

基于节电潜力分析的重点工业企业 电力需求侧

主编 张志刚 马光文

管理研究



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

基于节电潜力分析的重点工业企业 电力需求侧管理研究

主编 张志刚 马光文



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共有 7 章,主要研究了节能发电调度模式下的多目标水火电优化调度模型,提出工业企业节电的主要技术途径选择;分析了经济发展与电力消费之间,以及产业结构与电力消费之间的关系;构建了基于非竞争型投入产出的结构节能模型,节能降耗及经济持续增长多目标优化模型,并将 NSGA-Ⅱ 方法应用于多目标水火电站群优化调度模型,节能降耗及经济持续增长的多目标优化模型和基于综合资源战略规划(IRSP)的多目标电源规划模型计算中。在对用电量与 GDP 关系,技术、结构、管理节电潜力分析研究的基础上,对综合资源规划与电力需求侧管理的特点、思路进行了研究,对经济社会与电力需求侧的中长期能源需求进行了预测。

本书的读者对象为有关政府(发改委、电监会、能源局)部门,电力公司发、输、配电各个环节的运行管理人员,电力经济及其管理的科研工作者,大专院校相关专业师生等。

图书在版编目(CIP)数据

基于节电潜力分析的重点工业企业电力需求侧管理研究 / 张志刚, 马光文主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-5170-1912-1

I. ①基… II. ①张… ②马… III. ①工业企业管理—用电管理—研究 IV. ①TM92

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第075597号

书 名	基于节电潜力分析的重点工业企业电力需求侧管理研究
作 者	张志刚 马光文 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010)68367658(发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 7.5 印张 178 千字
版 次	2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	28.00 元



凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

我国“十一五”规划中，明确提出了2010年单位GDP能耗比“十五”期末降低20%左右的节能目标，万元GDP能耗要由2005年的1.22吨标准煤(tce)下降到0.98吨标准煤(tce)左右，重点耗能行业环保状况和主要产品单位能耗指标总体达到或接近21世纪初国际先进水平，主要耗能设备能源效率达到20世纪90年代中期国际先进水平。

四川省是能源生产大省和消费大省，近年来经济快速发展，能源资源的瓶颈制约作用日益突出，能源总体利用效率偏低及粗放型的经济增长模式难以支撑四川省经济社会健康快速协调可持续发展。

本书结合美国能源基金会项目，对四川省重点工业企业的节电潜力，分别从技术节电、结构节电、管理节电三个方面进行了分析。“十一五”末期，在对四川重点工业行业能耗现状进行调查的基础上，通过分析对比，对重点工业行业的节电潜力进行了分析，这对于编制四川省“十二五”节能规划，研究制定节能政策措施，推广先进节能技术都具有重要意义；对未来电网、电源规划提出了预测，这可为国家制定电力能源产业发展提供政策参考。

感谢国家自然科学基金(50539140)和美国能源基金会“中国可持续能源项目”(G-0805-10086、G-0708-09382)的资助。

感谢四川大学能源发展研究中心的同事及同学，四川省电力公司、四川省能源局的相关领导，广西大学电气工程学院林小峰教授，广西水利电力职业技术学院邓海鹰教授、龙艳红教授等的帮助和支持。

作 者

2014年1月

目 录

前 言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景和意义	1
1.2 国内外研究现状	5
1.3 研究的主要内容及技术路线	6
1.4 小结	7
第 2 章 四川省能源利用现状及能耗分析	8
2.1 四川省经济及能源资源概况	8
2.2 四川省电力系统概况	9
2.3 四川省用电量与 GDP 关系分析	12
2.4 国内外分行业能耗比较	16
2.5 小结	36
第 3 章 技术节电	37
3.1 电机系统节能工程	37
3.2 变频调速节能	39
3.3 高耗能企业系统化节电模型	41
3.4 典型钢铁企业主要耗能单元	42
3.5 多目标水火电站群优化调度模型	45
3.6 四川省重点工业行业技术节电潜力分析	52
3.7 小结	56
第 4 章 结构优化节电	58
4.1 投入产出方法	58
4.2 基于非竞争型投入产出的结构节能模型	62
4.3 节能降耗及经济持续增长多目标优化模型	73
4.4 四川省工业结构节电潜力分析	76
4.5 小结	78
第 5 章 管理节电	79
5.1 企业电能平衡管理	79
5.2 主要电气设备的节电管理	83
5.3 四川省管理节电潜力分析	87

5.4 小结	88
第 6 章 综合资源规划与需求侧管理研究	89
6.1 综合资源规划的基本理论	89
6.2 电力需求侧管理的基本理论	90
6.3 基于 IRSP 的电力系统规划	92
6.4 四川省“十二五”能源规划设想	101
6.5 小结	105
第 7 章 总结与展望	106
7.1 总结	106
7.2 展望	107
参考文献	108

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景和意义

1.1.1 基本概念

能源是国家经济社会发展的动力和重要支撑，也是国家战略性资源和经济安全的可靠保障。我国“十一五”规划中，明确提出了 2010 年单位 GDP 能耗比“十五”期末降低 20% 左右的节能目标，万元 GDP 能耗要由 2005 年的 1.22tce（吨标准煤）下降到 0.98tce（吨标准煤）左右。

近年来四川省工业用能一直占全社会能源消耗的 70% 左右。2006 年四川省三次产业终端用能比例为 2.75 : 71.92 : 25.33。其中，工业用能 8012.66 万 tce，占全社会能源消耗的 70.5%。全省单位工业增加值能耗 2.82tce/万元，比全国平均水平 2.53tce/万元高 11.5%。在国民经济统计 39 个工业大类行业中，冶金、化工、电力、建材、煤炭、石油加工、造纸、食品、纺织等 9 个行业能源消费量均超过 100 万 tce，能耗总量达到 6682 万 tce，占全省规模以上工业能耗总量的 75.8%。其中，冶金、化工、电力、建材行业能耗分别占全省规模以上工业的 21.7%、18.9%、17.7%、15.7%。

四川省是能源生产大省和消费大省，近年来经济快速发展，能源资源的瓶颈制约作用日益突出，能源总体利用效率偏低及粗放型的经济增长模式难以支撑四川省经济社会健康快速协调可持续发展。面对日益严峻的能源问题，世界上大多数国家增强了对能源的宏观调控，注重节能管理。国际能源机构也决定在常设组织内专门成立节能部，以加强节能方面的国际合作。

按照世界能源委员会 1979 年提出的定义，节能（Energy Conservation）就是指加强能源管理，采取技术上可行，经济上合理及环境和社会可以承受的各种措施，减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费，从而更加合理、有效地利用现有能源。节能的实质是充分、有效地发挥能源的作用，使同等数量的能源提供更多的有效能，创造出更高的产值和利润，不能将节能简单地理解为少用能。为了达到这个目的，就需要在使用能源资源的一切方面，包括从开采到使用，更好地进行管理，以获得更高的能源利用效率。

从物理学的角度来看，能源利用效率取决于能源的有效利用和实际的能源损失比。根据热力学第一定律，全部能量守恒，能量在任何时候都不会消失。但是根据热力学第二定律，能量损耗是可能的，尽管能量不会消失，但能量可以分散到不可能进一步利用它来做功的程度。因此全面确定能源利用效率，不仅需要注意所消耗的能源数量，也要求重视能源的质量。从消费（或生产）的角度上看，不管这些服务是否可用能量来表示，能源利用效率都取决于提供服务（产品）的单位耗能。据计算，目前在获得能源到能源最终利用过程中，能源利用率约为 15%，而其余 85% 的一次能源损失掉了。如果不包括开采阶段，

能源利用效率则为 32%。能源开采和最终利用是效率最低的两个阶段，其损失占总损失的 86%，这也是节能潜力最大的部分。为此，各国在理解节能定义时，都需要首先在理论上弄清节能与能源利用效率的密切关系，并就解决这个重要的经济和技术问题作出必要的抉择。这也是当前各国制定节能政策的理论依据。

目前对节能的具体含义和内容，有几种不同的看法。大致分为三类：①节能就是节约，少消耗能源；②节能就是节约能源成本，尽可能减少为得到一定效用（产品与服务）所输入的直接和间接的能量，谋求能源最大限度的有效利用；③节能的根本目的是要从能源的开采到最终使用的全过程上提高能源的效率与经济性。

节能潜力可以分成两种。一种是节能总潜力，另一种是可实现的节能潜力。节能总潜力是指技术节能潜力，即技术上可以达到的节能潜力。当然技术节能是有限的，不存在无限制的节能。在技术上可实现的节能总潜力是指目前科学技术所能达到的最好水平，节能总潜力是指根据热力学定律计算的理论上的最高水平。然而技术节能潜力并不都是经济上合理的节能潜力。综合经济因素考虑可实现的节能潜力是指技术上成熟，经济上合理，在一定时期内预计可实现的节能量。

要准确计算出一个国家某个时期内的节能潜力比较困难，因为影响实现节能潜力的技术、经济、社会等有利、不利因素很多，而且有些是难以预料的不确定因素，但是通过细致的调查，对节能潜力进行估算是有可能的。另外也要注意，采用不同的指标（例如单位产品能耗下降率、单位产值能耗下降率等指标）计算出来的节能潜力是不同的。计算节能潜力时，要确定以哪一年为基础，确定采用累计节能量还是年平均节能量（或者采用累计节能率，还是年平均节能率）作为目标^[1-6]。

1.1.2 能源效率与节能潜力的经济指标

评价一个国家的能源利用情况需要使用能源效率的指标，能源效率是指能源投入与产出之比，而能源效率又包括能源经济效率和能源技术效率两种。能源经济效率是把能源作为燃料和动力时，能源投入与最终生产成果之比；而把能源作为原材料，经过加工转换生产出另一种形式的能源，这种能源投入与能源产出之比叫作能源技术效率。计算能源经济效率时能源消费量应采用最终能源消费，计算能源效率则应采用能源消费总量。

计算能源效率的方法一般有两种：①全要素能源效率，即考虑各种投入要素相互作用的能源效率；②单要素能源效率，只把能源要素与产出进行比较，不考虑其他生产要素。全要素能源效率更接近实际，但是计算复杂。单要素能源效率虽然计算简单，却夸大了能源效率，而且没有考虑要素之间的替代作用。

能源利用的节约与浪费需要用一定的指标来衡量。目前衡量节能效果的技术经济指标主要有以下几种。

1. 能源消费弹性系数

能源消费弹性系数分析法是用来定量描述能源消费量与经济增长之间的一般变化规律，通常用能源消费量增长率与经济增长率之间比例表示。它的数学表达式为：

$$e_1 = \frac{dE/E}{dG/G} = \frac{dE}{dG} \cdot \frac{G}{E} \quad (1-1)$$

式中 e_1 ——能源消费弹性系数；

E ——前期能源消费量；
 dE ——本期能源消费增量；
 G ——前期经济产量；
 dG ——本期经济产量的增量。

为了考察不同时期能源消费弹性系数的变化情况，需要根据式（1-1）进行具体计算。目前，国外普遍采用的计算方法是平均增长速度方法，也叫几何平均法。具体计算方法如下：

设 α 和 β 为考察期能源消费平均增长率和经济产量的平均增长率，则

$$\alpha = \left(\frac{E_t}{E_0} \right)^{\frac{1}{t-t_0}} - 1 \quad (1-2)$$

$$\beta = \left(\frac{G_t}{G_0} \right)^{\frac{1}{t-t_0}} - 1 \quad (1-3)$$

式中 t, t_0 ——终期年和基期年；

E_t, E_0 ——终期年和基期年能源消费量；

G_t, G_0 ——终期年和基期年经济产量。

这样，式（1-1）就转换为：

$$e = \frac{\alpha}{\beta} = \left\{ \left(\frac{E_t}{E_0} \right)^{\frac{1}{t-t_0}} - 1 \right\} / \left\{ \left(\frac{G_t}{G_0} \right)^{\frac{1}{t-t_0}} - 1 \right\} \quad (1-4)$$

式（1-4）就是按平均增长速度法或几何平均法计算能源消费弹性系数的基本表达式。

2. 能源强度

能源强度（Energy Intensity，简称 EI）也称能源密集度或单位产值能耗，即生产单位产品（产值）所消耗的能源数量。单位 GDP 能源消耗量是经济对能源依赖度的反应和能源有效利用度的体现。这个指标包括了国民经济体系中能源利用的基本环节，反映出能源利用的变化态势和经济价值。

（1）在能源强度的具体应用中，通常还有下列几个基本概念：

1) GDP 终端能源密度，是指终端商品能源消费总量与国内生产总值的比率，用每千元所消耗多少吨油当量表示。生产同样价值产品所需能源量越少，其能源效率越高。

2) 部门能源密度，是指部门能源消费量与其对应部门的以不变值计算的增加值的比率。部门或者子部门的能源密度能很好地反映工业子部门的技术进步状况。

3) 单位能源消费量，是指子部门能源消费量或终端用能量与表示为实物量或设备数量的产出之比，例如“油当量/吨钢”、“千克油当量/辆小汽车”等。这些指标弥补了用部门能源密度测算子部门技术进步的不足。

（2）地区电力强度用下式表示各地区的电力消耗能源强度：

$$E_{\text{intensity}}(i) = \frac{EC_i}{GRP_i} \quad (1-5)$$

式中 $E_{\text{intensity}}(i)$ ——地区电力强度；

GRP_i ——用可比价格计算的地区国内生产总值；

EC_i ——地区电力消耗量。

总电力强度和分产业电力强度计算一般采用的数据均为终端电力消费量。

总体电力消费强度取决于：① 各产业的电力消费强度，反映了各产业电力使用效率的高低；② 产业结构，反映了各产业在国民经济总量中所占的比重。通过数据的关联性分析发现，许多因素都与电力消费强度之间存在相关性，如市场化程度、国际贸易量、固定资产投资量等。但实际上这些因素都是通过影响产业结构或各产业电力使用效率的变化，进而间接地影响整体电力消费强度的变化。

3. 能源效率

总的定义是消费一定量的能源得到所要求的效益：

$$\text{能源效率} = \frac{\text{产生所需产品(服务)的数量}}{\text{输入的能源量}}$$

对不同的部类，其含义不同：

在能源开采工业中：

$$\text{能源效率(采出率)} = \frac{\text{实际开采出来资源的热量}}{\text{资源所含有的全部热量}}$$

在能源转换过程中（包括炼油、煤的加工、液化、汽化、发电等）：

$$\text{能源效率} = \frac{\text{生产出来的各种形式能源的含热量}}{\text{输入到转换过程中的全部热量}}$$

在运输过程中：

$$\text{能源效率} = \frac{\text{终端用户得到的能量}}{\text{从生产者接受的输送出的能量}}$$

能源使用部门的效率，即能源利用效率：

$$\text{能源效率} = \frac{\text{使用能源后得到的产品(服务)}}{\text{输入的能量}}$$

能源利用效率指标直接反映各行各业各种用能设备的效率，是一个技术性很强的指标，在实际中应用很广。但它不能从技术经济的角度全面估算节能，只能从单一技术的角度计算节能数量。

4. 能源利用效率的国际比较

能源效率受多种因素的影响，除体制和政策因素外，还包括：能源结构、原料路线、企业规模、装备水平、生产工艺、能源质量、资源再生等。其中有些因素是自然和历史因素形成的，难以改变或无法改变。因此，不能单一地根据国内外对比，来推算节能的潜力。

1.1.3 节能途径

节能的三种途径一般包括：结构节能、技术节能和管理（制度）节能。如仅分析工业的节电潜力，即对应相应的结构、技术、管理节电分析方法。由于电力在能源消费中的比重接近 50%（2007 年为 44.14%，依照目前经济发展比例，电力在能源消耗中的比例会进一步提高）。

对何谓“结构节能”和“技术节能”，不同研究角度的定义和理解并不统一。这里的“技术节能”是指由于技术进步导致的能源利用效率提高，通常是指产品能耗（如吨钢综

合可比能耗)的提高,由于产品附加值的提高而导致单位产值(或增加值)能耗的下降,并不属于技术节能的范畴。技术节电(或称效率节电),就是通过技术改造,降低单位产品电耗。结构节能是指三次产业、地区、企业、行业、产品、耗能结构等变化引起的能源利用效率的提高。管理节能是指采取法律、战略、政策、管理(包括政府管理和企业内部管理)等制度措施,使得能源利用效率提高,由于管理因素对结构和技术因素均产生影响,这样就很难在定量研究中将管理制度因素的影响单独提出来,从而区别结构、技术、管理三个因素对节能各自的贡献率。但是管理制度因素有时也能单独产生作用,而不是通过结构和技术的变化而促进节能,例如,在电力终端用户通过制定和实施政策措施,引导和调节合理用能,减少浪费,从而减少消费环节耗用电力,这一环节并不是通过结构技术的变化而体现出来。这里我们将概念引申到节电模式。其关系结构如图 1-1 所示。

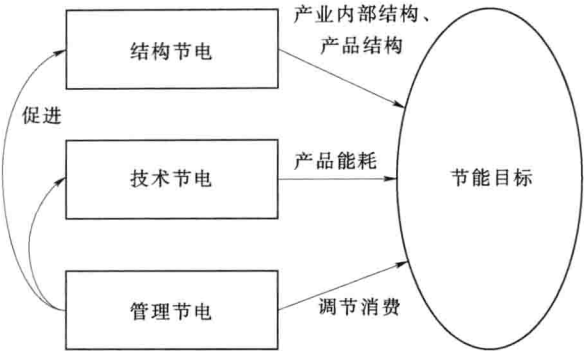


图 1-1 三种节电途径关系示意图

通过以上 3 种途径实现合理的节能目标,并无歧义。当前高耗能行业的快速发展是造成单位 GDP 能耗增加的主要原因,结构对目前四川的节能是“负贡献”,扭转和改变单位 GDP 能耗增加的趋势,关键决定于结构性因素,而实现结构节能也是推动节能工作的重点和难点。就技术节能而言,需要分析目前工业的技术节能潜力,特别是针对能源密集型产品对比中国与世界先进水平的差距,从而客观评价技术节能的潜力和潜在范围内经济上的可获得性和赢利性^[7-13]。

1.2 国内外研究现状

为适应建设可持续发展社会的要求,四川省的电力能源能否支撑得起经济发展的需要,是否能达到“十一五”总的节能目标,这些问题已经成为四川省经济发展过程中必须思考的问题。对工业产品能耗和工业节电潜力问题,国内外一些学者已作了很多这方面的研究,如张雷、黄园渐等对中国产业结构节能潜力分析,通过结构演进—能源消费和结构演进—单位能耗两个模型,对美国、英国、法国、德国、日本和印度产业结构演进和能源消费情况进行了国际比较。分析的结果表明,在现代化建设初期,以工业为主的结构演进对国家能源消费需求产生了明显的增速效应;随着多元化进程的不断加快,产业结构的能源消费需求的减速作用开始逐步显现。作为世界重要的能源生产和消费国,中国在长期一边倒的部门发展政策影响下,刚性演进特征极大地制约了国家产业结构节能效应的发挥,单位 GDP 能耗居高不下^[14]。

美国 Shiro Kadoshin 对能源结构的消费趋势进行了分析研究,研究表明能源的消耗量同当前经济发展有着密切的关联,GDP 与能耗基本上是线性比例关系^[15]。Larry chuen - ho Chow 等分析了产业结构调整与能源消耗量的关系,提出了一些降低能源消费的策略

措施^[16]。何建坤、张希良等分析了中国产业结构变化对国民经济能源强度变化的影响^[17]。姚锡棠等对上海经济发展与能源进行了结构节能潜力剖析^[18]。付加锋、张雷通过对天津市现代化发育水平和一次能源消费的简略分析,指出单纯采用能源消费弹性系数和能源利用效率曲线分析天津市一次能源消费规律已失去其有效性,也很难把握今后的节能潜力和方向;基于此,从产业结构演进的新视角,对天津市产业结构演进和一次能源消费规律进行了定量分析^[19]。B. W. ANG 分析了能源消耗系数变化与能耗的影响关系^[20]。Jonathan E. Sinton、Karen Fisher - Vanden 和 Piyush Tiwari 对能源消耗系数的变化,部门经济结构的变化等方面进行了分析,从而研究近年来中国能耗强度变化的原因和趋势^[21-23]。

目前,我国对经济增长的同时要求降低能源消费,降低单位 GDP 的能源消费量主要从两个方面进行:①结构节能,即改变产业、行业、产品结构、企业、地区、贸易、能源结构等引起的节能变化;②技术节能(或称效率节能),使单位产品能耗下降。姚愉芳、沈利生等指出了部门能源强度的结构节能贡献与技术(效率)节能贡献之间的差别,在结构调整和技术进步方面,国内外很多学者针对国内和地区产业结构变化和技术进步对能源消耗的影响进行了探讨和研究^[24-26]。

1.3 研究的主要内容及技术路线

1.3.1 研究的主要内容

对工业企业的节电潜力分析和电力需求侧管理方面的研究是比较复杂的系统性工程,需要结合电气工程、工艺工程、系统工程、经济学、计算机科学等多种学科知识。本书以国家自然科学基金重点项目(50539140)和美国能源基金会项目(G-0805-10086、G-0708-09382)为依托,在深入研究多目标优化理论与方法的基础上,把多目标优化 NS-GA-II 算法引入能源经济模型和水电火电调度模型,探讨了非支配遗传算法在水火电混合电源调度、多目标能源经济模型中的应用,提出了一些新的思路及算法,并进行了实际论证分析。同时,基于节电潜力分析及相关理论,对综合资源规划和电力需求侧管理进行了分析。具体的研究内容如下:

第1章绪论。在对研究背景和意义介绍的基础上,从能源效率和节能的基本概念,能源效率与节能潜力的经济指标,节能途径等方面,对节能方法和潜力分析发展状况及研究进展进行了分析和总结。

第2章四川省能源利用现状及能耗分析。对四川省经济及能源资源概况进行分析,包括四川省电力系统现状,近年全省用电情况分析,四川省用电量与 GDP 关系分析, GDP 与全社会用电量关系分析,弹性系数变化分析,国内外分行业能耗比较,包括钢铁行业、水泥行业、化工行业、有色行业、电力行业的耗能情况比较分析。

第3章技术节电。主要包括电机系统节能工程、变频调速节能、高耗能企业系统化节电模型、钢铁企业主要耗能子系统及节电、多目标水电站群优化调度模型、四川省重点工业行业技术节电潜力分析。

第4章结构优化节电。主要包括投入产出方法,基于非竞争型投入产出的结构节能模

型，节能降耗及经济持续增长多目标优化模型，四川省工业结构节电潜力分析。

第 5 章管理节电。在对企业电能平衡管理、电能利用率分析的基础上，对重要电气设备包括变压器、电动机、电气照明设备的节电管理理论和措施进行研究；最后，对四川省工业企业管理节电潜力进行了测算。

第 6 章综合资源规划与需求侧管理研究。主要包括综合资源规划的基本理论，电力需求侧管理的基本理论，基于 IRSP 的电力系统规划，四川省“十二五”电力规划设想。

第 7 章总结与展望。对本书的主要研究内容与结果进行了总结，并对后续研究进行了展望。

1.3.2 研究的技术路线

本书研究的理论基础是电气工程理论、生产工艺理论和能源经济学的有关理论，理论分析工具主要是多目标遗传算法、数理经济分析和实证分析方法。研究过程以研究、解决现实问题为出发点，结合相关理论，在实际可得数据的基础上建立相应节能技术经济模型，运用改进的 NSGA 算法对模型进行求解；在结构节电分析上以投入产出分析为理论基础，分析经济发展与电力消费之间的关系以及产业结构与电力消费之间的关系，最后根据检验结果对现实问题进行解释。本书采取的技术路线如图 1-2 所示。

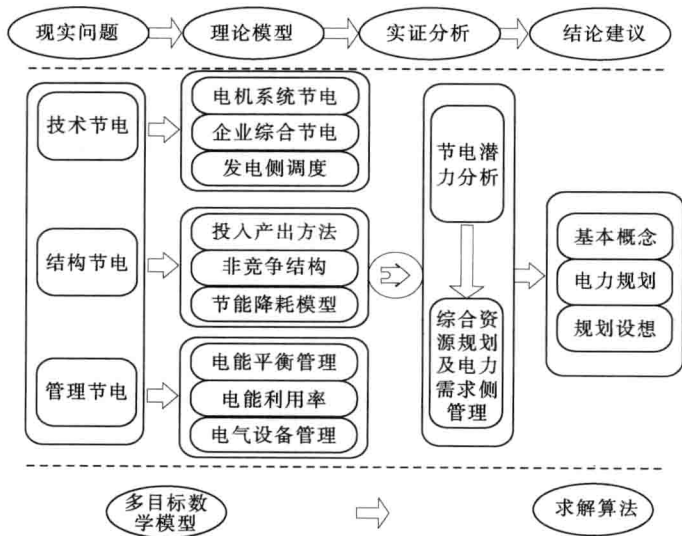


图 1-2 采用的技术路线

1.4 小 结

本章从研究的背景出发，阐述了研究的目的和意义。然后，从能源效率和节能的基本概念，能源效率与节能潜力的经济指标，节能途径等方面，对节能方法和潜力分析发展状况及研究进展进行了概述。最后，对主要研究内容以及技术路线进行了说明。

第2章 四川省能源利用 现状及能耗分析

能源是经济和社会发展的基础。对经济高速发展的我国而言,能源尤为重要。能源开发与节约并重,节约优先,是贯彻落实科学发展观的要求,也是四川省实施西部大开发战略,转变经济增长方式,提高国际竞争力的要求。为了更快更好地实现四川省“十一五”期间节能降耗20%的任务,如何充分合理地利用能源,使得更少的能源投入获得更大的经济效益,首先需要对四川省的能源利用状况作出深入的分析 and 掌握^[27]。

我国能源资源禀赋最大的特点是富煤、缺油、少气。全国煤炭资源探明储量约占世界的12.6%,按目前的开采水平,可以使用约100年。但原油探明储量仅占世界的1.4%,天然气占1.2%,两者都是稀缺资源。目前,我国能源生产的构成大体为:煤75%左右,原油13%左右,天然气3%~4%。从能源供求关系来看,我国的原油消费对进口的依存度在逐年上升,由2005年的42.4%增长至2008年的近50%,供求矛盾和市场风险日益突出。天然气作为清洁能源,其生产虽然稳定,但随着民用、发电和天然气化工的需求增加,供需矛盾愈来愈大。这种状况决定我国工业部门终端能源消费结构(包括化工行业)将过分依赖煤炭资源。例如,我国合成氨原料的生产和电石行业的快速发展都与我国特有的资源状况密不可分。煤炭资源在使用过程中,存在污染严重和能源利用效率低的问题,这对产品能耗必然产生很大的影响^[28]。

目前,国内与国际能源消费(折标煤)构成比例为:国内70%左右为煤炭,国外不到30%,国内石油天然气不足30%,国外则高于60%,其他能源的比例比较接近^[28]。

2.1 四川省经济及能源资源概况

四川省位于长江上游,地处西南腹地,国土面积48.5万km²,居全国第五位,2008年末总人口8138万人,居全国第四位,西部第一位。除西部高原地势高,气候寒冷干燥外,大部分地区位于湿润季风区,气候湿润,雨量充沛。

改革开放以来,四川省经济发展取得了很大成绩,提前实现了国内生产总值翻两番的目标,近年来,更是坚持以经济建设为中心,以跨越式发展为主题,抓住国家实施西部大开发战略和我国加入世贸组织两大机遇,乘势而进,迎难而上,励精图治,开拓创新,经济持续快速健康发展,2007年,全省农业和农村经济稳步发展,工业和投资快速增长,消费需求扩大,财政增收良好,城乡居民收入增加,经济增长加快,社会事业稳步发展。初步核算,全省生产总值(GDP)突破万亿元大关,达到10505.3亿元,比上年增长14.2%,增速比上年提高0.9个百分点,是改革开放以来经济增长最快的一年。2008年上半年,面对突如其来的汶川地震,全省上下万众一心,众志成城,奋力抗震救灾,促进

了全省经济社会的稳定发展。经国家统计局初步审定, 2008 年全省生产总值 12506.3 亿元, 比上年增长 9.5%, 增速比上年回落 4.7 个百分点。其中, 第一产业增加值 2366.2 亿元, 增长 3.0%; 第二产业增加值 5790.1 亿元, 增长 12.9%; 第三产业增加值 4350.0 亿元, 增长 8.3%。三次产业对经济增长的贡献率分别为 5.2%、61.9% 和 32.9%。人均地区生产总值 15378 元, 增长 9.7%。三次产业增加值结构从上年的 19.3 : 44.2 : 36.5 调整为 18.9 : 46.3 : 34.8。

四川省能源资源丰富, 以水能、煤炭和天然气为主, 它们在四川一次能源生产总量中占 99.96% 的比重。其中水能资源最为丰富, 理论蕴藏量达 1.44 亿 kW, 占全国的 21.2%, 仅次于西藏; 技术可开发量 1.03 亿 kW, 占全国的 27.2%, 经济可开发量 7611.2 万 kW, 占全国的 31.9%, 均居全国首位。水能资源集中分布于川西南山地的大渡河、金沙江、雅砻江三大水系, 约占全省水能资源蕴藏量的 2/3, 也是全国最大的水电“富矿区”。全省已经和正在开发的水能资源约 1034 万 kW, 其开发利用规模居全国前列。在全省四种常规能源(水能、煤、天然气、石油)的总储量中, 水能资源超过了 80%, 是四川未来经济发展的重要支柱。

煤炭资源保有储量 97.33 亿 t, 探明储量约占全国总储量的 0.9%。天然气资源远景资源量为 7.19 万亿 m^3 , 累计探明地质储量为 7590.56 亿 m^3 。四川省属贫油省份, 四川盆地累计探明新增地质储量 6796 万 t。生物能源比较丰富, 每年有可开发利用的人畜粪便量 3148.53 万 t, 薪柴 1189.03 万 t, 秸秆 4212.24 万 t, 沼气约 10 亿 m^3 。泥炭资源初步查明储量约 20 亿 t。此外, 太阳能、风能、地热资源也较为丰富, 有望很好地开发利用^[29]。

2.2 四川省电力系统概况

2.2.1 现状

四川省电网以水电为主, 截至 2008 年底, 四川电网全口径装机容量为 3500.17 万 kW, 其中水电 2223.67 万 kW、占 63.53%, 火电 1274.10 万 kW, 占 36.47%; 统调(主网)装机容量 3361.57 万 kW, 水电容量 2113.49 万 kW, 占 62.87%, 火电容量 1248.08 万 kW, 占 37.12%。

四川省电网包括川西、乐山、川南和攀西 4 个地区, 目前已形成了以 220kV 为骨干的网络。四川电网有 500kV 变电站 4 座, 500kV 开关站 1 座, 通过南部洪沟—陈家桥和北部南充—万县两个通道三回 500kV 线路与重庆相连, 形成了联系较为紧密的川渝 500kV 环网; 川渝电网通过三峡—万县双回 500kV 线路与华中和华东联网, 建立了“川电外送”通道。

四川省水电电源中, 除二滩、宝珠寺、大桥、冶勒、晓碛、水牛家、紫坪铺具有季以上调节性能外, 其余水电调节能力均较差, 多为径流式电站, 而且在电网中所占比重较大, 形成水电出力在年内分布极不均匀, 导致丰枯期出力悬殊, 丰水期可以满足省内用电及保证川电外送, 枯水期出力不足, 电网运行困难; 火电电源中, 200MW 及以上的高参数、高效率、调峰性能好的大机组所占比重低, 致使火电总体调峰能力不高, 煤耗高, 对环境

污染较为严重。

随着国民经济的发展，四川省的电力负荷出现了前所未有的快速增长，再加上四川省电源装机容量中调节性能差的水电电源占较大比例，枯水期水电出力下降较多，而四川省的最大负荷又经常出现在枯水期，造成枯期电力供应紧张，同时，电网建设滞后，燃煤缺乏也加剧了电力供需矛盾，四川电网常出现缺电局面，拉闸限电多次发生，对国民经济发展产生了较为严重的影响。

2.2.2 近年全省用电情况

1. 工业用电

2008 年，全省重工业用电量 770.3 亿 kW·h，增长 3.7%；轻工业用电量 101.0 亿 kW·h，下降 0.4%。轻、重工业用电量比重从上年的 12.0：88.0 变为 11.6：88.4，重工业用电量比重上升 0.4 个百分点，如图 2-1 所示。

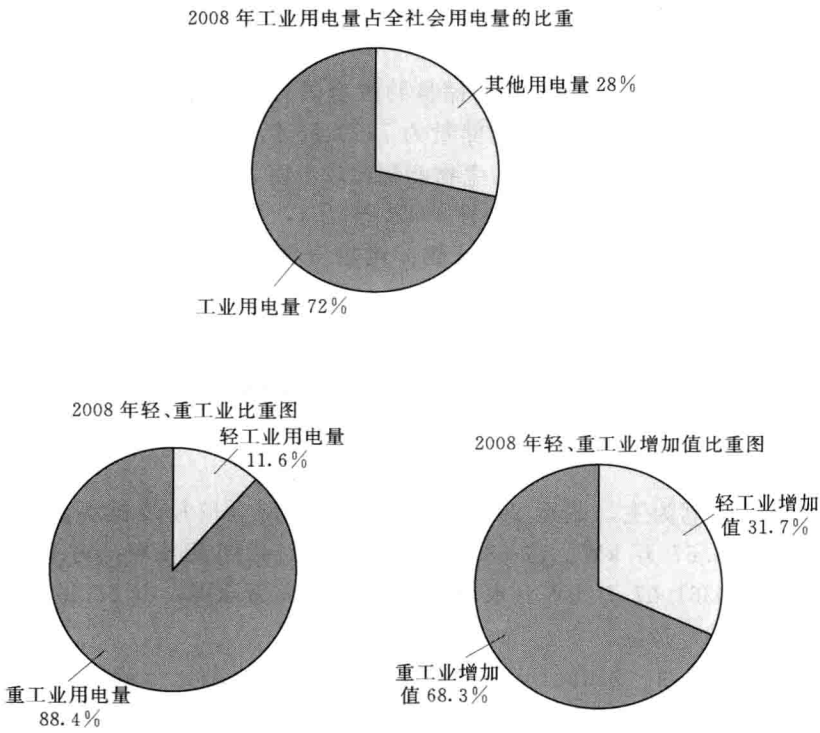


图 2-1 2008 年全省工业用电情况示意图

全省工业生产用电总体呈现用电量高的行业产值低，用电量低的行业产值高的特点。如食品、饮料和烟草制造业用电量仅占工业用电量 2.5%，实现增加值占全部工业的 16.6%；而有色金属冶炼及压延加工业用电量占工业用电量的 11.6%，实现增加值仅占 3.3%。2008 年，重工业每度电实现增加值 4.4 元，同比增长 18.9%；轻工业每度电实现增加值 15.5 元，同比增长 23.0%。

2009 年四川全省规模以上工业实现增加值增速 20%，连续 7 个月保持增长。与此同

时，自年初就累计负增长的全省工业用电量仍然没有“转正”，同比下降 0.9%。整个上半年，全省工业经济一直维持走高的态势，前 5 个月末的规模以上工业累计增速分别实现了 13.6%、16.8%、17.5%、17.9%、20.7%。表面上看 6 月增速有所下滑，但主要是受去年 5 月基数较低导致今年 5 月增幅过高影响，并不改变总体回升这条主线。和工业走势比起来，用电量波动比较明显，2 月有所回升，3 月、4 月又出现负增长，从 5 月开始，回升态势才趋于明朗。

2009 年上半年，用电量和工业增速不一致的情况一直存在，上半年两者的增幅背离幅度更是达到了 20.9 个百分点，主要原因是：①全省节能减排力度加大了。一季度，全省单位工业增加值能耗同比下降了 7.04%，预计二季度下降幅度也在 7 个百分点以上。上半年，全省投入技术改造的资金超过 1000 亿元，这些都会带来整体工业能耗的降低。②四川轻工业回升速度比重工业快，前 5 个月两者差距达到了 3.9 个百分点，而重工业中很多都是耗能大户。

在四川全社会用电中，工业用电大概占 7 成比重，而高载能行业的用电量又占工业总用电量的 60%左右，见表 2-1 所列。1~5 月，主网大工业用电量同比下降 1.8%，其中，钢铁、电解铝、铁合金、黄磷等高耗能行业的用电量分别下降了 28.3%、39%、24.7%和 14.8%，而其他行业的用电量却同比增长了 26.1%。用电量和工业增长存在很大的关联性问题。工业结构的调整，必然对用电量和工业经济增长之间的关系产生很大的校正作用。

表 2-1 2008 年全省工业分行业用电量和增加值所占比重情况

行业类别	全年用电量 (亿 kW·h)	比上年增长 (%)	用电量占工业比重 (%)	增加值占工业比重 (%)
电力、热力的生产和供应业	205.1	14	23.5	5.7
黑色金属冶炼及压延加工业	141.7	3.8	16.3	9.3
化学原料及化学制品制造业	134.5	-8.7	15.4	7.3
有色金属冶炼及压延加工业	101.4	-2.2	11.6	3.3
非金属矿物制品业	79.2	8.7	9.1	5.4
煤炭开采和洗选业	26.6	7.8	3.1	4
食品、饮料和烟草制造业	21.5	-3.2	2.5	16.6
交通运输、电气、电子设备制造业	19.7	12.1	2.3	14.5
石油和天然气开采业	1.8	10.2	0.2	2.8

2. 电力供应

2008 年，四川省发电装机总容量 3460.2 万 kW，比上年增长 8.6%。其中，水电装机容量 2182.7 万 kW，增长 9.9%；火电装机容量 1275.1 万 kW，增长 6.2%，如图 2-2 所示。全省发电量达到 1238.6 亿 kW·h，在地震等多重因素影响下仍保持 1.0%的增长。其中，水力发电量 842.9 亿 kW·h，增长 8.7%；火力发电量 395.7 亿 kW·h，下降 12.3%。向省外输出电量共 50.7 亿 kW·h，下降 40.3%。