



概 述

第一节 国内外电力网节能背景

现代人类利用的能源主要为化石燃料、水能、核能、太阳能、风能、地热及其他天然能源。其中，又以化石燃料为主，主要有煤、石油、天然气等。然而，地球上的化石燃料资源毕竟是有限的。从世界范围来看，全球开采成本较低的化石燃料储量将在 21 世纪中期到末期耗尽。据 2006 年《BP 世界能源统计年鉴》披露，以目前的开采速度计算，全球石油总储量只可供应 40 年，天然气总储量只可供应 63 年。煤炭储量略为丰富，也不过供应 147 年左右。

我国的能源资源状况更加令人担忧。在储量方面，我国石油储量占世界总储量的 1.3%，天然气占 1.3%，煤炭占 12.6%。而我国拥有世界 1/5 多的人口，人均可采储量就更低了，石油、天然气和煤炭的人均可采储量分别为世界平均值的 11.1%、4.3% 和 55.4%。从绝对数量上看，全国油气田的储量统计结果表明：截至 2006 年年底，全国石油剩余经济可采储量 20.43 亿 t，天然气剩余经济可采储量 2.449 万亿 m³，煤炭剩余经济可采储量 1145 亿 t。2006 年我国能源产量中，石油 1.84 亿 t，天然气 586 亿 m³，煤炭生产量突破 24 亿 t。如维持现在的产量，石油仅有 11 年、天然气 42 年、煤炭 48 年可供生产之用。然而，伴随着我国经济持续快速的生长，我国的能源消费也在迅猛增长，见图 1-1。

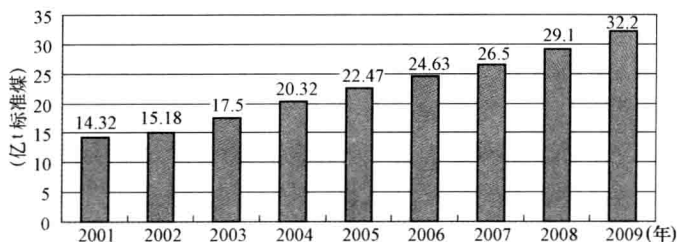


图 1-1 中国能源消费总量及其增长速度

与此同时，由于能源消耗造成的环境问题日益突出，尤其是大量石油、煤

炭、天然气等能源的使用过程排放出大量的污染物导致全球变暖、臭氧层破坏、酸雨等众多全球性环境问题。相比而言我国环境问题更严峻,根据 2006 年世界银行发展报告,世界污染最严重的 20 个城市中,我国占了 16 个。据统计,在国家环境监测网监测的 745 个地表水监测断面中,Ⅰ~Ⅲ类,Ⅳ、Ⅴ类,劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 40%、32%和 28%。全国地表水总体水质属中度污染。七大水系中,除珠江、长江水质良好外,松花江、黄河、淮河为中度污染,辽河、海河为重度污染。所有相关资料均显示,我国环境承载能力已超过极限。在 20 世纪最后 20 年,中国的经济翻两番,而能源消耗翻了一番。但在这一轮以投资为主要拉力的经济增长期中,中国的能源消耗强度明显增长,能源弹性系数大幅度提高。资源环境约束和经济快速增长的矛盾已成为未来中国经济社会发展的严峻挑战。

《中国国民经济和社会发展第十二个五年规划》中将节能减排提到了一个新的高度,即单位 GDP 能耗要降低 16%,污染排放总量要降低 10%。但现实却不容乐观,根据最新修订的数据,2006~2009 年我国单位 GDP 能耗降低率分别为 2.74%、5.04%、5.20%、3.61%,完成“十二五”节能目标任务非常艰巨。

节能作为我国经济和社会发展的项长远战略方针,是当前项极为紧迫的任务。由于我国正处于工业化和城镇化加快发展阶段,能源消耗强度较高,消费规模不断扩大,特别是高投入、高消耗、高污染的粗放型经济增长方式,加剧了能源供求矛盾和环境污染状况。能源问题已经成为制约经济和社会发展的重要因素,要从战略和全局的高度,充分认识做好能源工作的重要性,高度重视能源安全,实现能源的可持续发展。解决我国能源问题,根本出路是坚持开发与节约并举、节约优先的方针,大力推进节能降耗,提高能源利用效率。节能是缓解能源约束,减轻环境压力,保障经济安全,实现全面建设小康社会目标和可持续发展的必然选择,是一项长期的战略任务,必须摆在更加突出的战略位置。近几年,由于经济增长方式转变滞后、高耗能行业增长过快,单位国内生产总值能耗上升,特别是今年上半年,能源消耗增长仍然快于经济增长,节能工作面临更大压力,形势十分严峻。为推动全社会开展节能降耗,缓解能源瓶颈制约,建设节能型社会,促进经济社会可持续发展,实现全面建设小康社会的宏伟目标,必须大力发展循环经济,按照“减量化、再利用、资源化”原则,采取各种有效措施,以尽可能少的资源消耗和尽可能小的环境代价,取得最大的经济产出和最少的废物排放,实现经济、环境和社会效益相统一,建设资源节约型和环境友好型社会。

节能减排是关系我国经济社会可持续发展、构建社会主义和谐社会、造福子孙后代的一件大事。对于电力行业而言,因受一次能源结构等因素的影响与制约,中国电力工业燃煤发电的比重高达 80% 以上,耗煤比重占中国煤炭产量的 50% 以上,其发电厂自用电量 and 供电线损电量约 $324.9\text{TW}\cdot\text{h}$ ($1\text{T}=1000$ 兆),占到电力生产量的 13.13%,并且每年消耗燃油 $1.6\times 10^7\text{t}$ 。中国电力工业是名副其实的能源消耗大户,所以电力企业节能减排是节能减排工作的重点领域,对能否顺利完成“十二五”规划纲要确定的节能减排约束性指标起着关键性的作用。

而对于电力行业中的电网企业来说,节能减排工作的重点则表现为电力网降损节能。电网企业中电能损耗产生的主要原因是电能经过输、变、配、用四个阶段中由于电力设备存在阻抗而产生的损耗,以及由于计量设备误差和管理不善等原因造成的损耗。国内外电网企业降损节能工作主要有四个方面:电网规划与建设、电网经济运行、线损管理及电力需求侧管理。结构优良、设备先进的电网是降损的基础,电网的规划与建设应充分考虑对电网线损的影响;有了坚强的电网,经济调度是降低电网线损率的有力措施,经济调度不需要投资且降损效果好,是降低电网损耗的重要手段;应对电网损耗中的跑、冒、滴、漏等管理损耗就要开展线损的规范化管理,从管理制度上将这些损耗降到最低;电力需求侧管理则是依靠政策和电价等措施合理引导电力需求,使得电网负荷在时间和空间上尽可能地平均。

电网企业降损节能是一个系统工程,涉及基本建设、技术改造、调度、营销等电力生产、输送、分配、销售的全过程,需要进行系统、全面的研究。目前,国内外对电网降损节能进行了大量研究,但是研究电网线损理论计算方法的多,研究统计线损率或实时线损率的少;研究技术线损的多,研究管理线损的少;研究单一某个电气元件节能的多,研究整个电网综合节能的少。所以,国家电网公司必须以对国家和社会高度负责的态度,以科学发展观为指导,全面落实国家节能减排各项决策部署,积极探索电网企业降损节能的最新方法和途径,为资源节约型、环境友好型社会建设做出更大贡献。

世界各国为更好地落实节能减排工作,纷纷颁布制定了相关法律法规。日本早在 1974 年就颁布了旨在开发新能源、减少石油使用量的《阳光计划》。1978 年又制定了发展节能技术的《月光计划》。1979 年 10 月实施了《节约能源法》,并分别于 1998 年和 2003 年进行了两次修订。1993 年制定了《合理利用能及再生资源利用法》。1998 年制定《2010 年能源供应和需求的长期展望》,强调通过采用稳定的节能措施来控制能源需求。此外,日本还制定了各种实施

细则,如《企业节能准则》(1993年)、《建筑节能准则》(1993年)、《汽车燃料消费标准》(1993年)等。

美国于1975年颁布实施了《能源政策和节能法案》。1978年出台了《国家节能政策法案》及《公用电力公司管理政策法案》。1982年制定了《机动车辆信息与成本节约法》。1987年颁布了《国家家用电器节能法案》。1992年制定了《国家能源政策法》,是能源供应和使用的综合性法律文本。1998年公布了《国家能源综合战略》。2005年出台了新的能源法案《国家能源政策法案2005》,目的是让美国减少对外国能源的依赖,解决导致美国国内能源价格高涨的根本因素。美国在过去10年中共颁布了13项总统行政令和2份总统备忘录,并对政府机构节能内容做出了具体规定。

英国于1995年颁布实施《家庭节能法》。2000年公布的“气候变化计划”制定了一揽子政策和措施以提高能源效率。2003年公布《能源白皮书》,制定了促使电力生产更加清洁环保的新战略。

德国于1976年通过了《节能法》。2000年颁布了《可再生能源促进法》,开发可再生能源的公司可获得政府补助。2002年出台了《节省能源法案》,规定新建建筑必须是符合标准的低能耗建筑。2003年完成了“10万屋顶太阳能发电计划”、“住所改造计划”、“可再生能源市场化促进方案”、“未来投资计划”以及“家庭使用可再生能源补助计划”等。

法国于1996年制定了《空气和能源合理利用法》。1998年出版的《2010~2020能源报告》勾画了法国能源政策轮廓:放开电力和天然气市场,调整交通运输城市规划以控制消费,采取措施更新现有发电厂,同时发展核电厂,制定能源税收政策。

荷兰于1992年制定了建筑节能条例,1995年又做了修改。1995年颁布能源政策第三版白皮书,提出2020年能效水平比1990年提高1/3的目标。1999年提出了“1999~2002年节能行动计划”,以自愿协议为基础,以金融、财政激励政策为手段促进节能投资。

我国在1986年发布《节约能源管理暂行条例》,1996年印发《中国节能技术政策大纲》,1998年颁布实施《节约能源法》,但是有法不依,执法不严的现象严重,配套法规也不完善。2008年4月1号,新《节约能源法》终于正式实施。与以前的法律相比,新《节约能源法》在法律层面将节约资源确定为我国的基本国策,在法律调整范围和可操作性上都有较大变化。对电力企业而言,从生产、经营到管理等,新《节约能源法》都为之提出了新的要求。

要求之一:电力企业必须设置专门管理机构。节能法明确规定:重点用能

单位应按照本法规定设立能源管理岗位，聘任能源管理负责人，并报管理节能工作的部门和有关部门备案。为此，企业必须一改以前管理侧重于生产安全经营、节能只是简单强调的工作作风，设立专门机构，明确相应节能工作职责，做到专业化和规范化。

要求之二：电力企业必须实施精细化管理。节能法规定：重点用能单位应当每年报送包括能源消费情况、利用效率、节能目标完成情况等在内的能源利用状况报告，并将接受能源审计，提供虚假信息的将受到严重经济处罚。这些既为我国 GDP 能耗数字的真实性提供了保证，同时也对电力企业的规范管理提出了新要求，企业必须实施精细化管理，先进指标的控制过程就是分析—管理—再分析—再管理的过程，标煤耗、厂用电、各种损耗、污染排放量等各项低能耗、高效率的目标才有可能实现，否则只是空谈。

要求之三：电力企业必须向清洁能源型转换。新能源法明确规定：电网企业应当安排清洁高效和符合规定的热电联产、利用余热余压发电的机组及其他符合资源综合利用规定的发电机组并网运行，禁止新建不符合国家规定的燃煤、燃油发电机组和燃煤热电机组。鼓励推广生物质能、太阳能和风能等可再生能源利用技术，禁止采购国家明令淘汰的用能产品、设备，否则将受到严重处罚。就电力企业而言，国家实行有利于节能的价格政策，运用财税、价格等政策支持推广电力需求侧管理、峰谷分时电价、季节性电价、可中断负荷电价制度，对各能耗企业分淘汰、限制、允许、鼓励分类实行差别电价，这些将引导用能单位和个人主动节能。

第二节 我国城乡配电网节能历程和现状分析

一、我国城乡配电网节能工作主要历程

所谓城乡电网，实际上是电力系统靠近用户的部分，由地区变电站以 35kV 和 10kV 等级线路送至用户，属大电网的边缘。特点是支路多，分布广，直接连接用户。由于设备数量多且分散，运行和维护都有一定的难度。我国城乡电网存在的问题由来已久，一直影响着城乡居民的生产和生活，主要问题可简述为以下几点：

- (1) 高压网架脆弱且中低压配电网容量不足。
- (2) 供电可靠性不高。
- (3) 线损率高。
- (4) 电压质量不高。

(5) 城建规划考虑城网发展不够,市区电力走廊紧张,扩建困难。

(6) 农村电网供电管理体制存在问题。

1998年,党中央、国务院果断决策,把城乡电网改造作为加大基础设施建设,扩大内需,拉动经济增长的重大举措,把关系到农村、农业、农民问题的农电工作作为一项重要工作,纳入到国民经济发展的环境中统筹安排,明确提出了改革农电管理体制、改造农村电网、实现城乡用电同网同价即“两改一同价”的三大目标任务。国务院相继以国办发[1998]134号文件、国办发[1998]146号文件和国办发[1999]2号文件分别转发了《国家计委关于改造农村电网改革农电管理体制和实现城乡用电同网同价的请示》、《国家经贸委关于深化电力体制改革有关问题意见的通知》和批转了《国家经贸委关于加快农村电力体制改革加强农村电力管理意见的通知》,寄希望于解决多年来困扰农电发展的深层次问题。

1998年,国务院要求用3年左右的时间基本完成全国农村电网建设与改造任务,这是确定的农网改造工作目标。据资料显示,从1998~2001年年底,随着农网建设与改造工程的实施,极大地降低了农村电网的线损和变损率,增强了供电能力,改善了供电质量和供电可靠性。据北京供电局统计,2001年年底已经完成农村电网改造任务的村镇,低压供电半径由原来的平均700m以上缩小到450m左右,低压线变损率全部降到12%以下,农村到户电压由原来的160~170V提高到220V左右,供电能力可以满足8~10年用电增长的需要。农村电价的降低和供电质量的改善,有效地刺激了农村地区的电力需求,促进了农村地区用电量的快速增长。实施了“一户一表”工程,实行县级供电企业直管到户的管理体制,为制止农村电力管理中乱收费和乱加价提供了重要的物质基础和体制保证。据调查了解,完成农村电网改造任务的村镇,用电量、电价和电费全部张榜公布,实现“三公开”,基本做到了销售到户、抄表到户、收费到户、服务到户的“四到户”管理,充分降低了管理线损。

2002年以后,为进一步改善农村用电条件,又相继实施了县城电网改造、中西部农网完善和无电地区电力建设工程。特别是2008年下半年以来,作为应对国际金融危机、扩大内需的重要措施,国家继续支持农村电力建设投资,分三批下达了农网改造和无电地区电力建设投资562.4亿元,其中中央预算内投资132亿元。到目前为止,全国已累计安排农村电网建设与改造及无电地区电力建设投资4622亿元,其中国债资金(中央投资)923亿元、银行贷款3666亿元、企业自有资金33亿元。

通过1998年以来的大规模城乡电网建设与改造,采取推行节能配电变压

器、停止生产 S7 型和淘汰电网中“64”和“73”系列高耗能变压器、解决电网“卡脖子”现象、缩短线路供电半径、合理配置无功补偿装置等措施,对降低城乡配电网线损起到了积极作用。但由于近年来经济持续快速发展,电力需求增长很快,特别是由于历史、体制以及政策等原因,目前,城乡配电网仍存在许多矛盾和问题,并已逐步成为影响城乡发展的制约因素,也与建设社会主义新农村的要求不相适应。

在这样的形势下,全国农村电网改造升级工作会议于 2010 年 7 月 12 日在北京召开,会议明确了我国将启动新一轮农村电网改造升级建设,用 3 年时间基本建成安全可靠、节能环保、技术先进、管理规范的新型农村电网。农村电网改造升级的主要目标:通过 3 年左右的努力,使没有改造过的农村电网基本改造到位,并解决新农村电网供电能力不足的问题,农村居民生活用电得到较好保障,农业生产设施用电问题得到基本解决;全面取消县级供电企业“代管体制”,理顺农村电力管理体制;以省为单位实现城乡各类用电同价目标;基本建成安全可靠、节能环保、技术先进、管理规范的新型农村电网。

二、我国电网线损情况

我国电网的线损率在 20 世纪 80 年代和 90 年代一直处于 8% 以上,从 1995 年开始,线损率呈总体下降趋势,目前线损率保持在 6.7% 左右,见表 1-1 和图 1-2。这表明我国农村电网和城市电网节能改造取得了很好的成就,一方面,说明技术含量在电网中的加强;另一方面说明了电网的管理及调度水平的提高。

表 1-1 我国历年线损率

年 份	线损率	年 份	线损率
2000	7.81%	2005	7.18%
2001	7.55%	2006	7.04%
2002	7.52%	2007	6.97%
2003	7.71%	2008	6.79%
2004	7.55%	2009	6.72%

但是我国的线损和世界先进水平相比,还存在着较大差距。2009 年,中国电力工业全国平均供电煤耗为 340g/(kW·h),厂用电率为 5.76%,电网综合线损率为 6.72%,与国外先进水平相比,差距甚大。如日本东京电力公司 1999 年的供电煤耗为 320g/(kW·h),厂用电率为 4%;法国电力公司 1999 年的供电煤耗为 331.6g/(kW·h),厂用电率为 4.47%;德国巴伐利亚电力公

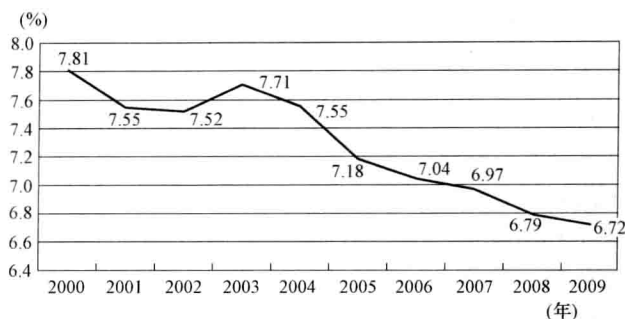


图 1-2 我国历年线损率

司 1999 年的供电煤耗为 $332\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，厂用电率为 5.42% (含脱硫装置用电)。美国、日本和德国 2000 年的电网综合线损率分别为 6.0% 、 3.89% 和 4.6% ，意大利 ENEL2004 年的综合线损率为 3.0% 。通过上述比较可以清楚地看到，中国当前电力工业的平均供电煤耗与世界先进水平(1999 年)相差约 $10\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，平均厂用电率与世界先进水平(1999 年)相差约 1% ，电网综合线损率比世界先进水平(2004 年)高约 3% 。可见，中国电力工业节能水平与世界先进水平(2004 年)的差距不可谓不大，我国电力企业节能水平亟待提高。

我国线损率过高有几方面的原因：其一，我国电网结构不合理、设备老化。如电网中中小型老旧高能耗变压器拥有量太大，缺乏调节能力，造成事故率高，损耗大；其二，电网运行管理落后，强调安全运行，忽视经济运行；其三，电网中超高压输电线路比重偏低，变电站布局不够合理，部分电网容载比不足；其四，同杆并架、串联电容补偿、紧凑型线路等先进技术应用面不广等问题的存在，致使线损和网损居高不下。由于以上诸多原因造成我国电网损耗过大，与世界主要工业国家相比存在较大的差距，因此，节能降耗在我国城乡电网改造中大有可为。

第三节 城乡配电网节能技术和管理现状

一、电能损耗基本概念

(一) 线损电量的定义

发电机发出来的电能输送到用户，必须经过输、变、配电设备，由于这些设备存在着阻抗，因此电能通过时，就会产生电能损耗，并以热能的形式散失

在周围介质中,这个电能损耗称为线损电量,简称线损。按照国家电力公司电力工业生产统计规定,线损电量是用供电量与售电量相减计算得到的,它反映了一个电力网的规划设计、生产技术和运营管理水平,其计算式为

$$\text{线损电量} = \text{供电量} - \text{售电量} \quad (1-1)$$

1. 供电量

供电量指供电企业供电生产活动的全部投入量,它由以下电量组成。

(1) 发电厂上网电量:该电量的计量点规定在发电厂出线侧(一般为发电厂与电网的产权分界处),对于一次电网的上网电量是指发电厂送入一次电网的电量,对于地区电网的上网电量是指发电厂送入地区电网的电量。

(2) 外购电量:该电量指电网向地方电厂、电力系统发电机、用户自备电厂等购入的电量。

(3) 邻网输入/输出电量:该电量指地区之间的互供电量,按双方确定的计量点计算电量。

供电量计算式为

$$\text{供电量} = \text{发电厂上网电量} + \text{外购电量} + \text{邻网输入电量} - \text{向邻网输出电量} \quad (1-2)$$

2. 售电量

售电量指电力企业卖给用户的电量和电力企业供给本企业非电力生产用的电量。

(二) 线损率的定义

电力网线损率是线损电量占供电量的百分率,简称线损率,计算公式为

$$\begin{aligned} \text{线损率} &= \frac{\text{线损电量}}{\text{供电量}} \times 100\% = \frac{\text{供电量} - \text{售电量}}{\text{供电量}} \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{\text{售电量}}{\text{供电量}}\right) \times 100\% \end{aligned} \quad (1-3)$$

一个省、市电力公司范围内所有地、市、县(市)供电局及一次电网的统计线损电量的总和与其供电量之比的百分率,称为省、市电力公司的线损率。

(三) 线损分类

1. 按损耗的特点分类

(1) 可变损耗。这种损耗是电网各元件中的电阻在通过电流时产生的,大小与电流的平方成正比。如电力线路损耗、变压器绕组中的损耗。

(2) 不变损耗(固定损耗)。这种损耗的大小与负荷电流的变化无关,与电压变化有关,而系统电压是相对稳定的,所以其损耗相对不变。如变压器、

互感器、电动机、电能表等铁心的电能损耗，以及高压线路的电晕损耗、绝缘子损耗等。

(3) 不明损耗（管理线损）。不明损耗是大小等于实际线损和理论线损之差的一种损耗。

2. 按损耗的性质分类

(1) 技术线损。技术线损又称理论线损，也称自然线损，它是供电系统的自然损耗，是可计算的必然损失。它包括：①导线损耗；②变压器铁损和铜损；③绝缘子绝缘程度降低引起的电量损耗；④灰尘过多引起的漏电量损耗；⑤高次谐波引起的线损及电量损失，还有一些不可量化的电量损耗（也就是理论线损计算时的一个系数）。

$$\text{技术线损} = \text{可变损耗} + \text{固定损耗} \quad (1-4)$$

(2) 管理线损。管理线损包括营业管理线损、计量技术管理线损以及其他管理线损。

营业管理线损指的是：①窃电造成的一切电量损失；②用户无表用电造成的漏计电量；③抄表时漏抄、错抄以及多抄表码对下月造成的虚升或虚降不平衡电量；④功率因数过低引起的电量损失；⑤营业核算失误造成的电量损失；⑥倍率差错引起的误差电量损失等。

计量管理线损指的是：①电能计量装置管理不当造成的误差（计量箱该加封的不封，表计和互感器该校验的不校验、该轮换的不轮换，对新装置验收时不细检查等）；②所用电能计量装置产品的质量性能低劣；③计量装置检定不认真造成的差错；④所用互感器的各种技术特性落后；⑤对配电线路所用电流互感器的倍率配备不当，使用过程中负荷过低或过高造成的电量损耗；⑥所用互感器的级别、型式选择不合适，误差曲线不平滑；⑦二次回路使用线径小，安装水平低；⑧电流互感器（TA）二次回路压降过大，电压互感器（TV）二次回路接头过多，接触不良引起的误差；⑨表计烧坏，错误接线以及表计更换时抄错表码造成的误差电量等。

其他管理线损：①因运行方式不合理造成的电量损耗（变压器、电容器该投的不投，该退的不退）；②因 TV 熔丝熔断或操作 TV 忘做记录、不计负荷造成的电量损耗；③变电站自用电量过大引起的电量损耗；④供用电设备老化、容量过大或过小造成的电量损失；⑤电压质量及无功过补偿引起的电量损耗等。

3. 按损耗的变化规律分类

(1) 负载损耗（可变损耗）。

(2) 空载损耗 (固定损耗)。

(3) 其他损耗 (不明损耗)。

配电网线损的构成与分类情况以及它们之间的关系见表 1-2。

表 1-2 配电网线损的构成与分类表

项 目		分 类	构 成
电能总损耗 (实际线损)	理论线损 (技术线损)	可变损耗 (铜损)	配电线路导线的电能损耗 变压器、电动机绕组的损耗 电能表电流线圈的损耗
		固定损耗 (铁损)	变压器、电动机铁损 电容器的介质损耗 电能表、电压线圈、铁心损耗
	管理线损 (营业损失)	不明损耗	用户违章用电和窃电损失 电网元件漏电损失 计量装置的误差损失 抄表中的错抄、漏抄损失

二、配电网节能技术综述

针对电网损耗的构成和分类,配电网节能技术多种多样,设备的合理配置是节能的基础,先进节能配电设备的使用使节能优势突出,需求侧的节能管理节能潜力巨大。综合当前配电网节能技术,主要集中为以下几点。

(1) 按经济电流的密度,合理选择导线截面。选择导线既要考虑经济性,又要考虑安全性。导线截面偏大,线损就偏小,但会增加线路投资;导线截面偏小,线损就偏大,满足不了当今发展的供电需要,而且安全系数也低。在实际工作中,最好的办法就是按导线的经济电流密度来选择导线的截面面积。

(2) 按经济运行条件,合理选择变压器容量。当变压器的负载损耗 P_k 等于空载损耗 P_0 时,变压器的功率损耗最小,运行效率最高。对于 1000kVA 以下的变压器,制造厂设计时一般按负载系数在 40%~60% 范围内处于经济运行区,即半载状态时运行最经济,处于额定容量的 30% 以下的轻载或空载状态时经济性极差。因此,提高变压器的负载率,合理选择配变容量,防止大马拉小车;根据负荷特点采用并列运行、母子运行变压器,做到经济运行。

(3) 合理进行无功补偿,提高负荷功率因数。实行无功功率就地平衡,哪里需要无功就在哪里补偿,最大限度地减少网络无功的流动,不仅可以改善电压质量,而且可以减少有功损耗。对负荷相对稳定的工业线路,宜采用集中补偿,对停电较频繁,负荷波动较大的农业线路,宜以分散补偿为主。

(4) 更换国家明令淘汰的电能表。条件允许时,最好使用电子电能表。因

电子表的误差及表损明显低于机械表。据计量部门测试,机械式表(DD862)型每月损耗约 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电量,而电子式电表每月只损耗 $0.4\text{kW}\cdot\text{h}$,减少约 60% 的表损。

(5) 积极采用新技术、新设备、新材料、新工艺进行电网技术改造。选用节能型变压器。非晶合金铁心变压器是当前损耗最少的节能变压器,空载损耗可比同容量的 S9 变压器平均下降 75%,比 S7 变压器降低 78%,但价格高于 S9 系列变压器,两种变压器的价差可在 5~7 年内由降损节省的电费来抵偿,所以有条件的地方应优先考虑。

(6) 确定负荷中心的最佳位置,避免或减少超供电半径供电。农村电网线路供电半径的一般要求: 0.4kV 线路不大于 0.5km , 10kV 线路不大于 15km , 35kV 线路不大于 40km , 110kV 线路不大于 150km 。

(7) 停运空载变压器,减少空载损耗。对长期处于空载的农用配电变压器及时停止运行,降低线损。

(8) 调整用户的负荷曲线。减少负荷曲线中高峰和低谷负荷的差值,提高最小负荷率,从而降低能量损耗。为此应做好负荷预测,按经济运行要求调整负荷,进行削峰填谷。

(9) 调整电网运行电压。实践证明,电压过高和过低,电能损失都将增大,必须使电压与输送的经济功率相适应。

(10) 平衡三相负荷,减少中性线上的不平衡电流。规程中规定:一般要求配电变压器出口处的电流不平衡度不大于 10%,干线及分支线首端的不平衡度不大于 20%,中性线电流不得超过额定电流的 25%。三相负荷不平衡,将增加线损。这是因为三相负荷不平衡时,各相负荷电流不相等,就在相间产生不平衡电流。这些不平衡电流除在相线上引起损耗外,还将在中性线上引起损耗,从而增加了总损耗。如果负荷平衡,则电流向量差为零,即 $I_A + I_B + I_C = 0$,中性线上没有电流通过,相当于负荷一端接在了中性点上,线路阻抗减少一半,线损也减少一半。

(11) 积极进行谐波治理。电力电子设备的使用致使电网中出现大量谐波,增加了电力设备的附加损耗,需要及时发现谐波源并对其进行治理。

(12) 新能源发电节能。目前,我国新能源发电发展形势大好,全国各地都在大规模地建设新能源发电,与此同时,新能源发电中的节能工作也需要积极研究。

三、配电网节能管理工作现状

为了做好节能降损工作,除了要有技术措施外,还必须要有相应的管理措施

来降低管理线损。管理线损主要是管理漏洞造成的,应通过科学的手段、必要的组织措施和有效的管理降损措施予以降低和避免。相对于技术降损措施,管理降损措施更能充分发挥现有电网设备潜能,减少电网的建设和运行成本,提高企业效益。电网企业在降低电网管理线损方面也做了很多有益的工作,比如加强组织领导,健全线损管理网络;搞好线损统计,及时解决发现的问题;分解线损指标,严格线损管理制度;合理安排检修,及时清除线路障碍;加强抄核收管理,阻塞抄核收漏洞;加强计量管理,减少内部责任差错;开展营业普查,追补各方损失电量等。但是如何做到管理线损的指标化、量化以及可控化管理还任重而道远。

第四节 配电网综合节能评估与 投资决策总体思想和方法

一、配电网综合节能评估与投资决策理论的提出

过去几十年来,电力行业的改革在垄断性行业中起步最早,成效显著,基础电力设施建设的规范管理工作取得了长足的进步。但是长期以来,在电网改造项目中还存在着很多问题:

(1) 对于项目的可行性研究,往往只注重于解决用户需求问题,而忽视其经济效益;只注重于电网改造解决居民的用电问题,但忽略了投资的经济性问题;致使很多电网改造项目的经济效益较差,更有甚者是完全抛开项目的经济性而只注重于解决用户需求,这就违背了“先论证,后投资”的现代项目管理原则。使电力系统背上了较大的包袱,造成了一定的经济损失。

(2) 在现有的电网改造项目投资中,虽然进行了一定程度的经济效果评价,但是所运用的评价方法不能较好地反映项目投资特性,没有揭示项目真正的经济效果。

(3) 在目前的电网改造项目投资决策过程中,决策过程不规范,决策方法也存在着缺陷,往往不能综合考虑各方面的情况和意见做出科学的决策。

电网企业缺乏一个整体的综合节能思路。虽然节能技术层出不穷,节能效果也日趋提升,但是决策者在给定的节能降损指标下,面对繁多的节能技术,如何决策各种节能技术在电网各个环节的综合应用,改造建设资金如何有效分配,能否达到预期目标,需要哪些配套的管理措施等,还是显得无所适从。同样,执行者也感到无所适从。有限的资金盲目地投向某些配电网环节往往导致目标无法实现,有时候仅仅是做了些锦上添花的工作,得不偿失。

笔者通过对电力企业的长期调研,深刻认识到对于电网公司迫切需要建立一套科学的电网综合节能评估与投资决策体系,从技术、经济、社会等不同的角度出发,客观、综合地对电网建设项目进行定性和定量的评价,从而为决策提供参考,最终能够实现将有限的资金在不同的电网建设项目的投资分配上做出最优的安排。同时,对于管理线损只有开展线损规范化管理,将各专业各部门的线损管理工作整合到一个降损管理平台上来、建立强有力的线损管理网络、科学合理制定线损计划指标体系和考核体系、将责任层层分解到每个责任单位和责任人、强化线损统计与分析工作,才能将电网企业的节能降损工作落到实处,才能提高企业的经济效益。

二、总体思想方法与流程概述

电网建设改造项目评价一般分为三方面的内容:一是技术评价;二是经济评价;三是社会评价。对电网建设改造项目进行综合评估就是从技术、经济和社会三个方面综合进行考查。技术评价主要考查项目建设的必要性、紧迫性、技术可行性、技术标准的合理性等;经济评价主要考查项目投产后的经济效益、利用率等;社会评价主要考查项目建设对环境的影响等。但对经济方面的考核,由于电网建设项目的特殊性,对于单个项目而言,其产出的效益不好衡量,因此对经济方面的考核主要侧重于成本、收益及投资回收期等指标的分析评价。

综合节能评估与投资决策首先通过综合分析电网公司下达的各种技术规范,建立各种节能技术电力设备改造的实用技术准则及实用化、精细化的指标数据库,对城乡配电网现状进行技术评价,确定城乡配电网中存在运行安全隐患、电能损耗过高的电力元件,再通过已建立的经济评价模型和风险模型以及优化决策理论对所有存在技术问题的电力元件进行投资决策优化筛选,最终输出当年最为科学合理的节能技术改造方案,为电网公司的电网节能改造投资方案提供有益的参考。

电力网综合节能评估与投资决策理论首先分析电网损耗内在变化规律,遵循技术与管理并重,进而建立评价体系及实用化、精细化的指标数据库,最终建立各种节能技术的改造投资、节能效益、运行风险数学模型以及适用于电力节能改造的投资决策优化算法。电力网综合节能评估与投资决策的整体优化流程见图1-3。

(1) 首先分析电网损耗内在变化规律,依据电网公司下达的各种技术规范,建立各种节能改造方法的技术准则及相应的实用化、精细化的指标数据库,然后建立各种节能技术的改造投资、节能效益、改造风险数学模型。

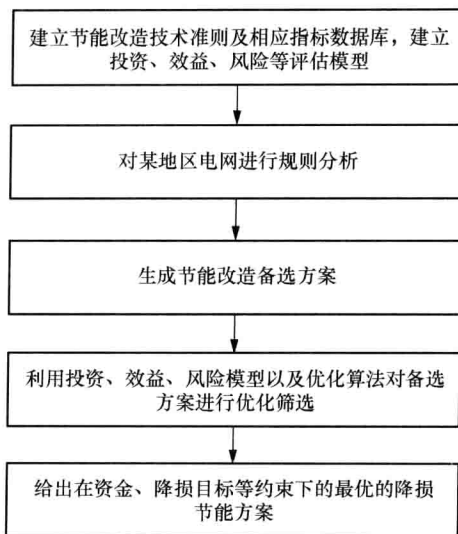


图 1-3 综合节能评估与投资决策的整体流程

(2) 基于目标配电网的网络拓扑结构，选择当前配电网几个典型日的典型负荷以及典型日和典型负荷对应的运行方式进行潮流计算，分析计算当前电网结构下的各种电气设备物理及运行指标，如设备型号、运行年限、负载率、电压偏差、线损率等。

(3) 通过规则分析筛选，将筛选出的可改造设备再进行人机交互审核，生成需要优化的待改造设备，将待改造设备进行各种方案的组合，生成备选方案。

(4) 通过计算各个备选方案的投资、收益、风险值，利用优化目标管理及投资改造约束，进行所有备选方案的优化计算，对综合节能优化方案进行求解。

(5) 最终得到满足目标及约束的城乡配电网综合节能降损优化决策方案。

通过电力网综合节能评估与投资决策方法制定电力网节能改造方案，不仅能解决电网节能降损综合改造存在的项目选择以及资金分配的盲目性和非系统性，而且将实现电网节能降损综合改造的科学化、精细化、标准化管理，从而大幅度提升城乡配电网的节能降损潜力。



配电网综合节能评估与投资决策理论基础

第一节 节能评估与投资决策概述

一、节能项目评价的必要性

节能项目评价在节能工作中应用广泛，但各单位大多根据各自理解对节能项目进行评价，评价的指标和方法不统一、不全面、不规范，影响了节能工作的深入开展。在当前我国政府采取行政、法律、经济等一系列措施推动节能工作的同时，更需要企业自觉参与，积极实施节能项目。在市场经济条件下，经济上不亏损是企业实施节能项目的重要前提，因此，在新形势下，研究节能项目技术经济评价指标和方法十分必要：一方面，分析备选的节能项目对于国民经济的贡献，从而判断政府是否应该鼓励此类项目的发展；另一方面，分析备选项目对于投资者的吸引力，从而寻找政府鼓励此类项目发展的途径。同时，从国家选择推广优秀节能项目的角度考虑，对已有节能项目进行评价审核，分析其经济、节能、环境等方面的效益，也需要开展节能技术经济评价分析。

对于电网节能建设改造项目，传统的电网建设改造项目评价手段为可行性研究，侧重于对单个项目进行评价，而实际中往往是成批项目共同发挥作用。虽然近年来针对成批项目的综合优化和决策方法已有一定的研究成果，但这些优化方法都需要已知待选项目。而目前我国电网建设改造项目的提出以及项目优先级的确定，常是依靠人工“拍脑瓜”，具有不确定性，倾向于决策者的主观臆断，充其量是决策者的经验水平、理解知识能力等特定条件下的定性评定，使项目决策水平较低、电网建设改造的盲目性较大，这一问题在中低压配电网的建设改造中尤为突出，造成了资金的浪费。形成这种局面的一个主要原因是缺乏一套系统、科学的电网评估分析方法和辅助决策工具，对电网现存的和即将出现的问题不能定量给出问题的严重程度与问题出现的具体位置。恰恰相反，最优的技术方案是难以凭其表象条件发现的，有时可能相差甚远。现行电力建设改造项目，尤其是国家重点工程一贯注重建设前期的可行性分析论证工作。综合运用技术经济分析方法理论，就所要决策的问题进行定性和定量的

分析评价,在此基础上做出最优抉择将最大限度地发挥电力工程的投资效益。

二、节能项目评估考虑因素

电网作为一个系统,具有系统的所有特点,都是由小到大,由简单到复杂,由低压到高压的不断发展过程,电网中的任一子系统的作用、地位都会不断发生变化,电网中的任何输变电工程的建设都会引起相关电网作用的变化。对电网项目进行技术经济评价是电力系统分析、技术经济学、投资项目评估学、资产评估学等多种学科的交叉课题。1998年前,国家只对电源项目有相应的经济评价办法及规定,而电网建设项目没有对应的经济评价办法,这主要是因为我国以前电力部门政企不分、厂网不分和用电紧张造成的,忽视了电网工程的经济效益分析。随着改革力度的加大,电网公司将主要经营电网,而电网项目投资较大,每个电网工程的经济效益将直接影响电网公司的经济效益,必须对电网工程进行详细的经济评价。

传统的配电网评估工作主要包括可靠性、安全性、经济性、供电质量等单项评估,缺乏整体性评价,对电网建设的直接指导性不强。2000年城市、农村电网改造结束后,国内一些城市对电网供电能力进行了后评估,评估内容更丰富,但主要侧重于对供电能力的评估,缺乏对电网的综合评价,仍不能解决电网近期规划与建设项目的实际问题。同时,这一轮评估工作还存在评估指标的设置过于繁杂、手动工作量巨大以及定性结论偏多等问题。电网建设项目投资评价是电网公司进行电网建设必须的环节,传统的评价过程中,一般依据原有的指标打分或者类似方案进行比较决策,存在方法简单和理论支持不足的问题。电网投资项目往往要求资金额度巨大,电网所应该投资的项目类别又很多,电网必须考虑如何将有限的资金在不同的电网建设项目的投资分配上做出合理安排。如何建立一套操作性强的项目甄选方案,以及如何对电网建设投资决策评价是目前面临的重要课题。项目决策分析是一项综合性、实用性和操作性都很强的工作。项目决策与管理人员不仅需要掌握项目评价和决策的基本理论与方法,而且还应熟悉项目决策分析与评价的实际操作规程、方法与技术。本书旨在为从事与项目决策有关的人员提供理论联系实际,完整、系统、实用的参考。

电网投资项目资金需求量大,但是资金总额有限,电网公司迫切需要建立一套科学的电网节能建设改造项目投资评价体系和评估模型,从技术、经济、社会等不同的角度出发,客观、综合地对节能建设改造项目进行定性和定量的评价,从而为决策提供参考,最终能够实现将有限的资金在不同的节能建设/改造项目的投资分配上做出最优的安排。