据互感器的合成误差合理组合配对。即接于同一元件的电流互感器的比差和电压互感器的比差应大小相等或接近，其符号相反；角差应大小相等或接近，其符号相同。

5.2.4 现场检验用标准器准确度等级。其准确度至少应比被检品高两个准确度等级，其他指示仪表的准确度等级应不低于0.5级，量限应配置合理。

5.3 冷热量计量装置

5.3.1 要点。冷热量计量装置产品的选用，须有《制造计量器具许可证》及产品准予生产、销售的核准文件，以保证产品使用的合法性。

1. 冷热量计量装置的基本要求。

- 1) 技术成熟、准确可靠；
- 2) 经济实用、适应管理要求。

2. 中央空调冷热量计量可选用“热量表”模式和“计时计费”模式，以实现中央空调的分户计量、按量收费。

3. 冷热量计量装置为复合型计量器具，热量表一般由流量计、温度传感器和能量计算器三部分组成，“计时计费”模式一般由计费器和抄表系统（包括中继器、主机和计费软件）两部分组成。

4. 用于供、回水温度测量的传感器通常选铂热电阻，选用时应注意以下方面：

- 1) 尽量选用A级精度的铂热电阻敏感元件；
- 2) 供、回水温度传感器应配对，温度传感器供水温度误差与回水温度误差应大小相等且方向相同，以减少热量计量的误差。

5.3.2 冷热量表的精度要求。

1. 按总量检定时，准确度等级及最大允许相对误差 E 应符合表 5.3.1-1 的规定。

表 5.3.1-1 准确度等级及最大允许相对误差 E (按总量检定)

1 级	2 级	3 级
$E = \pm \left(2 + 4 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \%$ $E = \pm \left(1 + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \% \text{ 且 } \leq \pm 5\%$	$E = \pm \left(3 + 4 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} + 0.02 \frac{q_p}{q} \right) \%$	$E_q = \pm \left(4 + 4 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} + 0.05 \frac{q_p}{q} \right) \%$

注： q_p 为常用流量，对1级表 $q_p \geq 100\text{m}^3/\text{h}$ ； Δt_{\min} 为最小温差； q 为流量； E_q 为流量传感器误差限值； Δt 为温差。

2. 按分量检定时，准确度等级及最大允许相对误差 E 应符合表 5.3.1-2 的规定。

表 5.3.1-2 准确度等级及最大允许相对误差 E (按分量检定)

等级	流量传感器误差限值 E_q	配对温度传感器误差限值 E_t	计算器误差限值 F_g
1 级	$E = \pm \left(1 + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \% \text{ 且 } \leq \pm 5\%$	配对温度传感器的温差误差应满足 $\pm \left(0.5 + 3 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} \right) \%$ 对单支温度传感器温度误差应满足 $\pm (0.30 + 0.005 t) \text{ } ^\circ\text{C}$	$\pm \left(0.5 + \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} \right) \%$
2 级	$E = \pm \left(2 + 0.02 \frac{q_p}{q} \right) \% \text{ 且 } \leq \pm 5\%$		
3 级	$E = \pm \left(3 + 0.05 \frac{q_p}{q} \right) \% \text{ 且 } \leq \pm 5\%$		

注：对1级表 $q_p \geq 100\text{m}^3/\text{h}$ 。

3. 冷热量表示值显示应有适当的分辨力。对于带有冷热流量显示表, 分辨力值宜为误差限的 $1/3 \sim 1/20$ 。

5.4 中央空调系统的计量

5.4.1 要点。

1. 采用中央空调系统的商业建筑宜对中央空调系统进行计量。
2. 中央空调系统可根据工程实际需要进行分区域(层)计量或分户计量。

5.4.2 计量系统类型。空调系统的计量主要有两种类型, 即能量型计量系统和时间型计量系统。

能量型计量系统适用于中央空调的分区域(层)计量和分户计量, 时间型计量系统适用于中央空调的单个风机盘管末端能耗计量(即分户计量)。

5.4.3 能量型分户计量系统:

1. 能量型分户计量系统的组成。本系统由能量积分仪、流量计、温度传感器、通信器(又称数据转发器)、空调计费仪、中央工作站、打印机等设备组成, 见图 5.4.3。

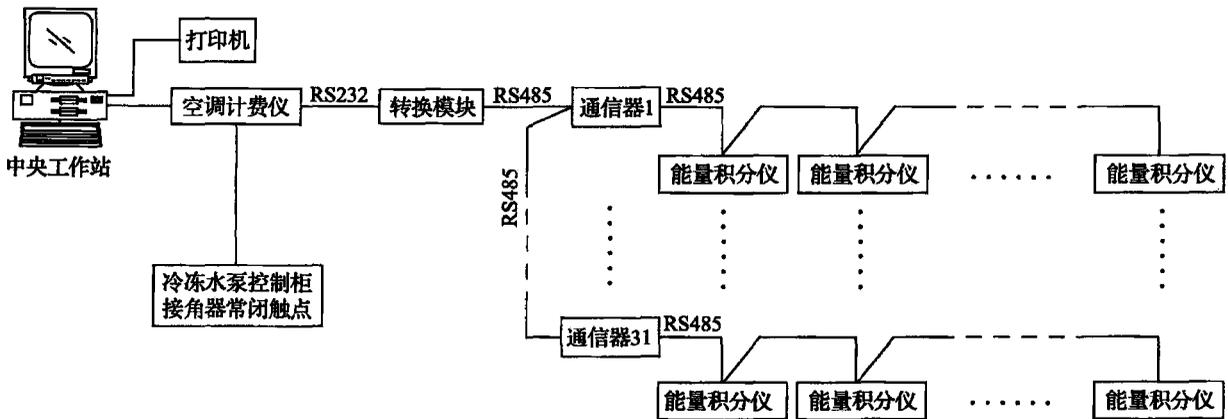


图 5.4.3 能量型分户计量系统框图

2. 能量型分户计量系统的特点。能量型分户计量系统是对每一个风机盘管在一段时间内交换的冷量或热量进行累计, 而得到每一个风机盘管消耗的能量值, 以风机盘管使用的能量值为依据进行收费。计量过程是在空调计费仪接收到冷冻水泵运行情况下进行的。

- 1) 可在不同的时段采用不同的单价, 为不同时段使用或实行分时段电价的用户提供方便的服务。
- 2) 维护费用高、使用寿命短。

①由于流量计容易堵塞、结垢, 通常需要进行定期或不定期的系统维护。在保证精度的情况下, 其使用寿命相对较短。

②为了保证流量计测量的准确性, 规定在使用中每 3~6 年必须进行一次校验。

③当发生堵塞时、流量计或温度传感器发生故障时, 须停机、放水、试压。

3) 受户型结构及功能变化的影响大。能量型分户计量系统一旦安装完成后, 就很难改变, 如果房型结构发生变化, 除非重新安装, 否则很难随之变化。

- 4) 系统设备成本高。

5.4.4 时间型分户计量系统。

1. 时间型分户计量系统的组成。本系统由采集器、温控器、通信器(又称数据转发器)、中央工

工作站、打印机等设备组成，见图 5.4.4-1。

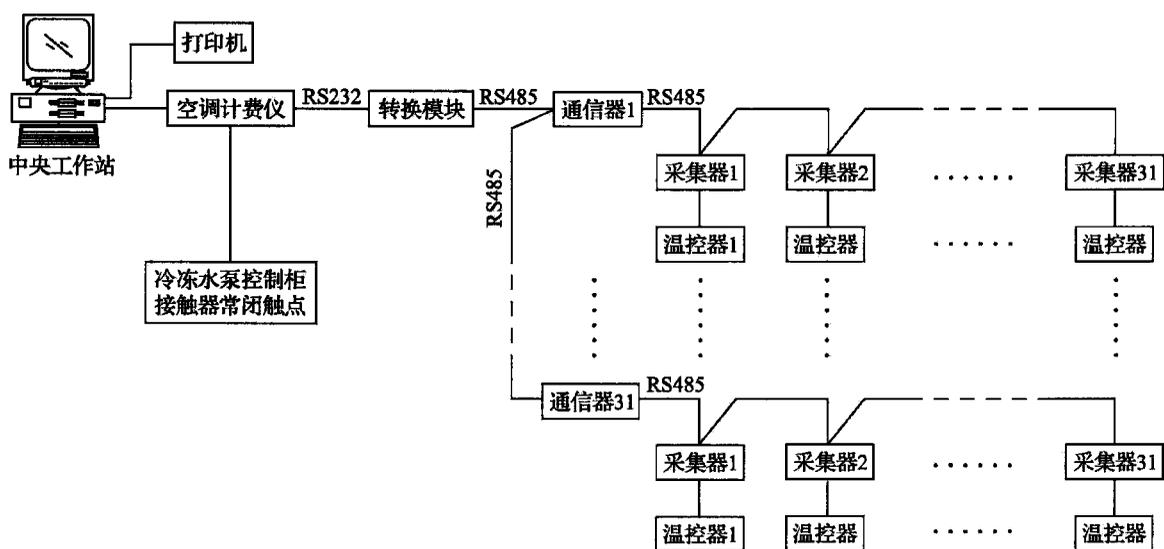


图 5.4.4-1 时间型分户计量方式系统框图

时间型分户计量系统工作流程参见图 5.4.4-2 所示。

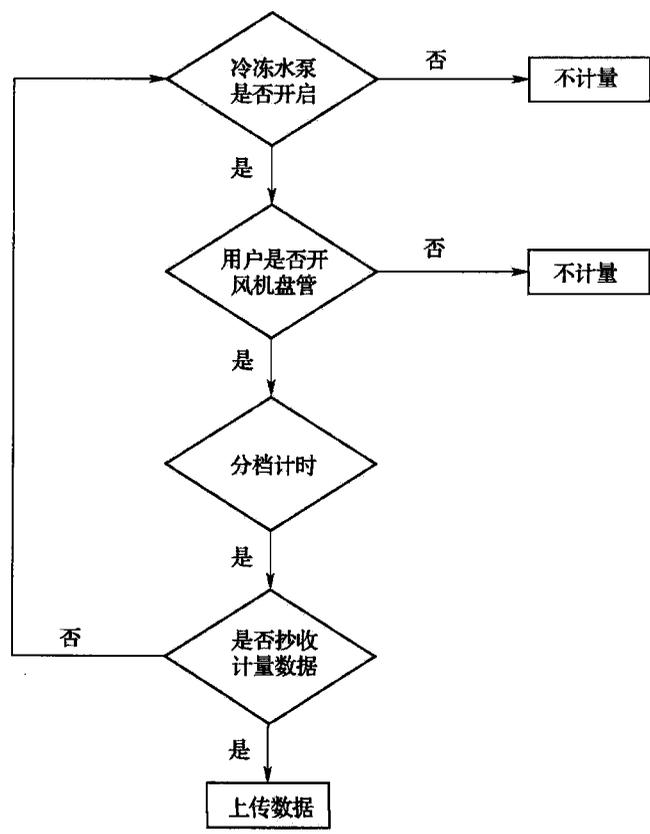


图 5.4.4-2 工作流程图

2. 时间型分户计量方式的特点。

- 1) 测量误差小。
- 2) 时间型分户计量系统为全电子系统，所有连接均为电气连接，故不和空调水系统发生联系，安

装、调试和维护都十分方便，不会影响到空调机组的运行和其他用户的正常使用。

3) 使用寿命长。时间型分户计量系统是一套电子化产品，外界干扰影响小，通常整个系统与电子产品的寿命是一致的。

4) 不受户型结构及功能变化的影响。由于时间型分户计量系统是直接计量到每个风机盘管的末端，因此不管房型结构及用户如何改变，都不用改变整个计费系统，只需改变中央工作站上的用户设定即可。

5) 具有控制功能，可对恶意欠费用户实施停机，禁止其使用空调（风机盘管）。

6) 可在不同的时段采用不同的单价，为不同时段使用或实行分时电价的用户提供方便的服务。

7) 系统设备成本低。

5.5 居住小区的能耗计量

5.5.1 要点。

1. 居住小区住户水、电、气、热的能耗计量，根据居住小区实际管理要求宜采用表具数据自动抄收及远传系统或预付费 IC 卡表。

2. 表具数据自动抄收及远传系统宜采用 M-BUS、RS485、RS232、CAN、LON 等标准接口构成的总线型信道。

5.5.2 计量装置的类型。计量装置有预付费 IC 卡表具、远传表具。

1. 预付费 IC 卡表具：用户预付费 IC 卡到行业管理部门缴费写卡，将购买量等相关信息写入预付费 IC 卡，用户再将缴费 IC 卡插入（或靠近），具有读卡功能的 IC 卡表具，将 IC 卡上数据传递到表内，从而能够实现继续使用相关能源。

预付费 IC 卡表的类型包括接触型预付费 IC 卡表和非接触型预付费 IC 卡表。

1) 接触型预付费 IC 卡表：将 IC 卡插入 IC 卡表具内进行数据传输和数据交换。

2) 非接触型预付费 IC 卡表：采用射频卡技术实现非接触式 IC 卡与 IC 卡表具，通过无线方式进行数据传输和数据交换。

2. 远传表：为住宅中使用的具有信号和数据远传功能的计量表，如远传水表、远传电能表、远传燃气表、远传热能表等。

远传表的类型包括脉冲远传表、直读远传表、数字远传表。

1) 脉冲远传表：输出、传输的信号是脉冲的远传表。

2) 直读远传表：输出、传输的信号是表盘示数的远传表，直读远传表包括摄像直读远传表，字轮代码直读远传表等。

3) 数字远传表：输出、传输的信号是数据（数字）的远传表。

5.5.3 表具数据自动抄收及远传系统。

1. 系统的组成。系统由远传表、采集器、集中器、主站通过信道连接起来，并运行抄表系统软件，实现表具数据自动抄收及远传，系统结构如图 5.5.3 所示。

2. 系统的要求。

1) 系统的功能：系统应将远传表的数据经采集器或集中器传输到主站，并对数据进行处理、存储，按操作员的命令显示和打印出各用户月计费清单，显示和打印月、季、年报表。

2) 准确度：系统的准确度应满足《住宅远传抄表系统 数据专线传输》JG/T 162—2004 的要求。

3) 一次抄读成功率：系统对用户水表、电能表、燃气表、热能表等一次抄读成功率应不小于 99%。

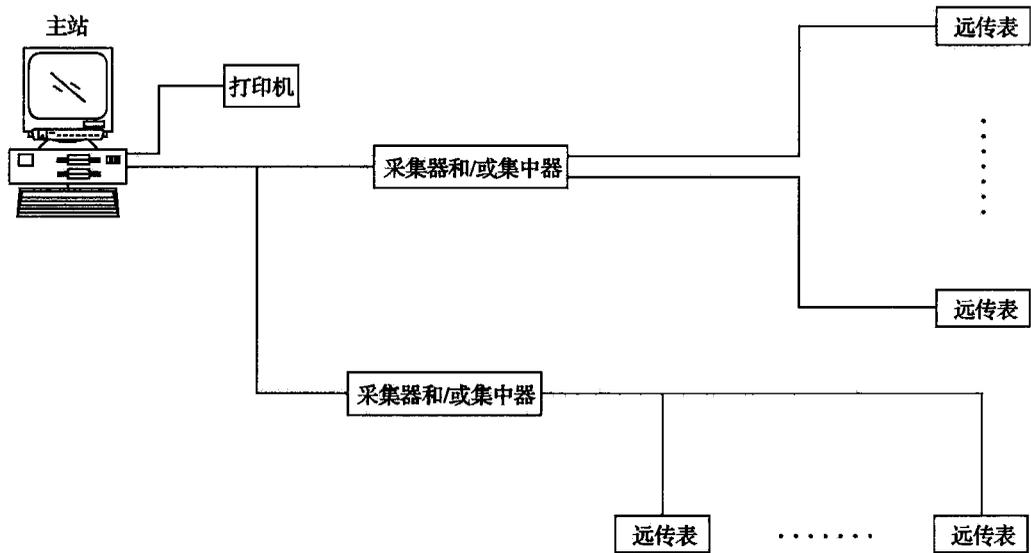


图 5.5.3 表具数据自动抄收及远传系统结构示意图

- 4) 数据抄读总差错率：数据系统对用户水表、电能表、燃气表、热能表等的数据抄读的总差错率应不大于 1%。
- 5) 开路、短路：系统中信道在任意位置开路、短路时，主站应发出报警信号，并宜显示具体位置，以便维修。
- 6) 主站断电：主站由交流供电，断电 48h 后，恢复供电，系统仍正常工作，不应丢失数据。
- 7) 安全：应能设置密码，非授权人员不能操作。

6 可再生能源利用

6.1 一般规定

6.1.1 本章包括风能和太阳能应用的基本设计方法、应用系统的基本组成以及应用中的注意问题等。

6.1.2 为了促进可再生能源的开发利用，增加能源供应，改善能源结构，保护环境，应做好可再生能源利用的工程设计，提高总体性价比。

6.2 太阳能光伏电源系统

6.2.1 要点。

1. 太阳能光伏电源系统分类。

1) 根据提供电力的种类，分为直流供电系统、交流供电系统和交直流供电系统；

2) 根据能源获得途径，分为光伏供电系统、风光互补供电系统；

3) 根据系统的运行模式，分为独立型系统（独立运行发电）、并网型发电系统。

2. 太阳能光伏电源系统可广泛应用于公园、景区、广场、城市次干道、乡村及城市居民小区的功能照明和景观照明，以及交通指示等多种场合。

3. 太阳能光伏电源系统的总效率由太阳能光伏电池组件的 PV 转换效率、控制器效率、蓄电池效率、逆变器效率及负载的效率等组成。太阳能光伏电池组件的转换效率目前在 17% 左右。

6.2.2 我国太阳能的使用条件和地区。

我国地处北半球，南北从北纬 $4^{\circ} \sim 52.5^{\circ}$ ，东西自东经 $73^{\circ} \sim 135^{\circ}$ 。全国各地的年太阳辐射总量为 $931 \sim 2334 \text{ kWh/m}^2$ ，中值为 1633 kWh/m^2 。

我国各地区的太阳能资源分布，可划分为五类地区，参见表 6.2.2。

表 6.2.2 我国各地区的太阳能资源分布表

类型	地 区	年日照时数 (h)	年辐射总量 [kWh/(m ² ·年)]
1	宁夏北部、甘肃北部、新疆东部、青海西部和西藏西部等地	2800 ~ 3300	1856 ~ 2334
2	河北西北部、山西北部、内蒙古南部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、西藏东南部和新疆南部等地	3000 ~ 3200	1625 ~ 1856
3	山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部、福建南部、苏北、皖北、台湾西南部等地	2200 ~ 3000	1389 ~ 1625

续表 6.2.2

类型	地 区	年日照时数 (h)	年辐射总量 [kWh/(m ² ·年)]
4	湖南、湖北、广西、江西、浙江、福建北部、广东北部、陕南、苏北、皖南以及黑龙江、台湾东北部等地	1400 ~ 2200	1167 ~ 1389
5	四川、贵州两省	1000 ~ 1400	931 ~ 1167

注：1类地区为太阳能资源最丰富的地区，2类地区为太阳能资源较丰富地区，3类地区为太阳能资源中等类型地区，4类地区是太阳能资源较差地区，5类地区是太阳能资源最少的地区。

我国是太阳能资源相当丰富的国家，1、2、3类地区约占全国总面积的2/3以上，年太阳辐射总量高于1389 kWh/m²，年日照时数大于2200h，具有利用太阳能的良好条件。特别是1、2类地区，人口稀少、居住分散、交通不便，可考虑采用太阳能资源。

6.2.3 系统组成。

由太阳能光伏电池组件、控制器、蓄电池、逆变器、灯具等组成。

1. 太阳能光伏电池组件。

太阳能光伏电池组件由太阳能电池片经串并组合，形成不同规格的电池板，分单晶硅、多晶硅和非晶硅三种，多晶硅的占有量最大，约占80%左右。

太阳能光伏电池组件的功率计算：

$$\text{太阳能光伏电池组件功率 } W_p \text{ (W)} = \frac{\text{照明负荷光源功率} \times \text{每天照明时间} \times \text{冗余系数}}{\text{当地平均日照时间}}$$

式中冗余系数取1.6~2.0。

2. 控制器。

太阳能光伏电源控制器采用最大功率点跟踪（MPPT）和脉宽调制（PWM）技术，控制电路以微处理器或DSP芯片为核心，可以极大地提高太阳能的转换效率，并通过对充放电过程进行智能控制，延长蓄电池的使用寿命，实现长期免维护自动运行。

目前国内生产的控制器类型见表6.2.3-1：

表 6.2.3-1 控制器的类型和特性

控制器类型	技术特点	应用场合
小型充电控制器	<ul style="list-style-type: none"> • 两点式（过充和过放）控制，也有充电过程采用PWM控制； • 继电器或MOSFET作开关器件； • 防反充电； • 有过充电和过放电点LED指示； • 一般不带温度补偿 	用于小型太阳能电源系统
多路充电控制器	<ul style="list-style-type: none"> • 可接入2~8路太阳能电池组件，充满时逐路断开； • 过放电控制：一点式； • 开关器件：继电器、MOSFET、IGBT、可控硅； • 防反充电； • LED和表头指示； • 普通型没有温度补偿功能 	用于较大型光伏系统和光伏电站

续表 6.2.3-1

控制器类型	技术特点	应用场合
智能控制器	<ul style="list-style-type: none"> • 采用太阳能电池组件最大功率点跟踪技术,提高了太阳能的转换效率; • 对蓄电池的充放电进行智能管理,实现快充、过充、浮充三个阶段过程控制; • 提高蓄电池的使用寿命; • 可实现天黑后自动供电、天亮时自动关闭或延时关闭; • 过充电和过放电保护; • 市电切换; • 负载短路保护; • 输入短路保护; • 正负极反接保护; • 防止反充(蓄电池向太阳能光伏电池组件)功能; • 温度补偿功能; • 简单易懂的LED状态指示 	用于较大型光伏系统和光伏电站及通信系统

3. 蓄电池。

蓄电池是光伏电源系统的关键部件,目前我国用于光伏发电系统的蓄电池多数是铅酸蓄电池(其中包括胶体蓄电池),只在高寒户外系统采用镉镍电池。

1) 蓄电池容量计算方法:

$$\text{蓄电池容量 Ah (A} \cdot \text{h)} = \frac{\text{照明负载光源功率} \times \text{每天照明时间} \times \text{连续阴雨天数} \times \text{冗余系数}}{\text{蓄电池电压}}$$

式中冗余系数取 1.6~2.0。

蓄电池容量应在满足夜晚照明的前提下,把白天太阳能电池组件的能量尽量在存储下来,并能存储满足连续阴雨天夜晚照明需要的电能。但若容量过大,使蓄电池处在亏电状态,将影响蓄电池寿命,造成浪费。

2) 铅酸蓄电池。铅酸蓄电池的分类和技术特性表 6.2.3-2。

表 6.2.3-2 铅酸蓄电池的分类和技术特性

蓄电池种类	技术特性	寿命(年)	应用场合
固定式铅酸蓄电池 (2V 系列)	<ul style="list-style-type: none"> • 允许深放电(80%); • 寿命:80% >2000次,浮充寿命 >10年; • 耐过充过放能力强; • 自放电:5%/月; • 容量范围:200~3000Ah; • 有酸雾,需要隔离安放; • 需要补充蒸馏水或去离子水,维护工作量大; • 安装和运输不方便 	10~15	有补充蒸馏水条件的通信系统和大型光伏电站系统(>200Ah),也用于大型风光互补电站

续表 6.2.3-2

蓄电池种类	技术特性	寿命 (年)	应用场合
工业型阀控免维护密封铅酸蓄电池 (2V 系列)	<ul style="list-style-type: none"> • 不允许过充电和过放电; • 寿命: 80% 400 次, 20% 1500 次, 浮充寿命 7~8 年; • 自放电: 5%/月; • 容量范围: 200~3000Ah; • 无酸雾溢出, 不需要隔离安放; • 免维护, 不用补水; • 安装和运输方便 	7~8	主要用于通信领域, 也用于 200W 以上的光伏发电系统或电站
小型阀控密封铅酸蓄电池 (6V、12V 系列)	<ul style="list-style-type: none"> • 不允许过充电和过放电; • 寿命: 浮充寿命 3~5 年; • 自放电: 5%/月; • 容量范围: 200Ah 以下; • 无酸雾溢出, 不需要隔离安放; • 免维护, 不用补水; • 安装和运输方便 	3~5	主要用于功率小于 200W 的光伏发电系统
汽车启动电瓶	<ul style="list-style-type: none"> • 不允许深放电 (20%); • 寿命: 浮充寿命 >5 年; • 自放电: > 8%/月; • 容量范围: 50~200 Ah; • 有酸雾, 需要隔离安放; • 需要补充蒸馏水或去离子水, 维护工作量大; • 安装和运输不方便 	> 5	不适合用在光伏发电系统, 常常用于小型风力发电系统

4. 逆变器。

逆变器可分为自激式振荡逆变和他激式振荡逆变, 按照波形可以分为方波逆变器和正弦波逆变器。主要功能是将蓄电池的直流电逆变成交流电, 经过调制、滤波、升压等, 得到与照明负载频率、额定电压等匹配的正弦波交流电源, 供系统终端用户使用。

逆变器的失效将导致恶性断电事故, 逆变效率和可靠性是其关键参数。逆变器的技术指标见表 6.2.3-3。

表 6.2.3-3 逆变器的技术指标

技术特性	方波逆变器	正弦波逆变器
功率范围	50 ~ 800V · A	1 ~ 100kV · A
相数	单相	单相或三相
波形	方波	正弦波

续表 6.2.3-3

技术特性	方波逆变器	正弦波逆变器
阻性负载效率	75% (负载为 10% 时) 85% (负载为 100% 时)	70% (负载为 10% 时) 80% (负载为 100% 时)
保护功能	欠压、过压保护 过流保护 短路保护	欠压、过压保护 过流保护 短路保护
应用场合	小功率系统	大功率系统和电站

6.2.4 应用注意事项。

1. 使用地点及负荷情况。

1) 使用地点的日光辐射情况；

2) 系统的负载情况：纯电阻性、电容性还是电感性负载，负载功率，负载启动电流；

3) 系统的输出电压，每天需要工作时间；

4) 阴雨天气，系统需连续供电天数。

2. 光伏电池的输出伏安特性具有较强的非线性，与日照强度、环境温度、阴雨、雾等许多气象因素有关，考虑应用系统的实际负载特性，一般只将光伏电池用作电压源，根据系统的电压等级及容量，将光伏电池若干组串并联连接。

3. 应从可靠性、性价比、色温和发光效率等方面综合考虑选择光源，目前可选择大功率 LED 灯、高效节能灯、高压钠灯、低压钠灯、电磁感应灯（无极灯）和小功率金属卤化物灯等。

4. 太阳能灯具的设计与使用地区有关。太阳能电池组件额定输出功率和灯具输入功率之比大约是 2:1~4:1，具体比例要根据灯具每天工作时间以及对连续阴雨天照明要求决定。太阳能组件的面积与输出功率的对应关系大约为 $120\text{W}/\text{m}^2$ 。

5. 太阳能电池组件的安装。

太阳能电池组件的输出功率与安装角度和装饰性外罩有关，如水平放置，输出功率将减少 15%~20%，再在电池上增加一个装饰性外罩，输出功率又将减少 5% 左右。在我国，太阳能电池组件的安装方向为正南方时，安装的倾斜角度见表 6.2.3-4。

表 6.2.3-4 我国 30 个主要城市纬度及最佳安装倾角

城市	纬度	最佳倾角	城市	纬度	最佳倾角
北京	39.80	纬度 +4	乌鲁木齐	43.78	纬度 +12
天津	39.10	纬度 +5	西宁	36.75	纬度 +1
哈尔滨	45.68	纬度 +3	兰州	36.05	纬度 +8
沈阳	41.77	纬度 +1	西安	36.30	纬度 +14
长春	43.90	纬度 +1	上海	31.17	纬度 +3
呼和浩特	40.78	纬度 +3	南京	32.00	纬度 +5
太原	37.78	纬度 +5	合肥	31.85	纬度 +9

续表 6.2.3-4

城市	纬度	最佳倾角	城市	纬度	最佳倾角
拉萨	29.70	纬度-8	长沙	28.20	纬度+6
杭州	30.23	纬度+3	香港	22.00	纬度-7
南昌	28.67	纬度+2	海口	20.03	纬度+12
福州	26.08	纬度+4	南宁	22.82	纬度+5
济南	36.68	纬度+6	成都	30.67	纬度+2
郑州	34.72	纬度+7	贵阳	26.58	纬度+8
武汉	30.63	纬度+7	昆明	25.02	纬度-8
广州	23.13	纬度-7	银川	38.48	纬度+2

6.3 风力发电系统

6.3.1 要点。

1. 选择合适的小型风力发电机要了解当地风资源情况，并考虑适合于用户用电的需求。

2. 根据应用场合的不同，分为独立型系统（独立运行发电）、并网型发电系统。并网型与城市（地区）供电网联网供电；独立型应用在无电网地区，需与蓄电池和其他控制装置组成独立运行风力机发电系统，一般容量较小。

3. 风光互补系统。利用风能、太阳能互补供电系统，即使用风力发电机和太阳能电池组件、控制器、蓄电池、逆变器等组成供电系统。风光互补系统对于能应用风能、太阳能供电，又对供电的功率、供电连续性有一定要求的场合是非常合适的。

6.3.2 系统组成。

小型风力发电系统包括：风轮、发电机、调速和调向机构、停车机构、塔架和拉索以及控制器、蓄电池、逆变器等。

1. 风轮：小型风力机的风轮大多用2、3个叶片组成，它是把风能转化为机械能的部件。

2. 发电机：小型风力发电机一般采用永磁式交流发电机，由风轮驱动发电机产生的交流电经过整流后变成可以储存在蓄电池中的直流电。

3. 调向机构、调速机构和停车机构：风轮旋转面应垂直于风向，若风速太大，要限制风轮的转速，防止部件损坏，并把发电机的功率输出限定在一定范围内。特别在蓄电池已经充满时，应控制风力机停机。

4. 小型风力机的塔架一般由塔管和3、4根拉索组成，高度6~9m。也可根据当地实际情况灵活选取。

5. 蓄电池多采用专用铅酸蓄电池。也有选用镉镍碱性蓄电池，但价格较贵。

6. 控制器：控制器是控制和显示风力机对蓄电池充电，使之不过充和过放，以保证蓄电池的正常使用和系统的可靠工作。

7. 逆变器：逆变器是把直流电（12V、24V、36V、48V）变成220V交流电的装置。

6.3.3 风力发电系统应用注意事项。

1. 风力机、蓄电池、逆变器要互相匹配，并与用电设备的功率和耗能相匹配。蓄电池除了要存入风力机每天的发电量，还要在无风时，保证一定时间内的正常供电。蓄电池容量选择应考虑经济合理。

2. 逆变器的选择。

1) 逆变器的额定功率应大于所有用电设备的额定功率，其峰值功率和持续运行时间应满足这些设备的启动要求。

2) 要考虑逆变器的输出波形，避免谐波对家用电器等造成干扰，造成电机过热，影响使用寿命。

3) 风力发电机要选择合适的安装位置。小型风力机的安装应注意以下几点：

①确定当地的主风向，风力机应安装在主风向的上风头，尽量避免房屋或树木及其他障碍物的遮挡。

②尽量避免风的紊流的影响。

③应选择合适的安装高度，风力机风轮高度范围内的风速垂直切变要小。

主要依据的标准规范

1. 《民用建筑设计通则》 GB 50353—2005
2. 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189—2005
3. 《民用建筑节能设计标准》 JGJ 26—95
4. 《住宅建筑规范》 GB 50368—2005
5. 《住宅设计规范》 GB 50096—99
6. 《供配电系统设计规范》 GB 50052—95
7. 《10kV 及以下变电所设计规范》 GB 50053—94
8. 《低压配电设计规范》 GB 50054—95
9. 《通用用电设备配电设计规范》 GB 50055—93
10. 《电力工程电缆设计规范》 GB 50217—94
11. 《民用建筑电气设计规范》 JGJ/T 16—92
12. 《建筑照明设计标准》 GB 50034—2004
13. 《智能建筑设计标准》 GB 50314—2000
14. 《电能质量公共电网谐波》 GB/T 14549—93
15. 《公共建筑电磁兼容设计规范》 DG/T J08—1104—2005