

电力需求侧管理资源调查系列丛书

中央空调节电资源 调查与评估

国家发展改革委经济运行调节局
南方电网公司市场营销部 编
国家电网公司营销部



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力需求侧管理资源调

中央空调节电资源 调查与评估

国家发展改革委经济运行调节局
南方电网公司市场营销部 编
国家电网公司营销部



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

电力需求侧管理是综合资源规划的重要组成部分,通过提高终端用电效率和优化用电方式,达到节约资源和保护环境的目的。为深入开展电力需求侧管理工作,国家发展和改革委员会经济运行调节局会同南方电网公司市场营销部、国家电网公司营销部组织有关单位和专家编写出版了《电力需求侧管理资源调查系列丛书》,用于指导电网企业需求侧管理人员更好承担需求侧管理实施主体职责,指导用能企业切实了解自身的能效水平,指导节能服务公司便捷地完成节能诊断。

本套丛书共分7个分册,包括《节约电力与蓄能系统资源调查与评估》《供配电节电资源调查与评估》《电机系统节电资源调查与评估》《中央空调节电资源调查与评估》《热泵系统节能资源调查与评估》《照明节电资源调查与评估》和《分布式发电资源调查与评估》,从不同方面对需求侧管理资源调查与评估方法体系进行了论述,系统阐释电力需求侧管理资源潜力调查的内容和方法体系,具有较强的操作性与实用性。本分册为《中央空调节电资源调查与评估》。

本套丛书可以为电力用户、能源服务机构等能源管理人员提供能源服务项目的初步可行性评估,同时为各地政府电力需求侧管理主管部门、电网企业开展电力需求侧管理工作提供方法参考。

图书在版编目(CIP)数据

中央空调节电资源调查与评估 / 国家发展改革委经济运行调节局, 南方电网公司市场营销部, 国家电网公司营销部编. —北京: 中国电力出版社, 2017.6

(电力需求侧管理资源调查系列丛书)

ISBN 978-7-5198-0684-2

I. ①中… II. ①国…②南…③国… III. ①集中空气调节系统-节电-资源调查②集中空气调节系统-节电-资源评估 IV. ①TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 083729 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 王 晶 马 青 (010-63412784) 代 旭

责任校对: 李 楠

装帧设计: 张俊霞 左 铭

责任印制: 邹树群

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

次: 2017 年 6 月第一版

印 次: 2017 年 6 月北京第一次印刷

开 本: 710 毫米×980 毫米 16 开本

印 张: 7.5

字 数: 122 千字

印 数: 0001—2000 册

定 价: 35.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

《电力需求侧管理资源调查系列丛书》

编写单位及人员

编 写 单 位

国家发展改革委经济运行调节局

南方电网公司市场营销部

国家电网公司营销部

编 写 委 员 会

主 任 许之敏

副主任 吴建宏 徐阿元

编 委 (按姓氏笔画排序)

王海龙	王晓明	王 鑫	邝新武	江 迪
孙鼎浩	许燕灏	杨小云	何仁强	张 军
张兴华	张新建	陈 超	周伏秋	林 杰
罗 莉	赵远凉	徐 睿	夏 鑫	黄 炜
梁树华	童清雄	詹 硕		

编 写 组

组 长 曹 重

副 组 长 林跃舜

编写人员 (按姓氏笔画排序)

叶丰章 冯 发 石 坤 白 炜 付国仙

孙 皓 刘加根 刘 炜 刘憬奇 闫华光
江 真 李 扬 李亦宁 李德智 杨 彪
何宇坤 何 胜 宋总涛 汪 振 张崇超
陈宋宋 陈春常 陈 钢 林波荣 欧阳诚
周龙华 赵小军 徐 睿 翁军华 高赐威
栾晓东 凌 猛 董福海 彭龙生 章激扬
常 良 程文辉 傅晓锋 雷 鸣 廖卫列

技术总顾问 李 扬 高赐威

特别鸣谢

南方电网综合能源有限公司

国家电网公司电力需求侧管理指导中心

国家发展和改革委员会能源研究所

清华大学建筑学院

东南大学电力需求侧管理研究所

顺德中山大学太阳能研究院

中国电力科学研究院用电与能效研究所

杭州国电能源环境设计研究院

国际铜业协会

上海市能效中心

珠海市节能协会

北京清华同衡规划设计研究院有限公司

上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司

国网节能服务有限公司

上海置信电气股份有限公司

常州天合光能有限公司

广州智光节能有限公司

广州艾思高能源科技有限公司

北京恩耐特分布能源技术有限公司

北京世纪源博科技股份有限公司

大连易世达新能源发展股份有限公司

同方川崎节能设备有限公司

胜利油田胜利动力机械集团有限公司

电力需求侧管理是综合资源规划(integrated resource planning, IRP)的重要组成部分,通过提高终端用电效率和优化用电方式,达到节约资源和保护环境的目的。为深入开展电力需求侧管理工作,增强全社会参与需求侧能效项目的能力,国家发展和改革委员会经济运行调节局会同南方电网公司市场营销部、国家电网公司营销部组织有关单位和专家编写出版了《电力需求侧管理资源调查系列丛书》,用于指导电网企业需求侧管理人员更好承担需求侧管理实施主体职责,指导用能企业切实了解自身的能效水平,指导节能服务公司便捷地完成节能诊断。

本套丛书尝试为读者建立一种电力需求侧管理资源调查与评估的方法,从用能客户的微观层面获取需求侧资源的潜力和解决方案。为便于了解文中的主要内容和逻辑关系,对有关概念做如下说明。

一、电力需求侧管理资源的定义

电力需求侧管理(demand side management, DSM)是指为提高电力资源利用效率,改进用电方式,实现科学用电、节约用电、有序用电所开展的相关活动。实施电力需求侧管理具有显著的经济效益和社会效益。对于电力用户,可以降低用电负荷和用电量,减少电费支出,提高用电安全性、可靠性,从而降低企业经营成本、提高产品竞争力,还可以通过在线监测有效提升管理水平。对于电网企业,可以削减高峰用电负荷,在电力供应紧张时有效缓解限电压力;可以提高电网设备利用率,促进电网安全、经济运行,延缓或减少电网建设所需投资。对于社会,可以减少一次能源的消耗,减少对发供电资源的占用,从而促进环境保护与资源节约。

电力需求侧管理资源指终端用电领域的节电和转移电力的资源,凡是有用电的地方都存在潜在的节电和转移电力的资源。概括起来大致包括:

(1) 提高照明、空调、电动机及系统、电热、冷藏、电化学等设备用电

效率后可以节约的电力和电量。

(2) 蓄冷、蓄热、蓄电等改变用电方式可以转移的电力和电量。

(3) 能源替代、余能回收可以减少和节约的电力和电量。

(4) 合同约定可中断负荷可以转移或节约的电力和电量。

(5) 建筑物保温等改善用电环境可以节约的电力和电量。

(6) 用户改变消费行为减少或转移用电可以节约的电力和电量。

(7) 自备电厂参与调度后电网可以减供的电力和电量。

二、电力需求侧管理资源的界定和分类

需求侧管理资源按照其可开发情况可分为技术可开发资源、经济可开发资源。

(1) 技术可开发资源。即在一定时期内，对于技术而言存在可行性的节电资源，即只要以更高效率的技术替换现有技术，便可能获得的资源节约量。

(2) 经济可开发资源。即不仅存在技术可行性，也同时满足经济要求的节电资源，具体做法是在满足技术可行性的基础上进行成本效益分析，从而得出具有经济效益的节电资源。

电力需求侧管理资源按照其资源属性，可以分为三类：可节约的电力资源、可节约的能量资源以及可替代的资源。

(1) 可节约的电力资源。指电功率(kW)的节约量，根据电力系统的负荷特性，以某种方式将用户的电力需求从电网负荷高峰期削减，或将其转移到电网负荷低谷期，减少日或季节性的电网峰荷，促使电力需求在不同时序上合理分布，增加低谷期设备利用率，提高系统运行的可靠性和经济性。

(2) 可节约的能量资源。指电量(kWh)的节约量，是指以提高电能利用效率为目的，通过各种节电改造项目、技术、产品、工艺等挖掘的节约电能消耗量，从而减少因发电而消耗的一次能源以及其他社会资源，是一种可循环的资源。典型的电力需求侧可节约能量资源开发范例为能效电厂，即以电量节约的方式满足用户的用电需求，实现供需平衡，同时还能带来其他效益，如减少污染物的排放、减少对煤的需求、提高电力系统运行的经济性和可靠性等。

(3) 可替代的资源。指被清洁能源替代的能量(kWh)，从广义上讲，电力替代也是电力需求侧资源之一，是节能、节电的重要措施。电力产品面临的替代品主要有天然气、风能、太阳能等，尤其是天然气在发电、民用方面

有着良好的替代性，可以减轻缺电压力，更加清洁，并提高能源利用效率。

三、电力需求侧管理资源调查对象及方法

本套丛书所称调查方法是对电力需求侧管理节电资源调查一般方法的阐述，是典型调查、一般调查和抽样调查方法的结合，根据每个特定节电领域的具体特点而灵活开展。调查评估机构接到某一节电资源调查评估任务后，可按照以下工作程序完成相关任务：收集前期资料、准备相关调查测试器材、办理入场许可、开展现场调查、编制调查评估报告。

电力需求侧管理资源具体的调查对象为：

(1) 各供配电单位。通过供配电单位以往的运行数据，得到电力系统的负荷特性，从而可以用某种方式将用户的电力需求从电网负荷高峰期削减，或将其转移到电网负荷低谷期，减少日或季节性的电网峰荷，促使电力需求在不同时序上合理分布，增加低谷期设备利用率，提高系统运行的可靠性和经济性。

根据调查供配电单位的变压器、线路和无功补偿装置的现状，相关厂家改造的费用等基本情况，进而分析供配电系统经济运行、节电改造和改善电能质量所节省的电力与电量资源，进行相关的电力需求侧管理项目。

(2) 各用电单位。电力需求侧管理资源调查工作展开的主体可以是政府、电力公司或用户本身，对于政府相关决策机构，电力需求侧管理资源调查要整合全社会需求侧管理资源，制定需求侧管理资源调查工作机制，因此调查对象需要包含全社会各行业。对于用户本身，需求侧管理资源调查工作旨在挖掘本身潜力，达到节电，降低经济运行和企业的经营成本，提高产品竞争力。

电力需求侧管理资源调查可以采用抽样调查与典型用户调查结合的方法，具体流程图如图 I 所示。

根据电力需求侧管理目标，分析电力需求侧管理资源调查需要得到的用户信息，主要包括用户用电潜力信息以及用户价值信息。通常来说，用户电力需求侧资源的潜力信息需要深入了解用户负荷特性、开展实地调研；用户价值信息可以采取文案调研的方法。

开展电力需求侧资源实地调研需要借助调查表。需要根据信息需求，合理设计调查表。根据电力需求侧资源调查方案编制的需要，调查表需要涉及以下几方面的信息：用户基本信息，主要设备的负荷及运行特点、重要程度，企业生产班次和厂休情况，企业生产设备检修计划，可中断负荷控制对企业

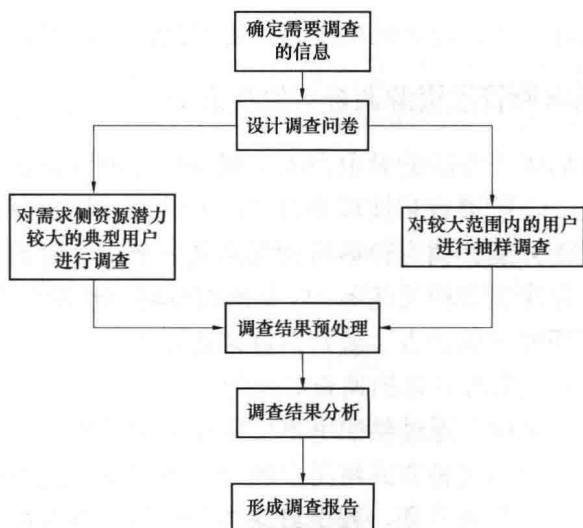


图 I 电力需求侧资源调查工作流程

生产安全、生产成本、代工范围等方面的影响，蓄能技术的情况等。同时，调查表应当具备信息完备、简洁易懂、操作性强等特点。

可节约电力资源调查采用文案调研与实地调研相结合的方法。对于用户电力需求侧资源潜力信息，主要采用实地调研的方法。对于重点行业、重点用户负荷特性调查，实地调研可以以调查表为主要调研依据，采用现场调查、问卷调查和交流访谈等方法，提出具体的实地调研方案，并就相关注意事项做出说明。

此外，文案调研方法也是节电资源调查的重要方法。用户信息（尤其是用户价值信息）如单位产值电耗、电费收益率、对于经济的促进作用等，可能来自于不同的信息渠道。在对信息搜集渠道进行分析的基础上，提出各类信息的获取途径和方法。

本套丛书按照通用设备节电资源的分类，包括《节约电力与蓄能系统资源调查与评估》《供配电节电资源调查与评估》《电机系统节电资源调查与评估》《中央空调节电资源调查与评估》《热泵系统节能资源调查与评估》《照明节电资源调查与评估》《分布式发电资源调查与评估》等 7 个分册，分别从需求响应节约电力、空调蓄能、供配电系统、电机系统、中央空调、热泵系统、分布式光伏发电、天然气分布式能源、煤层气综合利用和余热余压发电等方面对需求侧管理资源调查与评估方法体系进行了论述，站在电力需求侧管理

的角度，从市场需求出发，系统阐释电力需求侧管理资源潜力调查的内容和方法体系，具有较强的操作性与实用性，可以为电力用户、能源服务机构等能源管理人员提供能源服务项目的初步可行性评估，同时为各地政府电力需求侧管理主管部门、电网企业开展电力需求侧管理工作提供方法参考。

丛书的编写得到了南方电网综合能源有限公司、东南大学、国家发展和改革委员会能源研究所、中国电力科学研究院等单位、机构和专家的大力支持，尤其南方电网综合能源有限公司结合自身节能业务开展情况提供了大量调查表及案例支持，在此一并表示感谢。

限于编者水平，书中难免有欠妥之处，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者

2017 年 2 月

目前空调负荷在终端用电负荷中的比重越来越大,在夏季负荷高峰期间,中心城市甚至达到了 50%左右,其中中央空调是工业、商业、办公楼宇空调应用的主要形式,且在家用领域也逐渐有了较多应用,因此,节能环保技术在中央空调领域的应用也得到了广泛的关注。

本分册专注于广泛应用的中央空调节电资源的调查和评估,介绍了中央空调节能技术现状及趋势,对中央空调系统的冷/热源侧、冷/热输配侧和末端使用侧的特点和节能技术进行了梳理,给出了公共建筑集中空调系统经济运行的相关能效指标、节能计算方法和用能定额,为评价中央空调经济运行状况提供了依据。然后通过资源调查表的形式获取用能客户中央空调运行现状,通过案例的形式制定适宜的节能改造方案,达到系统节电的目的。

本分册由清华大学建筑学院林波荣、余娟主编,全书由东南大学电力需求侧管理研究所高赐威教授主审。南方电网综合能源有限公司董福海、凌猛、常良、刘炜,北京清华同衡规划设计研究院肖伟、葛鑫、段然等参与了有关内容编制,一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请各位专家和读者提出宝贵意见。

编 者

2016 年 12 月

丛书前言

本书前言

第一章 概述	1
第一节 基本概念	1
第二节 公共建筑能耗状况	2
第三节 中央空调节能技术现状及发展趋势	5
第四节 全国集中空调节电资源潜力估计	9
第二章 中央空调节电技术	11
第一节 中央空调节电技术分类	11
第二节 集中空调系统能效指标	52
第三章 空调节能调查	60
第一节 空调电耗调查工作流程	60
第二节 空调电耗调查工作方法	60
第三节 节能量计算与验证	62
第四节 空调电耗调查表设计	64
第四章 空调能耗定额设定	77
第五章 空调节电资源调查案例	81
第一节 案例 1	81
第二节 案例 2	90
第三节 案例 3	94
参考文献	103

第一章

概 述

第一节 基 本 概 念

一、目标对象的研究范围界定

（一）公共建筑

公共建筑包含办公建筑（如写字楼、政府部门办公室等），商业建筑（如商场、金融建筑等），旅游建筑（如酒店、娱乐场所等），科教文卫建筑（如文化、教育、科研、医疗、卫生、体育建筑等），通信建筑（如邮电、通信、广播用房）以及交通运输类建筑（如机场、高铁站、火车站、汽车站等）。

（二）集中空调

又称中央空调，所有空气处理设备（风机、过滤器、加热器、冷却器、加湿器、减湿器和制冷机组等）都集中在空调机房内，由冷水机组，热泵，冷、热水循环系统，冷却水循环系统（风冷冷水机组无需该系统）以及末端空气处理设备（如空气处理机组、风机盘管）等组成。空气处理后，由风管送到各空调房里。这种空调系统热源和冷源也是集中的。它处理空气量大，运行可靠，便于管理和维修，但机房占地面积大（采用风柜来处理全部风量）。

（三）既有建筑

本文的研究对象为已建成、投入使用的公共建筑，即既有建筑。出于研究分析意义考量，所研究的既有建筑中，使用或入住情况需相对稳定。

二、目标技术的研究范围界定

对于本书的研究范围界定主要是针对空调节能行业中运行广泛、技术成熟且

不具有较大争议的节能技术。而所涉及的中央空调节能技术研究中,需以设计、施工良好为基础。

节能改造对于现场实施条件的要求比较高。一般来说,对于两个截然不同的系统或技术方式进行大规模的改动是很难实现的。对于实施难度较高的项目,一般会采用仅在现有系统的基础上进行调优或者进行局部改动,而非盲目地给予伤筋动骨的“手术”。因此,在节能改造实施前,需要进行综合评估(除了经济性分析以外,还需研究改造工程对于项目各业态的运营会产生多少影响)。

因此,针对空调系统的节能改造,首先需了解各类成熟节能技术的应用特点,然后必须清晰地分析出有在运行系统的各项能效指标,以便得到最优的节能改造方案。

第二节 公共建筑能耗状况

一、公共建筑能耗总量

目前我国公共建筑总量约 53 亿 m^2 , 占城镇建筑总量的 36% (2008 年统计数据)。

公共建筑的规模从几百平方米到几十万平方米不等。当不考虑采暖能耗时,可把公共建筑大致分为两大类:① 单体规模大于 2 万 m^2 且采用中央空调的建筑,称大型公共建筑,大型公共建筑能耗密度高,除采暖外能耗折合用电量在 70~300kWh/ ($\text{m}^2 \cdot \text{a}$); ② 单体规模小于 2 万 m^2 且没有采用中央空调的建筑,称普通公共建筑或一般公共建筑,除采暖外能耗在 30~60kWh/ ($\text{m}^2 \cdot \text{a}$) (除餐厅、计算机房等特殊功能建筑)。

二、公共建筑的分项能耗

对于大型公共建筑,由于其用能(用电)类型较为复杂,在对大型公共建筑进行能耗分析时,需将其总能耗(总用电)先进行细化、拆分。图 1-1 为我国大型公共建筑能耗模型。

分别讨论两大类公共建筑的分项电耗特征。一般公共建筑各分项电耗的数值与大型公共建筑的对比如下:

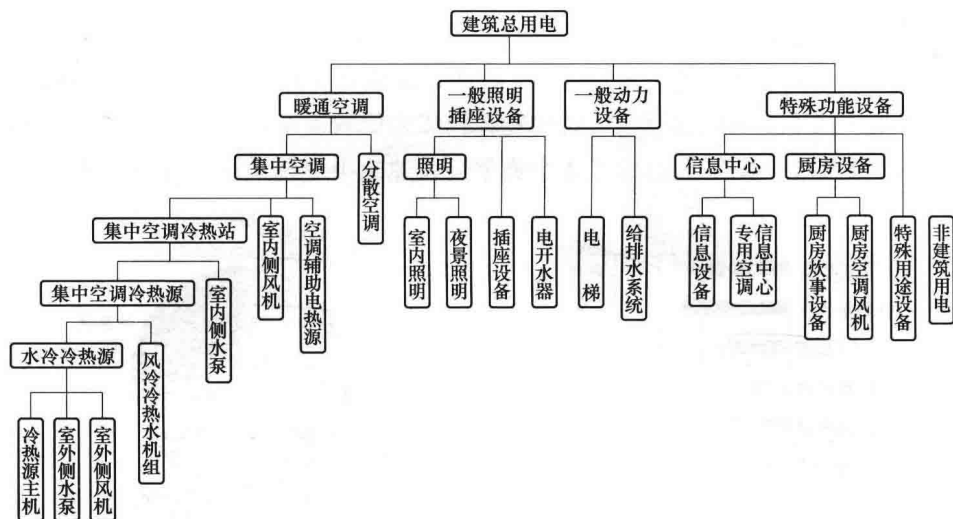


图 1-1 我国大型公共建筑能耗模型

(1) 照明电耗：一般公共建筑为 $8 \sim 12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，普通办公建筑的室内照明可以在很大程度上利用自然采光解决，只有当自然采光不足时才使用人工照明补充；而大型公共建筑照明能耗一般在 $10 \sim 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(2) 空调耗冷量：以北京为例，一般公共建筑耗冷量约 $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，在春秋天的大部分时间可以通过开启外窗自然通风冷却。同时，由于操作灵活，基本上可以杜绝无人空间或无人时间段空调器的无谓开启。大型公共建筑采用中央空调，北京的空调耗冷量在 $80 \sim 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(3) 空调系统电耗：一般公共建筑为 $8 \sim 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，虽然分体空调的效率 [COP (Coefficient Of Performance) 在 $2.0 \sim 3.0$ 之间] 要低于中央空调系统的大型制冷机 (设计工况下 $\text{COP} > 5.0$)，但在一般公共建筑中没有空调风机、水泵，新风也通常依靠外窗开启解决，因此输配能耗几乎为 0；而大型公共建筑风机水泵能耗成了空调系统能耗的很大部分，总的空调能耗在 $15 \sim 80 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(4) 通排风机电耗：因为建筑体量小，室内通风基本可以靠开窗通风解决，基本不存在通排风机电耗；而大型公共建筑这一项可达 $5 \sim 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(5) 办公电气设备电耗： $8 \sim 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，与人员密度即人均建筑面积有关，因为此部分能耗基本上与人员密度成正比。

(6) 电梯电耗：没有或非常低，因为建筑物体量很小，即使有电梯使用频率

也很低。而大型、超大型建筑的电梯能耗却不可忽视。

从大型公共建筑的能耗特点来看,空调系统能耗往往是公共建筑除采暖之外能耗中最大的一部分,而空调系统的能耗构成也比较复杂,因此需要进一步分析其构成。图 1-2~图 1-5 给出了 4 个典型公共建筑中空调系统能耗的构成。

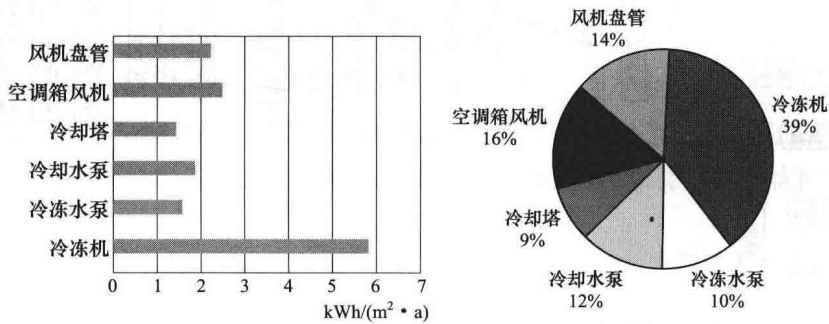


图 1-2 某典型政府办公楼空调系统分项耗电量及比重

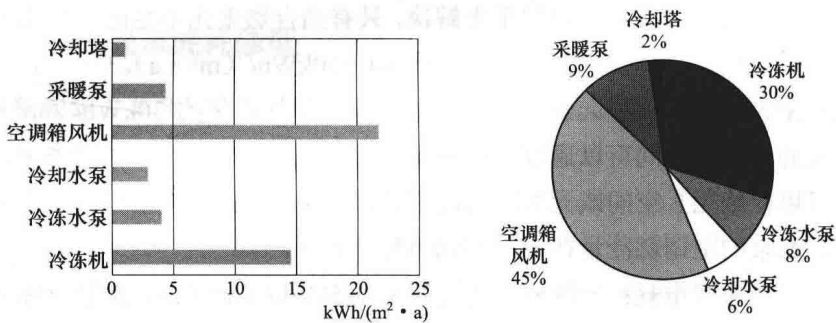


图 1-3 某典型商业写字楼空调系统各设备分项耗电量及比例

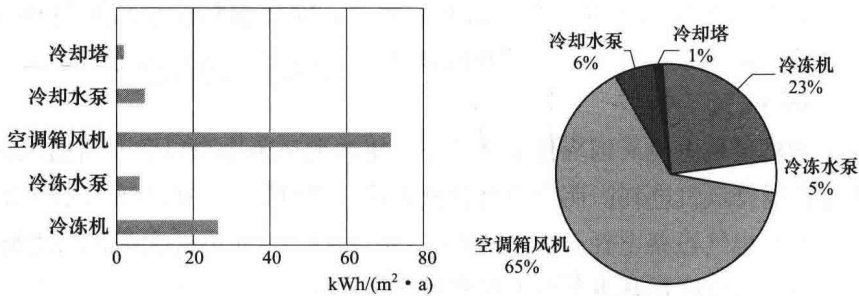


图 1-4 某典型商场空调系统分项耗电量及比例