

建筑电气设计基础知识

朱庆元 商文怡 编



中国建筑工业出版社

建筑电气设计基础知识

朱庆元 商文怡 编

中国建筑工业出版社

目 录

第一章 建筑电气设计概况	1	第一节 照明的控制	55
第一节 建筑电气设计的任务与组成	1	第二节 照明支路的分路	57
第二节 建筑电气设计与建设单位、施工单 位以及公用事业等单位的关系	1	第三节 室内明配线	57
第三节 建筑电气设计与建筑、结构、采暖、 通风、给排水设计的协调	2	第四节 室内暗配线	62
第四节 建筑电气设计的原则与步骤	3	第六章 室内照明设计	65
第五节 建筑电气设计的图纸与说明	4	第一节 照明设计原则	65
第二章 室内一般照明的基本 知识	6	第二节 居住建筑照明设计	66
第一节 照明系统的概念	6	第三节 办公、科研、教学建筑照明 设计	69
第二节 照明技术常用参数	10	第四节 商业、服务业建筑照明设计	75
第三章 照明光源与灯具	17	第五节 文化娱乐建筑照明设计	78
第一节 光源的光电参数	17	第六节 医疗建筑照明设计	83
第二节 白炽灯	20	第七节 机电设备用房的照明	84
第三节 卤钨灯	21	第八节 装饰照明	85
第四节 荧光灯	21	第七章 室外照明	87
第五节 高压汞灯	23	第一节 投光照明	87
第六节 高压钠灯	23	第二节 建筑物的装饰照明	101
第七节 金属卤化物灯	24	第三节 道路照明	104
第八节 氙灯	24	第四节 室外照明线路敷设	107
第九节 照明灯具的光学特性	25	第八章 高低压电器	109
第十节 建筑化、装饰化照明装置	28	第一节 开关消弧的一般机理	109
第十一节 空调灯具	29	第二节 高压电器产品的型号和使用环境 条件	111
第十二节 灯具的安装	30	第三节 高压少油断路器	112
第四章 照明灯具的布置及照度 计算	31	第四节 高压真空断路器	114
第一节 灯具的布置	31	第五节 六氟化硫高压断路器	115
第二节 光通法照度计算	32	第六节 高压负荷开关	115
第三节 点光源逐点法计算直射照度	40	第七节 高压隔离开关	116
第四节 线光源逐点法计算直射照度	42	第八节 操动机构	118
第五节 面光源逐点法计算直射照度	48	第九节 高压熔断器	120
第六节 平均照度的测定	53	第十节 高压仪用互感器	122
第七节 明视与装饰相结合的灯具 布置与计算	53	第十一节 高压避雷器	126
第五章 照明装置的电气部分	55	第十二节 高压绝缘子	127
		第十三节 低压电器的全型号	129
		第十四节 低压电器的防护型式	130
		第十五节 低压电器的正常工作环境	

条件	131	第六节 按电压损失条件选择导线	
第十六节 低压刀开关和刀形转换开关	132	截面	233
第十七节 低压熔断器	138	第七节 按机械强度选择导线截面	240
第十八节 低压自动开关	143	第八节 按电流经济密度选择导线截面	241
第十九节 低压接触器	149	第十四章 10kV 变电所	242
第二十节 热继电器	150	第一节 高压供电系统	242
第二十一节 低压起动器	152	第二节 常用的高低压主结线系统	244
第二十二节 主令电器	155	第三节 变电所的类型	247
第二十三节 继电器	160	第四节 高压电器的选择	254
第九章 用电设备的供电及其		第五节 继电保护装置的作用和要求	256
保护	165	第六节 过电流保护装置的灵敏度	257
第一节 照明灯具的供电与保护	165	第七节 10kV 线路的保护	260
第二节 电热器类用电设备的供电与		第八节 10/0.4kV 变压器保护	268
保护	166	第九节 10kV 分段母线的保护	270
第三节 电动机的供电与保护	167	第十节 变电所二次结线示例	271
第四节 小型变压器的供电与保护	170	第十五章 防雷	277
第五节 一般民用建筑用电设备的供电与		第一节 雷电的基本知识	277
保护特点	170	第二节 民用建筑物的防雷分级	279
第十章 低压供配电系统	176	第三节 防雷装置	281
第一节 城市电网概述	176	第四节 一类防雷建筑物的保护措施	284
第二节 供电质量	177	第五节 二类防雷建筑物的保护措施	285
第三节 供配电系统设计原则	181	第六节 三类防雷建筑物的保护措施	285
第四节 低压供电系统	183	第七节 10kV 变电所的防雷电波侵入	286
第五节 低压配电系统	189	第十六章 接地	288
第十一章 负荷计算	194	第一节 变压器的中性点工作接地及零线的	
第一节 电力负荷的估算	196	重复接地	289
第二节 照明支路负荷计算	197	第二节 保护接零	290
第三节 动力支路负荷计算	198	第三节 保护接地	291
第四节 照明负荷需用系数	198	第四节 漏电保护装置	292
第五节 动力负荷需用系数	199	第五节 接地装置	294
第六节 “负荷分析算法”	200	第六节 接地电阻的计算与测量	295
第十二章 短路电流计算	203	第七节 降低土壤电阻系数的措施	300
第一节 由无限容量系统供电的三相短路		第八节 接触电压与跨步电压	301
电流简析	205	第九节 电子计算机接地	302
第二节 高压短路电流计算	206	第十节 医疗电器接地	303
第三节 低压短路电流计算	211	第十一节 共用接地	304
第十三章 低压供配电线路	216	第十七章 电话	305
第一节 室外低压架空线路的敷设	216	第一节 电话交换技术	305
第二节 室外低压电缆线路	220	第二节 电话交换站	308
第三节 室内配电线路敷设	224	第三节 电话传输线路	317
第四节 低压配电线路的保护	229	第十八章 广播	324
第五节 按发热条件选择导线截面	229	第一节 声的基本知识	324

第二节 扩音机327

第三节 话筒329

第四节 扬声器331

第五节 扬声器的配接334

第六节 扬声器的布置与功率选择338

第七节 广播室（站）344

第八节 广播网络345

第十九章 共用天线电视系统348

第一节 系统概述348

第二节 系统中各元件的主要技术特性357

第三节 系统设计362

第四节 系统的安装368

第五节 系统测试仪表369

第二十章 高层民用建筑电气设计372

第一节 高层建筑的消防电气设计要求372

第二节 火灾自动报警系统375

第三节 火灾事故照明与疏散指示标志384

第四节 火灾事故广播、火警电铃和紧急电话系统385

第五节 消防设施的控制386

第六节 高层建筑的低压配电系统395

第七节 高层建筑内的变电所399

第八节 高层建筑的防雷与接地400

第九节 自备电源401

第十节 自动化管理与控制简述409

第一章 建筑电气设计概况

第一节 建筑电气设计的任务与组成

城市建设的基本内容之一是建造房屋及其配套设施。建筑电气是其中一部分，它的任务是实现建筑物的功能，满足建设单位的使用要求。从某种意义上讲，建筑电气设施的优劣标志着建筑物现代化的程度。而建筑电气设计又是体现上述问题的关键，因此搞好建筑电气设计是基本建设中十分重要的一环。

建筑电气从广义上讲包含工业与民用建筑电气两个方面。本书仅讨论民用建筑范畴内的问题。概括地说，建筑电气设计的内容可以分为两大部分：

（1）照明与动力（“强电”系统）

它包括照明、供配电、建筑设备的控制、防雷、接地等。这部分中的照明、供配电、防雷、接地是传统的设计内容。随着建筑现代化程度的提高以及建筑向高空发展，建筑设备的控制要求愈来愈高，因此其内容也愈来愈复杂。

（2）通讯与自动控制（“弱电”系统）

这部分含有电话、广播、呼唤信号、电视系统、空调自控、火灾报警与消防自控、机电设备自控等各系统。其中电话、广播、呼唤信号也是传统的设计内容。电视系统及各种自动控制系统等属新增的内容，它们是体现建筑现代化的重要组成部分，尤其是高层建筑所必不可少的装备。

随着经济和技术的发展，“强电”与“弱电”的关系愈来愈紧密，由于电气设备的更新和微机的普及，所谓传统的设计内容被赋予了新义。总而言之，建筑电气设计的内容愈来愈多，技术愈来愈新，作为建筑电气设计工作者，除了要具有扎实的基本专业理论外还要随时注意新设备、新工艺、新技术的出现，以便在工程设计中应用。为了适应电气技术的发展，在设计中尚应留有余地或考虑日后有更新的可能。一般说来，建筑是“百年大计”，其中的电气设备不可能考虑到百年，但也应在相当一段长的时期内能适应建筑功能的需要，而且在这以后能不影响建筑结构安全、不致大量损坏建筑装修的情况下，改造或增加电气设施。例如我们设计一幢普通的办公楼，目前电气的安装项目仅仅是照明供电及电话而已，但随着时间的推移，“办公自动化”将会愈来愈普及，因此在设计中应多设一些电源插座和将电话管路放大，以便日后接用办公自动化设备及接入数据传输网络。

第二节 建筑电气设计与建设单位、施工单位以及公用事业等单位的关系

要做好一项建筑电气设计，必须首先了解建设单位的需求和他们所提供的设计资料，必要的时候还要索取和前往调查了解电气使用情况。完工后的建筑工程总是交付建设单位

使用，因此从这个意义上说满足使用单位的使用需要是设计的最根本目的。当然，我们不是盲目的去满足，而是在客观条件许可之下恰如其分地去实现的。因此我们在设计中应该进行多方案的比较，选出技术、经济合理的方案，付诸设计和施工。其结果应当是，既满足建设单位当前的使用和尽量减少总投资，又保证建设单位日后能够维护管理和降低日常开支。

设计是用图纸表达的产品，尚必须由施工单位去建造工程实体。因此，设计方案能否施工是问题的另一个很重要的侧面，否则仅是“纸上谈兵”而已。一般来讲设计者应该掌握电气施工工艺，起码应该了解各种安装过程，以使图纸能够“兑现”。在施工前需将设计意图向施工一方进行“交底”，“交底”的过程也可能是一次“磋商”改进设计的过程。当然，施工一般是严格按照设计图纸进行安装的，遇有设计更改或材料代用等需要经过“洽商”，“洽商”作为设计图纸的补充，最后纳入竣工图内。

由于电气装置使用的能源和信息是来自市政设施的不同系统，因此，在开始进行设计方案构思时即应考虑到能源和信息输入的可能性及其具体措施。与这方面有关的设施是供电网络、通讯网络和消防报警网络等，相应地就要和供电、电信和消防等部门进行业务联系。

“安全用电”在建筑设计中是个特别重要的问题。为此，设计中考虑许多安全用电措施是非常必要的，仅此尚不完善，还要保证建筑电气设计的内容完全符合电气的规程、规定。除了符合国家的或有关部的规程、规范以外，还要符合地区的规程、规范，尤其是当地有关部门根据当地环境和事故经验所规定的各项技术要求。在这方面当地供电、电话和消防等部门不但是能源和信息的供应单位，而且还是“安全用电”和“防火报警”的管理部门。建筑电气设计与安装的关键部位应经这些部门的审查方能施工与验收。

第三节 建筑电气设计与建筑、结构、采暖、通风、给排水设计的协调

建筑电气是建筑工程中的一部分，它相当于人体的“神经系统”，与其本体不可分割，而且与其它“系统”纵横交错，休戚相关。人体的各个组成部分是巧妙结合的一个统一体，它的各个方面各个系统所具备的单独功能组合成协调的健康人的机能。一幢具备完善功能的建筑物与人一样，也应该是土建及电、水、暖、通等系统所组成的统一体。因此，一个完善的建筑设计决不是一个专业所能决定的，只能是各专业密切协调下的产物。建筑电气的设计必须与建筑协调一致，按照建筑的格局进行布置，同时要不影响结构的安全，在结构安全的许可范围之内“穿墙越户”。建筑电气与建筑设备则由于管道纵横交错，“争夺地盘”的矛盾特别多，为此，要象人体一样各行其道，那就是与设备专业协调“划分地盘”。例如插座设于内墙，炉片设于外墙，如图1-1所示，这样既可使电气插座与炉片等发热体保持相当的距离，又可避免电气管路与暖气管路的靠近，影响施工和使用。又如在走廊内敷设干线、干管时，设计中先约定电气线槽与设备干管各沿走廊的一侧敷设，并协商好相互跨越时的标高，见图1-2所示。电气和设备两个专业在设计具体管线时，即应以事先约定的敷设部位进行布置，这样可以基本上避免各自在完成图纸后发生的矛盾。当然事先约定的敷设部位，在局部范围内可进行调整，但是调整前必须征得对方的同意。

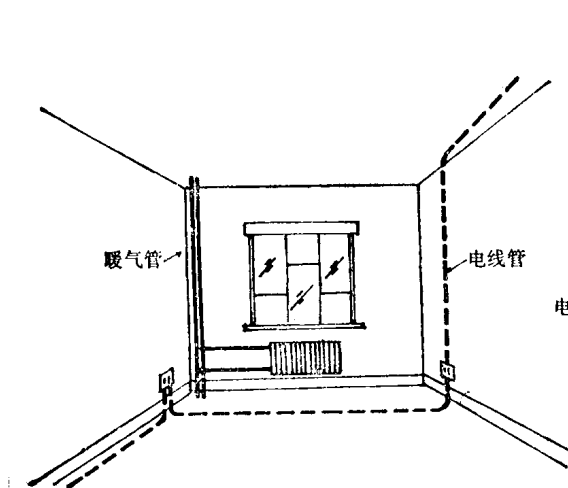


图 1-1 内墙敷设电气管路外墙敷设暖汽管路的示意

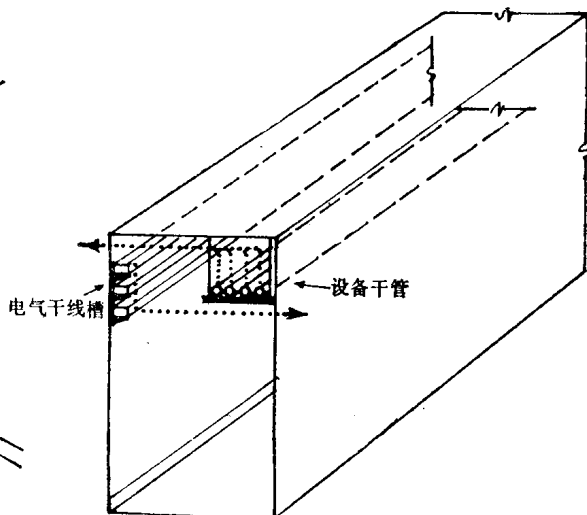


图 1-2 走廊内电气线槽与设备干管分两侧敷设示意

总之，建筑电气应主动与土建、暖通、上下水、煤气、热力等在设计中协调好，而且要认真进行专业间的校对，否则容易造成工程返工和建筑功能上的损失。

第四节 建筑电气设计的原则与步骤

建筑电气设计所遵循的设计原则，应当是满足使用要求和保证“安全用电”。在此基础上确立技术先进、经济合理的各项工程系统并选用安全可靠、安装维护方便的设备来实现各项工程的内容。考虑到日用电器的普及和经济条件的改善，在设计中要留有余地和适应将来的发展。

怎样做到满足使用呢？我们应该从调查实际入手，掌握现有的同类工程的使用情况。这有点像作家体验生活那样，只有丰富的生活积累才能写出好的作品来一样，只有充分了解现状，才能作出适用可行的设计。

这里，特别需要强调的是保证“安全用电”，不言而喻，这是涉及人的生命和财产的重要问题。为此，设计任务一接到手就首先应该了解建筑物的防火、防爆、防雷等级。因为不同级别或类别的建筑物对“安全用电”有不同的具体要求和规定。例如一幢高度超过50米的公共建筑，其消防设备供电列为一级负荷，其防雷列为二类。

除了上述按建筑物的要求划分级别外，还要考虑建筑物内有特殊用途的房间需设置专用的保安系统而不致漏项，例如高层建筑的疏散走道需事故疏散照明与标志，医院手术室需设防静电接地等。

当然，电气系统的安全可靠，人和设备的安全防护，在电气的规程规范中都有具体规定，我们在设计中除了应该完全遵守以外，对那些未涉及的部分也应参照类似规定的精神采取保安措施。

建筑电气设计的步骤，一般可分为初步设计和施工图两个阶段。

初步设计阶段主要是：了解和确定建设单位的用电要求；落实供电电源及配电方案；

确定工程项目及安装方式；估算各项技术与经济指标。这里面，了解用电要求和落实供电电源必须首先进行，否则其它工作无法开展。有一个容易忽略的问题，就是配电系统所必需的土建条件。这个问题必须在初步设计中解决，否则到施工图阶段将造成很大的被动，甚至影响设计质量。

施工图阶段主要是：具体设计布置和计算，各种电器设备的选型以及确定具体安装工艺。这一阶段需要注意的是与各专业的配合，尤其是对建筑空间、建筑构造、采暖通风上下水管道的布置要有所了解，以免盲目布置电气设施而造成返工。

上述为一般建筑工程的情况，较复杂和较大型的工程建筑还有个方案遴选阶段，建筑电气应与之配合。同时，建筑电气本身也应进行方案比较，采取切实可行的系统方案。特别复杂的工程尚需绘制管道综合图，以便于发现矛盾和施工安装。

第五节 建筑电气设计的图纸与说明

对建筑电气的图纸与说明，按工程的规模及设计阶段不同而有不同的要求。

在初步设计阶段中，对中小型工程一般以电气设计说明为主，而以图纸为辅。其设计说明要点为：

（1）工程设计范围（如一般照明、事故照明、工艺设备供电、建筑设备机泵供电、电梯供电、工艺设备控制、建筑设备机泵的控制、声光信号系统、电话配线、广播配线、共用天线电视系统、防雷接地等。

（2）主要照明光源。

（3）电力负荷级别及预计设备容量。

（4）供电电源落实情况。

（5）安全保护措施（防雷、防火、防爆级别，接零、接地保护等）。

（6）主要设备及线路安装方式及选材。

对一些典型房间的电气布置可在建筑平面图中示意或在设计说明中用文字叙述。

大型建筑工程的初步设计宜按工程设计范围逐项说明，并绘出必要的布置图、系统主结线图或系统方框图。例如：照明系统、变配电系统、自备电源系统、防雷接地系统、电话系统、广播系统、电视系统、事故照明系统、消防报警与控制系统、空调自动化系统、机电设备自动化系统、业务管理自动化系统等。

每个系统均应简要说明其主要结构、设备选型、管路走向等，同时应绘出系统主结线或系统方框图。

初步设计尚应包括建筑电气工程的概算，以控制工程的总投资。

建筑电气的施工图一般包括平面图、系统图、安装详图及设计说明。必要时还要有计算书，但只作为技术文件存档。

平面图按工程内容的繁简每层绘制一张或数张。一般照明与照明插座同属一个配电系统画在一起，弱电部分画在一起。

系统图一般应完整地画在一张图纸上，但对于庞大的电气系统可分散绘制，但应另外绘制揭示系统全貌的“干线系统图”。

安装详图一般可引用通用的施工安装图集。对于那些特殊的做法以及用1/100平面难

以示出的配电室、配电竖井、敷线沟道等需绘制1/50以上比例的详图。

施工图中的说明主要是那些图纸上不易表达或可以统一说明的问题。其要点一般为：

- (1) 工程土建概况；
- (2) 工程设计范围及工程级别（防火、防爆、防雷及负荷级别等）；
- (3) 电源概况；
- (4) 照明灯具、开关插座选型；
- (5) 配电盘、箱、柜选型；
- (6) 电气管线敷设；
- (7) 保安接地方式；
- (8) 施工安装要求及设计依据等。

第二章 室内一般照明的基本知识

第一节 照明系统的概念

电气照明是建筑物的重要组成部分。照明设计的优劣除了影响建筑物的功能外，还影响建筑艺术的效果。从某种意义上讲，建筑电气设计是“照明”、“变配电”和“弱电”三项技术的综合体。这里首当其冲的是照明技术，因此我们必需熟悉照明系统的基本概念和掌握基本的照明技术。

室内照明系统由照明装置及其电气部分组成。照明装置主要是灯具，照明装置的电气部分包括照明开关、照明线路及照明配电盘等。

照明装置的基本功能是创造一个良好的人工视觉环境。在一般情况下是以“明视条件”为主的功能性照明，这是本章重点介绍的内容。在那些突出建筑艺术的厅室内，照明的装饰作用需要加强，成为以装饰为主的艺术性照明。

一、光与视觉

人的眼睛，我们可以比做一架“接收机”，接收光源直接发出的光或被物体反射的光，见图2-1所示。光射入眼睛后产生的视知觉，是“光觉”（看见明亮）、“色觉”

（看见颜色）、“形觉”（看见物体的形状）、“动觉”（看见物体的运动）、和“立体觉”（看见物体的远、近、深、浅）等的综合。

人眼能否清楚地识别物体，与下列条件有关：1）物体的明亮程度及其与背景的亮度对比；2）物体的颜色和色对比以及光的颜色；3）物体的大小和视距的视角大小；4）观察时间的长短等。

表明眼睛能识别细小物体程度的

尺度称为视力。两个点若处在刚刚能识别出来的时候，那么这两个点到眼睛的连线的夹角 θ 称为视角，其倒数 $1/\theta$ 即为视力。视力随亮度而显著地变化。在一般亮度情况下，视力随亮度的增加而提高。当观察对象的周围亮度与中心亮度相等或周围稍暗时视力最好。若周围比中心亮，则视力显著下降。过高的亮度或强烈的亮度对比，则会引起眼睛的不舒适感而造成视力下降，这种现象称为眩光。其原因是由于高亮度的刺激使瞳孔缩小；角膜或晶状体等眼内组织产生的光散射在眼内形成光幕；视网膜受高亮度的刺激使眼的明暗适应状态变坏，甚至导致破坏。

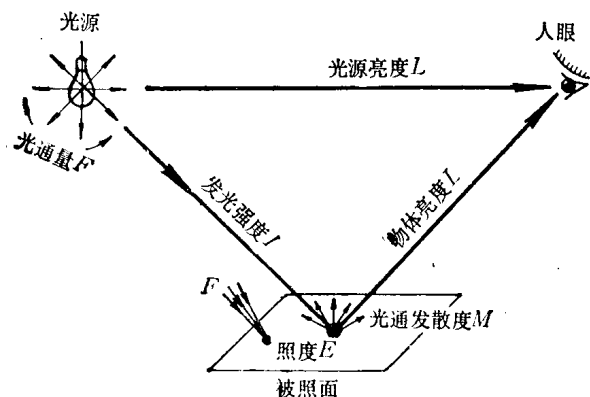


图 2-1 人眼接收光的示意

人的眼睛在明亮的条件下能看见物体，在微弱光亮下也能看见物体，除了靠变化瞳孔的大小来调节亮度之外，主要依靠在亮处时由视网膜的锥状体细胞工作，在暗处时由杆状体工作。在照明条件急剧变化的情况下，视觉过程需要适应，从黑暗中进入明亮的环境时，眼睛要经过约2分钟的时间才能重新恢复视力，这种现象称为明适应；从明亮处进入暗的环境时，眼睛达到适应所需要的时间更长，要有30~40分钟才能完全恢复视力，这时称为暗适应。急剧和频繁的适应会增加眼睛的疲劳，使视力迅速下降。

人的视觉光感与光的波长有关，称为光感的光谱灵敏度。明亮时视网膜锥状体工作，最大相对灵敏度在波长为555nm的黄绿光处。昏暗时视网膜杆状体工作，最大相对灵敏度移到507nm处，此时光谱的色感觉消失了。因此，人的视觉是在锥状体工作时有色觉，而且只有在明亮的条件下才会有良好的色感觉。由于亮度不同，有的颜色有显著的变化，有的颜色则大体上没有什么变化。蓝色（440~470nm）、蓝绿色（470~500nm）、黄色（560~600nm）等，在不同的亮度下色调并不变化（1nm=1/1000000mm）。

二、明视照明的基本条件

良好的光环境使人具有舒适感，反之，在恶劣的照明条件下会使人感到不适，长时间后还会引起视觉疲劳和全身疲劳。据以上概括的视功能现象，我们认为良好的明视照明需具备以下几个方面的条件：

- 1）合理的照度水平，并具有一定的均匀度；
- 2）适宜的亮度分布；
- 3）必要的显色性；
- 4）限制眩目作用。

照度是决定物体明亮程度的间接指标（直接指标为亮度），用它来评价工作面上的光线是否充足比用亮度要方便得多。因此，在一般场合我们以照度水平作为照明质量最基本的技术指标之一。由于在影响视力的因素方面，最重要的是被识别物体的尺寸和它同背景亮度的对比程度，所以通常按照这两个指标把视觉工作分成若干等级，例如把视觉工作分为粗糙、中等、精密、高度精密、极精密、特别精密等，把亮度对比分为大、中、小等，然后规定出对每个等级的照度要求。在照明的心理研究方面指出，需要有很高的照度才是舒适的。从节能的观点出发，照度超过一定水平以后，视力的增加很少，因而认为把照度水平规定在一定的范围内是经济的。由此可见，规定合理的照度标准要考虑诸多因素，如视觉的分辨度、舒适度，用电水平、经济水平等。我国现行的工厂照度标准为国家试行标准《工业企业照明设计标准》，民用建筑照度标准为城乡建设环境保护部试行标准《建筑电气设计技术规程》中推荐的一般照明照度水平。请读者注意，前者规定的是最低照度值，后者规定的是平均照度值。

照明设计首先应符合规定的照度标准，否则不能满足建筑的使用要求，甚至影响人的视力健康。

为了减轻眼睛对于照明条件的频繁适应所造成的视觉疲劳，室内照度的分布应该具有一定的均匀度（最低照度/平均照度）：工作区的照度均匀度不宜低于0.6，非工作区的照度不宜低于工作区照度的 $\frac{1}{5}$ 。

要创造一个良好的、舒适的光环境，室内的亮度就需要有适宜的分布。在现代舒适照

明设计中，以亮度的分布作为照明质量优劣的首要指标，但这需要较繁琐的计算工作量，故往往是利用计算机来完成的。对于一般的明视照明，通常是以适宜的亮度对比和正确选择墙面与顶棚的反射系数，作为设计应达到的要求。一般推荐：视觉作业亮度与视觉作业相邻环境的亮度比为3:1；顶棚上的照度为水平照度的0.3~0.9；墙面的照度为水平照度的0.5~0.8；一般高度的房间以及采用嵌入式灯具时，顶棚的反射系数应大于 $\geq 70\%$ ；照度很高的房间，墙面的反射系数可在40%~60%之间，地面的反射系数可在20%~30%之间。

在视觉作业时，尚应根据辨别颜色的不同的要求，合理地选择光源的显色性。光源的显色性是光源的光色特性之一，其另一特性是色表。

光源发光的颜色称为光源的色表，它可用“色温”等表示。当光源发光的颜色与黑体加热到某一温度所发出的光的颜色相同时，则黑体的绝对温度就称为该光源的色温。色温在2000K时呈橙色；2500K左右呈浅橙色；3000K左右为橙白色；4000K左右为白中略橙；4500~7500K近于白色（5500~6000K最为接近）；日光的平均色温约为6000~6500K；蓝天的色温约在11000~20000K之间。

物体的颜色是物体对所照射的光源光谱有选择地吸收、反射和透射的结果。光源的显色性是其光谱特性在被照物体上所产生的颜色效果。人眼的光色感觉是没有分析光谱能力的。例如一个是具有连续光谱的白色光源和另一个由红、绿、蓝组成的白色光源，看上去都呈白色。但因其光谱分布不同，照射物体时所得到的效果就有差别：如果物体是丰富多彩的，那么前者能使物体的颜色都显示出来，而后者只能真实地显示出红、绿、蓝三色，其它色谱则不能正确地显示出来。

由于光源显色性的优劣主要取决于它的光谱分布，所以长期以来使用基于被测光源与基准光源的光谱分布相比较的方法。原则上，当被测光源的色温在5000K及以下时采用完全辐射体做为基准光源；5000K以上时采用CIE合成昼光做为基准光源。取基准光源的显色性为最优，此时用显色指数 $R_a = 100$ 表示，于是被测光源的显色指数均小于100。

民用建筑中一般要求：宴会厅、展览厅等场所需选用显色指数大于80的照明光源；显色指数为60~80的光源可用于办公室、教室、餐厅及一般商店的营业厅；显色指数在40~60范围内的光源只能应用在那些不需特别识别色彩的库房等建筑物内；对于室外庭院，可采用显色指数低于40的光源。

眩光有两种：直射眩光与反射眩光。高亮度光源的光线直接进入眼内所引起的眩光，称为直接眩光，而通过光泽表面反射入眼内引起的称为反射眩光。反射眩光也有两种：由于作业物体本身的反射，如在阅读和书写时纸张表面含有少量的镜面反射，好象在作业面上蒙了一层“光幕”，称为光幕反射；另一种是视看工作面附近光泽表面的反射眩光。产生眩光的主要因素：1）周围暗，此时眼睛能适应的亮度很低；2）光源的亮度高；3）光源靠近视线；4）光源的表现面积和数量。反射眩光产生于当光源同眼睛的位置，刚好保持正反射关系。眩光的程度使人产生不舒适感时，称为不舒适眩光。能降低人眼视力的眩光，称为碍视眩光。在有些情况下，可以利用眩光来创造某种必要的气氛，例如很多数量小功率白炽灯泡组成花灯、串灯，用它来衬托富丽堂皇的环境，或者用投光灯把光投射在装饰物上，产生金碧辉煌的感觉。当然在多数情况下，我们的任务是限制那些不舒适的眩光和影响视力的眩光。

关于室内照明中眩光的评价和计算方法，目前尚无统一的标准。有些采用眩光指数来表明眩光的程度：难以观察的、可以接受的、不舒适的、难以忍受的等。实用的方法是：限制光源的亮度和表观面积（限制的范围与人眼、灯具间的相对位置有关，灯下 45° 区内不受限制，见图2-2所示）；对于截光型灯具为控制其保护角（见图2-3所示）；在工作位置及视线相对固定的条件下，尽量避开在产生光幕反射的区域布置灯具（见图2-4所示）；适当地提高环境亮度，减低亮度对比以及采用无光泽的材料消除反射眩光等。比较简单的办法是限制灯具的安装高度，见表2-1，但这仅是粗略地控制眩光而已。

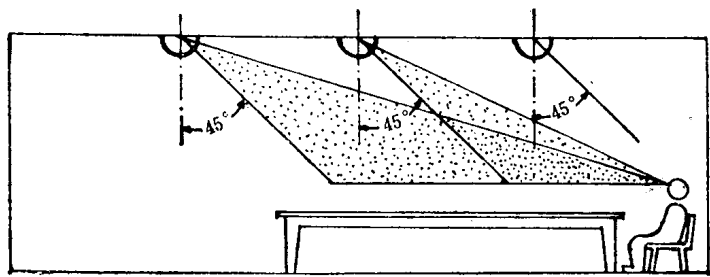


图 2-2 要求限制灯具亮度所需包括的范围

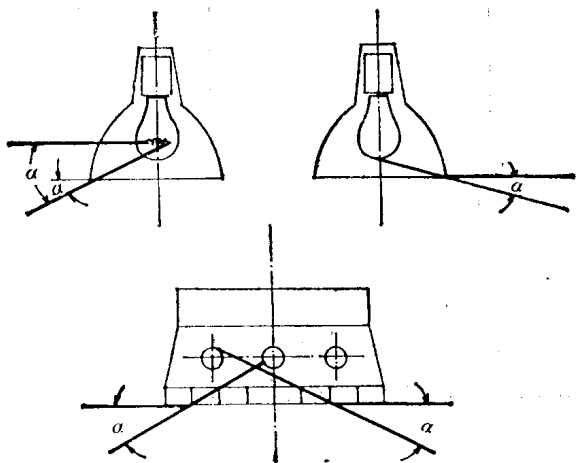


图 2-3 截光型灯具的保护角

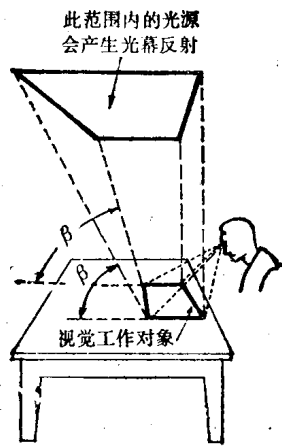


图 2-4 视看对象为水平面时光源不宜布置在会产生光幕反射的区域示意(β约为 45°)

除了照度、亮度、显色、眩光诸方面的因素外，适当地选择光源的光色能达到不同的光气氛，正确地选择光源的位置能减少阴影或增加物体的立体感。

光的色温 $<3300\text{K}$ 时给人以暖的感觉， $>5000\text{K}$ 时会有冷的感觉， $3300\sim5000\text{K}$ 之间呈中间状态。同一光色下，当照度不同时人的感觉亦不同：一般，低色温光在较低的照度下感觉比较舒适，而在高照度下会感到有刺激性；高色温光在低照度下感到阴沉昏暗，反之在高照度下则感觉明快。

光的投射方向是决定物体形象感受的重要因素，光源的位置不当造成不合适的投光方向，就会产生错觉，增加视力困难。

为阅读和书写所设的照明，为了避免由于头和手的遮挡形成阴影，可以采取改变光源的位置、增加光源的数量等措施。在医院的手术室更需要绝对消除阴影，但是在另一些场

灯具最低悬挂高度

表 2-1

光源种类	灯具型式	光源功率(W)	最低悬挂高度(m)
白 炽 灯	带反射罩	60及以下	2
		100、150	2.5
		200、300	3.5
		500及以上	4
	带乳白玻璃漫射罩	100及以下	2
		150、200	2.5
		300	3
卤 钨 灯	带反射罩	500及以下	6
		1000~2000	7
荧 光 灯	无反射罩	40及以下	2
		40以上	3
	带反射罩	40及以上	2
荧光高压汞灯	带反射罩	125	3.5
		250	5
		400	6
高压钠灯	带反射罩	250	6
		400	7
金属卤化物灯	带反射罩	400	6

注：照度低于30lx时，房间的长度小于灯具高度的两倍时，人员短暂停留的房间内，其悬挂高度还可降低0.5m，但不得低于2 m。

合下阴影又是识别玻璃器皿的刻度或完美地表现艺术造型的重要因素。物体的立体感与阴影有关：当最亮与最暗之间的亮度比为2：1以下时感觉呆板；10：1时印象很强烈；3：1时认为最理想、最有立体感。因此，与消除阴影的场合相反，在需要表现物体的立体感时，则需要发挥阴影的有效作用。

第二节 照明技术常用参数

一、光通量

光源在单位时间内，向空间发射出的、使人产生光感觉的能量称为光通量，以字母“F”表示，单位是光瓦。光能在数量上的差异，取决于光源的辐射能力和人眼的主观感觉两个因素。人眼对各种波长光线的感觉是不一样的，当波长为555nm的黄绿光时看起来最亮。因此以1瓦黄绿光为标准，其它波长的光要使人眼能产生1瓦黄绿光的感觉，其光通量方为1光瓦。可见其它波长的光要达到1光瓦，其辐射能总要高于1瓦。

光瓦的单位太大，故通常以流明作为光通量的实用单位。它们的关系是：

1 流明 (lm) = 0.00146光瓦；

1 光瓦 = 683流明。

白炽灯总光通的测量，通常采用测光积分球进行。常用的积分球其内径为1.5m，球内

是白色的漫反射面。被测光源装于球内，其光通经多次反射后球内各处的照度相等，检测其照度，依照度与光通量的关系式即可计算出光源的总光通。或者在测光窗口，分别检测已知光通量的标准灯形成的照度和被测灯形成的照度，两者的照度比即为光通比。

二、发光强度

发光强度是光通量的空间密度，即单位立体角内的光通量，见图 2 - 5 。光强的定义式为

$$I = \frac{F}{\omega}$$

式中 I ——光强（cd即坎德拉）；
 F ——光通量（lm即流明）；
 ω ——立体角，或称球面角，它等于半径为 r 的球体上的表面积 r^2 与球心相对应的立体角，即 $\omega = \frac{S}{r^2}$ 。

由于点光源在各个方向的立体角总和为 4π 球面度，故总光通量为 F （均匀分布）的点光源的发光强度为 $\frac{F}{4\pi}$ 。

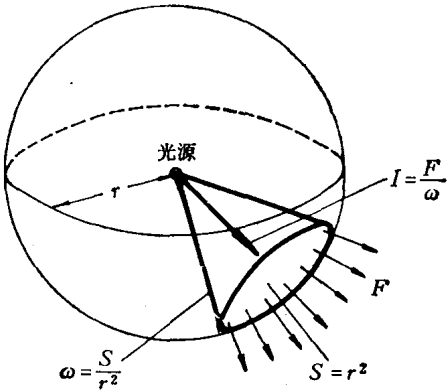


图 2-5 发光强度示意

光强通常用来表示光源和灯具光通量在各个方向上分布的情况，其测量见本节三所述。

三、照度

照度是受光表面上光通量的面密度。其定义式为：

$$E = \frac{F}{S}$$

式中 E ——照度（lx即勒克司）；
 S ——受光面积（m²）；
 F ——光通量（lm）。

自然光的照度大约如下：

晴天的阳光直射下	100000lx
晴天时背阴处	10000lx
晴天时室内北窗附近	2000lx
晴天时室内中央	200lx
晴天时室内角落	20lx
月夜	0.2lx

民用建筑中不同场所一般照明的推荐照度见表2-2。

对于一个已知发光强度的点光源，可以按照图 2 - 6 的关系求出它对受照表面所产生的照度。假定在 ω 立体角内的光通量是均匀分布的，则该立体角内的总光通量 $\Delta F = I \cdot \Delta\omega$ 。同时，受照面积：

$$\Delta S = \frac{\omega l^2}{\cos \theta}$$

所以

$$E = \frac{F}{\Delta S} = \frac{I_{\theta} \cdot \cos \theta}{l^2}$$

上式表明：点光源所产生的照度和它到受照面的距离的平方成反比，和入射角的余弦成正比。实际上，所谓点光源是相对于光源至受照面的距离而言，当光源尺寸小于它到受照面的距离的 $\frac{1}{10}$ 时即可视为点光源。

民用建筑中不同场所一般照明的推荐照度 表 2-2

场 所 名 称	推荐照度 (lx)
病房床头部位夜间照明	0.1
住宅小区道路	0.2~1
公共建筑的庭园道路	2~5
大型停车场	3~10
厕所、盥洗室，更衣室，热水间，卫生间，楼梯间，走道，车库，室外广场	5~15
商场的楼梯间，办公楼的小门厅，医院的更衣室，一般库房	10~20
住宅的起居室、餐室、厨房，医院的病房，影院的倒片室，饭店的库房、冷库	15~30
住宅的卧室，医院的保健室，一般旅馆的客房，浴池散座，影院的放映室、衣帽厅，空调机房，电子计算机房的中频机室，影剧院观众厅	20~50
单宿的卧室、活动室	30~50
机关食堂，医院的候诊室、理疗室、X线诊断室、麻醉室，副食店，小吃店，浴池，饭店的客房，电梯厅，播音室，电梯机房，一般加工车间，候车室，停机坪	30~75
一般营业餐厅，厨房，菜市场，菜店，粮店，洗染店，修理店，银行营业室，邮电局营业室，影剧院的化妆室、门厅，饭店的酒吧、咖啡厅、四季厅	50~100
办公室，会议室，阅览室，一般教室，实验室，一般报告厅，电子计算机房的穿孔室，电话机房，诊疗室，化验室，病案室，药房，医护值班室，书店，书库，服装商店，理发店，展览厅，综合用途的观众厅，自选商场	75~150
设计室，绘图室，打字室，美术教室，手术室，百货商场，健身房，饭店的餐厅，休息厅，小卖部、美容室、小宴会厅	100~200
电子计算机房，一般室内体育馆，篮球球场，网球场，大宴会厅，候机厅	150~300
篮球场馆，体操馆，羽毛球馆，乒乓球馆，网球场，台球室(桌面)，一般足球场，展览的深色绘画	200~500
饭店的多功能大厅，大会堂，国际会议厅，装饰或展览的雕塑与壁画	300~750
综合性比赛大厅	750~1500
国际比赛足球场	1000~1500
剧场舞台演出区	1000~2000
手术台专用照明	2000~10000

注：1.室外照明的推荐照度系指地面而言。
2.室内过道、库房、比赛场地等为地面上的推荐照度，其它一般系指距地0.8m的水平工作面上的推荐照度。
3.教室黑板上的垂直照度不宜低于水平照度的1.5倍，最低不宜低于150lx。书库的书架其距地15cm处的垂直照度不宜低于30lx。电化教学 演播室演播区内主光的垂直照度宜 为2000~3000lx，文艺演播室应为1000~1500lx。室内体育比赛场所的垂直照度宜为1000~2000lx，国际比赛用室外足球场的垂直照度宜为750~1000lx。

照度的测定采用照度计，它是大多数光度测量的基础，如光通测量、光强测量、材料的光学性能测量等，都是通过照度的测量加以转换而得。照度计的探测元件即光电池是用来代替人眼的测光元件，因此，为了消除光电池的光谱灵敏度分布与人眼光谱灵敏度分布的差别，需在光电池上加校正滤光器。另外为了消除光电池表面的镜面反射误差，还采用