

 企业用电与节能系列丛书

企业照明设计与节能

广东电网公司广州供电局 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

企业用电与节能系列丛书

企业照明设计与节能

广东电网公司广州供电局 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

照明与人类的生产、生活密切相关,且对能源的消耗很大,企业应重视照明的节能性。本书为企业用电与节能系列丛书中的一个分册,全书共4章,主要内容包括概述、现代照明技术及应用、企业照明设备选型与节能以及照明设计案例分析,结合实际、深入浅出地介绍了企业照明与节能的知识。

本书可供企业照明设计人员和相关技术人员参考使用,便于推动企业节约用电、安全用电与合理用电工作的开展,有助于提高企业节能减排意识。

图书在版编目(CIP)数据

企业照明设计与节能/广东电网公司广州供电局组编. —北京:中国电力出版社,2011.3

(企业用电与节能系列丛书)

ISBN 978-7-5123-1472-6

I. ①企… II. ①广… III. ①工业照明—基本知识②节能—基本知识 IV. ①TU113.6②TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 036750 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售



*

2011年7月第一版 2011年7月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 13.5印张 224千字

印数 0001—3000册 定价 31.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

企业用电与节能系列丛书

编 委 会

名誉主任	赵小穗	甘霖		
主 任	叶佑新	王志勇		
副 主 任	张宏伟	李敏虹	李江帆	伍伟华
主 编	伍伟华			
主 审	张尧			
编 委	黄天石	齐健婷	刘永强	杨向宇
	李春茂	余飞鸥	曾宪毅	黄 山
	罗冠姍	林伟宏	庞建军	陈广开
	刘海宁			

序 言

“十一五”期间单位 GDP 降耗 20% 的目标已经取得了提前完成的业绩，这对于推动科学发展，转变生产方式，调整经济结构，促进经济发展发挥了积极作用。目前，在国家“十二五”规划纲要中，节能成为专项规划，占国内生产总值 75% 的工业领域的节能降耗更是列入发展最重要的一环，降低能源消耗强度 16% 也以约束性指标出现。“十二五”期间，国家将以重点行业、重点企业为着力点，推动工业企业节能降耗迈上新台阶。

从另一方面看，随着中国市场经济体制的成熟，国内大多数企业面临全球化的市场竞争日益加剧，在中国工业企业的各项成本中，电费成本已成为紧随物料成本、人工成本之后的第三或第四大成本，特别是在某些高耗能企业中，电费成本已成为最主要的成本。企业节能的潜力与需求极大，通过节能降耗来降低生产成本势在必行。

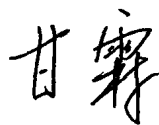
一直以来，广州供电局在广州地区的节能工作中承担着巨大的义务和责任。在服务上，以客户为中心，加强各行业客户服务水平，发起“绿色行动”倡议；在管理上，做好电力负荷预测，积极配合产业结构调整政策，优先确保高效低耗的企业用电；在技术上，积极推进需求侧智能用电管理，降低电能二次消耗，提高企业用电管理水平；在推广上，广泛开展合理用电、科学用电、有序用电的宣传活动。

基于此种情况，以历届广州地区节能降耗论坛为平台，广州市经贸委、广州供电局组织人员组成编委会，共同编写了这套企业用电与节能系列丛书，力求从客户需求的角度，响应国家号召，开展节能降

耗，助力企业发展。丛书从企业的实际需求出发，集中对企业用电报装、新型高效电动机的选型和使用、供用电系统的综合管理和现代电子照明系统设计等方面的节能技术进行讲解和阐述。针对企业产业化模式、用电量、能耗水平等特点，结合不同领域的工业企业案例，站在需求侧的立场提出问题和解决问题，大大增强了丛书的实用性和功能性。

帮助企业进行节能降耗工作是供电企业的重点，也是难点。丛书在发挥供电企业自身优势的同时，及时、切实地为新形式下的企业节能提供了依据，对推动节能降耗工作具有重要指导意义。读过之后，对企业管理节能与技术节能的综合手段有了系统性的了解，甚至对未来“智能电网”的发展与完善增添了不少期待，是为序。

广东电网公司广州供电局局长

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of two characters, '甘' and '霖', written in a cursive, calligraphic style.

2011年3月9日于广州

前言

近年来随着我国经济的快速发展，能源供求状况显现出日益紧张的局面。一方面是由于能源供应不足，另一方面是工矿企业由于种种原因造成很大的能源浪费。能源问题不单纯是能源消耗和供需平衡的问题，同时还是一个影响到环境保护、可持续发展的重大战略问题。

电能作为一种最普遍的能源，它的使用情况最直接地反映了一个国家的技术水平和对能源的利用状况。据统计，我国工业用电量占全国用电量的 72% 左右，而每万元工业 GDP 用电量是世界平均水平的 2 倍多。因此我们认为，企业节能的潜力空间极大。

企业节电主要包括两部分内容，一是管理节电，二是技术节电。前者通过需求侧智能综合用电管理达到节电的目标；后者通过技术手段降低常用电器设备的损耗，提高效率，实现节能。

目前，我国企业在节约用电、安全用电与合理用电方面水平还不高，存在着许多问题，包括：

(1) 对电动机、变压器、照明等常用设备的能耗特征了解甚少，缺乏必要的设备运行及选用知识。

(2) 企业对自身供用电系统运行缺乏必要的了解，对电费的构成情况不了解，企业平均电费昂贵。

(3) 普遍存在盲目报装的现象，“大马拉小车”问题严重，不仅不利于电力系统安全经济运行，也给企业带来不必要的经济损失，同时也浪费了大量的电能。

针对上述问题，我们组织专家编写了这套企业用电与节能系列丛书，丛书第一期包括：《企业供用电系统综合管理与节能》、《企业用电报装与节能》、《企业电动机选型与节能》、《企业照明设计与节能》。今后我们将根据实际情况编写更多的企业用电与节能方面的书籍，使这套丛书更加完善。

《企业供用电系统综合管理与节能》主要介绍了企业用电系统综合管理、企

业供电系统经济运行及负荷管理、企业供用电综合管理系统、功率因数管理等内容。

《企业用电报装与节能》主要介绍了企业电费构成、客户供电方案及其受电装置、电力变压器与能效评价、企业电力负荷计算、合理报装等内容。

《企业电动机选型与节能》主要介绍了常见电动机及其效率分析、电动机的选型和节能、电动机的变频调速节能运行及案例分析等内容。

《企业照明设计与节能》主要介绍了现代照明技术及应用、企业照明设备选型与节能、照明设计案例分析等内容。

我们希望通过这套丛书的出版和发行，推动企业节约用电、安全用电与合理用电工作的开展，提高企业节能减排意识。

编 者

2011 年 1 月

目 录

序言

前言

1 概述	1
1.1 照明用电	1
1.1.1 照明光源的分类及原理	1
1.1.2 光源的运用特性	2
1.1.3 照明器的分类	2
1.2 照明与节能	3
1.2.1 照明技术的基本概念	3
1.2.2 不同场所的照明与相应的照明方式	5
1.2.3 如何节约照明用电	7
1.3 照明方案设计及其意义	9
1.3.1 照明设计的过程	9
1.3.2 照明设计的常用指标	9
1.3.3 照明标准	13
1.3.4 照明方案设计的意义	18
1.4 静电的危害及其防护	20
1.4.1 静电的产生	20
1.4.2 静电对 LED 的危害	21
1.4.3 静电的防护	21
1.5 现代照明技术及其发展趋势	23
1.5.1 现代照明技术	24
1.5.2 现代照明技术的发展趋势——智能照明系统	32

2 现代照明技术及应用	35
2.1 景观照明.....	36
2.1.1 景观照明的一些基本概念和名词.....	36
2.1.2 当前景观照明存在的问题.....	40
2.1.3 LED 与景观照明	42
2.1.4 LED 灯具设计	43
2.1.5 LED 夜景照明工程质量控制	47
2.1.6 大力发展 LED 照明产业	49
2.2 室内照明.....	49
2.2.1 室内照明设计.....	50
2.2.2 大功率 LED 在台灯灯具中的应用	54
2.3 路灯照明.....	57
2.3.1 城市道路照明灯具基本要求.....	57
2.3.2 道路照明灯具常用材料.....	59
2.3.3 道路照明设计基本方面.....	60
2.3.4 道路照明现状和节能分析.....	62
2.3.5 路灯设计的景观性.....	65
2.3.6 LED 用于道路照明	66
2.3.7 LED 光源路灯的光效现场测试	69
2.4 隧道照明.....	70
2.4.1 隧道照明系统.....	70
2.4.2 LED 隧道照明灯	74
2.4.3 隧道照明节能分析.....	78
2.4.4 隧道照明无级控制系统.....	79
2.5 道路照明.....	81
2.5.1 道路照明的基本概念.....	82
2.5.2 高杆照明.....	83
2.5.3 公路照明集中监控管理系统.....	85

2.6 智能照明系统设计	88
2.6.1 路灯照明节能现状	88
2.6.2 路灯控制节能方法	89
2.6.3 隧道照明智能控制设计	92
3 企业照明设备选型与节能	104
3.1 工业照明场所及范围	104
3.1.1 工业照明的基本分类	105
3.1.2 工业照明质量的特征	107
3.2 工业照明光源	109
3.2.1 工业照明光源的种类	110
3.2.2 工业照明光源的性能指标及选择	114
3.2.3 各种照明光源的应用场所	116
3.3 工业照明灯具	118
3.3.1 工业照明灯具的光学特征	118
3.3.2 工业照明灯具的选择	120
3.3.3 照明灯具的布置与安装	122
3.3.4 照明配电控制方式及镇流器的选择	123
3.4 照度计算	124
3.5 工业照明设计	129
3.5.1 照明设计中存在的问题	130
3.5.2 照明设计的步骤	131
3.5.3 人性化照明设计理念	134
3.5.4 绿色照明	139
3.6 工业照明节能设计	140
3.6.1 照明节能设计综述	142
3.6.2 照明节能设计中的光源选择	143
3.6.3 照明节能设计中的灯具选型	147
3.6.4 照明节能设计中的控制方式	149

4 照明设计案例分析	150
4.1 工业照明设计方案分析	150
4.1.1 LED 灯具与传统工业照明灯具性能对比	150
4.1.2 LED 灯具在实际使用中的经济效益	151
4.1.3 低、中、高顶棚照明设计方案分析	153
4.2 矿井照明设计案例分析	166
4.2.1 常用矿井 LED 灯具	166
4.2.2 LED 照明灯具在矿井中的运用分析	168
4.2.3 鸡笼山矿井照明方案分析	169
4.3 隧道照明设计案例分析	174
4.3.1 隧道照明设计的原则及标准	174
4.3.2 大连石门山隧道照明节能技术的应用	175
4.3.3 LED 隧道照明案例分析、照明光源及灯具的选择	182
4.3.4 照明亮度及节能数据测试	182
4.3.5 灯具节能效应对比	183
4.3.6 LED 光源在隧道照明中的应用分析	184
4.4 地铁照明设计案例分析	186
4.4.1 设计研究标准	187
4.4.2 设计研究方案	187
4.5 高速公路照明设计案例分析	191
4.5.1 国内高速公路 LED 照明发展现状	191
4.5.2 天津市高速公路照明节能系统分析	192
4.6 城市道路照明设计案例分析	194
参考文献	198
后记	201

概 述

1.1 照 明 用 电

几十万年来,人类一直利用火光来照明,直到人类认识并掌握了电的规律,发明了电光源,人类用灯照明的历史才进入一个新阶段。电能用于照明是从碳极弧光灯开始的,从此,电便很快成为照明的主要能源。

1.1.1 照明光源的分类及原理

根据光源的工作原理,目前广泛应用于照明的电光源有热辐射、放电光源和半导体光源三种。

热辐射光源是利用电流将金属物体加热到白炽程度而产生光的光源,例如普通白炽灯、卤钨灯等。放电光源是利用电流通过气体(或蒸汽)而发光的光源。这类光源具有发光效率高、使用寿命长等优点,在照明工程中得到了广泛的应用。

放电光源按放电介质分为两种:①金属蒸气灯:此类灯主要是利用金属蒸气中的放电来发光,如汞灯、钠灯等。②气体放电灯:此类灯主要是利用气体中的放电来发光,例如氖灯、氙灯等。

放电光源按放电的形式分为辉光放电灯和弧光放电灯。①辉光放电灯:这类灯由正辉光放电柱产生光,放电的特点是阴极的次级发射电子比热电子大得多(冷阴极)、阴极位降较大(100V左右)、电流密度小,通常需要很高的电压,如霓虹灯等,这种灯也称冷阴极灯。②弧光放电灯(热阴极灯)主要利用正弧光放电柱产生光,放电特点是阴极位降较小。这类灯通常需要专门的启动器和启动线路才能工作,如日光灯、汞灯、钠灯等。

放电光源还可按其特征分类,如常按充入气体的种类和气体压力高低分为高压汞灯、低压钠灯、氙灯、氪灯等。

半导体光源即发光二极管，最近几年发展迅速，代表着光源的一种发展趋势，又被称为第四代光源。

1.1.2 光源的运用特性

(1) 额定电压和额定电流：指光源正常工作所需要的电压和电流。在额定电压和额定电流下工作时，光源具有最佳的效果。目前我国照明光源的额定电压一般为 220V。

(2) 额定功率：指灯泡（灯管）在额定电流下所消耗的功率。

(3) 光通量输出：光通量输出是指灯泡（管）在工作时所发出的光通量。光通量与点燃时间等多种因素有关，通常点燃时间越长，光通量输出越低。

(4) 发光效率计算公式为

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

式中： Φ 为光通量，lm； P 为消耗功率，W。

(5) 寿命：光源由初次通电工作到其完全丧失或部分丧失功能的全部点亮时间。

(6) 光谱能量分布：说明光源辐射的光谱成分和相对强度，通常用分布曲线表示。

(7) 光色：光色包含色表和显色性两个方面。色表是指光源发光的颜色，即从外表上看到的光的颜色；显色性是指在光源的照射下，与具有相同或相近色温的参考或基准光源（白炽灯或画光）照明相比，各种颜色在视觉上的失真程度。

1.1.3 照明器的分类

照明器是光源与灯具的组合。灯具的作用是固定光源，把光源的光能分配到需要的方向，防止光源引起的眩光，保护光源不受外力、潮湿及有害气体的影响。为了适应各种环境条件，照明器具有不同的结构，主要有以下五种：

(1) 开启式照明器：在这类照明器中，外界介质与灯泡自由接触，如广照型、配照型等。

(2) 防护式照明器：这类照明器的灯泡借透光灯罩与外界隔开，如明月罩、各种花灯等。

(3) 防水防尘式照明器：此类照明器中，灯罩与灯外壳的接合处充有填料，使灯泡与外界隔开，如 GC11 型广照型防水防尘灯。

(4) 密闭式照明器：灯内各接合面都用橡胶圈密封，可隔绝空间爆炸混合物，如 GAOC 型安全灯。

(5) 防爆式照明器：此类照明器的结构保证在任何条件下都不会由照明器引起爆炸，如 B3C-200 型防爆灯。

1.2 照明与节能

照明与人类的生产、生活有着十分密切的关系，而照明质量的高低对提高生产效率、保证生产安全、提高产品质量、保护人们视力和身心健康都有着直接的影响。同时，由于照明对能源的消耗很大，人们越来越注重照明的节能性。近年来，很多国家都提出了“绿色照明”的概念，并采取各种方式向这个方向发展。

1.2.1 照明技术的基本概念

(1) 光谱。光源辐射的光由许多不同波长的单色光组成（波长一般在 380～780nm 范围内）。把光线中不同波长的单色光按波长长短依次排列，称为光源的光谱。

白炽灯是辐射连续光谱的光源，气体放电光源除辐射连续光谱外，还会辐射较强的线状或带状光谱。

(2) 光通量 (Φ)。光源在单位时间内，向周围空间辐射出的使人眼产生光感觉的能量称为光通量。换句话说，光通量是人眼对光源的主观感觉量，它是光源射向各个方向发光能量的总和，是人眼所感觉到的光源的发光功率，但并非光源辐射的全部功率。光通量的单位是 lm（流明）。1lm 相当于波长为 555nm 的单色光辐射、功率为 1/680W 时的光通量。

(3) 发光强度 (I)。不同光源发出的光通量在空间的分布不同，为了描述光通量在空间的分布情况，引出发光强度概念。

光源在某一特定方向上单位立体角内（每球面度）辐射的光通量为光源在该方向上的发光强度（又称光通的空间密度），单位为 cd（坎德拉）。

发光强度是表征光源发光能力大小的物理量。对于各方向均匀辐射光通量的

光源，各方向的光强相等，其值为

$$I = \Phi / \Omega$$

$$\Omega = S / R^2 \quad (1-1)$$

式中： Φ 为光源在 Ω 立体角内辐射的总光通量； Ω 为光源发光范围的立体角； R 为球的半径； S 是与 Ω 立体角相对应的球表面面积。

在日常生活中，人们为了改变光源光通量在空间的分布情况，从生产制作上采用了不同形式的灯罩进行所谓“配光”。例如写字台上方的一盏 40W 的裸白炽灯泡发出 350lm 的光通量，装了搪瓷伞型灯罩后，白炽灯的总光通量并不改变，但是改变了光源光通量在空间的分布情况，即改变了发光强度，因此感觉比原来亮了很多。

(4) 照度 (E)。单位面积上接收到的光通量称为照度，是描述物体表面被照射程度的光学量，单位为 lx (勒克斯)，即

$$E = \Phi / S \quad (1-2)$$

式中： Φ 为 S 面上接收到的总光通量； S 为被照面积。

1lx 相当于 1m^2 被照面上光通量为 1lm 时的照度，即

$$1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$$

一般情况下，当光源的大小比其到被照面的距离 R 小得多时，可将光源视为理想的点光源，这时被照面的照度与光源在该方向上的发光强度之间的关系可表示为

$$E = I \cos \alpha / R^2 \quad (1-3)$$

图 1-1 表示照度与发光强度的关系，图中 α 为被照面法线与其中心到光源连线之间的夹角。由式 (1-3) 和图 1-1 可知，在照明器光源一定的情况下，只要改变照明器的安装高度和夹角 α 的大小，就可以改变被照面上的照度。在照明设计时，为了提高局部的照度，在光源及照明器不改变的情况下，可通过适当降低照明器的安装高度来获得。

为了获得整个被照面上的照度的均匀性，在不改变照明器形式及数量的情况下，通过适当提高照明器的安装高度予以满足。

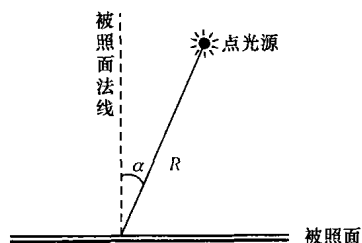


图 1-1 照度与发光强度的关系

(5) 亮度 (L)。亮度是表示物体表面发光 (或反光) 强弱的光学量。发光体在给定方向单位投影面积上的发光强度称为发光体在该方向

上的亮度，单位为 nt（尼特），或者是 cd/m^2 （坎每平方米），用公式表示为

$$L_a = I_a / (S \cos \alpha) \quad (1-4)$$

图 1-2 表示了亮度和发光强度之间的关系，图中 α 是给定方向的视线与发光面法线间的夹角， S 为发光体的面积， I_a 为视线面上的发光强度。

因物体表面在各个方向上的发光强度不一定相等，因而它在各个方向上的亮度也不尽相同。

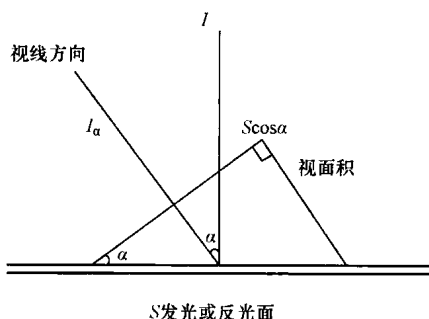


图 1-2 亮度与发光强度的关系

(6) 光源的发光效率。发光效率简称光效，是描述光源质量和经济效益的光学量。光效就是光源在消耗单位能量的同时辐射出光通量的多少，单位为 lm/W （流明/瓦），显然光效越高越好。例如，40W 荧光灯的光效约为 $60\text{lm}/\text{W}$ ，而 40W 的白炽灯光效约为 $9\text{lm}/\text{W}$ ，因此同为 40W 的光源，荧光灯比白炽灯亮得多。

1.2.2 不同场所的照明与相应的照明方式

不同场所对于照明的照度、亮度、发光强度以及光色的要求都是各不相同的，有的对照明要求很高，比如说手术室里的照明；有的地方对照明的要求相对较低，比如说广场上的灯光。为了达到一定的视觉效果，这些场所的照明都必须采用相应的照明方式。下面仅以隧道照明及室内照明为例来说明不同场所的照明与相应的照明方式。

(一) 隧道照明

道路隧道照明应使驾驶员和行人在比较安全的条件下通过隧道，须具有安全照度，且能保证司机视觉机能的连续性。

隧道照明的目的有两个：①保证良好的运输环境，由于隧道是连接两端道路的通道，不能因隧道而影响整个道路的运输条件。为了保持整个道路运输能力，使车内驾驶人员在处于闭合空间的隧道里得到良好的安全行驶环境，应考虑设置合适的照明，尤其对于长隧道更有必要。②维持车辆驾驶人员视觉机能的连续性，保证进洞时不发生亮度的突变现象，因此，要在洞口附近设置缓和照明。

利用车辆前端大灯照明，常使迎面行驶的车辆驾驶员受到眩光影响，感到极