

电力需求侧管理资源调查系列丛书

# 节约电力与蓄能系统 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

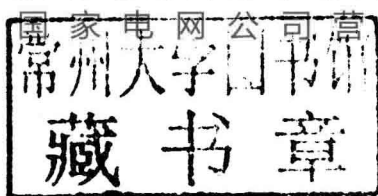
电力需求侧管理资源调查系列丛书

# 节约电力与蓄能系统 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责任,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《节约电力与蓄能系统资源调查与评估》。

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

节约电力与蓄能系统资源调查与评估 / 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 978-7-5198-0430-5

I. ①节… II. ①国… ②南… ③国… III. ①节电-资源调查②节电-资源评估  
IV. ①TK018

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第035874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) 马雪倩

责任校对:王开云

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

版 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:9

字 数:143千字

印 数:0001—2000册

定 价:42.00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 | 王小明 | 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

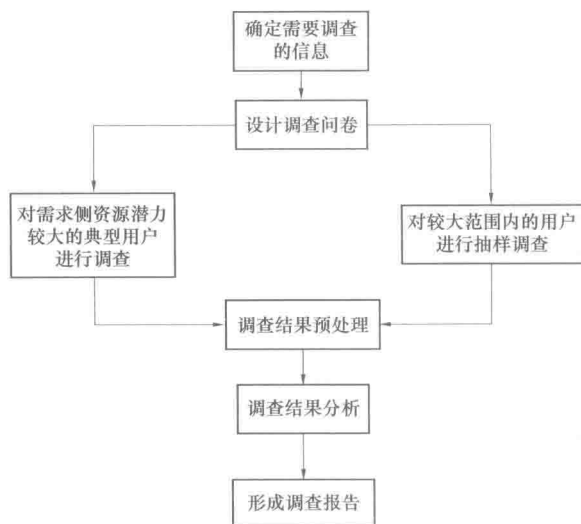


图 I 电力需求侧资源调查工作流程

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

节约电力是相对于节约电量而言的，此处是功率节约的意思。由于电能的实时平衡特性，节约电力对于电力系统而言具有特殊重要的意义，不仅有利于节约供应容量投资，而且有利于供电可靠性的提升。为了进一步推进节约电力工作的开展，首先需要对节约电力资源进行评估，以及对节电资源进行科学调查与挖掘。

本分册主要内容包括节约电力资源调查与评估、蓄能技术节能资源调查与评估两篇内容，分别从需求响应、有序用电及蓄能的角度对节电资源调查的相关技术和方法进行了介绍，为开展需求响应、节约电力负荷资源的调查工作提供了方法和借鉴。

本分册第一篇由东南大学高赐威主编，第二篇由清华大学建筑学院林波荣、张德银主编，全书由东南大学电力需求侧管理研究所李扬教授主审。南方电网综合能源有限公司董福海、常良、刘炜，北京清华同衡规划设计研究院刘加根、李晋秋、赵洋、陈肖萌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

## 第一篇 节约电力资源调查工作指南

|                |   |
|----------------|---|
| 第一章 节约电力资源调查概述 | 3 |
| 第一节 节约电力       | 3 |
| 一、节约电力的概念      | 3 |
| 二、节约电力的边界条件    | 3 |
| 三、节约电力的实现形式    | 3 |
| 第二节 节约电力资源     | 4 |
| 一、节约电力资源的概念    | 4 |
| 二、节约电力资源的边界条件  | 4 |
| 第三节 节约电力资源调查   | 4 |
| 一、节约电力资源调查的概念  | 4 |
| 二、节约电力资源调查的对象  | 5 |
| 三、节约电力资源调查的目的  | 6 |
| 第二章 节约电力机制     | 7 |
| 第一节 需求响应       | 7 |
| 一、需求响应概述       | 7 |
| 二、需求响应资源调查概述   | 8 |
| 三、需求响应相关技术     | 8 |
| 第二节 有序用电       | 9 |
| 一、有序用电概述       | 9 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 二、有序用电资源调查概述 .....           | 10 |
| 三、有序用电相关技术 .....             | 11 |
| 第三章 节约电力资源调查方法和流程 .....      | 12 |
| 第一节 节约电力资源调查方法 .....         | 12 |
| 一、节约电力资源调查原则 .....           | 12 |
| 二、节约电力资源调查具体方法 .....         | 13 |
| 三、节约电力资源调查数据处理 .....         | 14 |
| 四、同时率计算 .....                | 14 |
| 第二节 节约电力资源调查流程 .....         | 15 |
| 一、调查前期准备 .....               | 15 |
| 二、调查执行 .....                 | 16 |
| 三、调查信息整理及分析 .....            | 16 |
| 四、调查结果总结 .....               | 16 |
| 第四章 节约电力资源调查评估 .....         | 18 |
| 第一节 需求响应资源调查评估 .....         | 18 |
| 一、规划层面的需求响应资源调查评估 .....      | 18 |
| 二、运行层面价格机制下的需求响应资源调查评估 ..... | 21 |
| 三、运行层面潜力机制下的需求响应资源调查评估 ..... | 22 |
| 第二节 有序用电资源调查评估 .....         | 24 |
| 一、有序用电错峰资源计算 .....           | 24 |
| 二、有序用电避峰资源计算 .....           | 25 |
| 第五章 节约电力资源调查案例 .....         | 27 |
| 第一节 需求响应资源调查案例 .....         | 27 |
| 一、案例介绍 .....                 | 27 |
| 二、计算结果 .....                 | 30 |
| 三、数据分析 .....                 | 32 |
| 第二节 有序用电资源调查案例 .....         | 33 |
| 一、案例介绍 .....                 | 33 |
| 二、计算结果 .....                 | 34 |
| 三、数据分析 .....                 | 36 |

## 第二篇 空调蓄能技术节能资源调查工作指南

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第六章 空调蓄能技术节能资源概述 ..... | 41 |
| 第一节 空调蓄能技术简介 .....     | 41 |
| 一、空调蓄能技术概念 .....       | 41 |
| 二、空调蓄冷技术发展现状及趋势 .....  | 42 |
| 三、空调蓄热技术发展现状及趋势 .....  | 44 |
| 四、空调蓄能资源边界条件 .....     | 46 |
| 第二节 空调蓄能资源调查 .....     | 46 |
| 一、空调蓄能资源调查对象 .....     | 46 |
| 二、空调蓄能资源调查目的 .....     | 48 |
| 第七章 空调蓄能技术 .....       | 49 |
| 第一节 空调蓄能技术分类 .....     | 49 |
| 一、蓄冷技术 .....           | 49 |
| 二、蓄热技术 .....           | 50 |
| 第二节 冰蓄冷空调系统 .....      | 52 |
| 一、系统流程 .....           | 52 |
| 二、串联单循环主机上游内融冰系统 ..... | 52 |
| 三、串联双循环主机上游内融冰系统 ..... | 53 |
| 四、串联主机上游外融冰系统 .....    | 54 |
| 第三节 蓄冰装置 .....         | 56 |
| 一、蓄冰装置的类型及特点 .....     | 56 |
| 二、蓄冰装置的类型选择 .....      | 57 |
| 三、蓄冰模式及蓄冰装置容量的选择 ..... | 57 |
| 第四节 制冷主机 .....         | 59 |
| 一、蓄冰空调用制冷主机的选择 .....   | 59 |
| 二、蓄冷空调用制冷机组的容量确定 ..... | 59 |
| 第五节 冰蓄冷空调自控系统 .....    | 60 |
| 一、自控系统组成 .....         | 60 |
| 二、控制功能 .....           | 61 |
| 三、控制模式 .....           | 61 |
| 四、冰蓄冷空调系统运行策略 .....    | 62 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 五、冰蓄冷空调系统的综合评价体系 .....      | 62 |
| 第六节 水蓄冷技术 .....             | 65 |
| 一、系统流程 .....                | 65 |
| 二、蓄冷装置的类型与选择 .....          | 65 |
| 三、制冷主机的类型与选择 .....          | 68 |
| 四、水蓄冷空调自控系统 .....           | 68 |
| 五、水蓄冷系统的综合评价体系 .....        | 69 |
| 第七节 电蓄热技术 .....             | 70 |
| 一、系统流程 .....                | 70 |
| 二、电蓄热系统配置方法 .....           | 71 |
| 三、电锅炉的类型与选择 .....           | 73 |
| 四、蓄热装置的类型与选择 .....          | 74 |
| 五、电蓄热控制系统及元器件 .....         | 76 |
| 六、电蓄热系统其他设备 .....           | 77 |
| 七、蓄热系统的综合评价体系 .....         | 78 |
| 第八章 蓄能资源调查方法和流程 .....       | 80 |
| 第一节 蓄能改造调查工作流程 .....        | 81 |
| 第二节 蓄能调查表设计 .....           | 83 |
| 第三节 蓄能改造现场测试 .....          | 88 |
| 一、工作流程 .....                | 88 |
| 二、主机性能指标的计算 .....           | 90 |
| 三、测量仪表及测点布置 .....           | 90 |
| 第九章 蓄能空调节电资源评估 .....        | 92 |
| 第一节 冰蓄冷技术 .....             | 92 |
| 一、目的 .....                  | 92 |
| 二、经济性评价估算方法 .....           | 92 |
| 三、整个供冷季节输入电量和运行电费估算方法 ..... | 93 |
| 四、计算表 .....                 | 95 |
| 五、冰蓄冷系统改造经济性分析表 .....       | 98 |
| 第二节 水蓄冷技术 .....             | 99 |
| 第三节 电蓄热技术 .....             | 99 |
| 一、目的 .....                  | 99 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 二、经济评价用无蓄冷功能的系统估算方法 .....         | 99  |
| 三、整个供冷季节输入电量和运行电费估算方法 .....       | 100 |
| 四、计算表 .....                       | 102 |
| 五、电蓄热系统改造经济性分析表 .....             | 105 |
| 第十章 蓄能技术资源调查案例 .....              | 107 |
| 第一节 项目简介 .....                    | 107 |
| 第二节 方案设计 .....                    | 108 |
| 一、项目初判定 .....                     | 108 |
| 二、项目设计条件 .....                    | 108 |
| 三、主机容量 .....                      | 109 |
| 四、蓄能装置 .....                      | 110 |
| 五、连接方式 .....                      | 112 |
| 六、控制方式 .....                      | 113 |
| 第三节 冰蓄冷系统与常规空调系统投资费用及运行费用比较 ..... | 114 |
| 附录 A 节约电力资源调查表 .....              | 116 |
| 附录 B 蓄能空调记录表样例 .....              | 121 |
| 参考文献 .....                        | 122 |