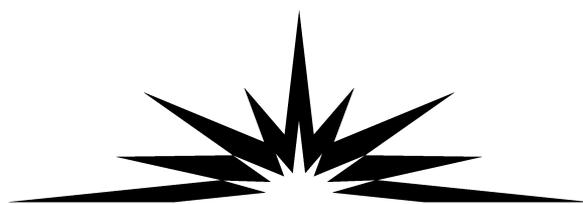


中国可持续能源项目

大卫与露茜尔·派克德基金会
威廉与佛洛拉·休利特基金会
能 源 基 金 会
项目资助号：G-1010-13519



智能电网效益分析方法深化研究

国网能源研究院

2011年9月

目 录

前言	5
1 国内外智能电网研究综述.....	9
1.1 国外智能电网投资与效益分析研究综述.....	9
1.1.1 美国电力研究院（EPRI）	9
1.1.2 亚太经贸合作组织(2011年5月).....	13
1.1.3 国际能源署---2050年智能电网的愿景部署(2011年).....	14
1.2 中国智能电网发展现状.....	17
2 中国智能电网发展的战略规划及评价指标体系	18
2.1 中国智能电网发展规划.....	18
2.1.1 国家电网的坚强智能电网发展愿景	18
2.1.2 南方电网的智能电网发展规划	19
2.1.3 中国智能电网的发展战略	20
2.2 利益相关方分析.....	20
2.2.1 利益相关方的分类及角色	20
2.2.2 利益相关方的投资与效益	23
2.3 情景设定.....	31
2.3.1 传统电网发展情景	31
2.3.2 智能电网发展情景	31
2.4 指标体系.....	33
2.4.1 发电侧的成本与效益指标体系	33
2.4.2 电网侧的成本与效益指标体系	34
2.4.3 用户侧的成本与效益指标体系	35
2.4.4 社会效益指标体系	35
3.智能电网的发电侧投资与效益分析	37
3.1 发电侧投资分析.....	37
3.1.1 智能电网新建发电装机的投资成本分析	37
3.1.2 电力系统备用容量充分释放所带来的投资成本分析	38
3.1.3 发电设备的容量利用率提高所带来的成本分析	40
3.2 最大负荷减小带来的经济效益分析.....	42
3.3 备用容量充分利用带来的经济效益分析.....	43
3.4 新型发电设备和辅机设备使用带来的综合效益分析.....	44
3.5 容量利用率提高带来的经济效益分析.....	46
3.6 大规模可再生能源发电带来的节能减排效益分析.....	47
3.7 发电煤耗降低带来的节能减排效益分析.....	49
小结.....	51
4. 智能电网的电网侧投资与效益分析	57
4.1 电网侧投资分析.....	57
4.1.1 智能电网新建发电装机容量输配电的投资成本分析	57
4.1.2 新增装机容量所带来的运行维护费用投资成本分析	58
4.1.3 输电设备利用率的提高带来的电网侧投资成本分析	59
4.1.4 智能电网的建设减少运行维护费用的投资成本分析	60
4.2 联网输电降低燃煤成本带来的经济效益分析.....	62

4.3 提高资产利用率带来的经济效益分析	63
4.3.1 提高电网侧的设备可靠性带来的经济效益分析	64
4.3.2 减少电网侧的运行维护费用带来的经济效益分析	65
4.4 智能变电带来的经济效益分析	66
4.4.1 智能变电的投资效益分析	66
4.4.2 智能变电运营的效益分析	72
4.5 智能配电带来的综合效益分析	72
4.5.1 智能配电的投资效益分析	72
4.5.2 智能配电的运营效益分析	78
小结	82
5. 智能电网的用户侧投资与效益分析	88
5.1 用户侧智能化投资分析	88
5.2 先进计量带来的经济效益分析	88
5.2.1 先进计量体系定义及特点	88
5.2.2 先进计量体系功能	88
5.2.3 先进计量体系安装成本	90
5.2.4 先进计量体系经济效益分析	90
5.2.5 先进计量体系应用投资效益分析	92
5.2.6 先进计量体系的成本与收益	93
5.3 智能用电带来的经济效益分析	94
5.3.1 减少电力用户电费支出	94
5.3.2 提升电力用户的满意度和效益	97
5.4 实现双向互动带来的经济效益分析	97
5.5 电动汽车发展带来的综合效益分析	101
5.5.1 充电站经济效益分析	101
5.5.2 用户侧经济效益分析	103
5.5.3 社会效益	103
5.5.4 环境效益	104
5.6 多网融合发展带来的综合效益分析	105
5.7 储能技术带来的综合效益分析	106
小结	109
6. 智能电网发展的社会综合效益分析	113
6.1 智能电网社会综合效益评价	113
6.1.1 智能电网社会经济效益	114
6.1.2 智能电网社会节能效益	115
6.1.3 智能电网社会减排效益	116
6.2 优化资源配置，提高能源利用	116
6.2.1 提高电网设备利用效率，减少电网建设投资	116
6.2.2 提升电网输送效率，降低线损	116
6.2.3 提高终端用电设备的能源利用效率	116
6.2.4 提升我国土地资源的整体利用率	116
6.3 促进经济增长，创造就业机会	117
6.4 带动产业发展，促进技术升级	119
6.5 减少环境污染，节约经济损失	120

6.5.1 促进清洁能源大规模发展	120
6.5.2 促进全国范围内的环境资源优化配置	121
小结	121
7. 研究结论及建议	123
7.1 研究总结	123
7.2 智能电网发展的政策与建议	123
7.2.1 从政府层面的建议与政策	123
7.2.2 从发电企业层面的建议与政策	124
7.2.3 从电网企业层面的建议与政策	124
7.2.4 从电力用户层面的建议与政策	125
7.3 发展中国智能电网的战略措施	125
7.3.1 将智能电网上升为国家发展战略和长期发展规划，加强学科产业的扶植力度	126
7.3.2 制定相关政策，贯彻“节能优先”战略，确保水电、核电、风电加快开发	127
7.3.3 以政府为主导力量，积极推进社会各方参与智能电网的建设	128

前言

这份报告阐述了我国未来 20 年智能电网发展所需的投资成本及获得的经济效益，并研究了相关的分析模型、方案、主要设想和结论，是对 2010 年所作报告《中国智能电网的效益评估和政策机制研究》的深化与补充。本报告在去年研究的基础上对智能电网发展的投资成本进行了评估和预测，对全面建设具有中国特色的智能电网的投资与效益进行了有效评估，形成了基本的评估框架，使得整个智能电网建设的评估更加系统化，凸显出整体性。并且从智能电网发展中不同利益相关者对智能电网的贡献度出发，以不同利益相关者的角度提出了全面智能电网建设的政策与建议。

在现代电网的发展过程中，各国结合其电力发展的具体情况，通过不同领域的研究与实践，形成了各自的发展方向和技术路线，也反映出各国对未来电网发展模式的不同理解。近年来，随着各种先进技术在电网中的广泛应用，智能化已经成为电网发展的必然趋势，发展智能电网已在世界范围内形成共识。从技术发展和应用的角度看，世界各国、各领域的专家、学者普遍认为：智能电网是将先进的传感量测技术、信息通信技术、分析决策技术、自动控制技术和能源电力相结合，并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。

我国能源资源与需求逆向分布，能源资源相对匮乏，结构不均衡，能源供给能力和电力安全水平也有待提高。2010 年 3 月，国务院总理温家宝在《政府工作报告》中正式提出“加强智能电网的建设”，智能电网理念逐渐成为社会共识。建设智能电网，关系经济社会发展和国计民生，是开发利用清洁能源、建设科学合理的能源利用体系的迫切要求，是满足经济社会可持续发展要求的重大选择，更是时代赋予中国电力工业的历史性重任。通过智能电网的建设发展，有利于提高电网的能源资源优化配置能力和电力系统的运行效率，有助于促进清洁能源发展和保障能源安全，并能够推动电工制造业技术创新，为相关产业占领战略制高点提供重大机遇。

全面建设智能电网，需要巨大的投资，因为智能电网的建设是对电网的一次巨大的改革，包括新能源发电的投入、输电设施的建设、配电侧改造和用户需求侧管理等，同时智能电网的建设还能带来巨大的经济效益、节能减排效益和社会综合效益。目前国际上有很多机构和组织都对智能电网建设和发展所需的投资成本和效益进行了有效的评估，但是各个评估机构和组织评估的侧重点也不尽相同，有的侧重于智能电网建设的成本投入，对智能电网建设的成本做出相应的预算；有的侧重于智能电网发展所带来的经济效益分析；有的则分析智能电网发展所需投资和带来的效益；有的研究侧重于智能电网建设带来的社会效益以及节能减排效益。2011 年 03 月美国电科院所做报告《智能电网成本与效益评估》提出了对未来智能电网投资成本定量分析的方法，充分考虑了美国智能电网建设的所需投资，并指出智能电网建设中为实现未来现代化电力输送系统的预估投资额应在 3380-4760 亿美元之间，则预计收益将达到 12940-20280 亿美元，其成本收益率在 2.8 到 6.0 范围之间。2011 年 05 月亚太经贸

合作组织所作报告调查了亚太经济合作组织的各个国家对于智能电网发展的规划和重点,识别 APEC 经济体来积极挖掘智能电网发展的能力,实现环境和经济的可持续性目标。最后,报告探索了智能电网应用的潜在能力来解决可再生能源的整合,包括可再生风能和太阳能的不确定性的能效关注,使得未来的发展或蓝图更具有经济意义。

在 2010 年的报告《中国智能电网的效益评估和政策机制研究》中,已经对智能电网的效益包括经济效益、节能减排效益以及社会综合效益进行了详细的评估,其中到 2020 年所累积带来的经济效益为 4.4 万亿元,节约标煤 30.26 亿吨,减少二氧化碳排放 79.6 亿吨。到 2030 年所累积带来的经济效益为 10.8 万亿元,节约标煤 102.8 亿吨,减少二氧化碳排放 251.2 亿吨。

本报告与先前的报告不同,本报告对除了对智能电网的效益进行了评估外,增加了智能电网建设中发、输、配、用四个环节的成本投入分析,在计算考虑了传统电网发展和智能电网发展两种场景。在两种场景分析中,分为高方案即到 2030 年智能电网的技术渗透率达到 80%和低方案即到 2030 年智能电网的技术渗透率达到 50%,深化了智能电网的研究,使得智能电网发展评估更具体、更系统化,同时将节能效益转化为相应的经济效益,使得效益评估更加量化。

在本报告中,智能电网的成本及效益评估仍然以 20 年为评估期限。在未来的 20 年中,为满足智能电网的建设,在高方案中预计到 2030 年累计未来投资为 94756 亿元,在低方案中到 2030 年累计未来投资为 44019 亿元。相应的在经济效益分析中,高方案带来的累计经济效益为 161224 亿元,在低方案中累计经济效益为 117201 亿元,其成本收益率为 1.6-2.4。这里,累计的经济效益中只考虑到由于智能电网发展所带来的经济效益和节能减排效益转化为的经济效益之和,没有考虑所带来的社会综合效益,如表 1 所示。

表 1 2011 年-2030 年智能电网发展的投资与效益分析

总计 20 年	
(单位: 万亿元)	
总投资额	7.32-6.65
累计经济效益	11.7-16.2
成本收益率	1.6-2.4

根据本报告的估算,未来电力系统的收益额将远远超过总的投资额。此表格表明在未来的 20 年,将每年的投资额水平定在 3323 亿元-3659 亿元之间。按智能电网发展的高低方案,这些成本投资主要用于发电侧新增装机容量的投入,这其中包括新能源并网发电的投入,电网侧输电设施及运行维护费用的投入,用户侧投入等。除去用于发电的成本、为满足可再生能源及负荷增加而进行的输电设施扩张成本、以及智能电网配套家居设备的客户成本外,这些投资成本将主要用于建设接入分布式电源和全面普及客户端接入的基础设施。作为先前报告的深化,成本投资的预估内容涉及范围非常宽泛,这也反映了电力行业目前在预估这些可

能发生或未能发生的成本等方面的不确定性。表 2 反映了未来 20 年智能电网发展中，电网链各环节的投资成本状况，对发电侧、电网侧和用户侧分别进行投资成本的评估。

表 2 2011 年-2030 年智能电网发展所需的投资成本（单位：万亿）

	高方案	低方案
发电侧	2.93	3.58
电网侧	3.47	3.55
用户侧	0.27	0.20
总额	6.67	7.33

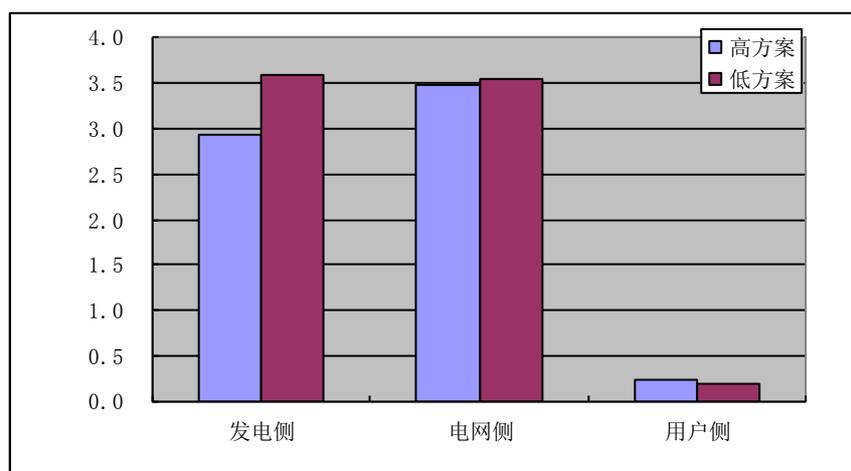


图 1 2011 年-2030 年智能电网建设所需成本投入（单位：万亿）

由图 1 可以明显的看出，我国智能电网发展中成本的投入主要集中在发电侧和电网侧。发电侧的投资主要集中在新建发电（包括传统发电和新能源发电等）装机的投入、电力系统备用容量的释放带来的投入以及发电设备的容量利用率的提高带来的成本投入，其详细比例数据如图 3-1 和 3-2。电网侧的投资主要集中在为满足发电侧新增装机容量的输送而新建输电设施（远距离特高压输电线路、FACTS 元件的应用等）、电网侧运行维护成本等，其详细比例数据如图 4-1 和 4-2 所示。用户侧的投资主要是集中在高级量测体系、用电信息采集以及智能家居/楼宇的而投入方面，其详细比例数据如图 5-5 和 5-6 所示。

在我国目前的能源结构和经济发展状况下，智能电网的全面建设不仅使得电网的输电可靠性增强，缓解我国因煤电不足带来的电荒现象以及电网服务的智能化的同时，给各个利益方带来的收益是相当可观的。表 3 和图 2 是对这些收益的详细总结。智能电网的收益还包括大规模可再生能源发电和储能的快速发展带来的经济效益，发电输电设备制造商产生的经济效益。如果没有智能电网的发展，许多项技术的整体价值就无法得以显现，这些技术包括电动汽车、电子储能、需求响应、分布式能源、以及利用风电和太阳能等可再生能源的大型中央发电站等。

表 3 2011 年-2030 年智能电网发展所获得的效益（单位：万亿）

	高方案	低方案
--	-----	-----

发电侧	11.24	8.01
电网侧	4.26	3.27
用户侧	0.72	0.48
总额	16.22	11.76

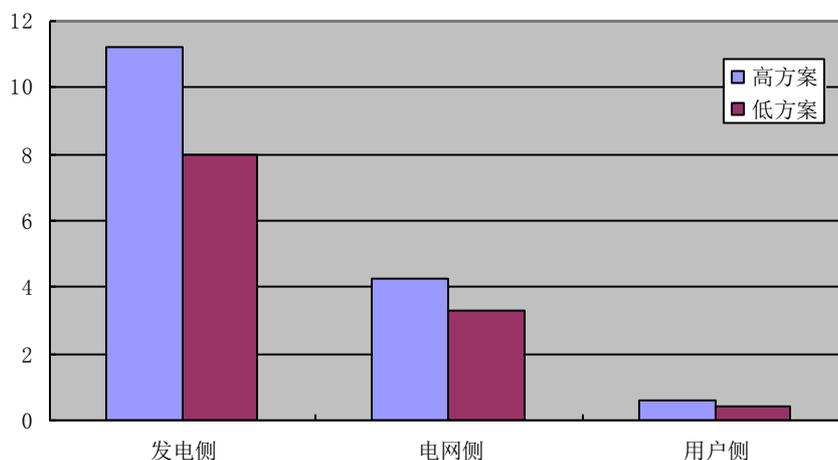


图 2 2011 年-2030 年智能电网建设的效益 (单位: 万亿)

从以上表格和图表以及相关的数据可以明显的看出,智能电网建设需要大量的资金和技术支持,建设面广、周期长,涉及的相关利益方多,其投资收益更多体现为长期收益和社会效益,同时还存在一定的不确定因素。在发电侧,可再生能源发电虽然节省了能源,带来巨大的节能减排效益,但由于可再生能源的随机性、不确定性因素等也给电网带来极大的挑战,这也应当是在发电侧应当考虑的因素。在电网侧,特高压交流输电和高压直流输电实现了跨区联网,是坚强智能电网的重要内容,是实现发电侧和用电侧综合效益的前提条件。没有特高压输电等大容量的输电走廊,要实现智能电网在发电侧和用电侧的各种效益是不可能的。特高压输电和高压直流输电等大型输电工程的建设都是由电网公司投资兴建的,而由其所带来的经济效益和节能减排效益的主要受益主体是发电公司和全体电力用户,这也充分体现了电网的公益性质和国家基础设施的重要地位,建议国家有关部门站在推进智能电网建设这一国家发展战略的高度,加大财政扶持力度、优化税收减免政策和投融资政策,提高电网公司实现跨区联网的积极性,使跨区联网得以早日实现。

在政策机制方面,政府国家作为智能电网建设的组织者以及推动者,应该制定正确的政策机制以及把握智能电网发展的方向。国家应该敦促《可再生能源法》的全面落实实施,各地方政府切实按照国家可再生能源发展战略,制订本省份的新能源发展规划和实施方案,政府通过征收能源税或碳税的方式,建立稳定持续的支持新能源发电发展的补贴资金来源。各利益相关方应该积极主动的参与到智能电网建设进程中,推进电网建设,在全国范围内实现资源优化配置。采取切实可行的措施抑制煤价、疏导电价,充分发挥政府监管与导向作用,加大需求侧管理力度,发挥价格对需求的引导调节作用。

1 国内外智能电网研究综述

1.1 国外智能电网投资与效益分析研究综述

1.1.1 美国电力研究院 (EPRI)

1.1.1.1 全球智能电网实施评估 (2010 年 10 月)

这份报告是美国电力研究院和高尔文电力倡议(Galvin Electricity Initiative)开展的一项调查的产物,报告从积极规划和部署智能电网项目的电力设施的角度来分析国际智能电网的建设情况。报告通过世界各地 20 个作为领跑者的智能电网项目,分析了智能电网发展建设中的关键应用技术、驱动力和经验教训。

报告中指出智能电网效益包括:环境,经济,安全,电能质量和可靠性。与所有受益者相关利益相比,电能质量和可靠性是各方最关注的利益。智能电网项目在环保方面对社会影响强烈,但对消费者和电力行业影响较小;在安全方面智能电网对事业影响强烈,对消费者和社会的影响较小。

报告中列举了在智能电网应用的先进实例,同时详细分析了具有代表性的两个例子:

(1) 佛罗里达电力和照明 (FPL) 呼叫计划,通过使用包括大型电力客户可中断电价和主要住宅负荷的控制计划的电力需求侧管理计划组合,已成功减少了 3463 兆瓦的能源需求,减少的能源需求可使 FPL 避免建设约 10 个新的 400 兆瓦的发电厂。在这个总数中,1000 兆瓦的高峰需求量的节约,可直接为 FPL 的最大负荷管理系统做出贡献。FPL 的主要住宅直接负荷控制方案有超过 785,000 的客户参与其中,有超过 80 万的负荷控制转发器。作为用户的激励机制,FPL 每月支付给用户 6 美元用于控制空调、3.50 美元用于控制热水器。FPL 指出建设和经营新发电机组的经济成本比投入和运行 DSM 计划的成本高至少 20%到 30% 以上。

(2) ISO/RTO---北美的需求响应市场,与传统只允许大容量机组参与需求响应的市场不同,ISO/RTO 是北美地区有需求响应参与的、比较先进的市场,为需求响应提供许多服务。不同的 ISO 或 RTO 给分布式能源与常规能源并不一定相同,大多数情况下,参与的最低负荷容量为 100kW。分布式资源展示出明显的成本节约。2006 年 8 月,作为 ISO 分布式能源项目的一个成功案例,PJM 为其分布式能源项目节约了共计 6.5 亿美元的成本。仅在 2006 年 8 月 2 号一天时间里,当 144,796MW 的最大负荷出现后,分布式能源就节约了 2.3 亿美元。参与的分布式能源项目各方所花费的成本,与由当日市场结算价格决定的获得峰值功率的成本的差额,就是以上所节约的成本。这些分布式能源自发的削减行为在最高的几个小时里降低的能源批发价格幅度超过 300 美元/MWh。

1.1.1.2 智能电网成本和效益评估 (2011 年 3 月)

这份报告记录了对未来智能电网投资需求(成本)定量分析的方法论、主要设想和结果,是对美国电科院之前所做报告(EPRI TR-1011001)的更新成果,对全面推行智能电网

的收益进行了初级评估。该报告是商定建设功能完备的智能电网所需投资水平的基本框架。报告在先前研究的基础上分析了智能电网的成本与收益，主要内容如下：

(1) 此前的研究

在美国电科院此前的研究里，已经对智能电网的成本与收益进行了评估。根据先前的名为《未来电力传输系统》的研究结果，对智能电网的净投资额需达到 1650 亿美元，成本收益率为 4:1 (EPRI 1011001 报告)。智能电网将最终与发电、用电等诸环节结合在一起，到 2030 年，电力行业对二氧化碳的排放量将在 2005 年的标准上减少 58%(EPRI 1020389 报告)。智能电网将为国家节能减排事业做出巨大的贡献。美国电科院的一项报告 (EPRI 1016905) 估计，到 2030 年，智能电网将使二氧化碳排放量减少 6000 万-2.11 亿公吨/年。据美国电科院的另一项研究报告估计，全美国各个行业每年由于停电等电力干扰造成的损失在 1040-1640 亿美元，此外，由于电力质量等造成的损失为 150-240 亿美元。在美国电科院所做的关于《2003 年 8 月 14 日美加停电事故的最终报告》中表明，每次大规模停电造成的损失约为 100 亿美元。

(2) 总结和成果

除了那些为满足电力负荷增加而进行的投资，表 1-1 表明，实现未来现代化电力输送系统的预估投资额应在 3380-4760 亿美元之间。与未来现代化电力输送系统成本相比，预计收益将达到 1.294-2.028 万亿美元，其成本收益率在 2.8 到 6.0 范围之内。

表 1-1 对智能电网预估成本与收益的总结

	总计 20 年 (单位: 十亿美元)
净投资额	338-476
净收益额	1294-2028
成本收益率	2.8-6.0

基于这一估算，未来电力输送系统的收益额将大大超过成本投入，与 04 年所作报告相比最明显的变化就是用于智能电网建设的项目成本的大幅增长。此表格表明，需要在未来的 20 多年里，将每年的投资额水平定在 170-240 亿美元之间，刨除用于发电的成本、为满足可再生能源及负荷增加而进行的输电设施扩张成本、以及智能电网配套家居设备的客户成本外，这些投资成本将主要用于建设接入分布式电源和全面普及客户端接入的基础设施。

(3) 智能电网的成本

为了实现智能电网所需的预估投资，包括为满足负荷增长和大规模分布式能源发电所需的花费，作为这些成本花费的一部分，电力系统的扩展需与智能电网互相兼容。表 1-2 为总成本花费中的主要部分。

表 1-2 智能电网的总成本

全面建设功能完备的智能电网的成本 (\$M)		
	低	高
输电与变电	82.046	90.413
配电	231.960	339.409
用电	23.672	46.368
总额	337.678	476.190

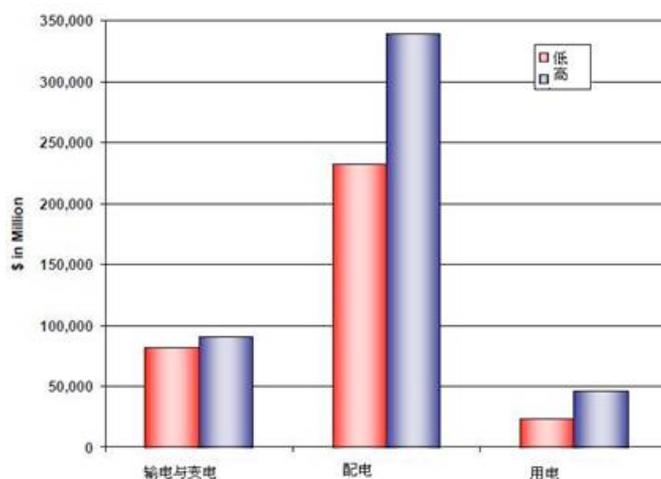


图 1-1 智能电网的总成本

在表 1-3 中，总结了美国电科院对智能电网预估用户潜在意义所进行的尝试性描述。在该表中，智能电网成本被分成几类，并按照如下几种方法进行了计算：1) 根据每类用户数量划分的智能电网总成本（一次性支付代理）；2) 根据每位用户每年分摊十年期的智能电网总成本（名义价格，并非现行价格和约期）；3) 根据每月平均分摊一年的总成本。最后，美国电科院报告撰写团队还对用户每月平均电费相应的增长百分比进行了估算。在表 1-3 的假设中，智能电网成本按全美用户进行了平均换算。然而，由于每位用户的智能电网成本可能区别很大，因此在某些区域智能电网的总体成本可能更加集中，相应的，这些区域每位用户的智能电网成本则有所增加，而别的区域则相应有所减少。与智能电网将要带来的可观利益相比，这些成本花费就显得微不足道了。

表 1-3 美国电科院对智能电网成本预估的用户潜在意义

智能电网用户成本—按每年千瓦时划分(a)								
分 类	\$/用户总成本 (b)		\$/用户_年 10 年期分摊(c)		\$/用户_月 10 年期分摊(d)		每月电费增加百分比 10 年分摊(e)	
	低	高	低	高	低	高	低	高
	\$/用户	\$/用户	\$/用户/年	\$/用户/年	\$/用户/年	\$/用户/年		
民用	\$1,033	\$1,455	\$103	\$145	\$9	\$12	8.10%	11.80%
商用	\$7,146	\$10,064	\$715	\$1,006	\$60	\$84	9.10%	12.80%
工用	\$107,845	\$151,877	\$10,785	\$15,188	\$899	\$1,266	0.01%	1.60%

(a) 低表示美国电科院预估的智能电网总成本低值；高表示智能电网成本高值。按类划分的用户数目(民用、商用、工用)取自 2009 年电子工业协会 (EIA) 的数据。智能电网成本按用户类别的划分是基于 2009 年的售电情况 (38%民用, 37%商用, 25%工用) 来的。

(b) 按每部分用户划分的智能电网总成本 (民用+商用+工用)。

(c) 每年每位用户平均分摊十年智能电网总成本 (票面价值)。

(d) 每月每位用户平均分摊十年期智能电网总成本 (票面价值)。

(e) 基于 (d) 类的每月电费而形成的年增长比。

(4) 智能电网的收益

智能电网的收益是很可观的, 源于成本降低、可靠性增加、电力质量提高、全国生产力和电力服务提高等诸多功能因素。在表 1-4 和图 1-2 中, 是对这些收益的总结。总体而言, 智能电网可以确保向用户提供可靠、高质的数字化电能, 以及电力相关的增值服务与环境。智能电网的收益还包括促进可再生能源发电和储能的快速发展。

表 1-4 智能电网的预估收益

特点	净现值 (2010) \$B	
	低	高
生产力	1	1
安全	13	13
环境	102	390
容量	299	393
成本	330	475
质量	42	86
生活质量	74	74

安全性	152	152
可靠性	281	444
总量	1294	2028

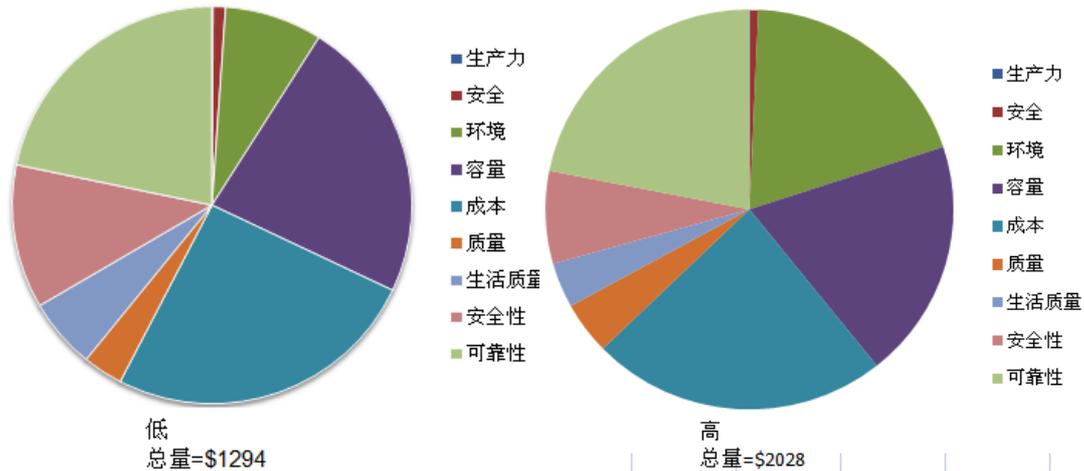


图 1-2 智能电网的预估收益（单位：十亿美元）

1.1.2 亚太经贸合作组织(2011年5月)

2010年6月，第九届亚太经济合作能源会议召开，其主题是：“包括具有高能效、低成本能源储存的先进电池技术的智能电网，能够整合间歇式可再生能源，并搭建企业和用户更有效利用能源的控制系统，这也将促进电力供应可靠性，有效提高电力元件的使用寿命，减少系统操作成本”。

报告中指出智能电网发展愿景的核心是从集中式的电力供应链改革，实现更多的用户交互功能。随着发展范围和程度的广泛扩大，APEC成员可以作为重要的检验群体来评估智能电网技术的发展和实践。这是因为未来的数十年用电量会明显的增长(由2005年的9385TWh增加到2030年16442TWh)，并且6.2—8.4万亿美元的相关投资来满足电力需求，这对于大范围的发展智能电网技术是很好的机会，并且能减少集中式发电，创造更多的经济、有效和可靠的电力生产和消费系统。这份报告调查了APEC的各个国家关于智能电网发展的经济和特点，识别APEC经济体来积极的挖掘智能电网的能力，实现环境和经济的可持续性目标。最后，报告探索了智能电网应用的潜在能力来解决可再生能源的整合，包括可再生风能和太阳能的不确定性的能效关注，使得未来的发展或蓝图更具有经济意义。

这篇报告综述了几个全面推进智能电网建设方面所面临的挑战：首先，是对智能电网功能的更广泛的认识以及在提高能源利用效率及可再生能源的一体化政策方面所带来的效益。其次，智能电网发展中新的观点以及发展的策略更新的速度也是推进智能电网全面建设的大挑战。信息、通信技术的快速更新以及在一个经济体中如何发展也会给智能电网的建设带来一些新的解决措施。

1.1.3 国际能源署---2050年智能电网的愿景部署(2011年)

智能电网是包含大量技术、用户互动以及决策点的复杂系统。这种复杂性使其无法定义详细的发展和部署情景。报告中分析了智能电网部署的影响因素，同时介绍了2050年区域情景部署。

(1) 局部分析对部署的影响因素

报告中指出不同国家在发展智能电网技术时会采取结合自身条件的发展顺序。在可能的情况下，不同途径下的成本和收益必须量化，以便于对可能的智能电网部署的影响进行评估。其中下面的区域特色需要在任何区域评估中予以考虑：

- 当前和规划中的电源结构，包括原油、核能以及可再生能源发电
- 当前和未来的电力需求，以及各行业的需求，例如制造业、住宅用电负荷以及电动汽车的部署
- 现有的和规划中的输电及配电网状态
- 电网与周边地区互联的能力
- 监管及市场结构
- 气候条件及资源可用性

(2) 尖峰需求的量化及智能电网的影响

智能电网部署背后的激励机制，或驱动力以及各种驱动力之间的相互作用，需要在区域电力系统的情境下被我们广泛理解。这一路线图已经根据ETP2010扩展，以便于得到更为详细的区域电力系统愿景。已应用于四个地区：北美经合组织、欧洲经合组织、太平洋经合组织和中国。分析中包括以下数据：

- 年度用电需求
- 电动汽车的部署以及由于电动汽车对尖峰负荷的影响
- 潜在的需求相应
- 未来建筑潜在用电消耗
- 先进的计量设施部署

该模型主要关注电力系统的需求侧；讨论中考虑了变化的可再生能源的部署，但并没有分析其本身。情景模型如图1-3所示。在情景 SG_{max} 中，有较强的管理和政策支持用于智能电网的发展与部署，而 SG_{min} 假设了较少的政策支持。清洁技术的安装数量，例如热泵机组、可再生能源机组和电动汽车，按照ETP2010中基于基线情景和蓝色情景的分析去部署。

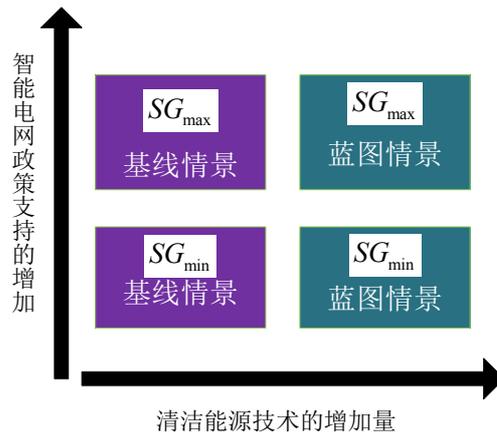


图 1-3 区域智能电网分析结构图

基于 ETP 基线情景和蓝色情景，引导两个情景 SG_{max} 、 SG_{min} 完成智能电网对尖峰负荷的影响评估。由于智能电网已经正在推进，政策支持假定至少在最低水平。一个没有智能电网的场景将仅作为参考示例，用来演示某个地区电动汽车或混合动力汽车的部署没有考虑电力系统运行的情况——存在对尖峰负荷明显的负面影响。其使用的关键价值，除了用于 ETP2010 的分析价值，主要在于通过需求响应和电动汽车的接入减少尖峰负荷。

表 1-5 SG_{min} 和 SG_{max} 情景的模型

SG_{min}	SG_{max}
需求侧响应 低 (5)	需求侧响应 高 (15)
G2V 计划	G2V 计划与 V2G 发展
说明：需求侧响应值从 Faruqui 2007 中选取，而需求侧响应技术的发展能很大程度的影响这些数据。	

(3) 2050 年区域情景部署

路线图将蓝色情景与 SG_{max} 、 SG_{min} 两个情景结合，比较了四个地区智能电网对电力系统运行的影响。在 SG_{min} 蓝色情景中，清洁能源技术（例如 VarRE 和电动汽车、混合动力汽车）的部署的力度非常大，但对智能电网的政策支持一般。在 SG_{max} 蓝色情景中，清洁能源技术（例如 VarRE 和电动汽车、混合动力汽车）的部署的力度与 SG_{min} 蓝色情景中一致，但对智能电网政策支持力度很大。从表 7 和 8 中，可以看到不同地区与 2010 年相比的尖峰负荷以及总消耗的数据。

表 1-6 显示，按百分基准率来看，中国与其他地区相比在未来的 40 年里将有更多的电力需求增长。从 2010 年到 2050 年，其他地区的的增长将在 22%到 32%的范围内，但由于较低的经济增长与能效技术的应用，在短期内的电力需求净增长为零。在分析中已经考虑到了微小的输配电线损的降低，但其对总需求的影响较小。

表 1-6 SG_{min} 和 SG_{max} 情景下的电力需求增长折算到 2010 年的值 (%)

	2020	2030	2040	2050
中国	53	90	122	170
欧盟	0	10	26	27
北美	-3	1	16	22
太平洋	0	6	17	32

*电力生产的模型在 SG_{min} 和 SG_{max} 情景下使用相同的参数

表 1-7 显示在所有情况下, SG_{max} 情景对尖峰负荷有一个显著的减少, 提供了延缓电力投资以及减轻现有设施压力的机会。北美总的电力需求增长了 22%, 但通过 SG_{max} 情景显示, 到 2050 年尖峰负荷仅增长 1%。中国的总需求增长对其尖峰负荷超过 2010 年水平有一个显著的影响, 并且从分析中发现是尖峰负荷增长的主要驱动力。在其他地区, 尖峰负荷增长主要是由于电动汽车、混合动力汽车的发展, 以及建筑对电力的大量需求。除了中国, 其他地区均显示通过智能电网的发展, 即使是在一个最低的水平上, 也可以使尖峰负荷的增速低于总需求的增速。

表 1-7 SG_{min} 和 SG_{max} 情景下的尖峰负荷的增长折算到 2010 年的值 (%)

		2020	2030	2040	2050
中国	SG_{min}	56	99	140	200
	SG_{max}	55	91	125	176
欧盟	SG_{min}	1	13	30	32
	SG_{max}	-4	5	18	17
北美	SG_{min}	-4	0	10	15
	SG_{max}	-10	-9	0	1
太平洋	SG_{min}	-2	4	12	25
	SG_{max}	-7	-4	2	11

(4) 2050 年智能电网 CO_2 减排估计

尽管电力消耗仅占人类最终能源消耗的 17%, 但却排放了占全球总量 40% 的 CO_2 , 主要因为几乎 70% 的电力由化石燃料产生 (IEA,2010)。在 ETP 蓝色情景下, 由于减少碳排放的原因, 发电仅导致全球碳排放的 21%, 即到 2050 年每年减少 CO_2 排放量超过 20Gt。智能电网技术将在减少温室气体排放中起到重要作用。直接减少将通过能源使用的反馈、更低的线损、对能效项目的快速部署、调整服务行业不间断负荷以及利用尖峰负荷管理的能源节约来实现。间接收益源自智能电网技术对电动汽车以及可再生能源发电的广泛接纳。

考虑直接和间接收益, ETP 蓝色情景估计到 2050 年, 智能电网创造每年减排 CO_2 的潜力为 0.7Gt 到 2.1Gt。北美在经合组织国家中拥有最大的减排潜力, 中国在非经合组织国家中拥有最大的减排潜力。

1.2 中国智能电网发展现状

建设智能电网是一项高度复杂的系统工程。世界各国根据本国电力工业的特点，通过不同领域的研究与实践，形成了各自的发展方向和技术路线，也反映出对未来发展模式的不同思考。

随着经济社会的高速发展和综合国力的不断增强，我国电力行业紧密跟踪欧美发达国家电网向智能化发展的趋势，着力技术创新，研究与实践并重，在智能电网发展模式、理念和基础理论、技术体系以及智能设备等方面开展了大量卓有成效的研究和探索。

（一）电网智能化领域的重要研究与实践

经过多年的建设，我国电力系统建成了以光纤通信为主的、微波和载波等多种通信方式并存的、世界上规模最大的电力通信主干网络；在发电、输电、配电和用电等多个环节，广泛的运用先进的信息通信技术、传感与量测技术、电力电子技术，电力生产运行主要指标接近或达到国外先进水平；在特高压输电、大电网安全稳定控制、广域相量测量、电网频率质量控制、稳态/暂态/动态三位一体安全防御和自动电压控制等技术领域进入了国际领先行列。

（二）国家电网公司提出坚强智能电的战略实践

面对世界电力发展的新动向，国家电网公司在深入分析世界电网发展新趋势和中国国情的基础上，紧密结合中国能源供应的新形势和用电服务的新需求，经过充分的考察、分析和论证，于2009年5月在北京召开的“2009特高压输电国际会议”上正式发布了中国建设坚强智能电网的理念：立足自主创新，建设以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展，具有信息化、自动化、互动化特征的坚强智能电网的发展目标。按照“统一规划、统一标准、统一建设”的原则和“统一规划、统一标准、试点先行、整体推进”的工作方针，稳步、有序的推进智能电网各项建设工作。

结合我国经济发展的新形势、新挑战，针对智能电网建设的重点领域，国家电网公司于2009年8月启动了智能电网建设第一阶段的重点工作，包括电网智能化规划编制、智能电网技术标准体系研究和标准制定、国家风电和太阳能等3个研究检测中心建设和10大类(项)专题研究，并在发电、输电、变电、配电、用电、调度等环节选择了9个项目作为第一批试点工程。2010年1月，在第一批试点项目的基础上，又安排了第二批12个试点项目。目前，各项工作已全面展开，进展顺利，部分项目已取得重要阶段性成果。

智能电网的研究与实践日益得到政府高度重视和全社会关注。2010年政府工作报告明确提出要“加强智能电网建设”，建设智能电网已在我国形成共识。

2 中国智能电网发展的战略规划及评价指标体系

2.1 中国智能电网发展规划

随着经济社会的发展，人类活动对地球环境产生了巨大的影响，能源短缺、环境污染和气候变化已经成为全球的严重问题。电力是国家能源产业的核心，其发展状况对以上问题有着直接的影响。与此同时，各行业对电力的依赖增强，对供电可靠性及电能质量的要求日益提高。电网作为电力输送的唯一载体，是国家综合运输体系的重要组成部分。

智能电网代表了当今电网发展变革的最新方向，目前欧美许多国家在积极推进智能电网的建设。2010年3月，国务院总理温家宝在《政府工作报告》中正式提出“加强智能电网的建设”，智能电网理念逐渐成为社会的共识。国家电网公司结合我国经济发展布局及能源特点，充分发挥特高压输电和电网智能化技术的优势，提出了建设安全水平高、适应能力强、配置效率高、互动性能好、综合效益优的坚强智能电网的重大举措。中国南方电网公司提出电网要向更加智能、高效、可靠、绿色的方向转变，致力打造智能高效可靠的绿色电网。

2.1.1 国家电网的坚强智能电网发展愿景

（一）概念

坚强智能电网是以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展的坚强网架为基础，以信息通信平台为支撑，具有信息化、自动化、互动化特征，包括电力系统各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合的现代电网。

“坚强”与“智能”是现代电网的两个基本发展要求。“坚强”是基础，“智能”是关键。强调坚强网架与电网智能化的有机统一，是以整体性、系统性的方法来客观描述现代电网发展的基本特征。

坚强智能电网是安全可靠、经济高效、清洁环保、透明开放和友好互动的电网。安全可靠是指具有坚强的网架结构、强大的电力输送能力和安全可靠的电力供应；经济高效是指提高电网运行和输送效率，降低运营成本，促进能源资源和电力资产的高效利用；清洁环保是指促进清洁能源发展与利用，降低能源消耗和污染物排放，提高清洁电能终端能源消费中的比重；透明开放是指电网、电源和用户的信息透明共享，电网无歧视开放；友好互动是指实现电网运行方式的灵活调整，友好兼容各类电源和用户接入，促进发电企业和用户主动参与电网运行调节。

信息化、自动化、互动化是坚强智能电网的基本技术特征。信息化是坚强智能电网的基本途径，体现为对实时和非实时信息的高度集成和挖掘利用能力；自动化是坚强智能电网发展水平的直观体现，依靠高效的信息采集传输和集成应用，实现电网运行自动控制与管理水平提升；互动化是坚强智能电网的内在要求，通过信息的实时沟通与分析，实现电力系统各个环节的良性互动和高效协调，提升用户体验，促进电能的安全、高效、环保应用。

（二）技术体系

坚强智能电网的技术体系包括电网基础体系、技术支撑体系、智能应用体系和标准规范体系。

电网基础体系是电网系统的物质载体，是实现“坚强”的重要基础；技术支撑体系是指先进的通信、信息、控制等应用技术，是实现“智能”的基础；智能应用体系是保障电网安全、经济、高效运行，最大效率地利用能源和社会资源，为用户提供增值服务的具体体现；标准规范体系是指技术、管理方面的标准、规范，以及实验、认证、评估体系，是建设坚强智能电网的制度保障。

（三） 发展阶段

国家电网公司按照“统一规划、分步实施、试点先行、整体推进”的原则推进坚强智能电网的建设。

2011 到 2015 年为全面建设阶段：在技术研究和工程试点基础上，结合智能电网发展需求，继续开展关键技术研发和设备研发；形成智能电网技术标准，完善技术标准体系，规范电网建设与改造规范；开展智能电网评估与技术经济分析，滚动修订发展规划，全面、有序开展坚强智能电网建设。

2016 到 2020 年为引领提升阶段：至 2020 年，基本建成坚强智能电网，技术和装备全面达到国际领先水平，电网的资源配置能力、安全水平、运行效率，以及电网与电源、用户的互动水平显著提高。

（四） 坚强智能电网愿景

坚强智能电网是以坚强实体电网为基础、以信息化平台为支撑、以智能化控制为实现手段形成的统一整体，涵盖电力能源生产、输送直至消费的全部环节。其业务范围全方位覆盖电网建设、生产调度、电能交易和技术管理等各个方面，管理控制贯穿电网规划设计、建设、运行维护以及设备更新的全过程。智能电网的信息流，应包括信息采集、信息传输、信息集成、信息展现以及决策应用等各层面，通过纵向贯穿、横向贯通的网络共享平台，实现电网实时信息的交互和共享，最终形成电力流、信息流和业务流的高度融合。未来坚强智能电网在垂直构架上，将由智能装备层、智能生产调度层和决策管理层构成；在横向层面上，将通过坚强骨干网架把大、中型区域电网则分层分区柔性接入集中式和分布式电源以及各类终端用户。

2.1.2 南方电网的智能电网发展规划

中国南方电网公司在智能电网发展方面提出了“分步实施，重点推进，跟踪调整”的思路，提出电网发展要满足社会经济发展对电力供应的要求；要成为资源优化配置的平台、服务于低碳社会发展和经济可持续发展；要向更加智能、高效、可靠、绿色的方向转变；要统筹兼顾注重经济效益、协调好经济性和可靠性的关系。

南方电网公司提出在“十二五”期间着重抓好电网发展八个战略重点：一是构建跨区资源配置平台，统筹区域内、外资源外的优化配置；二是深入研究西电东送可持续发展问题，促

进东西部和谐发展；三是大力支持清洁能源发展，实施南方电网绿色发展战略；四是大力发展智能电网技术，支持新能源、分布式能源、电动汽车等新技术发展；五是建设结构合理的南方电网主网架和各省区负荷中心受端骨干网架，确保电网安全可靠；六是优化网架结构，提高电网输送效率；七是加强配网建设，提高电力供应保障能力；八是加强国际电力合作，进一步拓展电网业务空间。

2.1.3 中国智能电网的发展战略

2009年5月，在北京召开的“2009特高压输电技术国际会议”上，国家电网公司正式发布了“坚强智能电网发展战略”。2009年8月，国家电网公司启动了智能化规划编辑、标准体系研究与制定、研究检测中心建设、重大专项研究和试点工程等一系列工作。

2010年3月召开的全国“两会”上，国务院总理温家宝在《政府工作报告》中强调：“大力发展低碳经济，推广高效节能技术，积极发展新能源和可再生能源，加强智能电网的建设”。这标志着智能电网建设已成为国家的基本发展战略，智能电网理念逐渐成为社会的共识。

在过去的“十一五”期间，我国的电网发展取得了巨大的成绩，全国电网互联稳步推进，大范围资源优化配置能力明显增强。全国形成了东北、华北、华中、华东、西北、南方六个同步电网，1000kV特高压出现，750kV成为西北电网主网架，500kV成为各省级电网主网架。电网优化配置资源的能力显著提高。农网改造持续推进，无电人口进一步减少。电网保持了安全稳定运行的良好局面。电网发展质量不断提升，节能减排成效显著。

2.2 利益相关方分析

在我国智能电网的建设涉及的范围非常广泛，其相关利益者主要包括政府部门、电网公司、发电企业、终端用户、装备和服务供应商、协会和科研机构、金融机构等。

2.2.1 利益相关方的分类及角色

智能电网与社会的相互作用有许许多多的方式，但不同的利益关联存在不同的关系。政府为智能电网建设提供目标、方向和边界；投资者与债权人为企业提供金融资本；员工提供工作技巧和知识；供应商提供原材料、设备和能源；批发零售商为用户提供销售服务，等等。这些主要的关系既可以促成电网企业智能电网战略和管理者的决策制定，又可以显示主要利益相关方在建设和运营智能电网过程中的重要性。

表 2-1 智能电网产业链角色定位表

因素 分类	角色 定位	决策 目标	资源	市场 力	价格 谈判	物联 配置	就业 贡献	产品 消纳	效益 标杆	投入 /亿	效益 /亿		效率 /%
											经济	社会	
电网 企业	主导者 获益者	质量 经济 效益	中	高高	高	高	高	高	利润、 售电量	1 ¹	1349 ² 5624	5.07	1:4

¹ 根据国家电网公司“十二五”投资总额预算5000万，到2020年这10年中的静态投资1个亿。

² 引自表2-3中智能电网的配电和用电侧、产业链和可量化的社会效益测算值。

政府	推动者	社会效益	高	中	低	中	高	中	和谐增长	政策	-	就业率 ³ 1%	提高
国资委	管理者	保值增值	高	高	低	低	低	低	资本增值	股权	0.143 ⁴	保值	优质资产
电监会	监督者	“三公”	低	低	低	中	低	低	三公	监管	-	三公	
中电联	协调者	产业政策	中	中高	中低	高	高	中	协同	人力/规则	-	建产业新规则	好
发电商	上游厂商	电能消纳、上网价格	高	高	高	高	低	中	售电量	电能	走出亏损窘境	降低可回成本	更清洁 更高效 更先进
智能电气设备制造商	供应商	产品设计市场份额、价格	承上启下	高	高	高	高	半成品高消纳	利润与份额	原材料/研发力量	利润增幅20%	提高了就业率	信息化、智能化、高能效
用户	获益者	服务	低	低	中低	低	低	高	价廉物美	电费/投资	优质电能	满意度高	能效高
科研机构	创新者	技术进步	中	中	低	低	中	低	创新	科研力量	科研经费	科技进步	专利数
金融机构	融资渠道	利润风险	高	中高	高	高	中	中	资本扩张	利息	纯利	社会资金周转	资金周转效率



图 2-1 智能电网产业链利益相关方图示

图 2-1 中粗体字的部分是利益强相关的角色对象，主要包括政府部门、电网公司、发电企业、终端用户和设备服务供应商及科研金融机构。利益相关方的主要分类介绍如下：

(1) 政府部门

政府部门包括发改委、科技部、电监会、信产部及省、市、自治区等有关部门。政府部门作为国家利益的代表，在整个智能电网建设中的影响力很高，是智能电网建设的最大受益者。它处于核心地位，侧重于上层构建和外部环境培育，制定国家能源、电力、智能电网发展战略及规划，理顺发展机制、制定扶持政策、组织协调各方合作、制定国家标准体系、加大科技投入、增加产业扶持力度，能够准确的把握发展方向、避免盲目的发展。

(2) 电网公司

³ 按国家电网的劳动生产率大致估计可提升就业率 1%，

⁴ 2011 年 9 月国资委公布央企资产回报率为 14.3%，所以智能电网投资效益为 0.143。

目前在我国主要存在两大电网公司，国家电网公司和中国南方电网公司及其所属的各地区子公司。电网企业是智能电网建设及推动电网技术进步的核心部门，绝大部分的电网技术将在电网企业应用，承担者全面建设智能电网的任务，在智能电网的建设中的影响力很高。电网公司作为企业，所关注的是电网利润。国家电网公司于 2010 年初发布了文件《关于加强推进坚强智能电网建设的意见》，目标以提高电网的信息化、自动化和互动化水平，并于 2020 年基本建成坚强智能电网。南方电网公司也有类似的智能电网构想与规划。

（3） 发电企业

发电企业作为电源提供者，是智能电网的受益者之一。发展智能电网的重要原因是新能源大规模接入的需要，使电网向低碳电力的方向发展。在发电侧与电网公司相配合，共同推进智能电网的建设，实现厂网协调。发电企业代表了新能源、低碳经济的发展方向，是智能电网的主要动力之一。因此，发电企业可重点做以下工作:1)布局新能源发电，发展风电、光伏发电，着力发展可再生能源，提高其在装机容量中的比重;2)建设大火电、大水电和大核电，降低碳排放，尤其要发展大核电，逐渐摆脱对煤炭、石油等化石能源的依赖;3)积极进行智能电网技术的研究，加强技术引进和吸收，并且加强技术创新;比如尝试分布式电源技术，积累和储备项目建设经验。

（4） 终端用户

终端用户是电网双向互动的参与方，主动的参与系统的优化运行。无论是工业用户和商业用户，还是居民用户和农业用户，这些都是智能电网的最直接受益者。通过智能电网技术，用户可得到的直接好处有:1) 优质并可靠的电力 2) 可接受的费用 3) 便利的电力应用。另外，除了受益者之外，用户也是智能电网的推动力量。设备和服务供应商所提供的产品和服务不仅面向电网企业，也面向最终用户，因此，用户是这些供应商技术创新的动力之一。这些用户可以根据实时的能量供应情况对自己的用电进行权衡，多种购电价格选择可以鼓励用户安装与智能电网配套的相关基础设备，采用电动汽车，智能家居等新型设备，推动智能电网的建设。

（5） 设备和服务供应商

设备和服务供应商是技术创新的主要力量，也是智能电网发展的受益者之一。在整个智能电网的建设中，能够很好的配合公司的建设任务，提供智能电网建设的软硬件基础，同时能够进行智能电网适应技术、相关设备的研发、生产以及市场推广。同时设备和服务供应商也是我国经济发展中的重要组成部分，对于提升企业综合实力，推动我国产业升级，拉动经济增长具有很重要的意义。设备制造商作为企业，充分利用国内的市场，不断的开拓国际市场，通过电网设备的销售来获取企业利润。

（6） 协会和科研机构

协会、科研机构(包括院校)是科研与技术进步的中坚力量，不仅是智能电网的受益者，也是主要推动力量。协会、科研机构在智能电网的建设中虽然没有直接的成本的投资，但是

作为无形的资产，为国家的智能电网建设提供智力支持。首先，科研单位始终走在技术研究的最前沿，保持了对智能电网最新技术的研究，加强对国际最新技术进展的感知。其次，科研单位需要与企业，与用户紧密结合，努力进行科技攻关，攻克智能电网的关键技术。第三，我国仍属于发展中国家，应坚持走“产、学、研”相结合的道路，技术研究和产业发展紧密结合，技术研究不应停留在实验室，目标要放在产品化和产业化上，以实现技术创新的最终目的。

(7) 金融机构

金融机构为智能电网的建设提供资金支持和信用保障，是智能电网建设中的重要推动力量。

2.2.2 利益相关方的投资与效益

就目前分析看，智能电网产业的九大利益相关者的投资和效益分析如下。

(1) 电网企业的投资与效益

电网企业是建设智能电网的主要实施者，也是智能电网的主要投资者。电网企业作为国家公用事业的代表，承担经济效益和社会效益的双重责任，建设智能电网为它赋予了既要符合社会效益的准则、又要追求经济效益的多元化目标。

从智能电网侧的投资类型上看，智能输电设备、智能电网的翻新规划、自愈电网重构效益、节能调度等电力市场交易系统建设、用户端智能电表等需求侧管理系统重建、低碳化电力经营模式构造等需要大量的投资。

① 智能电网投资结构

根据《国家电网统计年鉴》数据显示，2008年电网企业的投资结构包括330kV及以上占比23.3%，220kV占26.2%，110kV占50.5%。投资结构说明，智能电网的建设投资结构具有相应的规律。如图2-2所示。

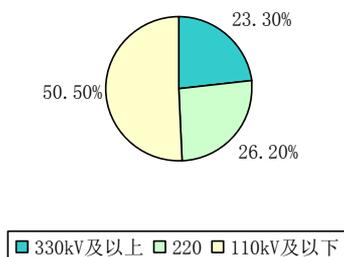


图 2-2 电网企业 2008 年的投资结构暨智能电网投资结构建议图

智能电网的建设、发展与效益事关电网企业经营与发展大局，在智能电网建设过程中，电网企业是投资主体，其投入量将不断加大，但是，由于电价管理体制和机制不完善，必将面临较大经营压力，为使智能电网投资结构、速度、质量和效益得到高度统一，必将在企业管理、投资预算上严格把关，使智能电网的发展水平、发展质量和投资效益高效率统一起来。

② 智能电网投资效益

按照“成本-效益”分析法，智能电网的投资效益主要分布在投资、成本和收益之差。

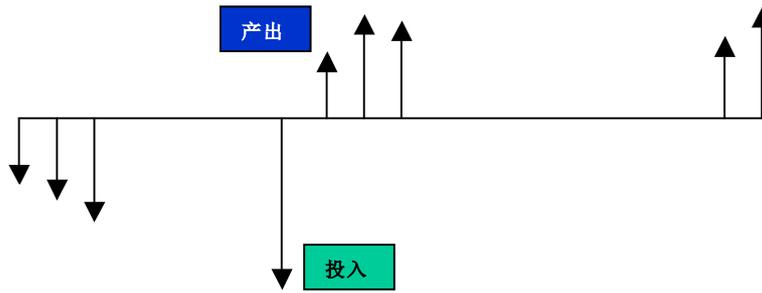


图 2-3 智能电网投资的现金流示意图

评价智能电网投资效益的指标主要包括时间上的效益指标——回收期 T ；资金上的效益评价指标——回报率 R ；运作上的评价指标——周转率 γ 。

➤ 回收期 T

建设智能电网的各项投资都必须考虑投资回收期的问题，不同的投资领域，回收期是完全不同的，例如，特高压项目的投资和智能电表的投资回收期都不会相同。通过对用电侧的分析，按每年的净现金流与投资进行测算，得到用户的回收期约为 3.37 年。

➤ 回报率 R

包括输配用各环节的投资范围内，根据国家电网年鉴 2008 年数据显示：公司常规状态下的净资产回报率为 1.5%，所以，课题组认为，智能电网建设将使电网企业带来较大的投资压力，经济效益将在长周期内逐渐体现。鉴于智能电网战略是国家能源战略的组成部分，政策激励势在必行。从美国能源部关于电力阐述和能源可靠性办公室的预算表可以看出，政府的财政支持是十分必要的。

表 2-2 美国能源部电力传输和能源可靠型办公室（OE）2009-2011 预算情况一览表

单位：MS

项目	2009 财年	2010 财年	2011 财年
研发项目	已批准	已批准	向国会申请
高温超导	23.13	-	-
可视化和控制	24.46	-	-
储能和电力电子	6.37	-	-
可再生能源和分布式系统并网	29.16	-	-
清洁能源传输和电网可靠性	-	38.45	35
智能电网开发	-	32.45	39.29
储能技术	-	14	40
电力输送系统的信息安全	-	40	30
研发项目总计/MS	83.12	124.90	144.29
相当于人民币投资/亿元	49.87	74.94	86.57
年度增幅/%		50.27	15.52

根据（国家电网能源研究院.2011 国外智能电网发展分析报告[M].中国电力出版社,2011）中的数据整理

但是，智能电网在用电侧的投资回报比较特殊，按北京莲香园示范项目的智能用电服务收费标准和目录电价测算，用户侧智能电网的现金流返正的时间里程碑大约在 2014 年。

➤ 周转率 ν

资金周转率是评价投资项目管理效率的重要指标。资金周转率是指智能电网投资项目的总收益与所占用的固定资金与流动资金之比。

根据中国能源统计年鉴 2009 的 14-3 数据表，传统的电气、电子和仪表三大行业的流动资金周转率均值为 1.99。智能电网建设将提升产业链流动资金的周转率，根据国家电网年鉴数据测算，电网企业的年度财务集团化运作规模为 700 亿元人民币，带来效益约 57 亿，流动资金周转的回报率大约为 8.14%，按照相关年度主营业务收入 11556 亿元，可以计算出流动资金周转率大约是 22.1 天，与原电力工业部的流动资金周转率 24 天比较加快了约两天时间，说明通过 SG186 财务信息化和智能化控制具有明显的经济效益，按照年主营业务收入 11556 亿元计算，提升了流动资金周转次数 1.4 次。所以，提高智能电网的周转率已经带来年度 980 亿元经济效益。未来智能电表普及，电网企业的流动资金周转率还有很大的提升潜力。

③ 智能电网投资质量

电网投资质量是电网智能化发展战略规划、投资决策的保障，在现有技术水平、人员结构的前提下，智能电网最能够获得效益的是输电环节、配电环节，用户终端服务的智能化切入点应当是能够带来效益的需求响应部分。根据电网历年投资数量如图 2-4 所示。目前，在电网企业的投资中，凡是智能电网的相关投资被列为公司各部门的专项投资，这样的规定不利于智能电网战略推进过程的整体规划、过程管理，容易造成重复投资、效益不落实。

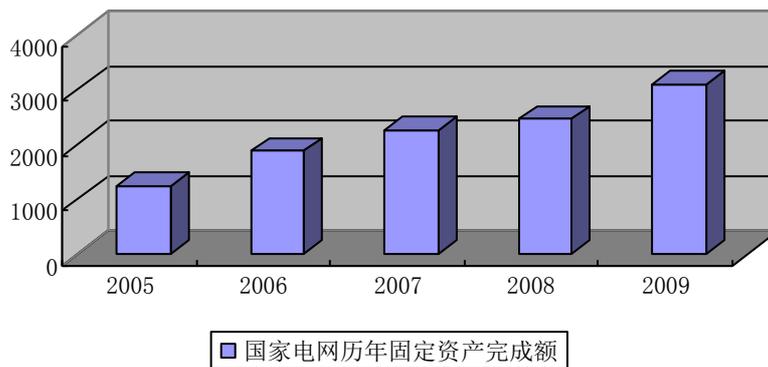


图 2-4 国家电网历年固定资产完成额

表 2-3 智能电网对于电网企业的投资效益分析表 单位：亿元

类别	效益种类	经济效益	产业链效益	社会效益
1	输电、配电设备翻新效益 其中：			

	新设备的采购效益 减少设备故障型停电损失 减少设备维修费用 智能化电网减少人工成本 小型、智能化可降低设备总造价和折旧，提升利润	97 ⁵ 0.12 ⁶ 100 ⁷ 389.8 ⁸	5624.31 ⁹	
2	智能电网运营效益 其中： 降低阻塞成本 提高运营效率 减少调峰辅助服务费用 减少强迫中断供电 加大可再生能源入网比例	13M\$×6=0.78 1.3 M\$×6=0.078 25.6 M\$×6= 153.6		38.6 M\$×6=2.32 14.7 M\$×6= 0.882
3	智能电网规划效益 其中： 降低电网规划成本 最优规划节能减排 电网自愈功能的规划 提高负荷预测精准度	0.2 M\$×6=0.012		2.4 M\$×6=0.144
44	提升电网可靠性和安全性 其中： 提升电能质量 提升电网防灾抗灾能力 减少停电面积、系统运营维修费用	1.3M\$×6=0.78 1.2 M\$×6=0.72 11.3 M\$×6= 0.68		
5	管理绩效 其中：提高电网劳动生产率 降低运维成本 减少人员再培训成本 加快资金周转速度 提高主营业务利润率 2 个点可获利润 用户满意度提升 增加就业提升地区 GDP/物联网社会化 服务市场开拓	200 万人×(30-22) 万元/人年=200 980 350 ¹⁰		28.3 M\$×6=1.72
6	合计	2273.57	5624.31	5.07

⁵ 根据中电联公布的可靠性数据，2008 年变压器的年度非计划停电时间平均为 3.57 小时、2009 年变压器的年度非计划停电时间平均为 0.5 小时，降低了 3.07 小时，2010 年普通公用变压器容量为 315899 万 kVA，约等于用户的损失电量 969809.93kWh，折合人民币 97 亿元。

⁶ 见本报告 4.6.2 节测算结果。

⁷ 按照电网员工 180 万计算，减少一线抄表工和部分中层管理人员，按 20 万人计算，可节约年均人力成本 100 亿人民币。

⁸ 根据中电联统计，我国电网 2005-2010 年逐年投资是 1526、2093、2451、2895、3898 和 3448 亿元人民币。智能电网投资按照最大总投资的 10%测算。

⁹ 产业链效益归入社会效益主要选取了电子、通讯和电气三大行业的增加值，然后按照工业增加值的 20%计算智能电网产业链效益。

¹⁰ 2008 年利润为 96.6 亿，净资产利润率为 1.5%，通过智能电网建设将净资产利润率提高两个百分点，将智能电网利润提升至 350 亿。

(表 2-3 续)

资料来源：根据第 I 期报告：《智能电网效益分析方法与政策机制研究》结论
根据圣地亚哥能源政策创新中心的数据和方法进一步推算
美国国家能源实验室《Modern Grid Benefits》

表 2-4 相关行业规模以上工业企业主要经济效益指标(2009 年)

行 业	总资产	资 产	流动资产周转	工业成本	产品销售率
	贡献率	负债率	次数 (次/年)	费用利润率	(%)
	(%)	(%)		(%)	
电气机械及器材制造业	14.25	57.98	2.05	7.21	96.45
通信设备、计算机及其他	8.56	58.08	2.34	4.14	98.02
电子设备制造业					
仪器仪表及文化、办公用	12.28	53.14	1.58	8.23	97.90
机械制造业					
均值	11.87	56.4	1.99	6.53	97.46

注：中国统计年鉴 14-3 按行业分规模以上工业企业主要经济效益指标(2009 年)

表 2-5 相关行业工业增加值统计表

行 业	2005 工业增加值	2006 工业增加 值	2007 工业增加 值
电气机械及器材制造业	3574.13	4617.96	6053.78
通信设备、计算机及其他 电子设备制造业	5722.11	7084.30	7924.57
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	733.19	967.94	1163.25
增加值总计	10029.4	12670.2	15141.6
增长率/%		26.33	19.50
平均增长率/%		22.92	

表 2-6 我国电网企业年度投资总额统计表

年度	2005	2006	2007	2008	2009	2010
投资	1526	2093	2451	2895	3898	3448

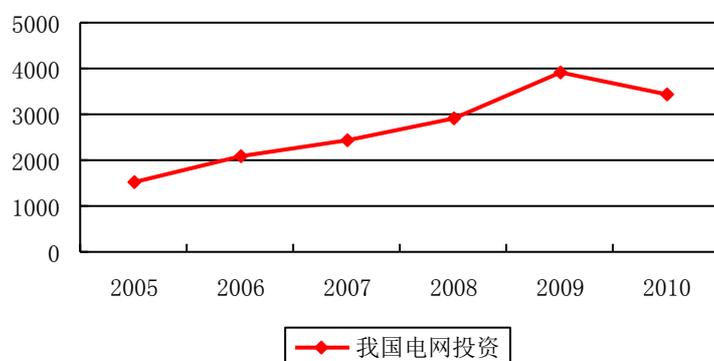


图 2-5 历年我国电网投资总额示意图

(2) 智能电网战略中政府的利益

我国政府已将智能电网建设列为国家战略，在推进产业结构调整、节能减排和市场经济建设方面，智能电网战略都是国家经济发展的一个重要契机，政府投资主要表现在财政税收、价格和就业安置与教育培训上的投入。

政府在智能电网战略中获得的效益是国家经济的可持续发展、调整能源结构和产业结构、启动可再生能源等新兴产业、对社会就业率的拉动、科研人才培养和国际技术与贸易竞争机会，保障国家长治久安和人民生活质量的提高，这一切都将带来明显的社会和经济效益。

表 2-7 政府对于发展智能电网的投资效益 单位：亿元

效益类别	效益内容	经济效益	社会效益
拉动 GDP	拉动中央和地方的经济又稳又好增长 4.92 个百分点，2010 工业增加值 25013，智能电网按 20% 计算	5003	
产业结构调整	新兴产业增长、可再生能源		
节能减排产业	繁荣节能服务、节能减排商品市场	20000 ¹¹	
市场经济建设	挖掘能源市场交易的效益潜力	1260	还可再附加能源贸易
社会公平与效率	信息公开透明和公平公开公正		全社会安定团结
提高就业率	增加一线员工，普遍提升知识型人才的就业率		2009-2018 年 41.83 万个 ¹²
合计		26263	

(表 2-7 续)

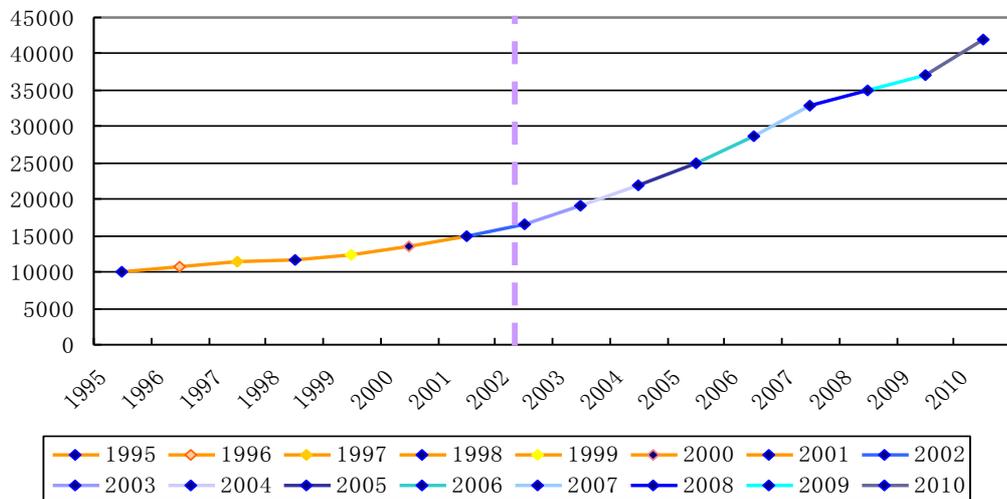


图 2-6 发电市场潜力数据挖掘

不难分析，自 2002 年电力体制改革后，发电市场技术进步和管理创新带来的装机容量的拓展，其结果是后续年度全社会用电量的增速上升与前面 7 年增速之间存在明显的增幅，这是发电生产力得到解放的结果，其前后差额为 5.69%。可以预见，智能电网也将会为我国

¹¹ 2011/7/19CCTV 新闻节目公布的数据称，我国可再生能源产业规模已经达到 2 万亿人民币。在智能电网的带动下，这两万亿资产将发挥出 1:1 的效益。

¹² 数据来源：智能电网效益与政策机制研究报告。

电网供电量在原有的增速基础上至少再提升 6%左右的潜力，大约具有 1260 亿元市场潜力。不仅如此，对清洁能源、电气产业、电子、仪表、第三产业服务等上下游产业链的拉动将更为可观。

表 2-8 按当年价格计算的我国 GDP 统计表

年度	国内生产总值/亿元	增速/%
2006	216314.4	
2007	265810.3	0.228815
2008	314045.4	0.181464
2009	340902.8	0.085521
2010	397983.3	0.167439
		16.74%

数据来源：国家统计局.中国统计摘要 2011[M].中国统计出版社，2011

(3) 智能电网战略下国资委的利益

国资委是电网资产的代表，其效益重点是关注国有资产的保值增值。智能电网建设是通过技术进步实现国有资产保值增值的过程。智能电网建设也将是国有资产优化运营的结果。

从总投资上分析，智能电网年投资 1000 亿，则 2020 年静态总投资将可达到 1 万亿，按照国资委 2011/8/20 公布的数据计算，央企 2011 年上半年纯利增速 14.6%，智能电网建设若按 10%计算纯利，就将为国有资产提供 1000 亿国有资产保值增值。所以，智能电网的最大受益者之一是国家资本。

(4) 智能电网战略中电监会的利益

我国电监会在电力市场的规范运作中发挥了监督作用。在智能电网战略中将继续发挥出监督市场公平、公正和公开方面的重要作用，严防电力市场的机制不完善和市场失灵现象发生。智能电网建设是一个庞大的系统工程，该战略与政府、企业之间有诸多公平与效率之间的新问题产生，监管部门的协调、组织、监督将为智能电网建设提供一个遵纪守法、诚信交易的健康发展的平台。

从投资方面看，需要在其中提供相当的监管智力支持，通晓智能电网业务的监管人才队伍建设是关键。

(5) 智能电网战略中行业协会的利益

中国电力企业联合会是智能电网建设的重要协调者。智能电网建设已经面临多网融合、多企业共谋和多专业协同的复杂局面，如何为企业、政府和社会提供相关法律法规、信息、技术、资源、人才及其国际国内交流，如何在企业与政府、企业与企业、企业与员工、管理与专业等等方面进行协调，为智能电网建设项目提供足够的物质和精神资源，这将是中电联未来转型与发展过程中必须思考的现实问题。所以，智能电网将为中电联带来更宽的业务范围，更高效的行业协调服务要求和更规范的职业技能资源。

(6) 智能电网战略中发电商的利益

发电商是智能电网的直接受益者，最明显的效益是电网通过智能运营产生的可回避成本

所带来的效益。可回避成本是电网尖峰供电容量运行所带来的容量成本和电量成本的节约。通过需求方的智能响应,促进负荷曲线平稳,实现部分或大部分尖峰发电装机容量投资减少,从而减少发电商的投资成本,其效益是十分明显的。

发电商只有在智能电网中才得以主动实施多元化战略,它们可以合理地配置更多的可再生能源、清洁能源机组、高效率的超临界机组,在智能电网中发电商运营发电机组会有更多的选择,如:参与有功电量的竞价、辅助服务、为可再生能源提供“打捆”支持,改变现在靠煤吃饭的窘境,自主获得更高的发电效率和市场机会,进而主动取得技术进步效益。

智能电网中发电商的效益表现为以下几个方面:

表 2-9 智能电网中的发电效益

智能发电新业务	跨区电量交易	辅助服务 ¹³	为风电打捆 ¹⁴	发电权交易	绿色营销
亿 kWh	1500	0.3~3 元/kWh			
效益/亿元	750	3	0.009		

总之,发电商虽然不是建设智能电网的主体,但确是受益者,我国智能电网政策制定时应将发电商的职能纳入,以全力保障智能电网的顺利建成。

(7) 智能电网战略中科研机构的利益

智能电网研发主体是相关的电力科研机构 and 大学的科研队伍合作完成。通过智能电网建设带动电力工业的科技水平、科研基地建设、专利论文的发表使得先进电力技术与管理得到普及和发展,获得一系列重大研究成果,既提高了电力工业总产值和劳动生产率,也为电力科技引领国际一流电网技术和外国先进电力系统技术与管理的国产化奠定了坚实的基础。

(8) 智能电网战略中金融机构的利益

智能电网的资金融通首先依靠企业自身的资本金积累,其次也可通过金融机构发行债券;第三是公司财务公司运作。2008年,国家电网公司700亿资金实施集团化运作,效益高达56亿元。通过发行智能电网建设债券,获得财务杠杆的资本运作效益,以抵御非系统的财务风险、原材料涨价和货币与金融等系统风险,这其中,金融机构的直接和间接利益是十分明显的。

(9) 智能电网战略中用户的利益

智能电网战略的最大受益者将是用户。更高水准的服务质量、更多的选择性、更完善的能源供应内容、更加清洁的电能、更加透明的价格都将是智能电网才有的专属功能。

一般来讲,智能电网将通过设备系统的智能化,通过智能电子系统的灵活控制来满足电力市场的需求,为之提供实时的供需平衡,从它输送给消费者的电量角度看,净输入地区的最大受益者是用户;净输出地区的最大受益者是发电商,所以,在特高压建成和西电东送智能电网新格局下,东部的用电消费者是智能电网的最大受益者、在我国西部,发电商是智

¹³ 按 12%计辅助服务比例。

¹⁴ 2010年我国风电装机2970万千瓦,年均运行小时3000小时,按“打捆”策略计算,提高风电机组的运行小时5%、10%和20%,其效益将分别为22.5、45和90万元人民币。未来风电装机将持续扩大规模,届时,以智能电网为平台的打捆效益将更加明显。

能电网的最大受益者。

(10) 智能电网战略中媒体等服务机构的利益

目前，有关智能电网的媒体报道在互联网等相关媒体上的信息呈现海量，新闻、杂志、报纸、网络上不计其数。媒体、法律等服务将受益于智能电网这一巨大的国家战略的实施，它的进程、投资、用工、项目数量与质量、开工与结束等等事件既是媒体报道的焦点，也是投资、项目、法律服务等服务机构的业务收入来源。

随着社会的进一步开放，媒体等服务机构的职能将越来越深入地介入到关系国计民生的智能电网项目中来，也将成为中央、地方政府官员重视、考察、被报道的重点。

(11) 智能电网战略中电气产业的投资效益分析

智能电网产业链上的设备、零件、部件的生产商遍布国际国内各地的电气厂商，预计将拉动 GDP 增长速度 1~2 个百分点。表 2-3 进行了预估，大概可以带来 5500 亿元人民币的市场。

综上所述，正确地制定和实施智能电网战略将使中国成为全球化的受益者，它无疑也是振兴国家经济和地方经济的一个重要资源。

2.3 情景设定

根据我国中长期电力需求，从智能化程度、网架结构、电源结构与布局上构建“传统电网”与“智能电网”两种电力系统发展情景，并依据 2011 年-2030 年的全社会用电量预测和全社会最大负荷预测，对两种情景下的智能电网发展的成本和效益进行评估。

2.3.1 传统电网发展情景

在传统电网发展情景下，各区域电网联系不紧密，表现出更多的独立性，跨区电网建设规模和电力电量交换规模不大，各地区的电源需求空间主要由本地电源建设来满足，电网的自动化、信息化、互动化水平和智能化程度不高。

电源建设以本地平衡为主，各地区的煤电建设空间主要由本地煤电建设来满足。即：对于西部和北部送端区域来说，在煤炭产区建设煤电满足当地需求；对于中东部负荷中心来说，以从西部和北部煤炭产区输煤到当地建设燃煤电站以满足当地电力需求为主。由于中东部地区电力需求较大，未来我国新增煤电仍主要分布在中东部负荷中心地区。

跨区输电网联系不紧密，电网跨区输电能力有限，除 2010 年以前已确定的火电电力流外（即目前已在建、核准和取得路条的火电外送项目），不考虑新增火电电力流。各区域之间的电力交换没有明显的扩大。

2.3.2 智能电网发展情景

智能电网是以特高压电网为骨干网架，各级电网协调发展的坚强电网为基础，将先进的传感量测技术、信息通信技术、分析决策技术、自动控制技术和能源电力技术相结合，并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。

与传统电网相比，坚强智能电网的“智能化”特点主要表现为：通过跨区大电网的发展，实现全国范围的能源资源优化配置；提高电网对扰动、攻击和自然灾害电网抵御能力，降低大规模停运的风险；更多地使用数字信息和控制技术，以提高电网的可靠性、安全性和效率；在保障网络安全的基础上，动态优化网络运行和资源；通过先进的计量技术、状态信息通信技术及配电自动化等能够实现“电力需求侧响应”，允许用户参与，降低高峰负荷等；实现双向互动服务，分布式电源、电动汽车、储能元件及营销业务决策智能管理；建设智能双向互动服务平台、用电信息采集系统及智能电能表、智能用能服务系统、智能用电小区/楼宇、电动汽车充放电与储能管理系统、智能量测等系统。

根据我国传统电网的发展和对智能电网的规划，依照我国电网的发展规律以及综合因素考虑，预测出我国在智能电网发展期间的每一年的全社会用电量和全社会最大负荷，这样可以通过两种发展电网情境下的最大负荷差，计算出新增装机容量的减少量，并且在后面的计算提供数据基础。全社会的用电量预测如表 2-10 和全社会最大负荷预测如表 2-11。

表 2-10 全社会的用电量预测（亿千瓦时）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
B	43556	47563	51700	55887	59911	63325	67061	70682	74074	77333
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
B	80039	83000	85822	88396	90871	94051	97530	100846	103871	106572

注：A=智能电网发展下的用电量，B=传统电网发展下的用电量。

表 2-11 全社会最大负荷预测（万千瓦）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	69753	76519	83789	91414	98636	104538	111332	117121	122508	127408
B	69753	76519	83942	92169	100832	107035	114420	120827	126868	132323
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	131740	136878	141121	145072	148554	153605	159596	164544	169151	173211
B	136954	142569	147274	151545	155334	160771	167363	172885	177898	182167

注：A=智能电网发展下的用电量，B=传统电网发展下的用电量。

综上所述，坚强智能电网的建设将使全社会用电量和最大负荷增速趋势，其中对负荷的影响大于对电量的影响，2020 年将减少智能电网将减少全社会用电量约 517 亿千瓦，降低最大负荷 4900 万千瓦。

在本本报告中，设定两种方案即高方案与低方案，高方案中假设智能电网的技术渗透率到 2020 年为 60%，到 2030 年为 80%。低方案中假设智能电网的技术渗透率到 2020 年为 30%，到 2030 年为 50%。

2.4 指标体系

对智能电网的成本和效益进行评估，需要建立统一的评估指标体系。本项目将智能电网分为发电侧、电网侧（输电侧和配电侧）、用户侧分别进行成本与效益的评估，与之相适应建立了发电侧、电网侧（输电侧和配电侧）、用户侧以及由此带来的社会效益的指标评估体系。

2.4.1 发电侧的成本与效益指标体系

2.4.1.1 成本的指标体系

(1) 智能电网新建发电装机的所需投资：

投入成本=智能电网情景下每年的新增装机容量×单位 kW 发电装机的加权平均造价

(2) 电力系统备用容量充分释放所带来的减少投资

减少投资=智能电网情景下每年释放的净备用容量×单位 kW 发电装机的加权平均造价

(3) 发电设备容量利用率的提高所带来的减少投资

减少投资=容量利用率的提高等效的装机容量×单位 kW 发电装机的加权平均造价

2.4.1.2 效益的指标体系

(1) 新建发电装机比传统智能电网减少所带来的经济效益：

经济效益=(传统电网情景下的装机容量—智能电网情景下的装机容量)×(单位有效装机投资+相应的运行费用)；

(2) 备用容量得到更充分利用所带来的经济效益：

经济效益=释放的净备用容量×(单位有效装机投资+相应的运行费用)；

(3) 新型发电设备和辅机设备的使用能效提高所带来的综合效益：

经济效益=火电厂厂用电的节电量×单位电价；

节能效益=火电厂厂用电的节电量×单位平均煤耗；

减排效益=火电厂厂用电的节电量×单位平均煤耗×排放系数；

(4) 发电设备的容量利用率提高所带来的经济效益：

经济效益=(智能电网情景下的利用小时数—传统电网情景下的利用小时数)×相应的装机容量×(单位有效装机投资+相应的运行费用)；

(5) 大规模可再生能源发电所带来的节能减排效益：

节能效益=传统电网情景下的煤耗量—智能电网情景下的煤耗量；

减排效益=(传统电网情景下的煤耗量—智能电网情景下的煤耗量)×排放系数；

(6) 发电煤耗减少所带来的节能减排效益：

节能减排=(传统电网情景下的煤耗量—智能电网情景下的煤耗量)×每年的装机容量×发电设备平均年利用小时数×单位平均煤耗；

减排效益=(传统电网情景下的煤耗量—智能电网情景下的煤耗量)×每年的装机容量×发电设备平均年利用小时数×单位平均煤耗×排放系数；

2.4.2 电网侧的成本与效益指标体系

2.4.2.1 成本的指标体系

(1) 智能电网新建输配电的所需投资：

投入成本=智能电网情景下每年的新建输配电容量×单位 kW 发电装机的加权平均造价

(2) 电力系统新建输配电所带来的运行维护费用的投资：

投资成本=智能电网场景下每年的总的装机容量×每一年的单位运行维护成本

(3) 输电设备利用率的提高所带来的减少投资：

减少投资=设备利用率的提高等效的装机容量×单位 kW 发电装机的加权平均造价

(4) 电力系统智能化水平提高所带来的运行维护成本的减少：

减少投资=智能电网每年新增的全社会用电量×每一年的单位运行维护成本

2.4.2.2 效益的指标体系

(1) 联网输电降低煤耗成本所带来的经济效益：

经济效益=降低的燃煤成本×联网跨区输电容量；

(2) 提高资产利用率带来的经济效益：

提高输配电网的设备可靠性带来的经济效益=(智能电网情景下的输电可靠率—传统电网情景下的输电可靠率)×输电量×单位停电损失；

减少输配电网的运行维护费用所带来的经济效益=(传统电网情景下的单位运行和维修费用—智能电网情景下的单位运行和维修费用)×智能电网情景下的用电量；

新建配电设备比传统电网减少所带来的经济效益=(传统电网情景下的输电设备量—智能电网情景下的输电设备量)×(单位输电设备投资+相应的运行费用)；

(3) 降低输电网损耗成本带来的综合效益：

经济效益=(智能电网情景下的输电效率—传统电网情景下的输电效率)×总输电量×(单位负荷输电投资+相应的运行费用)；

节能效益=(智能电网情景下的输电效率—传统电网情景下的输电效率)×总输电量×单位平均煤耗；

减排效益=(智能电网情景下的输电效率—传统电网情景下的输电效率)×总输电量×单位平均煤耗×排放系数；

(4) 智能变电带来的经济效益

经济效益=考虑智能电网渗透率时不同年份的智能变电效益×净现值率；

(5) 智能配电系统带来的节能减排效益：

节能效益=减少的线损电量×单位发电量×单位平均煤耗；

减排效益=减少的线损电量×单位发电量×单位平均煤耗×排放系数；

(6) 能效电厂带来的节能减排效益：

节能效益=节约电力×年平均运行时间×单位平均煤耗；

减排效益=节约电力×年平均运行时间×单位平均煤耗×排放系数

2.4.3 用户侧的成本与效益指标体系

(1) 全社会用电量智能化管理带来的节能减排效益:

节能效益=(传统电网情景下的用电量—智能电网情景下的用电量)×单位平均煤耗;

减排效益=(传统电网情景下的用电量—智能电网情景下的用电量)×单位平均煤耗×排放系数;

(2) 先进计量带来的经济效益:

经济效益=考虑智能电网渗透率时先进计量带来的效益×净现值率;

(3) 提高终端能源利用效率, 节约电量消费带来的综合效益:

经济效益=节约电力×年平均运行时间×供电煤耗×燃料单价;

节能效益=节约电力×年平均运行时间×单位平均煤耗;

减排效益=节约电力×年平均运行时间×单位平均煤耗×排放系数

(4) 推广电动汽车, 调整能源结构带来的节能减排效益:

节能效益=智能电网发展情境下的电动汽车的数量×电动汽车容量×智能电网情境下的电量

减排效益=智能电网发展情境下的电动汽车的数量×电动汽车容量×智能电网情境下的电量×排放系数;

(5) 智能电表和家居用电带来的节能减排效益:

节能效益=(传统电网情景下的用电量—智能电网情景下的用电量)×供电煤耗;

减排效益=(传统电网情景下的用电量—智能电网情景下的用电量)×供电煤耗×排放系数;

2.4.4 社会效益指标体系

(1) 对相关产业发展的带动作用:

太阳能发电设备制造业市场规模=太阳能的市场年需求×太阳能发电设备建设成本;

风力发电设备制造业市场规模=风能的市场年需求×风力发电设备建设成本;

智能楼宇的能效管理规模=单位建设成本×综合能效管理比重×建设面积+冶金、钢铁、化工等其他行业的能效管理需求;

信息通信产业的市场容量=(智能电网情景下的通信光纤市场量—传统电网情景下的通信光纤市场量)×平均成本;

充电站市场规模=充电站的发展需求×平均造价;

电动车市场规模=智能电网情景下新增的电动车市场量×平均价格;

(2) 电动汽车发展带来的石油依存度变化(提高能源供应安全性):

电动汽车发展带来的石油依存度变化=电动汽车发展替代的燃油消耗/2020年石油消耗总量×每年的石油消耗量×油耗单价;

(3) 提升土地资源整体利用率，节约土地资源：

节约土地资源=（传统电网情景下的土地用量—智能电网情景下的土地用量）×单位土地价值量；

(4) 带动经济发展，拉动就业的工资收入增加：

提升社会就业效果=（智能电网直接就业人数+智能电网间接就业人数）/ 智能电网总投资；

工资收入增加=智能电网投资增加的就业岗位×城镇职工年平均工资收入；

新增就业岗位=智能电网总投资/单位劳动生产率×智能电网带来的人力资源结构变化率；

(5) 智能电网技术转移的社会效益：

智能电网技术直接扩散效果 = 直接学习模仿、取经得到的净收益；

智能电网技术间接扩散效果 = 从国外间接模仿、取经得到的净收益；

(6) 减少铁路煤炭运输能力，节约供电成本：

节约供电成本=（传统电网情景下的煤炭运输量—智能电网情景下的煤炭运输量）×单位运输量的煤耗×燃料单价；

3.智能电网的发电侧投资与效益分析

分析了智能电网建设中发电侧、电网侧（输配电）、用户侧三个环节的成本投入，在成本与效益的计算中，考虑了传统电网发展和智能电网发展两种场景。并且在进行分析计算中，分为高方案即假设到 2030 年智能电网的技术渗透率达到 80%和低方案即假设到 2030 年智能电网的技术渗透率达到 50%，深化了智能电网的评估，使得智能电网建设的评估更具体和系统化。

3.1 发电侧投资分析

智能发电的发展目标是通过深入研究和应用厂网协调技术，风电及太阳能发电并网技术和大容量储能技术，促进电源结构优化，提升清洁能源规模化发展。智能电网的大规模建设将逐步解决风能、太阳能等可再生能源并网遇到的难题，大幅提升国内新能源产业化能力，新能源装备及其接入控制产品的研发也将应需加速发展。另外，随着我国智能电网建设规划的逐步推进，使得电网中的备用容量得到部分释放和发电设备的容量利用率大幅度提高，从另一方面讲减少了发电侧的新增装机的容量，节省了成本投资。

3.1.1 智能电网新建发电装机的投资成本分析

随着我国国民经济的快速发展，为满足国民经济发展的用电需求和社会负荷的增加，智能电网建设中新建发电装机容量不断增加，发电侧的投资成本很大一部分用于逐年增加的新建发电装机容量的建设。按照火电/水电/核电/风电等各种发电形式的每 kW 装机的加权造价，可计算出每年由于新建发电装机所需的投资成本，再按照贴现率折算到 2011 年的现值。在这里以智能电网发展场景中的高方案即 2030 年智能电网的技术渗透率 80%来说明新建发电装机投入成本的计算过程，对于智能电网发展场景的低方案即 2030 年智能电网的技术渗透率为 50%计算过程类似。据统计，2010 年火电装机占 74.74%¹⁵，每 kW 装机 0.54-0.63 万元（平均 0.585 万元）；水电装机占 20.13%，每 kW 装机 0.7-1.0 万元（平均 0.85 万元）；核电装机占 1.59%，每 kW 装机 1.1-1.65 万元（平均 1.375 万元）；风电装机占 3.54%，每 kW 装机 0.8-0.9 万元（平均 0.85 万元），可得 2010 年发电机组每 kW 的加权平均造价为 0.66 万元。假设各类发电装机平均造价不变，2011 年火电装机占 74.10%，水电装机占 19.79%，核电装机占 2.07%，风电装机占 4.04%，可得 2011 年发电机组每 kW 的加权平均造价为 0.660 万元。以此类推，根据 2011-2030 年每年预测发电总装机中各类发电形式装机所占的比例，结合各类发电形式的平均造价即可计算出发电机组的每年加权平均造价。在智能电网场景下，每年新增发电装机容量乘以相应的发电装机加权造价，可得每年的新增发电装机投资。详细计算结果如下表所示。

¹⁵ 2010 年中国电力年鉴，中国电力出版社。

表 3-1 智能电网建设新增发电装机的所需要的投资（渗透率为 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	69753	76519	83789	91414	98636	104538	111332	117121	122508	127408
B	5642	6766	7270	7625	7222	5902	6794	5789	5387	4900
C	0.6603	0.6644	0.6706	0.6763	0.6879	0.6886	0.6934	0.6983	0.7027	0.7073
D	3725.417	4495.932	4875.748	5157.142	4968.715	4064.602	4711.567	4042.668	3785.454	3465.831
E	3449.46	3854.537	3870.526	3790.653	3381.624	2561.389	2749.154	2184.128	1893.669	1605.35
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	131740	136878	141121	145072	148554	153605	159596	164544	169151	173211
B	4332	5038	4243	3951	3482	5050	5991	4948	4607	4060
C	0.8725	0.9470	1.0235	1.1020	1.1785	1.2590	1.3395	1.4240	1.5125	1.6055
D	3086	3680	3055	2863	2539	3706	4428	3685	3464	3088
E	1324	1461	1123	975	800	1082	1197	922	803	663

注：A=智能电网下的最大负荷，B=每年的新增发电装机（万 kW），C=每年的发电加权造价（万元/kW），D=当年所需投资（亿元），E=折现到 2010 年所需投资（亿元）。

归纳起来，由于智能电网建设规模的不断扩大，在智能电网场景的高方案中即渗透率为 80%时，到 2020 年由于智能电网建设新增发电装机所需要投资成本为 29340.5 亿元。到 2030 年由于智能电网建设新增发电装机所需要投资成本为 39690.1 亿元。

表 3-2 智能电网建设新增发电装机的所需要的投资（渗透率为 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	69753	76519	83789	91414	98636	104538	111332	117121	122508	127408
B	5642	6766	7270	7625	7222	5902	6794	5789	5387	4900
C	0.6626	0.6725	0.6815	0.6918	0.7078	0.7109	0.7189	0.7284	0.7348	0.7428
D	3739	4550	4954	5275	5112	4196	4885	4217	3958	3640
E	3462	3901	3932	3878	3479	2644	2850	2278	1980	1686
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	131740	136878	141121	145072	148554	153605	159596	164544	169151	173211
B	4332	5038	4243	3951	3482	5050	5991	4948	4607	4060
C	0.7489	0.7539	0.7602	0.7651	0.7714	0.7766	0.7830	0.7884	0.7943	0.8035
D	3244	3874	3226	3023	2686	3922	4690	3901	3660	3262
E	1391	1538	1186	1029	847	1145	1268	977	848	700

注：A=智能电网下的最大负荷，B=每年的新增发电装机（万 kW），C=每年的发电加权造价（万元/kW），D=当年所需投资（亿元），E=折现到 2010 年所需投资（亿元）。

归纳起来，由于智能电网建设规模的不断扩大，在智能电网场景的低方案中即渗透率为 50%时，到 2020 年由于智能电网建设新增发电装机所需要投资成本为 30090.9 亿元。到 2030 年由于智能电网建设新增发电装机所需要投资成本为 41019.1 亿元。

3.1.2 电力系统备用容量充分释放所带来的投资成本分析

现在电力系统安全稳定运行导则中要求系统的备用容量要达到 20%以上。与传统电网相比，智能电网中系统的智能化、信息化使得电网的运行更加的可靠，备用容量的比例在不断的下降，使得部分备用容量释放，从而减少了新发电装机容量。通过对电网发展的分析和

预测，假设智能电网完全建成后备用容量的一半得到释放和利用，即智能电网渗透率达到100%时备用容量的最大释放率为10%。在高方案中即假设2030年智能电网的技术渗透率80%来说明电力系统备用容量充分释放所带来的投资的减少计算过程，在低方案中即假设2030年智能电网的技术渗透率为50%计算过程相似。根据渗透率模型的曲线，2020年智能电网渗透率为60%，备用容量释放比例就为6%；2030年度智能电网渗透率为80%，备用容量释放比例就为8%。释放的备用容量相当于增加了整个电力系统的有效装机容量，或者相当于新增发电装机容量的减少。智能电网备用容量每年释放率如3-3表的A所示，由每年的备用容量的释放率可以计算出相当的新增发电装机容量的减少。这一部分具体解释为由于备用容量的释放，原先储备待用的容量被应用，从而减少了电网发电装机，减少了成本，即这一部分的成本为负成本。根据上一节计算出的每年的发电的加权造价，乘以每年释放的备用容量，最终得到每一年需要减少的投入成本，再根据贴现率得到折算到2011年的现值。详细计算结果如表3-3所示。

表 3-3 智能电网的备用容量的释放所引起的投入成本减少（渗透率为80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	1	1.8	2.4	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
B	698	1377	2011	2742	3452	4182	5010	5856	6738	7644
C	249	451	425	494	488	502	574	591	620	641
D	230.	387	338	363	332	316	335	319	310	297
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	6.2	6.5	6.8	7.1	7.3	7.6	7.7	7.8	7.9	8
B	8168	8897	9596	10300	10844	11674	12289	12834	13363	13857
C	373	522	503	510	397	609	455	406	397	376
D	160	207	185	174	125	178	123	102	92	81

注：A=备用容量释放率，B=相当于新增装机的减少（万 kW），C=当年减少的投资成本（亿元），D=2010年投资成本减少的现值（亿元）。

由上表累计相加计算可得，当假设智能电网技术渗透率达到80%时，到2020年由于智能电网的建设引起的电力系统中备用容量的释放带来的投资成本的减少为3228.62亿元。到2030年由于智能电网的建设引起的电力系统中备用容量的释放带来的投资成本的减少为4654.85亿元。

表 3-4 智能电网的备用容量的释放所引起的投入成本减少（渗透率为50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	0.7	1	1.33	1.56	1.81	2.06	2.3	2.504	2.77	3
B	488	765	1114	1426	1785	2153	2561	2933	3393	3822
C	322	505	735	941	1178	1421	1691	1936	2240	2523
D	298	433	583	692	802	895	987	1046	1121	1169
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	3.22	3.44	3.65	3.86	4.06	4.26	4.45	4.64	4.82	5
B	4242	4709	5151	5600	6031	6544	7102	7635	8153	8661

C	2801	3109	3401	3697	3982	4320	4689	5041	5383	5718
D	1201	1235	1251	1259	1255	1261	1267	1262	1247	1227

注：A=备用容量释放率，B=相当于新增装机的减少（万 kW），C=当年减少的投资成本（亿元），D=2010年投资成本减少的现值（亿元）。

综上所述，当假设智能电网技术渗透率达到 50%时，到 2020 年由于智能电网的建设引起的电力系统中备用容量的释放带来的投资成本的减少为 1581.69 亿元。到 2030 年由于智能电网的建设引起的电力系统中备用容量的释放带来的投资成本的减少为 2724.15 亿元。

3.1.3 发电设备的容量利用率提高所带来的成本分析

智能电网的建设，与传统电网相比表现出很多的优越性，厂网协调、智能调度、电力储能、配电自动化等技术的广泛应用，使得电网运行控制更加灵活，同时发电设备的容量利用率也不断提高。

发电设备的利用小时数是指发电机组在一年内平均（满负荷）运行时间，在每年的 8760 个小时中，发电小时数所占其中的比重，称为设备利用率。从设备利用率的定义可以明显的看出，设备利用率越高，发电小时数就越高，有效的发电容量就越高，与备用容量的释放率相类似，有效的发电容量的提高就意味着新发电装机容量的减少，减少了电网发电装机，节省了发电成本，即这一部分的成本可以等效为投资的负成本。

在分析发电设备的容量利用率的提高所带来的投资成本时，首先按照智能电网技术的渗透模型，得出水电、火电、核电和风电等各发电设备在每年的设备利用小时数，再根据各自发电所占的比重得出全国的设备利用小时数。对于火电来讲，当智能电网完全建成时，即智能电网的渗透率达到 100%时，利用小时数可达到 5500h，水电会达到 4000h，核电达到 8200h，风电达到 2500h，再根据渗透率模型计算出各种发电设备在每一年的利用小时数的变化。由表 3-5 可以明显看出，每年的利用小时数是在不断的增加的。每年增加的利用小时数和智能电网发展情景下每年全国的发电装机容量的乘积相当于每年新增发电装机的减少量，与计算备用容量的释放率相类似，根据发电成本的加权造价，乘以发电设备容量利用率提高等价的新增发电装机的减少量，即可得每年发电侧由于发电设备的容量利用率的提高所引起的投资成本的减少量，再按照贴现率折算到 2011 年的现值。详细计算过程如表 3-3 所示。

表 3-5 电力系统发电设备容量利用率的提高所引起的投资成本的减少（渗透率为 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3309	3331	3356	3373	3391	3410	3428	3443	3463	3480
B	4904	4924	4945	4560	4976	4992	5007	5020	5037	5052
C	7914	7943	7952	7959	7966	7973	7980	7986	7993	7999
D	2077	2119	2133	2413	2153	2164	2174	2183	2194	2203
E	4537	4513	4534	4950	4566	4582	4598	4611	4628	4643
F	9.9	10.9	11.6	12.4	13	13.6	14.2	14.8	15.4	16
G	707	1256	1016	1050	924	931	995	1030	1032	1098
H	466.8327	834.5981	681.3975	710.1638	635.7093	641.1631	690.0219	719.2862	725.1881	776.6291
I	432.2525	715.5333	540.9153	521.9916	432.6531	404.0415	402.6212	388.608	362.7746	359.7296

年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	3496	3512	3528	3544	3559	3574	3588	3602	3615	3628
B	5066	5080	5094	5107	5120	5133	5145	5157	5168	5180
C	8006	8012	8018	8024	8030	8036	8041	8047	8052	8057
D	2213	2222	2231	2240	2249	2257	2265	2273	2281	2288
E	4658	4673	4686	4700	4713	4726	4739	4751	4763	4774
F	16.5	17.3	18.1	18.9	19.5	20.3	20.5	20.8	21.1	21.3
G	443	677	743	734	516	825	290	252	298	257
H	316	484.9157	534.9763	531.7833	376.1872	605.3536	214.362	187.6914	224.096	195.5131
I	135.3603	192.5667	196.7097	181.0515	118.5899	176.6969	57.93538	46.96959	51.92576	41.94698

注：A=水电设备的利用小时数（小时），B=火电设备的利用小时数（小时），C=核电设备的利用小时数（小时），D=风电设备的利用小时数（小时），E=全国的利用小时数（小时），F=发电机装机容量预测（亿瓦），G=相当新增发电装机的减少量（万 kW），H=所带来的投资成本的减少值（亿元），I=2010 年的现值（亿元）。

由表 3-5 可以看出，在高方案中即假设到 2030 年智能电网的渗透率为 80%时，到 2020 年由于发电设备容量利用率的提高所带来的发电投资成本的减少为 4561.12 亿元。在智能电网中即到 2030 年由于发电设备容量利用率的提高所带来的发电投资成本的减少为 5760.87 亿元。

表 3-6 电力系统发电设备容量利用率的提高所引起的投资成本的减少（渗透率为 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3331	3391	3435	3480	3517	3554	3591	3629	3666	3703
B	4924	4975	5014	5052	5084	5116	5148	5180	5212	5244
C	7943	7965	7983	8000	8014	8028	8043	8057	8071	8086
D	2119	2153	2179	2204	2225	2246	2267	2289	2310	2331
E	4513	4565	4605	4644	4677	4709	4742	4775	4807	4840
F	9.6	9.9	10.3	10.6	10.9	11.2	11.5	11.7	12.1	12.4
G	279	419	502	351	383	417	376	331	472	402
H	184.88	281.78	342.10	242.84	271.10	296.44	270.32	241.08	346.82	298.61
I	171.18	241.58	271.5	178.49	184.50	186.81	157.73	130.25	173.49	138.31

年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	3718	3740	3762	3785	3799	3822	3829	3837	3844	3851
B	5257	5276	5295	5314	5327	5346	5353	5359	5366	5372
C	8091	8100	8108	8117	8123	8131	8134	8137	8140	8143
D	2339	2352	2365	2377	2386	2398	2403	2407	2411	2415
E	4853	4872	4892	4911	4924	4944	4951	4957	4964	4970
F	8.6	9.2	9.7	10.3	10.8	11.4	11.9	12.4	12.9	13.3
G	259	296	291	286	299	339	302	314	299	363
H	193.95	223.16	221.22	218.81	230.65	263.25	236.44	247.55	237.50	291.67
I	83.18	88.62	81.34	74.49	72.71	76.84	63.90	64.95	55.03	62.57

注：A=水电设备的利用小时数（小时），B=火电设备的利用小时数（小时），C=核电设备的利用小时数（小时），D=风电设备的利用小时数（小时），E=全国的利用小时数（小时），F=发电机装机容量预测（亿瓦），G=相当新增发电装机的减少量（万 kW），H=所带来的投资成本的减少值（亿元），I=2010 年的现值（亿元）。

由表 3-6 可以看出，在低方案中即假设到 2030 年智能电网的渗透率为 50%时，到 2020 年由于发电设备容量利用率提高所带来的发电投资成本的减少为 1833.96 亿元。在智能电网中即到 2030 年由于发电设备容量利用率提高所带来的发电投资成本的减少为 2554.62 亿元。

综上所述，分析发电侧成本的投入时，每年新增发电装机表现为成本的增加，而备用容量的充分释放和容量利用率的提高表现为成本的减少。在智能电网场景建设的高方案中，即到 2030 年智能电网的技术渗透率达到 80%时，累积到 2020 年由每年新增发电装机、备用容量的释放和容量利用率的提高引起的成本的投入为 21550 亿元，到 2030 年累计为 29276 亿元。在智能电网场景建设的低方案即到 2030 年智能电网的技术渗透率达到 50%中，到 2020 年三者累计需要的成本投入为 26676 亿元，到 2030 年累计需要的成本投入为 35741 亿元。

3.2 最大负荷减小带来的经济效益分析

根据本报告第 2 章“情景设定”中预测的“传统电网发展情景”和“智能电网发展情景”，得到两个情景下每年电力系统的最大负荷，假设这两个情景下最大负荷的减少量直接反映到最大装机的减少量，按照火电/水电/核电/风电等各种发电厂的每 kW 装机的加权造价，可计算出每年由于新建发电装机比传统电网的减少所带来的经济效益，再按照贴现率折算到 2011 年的现值。对于在智能电网与传统电网两种发展情境下的最大负荷预测，利用两种情境下的最大负荷差来反映的电力系统由于智能电网发展所带来的发电装机减少，从而计算出这部分减少装机的经济效益。在这里分析最大负荷的减少时带来的经济效益时，仍以智能电网场景的高方案为例来计算，其低方案的计算过程类似。详细计算结果如下表所示。

表 3-7 最大负荷减小带来的经济效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	69753	76519	83789	91414	98636	104538	111332	117121	122508	127408
B	69753	76519	83712	91999	100882	107035	114420	120827	126868	132323
C	0	0	153	755	2196	2497	3088	3706	4360	4915
D	0	0	102.61	510.64	1510.84	1719.63	2141.4	2588.03	3063.77	3476.44
E	0	0	81.46	375.33	1028.25	1083.66	1249.54	1398.23	1532.65	1610.26
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	131740	136878	141121	145072	148554	153605	159596	164544	169151	173211
B	136954	142569	147274	151545	155334	160771	167363	172885	177898	182167
C	5214	5691	6153	6473	6780	7166	7767	8341	8747	8956
D	3714.66	4076.3	4430.29	4689.69	4942.92	5258.13	5741.20	6212.43	6577.74	6813.28
E	1593.15	1618.75	1629.01	1596.65	1558.21	1534.8	1551.66	1554.65	1524.14	1461.77

注：A=智能电网情景下的最大负荷，B=传统电网情景下的最大负荷，C=新增装机的减少（万 kW），D=当年经济效益（亿元），E=2010 年的现值（亿元）。

归纳起来，由于智能电网的发展，在智能电网场景的高方案中，到 2020 年最大负荷减小使新增发电装机比传统电网减少所带来的累计经济效益为 8359.405 亿元。到 2030 年最大负荷减小使新增发电装机比传统电网减少所带来的累计经济效益为 23982.25 亿元。

表 3-8 最大负荷减小带来的经济效益（渗透率 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	69753	76519	83789	91414	98636	104538	111332	117121	122508	127408
B	69753	76519	83712	91999	100882	107035	114420	120827	126868	132323
C	0	0	153	755	2196	2497	3088	3706	4360	4915
D	0	0	104.26	522.35	1554.41	1775.11	2220.15	2699.32	3203.73	3650.97
E	0	0	82.76	383.94	1057.91	1118.62	1295.43	1458.36	1602.66	1691.10
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	131740	136878	141121	145072	148554	153605	159596	164544	169151	173211
B	136954	142569	147274	151545	155334	160771	167363	172885	177898	182167
C	5214	5691	6153	6473	6780	7166	7767	8341	8747	8956
D	3904.51	4290.57	4677.63	4952.50	5230.16	5564.91	6080.92	6575.97	6947.93	7196.16
E	1674.58	1703.84	1719.95	1686.13	1648.76	1624.34	1643.48	1645.63	1609.92	1543.92

注：A=智能电网情景下的最大负荷，B=传统电网情景下的最大负荷，C=新增装机的减少（万 kW），D=当年经济效益（亿元），E=2010 年的现值（亿元）。

归纳起来，由于智能电网的发展，在智能电网场景的低方案即到 2030 年智能电网的渗透率为 50%，到 2020 年最大负荷减小使新增发电装机比传统电网减少所带来的累计经济效益为 8690.82 亿元。到 2030 年最大负荷减小使新增发电装机比传统电网减少所带来的累计经济效益为 25191.4 亿元。

3.3 备用容量充分利用带来的经济效益分析

根据渗透率曲线，以智能电网场景的高方案为例，2020 年度智能电网渗透率为 60%，备用容量释放比例就为 6%，2030 年度智能电网渗透率为 80%，备用容量释放比例就为 8%。释放的备用容量相当于增加了整个电力系统的有效装机容量，或者相当于新增发电装机容量的减少，利用新增发电装机容量的减少来计算带来的经济效益。详细计算结果如下表所示。

表 3-9 电力系统的备用容量得到更充分利用所带来的经济效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	1	1.8	2.4	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
B	698	1377	2011	2742	3452	4182	5010	5856	6738	7644
C	461	909	1328	1810	2279	2761	3308	3866	4448	5047
D	427	779	1054	1330	1551	1740	1930	2089	2225	2338
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	6.2	6.5	6.8	7.1	7.3	7.6	7.7	7.8	7.9	8
B	8168	8897	9596	10300	10844	11674	12289	12834	13363	13857
C	5393	5874	6335	6800	7159	7707	8113	8473	8822	9149
D	2313	2333	2329	2315	2257	2250	2193	2120	2044	1963

注：A=备用容量释放率，B=相当于新增装机的减少，C=当年经济效益（亿元），D=2010 年的现值（亿元）。

通过分析计算归纳起来，由于智能电网的发展，在智能电网场景的高方案，到 2020 年由于备用容量的释放所带来的累计经济效益为 15675 亿元。到 2030 年备用容量的释放所带来的累计经济效益为 37792 亿元。

表 3-10 电力系统的备用容量得到更充分利用所带来的经济效益（渗透率 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	0.7	1	1.33	1.33	1.56	1.81	2.06	2.3	2.504	2.77
B	321	488	765	1114	1426	1785	2153	2561	2933	3393
C	322	505	735	941	1178	1421	1691	1936	2240	2523
D	298	433	583	692	802	895	987	1046	1121	1169
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	3.22	3.44	3.65	3.86	4.06	4.26	4.45	4.64	4.82	5
B	4242	4709	5151	5600	6031	6544	7102	7635	8153	8661
C	2801	3109	3401	3697	3982	4320	4689	5041	5383	5718
D	1201	1235	1251	1259	1255	1261	1267	1262	1247	1227

注：A=备用容量释放率，B=相当于新增装机的减少，C=当年经济效益（亿元），D=2010 年的现值（亿元）。

通过分析计算归纳起来，由于智能电网的发展，在智能电网的低方案中，到 2020 年由备用容量的释放所带来的累计经济效益为 8238 亿元。到 2030 年备用容量的释放所带来的累计经济效益为 20703 亿元。

3.4 新型发电设备和辅机设备使用带来的综合效益分析

通过采用新型发电设备和辅机设备以及先进的智能控制技术，将使得火电厂中的厂用电量减少。根据统计结果，目前火电厂中的 8%为厂用电，其中 65%为大型风机水泵耗电量，这部分耗电量的最大节电潜力有望达到 30%¹⁶。在本节的经济效益计算时，仍以智能电网场景的高方案为例来说明其计算过程，对于智能电网场景低方案的效益计算过程相类似。因此，假定在智能电网完全建成的理想情况（对应 100%的渗透率情形）下大型风机水泵耗电量能够节电 30%，根据智能电网渗透率模型，在 2020 年度智能电网渗透率为 60%，火电厂的厂用电节电率为 18%。在智能电网发展情景下，由于新型发电设备和辅机设备的使用会节省的电量，再通过工商业电价指数和节省的电量来计算相应节省的经济效益，再按照贴现率折算到 2010 年的现值。可以根据节省电量的计算，从而计算相应的每年所消耗的标煤减少量、二氧化碳/二氧化硫/氮氧化物的减排量。详细计算结果如下表所示。

表 3-11 新型发电设备和辅机设备的使用能效提高所带来的综合效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3	5.4	7.2	9	10.5	12	13.5	15	16.5	18
B	50	98	142	192	240	289	344	403	464	528
C	27	52	75	102	127	153	182	214	246	280
D	25	45	60	75	86	96	106	116	123	130
E	173	338	490	662	828	997	1187	1390	1601	1822
F	453	886	1284	1734	2169	2612	3110	3642	4195	4774
G	1.5	2.9	4.2	5.6	7	8.5	10.1	11.8	13.6	15.5
H	1.3	2.5	3.7	5	6.2	7.5	8.9	10.4	12	13.7
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030

¹⁶ 徐政, 卢强. 电力电子技术在电力系统中的应用[J]. 电工技术学报. 2004(8).

A	18.6	19.5	20.4	21.3	21.9	22.8	23.1	23.4	23.7	24
B	564	612	661	710	749	805	844	883	920	954
C	299	324	350	376	397	427	447	468	488	506
D	128	129	129	128	125	125	121	117	113	109
E	1946	2111	2280	2450	2584	2777	2912	3046	3174	3291
F	5099	5531	5974	6419	6770	7276	7629	7981	8316	8622
G	16.5	17.9	19.4	20.8	22	23.6	24.8	25.9	27	28
H	14.6	15.8	17.1	18.4	19.4	20.8	21.8	22.8	23.8	24.7

注：A=火电厂的厂用电节电率，B=在智能电网情景下，火电厂的厂用电节电量（亿千瓦），C=火电厂当年的节电经济效益（亿元），D=2010年的现值（亿元），E=消耗标煤的减少（万吨），F=二氧化碳减排量（万吨），G=二氧化硫减排量（万吨），H=氮氧化物减排量（万吨）。

归纳起来，由于智能电网的发展，到2020年新型发电设备和辅机设备的使用能效提高所带来的累计经济效益为874亿元，减少标煤0.96亿吨，减少二氧化碳排放2.5亿吨，二氧化硫81.4万吨，氮氧化物71.8万吨。到2030年新型发电设备和辅机设备的使用能效提高所带来的累计经济效益为2098亿元，减少标煤3.6亿吨，减少二氧化碳排放9.5亿吨，二氧化硫307.3吨，氮氧化物271万吨。

表 3-12 新型发电设备和辅机设备的使用能效提高所带来的综合效益（渗透率为50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	2.1	3	3.99	4.68	5.43	6.18	6.9	7.512	8.31	9
B	35	55	79	100	124	149	176	202	234	264
C	19	29	42	53	66	79	93	107	124	140
D	18	25	33	39	45	50	54	58	62	65
E	121	190	273	345	428	514	607	697	807	1011
F	317	498	715	904	1121	1347	1590	1826	2114	2649
G	1	1.6	2.3	2.9	3.6	4.4	5.2	5.9	6.9	806
H	0.9	1.4	2	2.6	3.2	3.9	4.6	5.2	6.1	7.6
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	9.66	10.32	10.95	11.58	12.18	12.78	13.35	13.92	14.46	15
B	293	324	355	386	416	460	498	537	575	612
C	155	172	188	205	220	239	259	278	297	316
D	66	68	69	70	69	70	70	70	69	68
E	1011	1118	1225	1332	1435	1556	1684	1811	1935	2056
F	2649	2929	3210	3490	3760	4077	4412	4745	5070	5387
G	8.6	9.5	10.4	11.3	12.2	13.2	14.3	15.4	16.4	17.5
H	7.6	8.4	9.2	10	10.8	11.7	12.6	13.6	14.5	15.4

注：A=火电厂的厂用电节电率，B=在智能电网情景下，火电厂的厂用电节电量（亿千瓦），C=火电厂当年的节电经济效益（亿元），D=2010年的现值（亿元），E=消耗标煤的减少（万吨），F=二氧化碳减排量（万吨），G=二氧化硫减排量（万吨），H=氮氧化物减排量（万吨）。

由表 3-12 可得，由于智能电网的发展，在渗透率为50%时，到2020年新型发电设备和辅机设备的使用能效提高所带来的累计经济效益为461亿元，减少标煤0.4亿吨，减少二氧化碳排放1.30亿吨，二氧化硫42.2万吨，氮氧化物37.3万吨。到2030年新型发电设备和

辅机设备的使用能效提高所带来的累计经济效益为 1150 亿元，减少标煤 2.01 亿吨，减少二氧化碳排放 5.27 亿吨，二氧化硫 171 万吨，氮氧化物 151.1 万吨。

3.5 容量利用率提高带来的经济效益分析

电力行业是资产密集型产业，扣除设备检修等必要的停机时间，发电小时数越高，设备所创造的经济价值越高。发电设备的利用小时数不仅对智能电网建设的投资成本有着重要的影响，而且对提高经济效益影响巨大。在计算容量利用率的提高带来的经济效益时，与 3.1.3 相同，考虑水电/风电/核电/太阳能等能源的发电利用小时数。在这里以智能电网场景的高方案为例说明容量利用率的提高所带来的经济效益的计算过程。对于火电来说，当智能电网完全建成后，利用小时数可达到 5500h，水电会达到 4000h，核电达到 8200h，风电达到 2500h，再根据渗透模型计算出各种发电设备在每一年的利用小时数的变化。每年增加的利用小时数和智能电网发展情景下每年全国的发电装机容量的乘积相当于每年新增发电装机的减少量，从而计算其中产生的经济效益，再按照贴现率折算到 2011 年的现值。详细计算结果如下表所示。

表 3-13 发电设备的容量利用率提高所带来的经济效益（渗透率为 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3331	3391	3435	3480	3517	3554	3591	3629	3666	3703
B	4924	4975	5014	5052	5084	5116	5148	5180	5212	5244
C	7943	7965	7983	8000	8014	8028	8043	8057	8071	8086
D	2119	2153	2179	2204	2225	2246	2267	2289	2310	2331
E	4513	4565	4605	4644	4677	4709	4742	4775	4807	4840
F	9.9	10.9	11.6	12.4	13	13.6	14.2	14.8	15.4	16
G	707	1256	1016	1050	924	931	995	1030	1032	1098
H	467	829	671	693	610	615	657	680	681	725
I	432	711	533	509	415	388	383	367	341	336
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	3718	3740	3762	3785	3799	3822	3829	3837	3844	3851
B	5257	5276	5295	5314	5327	5346	5353	5359	5366	5372
C	8091	8100	8108	8117	8123	8131	8134	8137	8140	8143
D	2339	2352	2365	2377	2386	2398	2403	2407	2411	2415
E	4853	4872	4892	4911	4924	4944	4951	4957	4964	4970
F	16.5	17.3	18.1	18.9	19.5	20.3	20.5	20.8	21.1	21.3
G	443	677	743	734	516	825	290	252	298	257
H	292	447	491	485	341	545	191	166	197	170
I	125	178	181	165	107	159	52	42	46	36

注：A=水电设备的利用小时数（小时），B=火电设备的利用小时数（小时），C=核电设备的利用小时数（小时），D=风电设备的利用小时数（小时），E=全国的利用小时数（小时），F=发电机装机容量预测（亿瓦），G=相当新增发电装机的减少量（千瓦），H=产生的年度效益（亿元），I=2010 年的现值（亿元）。

由表 3-13，由于智能电网的发展，在智能电网场景的高方案，到 2020 年发电设备的容量利用率提高所带来的累计经济效益为 5870 亿元。到 2030 年发电设备的容量利用率提高所

带来的累计经济效益为 9195 亿元。

表 3-14 发电设备的容量利用率提高所带来的经济效益（渗透率为 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3309	3331	3356	3373	3391	3410	3428	3443	3463	3480
B	4905	4924	4945	4960	4976	4992	5007	5020	5037	5052
C	7934	7943	7952	7959	7966	7973	7980	7986	7993	8000
D	2098	2119	2133	2143	2154	2164	2174	2183	2194	2204
E	4481	4513	4535	4550	4566	4583	4598	4611	4629	4644
F	9.6	9.9	10.3	10.6	10.9	11.2	11.5	11.7	12.1	12.4
G	279	419	502	351	383	417	376	331	472	402
H	184	277	331	232	253	275	248	219	312	265
I	170	237	263	171	172	173	145	118	156	123
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	3496	3513	3528	3544	3559	3574	3588	3602	3615	3629
B	5066	5080	5094	5107	5120	5133	5145	5157	5168	5180
C	8006	8012	8018	8024	8030	8036	8041	8047	8052	8057
D	2213	2223	2231	2240	2249	2257	2265	2273	2281	2289
E	4658	4673	4687	4700	4713	4727	4739	4751	4762	4775
F	8.6	9.2	9.7	10.3	10.8	11.4	11.9	12.4	12.9	13.3
G	259	296	291	286	299	339	302	314	299	363
H	171	195	192	189	197	224	199	207	197	240
I	73	77	71	64	62	65	54	52	46	51

注：A=水电设备的利用小时数（小时），B=火电设备的利用小时数（小时），C=核电设备的利用小时数（小时），D=风电设备的利用小时数（小时），E=全国的利用小时数（小时），F=发电机装机容量预测（亿瓦），G=相当新增发电装机的减少量（千瓦），H=产生的年度效益（亿元），I=2010 年的现值（亿元）。

由表 3-14，由于智能电网的发展，在智能电网场景的低方案，到 2020 年发电设备的容量利用率提高所带来的累计经济效益为 1838 亿元。到 2030 年发电设备的容量利用率提高所带来的累计经济效益为 3849 亿元。

3.6 大规模可再生能源发电带来的节能减排效益分析

由于水电、核电和风电等清洁能源的发展，对于优化我国能源结构、减少化石能源消费、降低温室气体排放具有十分重要的意义。根据我国对于清洁能源的发展分析和预测得出各年度水电、核电和风电等清洁能源的装机容量。对于水电而言，2020 年水电开发规模将超过 3.0 亿千瓦；考虑到其他省市区的新增水电建设和小水电建设，2020 年我国水电开发规模有可能达到 3.5 亿千瓦。对于核电，考虑规划的新增核电，2020 年我国核电规模及有可能达到 7000—8000 万千瓦，占电力总装机的比重约 4%—5%。综合考虑风电场址风能资源、工程地质、交通运输、施工安装及工程投资等条件，2020 年全国风电开发潜力为 1.5 亿千瓦。根据国家电网公司发展规划，2020 年全国水电装机可达到 3.48 亿千瓦，风电装机达到 1.5 亿千瓦。而按照传统电力系统的发展情景，到 2020 年全国水电装机只能达到约 2.97 亿

千瓦，可消纳的风电装机规模只能达到约 7000 万千瓦¹⁷。可见，智能电网建设对促进我国清洁能源的发展具有重大的意义。对传统电网和智能电网两种发展情境下，风电、水电和核电的装机容量进行预测，可计算出在智能电网发展下的清洁能源发电的增量，增加的各种清洁能源的装机容量就相当于替代燃煤产生的相应电量，进而计算每年所消耗的标煤减少量、二氧化碳/二氧化硫/氮氧化物的减排量。详细计算结果如下表所示。

表 3-15 大规模可再生能源发电所带来的节能减排效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3100	3500	3900	4400	5000	5300	5700	6100	6500	7000
B	3500	4400	5500	7000	9000	9900	11000	12300	13500	15000
C	19500	20100	22500	24000	26000	26500	27000	27600	28500	29700
D	19930	21570	23220	24880	28550	28220	29900	31590	33290	35000
E	1070	1260	1500	1750	2050	2400	2900	3400	4200	5000
F	1577	2256	2945	3644	4353	5062	5781	6510	7249	8000
G	2165	5077	6002	8214	12459	12978	15642	18422	20000	21432
H	5672	13302	15725	21521	32643	34002	40982	48266	52400	56152
I	18	43	51	70	106	110	133	157	170	182
J	16	38	45	62	93	97	117	138	150	161
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	7500	8000	8500	9100	9800	10500	11200	12200	13500	15000
B	16000	17200	18400	19600	21000	22500	24000	25000	27000	30000
C	31215	32027	32828	33649	34457	35284	36096	36926	37738	38568
D	35897	36799	37706	38618	39535	40452	41375	42303	43235	44169
E	5350	5720	6100	6500	7000	7500	8000	8500	9200	10000
F	8725	9470	10235	11020	11785	12590	13395	14240	15125	16055
G	22232	24013	25883	27660	29215	30916	32684	33822	35120	36909
H	58248	62914	67813	72469	76543	81000	85632	88614	92014	96702
I	189	204	220	235	248	263	278	287	299	314
J	167	180	194	207	219	232	245	254	263	277

注：A=在传统电网发展情境下，风电设备的装机容量（万千瓦），B=在智能电网发展情境下，风电设备的装机容量（万千瓦），C=在传统电网发展情境下，水电设备的装机容量（万千瓦），D=在智能电网发展情境下，水电设备的装机容量（万千瓦），E=在传统电网发展情境下，核电设备的装机容量（万千瓦），F=在智能电网发展情境下，核电设备的装机容量（万千瓦），G=节省的燃煤（亿吨），H=二氧化碳减排量（亿吨），I=二氧化硫减排量（万吨），J=氮氧化物减排量（万吨）。

归纳起来，由于智能电网的发展，在智能电网场景中的高方案中，到 2020 年由于大规模可再生能源发电所带来的累计节能减排效益，减少标煤 12 亿吨，减少二氧化碳排放 32 亿吨，二氧化硫 1040 万吨，氮氧化物 917 万吨。到 2030 年由于大规模可再生能源发电所带来的累计节能减排效益，减少标煤 48 亿吨，减少二氧化碳排放 110 亿吨，二氧化硫 3577 万吨，氮氧化物 3155 万吨。

¹⁷国家电网公司，坚强智能电网与经济社会发展战略研究总报告，2010 年 6 月。

表 3-16 大规模可再生能源发电所带来的节能减排效益（渗透率 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3100	3500	3900	4400	5000	5300	5700	6100	6500	7000
B	3500	4400	5500	7000	9000	9900	11000	12300	13500	15000
C	19500	20100	22500	24000	26000	26500	27000	27600	28500	29700
D	19930	21570	23220	24880	28550	28220	29900	31590	33290	35000
E	1070	1260	1500	1750	2050	2400	2900	3400	4200	5000
F	1577	2256	2945	3644	4353	5062	5781	6510	7249	8000
G	2165	5059	5957	8128	12248	12747	15293	17931	19362	20660
H	5672	13255	15607	21295	32090	33397	40068	46979	50728	54129
I	18	43	51	69	104	108	130	152	165	176
J	16	38	45	61	92	96	115	134	145	155
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	7500	8000	8500	9100	9800	10500	11200	12200	13500	15000
B	16000	17200	18400	19600	21000	22500	24000	25000	27000	30000
C	31215	32027	32828	33649	34457	35284	36096	36926	37738	38568
D	35897	36799	37706	38618	39535	40452	41375	42303	43235	44169
E	5350	5720	6100	6500	7000	7500	8000	8500	9200	10000
F	8725	9470	10235	11020	11785	12590	13395	14240	15125	16055
G	21339	23137	24934	26633	28110	29757	31433	32582	33867	35610
H	58248	60619	65327	69778	73648	77963	82354	85365	88732	93298
I	189	197	212	226	239	253	267	277	288	303
J	167	174	187	200	211	223	236	244	254	267

注：A=在传统电网发展情境下，风电设备的装机容量（万千瓦），B=在智能电网发展情境下，风电设备的装机容量（万千瓦），C=在传统电网发展情境下，水电设备的装机容量（万千瓦），D=在智能电网发展情境下，水电设备的装机容量（万千瓦），E=在传统电网发展情境下，核电设备的装机容量（万千瓦），F=在智能电网发展情境下，核电设备的装机容量（万千瓦），G=节省的燃煤（亿吨），H=二氧化碳减排量（亿吨），I=二氧化硫减排量（万吨），J=氮氧化物减排量（万吨）。

归纳起来，由于智能电网的发展，电网的节能减排效益明显，在智能电网场景中的低方案中，到 2020 年由于大规模可再生能源发电所带来的累计节能减排效益，减少标煤 11.995 亿吨，减少二氧化碳排放 31.322 亿吨，二氧化硫 1016 万吨，氮氧化物 897 万吨。到 2030 年由于大规模可再生能源发电所带来的累计节能减排效益，减少标煤 40.70 亿吨，减少二氧化碳排放 106.63 亿吨，二氧化硫 3460 万吨，氮氧化物 3053 万吨。

3.7 发电煤耗降低带来的节能减排效益分析

智能电网能够显著的提高火电机组发电效率主要体现在三个方面。一是通过“需求侧响应”，引导用户将高峰时段的用电负荷转移到低谷时段，降低高峰负荷，减少电网负荷峰谷差，能够显著改善系统负荷特性，从而减少火电发电机组出力调节次数和幅度，提高火电机组效率，降低火电机组发电煤耗。二是通过科学合理的节能调度管理，能够让发电效率高的超临界、超超临界等先进发电机组获得更充分的利用，从而提高系统总体的发电效率，降低系统总体发电煤耗。三是通过坚强智能电网建设将促进我国电源布局优化，实现煤电基地的

集约化开发和就地转化，进而提高燃料利用效率。首先，为了量化评估智能电网技术在提高发电机组效率方面的效益，负荷率是一个主要的评价指标，研究表明，我国负荷率每提高1%，燃煤机组发电煤耗可降低 2.3g/kWh¹⁸，因此可以通过负荷率的变化来间接估计机组煤耗的降低情况；还有科学合理的节能调度管理也能使发电机组的煤耗减少。所以，据测算，2010年—2020年，相比于传统电网，发展智能电网将使平均单位发电煤耗下降4—6克/千瓦时，到2020年我国发电煤耗可达到305克/千瓦时。在智能电网发展情景下，包括高方案和低方案，二者的计算过程一样。由于燃煤机组发电煤耗减少来计算节省的电量，从而计算相应的每年所消耗的标煤减少量、二氧化碳/二氧化硫/氮氧化物的减排量。详细计算结果如下表所示。

表 3-17 科学调度管理促进能源的合理利用所带来的节能减排效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	318	316	314	312	310	309	308	307	306	305
B	658	1465	2359	3391	4475	5185	5947	6762	7628	8549
C	1724	3838	6181	8884	11725	13585	15581	17716	19985	22398
D	6	12	20	29	38	44	51	57	65	73
E	5	11	18	25	34	39	45	51	57	64
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	304	304	303	303	302	302	301	301	300	300
B	9430	9925	11079	11613	12720	13296	14193	14418	15418	15583
C	24707	26004	29027	30426	33326	34836	37186	37775	40395	40827
D	80	84	94	99	108	113	121	123	131	132
E	71	74	83	87	95	100	106	108	116	117

注：A=发电煤耗，B=消耗标煤的减少（万吨），C=二氧化碳减排量（万吨），D=二氧化硫减排量（万吨），E=氮氧化物减排量（万吨）。

由表 3-17 可知，由于智能电网的发展，在智能电网发展的高方案中，到 2020 年由于发电煤耗降低所带来的累计节能减排效益，减少标煤 4.6 亿吨，减少二氧化碳排放 12.2 亿吨，二氧化硫 395 万吨，氮氧化物 349 万吨。到 2030 年由于发电煤耗降低所带来的累计节能减排效益，减少标煤 17.4 亿吨，减少二氧化碳排放 45.6 亿吨，二氧化硫 1480 万吨，氮氧化物 1306 万吨。

表 3-18 科学调度管理促进能源的合理利用所带来的节能减排效益（渗透率 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	318	316	314	312	310	309	308	307	306	305
B	635	1315	2063	2840	3663	4156	4670	5162	5771	6357
C	1664	3445	5405	7441	9597	10889	12235	13524	15120	16655
D	5	11	18	24	31	35	40	44	49	54
E	5	101	15	21	27	31	35	39	43	48
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	304	304	303	303	302	302	301	301	300	300

¹⁸吴鹏，智能电网综合效益评价[J].中国电力企业管理. 2009

B	4717	5063	5688	6057	6743	7139	7886	8238	9042	9348
C	12359	13265	14903	15869	17667	18704	20661	21584	23690	24492
D	40	43	48	51	57	61	67	70	77	179
E	35	38	43	45	51	54	59	62	68	70

注：A=发电煤耗，B=消耗标煤的减少（万吨），C=二氧化碳减排量（万吨），D=二氧化硫减排量（万吨），E=氮氧化物减排量（万吨）。

由表 3-18 可知，由于智能电网的发展，在智能电网发展的低方案中，到 2020 年由于发电煤耗降低所带来的累计节能减排效益，减少标煤 3.663 亿吨，减少二氧化碳排放 9.60 亿吨，二氧化硫 311 万吨，氮氧化物 274 万吨。到 2030 年由于发电煤耗降低所带来的累计节能减排效益，减少标煤 10.65 亿吨，减少二氧化碳排放 27.91 亿吨，二氧化硫 904 万吨，氮氧化物 799 万吨。

小结

本章在前期所做报告《中国智能电网的效益评估和政策机制研究》的基础上，深化了智能电网的评估，在考虑经济效益的基础上，充分考虑了智能电网建设的成本投入，使得评估更系统化，主要做的工作分以下几个方面：

(1) 发电侧投资充分考虑了智能电网建设新增装机、备用容量的充分释放以及容量利用率的提高所带来的成本增加或减少，在智能电网场景高方案中，到 2020 年以上三部分的累积成本总和为 21550.76 亿元，到 2030 年以上三部分的累积成本总和为 29274.38 亿元。在智能电网场景低方案中，到 2020 年以上三部分的累积成本总和为 26675.25 亿元，到 2030 年以上三部分的累积成本总和为 35740.33 亿元。

(2) 在智能电网场景的高方案中，到 2020 年由于最大负荷减少，备用容量的充分释放，新型发电设备和辅机设备的使用能效提高，发电设备的容量利用率提高，带来的累计经济效益为 30778 亿元，到 2030 年所带来的累计经济效益为 73067 亿元。在智能电网场景的低方案中，到 2020 年由于最大负荷减少，备用容量的充分释放，新型发电设备和辅机设备的使用能效提高，发电设备的容量利用率提高，带来的累计经济效益为 19228 亿元，到 2030 年所带来的累计经济效益为 50893 亿元。

在先前报告《中国智能电网的效益评估和政策机制研究》中，在智能电网建设节能减排评估中单纯的以节省的标煤和减少的二氧化碳等气体的排放为准而没有转化为相应的经济效益。在本报告中将节省的标煤数转化为相应的经济效益，归算到智能电网建设所带来的经济效益中，计算仍按高低方案进行。在智能电网建设其他环节的效益评估中同样将节省的标煤数转化为相应的经济效益，煤炭的价格以 570 元/吨来进行相应的计算。

由于智能电网的建设，节能减排效益明显。在智能电网建设的高方案中，由于大规模可再生能源发电和发电煤耗降低所带来的节能减排效益累积到 2020 年为减少标煤 17.56 亿吨，转化为相应的获得经济效益为 10009 亿元，减少二氧化碳排放 46.7 亿吨，二氧化硫 1435 万吨，氮氧化物 1266 万吨。到 2030 年由于大规模可再生能源发电所带来的累计节能减排效益，

减少标煤 69 亿吨，转化为相应的获得经济效益为 39330 亿元，减少二氧化碳排放 165.1 亿吨，二氧化硫 5057 万吨，氮氧化物 4461 万吨。

在智能电网建设的低方案中，由于大规模可再生能源发电和发电煤耗降低所带来的节能减排效益累积到 2020 年为减少标煤 16.1 亿吨，转化为相应的获得经济效益为 9177 亿元，减少二氧化碳排放 42.2 亿吨，二氧化硫 1327 万吨，氮氧化物 1171 万吨。到 2030 年由于大规模可再生能源发电所带来的累计节能减排效益，减少标煤 51.41 亿吨，转化为相应的获得经济效益为 29298 亿元，减少二氧化碳排放 139.8 亿吨，二氧化硫 4364 万吨，氮氧化物 3852 万吨。

在 2010 年报告的基础上，本报告在分析经济效益和节能减排效益的基础上，增加了发电侧新增装机容量、备用容量的释放以及容量利用率的提高所引起的投入成本。各因素在发电侧成本的投入以及经济效益、节能减排效益的贡献和所占比重如下各图所示。

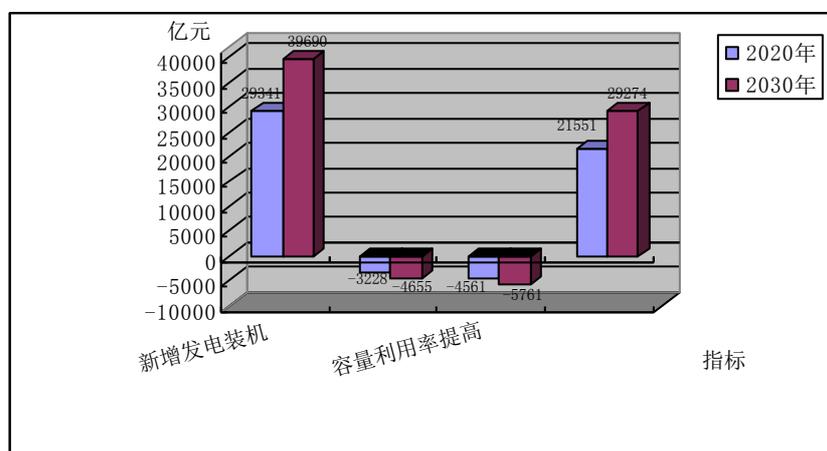


图 3-1 智能电网发电侧投资成本（高方案）

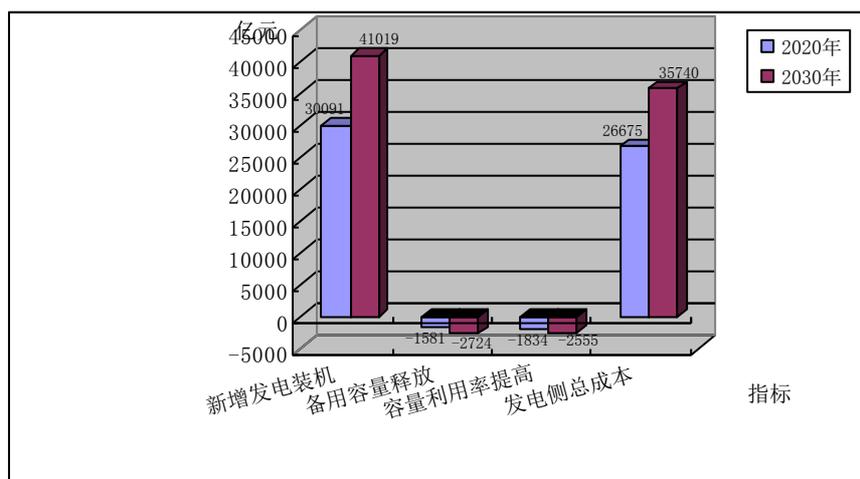


图 3-2 智能电网发电侧投资成本（低方案）

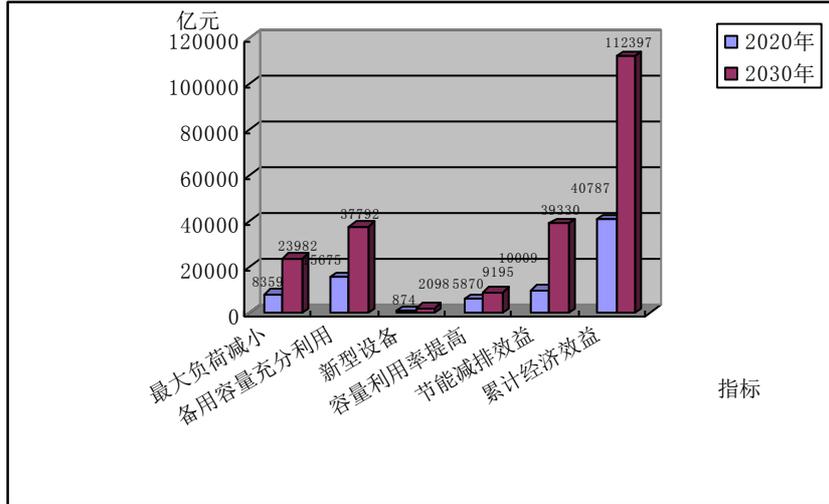


图 3-3 智能电网在发电侧所带来的经济效益（高方案）

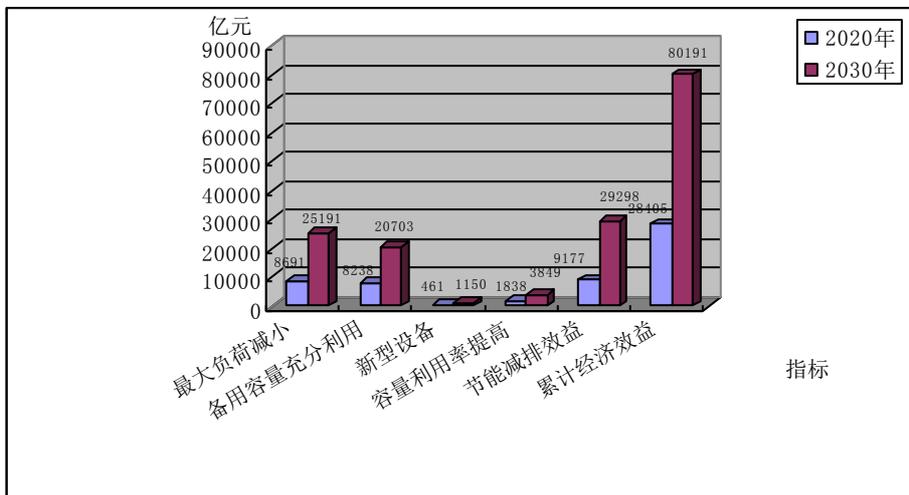


图 3-4 智能电网在发电侧所带来的经济效益（低方案）

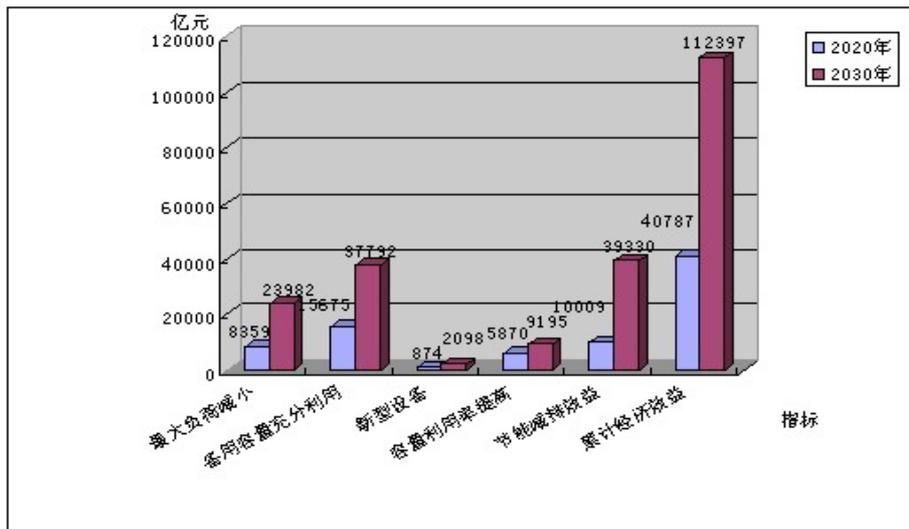


图 3-5 智能电网在发电侧所带来的节能效益（高方案）

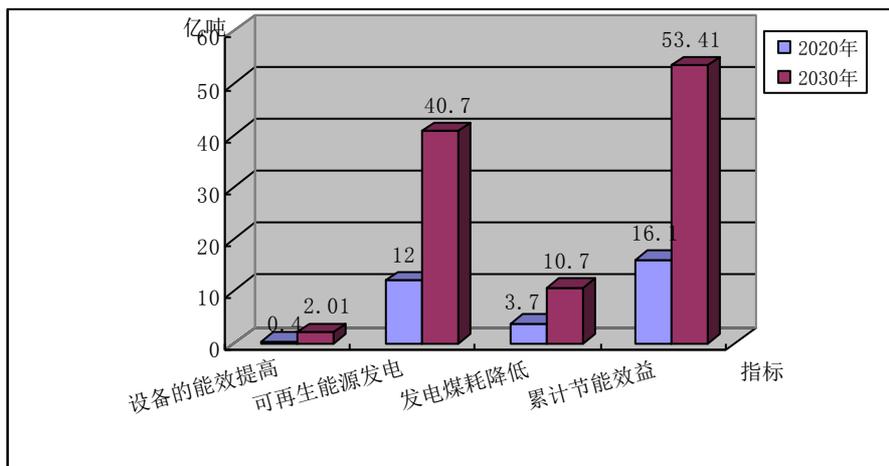


图 3-6 智能电网在发电侧所带来的节能效益（低方案）

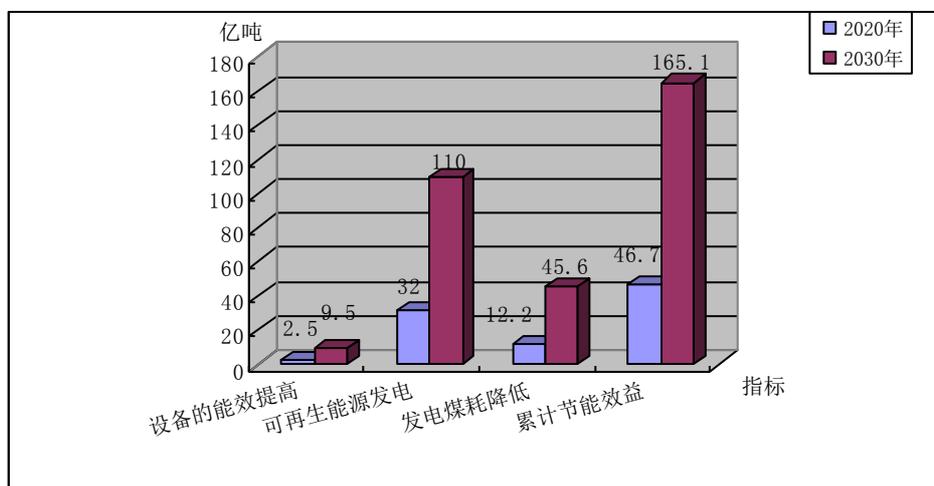


图 3-7 智能电网在发电侧所带来的减排效益（高方案）

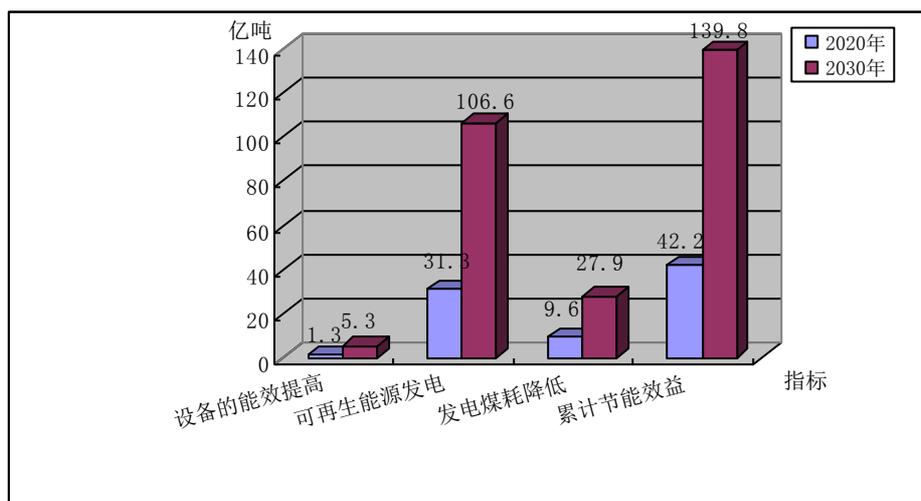


图 3-8 智能电网在发电侧所带来的减排效益（低方案）

由以上图表可以明显的看出，智能电网发电侧成本和效益的评估涉及的范围广泛，这其

中包括发电企业、社会，政府以及发电设备制造商等，其在发电侧扮演的角色不同，对智能电网发电侧的贡献所获得利益也各不相同。智能电网发电侧所带来的效益，在利益相关方中表现为：

（1）发电企业

作为电网利益相关者链中的上游单位，在我国能源结构调整、新能源大规模利用等方面起着举足轻重的作用。发电企业新技术、新设备的引入，提高了发电设备的利用率，推迟或缓建电源装机，减少装机投资。备用容量的释放和负荷率提高可以稳定机组出力，增加发电设备的寿命，降低发电煤耗，从而降低发电企业的维护和运行成本，增加发电侧的收益。大规模可再生能源的充分利用提高了新能源发电在总装机容量中的比重，促进了能源的充分利用，从而减少大气污染物排放，降低环境治理费用。

（2）社会

智能电网技术在发电侧的应用，提高了我国能源的充分利用，促进了节能减排发展，优化了能源资源配置，保证了供电的可靠安全稳定，缓解了我国电力缺口。并且在建设过程中将有效地拉动经济发展，为各种学历层次的人员直接或间接地增加大量就业岗位。是开拓宏观经济可持续增长、提高社会及电气产业的就业率的新领域。为构建和谐社会，创造舒适稳定良好的发展环境奠定了基础。

（3）政府

政府作为新能源发电的推动者，侧重于制定相关的政策措施，加强对发电企业的监督与引导作用，保证发电企业正常有序稳定规范的运行，同时大规模的资金投入有利于拉动内需，缓解经济压力，促进社会经济可持续发展。通过对发电设备进行动态评估，可以优化设备负载管理，从而更有效地利用现有资产。并且通过改善资产和管理计划，减少设备的维修和停机，提高整体资产的可靠性，降低整体运行维护成本，提高生产效益。有利于对输、配电网的资产投资和管理进行整体规划，优化中长期的投资效益。

（4）设备制造商

新能源的并网为发电设备商带来了巨大的利润空间，发电设备商为发电企业提供新型的发电设备，保证各种形式发电的高效性，先进性，同时有利于自身规模的扩大与发展，保证了中小型企业的竞争力。

智能电网技术在发电侧的应用，使得各相关利益方都获得巨大的效益。为了保证社会经济的全面快速协调发展，本报告提出相关的政策及建议：

（1）从政府的角度出发，国家应该敦促《可再生能源法》的全面落实实施，各地方政府切实按照国家可再生能源发展战略，制订本省份的新能源发展规划和实施方案，政府通过征收能源税或碳税的方式，建立稳定持续的支持新能源发电发展的补贴资金来源，加强支持风电、光伏等新的发电形式的财税政策研究，使风电、光伏发电发展与促进地方经济发展紧密结合，形成促进区域经济发展的优势产业，进一步完善电价补偿机制，提高风电、光伏发

电电价补贴的时效性。

（2）作为新能源发电的直接操作者，发电企业应该积极寻求新能源发电技术的突破，保证所输送的新能源的电量合乎质量，能够满足电网企业和社会用户的需求，在取得自身经济效益的同时获得良好的社会综合效益。电网企业在电网规划、并网接入和电量收购等方面积极为新能源发电发展创造良好条件，促进了新能源发电的健康发展。

（3）发电设备商作为智能电网发电侧的硬件组成部分，发电设备质量的好坏直接影响到发电侧的效率与发电的容量。发电设备商从自身出发，严把产品质量，凸显出设备的智能化，高效化。推动发电监控设备制造业实现自我优化升级，原有产品升级换代，并形成新能源发电监控设备市场，促进发电监控设备制造业完善产品系列，向技术升级、系统性国产化方向发展。

4. 智能电网的电网侧投资与效益分析

智能电网输电的发展目标是在以特高压电网为骨干电网、各级电网协调发展的坚强电网基础上，集成应用新技术、新材料、新工艺，实现勘测数字化、设计模块化、运行状态化、信息标准化和应用网络化。广泛采用柔性交流输电技术、提高线路输送能力和电压、潮流控制的灵活性，技术和装备全面达到国际领先水平。

4.1 电网侧投资分析

4.1.1 智能电网新建发电装机容量输配电的投资成本分析

为满足电力需求的持续快速增长，实现全社会资源的优化配置，电网建设的目标应是“建设以特高压电网为骨干，各级电网协调发展的坚强的国家智能电网”。建设特高压电网是满足未来持续增长的电力需求的根本保证，是提高我国能源开发和利用效率的根本保证，是培育和发展国家电力市场的重要条件，是提高电力工业整体效益的必然选择，是电力工业技术创新的重大举措，是发展国家电网的核心。加快发展特高压电网，以大型能源基地为依托，建设由 1000 千伏交流和±800 千伏直流构成的特高压电网，形成电力“宽带网络”，促进大煤电、大水电、大核电、大型可再生能源基地的集约化开发，实现电力的大规模、远距离、高效率输送，是在全国范围内构建稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系的重要途径。

我国的能源分布总体特点可以概括为：总量较丰，人均较低，分布不均，开发较难。我国的煤炭、石油、风能、水能主要分布在我国西北、西南地区，而这些地区却是经济发展相对滞后，社会用电量较少的地区，对于我国经济发达的东部沿海地区，中部地区却是经济发达地区，社会负荷大，社会用电量较大。

2010 年国家电力监管部门发布的电力监管报告显示，2010 年全年新增装机总容量是 9127 万千瓦，全国电力建设投资完成 7051 亿元，电网投资完成 3410 亿元，占总投资的 48.3%。再结合 2009 年，2008 年的全国电力建设投资总额，电网侧投资完成总额及所占比重，依据每年新增装机的容量，假设在计算电网侧的成本投入时，以 2008 年，2009 年，2010 年的数据为样本点可以拟合出电网侧的投资与全年装机总量的的函数，按照拟合出的函数关系与当年的新增装机容量相比较可以计算 2010 年到 2030 年的电网侧的投资，然后再按照贴现率将成本的投入折算到 2011 年的现值。在智能电网建设的高、低方案即到 2030 年的渗透率为分别为 80%和 50%分别假设二者相同。其具体计算结果如下表。

表 4-1 智能电网新建发电装机容量输配电的成本投入

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	69753	76519	83789	91414	98636	104538	111332	117121	122508	127408
B	5642	6766	7270	7625	7222	5902	6794	5789	5387	4900
C	2289.5	2933.7	3354.4	3730.1	3733.8	3215.4	3890.2	3475.7	3384.1	3214.4
D	3186.7	4176.5	4790.1	5268.3	5160.9	4314.3	5034.6	4316.1	4015.3	3631.4
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	131740	136878	141121	145072	148554	153605	159596	164544	169151	173211

B	4332	5038	4243	3951	3482	5050	5991	4948	4607	4060
C	2962.2	3585.0	3137.3	3031.2	2768.2	4155.1	5095.9	4346.3	4174.7	3792.0
D	3177	3641.2	3011.1	2744.1	2360	3331.3	3837.5	3070.8	2764.8	2351.9

注：A=智能电网下的最大负荷，B=每年的新增发电装机（万 kW），C=当年所需投资（亿元），D=折现到2010年所需投资（亿元）。

归纳起来，由于智能电网建设规模的不断扩大，在智能电网建设的中，不论高低方案，到2020年由于智能电网建设新增发电装机所需要输配电侧投资成本为21937亿元。到2030年由于智能电网建设新增发电装机所需要投资成本为33148亿元。

4.1.2 新增装机容量所带来的运行维护费用投资成本分析

随着智能电网的建设，每年的发电装机容量都是在不断的增加，由此带来了输电设施的增加。新的输电设施的投入，增加了电网侧的运行维护费用。但由于大规模智能电网的建设，电网的智能化程度提高，可靠性增强，发生故障的几率下降，从而使得电网的运行维护费用降低。在这里与传统电网相比，智能电网场景下维护成本的降低作为智能电网建设所带来的经济效益，这一部分成本的减少在这里将不再考虑。假设在智能电网完全建成后即智能电网的技术渗透率达到100%时维护成本降到60元/千千瓦，由2009年输电的维护成本为95.46元/千千瓦，结合渗透率模型可以计算出每一年的运行维护成本，然后再乘以智能电网场景下每年的总的装机容量可以计算出该年投入的运行维护费用，然后再根据贴现率得到折算到2011年的现值。具体计算过程入下表所示。

表 4-2 新增装机容量所带来的运行维护费用成本(渗透率 80%)

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
B	3522	4007	4090	4080	3965	3274	3653	3531	3298	3232
C	92.9	90.8	90.9	87.8	86.5	85.2	84.0	82.7	81.4	80.1
D	327	364	365	358	343	279	307	292	268	259
E	303	312	290	263	233	176	179	158	134	120
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
B	2531	2772	2624	2454	2264	2948	3230	3056	2858	2434
C	79.7	78.9	78.1	77.3	76.8	76.1	75.9	75.6	75.3	75.0
D	202	219	205	190	174	224	245	231	215	183
E	86	86	75	65	55	65	66	57	50	39

注：A=智能电网下的用电量（亿千瓦时），B=每年新增的社会用电量（亿千瓦时），B=当年的运行维护成本（元/千千瓦时）D=当年所需投资（亿元）E=折现到2010年所需投资（亿元）。

由上表可知，在智能电网场景下由于社会用电量的不断增加，电网侧的运行维护费用也在增加，在智能电网建设场景的高方案中，到2020年由于智能电网建设新增发电装机所需要输配电侧投资成本为2169亿元，到2030年能电网建设新增发电装机所需要投资成本为2816亿元。

表 4-3 新增装机容量所带来的运行维护费用成本(渗透率 50%)

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
B	3522	4007	4090	4080	3965	3274	3653	3531	3298	3232
C	93.6	92.9	92	91.5	90.9	85.2	89.6	89.0	88.4	87.8
D	329	372	376	373	360	295	327	314	292	284
E	305	319	298	274	245	186	190	170	146	131
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
B	2531	2772	2624	2454	2264	2948	3230	3056	2858	2434
C	87.3	86.7	86.1	85.6	85.1	84.6	84.1	83.6	83.1	82.7
D	221	240	226	210	192	249	272	255	238	201
E	94.7	95.4	83.1	71.5	60.7	72.8	73.4	63.9	55.1	43.2

注：A=智能电网下的用电量（亿千瓦时），B=每年新增的社会用电量（亿千瓦时），B=当年的运行维护成本（元/千千瓦时）D=当年所需投资（亿元）E=折现到 2010 年所需投资（亿元）。

由上表可知，在智能电网场景下由于社会用电量的不断增加，电网侧的运行维护费用也在增加，在智能电网建设场景的低方案中，到 2020 年由于智能电网建设新增发电装机所需要输配电侧投资成本为 2267 亿元，到 2030 年智能电网建设新增发电装机所需要投资成本为 2982 亿元。

4.1.3 输电设备利用率的提高带来的电网侧投资成本分析

随着智能电网的建设，大规模电力电子设备（SVC、TCSC 等）在输电侧得到了广泛的应用，大规模电力电子器件的投入使得原电网的潮流得到了优化，使得电网公司的调度更加的灵活，同时大量的电力电子元器件的投入也改变了输配电网侧的网架结构，使得输配电网网络更加的合理与均衡。以柔性交流输电为代表的输电模式大大增加了输电线路输送容量，从而使得输配电设备的利用率提高。输电利用率的提高引起了每年输电成本的减少。与每年由于新增装机容量而需要投入的成本不同，这部分成本表现为投资中的负成本即投资成本的减少。目前电网侧的输电设备的利用率为 30%-40%，假设当智能电网完全建成时即智能电网的渗透率达到 100%时，输电设备的利用率提高 15%。由渗透率模型可以计算出每年的输电设备的提高率，乘以每年的由于发电侧新增装机容量而需要投入的成本便可以得到当年由于输电设备利用率的提高而减少的成本。在根据贴现率折算到 2011 年的现值。同样的计算过程仍然按照智能电网场景高低方案分别进行计算。具体计算过程如下表。

表 4-4 输电设备利用率提高带来的电网侧成本的减少（渗透率为 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	2108	2528	2716	2849	2698	2205	2538	2163	1831	1619
B	0.3578	0.37	0.38	0.389	0.397	0.3973	0.4052	0.4131	0.4289	0.4368
C	0.0078	0.02	0.03	0.039	0.04	0.047	0.0552	0.06315	0.07894	0.0868
D	16.64	51.88	81.48	112.45	127.81	121.86	121.86	160.31	158.59	158.98
E	15.40	44.48	64.68	82.65	86.98	76.79	76.79	93.54	73.64	73.64

年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	1619	1919	1585	1476	1301	1887	2238	1849	1721	1517
B	0.44	0.4447	0.4494	0.4542	0.4573	0.4621	0.4636	0.4652	0.4668	0.4684
C	0.09	0.0947	0.09947	0.1042	0.1073	0.1121	0.1136	0.1152	0.1168	0.1184
D	145.66	181.86	157.69	153.83	139.67	211.55	254.46	213.08	201.11	179.63
E	62.47	72.21	57.98	52.37	44.03	61.75	68.77	53.32	46.60	38.53

注：A=当年输配电投入的成本（亿元）B=当年的输配电设备利用率，C=提高的输配电利用率，D=减少的输配电利用率提高的成本，F=折现到2010年的现值（亿元）

归纳起来，由于智能电网的大规模建设，大量电力电子器件在电网侧的应用使得电网侧的投资成本有所减少，在智能电网场景的高方案中即渗透率为80%时，到2020年电网侧由于设备利用率的提高带来的减少的投资成本是700亿元。到2030年电网侧由于设备利用率的提高带来的减少的投资成本是1259亿元。

表 4-5 智能电网建设新增发电装机的所需要的投资（渗透率为50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	2108	2528	2716	2849	2698	2205	2538	2163	1831	1619
B	0.3531	0.3578	0.3631	0.3667	0.3706	0.3746	0.3784	0.3816	0.3858	0.3894
C	0.0031	0.0078	0.0131	0.0167	0.02068	0.02463	0.028	0.03164	0.035	0.03947
D	6.6566	19.95	35.59	47.68	55.81	54.31	72.14	68.43	72.13	72.26
E	6.1635	17.10	28.25	35.04	37.98	34.22	42.09	36.97	36.08	33.47

年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	1619	1919	1585	1476	1301	1887	2238	1849	1721	1517
B	0.3929	0.3964	0.3997	0.4030	0.4062	0.4093	0.4123	0.4153	0.4182	0.4210
C	0.04294	0.04642	0.04973	0.053	0.0562	0.05936	0.06236	0.06536	0.0682	0.071
D	69.51	89.11	78.84	78.31	73.12	112.03	139.60	120.84	117.40	107.77
E	29.81	35.38	28.99	26.66	23.05	32.70	37.72	30.24	27.20	23.12

注：A=当年输配电投入的成本（亿元）B=当年的输配电设备利用率，C=提高的输配电利用率，D=减少的输配电利用率提高的成本，F=折现到2010年的现值（亿元）

归纳起来，由于智能电网的大规模建设，大量电力电子器件在电网侧的应用使得电网侧的投资成本有所减少，在智能电网场景的低方案中即渗透率为50%时，到2020年电网侧由于设备利用率的提高带来的减少的投资成本是307亿元。到2030年电网侧由于设备利用率的提高带来的减少的投资成本是602亿元。

4.1.4 智能电网的建设减少运行维护费用的投资成本分析

随着智能电网建设步伐的加快，系统的智能化水平越来越高，电力系统的自愈能力进一步加强，系统的稳定控制水平进一步提高，可靠性增强，发生故障的几率下降，所需要的运行维护费用与传统电网相比相应有所减少，同时随着电网的智能化与信息化技术，电网将逐渐改变传统的人工检修，取而代之的是状态检修，这也使得电网侧的运行维护成本下降。根据前面介绍所计算出的每一年的运行维护成本，用其乘以智能电网每年新增的社会用电量即可得每年由于智能化水平提高所带来的电力系统运行维护费用的减少，然后再根据贴现率得到折算到2011年的现值。详细计算过程入下表所示。

表 4-6 电力系统智能化水平提高所带来的运行维护成本的减少(渗透率 80%)

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
B	3522	4007	4090	4080	3965	3274	3653	3531	3298	3232
C	92.9	90.8	90.9	87.8	86.5	85.2	84.0	82.7	81.4	80.1
D	1.27	2.04	1.53	1.53	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
E	4.48	8.16	6.25	6.23	5.05	4.17	4.65	4.49	4.2	4.11
F	4.15	7.0	4.96	4.58	3.44	2.63	2.71	2.43	2.10	1.91
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
B	2531	2772	2624	2454	2264	2948	3230	3056	2858	2434
C	79.7	78.9	78.1	77.3	76.8	76.1	75.9	75.6	75.3	75.0
D	0.51	0.76	0.76	0.76	0.51	0.76	0.25	0.25	0.25	0.25
E	1.29	2.11	2.0	1.87	1.15	2.25	0.82	0.78	0.73	0.62
F	0.55	0.84	0.74	0.64	0.36	0.66	0.22	0.19	0.17	0.13

注：A=智能电网下的用电量（亿千瓦时），B=每年新增的社会用电量（亿千瓦时），C=当年的运行维护成本（元/千千瓦时），D=当年运行维护成本的减少（元/千千瓦时），E=当年运维成本费用的减少（亿元），F=折现到 2010 年的现值（亿元）。

由上表可知，随着电力系统智能化水平的提高，每年的运行维护费用与传统电网相相应有所减少，在智能电网建设场景的高方案中，到 2020 年运行维护费用的成本减少值为 35.9 亿元，到 2030 年运行维护费用的成本减少值为 40.4 亿元。

表 4-7 电力系统智能化水平提高所带来的运行维护成本的减少(渗透率 50%)

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
B	3522	4007	4090	4080	3965	3274	3653	3531	3298	3232
C	93.6	92.9	92	91.5	90.9	85.2	89.6	89.0	88.4	87.8
D	0.51	0.76	0.84	0.59	0.64	0.64	0.61	0.54	0.68	0.59
E	1.79	3.06	3.45	2.39	2.52	2.08	2.23	1.83	2.23	1.89
F	1.66	2.62	2.73	1.76	1.72	1.31	1.30	0.99	1.12	0.88
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
B	2531	2772	2624	2454	2264	2948	3230	3056	2858	2434
C	87.3	86.7	86.1	85.6	85.1	84.6	84.1	83.6	83.1	82.7
D	0.56	0.56	0.53	0.53	0.54	0.54	0.48	0.48	0.46	0.46
E	1.42	1.55	1.40	1.31	1.15	1.50	1.56	1.48	1.31	1.12
F	0.61	0.62	0.52	0.45	0.36	0.44	0.42	0.376	0.30	0.24

注：A=智能电网下的用电量（亿千瓦时），B=每年新增的社会用电量（亿千瓦时），B=当年的运行维护成本（元/千千瓦时）D=当年运行维护成本的减少（元/千千瓦时），E=当年运维成本费用的减少（亿元），F=折现到 2010 年的现值（亿元）。

由上表可知，随着电力系统智能化水平的提高，每年的运行维护费用与传统电网相相应有所减少，在智能电网建设场景的低方案中，到 2020 年运行维护费用的成本减少值为 16.69

亿元，到 2030 年运行维护费用的成本减少值为 20.41 亿元。

4.2 联网输电降低燃煤成本带来的经济效益分析

特高压同步电网为实现长距离、大容量输电、促进跨大区、跨流域水火互济和更大范围资源优化配置提供网架支持。与 500kV 交流输电相比，特高压交流在远距离、大容量输电中具有明显的经济优势。以 10000MW 电力输送 1200km 为例，综合考虑工程投资、运行成本和输电损耗，特高压交流输电的年费用为 26 亿元/年，较 500kV 紧凑型同塔双回输电低 5 亿元/年。有关研究结论表明：在特高压技术实现商业化应用的基础上，与 500kV 交流输电相比，特高压交流输电在远距离、大容量输电中具有成本低、损耗小的经济优势。建设特高压骨干网架，在华北、华中及华东地区形成同步电网，通过发挥华为备用等联网效益，与 500kV 相比，据预计，到 2020 年可减少的装机容量 2000MW，节约的社会投资约为 800 亿元。联网的具体经济效益体现在备用容量的充分利用和容量利用率的提高，特高压输电为此提供高效的传输通道。

对于水电资源的联网效益，建设特高压电网，形成华北—华中—华东同步电网，可以充分利用水电资源，避免弃水电量，减少发电燃煤消耗，减低电力成本。以特高压输电技术为基础的智能电网，可以提高电网的长距离跨区输电能力，更好的实施“西电东送”。预计到 2020 年，特高压电网输送规模将超过 3 亿千瓦，可以减少装机容量 3000 万千瓦，每年可以减少弃水电量 70 亿千瓦时¹⁹。智能电网技术中的特高压电网产生的联网能更充分的利用水力资源，弃水量的减少带来相应的燃煤机组发电煤耗减少，所表现出来的节能减排效益都体现在发电侧的大规模可再生能源发电的效益上。特高压联网输电为我国水电资源的大规模开发利用的必然要求。

对于风电资源的联网效益，加紧建设西北电网连通华北、华中、华东地区的特高压电网，加强智能化电网建设则是解决西北风电集中外送问题的关键。据统计目前全国风电场的经营中近 1/3 的风电机组处于闲置状态²⁰，利用智能电网技术的发展，可以充分利用风力资源，从而减少弃风量。假定在智能电网技术完全渗透时（100%），原本处于闲置状态的 1/3 风电机组充分利用，除此之外由于智能电网技术的发展，电网能够接纳的额外的风电的容量也在不断的增加，这也体现在发电侧的大规模可再生能源发电的充分利用，从而带来节能减排效益。

在跨区域的联网输送中，得力于特高压输电网络的建设，将输煤改为了输电，即煤炭资源在原地消耗，减少了运输成本，缓解了中国铁路运输的紧张局势，从我国西部，北部煤电基地输煤和输电到中东负荷中心，无论是对落地电价还是对输送环节价格进行比较，输电均比输煤更经济。输电到受端的落地电价比输煤到受端建电厂的上网电价低 0.02~0.11 元/kWh²¹。在输电侧电网效益的评估中，仍然采用智能电网建设场景的高低方案，即到 2030

¹⁹ 国家电网公司，坚强智能电网与经济社会发展战略研究总报告，2010 年 6 月

²⁰ 吴鹏，智能电网综合效益评价[J].中国电力企业管理. 2009。

²¹ 国家电监会，我国风电发展情况调研报告

年智能电网的技术渗透达到 80%（高）和 50%（低）。再根据渗透模型计算出在每一年的电价变化情况，从而计算出减少的燃煤所带来的经济效益，再按照贴现率折算到 2011 年的现值。详细计算结果如下表所示。

表 4-8 降低燃煤成本所带来的经济效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	0.02855	0.03269	0.03692	0.04106	0.0452	0.04934	0.05339	0.05735	0.06122	0.065
B	5800	10000	14500	19000	24000	26736	30238	33444	36722	39990
C	76	164	274	405	561	679	830	986	1158	1343
D	70	141	218	298	382	428	484	533	579	622
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	0.0686	0.07202	0.07535	0.07841	0.08129	0.0839	0.08633	0.08849	0.09038	0.092
B	42669	45911	48757	51536	54215	57847	62243	66102	69870	73500
C	1467	1635	1796	1962	2108	2320	2522	2705	2888	3068
D	629	649	660	668	665	677	682	677	669	658

注：A=降低的燃煤成本（元/千瓦时），B=联网跨区输电容量（万千瓦），C=减少的燃煤效益（亿元），D=减少的燃煤效益现值（亿元）。

由上表可以计算的，在智能电网建设场景的高方案中，到 2020 年降低燃煤成本所带来的累计经济效益为 3769 亿元。到 2030 年降低燃煤成本所带来的累计经济效益为 10403 亿元。

表 4-9 降低燃煤成本所带来的经济效益（渗透率 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	0.02855	0.03269	0.03692	0.04106	0.0452	0.04934	0.05339	0.05735	0.06122	0.065
B	5800	10000	14500	19000	24000	26736	30238	33444	36722	39990
C	69	132	210	293	395	467	558	645	749	853
D	64	113	167	215	269	294	326	348	375	395
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	0.0686	0.07202	0.07535	0.07841	0.08129	0.0839	0.08633	0.08849	0.09038	0.092
B	42669	45911	48757	51536	54215	57847	62243	66102	69870	73500
C	948	1061	1169	1280	1391	1531	1696	1852	2009	2168
D	407	421	430	436	439	447	458	463	466	465

注：A=降低的燃煤成本（元/千瓦时），B=联网跨区输电容量（万千瓦），C=减少的燃煤效益（亿元），D=减少的燃煤效益现值（亿元）。

由上表可以计算的，在智能电网建设场景的低方案中，到 2020 年降低燃煤成本所带来的累计经济效益为 2580 亿元。到 2030 年降低燃煤成本所带来的累计经济效益为 7012 亿元。

4.3 提高资产利用率带来的经济效益分析

在智能电网中，通信、计算机、自动化等技术在电网中得到广泛深入的应用，并与传统电力技术有机融合，极大地提升了电网的自动化水平。传感器技术与信息技术在电网中的应用，为系统状态分析和辅助决策提供了技术支持，使电网自愈成为可能。智能电网的建设能够充分利用供需两侧的各类资源来保障系统经济运行，有效管理现有的输电和配电设施的负载，推迟和减少新建更多的电网设施。通过对实施智能电网后用电负荷量的预测，来计算相

应的所节约的电网建设投资需求价值。由于特高压电网的建成，形成坚强的国家电网骨干，可靠性得到提高，停电事故大幅减少。在运行维护费用方面，也会得到相应的降低。

4.3.1 提高电网侧的设备可靠性带来的经济效益分析

特高压电网的建成，形成坚强的国家电网骨干，可靠性得到提高，停电事故大幅减少。对于输电网的设备可靠性，目前供电可靠性是用于评价电力系统的供电能力、设备状况及影响因素的主要指标。所谓供电可靠性是指供电系统持续供电的能力，是考核供电系统电能质量的重要指标，反映了电力工业对国民经济电能需求的满足程度，已经成为衡量一个国家经济发达程度的标准之一。在电网侧的设备可靠性中主要包含高、中压系统的可靠性。两者是紧密联系不可偏废的，比如一条输电线路或主变跳闸，能直接影响到用户用电，所以可靠性管理必须考虑输变电设施可靠性。智能电网的建成使得供电可靠率将由 2009 年的 99.860% 达到 2020 年的 99.888%，单位损失为 35.3 元/千千瓦时²²。利用智能电网情境下和传统电网情境下的供电可靠性的提高来计算输电侧和配电侧的效益。通过智能电网技术的渗透得到每一年的供电可靠率，来计算其相应的经济效益。在计算过程中，智能电网情境仍然按照高方案与低方案进行计算。详细计算结果如下表所示。

表 4-10 提高输配电网的设备可靠性带来的经济效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
B	99.86467	99.8684	99.8712	99.874	99.87633	99.87867	99.881	99.88333	99.88567	99.888
C	20326	39953	57851	78026	97507	117548	139913	163697	188532	214721
D	71.75	141.03	204.21	275.43	344.2	414.94	493.89	577.85	665.52	757.97
E	66.4	120.9	162.1	202.4	234.3	261.5	288.2	312.2	332.9	351.1
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
B	99.88893	99.89033	99.89173	99.89313	99.89407	99.89547	99.89593	99.8964	99.89687	99.89733
C	229201	248700	268505	288482	304321	327283	343196	358777	373913	387733
D	809.08	877.91	947.82	1018.34	1074.25	1155.31	1211.48	1266.48	1319.91	1368.7
E	347	348.6	348.5	346.7	338.6	337.2	327.4	316.9	305.8	293.7

注：A=智能电网发展情境下，社会用电量（万千瓦），B=供电可靠率，C=损失电量的减少（万千瓦），D=提高输电可靠性带来的损失减少（亿元），E=提高输电可靠性带来的损失减少效益现值（亿元）。

由上表累加计算可得，在智能电网发展的高方案中，到 2020 年提高输配电网的设备可靠性所带来的累计经济效益为 2322 亿元。到 2030 年提高输配电网的设备可靠性所带来的累计经济效益为 5642 亿元。

表 4-11 提高输配电网的设备可靠性带来的经济效益（渗透率 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
B	99.86327	99.8646	99.8662	99.8672	99.8684	99.8696	99.8707	99.8717	99.8729	99.874
C	14228	22196	32059	40574	50425	60537	71511	81980	94952	107360

²²国家电网公司，坚强智能电网与经济社会发展战略研究总报告，2010 年 6 月

D	50.22	78.35	113.17	143.23	178	213.7	252.43	289.39	335.18	378.98
E	46.5	67.2	89.8	105.3	121.1	134.7	147.3	156.3	167.7	175.5
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
B	99.8750	99.8760	99.8770	99.8780	99.8789	99.8798	99.8807	99.8816	99.8824	99.8833
C	119037	131620	144124	156837	169252	183451	198340	213426	228134	242333
D	420.2	464.62	508.76	553.63	597.46	647.58	700.14	753.39	805.31	855.44
E	180.2	184.5	187.1	188.5	188.3	189	189.2	188.5	186.6	183.5

注：A=智能电网发展情境下，社会用电量（万千瓦），B=供电可靠率，C=损失电量的减少（万千瓦），D=提高输电可靠性带来的损失减少（亿元），E=提高输电可靠性带来的损失减少效益现值（亿元）。

由上表累加计算可得，在智能电网场景发展的低方案中，到2020年提高输配电网的设备可靠性所带来的累计经济效益为1211.4亿元。到2030年提高输配电网的设备可靠性所带来的累计经济效益为3076.8亿元。

4.3.2 减少电网侧的运行维护费用带来的经济效益分析

对于输电网而言，随着智能电网的建设，通信、计算机、自动化等技术在电网中得到广泛深入的应用，并与电力电子技术相结合，极大的提升了电网的智能化水平。调度技术、自动化技术和柔性输电技术的成熟发展，为可再生能源和分布式电源的开发利用提供了基本保障。智能电网的智能化、信息化水平也使得输电网的运行和维护成本费用降低。2009年电网企业单位输配电成本95.46元/千千瓦时，随着中国的输配电及控制设备技术水平逐渐提高会使得成本降低，假定当智能电网建成（渗透率为100%）时，电网的单位输配电成本将为70元/千千瓦时。根据渗透率模型可以得知，到2020年时，输电网的运行和维护成本费用为80.184元/千千瓦时，当智能电网发展到2030年时，输电网的运行和维护成本费用为75.092元/千千瓦时。根据渗透率模型进行计算出每一年的输电系统运行和维护费用，从而计算出减少的燃煤所带来的经济效益，再按照贴现率折算到2011年的现值，算出到2020年由于运行维护费用减少所带来的经济效益。详细计算结果如下表所示。

表 4-12 减少输电网的运行维护费用所带来的经济效益（渗透率 80%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	92.914	90.8772	89.3496	87.822	86.549	85.276	84.003	82.73	81.457	80.184
B	43556	47563	51653	55733	59698	62972	66625	70156	73454	76686
C	111	218	316	426	532	641	763	893	1029	1171
D	103	187	251	313	362	404	445	482	515	542
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	79.6748	78.911	78.1472	77.3834	76.8742	76.1104	75.8558	75.6012	75.3466	75.092
B	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
C	1250	1357	1465	1574	1660	1786	1872	1957	2040	2115
D	536	539	539	536	523	521	506	490	473	454

注：A=维护成本（元/千千瓦时），B=智能情景下的用电量（亿千瓦时），C=节省的维护费用（亿元），D=节省的维护费用现值（亿元）。

归纳起来，在智能电网场景发展的高方案中，由于智能电网的发展，到 2020 年减少输电网的运行维护费用所来的累计经济效益为 3604 亿元。到 2030 年减少输电网的运行维护费用所来的累计经济效益为 8721 亿元。

表 4-13 减少输电网的运行维护费用所来的经济效益（渗透率 50%）

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	93.6778	92.914	92.0738	91.4882	90.8517	90.21524	89.0848	88.08482	88.4075	87.822
B	43556	47563	51653	55733	59698	62972	70156	73454	73454	76686
C	78	121	175	221	275	330	447	518	518	586
D	72	104	139	162	187	208	242	259	259	271
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	87.26188	86.26188	86.1671	85.6324	85.1232	84.61404	84.1303	83.6465	83.1882	82.73
B	79217	81989	84613	87067	89331	92279	95509	98565	101423	103857
C	649	718	786	856	923	1001	1082	1164	1245	1322
D	278	285	289	291	291	292	292	291	288	284

注：A=维护成本（元/千千瓦时），B=智能情景下的用电量（亿千瓦时），C=节省的维护费用（亿元），D=节省的维护费用现值（亿元）。

归纳起来，在智能电网场景发展的低方案中，由于智能电网的发展，到 2020 年减少输电网的运行维护费用所来的累计经济效益为 1872 亿元。到 2030 年减少输电网的运行维护费用所来的累计经济效益为 4753 亿元。

4.4 智能变电带来的经济效益分析

智能变电的经济效益是评价智能电网总效益的一个中间环节。智能变电的效益主要体现在智能化变电站、智能变压器更新、改造的建设、运行两个方面。

4.4.1 智能变电的投资效益分析

智能变电站的运行投资效益分析主要包含三个方面：

（1）变电站固定资产智能化投资

变电站的智能化投资是指对原有变电设施的智能化的新建、改建和扩建所进行的固定资产投资。智能变电站在的优化选址、小型化及其智能化运行、自愈监控设备方面具有明显优势。

□智能化变电站的优化选址及其扩容

智能变电的优化选址与常规的选址不同，智能变电站的功能复杂，是融合主电网、地区电厂、微电网综合配置功能于一身的复杂型智能变电站。其建设周期、建设成本、运营成本都将因为智能化改造发生改变。图 4-1 表示智能变电的技术优势。

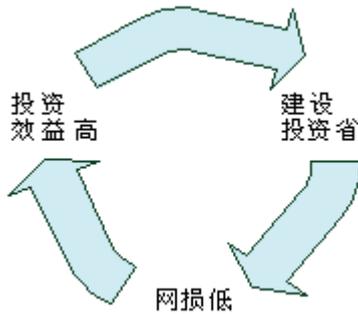


图 4-1 智能变电的技术优势图

从建设周期看，智能变电站的投资将在智能电网的新标准下运行，从规划、设计、评估、施工都遵循智能变电的新标准，节约、高效、智能控制将成为新标准的目标要素。

在智能化的技术原则确定后，应该根据智能配电网规划确定各具体项目布点，认可何处必须设置某项功能，并核对该点的智能配电网设备是否具备与智能化要求相匹配的功能。例如：为监控智能配电网的电压质量，需要在变电所的主变压器母线上设置电压监视点，并对主变压器的分接开关位置的反馈信息，故虽然有电压监视信息可反馈，但缺分接开关位置信息，这时就需要更换为有开关位置信息反馈的可遥控开关位置的装置。

具体项目的布点应标明在相应智能配电网规划的图纸上，最理想的是标明在地理信息系统的配电网图上。

智能配电网投资在整个电力系统及其整个基础设施工程中占了很大的比例，智能配电网规划的优化将会带来可观的经济效益。在未来智能电网的配电网规划工作中，智能变电站站址的选择是十分重要的，它关系到整个配电网建设的经济性和运行的可靠性。由于现有的变电站大部分都是几十年前根据电网的负荷分布及电源状况规划建造的，未来在智能电网中由于大量的分布式电源的接入，以及大型电动汽车充电站接入电网，瞬时大功率及谐波电流进入电网将对配电网产生很大影响，原有部分变电站虽然可以经过智能化改造，但是原有的变电站的布局也不适应新的电网结构，因此在发展智能电网的时要需认真考虑优化智能变电站的布局和扩容策略。

关于配电网的变电所选址，一般都是用变电所与负荷点之间的直线距离来等效电源与负荷点之间的实际距离，而在实际布线中，架空线或电缆一般都是沿道路敷设，即电源到负荷点的线路不可能完全是直线。这样，其优化程度将大打折扣。在进行变电站的规划时如果能够将折线问题考虑进去从而可以提高变电所选址的科学性，同时也提高了经济效益。

表 4-14 为上海某一规划区占地面积 29km，负荷预测 55.4 万 kW，在充分考虑了实际线路曲折因素时，经过优化选择显示出较好的经济效益。

表 4-14 上海某规划区经过优化选址获得的经济效益

	优化前	优化后
年运行费用（万元）	115.5	112.0

来源：《供用电》第 22 卷第 1 期 2005 年 2 月，P4-P6

在规划新区建设电动汽车充电站时除了满足服务半径，城市规划，车流量等因素外，还应该考虑如何高效的利用有限土地资源，和降低充电站对电网的影响。因此，把充电站跟变电站建设在一起，或变电站尽量靠近充电站不但能达到上述要求，还可以达到良好的经济效益。

□智能变电的优化运行

智能变电的优化运行将与六大智能系统相关：

➤ 输电网的 EMS 系统。

将原来在发电环节运行的 EMS 集中控制系统扩展至变电设施，进行多电源、多流向的配电智能调度控制，使变电装置在节能、效率、安全的环境中发挥出最大的经济潜力。

➤ 配电网的 GIS 系统。

将变电设施的 GIS 扩展，进一步完善将变电站的无人值守功能，并将其拓展到故障定位、配电网重构等智能化，最大可能地发挥变电设施的生产管理潜力。

➤ 计量遥测系统。

➤ 大客户负荷管理系统。

➤ 配变监测系统。

➤ 配电生产管理系统。

智能变电系统将优化设计，达到节能、节约占地资源、便于安装、便于维修、智能控制的角度，从缩短故障处理时间；附加类似于输电网的 SCADA 系统手段，深入开展运行方式优化、停电转供、故障处理等调度工作；为配电网改造、规划和管理提供基础平台，已大幅提高配电网管理和电能质量的水平。

智能变电 SCADA 功能要求：

➤ 数据采集子系统

➤ 数据采集

➤ 数据处理

➤ 事项及告警处理

➤ 遥控功能

➤ 分区分流

➤ 基于地理背景图的 SCADA 应用

➤ 系统多态组合运行

➤ 网络模型动态管理

通过智能变电中央控制系统进行信息整合、网络拓扑、潮流计算、负荷预测、安全经济运行分析及其专家系统，以此促成智能配电网的集成运营分析、基于 GIS 图形分析的变电设施的集成应用，达到改善变电现场工作管理和提升变电站生产管理水平。

□自愈变电设施的投资效益

按照中电联统计部的数据显示，2010年全国35kV及以上的普通公用变压器39552座，71308组，其铭牌容量共有315899万kVA；2010年全国35kV及以上自备变压器18969座，41709组，其铭牌容量共有45843万kVA。其余各年度数据如表4-15所示。

表4-15 2010年全国35kV及以上的普通公用、自备变压器统计表

A	数量								铭牌容量			
	座				组				万kVA			
年份	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
B	33817	35666	37637	39552	62084	62991	74588	71308	209678	243304	283573	315899
C	14016	14786	17660	18969	33771	35610	50522	41709	32765	36564	41198	45843
D	47833	50452	55297	58521	95855	98601	125110	113017	242443	279868	324771	360742

注：A=单位，B=公用，C=自备，D=合计。

资料来源：中电联统计部《电力工业统计资料汇编》各期

智能变电站投资的效益表现为无人值守变电站对土地占地、对人工成本的节约、提升变电站的可靠性所获得的效益。具体来说有节约财务支出、提高供电企业的安全和效益、改善企业和社会和用户中的形象及提高用户满意度等效益。

（2）智能变电站是可再生能源入网的基础设施投资

可再生能源在配电侧入网的基础设施是智能变电站的功能，其效益表现为入网份额。按照规定，可再生能源入网达到15%的比例，这部分效益是需要通过智能电网建设才能获得。

通过智能变电获得可再生能源效益主要表现在两个方面，其一是对可再生能源的电源进行母线预测，从而为获得这部分清洁能源提供通路，但是，目前通路建设可以通过配电网建设投资完成，但是运营方面仍然存在一些障碍，如北京顺义110kV变电站对接纳风电场售电，年度600万kWh线损电量需要电网承担，这里需要在智能电网政策制定上加以关注；其二是调控，可再生能源的正常发电是需要常规能源，比如与煤电、水电和燃气发电机组进行“打捆”运行，以摆脱风能和太阳能等的间歇性。变电系统可以通过智能化和自动化功能在所在的变电工区范围内获取适配的容量、无功与电压，保证配电网的稳定频率，以促成地区内或地区间的可再生能源成功“打捆”。

从效益的角度看，智能电网亟待进行新能源并网的投资，如风电和太阳能发电的并网设施投资、运行维护投资、

（3）变电设施的自愈投资效益

智能变电站是电力系统的安全性和效益的保证，高效的事故响应和快速恢复需要建立电力系统的智能化自愈功能——其效益表现在对配电网运行安全的信息化响应所需设施的投资上，通过这些设施获得电网完全经济运行、及其事故快速响应之后的恢复能力，由此可以减少电网停电的面积和线路，从而降低损失。但是在未规定停电补偿价格的地区，评估智能变电的效益为时尚早。

□ 智能变电站

智能变电站作为坚强智能电网建设中的核心内容之一，是智能电网的重要组成部分，也

是实现风能、太阳能等新能源接入电网的重要支撑。为支撑国家智能电网建成计划，“十二五”期间，国家电网将采用部分新建和部分智能化改造的方式在全国建 5000 座智能变电站。

在配电系统发生故障时，智能变电站可以快速准确的打开配电系统中的某些分段开关隔离故障，同时在不引起过负载的情况下合上某些联络开关把故障线路上的部分或全部负荷转移到其他线路上去，从而起到快速隔离故障和恢复供电的目的。

□ 智能变电站投资成本的优化

主要体现在几个方面：

首先是一次性投资成本上的效益，占地面积少，基建投资少；实现信息集成化应用和共享，设备的重复性投资少；由于系统集成度高，大量的调试工作在工厂完成，大大缩短现场调试时间。新近建成的 750 千伏延安智能变电站占地 183.63 亩，工程总投资 5.8 亿元，与常规变电站相比，工程建设经济效益、社会效益和环境效益显著，变电站建成投运后，节约占地 5%，节省电能损耗 7%，减少建筑面积 15%，节约全寿命周期建设成本 6%。

表 4-16 智能变电站投资优化统计表

	占地节省	电能损耗减低	建筑面积减少	全周期成本节约
75kV 智能变电站 与常规变电站相比	5%	7%	15%	6%

其次是智能变电站采用数字互感器，传感器体积小，容易集成在一次设备内，或安装在紧靠一次设备现场，节省空间，大大减少土建投资成本；同时，一、二次系统电气上完全隔离，省却了交流电缆代之以光缆，变电站内用于防止故障时产生的传导性电磁干扰二次系统接地铜排将不再需要；保护 / 测控一体化应用、PMU / 故障录波器性能集成应用可有效地减少变电站内硬件设备配置；采用光纤局域网作为通信系统，可减少可观的二次电缆。

最后是整个变电站二次系统具有自我诊断和监视能力，可为运行和维护提供综合、有效的信息，更容易实现远方维修和远方运行控制，实现变电站无人值班，减少系统的运行维护成本。

□ 智能变电站效益分析

➤ 促进一二次变电设备产业融合

智能变电站的大规模建设，将成为我国一二次变电设备产业融合的契机，有利于电工装备制造制造业升级。

➤ 拉动 7000 多亿新增投资

在未来五年建成 5000 座左右的智能变电站后，2016 年-2020 年，我国还将建设 7700 座左右的智能变电站。这将明显促进智能变压器、电子传感器、智能电子控制系统等相关产业的发展。由于智能变电站的建设，至 2020 年，智能变压器将新增总投资 3500 亿元、智能开关新增总投资 2800 亿元、新型互感器新增总投资 900 亿元²³。

➤ 智能操作减少计划与非计划停电时间

²³ <http://news.xinmin.cn/rollnews/2011/08/18/11761208.html>

与传统变电站相比，智能变电站最大的优势在于电压更稳，减少故障发生。若出现故障后会立即报警，并及时准确地找到故障源。同时，还能减少不必要的计划停电、重复停电，强化转供电管理，减少客户的平均停电时间，每次计划停电时间缩短 1/3²⁴。据计，2011 年夏天的电力缺口为 3000 万 kW，峰时为夏季最热的 8 天，峰时电价 0.85 元/度，每天峰时按 12 小时计算，则采用智能变电站能减少 8.16 亿元的停电损失。

上述智能变电的三大可期待效益可以按照 VOLL 价格和成本进行测算。如公式（4-1）所示。

$$\sum_j (\lambda + \rho_{newable}^j) q_{newable} + P_{voll}^j q_{int\ erp} + P_{tariff} \Delta q \quad (4-1)$$

其中：

- λ ——指各配电网之间的转运费；
- $\rho_{newable}^j$ ——该配电网的可再生能源发电上网平均电价；
- P_{voll}^j ——该电网可中断电价；
- $q_{newable}$ ——该配电网可接受的新能源发电量；
- q_{voll} ——该配电网可中断电量；
- Δq ——智能配电网改造后的新增电量。

智能电网改造之后的新增电量将可以从 1998 年开始的城网和农网改造得到相应的售电量改善结果。按照各期中国电力统计年鉴的数据显示，我国电网各年人均用电量见 4-17。

表 4-17 我国各年度人均用电量统计表

年份	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
A	439	459	494	543	589	624	694	737	763	773	815
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A	915	995	1096	1206	1437	1632	1889	2108	2240	2742	3135

注：A=电量。

资料来源：中电联统计部《电力工业统计资料汇编》2010

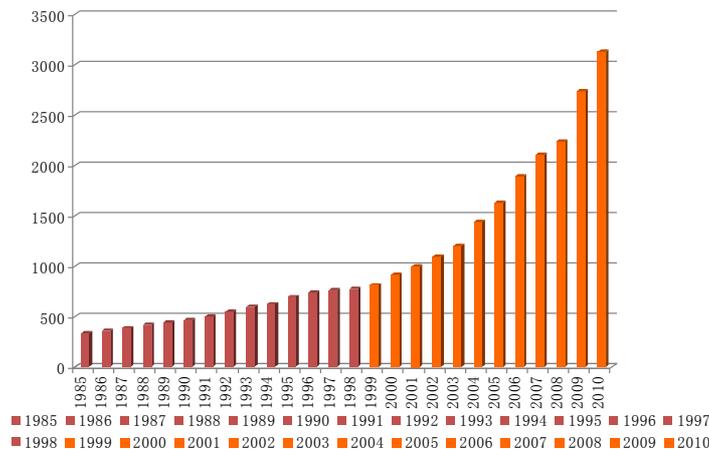


图 4-2 我国电网各年人均用电量

人均电量表明我国电力消费的规模迅猛发展状况，继 1998 年城市和农村电网改造之后，

²⁴ http://www.dayoo.com/roll/200912/25/10000307_100665752.htm

电力消费从数量上得到改善，1999年之前的人均电量的趋势线是20度的平缓增长型曲线，而在1998年开始的大规模城、农网改造之后，我国人均电量趋势线陡然呈现约60度的坡度上升。

然而，随着生产、生活用电的扩大化，能源、资源和环境的强约束已经显现，从2010年开始新一轮电力短缺显现，电力工业的简单在生产、上规模的发展方式不可持续，亟待通过智能电网将促进电力消费由数量向质量转变。提升电力消费的质量主要表现在电力可靠性、实时性、响应性和效益性四个方面。

4.4.2 智能变电运营的效益分析

通过变电设备的智能化投资，可以改善电网的可靠性，直接效益是减少停电损失，减少配电网的年度熔断器等设备和材料损失成本、降低维修人工成本。按照某市每年的迎风度夏专项成本3000万元测算，月度成本约为1000万元，年度运行维护成本将达到1.2亿元，通过物联网的运营维护工作，还可以将原来电网一家公司负担的维修工作转移成社会化大生产的专业化协作方式。例如，发电集团的检修公司的成立，既解放了检修生产力，提高检修质量，重建定额、物料管理，从而降低了配电网的检修、运维成本，大约降幅在10%左右，（注：未找到电网的年度维修总费用，仅用了降低幅度）。

4.5 智能配电带来的综合效益分析

4.5.1 智能配电的投资效益分析

（1）追求智能配电投资效益驱动力

从电气化发展趋势观察，世界范围的公用事业必将面临着电力供应短缺的严峻挑战。以城市电网为主的智能配电网建设有四大驱动力：

□ 电网供应的峰谷约束

现代化生产和生活用电使得电能质量和电力可靠性成为智能电网中越来越重要的要素，停电约束和高峰期供电短缺成为中国的一种城市病，作为政府和电网企业工作的焦点，它也是人们希望通过建设智能电网对上述难题加以解决的主要理由。

其次，大量分布式电源的介入成为电网供电的新加入者，分布式电源对电网供电的影响，尤其是由它所引起的多向电流增加了原有电网的可靠性管理难度和较大新增投资：

□ 电力需求的市场压力

电力公司削减成本和改善收益的经营目标推动智能电网的建设；国有企业税收和利润上缴的制度，对电网企业的技术创新投资增加了一定压力；随着市场经济知识的公平和效率观念的进一步普及，用户对电网企业的服务期望已经大大增加，参与、选择、价格谈判的内驱力也在逐年增加。

□ 电网技术的竞争和发展

随着通讯和电子技术的迅猛发展，低成本高性能的电气设备功效强大，加之增强型的数据管理和IT技术系统，为智能电网建设提供了技术支持。

□ 环境保护与政治的压力

国家法律、法规的逐步完善、人类面临的提高能源效率的资源压力，用可再生能源部分替代化石燃料、接近和了解供电系统的阻力等等都衍生成为一种驱动——建设智能电网、追求开放公平的电能供应系统建设的行动，正在世界各国蔚然成风。

(2) 智能配电投资

智能配电的投资包括配电网线路、配电系统优化运营所需的配电设施的系统资产投资、人工投资及相关线损和成本。主要内容如：开发自动绘图与设备管理系统、馈线切换操作及自动分段、综合电压和无功功率控制、用户电量遥测、负荷监测、配电网停电故障分析和维修管理系统等。在 SCADA 系统、电压控制、配电网故障寻测和自动恢复供电、负荷管理、用户电量动态计费、电网图像监控、电能质量监控等方面等智能化新功能，还需开发 SCADA 系统、动态电网模拟、电网故障分析及自动恢复供电系统、负荷监控管理等功能，保障配电网的高效率运营。

配电智能化的一些功能既需要智能配电网一次设备为其提供信息，又需要一次设备能执行智能化的任务。因此，为了给配电智能化创造条件，智能配电网中的配电设备需要慎重选择配备。

□ 配电设备应具有灵活可靠和防灾型数据采集功能

以往，除了安装在变压所的断路器、变压器等都安装有电流互感器，母线上安装有电压互感器，变压器分接开关安装有控制装置和位置指示器等外，对馈线线路上的分段断路器、分支线跌落熔断器、柱上配电变压器、低压配电线路等都没有特殊的运行数据采集要求，偶尔根据运行需要了解一些运行数据，都采用随机的方式利用临时的携带型仪器测寻一些数据，这样不符合实施配电智能化的要求。因此为了给配电智能化创造条件，安装在馈线线路上的分段断路器、分支线路跌落熔断器等都应配装有电源传感器、定位的电压传感器、断路器位置信号传送装置等；配电变压器应有电流、电压、有功功率、功率因数等数据采集装置；重要的低压线路上也应该设置运行数据的高效可靠和防止各种灾害和突发事件的采集装置。

□ 馈线上的断路器应具有自动投切功能和事故响应装置

安装在馈线线路上的断路器，应配备自动投切的机构以便实现智能化。有些智能化的机构，当通过短路电流后跳闸，依靠预定的时间利用储能的弹簧合闸，如果线路故障未排除，将继续跳闸，有的再经过一定的预设时间后再可以用储能弹簧合闸一次，如果再跳闸就闭锁住了，只有等到正常电源恢复时机构的电动机取得电源后才能再给弹簧储能。有的机构通过设置在断路器一侧的电压互感器摄取合闸电源，有的机构通过附装在机构上的有一定功率的锂电池取得直流合闸电源，使断路器具备自动投切和故障定位于信息响应的能力。

□ 智能配电网的一次接线应力求简易和标准化

为了使得配电网智能化的实施能够做到投资省，应该在保证供电可靠性的条件下简化一次接线，减少一次设备的数量，并尽可能采用标准化的设备，减少设备品种，使在技术上能

最节约地实施智能化。这是配电智能化对一次配电网的很重要的要求。

(3) 智能配电网的自愈功能效益分析

配电网直接面向用户，一般采用辐射性供电方式，其中的任何故障、电能质量扰动都直接影响着对用户的供电质量，因此配电网中的自愈功能有着不同于输电网的特点。智能配电网自愈功能的作用主要表现在以下方面：

首先是减少停电时间与停电次数，特别是避免目前电网大量存在短时停电问题，提高供电质量；

其次是优化电能质量，尤其是抑制电压骤降，提供优质电力；

第三是有效抵御攻击，提高电网防灾防破坏能力；

第四是为用户提供特定要求的“定制电力”，提高服务水平。

智能电网的自愈功能可以带来以下两方面效益。

□ 提高电网供电可靠性带来的效益

提高电网可靠性为电网公司带来的效益主要包括增加电费收入、减少的补偿费用两项。

➤ 增加电网公司电费收入

目前我国城市供电可靠性为 99.9%，用户年平均停电时间为 3.5 小时。智能电网应用后，由于新变配电设备的投入和使用，电网的自愈功能得以展现，电网运行的可靠性大大提高，届时，供电可靠性提升至 99.99%即用户年平均停电时间为 53 分钟。

以 2009 年为基准年，电网供电可靠性为 99.9%，假设从 2011 年开始由于具有极强自愈功能的智能电网的建设，电网可靠性升至 99.99%。2009 年我国用电量为 36587 亿 kWh，以中国智能电网的效益评估和政策机制研究报告预测的 2011 年至 2030 年的全国用电量按照配电网可靠性提高所增加的电费收入公式：

增加的电费收入=（智能电网情景下的配电可靠率—传统电网情景下的配电可靠率）×全社会用电量×平均电价

参考“发改价格（2008）2920 号文件”的全国各省市电价标准，按平均销售电价 0.6 元/千瓦时，过网费平均 0.1 元/千瓦时来计算，则通过可靠性提高为电网增加的年收益如下表 4-18 示。

表 4-18 因供电可靠性提高增加的电费收入 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	3.920	4.281	4.649	5.016	5.373	5.668	5.996	6.314	6.611	6.902
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	7.130	7.379	7.615	7.836	8.040	8.305	8.596	8.871	9.128	9.347

注：A=电费。

➤ 电网公司可减少的补偿费用

考虑停电补偿，按照配电网可靠性提高可减少的补偿费用公式：

可减少的补偿费用=（智能电网情景下的配电可靠率—传统电网情景下的配电可靠率）

×全社会用电量×补偿费用

以可中断补偿费用为 1 元/千瓦时来计算，则实行智能电网后，电网公司各年因供电可靠性提高可减少支出的补偿费用如表 4-19 示。

表 4-19 因供电可靠性提高可减少的补偿费用 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	39.200	42.807	46.488	50.160	53.728	56.675	59.963	63.140	66.109	69.017
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	71.295	73.790	76.152	78.360	80.398	83.051	85.958	88.709	91.281	93.471

注：A=补偿费。

则具有自愈功能的智能电网通过提高供电可靠性可以为电网公司带来的经济效益为增加的电费收入、可减少的补偿费用二者之和。详见表 4-20。

表 4-20 提高供电可靠性获得的经济效益 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	43.120	47.088	51.137	55.176	59.101	62.343	65.959	69.454	72.720	75.919
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	78.425	81.169	83.767	86.196	88.438	91.356	94.554	97.580	100.409	102.818

注：A=效益。

电网企业各年因提高供电可靠性获得的经济效益如表 4-21 示。

表 4-21 提高供电可靠性获得的经济效益（2030 年智能电网渗透率 80%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	10%	18%	24%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
B	4.31	8.48	12.27	16.55	20.69	24.94	29.68	34.73	40.00	45.55
C	3.99	7.27	9.74	12.17	14.08	15.71	17.32	18.76	20.01	21.10
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	62%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	79%	80%
B	48.62	52.76	56.96	61.20	64.56	69.43	72.81	76.11	79.32	82.25
C	20.85	20.95	20.94	20.84	20.35	20.27	19.68	19.05	18.38	17.65

注：A=渗透率，B=效益，C=折现值。

以折现率 8% 计算，则到 2020 年获得的累计效益可折现为 2010 年的 140.15 亿元，到 2030 年获得的累计效益可折现为 2010 年的 339.11 亿元。

□ 减少维护和故障维修的费用（注：第一期报告是将这部分考虑在配电网中）

随着电网停运次数的减少，电网将不需要承担电网故障停运后的维修费用，同时，电网发生故障的快速恢复能力的不断提高，它的自愈与重构能力也减轻了电网的维护费用。2007 年发生一般电网事故 27 起，一般设备事故 75 起；2008 年发生一般电网事故 23 起，一般设备事故 32 起，当可靠率提高到 99.99% 的目标。可以判断，智能电网建设，提升电网对事故的响应能力，从而在平均意义上讲，年度可减少电网事故 18 起、设备事故 27 起以上，减少年度维护和维修费用约 40 亿。考虑智能电网渗透率，可以得到自愈功能带来的各年减少运

行维护费用值如表 4-22²⁵所示。

年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	10%	18%	24%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
B	6	10.8	14.4	18	21	24	27	30	33	36
C	5.56	9.26	11.43	13.23	14.29	15.12	15.75	16.21	16.51	16.67
年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	62%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	79%	80%
B	37.2	39	40.8	42.6	43.8	45.6	46.2	46.8	47.4	48
C	15.95	15.49	15.00	14.50	13.81	13.31	12.49	11.71	10.98	10.30

注：A=渗透率，B=效益，C=折现值。

以折现率 8%计算，则到 2020 年获得的累计效益折现为 2010 年的 134.04 亿元，到 2030 年获得的累计效益可折现为 2010 年的 267.58 亿元。

由表 4-21 和表 4-22 可算得，电网公司可获得的得益于智能电网自愈功能的经济效益如表 4-23 示。

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	10%	18%	24%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
B	9.55	16.53	21.17	25.40	28.37	30.83	33.07	34.97	36.52	37.77
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	62%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	79%	80%
B	36.80	36.44	35.94	35.34	34.16	33.58	32.17	30.76	29.36	27.95

注：A=渗透率，B=效益。

以折现率 8%计算，则到 2020 年获得的累计效益可折现为 2010 年的 274.18 亿元，到 2030 年获得的累计效益可折现为 2010 年的 606.68 亿元。

由表 4-23 可看出，到 2020 年，得益于智能电网的自愈功能，电网公司共可获得 274.18 亿元的经济效益，这还未计及用户满意度等不可量化的效益。

（4）智能配电网的规划

□ 智能配电网规划的依据

智能配电网规划要密切服从于配电网发展并为其服务，因此智能化规划必须与配电网相配套而且是配电网规划中的一个部分。

制定配电网智能化规划应该收集下列文件和资料，作为依据：

- 配电网规划；
- 配电网技术原则；
- 监控系统（SCADA）情况；
- 电力系统现有通信网状况及发展规划；

²⁵ 中国智能电网的效益评估和政策机制研究报告（I 期）

- 现有管理信息系统（MIS）情况；
- 现已投运的单项智能化项目情况；
- 研究统一的通信规约；
- 国内外已有商品供应的智能化要求的情况；
- 现有一次及二次设备具备智能化要求的情况。

□ 制定智能化规划技术准则

制定智能化规划之前，作为第一步，首先要根据电网总的技术原则，制定好配电网智能化技术原则。智能化规划将在配电网规划基础上根据智能化技术原则订出具体内容。配电网智能化技术原则主要包括以下内容：

- 制定智能配电网的效益目标。

规划其应当准确地落实效益目标，这既是智能配电网规划的出发点，也是配电网智能化实施后对配电网的一些主要指标，它是电网企业实施配电网智能化的目的。

- 配电网智能化的主要内容及分期实施目标。
- 配电网智能化各具体项目实施的技术原则：
 - 配电网智能化各具体项目采用的技术方案；
 - 各具体项目对相关的一、二次设备的要求；
 - 各具体项目智能化信息传输的通道要求和选择；
 - 配电网智能化的通信规约；
 - 配电网智能化信息的可靠性和效益评估。

□ 确定各具体项目的布点与配电网设备配合

第一阶段，要编制远期的规划方案并完成近期分阶段的规划。

在完成了各具体项目及通道的方案后，可以汇总列出规划的远期目标的总方案，包括各项目的工程量、通道的工程量和投资估算。并根据配电网规划的各时期进度及发展配网智能化技术原则，列出近期分阶段的工程目标、工程量和投资估算。

在编制规划中，必须坚持有长远的整体规划，然后再整体规划的基础编制分阶段的实施计划。避免零打碎敲、缺乏统一的打算或不必要的功能重复，而造成浪费及混乱。

第二阶段，对编制的规划进行效益评估和必要的修正。

编制好的规划应进行效益的综合评估。评估的内容有些是有形的、可以定量表示的，有些却是无形，但是可以用用户的满意程度，企业形象的好坏，社会的完全的影响度和市民对政府的信任度来评估。因此，既要从微观上作出投入产出的比较，认真选择最合理的方案和时间；又要从宏观上衡量对社会，对企业形象的政治上，经济上的效益。对一些项目，必要时应该调整其实施的方案或时间，规模等。

第三阶段，整理编制成正式规划文件

配电网智能化规划是智能配电网总体规划的一个组成部分但又是一个独立的规划章节，因

此正式的规划文件应该能反映配电智能化规划内容及其配电网规划的各阶段的关系。一般规划的正式文件应包括以下内容：

- 分析配电网布局与配电智能化的现状，反映配电网规划的发展对配电智能化的要求。
- 结合配电网实际和发展要求，确定配电智能化发展技术原则。
- 确定规划各期发展配电智能化的功能项目和实施程度。
- 确定分期建设的项目。
- 分期对各智能化实施项目进行协调。
- 估算各规划期需要的投资、设备规范和数量以及工程费用。
- 对工程效益的评估。
- 绘制与配电网规划相匹配的智能化布局图。
- 其他需要补充的技术资料和说明。

4.5.2 智能配电的运营效益分析

智能配电的核心效益主要表现为配电网的电费的各主营业务收入和成本之间的差额。包括资产保值增值效益、主营业务效益及其社会效益。

建设智能电网，将全面升级配电网基础设施，优化提升电网驾驭大规模复杂电力系统的能力，促进电网运行管理和企业经营管理水平的进一步提高，帮助电网企业不断提升运营绩效。

实现配电网智能化需要大量的投资且工作量极大，要根据需要和可能合理地安排发展规划。效益评估的概念，即希望用最合理的投入，包括资金、劳动力和固定资产，取得最有效的效益，包括可节约财务支出、提供供电企业的安全效率或劳动生产率，改进供电企业和社会和用户中的形象，得到更多用户的满意。因此在效益评估的实践中有些是有形的，但最终还是根据是否使更多用户满意来评定。

实现智能配电网智能化后对供电企业的技术有改进，例如：

- 能避免无故停电；
- 能减少故障修复处理时间；
- 能充分有效利用各项运行资源；
- 能提高供电质量；
- 能降低配电网损耗；
- 能有效调整负荷，充分利用发电资源；
- 能准确和有效地管理配电网的各项设备；
- 能改进对用户的应答质量和速度；
- 能提高为用户服务的质量，取得更多用户的满意。

这些技术上的改进将直接反映在效益上，例如：

(1) 节约财务支出

□由于充分发挥了现有设备的作用，可以延迟建设一些项目，这意味着相当于节约了开支；

□减少停电时间，意味着减少了因停电而减少的售电量，减少了少售电损失；

□降低了线损，同时意味着节约了支出。

(2) 提高了供电企业的安全和效益

□确切的安全措施，并通过监控保证了安全措施正确和完善的执行，提高了对供电工作人员安全的保证；

□完善的配电网资料，为提高配电网管理提供了条件；

□较符合实际的负荷估计，使配电网从网外购电计划或外售电计划更精确，减少了不必要损失或增加了售电量；

□合理安排检修，且加强了与现场班组的联系与调配，节约了检修力量。

(3) 改善了企业和社会和用户中的形象

□注意了对公众和用户的安全；

□用户故障报修反应迅速，且对较长停电能提供预期恢复供电时间，使用户做到心中有数而感到满意；

□对用户提出的供电要求能迅速通过遥测、遥调、遥控落实，减少了用户不必要的等待时间，提高了企业内部效率。

(4) 得到更多用户满意

□降低了对用户停电的几率和实际停电时间；

□能为用户提供合格的电能质量；

□通过对用户耗电设备的控制，既降低了用户的电费支出，又减少了用户自行操作管理的麻烦。

智能配电网建设的成本主要表现在通信设备购置及安装费、管理费用、智能管理系统的设备购置安装费和运行维护费。

智能用电给电网带来的经济效益主要有两方面：

一方面，电能传输效率的提高可以带来节能收益，即降低网损率。结合中国实际情况，智能电网建成后，10kV及以下综合线损率平均将下降1.9个百分点。以某单位的年用电量为1000万kWh为例，通过电压和无功优化控制，相当于电网每年可节省送电量约为30万kWh，节能效益按0.42元/kWh计算，每年节省约13万元；

另一方面，需用户与配电侧资源的主动响应可以提高系统运行的平稳性，提高负荷率，增加电网设备资产的使用效率和寿命，减少系统故障率，并在紧急状况下为系统提供有力支撑，从而降低电网运营和建设成本。目前在郑州、三门峡和南阳进行试点应用的工程实践评价报告显示，智能用电管理系统可降低电力运营成本30%以上，提高能源使用效率15%以

上²⁶。首先分析降低线损带来的收益，如表 4-24。

表 4-24 历年全国电力线损统计表 单位：%

年度	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
A	8.64	8.53	8.28	8.18	8.15	8.48	8.18	8.18	8.06	8.15	8.29	8.52	8.73	8.77
年度	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
B	8.53	8.20	7.44 ²⁷	8.10	7.70	7.55	7.52	7.71 ²⁸	7.55	7.15			6.79	6.72
C								9.33	7.92	6.93	6.83	6.76	6.22	

注：A=全国电力线损，B=国网线损，C=南网线损²⁹。

资料来源：中国电力统计年鉴各期

从 1982 年至 1992 年十年间，线损降低 0.35%，而从 1992 年至 2002 年十年间，线损降低 0.77%，在节能减排的大环境中，2002 年至 2009 年降低 0.73%，所以在各区域电网的关口先进计量技术的推动下，我国电网线损将更加明晰，及时，未来 10 年将会在智能电网技术的带动下比较大的降幅。

2009 年全国电网的总平均线损为 6.495%。若将每年综合线损率降低绝对值设计为 0.07%，再在结果上考虑智能电网的技术渗透率，从而得到其预计线损率。可以测量因降低线损带来的电网效益数据如表 4-25 所示。

表 4-25 因降低线损带来的电网效益

年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	6.425	6.355	6.285	6.215	6.145	6.075	6.005	5.935	5.865	5.795
B	1%	1%	1%	1%	1%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
C	6.361	6.291	6.222	6.153	6.084	5.984	5.915	5.846	5.777	5.708
D	34896.70	37339.47	39953.23	42749.96	45742.46	48944.43	52370.54	56036.47	59959.03	64156.16
E	2233.39	2389.73	2517.05	2650.50	2790.25	4453.94	4713.35	4987.25	5276.39	5581.59
F	1340	1433	1510	1590	1674	2671	2828	2992	3166	3349
G	2011~2020 年的总效益现值为 14060.79 亿元									
H	1.25 万亿元									

注：A= $\theta_0(1-t)$ ，B=智能化后线损技术渗透效果 ε ，C= θt ，D=供电量预测/7%/亿 kWh，E=减少线损电量（亿 kWh），F=按均价 0.6 元/kWh/亿元，G=至 2020 年 $PV\Sigma$ ，H=配电线损³⁰。

资料来源：中国智能电网的效益评估和政策机制研究。

其次考虑降低电网运营成本的节约效益，根据《电网及发电检修运维和运营管理成本标准》数据，电网输配电检修运维成本=（变电检修标准成本总额+架空输电线路标准成本总额+电缆输电线路标准成本总额+配网检修标准成本总额+通信检修标准成本总额+变电运行标准成本总额+外包费用）×乘数系数（交、直流公司按 1）×资产新旧程度系数（1）×输电线路长度分档调整系数（1）×地域环境系数（1）。利用仅有数据得到电网年度运营费用如

²⁶ 世界能源金融网

²⁷ 国家电力公司范围线损数据。

²⁸ 电力工业体制改革后的国网和南网分开计算。

²⁹ 2002 年我国电力体制改革后，南方电网经营数据所显示的线损情况

³⁰ 初步按 80%对全网总线损进行折算获得配电网线损

表 4-26:

表 4-26 变电检修标准成本总额

电压等级	公司单位容量标准 (万元)	铭牌 (MVA)	费用(亿元)
A	0.6452	243615.2	15.72
B	0.2875	571600.5	16.43
C	0.2243	700487.5	15.71
D	0.091	392641	3.57

注: A=35kV 变电站, B=110kV 变电站, C=220kV 变电站, D=500kV (750kV) 变电站。

表 4-27 架空输电线路标准成本总额

电压等级	公司单位长度标准 (万元/公里)	长度(公里)	费用(亿元)
A	0.3637	403587	14.68
B	0.4704	288150	13.55
C	0.5406	226129	12.22
D	0.5472	85047	4.65
E	0.6001	630	0.04

注: A=35kV 及 66 架空输电线路, B=110kV 架空输电线路, C=220kV 及 330 架空输电线路, D=500kV 架空输电线路, E=750kV 架空输电线路。

表 4-28 电缆输电线路标准成本总额

电压等级	公司单位长度标准 (万元/公里)	长度(公里)	费用(亿元)
A	0.1393	14001	0.2
B	0.2417	6317	0.15
C	0.3044	1386	0.04

注: A=35kV 及 66 电缆输电线路, B=110kV 电缆输电线路, C=220kV 电缆输电线路。

表 4-29 通信检修标准成本总额

电压等级	公司每座站标准 (万元/公里)	铭牌 (MVA)	费用 (亿元)
A	0.8854	243615.2	21.57
B	1.1891	571600.5	67.97
C	2.1603	700487.5	151.33
D	5.4376	392641	213.5

注: A=35kV 变电站, B=110kV 变电站, C=220kV 变电站, D=500kV (750kV) 变电站。

表 4-30 变电运行标准成本总额

电压等级	公司每座运行标准 (万元/座)	台数(个)	费用(亿元)
A	6.7096	17413	11.68
B	10.2774	8529	8.77
C	20.6756	2379	4.92
D	29.1946	278	0.81

注: A=35kV 变电站, B=110kV 变电站, C=220kV 变电站, D=500kV (750kV) 变电站。

外包费用标准成本总额=(检修运维成本+定员标准×社会平均工资)×5%。

由《2010 国家电网公司年鉴》数据得到国家电网 2010 年员工 153.4 万人，由《2011 中国统计摘要》计算出社会平均工资 36539 元/年。得到外包费用标准成本总额约 57 亿元。

经以上公式和表格数据估算得到国家电网年运行成本为 634.41 亿元。目前在郑州、三门峡和南阳进行试点应用的工程实践评价报告显示，智能用电管理系统可降低电力运营成本 30%以上，提高能源使用效率 15%以上³¹。则每年节约的运营费用为 190.32 亿元。

表 4-31 节约费用效益现值（高方案：2030 年智能电网渗透率为 80%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	10%	18%	24%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
B	17.62	29.37	36.26	41.97	45.34	47.97	49.97	51.41	52.36	52.89
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	62%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	79%	80%
B	50.61	49.13	47.59	46.01	43.78	42.22	39.61	37.15	34.84	32.67
C	848.77									

注：A=渗透率，B=现效益现值。C=至 2030 年 PVΣ

智能用电电网的配电运营成本主要表现在管理费用、智能管理系统的设备购置安装费和运行维护费。由于数据无法得到，我们利用官方公布的数据，进行粗略计算。“十二五”期间，国家电网将投资 5000 亿元，初步建成核心的世界一流的坚强智能电网³²。从表 4-26 得到 2020 年的现值为 1.25 万亿元，每年节约的运营成本 190.32 亿元同样计为收益，到 2020 年现值为 425.17 亿元，则收益现值总额为 1.29 万亿元。

小结

本章主要计算智能电网的电网侧的投资与效益，对电网侧的建设投资与效益进行细化分析，分为智能电网建设的高低方案来计算相应的成本与效益分析，详细值如下：

（1）电网侧的投资分析主要分为 4 个部分，智能电网新建输配电的成本投入，到 2020 年所需总投资成本为 21937 亿元，到 2030 年所需投资成本为 33148 亿元。

（2）智能电网新建输配电所带来的运行维护费用成本，在智能电网建设场景的高方案中，到 2020 年所需要投资成本为 2169 亿元，到 2030 年所需要投资成本为 2816 亿元。在智能电网建设场景的低方案中，到 2020 年所需投资成本为 2267 亿元，到 2030 年所需投资成本为 2982 亿元。

（3）输电设备利用率提高使电网侧成本的减少，在智能电网建设场景的高方案中，到 2020 年减少投资成本为 700 亿元，到 2030 年减少的投资成本是 1259 亿元。在智能电网建设场景的低方案中，到 2020 年减少的投资成本为 307 亿元，到 2030 年减少的投资成本为 602 亿元。

（4）电力系统智能化水平提高使系统的运行维护成本的减少，在智能电网建设场景的高方案中，到 2020 年成本减少值为 35.9 亿元，到 2030 年成本减少值为 40.4 亿元。在智能

³¹世界能源金融网

³²中广网

电网建设场景的低方案中,到2020年成本减少值为16.69亿元,到2030年成本减少值为20.41亿元。

(5) 联网输电降低燃煤成本给电力系统带来可观的经济效益,在智能电网建设场景的高方案中,到2020年降低燃煤成本所带来的累计经济效益为3769亿元,到2030年所带来的累计经济效益为10403亿元。在智能电网建设场景的低方案中,到2020年所带来的累计经济效益为2580亿元,到2030年所带来的累计经济效益为7012亿元。

(6) 提高输配电网的设备可靠性带来的经济效益分析,在智能电网建设场景的高方案中,到2020年所带来的累计经济效益为2322亿元,到2030年所带来的累计经济效益5642亿元。在智能电网场景发展的低方案中,到2020年所带来的累计经济效益为1211.4亿元,到2030年所带来的累计经济效益为3076.8亿元。

(7) 减少输电网的运行维护费用带来的经济效益分析,在智能电网建设场景的高方案中,到2020年所带来的累计经济效益为3604亿元,到2030年所带来的累计经济效益为8721亿元。在智能电网建设场景发展的低方案中,到2020年所带来的累计经济效益为1872亿元,到2030年所带来的累计经济效益为4753亿元。

(8) 智能变电站通过减少不必要的计划停电、重复停电,强化转供电管理,减少客户的平均停电时间,缩短计划停电时间,每年能带来8.16亿元的节电效益。到2020年可累计带来效益75.6亿元,到2030年可累计带来效益165亿元。智能变电运营通过降低配电网的检修、运维成本可获得经济效益0.12亿元。到2020年可累计带来效益1.2亿元,到2030年可累计带来效益2.4亿元。

(9) 得益于智能电网的自愈功能,通过提高配电网供电可靠性及减少维护和故障维修的费用,在2020年、2030年,电网公司分别可获得406.39亿元、863.59亿元的经济效益;到2020年,电网公司可获得1523.67亿元的累计经济效益。到2030年,电网公司可获得经济3629.96亿元的累计经济效益。

(10) 通过优化配电网的运营方式,智能电网因降低线损在2020年可获得3349亿元的经济效益,到2030年,可获得总现值14060.79亿元的经济效益。

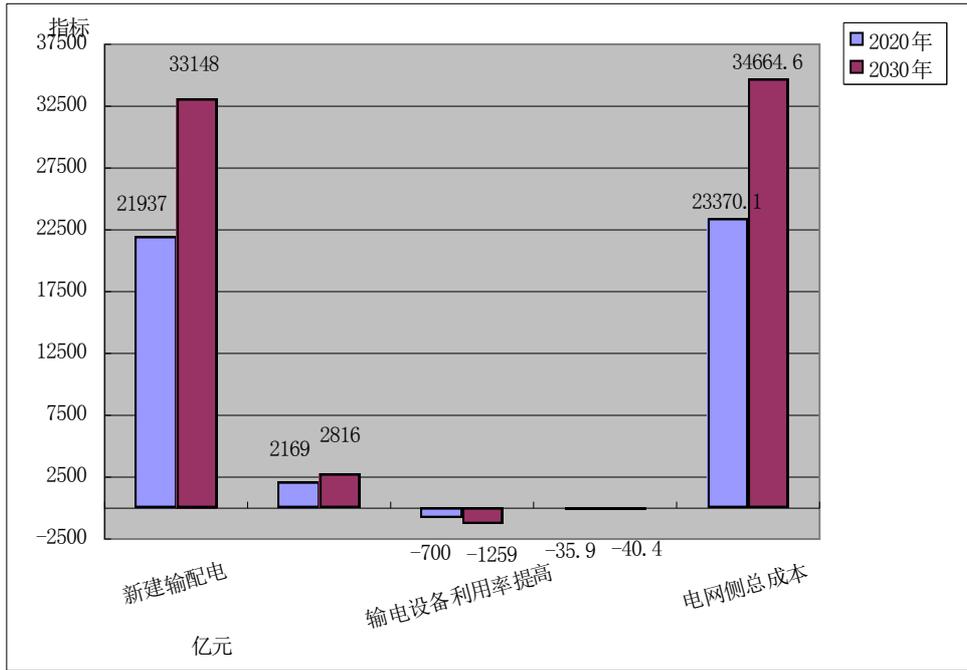


图 4-1 智能电网的电网侧投资成本（高方案）

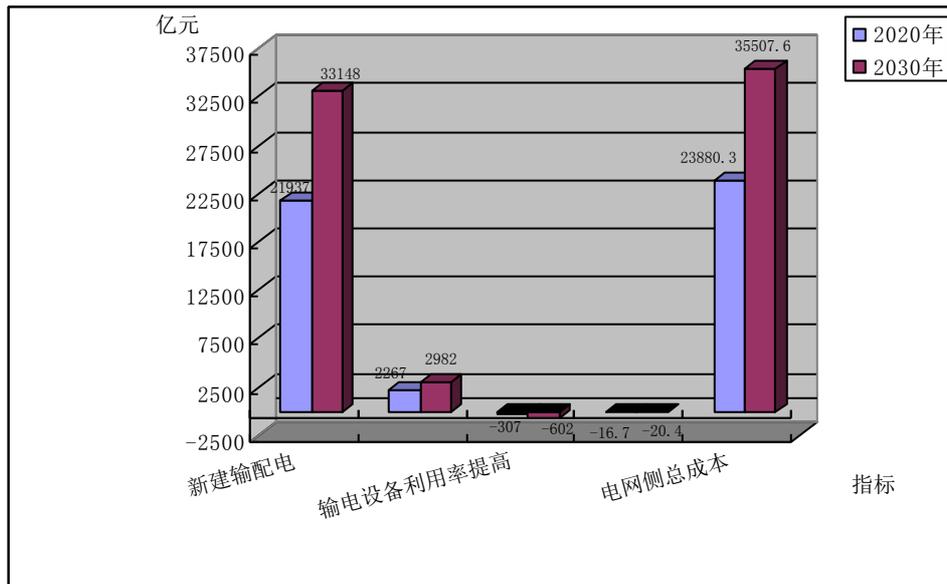


图 4-2 智能电网的电网侧投资成本（低方案）

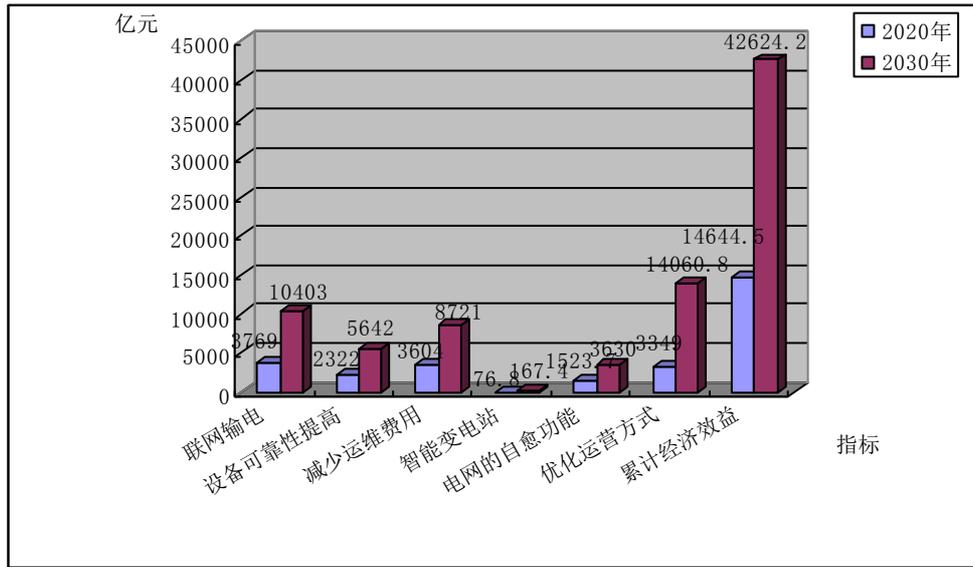


图 4-3 智能电网的电网侧的经济效益（高方案）

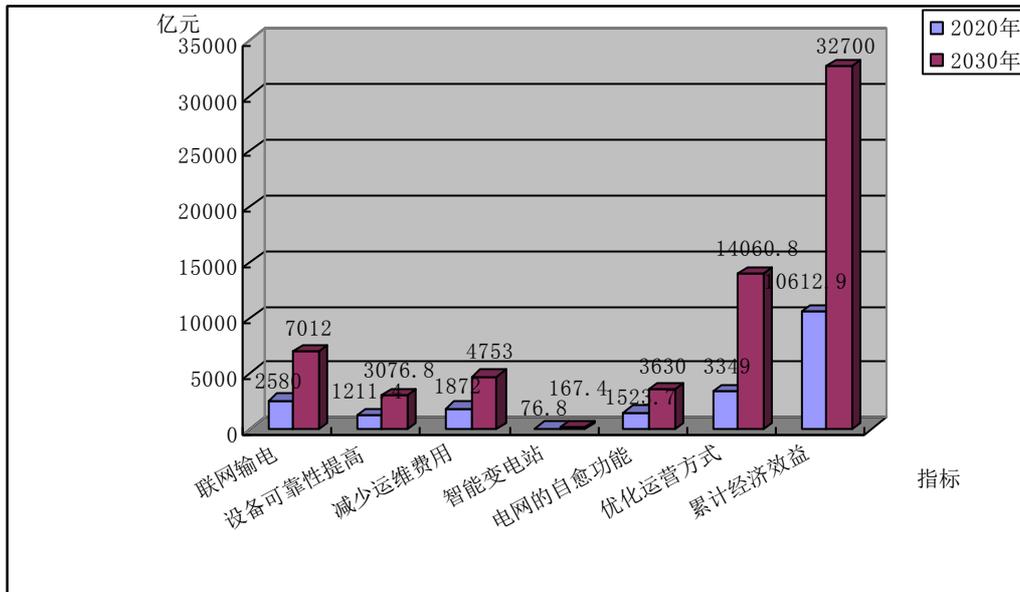


图 4-4 智能电网的电网侧的经济效益（低方案）

电网侧包括输配电网在整个电力网产业链中居于中游位置，其包含的部门和涉及的相关利益者繁多。由以上分析明显的看出，在整个智能电网的电网侧的投资中由于发电侧新增装机所引起的输配电设施的投资占有很大的比重，这些投资主要是用于发电侧电量的输送。其所获的效益对各方面来说相对比较均匀，在智能电网建设的高方案中，到 2030 年累计投资 34664 亿元，其所获利益到 2030 年累计为 42624 亿元，其收益比为 1.23。电网侧的主体是各大电力公司，但是在电网侧加大投资建设智能电网的同时，将会使得社会、政府、用户以及设备制造商都能获得巨大的效益，这包括推动社会发展的经济效益，实现能源优化管理的节能减排效益和促进可持续发展的社会效益，具体的利益相关方获得效益如下：

(1) 电网企业

电网企业是智能电网建设及推动电网技术进步的核心部门，对智能电网的贡献也很大，这其中包括智能调度技术、特高压输电技术、灵活输电技术、智能变电站技术，使得电网凸显出自动化、信息化、互动化。

在电网侧，高压直流输电以及特高压交流输电已经构成了我国特色坚强智能电网的重要组成部分，特高压输电和高压直流输电等大型输电工程的建设都是由电网公司投资兴建的。智能电网的发展，将会全面升级输配电网基础设施，优化提升电网驾驭大规模复杂电力系统的能力，需用户与配电侧资源的主动响应可以提高系统运行的平稳性，提高负荷率，增加电网设备资产的使用效率和寿命，减少系统故障率，并在紧急状况下为系统提供有力支撑，从而降低电网运营和建设成本。

（2）社会政府

政府作为智能电网各个环节的积极推动者与组织者，对电网侧的发展进行积极引导与监督，保证整个稳定的运行。在环保、新能源、水、电、气等公共事业和社会保障各方面的工作将会更加便捷、高效，尤其是在节能管理方面的激励和监管业务大幅提升，可以利用智能电网推进能效管理和节能激励。政府将利用智能电网领域的发明创造和产品创新，增加本地区的就业、增加税收、组织劳动力转移，形成地区经济发展的新增长点。

（3）设备制造商

智能电网建设为清洁能源发电设备制造业提供了巨大的市场需求；同时，智能电网需要各类电源最大限度地参与电网调峰，以推动可再生能源的发展，促进节能减排，优化能源资源配置。坚强智能电网建设规划也为特高压设备商提供了巨大的市场需求，高压直流输电以及特高压交流输电成为电网公司重点的建设投资工程，这必将为相关的设备商提供巨大的经济需求。

智能电网技术在电网侧的应用，使得各相关利益方都获得巨大的效益。为了保证社会经济的可持续发展，本报告提出相关的政策及建议：

（1）从政府的角度出发，由于以前对电网侧的认识不足，资源配置能力不足，发展方式亟待转换。电网不仅是新能源的传输平台，而且是能源优化配置的载体，具有网络市场功能，是现代化综合运输体系和网络经济的重要组成部分。但电网企业对电网侧的投资，比如特高压输电建设、直流输电、灵活交流输电等项目，收益的是全社会和电力用户，同时也为发电侧的能源的输送困境找到解决的路径，建议国家有关部门站在推进智能电网建设这一国家发展战略的高度，加大财政扶持力度，优化税收减免费用政策和投融资政策，设立专项基金，提高电网公司实现跨区联网的积极性，使跨区联网得以早日实现。同时对输配电网的建设，比如在占地方面给予一定的支持，不但国家去支持，地方各级政府也要大力去支持。

（2）从电网企业和设备供应商的角度出发，在特高压交直流领域实现全面产业化，在智能化电网装备领域取得突破，节能环保型电网装备大量应用，形成智能化设备市场。变压器行业向全面国产化、智能化、节能环保化、产业集约方向发展，高端产品市场占有率提升；

开关类行业向全面国产化、智能化、无硫低耗化发展，扩大高端市场占有率。

电网企业本身应该借助科研单位和高校的力量，加大技术创新，积极寻找技术的突破口，借助智能电网建设，继电保护、电网监控、安稳控制、电网调度等传统优势产业将在全球首先应对并解决智能电网面临的技术难题，全面提升技术水平和智能化程度，并凭借超大规模电网运行经验，引领国际相关行业发展。

5. 智能电网的用户侧投资与效益分析

主要是从用电侧响应的角度对电网经济效益的影响方面来阐述在智能电网发展中成本与效益评估及其指标体系。

5.1 用户侧智能化投资分析

根据某省会城市的局域电网用电营业的一次性智能化用电 MIS 系统的投资现值 200 万元推算,城市整体复利终值投资约为 1270 万元,全电网这一部分的年度总投资将为 3810 万元。已知 2010 年全社会用电量为 41999 亿千瓦时,按 2011 年第二季度中电联已公布的全社会电量增速数据为 11.78%计算,2011 年全社会用电量预计达到 46946 亿千瓦时计算,用户端配电服务投资的单位度电智能化投资约为 0.0812 元/千瓦时。所以,建设智能电网所需的投资可以提升服务质量,相关的电能成本和服务成本将有一个增加,优质优价的效益回报是可行的。

5.2 先进计量带来的经济效益分析

5.2.1 先进计量体系定义及特点

先进计量体系(advanced metering infrastructure AMI)是一个用来测量、收集、储存、分析和运用用户用电信息的完整的网络处理系统,由安装在用户端的智能电表,位于电力公司内的量测数据管理系统和连接它们的通信系统组成;是建立在可靠的通信网络、计算机信息技术基础上的一种量测技术,具有双向计量、双向互操作的特性。它在中国的发展与应用需要与物联网技术、智能家居、三网融合等方向的双向计量发展紧密结合起来。家庭发电(储能)上网销售、环保的电动汽车充电、便捷的预付费服务、智能家居时代的到来等等这些应用都得益于 AMI。

5.2.2 先进计量体系功能

根据国内外相关参考文献,从相对宏观的角度看,AMI 的主要功能为以下方面:通过与用户的交互改进对用户的服务,停电管理,窃电监测,远程连接,断开用户,供电电能质量管理,负荷预测,远程改变测量性能参数,远程升级智能仪表和智能用电设备软件,支持各类需求响应,智能型电、水、燃气或热的计量测试仪表双向通信,能预付费购电及其他生活需量,可发布电价高峰/紧急故障等事件通知,等等。

从相对微观的角度看在目前阶段,服务于 AMI 建设的智能仪表的功能设计,体现了 AMI 应具备的大部分功能,即为以下几方面。

(1)根据不同电压等级的电能质量标准,监测反映电能质量的电压电流幅值、频率及谐波含量,提供电能质量评估结果;

(2)提供更多更精确的用户数据,包括实时用电、发电(风电、太阳能光伏发电)情况,并将其记录保存,以便统计分析;

(3)使用户可根据电价变化选择用电时间,利用自己的分布式发电和储能设备参与削峰

填谷，变被动的电能消费者为配电控制的积极参与者；

(4)通过加装终端显示装置如智能电表显示屏或用户智能终端显示器，实现向用户提供电费、实时电价等信息，使用户根据实变的电价，在相关智能控制软件帮助下制定用电方案，并实现该方案的价格选择和供电方式优化；

(5)对停电、智能电表无法正常使用等故障，实现自动记录并发送至数据处理中心，为分析故障提供数据支持；

(6)在遵守智能电网通信协议条件下，通过有线或无线网络、电话等，实现对智能家居的远程控制；

(7)通过传感器的实时在线测量，为输配电运行管理提供数据支持，并进行检测；

(8)对通信网络安全进行分析，并给出解决方案；

(9)基于电力线载波、无线通信和网络等技术，建立全面、系统的计量测试信息收集体系，并通过综合统计和系统诊断，以地域可视和时间可视方式实现用电状况及电网运行状态的评估；

(10)基于双向信息通信和控制，实现对智能电表的远程设置，方便智能电表功能的更新升级；

(11)通过控制智能开关的开断，实现对供电的远程控制；

(12)基于参数测量技术给供电系统运行人员和规划人员提供更多数据支持，包括功率因数、电能质量、相位关系、设备健康状况、仪表失常、故障定位、变压器和线路负荷、关键元器件温度、停电确认、电能消费和预测等数据；

(13)对用户发出的电能，通过软件自动实现优化配置，并可使用户自行根据电价、费率政策编制时间表，自动控制电能的使用；

(14)以每小时一次甚至更频繁的速率，记录用户消费及其他可能的参数，能每日一次或相隔更短时间，借助通信网络向数据收集中心提供测量结果数据信息。

AMI 的功能渗透在电力系统发电、输电、变电、配电和用电的各个环节，形成包括智能传感器、智能仪表、智能断路器、智能故障指示仪以及智能电力设备并服务于它们正常工作的有机整体。本报告主要分析其在用电侧带来的效益。

面向智能用电的家庭综合能源管理系统是高级计量架构(AMI)的重要组成部分，它利用高级量测、高效控制、高速通信、快速储能等技术，建立强有力的智能用电技术支持平台和双向互动平台，构建电网与客户能量流、信息流、业务流实时双向互动的新型供用电关系，有利于全面提升供电质量和服务水平。其系统如图 5-1 所示。

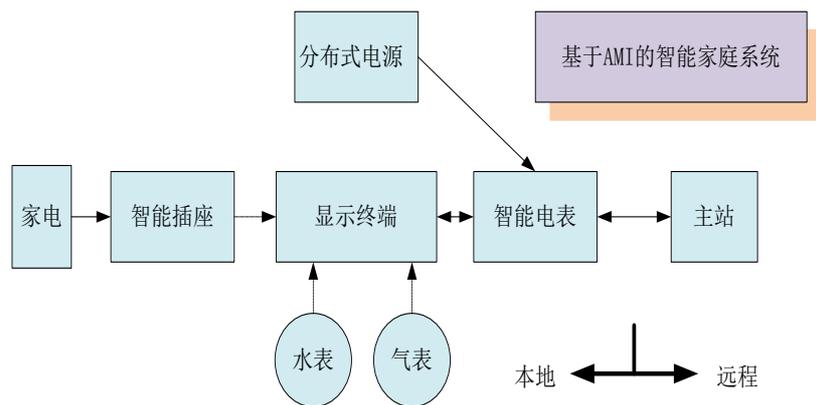


图 5-1 家庭综合能源管理系统架构图

该系统具有如下功能：供丰富的能源信息；具备强大的控制能力；支持可扩展性的金融服务；实现分布式能源的接入。

5.2.3 先进计量体系安装成本

据 Capgemni 提供的北美 AMI 项目实施的费用分布分析，平均每个电表的费用³³见表 5-1。

表 5-1 AMI 项目电表费用

	电表本体	安装费	系统集成及数据库	通信网络费	其他管理费用和开支	总计
费用(美元)	80	10	15	5	13	123

其中，电表本体、安装费、系统集成及数据库为一次投入固定成本，通信网络费及其他费用为每年需要支出的变动成本。按照全国电表大约的总数 2.3 亿户，考虑到 2020 年智能电网渗透率为 80%~90%，则安装智能电表总数量为 0.92 亿块³⁴。以当前 1 美元= 6.388 人民币换算，按照直线折旧法，则在电表的寿命周期（20 年）内，每年的成本为 21.39 亿美元即 136.639 亿元。

5.2.4 先进计量体系经济效益分析

(1) 先进计量体系带来移峰效益

AMI 的 4 个主要组成部分是：智能电表；通信网络；量测数据管理系统(MDMS)和用户户内网络(HAN)。其中 MDMS 将存储终端用户的每日更新的连续的间隔测量值(通常计量间隔：居民用户 1 h，商业和工业用户 5 min，变压器表计 15 min，中压馈线表 5 min)，因此，可以取得前所未有的大量的详细系统信息(电表计量和报警信息)；根据不同的项目实验，HAN 措施可降低峰荷 5%³⁵以上，这个数字对于全国日益增长的最大负荷效益十分可观。

2009 年，全国统调用电最大负荷合计为 51968 万 kW（出现在 8 月），比 2008 年增长 10.6%，高于全国统调用电量增速 3.3 个百分点。6—8 月，全国统调最大用电负荷分别同比增长 8.5%、9.8%、10.6%，负荷增速明显提高；10—12 月，全国统调最大用电负荷分别同

³³栾文鹏. 高级量测体系[J]. 南方电网技术, 2009,3(2):6-10.

³⁴中国智能电网的效益评估和政策机制研究.

³⁵栾文鹏. 高级量测体系[J]. 南方电网技术, 2009,3(2):6-10.

比增长 15.4%、28.9%、24.1%³⁶。2009 年各电网统调最大负荷及应用 AMI 后通过 HAN 可降低的峰荷值如表 5-2 所示。

表 5-2 2009 年各电网统调最大负荷及得益于 AMI 的峰荷减少值

电网	最大负荷 (万 kW)	减少峰荷 (万 kW)	电网	最大负荷 (万 kW)	减少峰荷 (万 kW)
全国合计	51968	2598.4	其中：天津	868	43.4
华北区域	12915	645.75	河北南	1986	99.3
京津唐	4003	200.15	山西	1826	91.3
其中：北京	1454	72.7	蒙西	2150	107.5
山东	3886	194.3	辽宁	1928	96.4
华东区域	14400	720	吉林	806	40.3
上海	2379	118.95	黑龙江	957	47.85
江苏	5273	263.65	西北区域	3808	190.4
浙江	3713	185.65	陕西	1153	57.65
安徽	1597	79.85	甘肃	900	45
福建	1911	95.55	青海	507	25.35
华中区域	9463	473.15	宁夏	706	35.3
河南	3185	159.25	新疆	649	32.45
湖北	1916	95.8	西藏	30	1.5
江西	970	48.5	南方区域	9590	479.5
湖南	1466	73.3	广东	6361	318.05
四川	1863	93.15	广西	1240	62
重庆	878	43.9	贵州	1306	65.3
东北区域	3908	195.4	云南	1135	56.75
蒙东	343	17.15	海南	189	9.45

我国每年 8 月及 12 月为用电高峰月，每天的用电高峰时间大约为 8 小时，若以高峰时段可中断电价为 1 元/kWh 计算，则 2009 年因应用 AMI 可获得的经济效益为 124.7232 亿元。

在预测了应用 AMI 后的 2011-2030 年的我国最大用电负荷³⁷后，亦可得到未来三十年的可减少峰荷，详见表 5-3。

表 5-3 最大负荷预测及应用 AMI 后高峰负荷减少值 单位：万 kW

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	69753	76519	83789	91414	98636	104538	111332	117121	122508	127408
B	3487.65	3825.95	4189.45	4570.7	4931.8	5226.9	5566.6	5856.05	6125.4	6370.4
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	131740	136878	141121	145072	148554	153605	159596	164544	169151	173211
B	6587	6843.9	7056.05	7253.6	7427.7	7680.3	7979.8	8227.2	8457.55	8660.6

注：A=最大电荷，B=减少的负荷。

则在 2015 年因应用 AMI 可获得的经济效益为 236.7264 亿元，在 2020 年应用 AMI 可获得的经济效益为 305.7792 亿元。由于高峰负荷的减少有利于电网安全平稳运行，也可减

³⁶数据来源：中国智能电网的效益评估和政策机制研究。

³⁷中国智能电网的效益评估和政策机制研究。

少调峰机组的投入，故该经济效益主要是电网企业受益。

另外，美国加州已完成第一阶段试验性 200 万户小区先进 AMI 安装，初步分析显示节省电力可达 16%-30%。南加州爱迪生公司(SCE)为 530 万用户安装了智能电表，其投资回报率为 22.3%。意大利主要电力运营商于 2001 年安装和改造了 3000 万台智能电表，建立起智能化计量网络，节省了约 5 亿欧元管理成本，折合人民币 50 亿元，并且其客户服务成本降低 40%以上。这些数据也可供参考³⁸。

(2) 先进计量体系相对传统抄表减少的运营维护费

2010~2020 年智能电网建成之后，智能计量的效益主要是变电站和用户实现网上抄表，从而减少建国以来抄表业务的固定和变动成本，如，抄表人工费、抄表器、抄表车等的投资和运营维护费、年度减少约 120 亿的应收账款³⁹。

5.2.5 先进计量体系应用投资效益分析

假设 2011 年开始投入 AMI，从 2012 年开始获得收入，根据表 5-1 数据及 5.2.4 小节内容，可得应用 AMI 的现金流量表如表 5-4 示。

表 5-4 应用 AMI 的现金流量表 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A		303.65	321.09	339.39	356.73	370.89	387.2	401.09	414.02	425.78
B	617.08	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79
C	-617.08	197.86	215.3	233.6	250.94	265.1	281.41	295.3	308.23	319.99
D	-617.08	-419.22	-203.9	29.68	280.62	545.72	827.13	1122.4	1430.66	1750.65
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	1403.92	1602.78	1819.1	2053.68	2305.62	2571.72	2854.13	3150.4	3459.66	3780.65
B	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79	105.79
C	330.39	342.72	352.9	362.38	370.74	382.86	397.24	409.12	420.17	429.92
D	2081.04	2423.76	2776.7	3139.04	3509.78	3892.64	4289.88	4699	5119.17	5549.09

注：A=现金流入，B=现金流出，C=净现金流，D=累计净现金流。

从表 5-4 可看出，2011 年投入 AMI，运营 3 年后累计净现金流量变为正，电网开始盈利。到 2020 年电网累计投资 1569.19 亿元，获得经济效益 3319.84 亿元，净收益 1750.65 亿元；到 2030 年电网累计投资 2627.09 亿元，获得经济效益 8176.18 亿元，净收益 5549.09 亿元。

目前，多数项目的论证时考虑 AMI 的生命周期为 20 年，其成本回收时间 7~9 年。而意大利的 Enel SpA 公司，其预计成本回收期为 4 年。考虑智能电网渗透率并将各年的值折算到 2010 年（以折现率 8%）计算则可得到电网各年的净收益和累计净收益现值如表 5-5 所示。

表 5-5 应用 AMI 的现金流量表（高方案：2030 年智能电网渗透率为 80%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	10%	18%	24%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
B	57.14	16.33	20.16	23.33	25.20	26.67	27.78	28.58	29.11	29.40

³⁸邓桂平,傅士冀,舒开旗,等. 高级量测体系探讨[J]. 电测与仪表, 2010,47(Z1):29-31.

³⁹中国智能电网的效益评估和政策机制研究.

C	-57.14	30.53	41.02	51.51	59.77	66.82	73.89	79.77	84.81	88.93
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	62%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	79%	80%
B	28.13	27.31	26.45	25.57	24.35	23.47	22.02	20.65	19.37	18.16
C	87.85	88.46	88.24	87.60	85.32	84.93	82.67	79.86	76.91	73.79

注：A=渗透率，B=现金流出，C=净现金流。

到 2020 年累计投资与净效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 283.674 亿元和 519.921 亿元，获得经济效益为 803.595 亿元；到 2030 年累计投资与净效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 519.136 亿元和 1355.553 亿元，获得经济效益为 1874.689 亿元。

表 5-6 应用 AMI 的现金流量表（低方案：2030 年智能电网渗透率为 50%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	7%	10%	13%	16%	18%	21%	23%	25%	28%	30%
B	-43.19	7.786	12.714	17.723	23.700	29.892	37.124	43.897	52.139	59.99
C	-43.19	-53.92	-59.00	-51.48	-36.03	-11.11	24.713	70.800	130.46	201.2
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	32%	34%	37%	39%	41%	43%	45%	46%	48%	50%
B	67.745	76.615	85.012	93.562	101.80	111.98	123.37	134.15	144.68	154.9
C	283.80	379.81	488.00	609.64	743.02	891.61	1054.7	1233.9	1426.4	1634

注：A=渗透率，B=净现金流，C=累计净现金流。

到 2020 年累计投资与效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 157.00 亿元和 256.70 亿元，获得经济效益为 413.70 亿元；到 2030 年累计投资与净效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 289.03 亿元和 727.52 亿元，获得经济效益为 1016.55 亿元。

5.2.6 先进计量体系的成本与收益

先进计量体系(AMI)是智能电网的一个重要组成部分，其受益者是整个社会包括国家、供电公司和电力用户。AMI 系统的收益主要体现在后端系统（供电公司的业务系统)上只有将更多的业务及管理流程与 AMI 系统相集成并充分利用 AMI 的特点优化现有业务流程、开展新的业务流程才能最大限度地发挥 AMI 的价值提高 AMI 投资回报率。AMI 可能会给能源销售及客户服务带来一场革命，如图 5-2 所示。

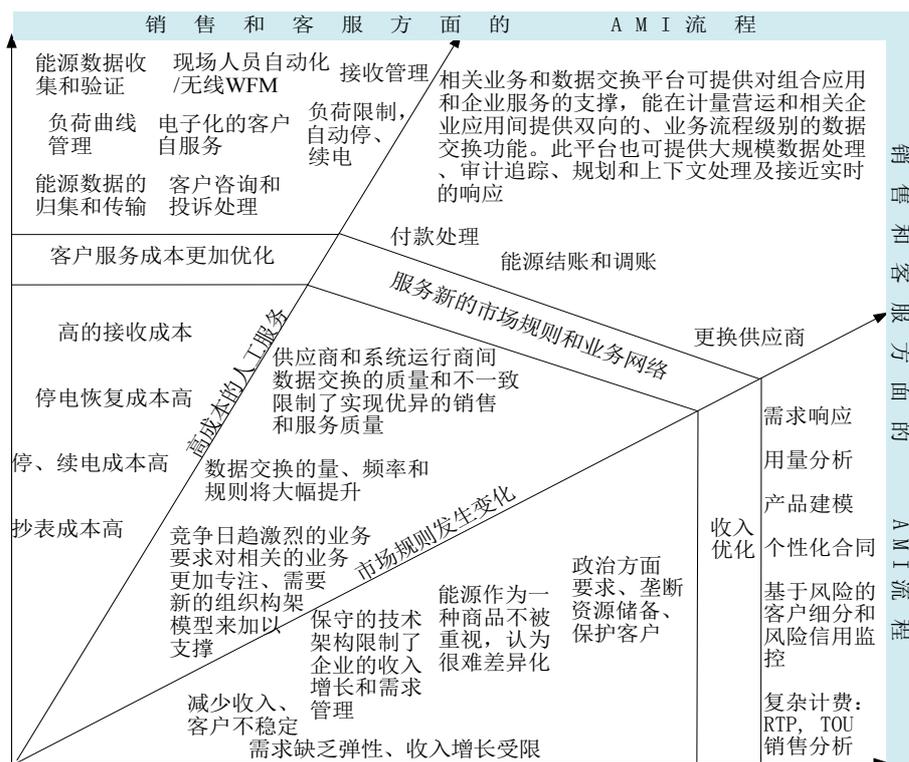


图 5-2 AMI 带来流程变革

5.3 智能用电带来的经济效益分析

智能用电是中国坚强智能电网的重要组成部分。智能用电和电力用户关系最为紧密，智能用电建设的好坏直接关系到电网的能源使用效率，经济运行和有序用电。对电网建设、节能环保、电能质量管理产生深远的影响。

智能用电措施可以调节电网负荷，减少系统对调峰容量的需求，进而减少电网对化石燃料调峰机组的依赖以及降低系统的整体发电能耗，从给定发电投资水平角度考虑，在峰荷时段，智能用电措施有助于降低用户负荷，避免因调峰容量不足造成的系统可靠性以及安全问题，能够更好地满足系统的供电可靠性要求。

智能用电措施通过引导用户科学用电还可以降低用户的电费支出，用户侧智能用电的经济效益主要表现为减少电力用户电费支出。

5.3.1 减少电力用户电费支出

通过实施智能电网，电力用户安装智能电表后，可以随时掌握电价即时信息，并根据自身用电需求，通过手动或控制程序来调整用电设备在不同时段下的用电策略，实施“需求侧响应”。因为高峰时段电价较高，低谷时段电价较低，如果电力用户将高峰时段电力消费转移到低谷时段，就可以减少电费支出。其中，工业用电与居民用电相比，其移峰填谷潜力更大。此外，由于智能电网安全可靠性能更好，将大大减少电力用户的停电频次，降低用户的停电损失；终端用能设备能效提高也可以增加收益。这里主要讨论工业，批发、零售业和住宿餐饮业，生活消费方面智能电网用户端的用电情况。根据中国智能电网效益评估和政策机制

研究报告（第 I 期）数据，若假定智能电网的决策支持功能得到发挥，将使用户用电效率年度提高约 4%，将用户每年节约的费用看作收益，如表 5-7 所示。

表 5-7 用户收益—节约的费用

行业	2008 年电力消费量 /亿千瓦时	电价 /元/千瓦时	能源效率提高	节约的费用 /亿元
A	25388.63	0.7	4%	710.88
B	1017.44	0.8	4%	32.56
C	4396.10	0.5	4%	87.92
D				831.36

注：A=工业，B=批发、零售业和住宿、餐饮业，C=生活消费，D=总计。

资料来源：2010 年国家统计年鉴，中国智能电网效益评估和政策机制研究报告

用户侧采用智能用电的成本主要为相应的设备购置费用及安装费用，对用户来说主要指智能电表以及控制器等器具的购置及安装费用。另外，用户的成本还包括智能用电的管理费用。

资料显示，国家电网公司在北京市丰台区莲香园小区的智能用电服务中服务费为 120 元/年，一台智能交互终端（2399 元）；1 台智能家庭网关（500 元）；3 个智能插座（80 元/个）。设备按照六折收取用户费用，服务费按照八折收取⁴⁰。设备安装购置费总计 1883 元，一次性投入，服务费为变动成本，每年都需要交纳。按照全国电力用户（按电表户数估算）大约的总数 2.3 亿户⁴¹，考虑到 2020 年智能电网渗透率为 80%~90%，则安装智能交互终端总数量为 0.92 亿户。我们假设如下情境：

表 5-8 用户端智能电网设备构成 单位：亿个

	智能交互终端	智能家庭网关	智能插座	总额
A	0.92	0.92	2.76	
B	1324.248	276	132.48	1732.728

注：A=个数（亿个），B=投资额（亿元）。

则可以得到到 2020 年对于用户的总成本费用表，如表 5-9 所示。

表 5-9 用户成本费用表 单位：亿元

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
成本费用	1803.38	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66

若把表 5-7 所得总计看作电力用户智能用电的收益，表 5-8 看作电力用户智能用电的成本费用，可以得到现金流量表，如下表 5-10 示。

表 5-10 智能用电现金流量表 单位：亿元

⁴⁰ <http://www.smartlife.com.cn>

⁴¹ 2010-2015 年中国智能电表行业投资分析及前景预测报告

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A		831.36	831.36	831.36	831.36	831.36	831.36	831.36	831.36	831.36
B	1803.38	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66	70.66
C	-1803.38	760.7	760.7	760.7	760.7	760.7	760.7	760.7	760.7	760.7
D	-1803.38	-1042.68	-281.98	478.72	1239.42	2000.12	2760.82	3521.52	4282.22	5042.92

注：A=现金流入，B=现金流出，C=净现金流，D=累计净现金流。

表 5-10 清楚显示用户在 2014 年的累积净现金流量是正值，表示在 2014 年可以全部回收投入成本并盈利，且静态投资回收期约为 3.37 年。由于用户端的效益主要是服务质量和满意度，所以，这里不便计算经济效益，而是关注投资回收期。

考虑智能电网渗透率则可得到电网各年的净收益和累计净收益如表 5-11 所示。

表 5-11 智能用电现金流量表（2030 年智能电网渗透率 80%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	10%	18%	24%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
B	180.33	12.718	16.958	21.198	24.731	28.264	31.797	35.33	38.863	42.396
C	-180.3	136.92	182.56	228.21	266.24	304.28	342.31	380.35	418.38	456.42
D	-180.3	-187.6	-67.67	143.61	433.79	800.04	1242.3	1760.7	2355.2	3025.7
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	62%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	79%	80%
B	43.809	45.929	48.048	50.168	51.581	53.701	54.408	55.114	55.821	56.528
C	471.63	494.45	517.27	540.09	555.31	578.13	585.73	593.34	600.95	608.56
D	3598.2	4266.8	4981.0	5740.8	6457.8	7301.4	7983.2	8680.2	9392.4	10119

注：A=渗透率，B=现金流出，C=净现金流，D=累计净现金流。

以折现率 8% 计算，到 2020 年累计投资与效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 200.375 亿元和 1401.509 亿元；到 2030 年累计投资与效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 203.329 亿元和 2171.214 亿元。

表 5-12 智能用电现金流量表（2030 年智能电网渗透率 50%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	7%	10%	13%	16%	18%	21%	23%	25%	28%	30%
B	126.23	7.066	9.3977	11.022	12.789	14.555	16.251	17.693	19.572	21.198
C	-126.2	76.07	101.17	118.66	137.68	156.70	174.96	190.47	210.71	228.21
D	-126.2	-104.2	-37.50	74.680	224.33	412.02	634.98	881.78	1186.1	1512.8
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	32%	34%	37%	39%	41%	43%	45%	46%	48%	50%
B	22.752	24.307	25.790	27.274	28.687	30.101	31.443	32.786	34.058	35.33
C	244.94	261.68	277.65	293.63	308.84	324.05	338.51	352.96	366.65	380.35
D	1868.7	2258.1	2673.6	3121	3591.6	4092.6	4613.6	5163.6	5730.6	6324.9

注：A=渗透率，B=现金流出，C=净现金流，D=累计净现金流。

以折现率 8% 计算，到 2020 年累计投资与效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 118.478

亿元和 700.754 亿元；到 2030 年累计投资与效益折现值（折现为 2010 年值）分别为 117.640 亿元和 1357.009 亿元。

5.3.2 提升电力用户的满意度和效益

（1）智能电表带来的节能减排效益

长期以来，中国的电表和电费管理的发展方式一直是通过人工抄表完成，然而随着智能化的发展，智能设备的投入，传统的人工抄表必然会为数据自动采集方式代替。在“全覆盖、全采集”原则下，智能电表的数据采集不需要单独且费用高昂的无线传输、互联网或本地交换载波，而采用电力线传输，能源自给自足，所以，电表控制方面的节能量表示为 ES (c/m)。相应的 AMI 的投入在智能电网投入与效益中占有很大比重。由于减少了人工抄表和抄表车，抄表环节呈现交通节能效益 ES (v/m)，对表计的自耗可忽略不计或者。

从用户端看，智能电表的节能减排效益还表现为智能表自身的功能集成所带来的材料加工节能 ES (m/m)、用户对价格的响应所形成的自觉节能行为的节能 ES (h/m)、智能电表对能源品种响应 ES (e/m)，即通过智能电表，将用户与清洁能源、新能源相连接，实现节能减排。智能电网接入新能源，智能电表的节能减排效益测算是按照全国电表总数，智能电网技术的渗透率不同会产生不同的效益。

用电侧的智能电表集成的节能减排效益主要是对原材料的节省，按照全国电表大约的总数 2.3 亿户⁴²，考虑到 2020 年智能电网渗透率为 80%~90%，则安装智能电表总数量为 0.92 亿块。智能电表总节能计算公式如公式 (6-1) 所示。

$$\sum ES = ES (c/m) + ES (v/m) + ES (m/m) + ES (h/m) + ES (e/m) \quad (6-1)$$

公式 (6-1) 的具体数据难于汇集。经粗略测算，用户侧安装智能电表后，直接可以见到的效益是减少窃电，大约可以节约能源占全国年度线损电量的 1%，所以，按 2009 年全国线损电量统计数的 1%，至少可节能 219 亿 kWh。

（2）智能家居用电服务节能减排效益

智能家居用电服务的节能减排效益是通过电力企业推出的智能电网家庭综合能源系统服务，通过用户的智能开关、智能插座，激励用户的节能用电行为。

经计算，到 2020 年智能用电可累计节约标煤 4.1 亿吨，减排二氧化碳 9.5 亿吨；到 2030 年智能用电可累计节约标煤 8.2 亿吨，减排二氧化碳 19 亿吨。

5.4 实现双向互动带来的经济效益分析

智能电网在用户服务侧加强了电力设施和智能设施这两类基础设施的建设，不仅要求物理系统智能化且要求相关信息管理系统、人机交互系统智能化，为用户提供了双向的选择与互动，同时为电力用户提供可靠和创新的用电方案，帮助他们应对当前和今后的电能挑战，实现电网更高效的服务于用户⁴³。

⁴² 2010-2015 年中国智能电表行业投资分析及前景预测报告

⁴³ 《智能电网技术》刘振亚 中国电力出版社

电网与电力用户的双向互动，可实现有效的需求侧响应，提高电能终端使用效率，促进用电侧的节能，提升用户用电质量。

通过电网公司与电力用户之间的实时双向互动，用户可以查询其用电信息，并根据电价和电网的负荷状态，灵活调整家用电器启用时间，并实现分布式电源接入，提高用电的经济性和安全性；电网公司可以获取用户的用电信息，提供优化用电策略，引导用户科学用电，调节电网负荷，提高电网设备的利用效率。

电网与电力用户实现双向互动的目标在于提升用户服务质量、支持分布式绿色能源上网、用户主动优化电能使用、提高电能的使用效率、节约电力资源、保护生态环境。通过灵活的双向互动使用户侧达到用电响应自动化、负荷曲线更加灵活、电能质量更好、电能的使用效率更高的要求。

需求侧响应的实施成本可以分为用户成本和系统成本两部分。用户成本是指在实施需求侧响应的过程中为用户提供及安装设备而由用户负责支付缴纳的部分。系统成本是由电力企业承担的实施需求侧响应中系统所产生的部分⁴⁴。

需求侧响应的效益包括电力企业效益、用户效益和社会效益。电力企业效益包括：降低尖峰负载成本、维持系统供电可靠性、提供辅助服务和减缓新建电厂、输电线的压力。用户效益包括健全电力市场运作机制、实现分布式电源接入以及提高用电的经济性和安全性。社会效益能够量化的包括：二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等空气污染物的排放，提高地区性空气质量。

综合以上三方面效益，实现双向互动的效益可以概括为可免容量成本、可免电量成本、环境效益、可靠性效益、用户电价收益。如图 5-3 所示。

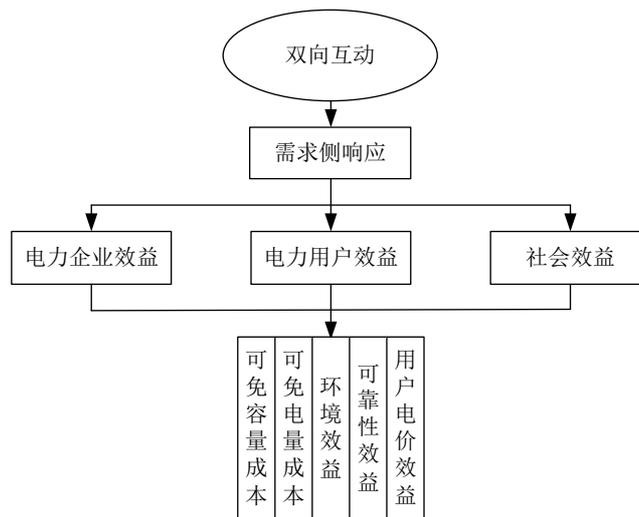


图 5-3 双向互动效益指标体系

⁴⁴ 《电力需求侧响应原理及其在电力市场中的应用》曾鸣 中国电力出版社 2010.10

成本效益分析所需的基本数据包括：实施需求侧响应的用户总数 N （户），需求侧响应用户参与率 r （%），尖峰减少容量 P_t ，一年内的节能时间 t （小时）。

由此可计算出每年每户平均减少容量 $P_a = P_t / N$ ，及可避免电量 $\Delta E_c = P_t g$

需求侧响应成本计算：

(1) 用户成本计算

$$C_f = C_1 N + C_2 M \quad (6-2)$$

式中 C_1 ——单套智能设备成本； C_2 ——控制中心建设总成本，包括控制中心硬件和软件系统的建设安装工程费用。一般情况下， C_1 根据一户一套设备计算，而 C_2 根据地区内控制中心的单元数来确定。

(2) 系统成本计算

$$C_s = C_M + C_{OM} = P_t g u + \Delta E_c g \alpha + P_t g \beta g 5\% \quad (6-3)$$

式中 C_M ——管理费用； C_{OM} ——运行维护成本； u ——单位管理费用； α ——对用户的电价补贴水平； β ——容量电价水平。根据国外经验，在实际成本效益分析过程中，可取容量电价的 15% 计算容量部分的运行维护成本。

(3) 总成本计算

$$\sum C = C_f + n C_s \quad (6-4)$$

式中 n 为项目实施周期。

需求侧响应效益计算：

(1) 可免容量成本(C_p)和可免电量成本计算(C_E)

$$C_p = P_t g \theta \quad (6-5)$$

$$C_E = \Delta E g \omega \quad (6-6)$$

式中 θ ——可避免容量成本的折算因子，通过每年减少的投资费用摊销到每年的可免容量中进行计算； ω ——可避免电量的折算因子，计算单位为元/(kWh)。

(2) 减排效益 (V_r) 计算

减排效益是指 CO_2 、 SO_2 等污染气体的减排量与减排价值的乘积。

$$V_r = N_{CO_2} g V_{CO_2} + N_{SO_2} g V_{SO_2} + N_{NO_x} g V_{NO_x} \quad (6-7)$$

式中 V_r ——每年总减排效益； N_{CO_2} 、 N_{SO_2} 、 N_{NO_x} —— CO_2 、 SO_2 、 NO_x 的减排量；

V_{CO_2} 、 V_{SO_2} 、 V_{NO_x} —— CO_2 、 SO_2 、 NO_x 的单位减排价值。

(3) 降低备用容量效益 (ΔR_c) 计算

备用容量减少量是指实施需求侧响应后由于系统可靠性得到提升而降低的系统备用需求。系统备用容量减少量可以结合可避免电量、失负荷概率、失负荷价值、系统边际价格(电价)进行计算。

$$\Delta R_c = \Delta E_c \cdot \text{LOLP} \cdot (VOLL - SMP) \quad (6-8)$$

式中 $LOLP$ ——电力系统失负荷概率； $VOLL$ ——系统失负荷价值,即缺电对国民经济的影响,等价于电力价值,根据实际设定； SMP ——系统边际价格,可以视为购电均价。

(4) 总收益计算

$$\sum B = n(C_P + C_E + V_r + \Delta R_c) + V_s \quad (6-9)$$

式中 V_s 为 n 年末设备残值。按国税函【2005】883 号规定统一确定为 5%。

表 5-13 需求侧响应成本—效益分析基本数据

项目	数值	单位
A	2.3 亿	户
B	10	%
C	2300 万	户
D	3000 万 (按夏季电力缺口数据)	kW
E	1.523	kW
F	126000 万	kWh
G	10	年

注：A=电力用户总数，B=每年平均参与率（周期内），C=每年参与用户数（周期内），D=可避免容量，E=每年每户平均减少容量，F=可避免电量（每年 42 小时），G=项目周期。

表 5-14 需求侧响应成本比计算

计算项	条件	数值 (万元)
总成本		58261500
其中 智能设备	4000 元/户	9200000
控制中心	230000 个单元, 200 万元/单元	46000000
管理费用	80 元/ kW	240000
运行维护成本		
其中 电量部分	激励补贴, 0.4 元/ kWh	50400
容量部分	按容量电价 35 元/ kVA 的 15% 计算	15750
总效益		64821758
其中: 可免容量成本	704 元/ kW	2112000
可免电量成本	0.65 元/ kWh	81900
CO_2 减排成本	0.00033572 t / kWh , 160 元/ t	6768.12
SO_2 减排成本	0.00000803 t / kWh , 20000 元/ t	20235.60
NO_x 减排成本	0.0000069 t / kWh , 631.6 元/ t	549.11
降低备用容量效益	$LOLP=0.5$ 天/年, $VOLL=24.371$ 元/ kWh , $SMP=0.55$ 元/ kWh	1500723

设备残值	按原值的 5%计算	27600000
益本比		1.1126

从表 5-14 可知，当项目周期为 10 年时，需求侧响应带来的效益开始为正。以上分析对用户参与度持较为悲观的态度，假定为 10%。根据国外经验，实施需求侧响应第一年居民参与率为 10%，随着用户认知水平提高，用户参与率将上升。

由表 5-14，可算得实施智能电网后因需求侧响应十年共带来的总净收益为 656.026 亿元，前期总投资为 5826.15 亿元。若考虑到 2020 年，智能电网渗透率为 30%，则总净收益折现值为 91.160 亿元，总投资折现值为 809.5904 亿元；若智能电网渗透率为 60%，则总净收益为折现值 84.450 亿元，总投资折现值为 749.994 亿元。

用同样方法，当项目周期为 20 年时，可算得实施智能电网后因需求侧响应 20 年共带来的总净收益为 4072.0516 亿元，前期总投资为 6132.3 亿元。可算得到 2030 年，智能电网渗透率为 50%，则总净收益折现值为 436.826 亿元，总投资折现值为 657.837 亿元；若智能电网渗透率为 80%，则总净收益折现值为 698.9211 亿元，总投资折现值为 1052.539 亿元。

到 2020 年，实施智能电网后因需求侧响应共可节约标煤 0.0051 亿吨，减排二氧化碳 0.0423 亿吨；到 2030 年，实施智能电网后因需求侧响应共可节约标煤 0.0102 亿吨，减排二氧化碳 0.0846 亿吨；

随着居民生活水平的提高，客户的服务需求不断升级，对电网企业的服务理念、服务方式、服务内容和服务质量也不断提出更新更高的要求，除希望降低用电成本、安全可靠用电外，用户还希望享受到更加个性化、多样化、便捷化、互动化的服务。而智能电网的建成以及需求侧响应进一步发展，将不断满足用户对电力服务的全方位需求，同时也为电网和用户创造更多的效益。

5.5 电动汽车发展带来的综合效益分析

中国的能源储备以煤炭为主，石油资源依赖进口逐步增强，持续发展到 2030 年需进口石油达 8.5 亿 t，相当于目前全球石油出口量的 50%，交通耗油届时将占总耗油量的 55% 以上，因此交通能源转换势在必行。发展电动汽车业是减少对石油依赖的有效手段，电动汽车的能源效率是传统燃油汽车的 1.5~2 倍，因此与燃油汽车相比全寿命周期内可减少二氧化碳的排放，纯电动汽车可从根本上克服对石油的依赖并可以缓解节能减排的压力。

充电站选址应符合智能配电网规划的要求，满足电力系统对电力平衡、供电可靠性、电能质量、自动化等方面的要求。根据该标准，充电站宜与现有的公共服务设施合建，合建后不应影响原有设施的安全与使用功能。根据交通影响评价，城区内充电站宜靠近城市道路，但不宜设置在城市干道的交叉路口和交通繁忙路段附近。

5.5.1 充电站经济效益分析

以西安曲江南电动汽车充电站为例，其位于曲江新区，毗邻曲江国际会展中心，于今年 3 月 25 日开工建设，6 月 30 日通过竣工验收。总投资 650 万元，占地面积 2696 平方米，内设 8 个充电位，其中 120 千瓦充电柜 2 台，40 千瓦充电柜 2 台，交流充电桩 4 台，预留放

电车位 4 个，建成后可同时容纳 8 辆电动汽车充电，如果满负荷运行每天可满足 400 辆电动汽车的充换电需求。充电站配电部分采用两路电源供电，安装智能充电运行管理系统，各项设备及设施符合国家标准及国家电网公司典型设计指标，充分满足了充电站智能化运行的要求。

表 5-15 投资运行分析表

投资运行成本（万元）	
固定投资	650
年人工成本	6（人）×3（万元）
年检修维护成本	8

表 5-16 充电站年度服务的电动汽车车次

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	1980	3960	7920	15840	31680	63360	126720	132000	132000	132000
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	132000	132000	132000	132000	132000	132000	132000	132000	132000	132000

注：A=充换电车次数。2011 年该充电站服务电动车为 6 辆

假设：按每辆车充电一次，则年度充换电车次=车辆数×330 天
此充电站服务的电动汽车每年增长率为 200%，在 2018 年达到 400 辆，达到其最大的服务能力

表 5-17 分时段充电比例

A	峰时 70%	谷时 30%
B	40	
C	峰时 1.0	谷时 0.5

注：A=每天分时段充换电电动汽车比例，B=每车电池容量（kWh），C=电价（元）。

5-18 充电站现金流量表 单位：万元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	913	32	38	50	74.1	118.3	218.6	226.64	226.64	226.64
B	6.73	13.46	26.93	53.86	107.71	215.42	430.85	448.80	448.80	448.80
C	-906.27	-18.54	-11.07	3.86	33.61	97.12	212.25	222.16	222.16	222.16
D	-906.27	-924.81	-935.88	-932.02	-898.41	-801.29	-589.04	-366.88	-144.72	77.44
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	226.64	226.64	226.64	226.64	226.64	226.64	226.64	226.64	226.64	226.64
B	448.80	448.80	448.80	448.80	448.80	448.80	448.80	448.80	448.80	448.80
C	222.16	222.16	222.16	222.16	222.16	222.16	222.16	222.16	222.16	222.16
D	299.6	521.76	743.92	966.08	1188.24	1410.4	1632.56	1854.72	2076.88	2299.04

注：A=现金流出，B=现金流入，C=净现金流，D=累计现金流。

如果充电站的购电价格以 0.38 计算，经过分析，该充电站在 2020 年全部收回成本开始盈利，且累计投资折现 1533.055 万元，累计经济效益折现 35.870 万元；该充电站在 2030 年现累计投资折现 2237.467 万元，累计经济效益折现 493.255 万元。波士顿咨询公司 (BostonConsulting Group) 研究报告预测，2020 年时我国将成为全球最大的电动汽车市场，电动汽车保有量为 500 万辆，大约相当于同期新车总销售量的 7%。根据国家电网“十二五”规划，到 2015 年充电站数量将达到 1700 座，在 2020 年充电站数量将会达到 2351 座，需累计折现投资 360.421 亿元，可实现折现效益 8.433 亿元。预计到 2030 年需要建设充电站数量至

少在 4000 座，需累计折现投资 894.987 亿元，可实现折现效益 197.302 亿元。（注：数据来自国家电网“十二五”规划，故此处没有按渗透率计算）。

5.5.2 用户侧经济效益分析

国家一直在制定完善电动汽车行业的相关标准，各地也在制定自己的规范细则。以北京市为例，《北京市购买新能源汽车补贴实施细则》预计今年年内即将出台。北京市将采取跟国家补贴一致的补贴幅度：即插电式混合动力车最高补贴 5 万元，纯电动车每辆最高补贴 6 万元。按此计算，国家财政最高补贴 6 万元，北京市补贴 6 万元，个人消费者购买电动车最高补贴额度可达 12 万元。购买电动车的用户将可能将不需摇号，也不受限购政策约束，北京的电动车可能会采用特殊号牌。

以北汽 C30DB 纯电动汽车为例，此款车的售价在 30 万元左右，在国家财政和北京市政府的财政补贴 12 万元后用户购买此车只需要缴纳 15 万元。这跟同规格的燃油汽车的成本相仿，但是其具有比同规格燃油车更大的经济效益。这款电动汽车每百公里电耗为 12kWh/100km，按照峰谷分时电价计算：峰时电价 0.9 元，谷时电价 0.3 元计算，用户行驶百公里的燃料费用分别为 10.8 元和 3.6 元。传统汽车以排量为 1.6L 的丰田卡罗拉为例的百公里油耗按 6.9L/100km 计算，93 号汽油每升以 7.8 元计算，用户每行驶百公里则需要 53.82 元。经过计算北汽 C30DB 纯电动汽车的百公里行驶费用比丰田卡罗拉（1.6L）汽车的百公里行驶费用减少了 79.9%，93.3%。

表 5-19 电动汽车与传统汽车每百公里费用对比表

电动汽车型号		北汽 C30DB 纯电动汽车	
电 动 汽 车	电耗标准	12kWh/ 100km	
	峰谷分时电价	0.9 元（0.3 元）	10.8 元(3.6 元)
	行驶里程	100km	
传统燃油汽车型号		丰田卡罗拉（1.6L）	
传 统 汽 车	油耗标准	6.9L/100km	
	油价(93 号汽油)	7.8 元/L	53.82 元
	行驶里程	100km	

数据来源：1. <http://www.evtimes.cn/eccar/configuration-ec242.html>
2. <http://car.bitauto.com/kaluola/youhao/>

5.5.3 社会效益

电动汽车的发展将极大的带动相关产业的发展，如电池制造，电机制造，充电设备制造，汽车零件制造，电子，轮胎等。这些行业需要大量劳动密集型人才，如产业工人，研发部门，采购部门，配套部门需要高素质、高学历的人才注入，需要这些人带来新的理念，行业内部企业众多，需要大量的人才，根据国家科技部的《国家“十二五”科学和技术发展规划》预计“十二五”期间电动汽车的保有量将达到 100 万辆，预计产值预期超过 1000 亿元，将会增加大量的就业机会。由工信部牵头制订的《节能与新能源汽车发展规划(2011 年至 2020 年)》建议未来十年，中央财政拿出超过 1000 亿元的巨额资金，用以扶持节能与新能源汽车产业链发展，规划期内累计直接增加投资预计将达 5 万亿元，平均每年增加产值 1.5 万亿元，增

加社会就业岗位 1500 万个。

5.5.4 环境效益

传统燃油汽车在运行过程中会产生大量的有害气体，不但污染环境，还大大影响人类健康。污染物主要包括：二氧化碳，碳氢化合物，氮氧化合物，一氧化碳，二氧化硫，其中二氧化碳是主要成分。电动汽车虽然不直接产生二氧化碳，但是动力来源的电能的产生需要产生二氧化碳，而且在电能传输配送到给电动汽车充电都有能量的浪费。

表 5-20 电动汽车与传统燃油汽车每百公里二氧化碳排放量对比表

电 动 汽 车	电动汽车型号	北汽 C30DB 纯电动汽车
	电耗标准	12kWh/100km
	电能配送效率	93%
	充电效率	85%
	火力发电效率	342g/kWh
	智能电网中可再生能源比例	40%
	间接的二氧化碳排放量	11.9kg (7.2kg)
传 统 燃 油 汽 车	燃油汽车型号	丰田卡罗拉 (1.6L)
	油耗标准	7L/100km
	二氧化碳排放率	2.2kg/L
	二氧化碳排放量	15.4kg

(表 5-18 续)

数据来源：1. <http://www.evtimes.cn/eccar/configuration-ec242.html>

2. <http://car.bitauto.com/kaluola/youhao/>

3. 《低碳行为指导手册（参考表）》

注：括号内的数字是由考虑了智能电网容纳的大量可再生能源后得出

如果电动汽车电耗标准按 12kWh/100km 计，假设电能从电厂经过各级配送到充电站（机）的效率为 93%，充电机效率为 85%，则电动汽车的百公里能耗至少需要发电厂发 15.18kWh 的电量，为此，需燃烧标煤（342g/kWh）5.2kg，排放二氧化碳 11.9kg。如果考虑未来的智能电网容纳的大量可再生能源（可再生能源发电量占 40%）来计算，用来火力发电的标煤只有 3.1kg，排放的二氧化碳也就只有 7.2kg；而传统燃油汽车油耗标准按 7L/100km 计算，需排放 15.4kg 二氧化碳。可见电动汽车比传统燃油汽车减少排放二氧化碳 3.9kg（8.2kg），减少了约 25.3%（53.2%）。“十二五”期间全国电动汽车按 100 万辆计，平均年行驶里程为 10000 公里，则电动汽车用户每年可减少二氧化碳 3.9 万 t（8.2 万 t）二氧化碳⁴⁵。到 2020 年电动汽车保有量将达到 500 万辆，电动汽车每年可减少排放二氧化碳 19.5 万 t，约合节约标煤 8.48 万 t，假设 2010 年到 2020 年间电动汽车保有量呈直线增长，则十年间电动汽车每年可节约标煤 0.00424 亿 t，约减少排放二氧化碳 0.00975 亿 t；到 2030 年电动汽

⁴⁵括号内的数字是由考虑了智能电网容纳的大量可再生能源后得出

车保有量按 5000 万辆计算,电动汽车每年可节约标煤 0.08478 亿 t,约减少排放二氧化碳 0.195 亿 t。

5.6 多网融合发展带来的综合效益分析

多网融合,即电力光纤入户,支撑电网、电信网、广电网、互联网的融合共享。随着坚强智能电网的建设,通信与信息技术将广泛和深入地融入电力系统的运行和生产的各个环节,实现电力信息交互(电量、价格、供需、交易等信息传输)、电网与用户的互动和集中控制电器设备。坚强智能电网将不再是传统的能量传输网络,有望成为一个巨大的新型信息网络。

从机理上讲,多网融合系统就是将原来的多个纵向责任子系统变为三个横向的责任系统,以宽带网络为基础,在局部将各个子系统通过多种接口形式接入到网络,首先实现接入融合,然后通过协议协商实现信息融合,从而将各个子系统融合联动,达到最大效益和最大舒适度。传统的智能化系统是由多个纵向子系统构成,独立多网融合系统结构则变为三层横向结构,简化了系统结构,可以做到各种产品协议经过多媒体平台实现兼容,具有末端产品的可互换性,并且机房的位置变得不敏感了,也有利于今后的维护和管理。

(1) 多网融合发展的投资分析

智能电网建设以光纤宽带网为主干网,以电力 PLC 为辅助网络,结合电信网、广播电视网、有线电视网、局域网、电力信息网的技术标准及要求进行融合设计。设计智能电网新小区采用多芯光纤复合低压电缆工程造价为每公里 5~6 万元,普通光纤线缆每芯在每公里 200 元左右。

若每家每户均采用多网融合并安装智能交互终端,年度成本支出大概在 3000 元/户⁴⁶左右,比用户仅使用宽带上网费多了 1500 元。按照全国电表大约的总数 2.3 亿户,考虑到 2020 年智能电网渗透率为 80%~90%,则安装智能电表总数量为 0.92 亿块⁴⁷,多支付的成本为 1380 亿元。

(2) 多网融合发展的效益分析

在浙江东阳海德国际社区的智能化项目里,采用电信建设的高速光纤网络,将闭路电视监控、周界防范、报警探测、可视对讲、出入口管理等各子网全部融合到小区宽带网中,实现了小区的集成一体化管理。采用电信网络给开发商带来的好处是不必建设多条管线,只需建设通信管线就可以了,省去了原来弱电管线的建设费用。另外一个好处是对于计算机机房的位置可以没有要求了。传统设计的智能化系统,要做到连接各处的路由最短,往往选择中心位置,称为“中心机房”,对于分期开发的项目,几乎每一期都设置一个机房,严重浪费了土地资源。而采用多网融合的网络化方案之后,“中心机房”是中心管理的意思,不再特指地理位置,位置可根据实际情况确定,光纤网络都可以通达。在具体实施的时候,采用“代建

⁴⁶ <http://www.smartlife.com.cn/zt/2011hd/>

⁴⁷ 中国智能电网的效益评估和政策机制研究。

代维”或者租用线路的方式就可以解决，与电信运营商合作能够做到双赢。数据显示采用多网融合比传统的方案直接节省投资 30%，间接节约体现在机房位置不占商业用地、多期公用一个机房等方面，归纳起来有以下五个方面的优势：

□可长期维护和管理。由于采用了电信的光纤宽带网络，多个小区和建筑、多个地区的系统都可以采用统一的管理中心来管理和维护。更加上采用先进的地理信息系统（GIS），可以方便地远程指挥当地的物业维修人员或者当地的技术人员查找故障设备。

□可以节约贵重有色金属材料。由于大量地采用光纤，做到光纤到楼（FTTB）或者光纤到户（FTTH），多网融合系统的铜线使用量只有传统系统的 60%，节省了 40%的贵重有色金属资源。

□可以节约土地资源。由于采用基于 IP 的网络系统，因此机房的位置就变得不重要了，不需要有中心的位置来兼顾路由问题。同时，对于大型社区，也不需要每个组团建设一个机房，只需要一个机房就可以管理所有的区域。

□可以节约能源。从系统角度考虑，在传统系统中各个子系统都必须投入工作的情况，在多网融合技术架构下将会得到改善。以可视对讲为例，在新的系统中，不需要长待机，因此每台每年可以节约 13 度电，对装有大量可视对讲系统的大型社区其节能效益将更加可观。

□可以方便建立能源和环境评估体系。结合无线网络传感器技术，多网融合技术架构可以比较方便地建立基于大型公建和大型社区的各种设备的数据采集系统，并能够将数据集中传输到分析管理中心，这样就能够快速地建立起针对能源和环境的评估体系。

5.7 储能技术带来的综合效益分析

智能电网以大规模风、光电消纳为特征，但风的间歇性、波动性造成风电场不能提供稳定的功率。

风电场的功率波动会影响当地电网的电能质量，产生电压波动和闪变。理想的方案是风电场接入点与电网之间建大容量储能装置，以平衡风力发电与用电负荷，同时在风电场和电网之间起到隔离作用，有效解决风能的间隙性、波动性及不确定造成的电网电压、频率波动。

储能投资内容如下：

- 蓄水储能电站是行之有效的风电场储能方式
- 建设与风电场配套的燃气或燃油电站
- 其他大容量储能装置的技术发展

其目的是提高对新能源的接纳能力和调峰能力。

（1）根据电网用电负荷曲线，控制风电场发电总量。

用电负荷量高，风速低：通过储能电源或火电机组补谷；

用电负荷量小，风速高：通过储能电源储能或减小风场发电量削峰；

需要准确的风场发电量预测。

(2) 自动控制储能电源或燃气机组及通过风场 SCADA 系统控制风机功率，确保电网频率稳定。

(3) 风电场智能控制

通过建立配电网集中调控系统(Distribution EMS,DEMS)，和发电量预测技术，对新能源发电功率进行实时控制。

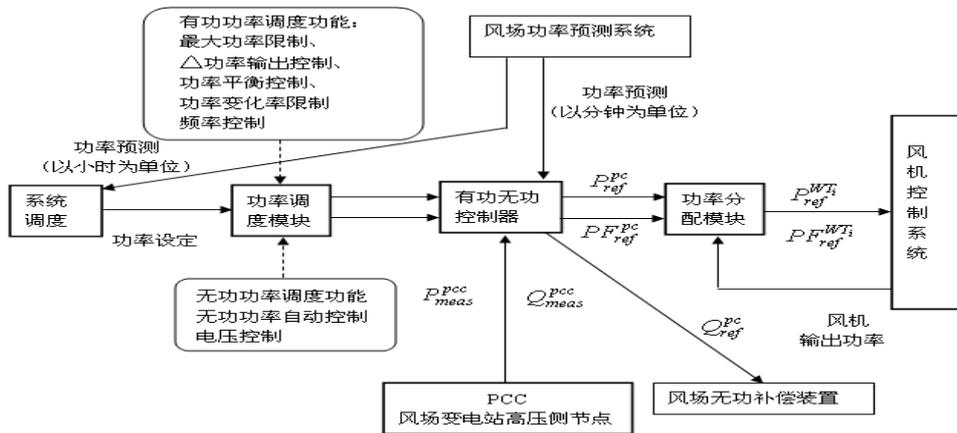


图 5-4 风电场功率控制示意图

通过建设大容量储能或其他型式的互补能源，提高单台风机运行性能及电能质量。

根据前述电网相关利益的表格计算结果显示，2 万亿新能源发电中 50%的并网容量将受到 DEMS 将得到系统控制，从而为并网建立前提。

国家风光储输示范工程一期工程-220kV 智能变电站“倒送电”工作于 2011 年 8 月 18 日完成。两台 15 万 kVA 变压器相继投入运行，线路并入主网，“风、光”电源外送通道已打通，工程建设取得阶段性重要成果。

据介绍，该智能变电站依据国家电网公司最新技术标准建设而成，同比更具先进性、示范性和可操作性，来自“风、光、储”七种组态的绿色、优质电流将通过此间智能化分析调控后，经逐级升压，源源不断“输”向远方。

“倒送电”工作为确保下一步风力、光伏并网发电，实现工程整体建设目标奠定了坚实基础。

在“倒送电”工作完成的同时，风场与光伏场区建设亦处于紧锣密鼓进行中。目前，风机静态调试完成，已具备带电条件；10 号光伏阵列正在进行电缆铺设，光伏逆变器及相关设备也在加紧调试，首批“风、光”设备即将具备并网条件，工程已全面步入基建与调试交叉进行的“双轨”阶段，一切工作正按照预期目标持续、健康的发展⁴⁸。

作为国家电网公司建设坚强智能电网的首批试点项目，国家风光储输示范工程是国内最大的并网太阳能光伏电站、国内陆上单机容量最大的风电场，智能化运行水平最高、运行方式最为多样的新能源示范工程。该工程位于张北县和尚义县交界处，规划建设 50 万千瓦风

⁴⁸国家电网华北电力报第 1059 期。

电场，10万千瓦光伏电站和11万千瓦储能装置，配套建设一座220千伏智能变电站，项目总体规划用地约7500亩，总投资近120亿元。一期工程风电10万千瓦，光伏发电4万千瓦和储能2万千瓦，规划占地2641亩，投资约33亿元⁴⁹。

假设储能装置的充电是在低谷8小时，放电也为8小时，按储能装置充放电的最大功率值、15%的损耗值计算，风光储效益测算：

风电场容量为50万kW、光伏发电为10万kW，11万kW的储能项目，所以效益可以测算为：

$$\begin{aligned}
 EE_{\text{year}} &= [50 \text{ 万 kW} \times 0.68 \text{ 元/kWh} + 10 \text{ 万 kW} \times 1.09 \text{ 元/kWh}] \times 3000\text{h} + (1.10 - 0.30) \text{ 元/kWh} \times 11 \text{ 万} \\
 &\quad (1 - 15\%) \times 8760 / 3 \\
 &= 35.31 \text{ 亿元}
 \end{aligned}$$

由于该项目的总投资为120亿元，按30年回收，平均年折旧为4亿元，如果维修和人工忽略不计，则风光储的静态投资回收期为3.43年，年度税前效益为31.31亿元。

假设智能电网完全建成全国有十个这样的基地，当智能电网渗透率为30%，则全国建成3个这样的基地，以此类推。则风光储基地可带来的经济效益见表5-21。

表 5-21 风光储基地带来的经济效益（2030 年智能电网渗透率为 80%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	10%	18%	24%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
B	31.31	56.358	75.144	93.93	109.58	125.24	140.89	156.55	172.20	187.8
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	62%	65%	68%	71%	73%	76%	77%	78%	79%	80%
B	194.12	203.51	212.90	222.30	228.56	237.95	241.08	244.21	247.34	250.4

注：A=渗透率，B=效益。

在2030年智能电网渗透率为80%的场景下，2020年效益折现值为87.016亿元；2030年效益折现值为53.740亿元。

表 5-22 风光储基地带来的经济效益（2030 年智能电网渗透率为 50%） 单位：亿元

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A	7%	10%	13%	16%	18%	21%	23%	25%	28%	30%
B	21.91	31.31	41.642	48.843	56.671	64.498	72.013	78.400	86.728	93.93
年份	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
A	32%	34%	37%	39%	41%	43%	45%	46%	48%	50%
B	100.8	107.70	114.28	120.85	127.11	133.38	139.32	145.27	150.91	156.5

注：A=渗透率，B=效益。

在2030年智能电网渗透率为50%的场景下，2020年效益折现值为43.508亿元；2030年效益折现值为33.588亿元。

⁴⁹ 华北电网网站。

小结

本章对智能电网技术的发展在用电侧所带来的经济效益⁵⁰和节能减排效益进行了综合评估，分为以下几个方面。

(1) 渗透率和折现

不考虑渗透率和折现时，到 2020 年电网累计投资 1569.19 亿元，获得经济效益 3319.84 亿元，净收益 1750.65 亿元；到 2030 年电网累计投资 2627.09 亿元，获得经济效益 8176.18 亿元，净收益 5549.09 亿元。

如果考虑渗透率和折现时，智能电网技术发展的情景是：

在智能电网高方案情景（到 2030 年智能电网渗透率为 80%）中，到 2020 年，应用先进计量体系带来的累计净收益为 519.921 亿元，需累计投资为 283.674 亿元，即经济效益为 803.595 亿元；到 2030 年，带来的累计净收益为 1355.553 亿元，需累计投资为 519.136 亿元，即经济效益为 1874.689 亿元。在智能电网低方案情景（到 2030 年智能电网渗透率为 50%）中，到 2020 年，应用先进计量体系带来的累计净收益为 256.70 亿元，需累计投资为 157.00 亿元，即经济效益为 413.70 亿元；到 2030 年，带来的累计净收益为 727.52 亿元，需累计投资为 289.03 亿元，即经济效益为 1016.55 亿元。

(2) 在智能电网高方案情景中，到 2020 年，智能用电带来的累计净收益为 1401.5 亿元，需累计投资为 200.4 亿元；到 2030 年，带来的累计净收益为 2171.214 亿元，需累计投资为 203.329 亿元。在智能电网低方案情景中，到 2020 年，智能用电带来的累计净收益为 700.8 亿元，需累计投资为 318.9 亿元；到 2030 年，带来的累计净收益为分别为 1357.009 亿元，需累计投资为 117.640 亿元。

(3) 在智能电网高方案情景中，到 2020 年，实施智能电网后因需求侧响应总净收益为 84.450 亿元；需累计投资为 749.994 亿元；到 2030 年，总净收益为 698.9211 亿元，总投资为 1052.539 亿元。在智能电网低方案情景中，到 2020 年，总净收益为 91.160 亿元；需累计投资为 809.5904 亿元；到 2030 年，总净收益为 436.826 亿元，总投资为 657.837 亿元。

(4) 到 2020 年，智能电网发展电动汽车带来的累计净收益为 8.433 亿元，累计需投资 360.421 亿元；2030 年，智能电网发展电动汽车带来的累计净收益为 197.302 亿元，累计需投资 894.987 亿元。

(5) 在智能电网高方案情景中，到 2020 年风光储基地可带累计净收益为 87.1 亿元；2030 年累计净收益为 53.7 亿元，总投资 120 亿。在智能电网低方案情景中，到 2020 年风光储基地可带来累计净收益为 43.5 亿元；2030 年累计净收益为 33.6 亿元，总投资 120 亿。

综上所述，在分析了智能电网用户侧投资与收益后，可知在智能电网高方案情景中，到 2020 年，智能电网用户侧可获得经济效益为 3695.893 亿元，累计投资 1594.489 亿元，投资后可获得的净收益为 2101.404 亿元，益本比为 1.32；到 2030 年智能电网用户侧可获得经济

⁵⁰注：其效益值均为折现值。

效益为 7266.6811 亿元，累计投资 2789.991 亿元，投资后可获得净收益为 4467.69 亿元，益本比为 1.601。

在智能电网低方案情景中，到 2020 年，智能电网用户侧可获得经济效益为 2746.5044 亿元，累计投资 1645.9114 亿元，投资后可获得的净收益为 1100.593 亿元，益本比为 0.67。到 2030 年智能电网用户侧可获得经济效益为 4831.751 亿元，累计投资 2079.494 亿元，投资后可获得的净收益为 2752.257 亿元，益本比为 1.3235。

在智能电网建设的高方案中，到 2020 年智能电网技术的发展在用电侧所带来的累计经济效益为 2655 亿元，节约标煤 4.17 亿吨，转化为相应的经济效益为 2342.3 亿元，减少二氧化碳排放 9.552 亿吨。到 2030 年智能电网技术的发展在用电侧所带来的累计经济效益为 9293 亿元，节约标煤 8.29 亿吨，转化为相应的经济效益为 4728.13 亿元，减少二氧化碳排放 19.28 亿吨。

在智能电网建设的低案中，到 2020 年，共可节约标煤 2.6 亿吨，转化为相应的经济效益为 1463.94 亿元，减排二氧化碳 2.61 亿吨；到 2030 年，共可节约标煤 5.18 亿吨，转化为相应的经济效益为 2955.08 亿元，减排二氧化碳 12.05 亿吨。

政策建议：

1) 大力推广先进计量体系(AMI)的建设。先进计量体系(AMI)是智能电网用户端建设的基础，智能电网所有关于双向互动和用户参与的功能都需要 AMI 的存在，因此因大力推广 AMI 的建设，其一次投入成本较大，在建设初期国家应对相关单位和企业应予以一定的补助。

2) 电动汽车与储能技术同步推进。电动汽车的优点不言而喻，但其高储能电池成本所造成的高汽车成本也让人望而却步，因此在大力宣传电动汽车节能环保理念的同时，也要加快效率更高、成本更低的储能电池的研发，其作为有效解决风能等清洁能源不稳定问题的手段，也应得到国家在高新技术方面投资的倾斜。

3) 三网融合亟需建立融合、有效的监管体制。大体可以分三步走：第一步是即将开始运作的国务院领导和协调机构，在高层行政的干预下推进三网融合。这种高层融合是打破僵局的重要一步，但是这类机构不宜长期存在和运作；第二步是打开局面，积累一定经验后应该尽快实现实体机构的融合。按照内容和网络分开监管的原则，将内容监管留在广电部门，将网络监管职能统一到工业和信息化部。设立不同专业局来分别处理各自的网络监管事宜：待时机成熟后则应该进一步完全融合成一个统一的、独立的、大监管机构实施全面的行业监管职能。

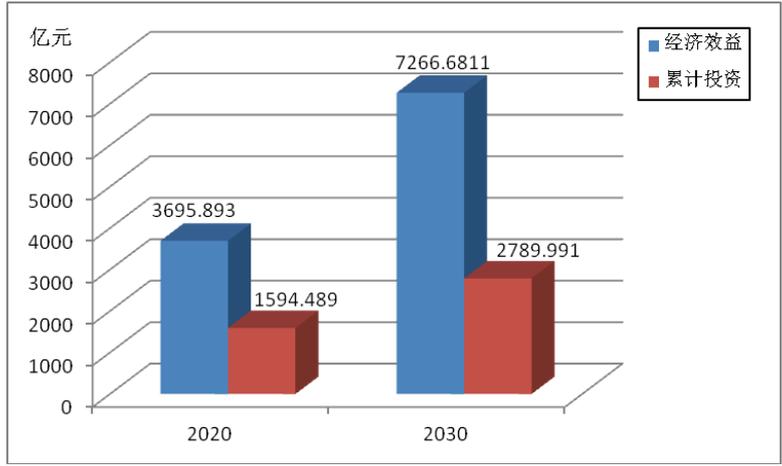


图 5-5 智能电网用户侧投资与效益分析（高方案）

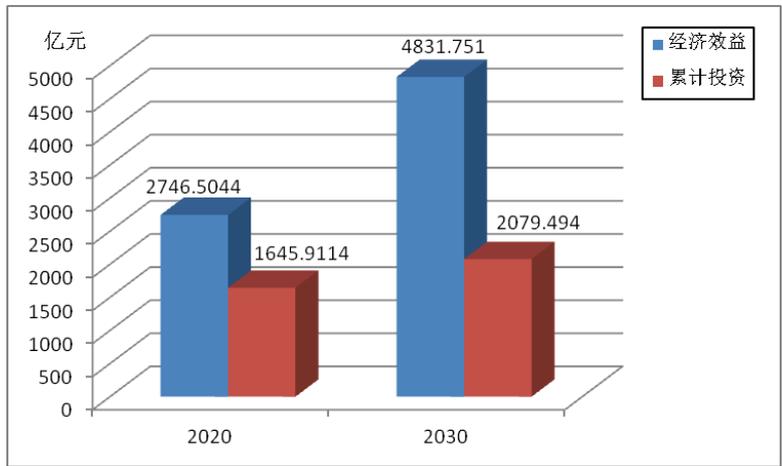


图 5-6 智能电网用户侧投资与效益分析（低方案）

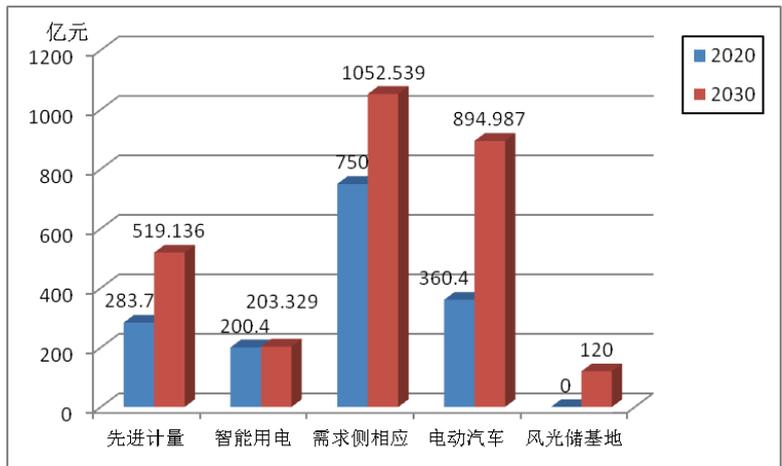


图 5-7 智能电网用电侧投资（高方案）

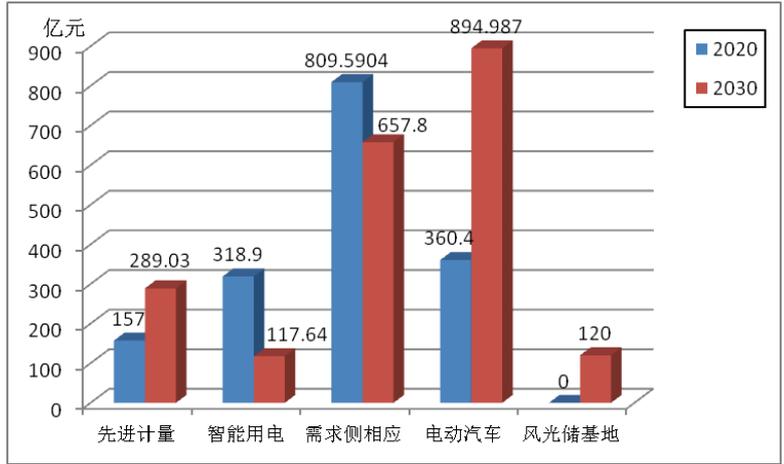


图 5-8 智能电网用电侧投资（低方案）

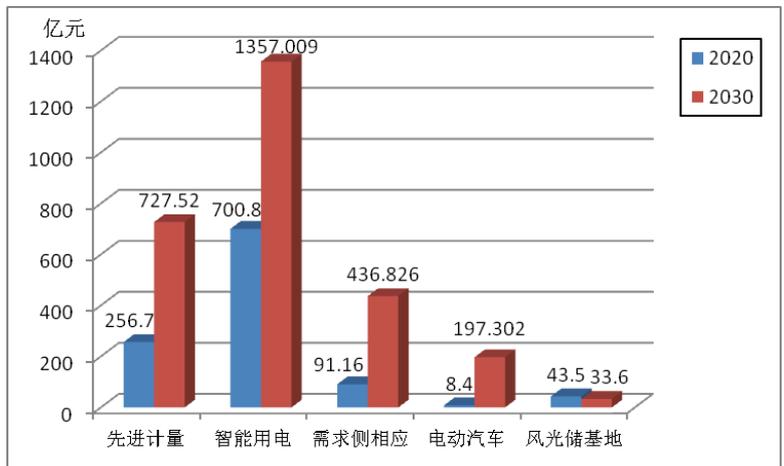


图 5-9 智能电网用电侧收益（高方案）

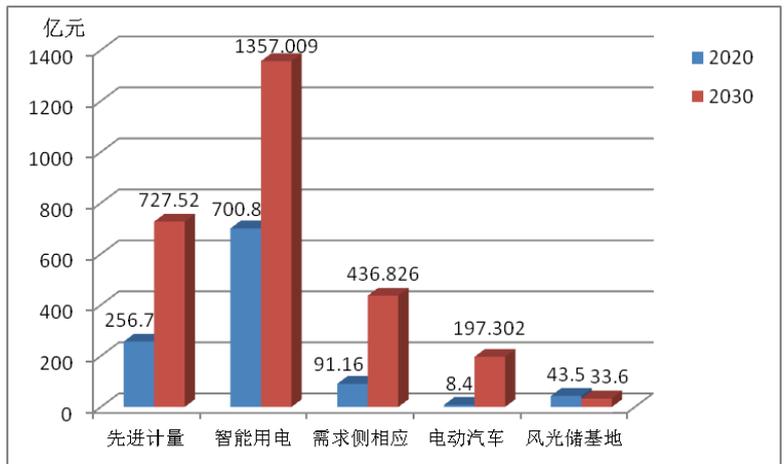


图 5-10 智能电网用电侧收益（低方案）

6. 智能电网发展的社会综合效益分析

主要从我国智能电网发展对节能、减排、环保、就业、产业拉动等方面带来的效益进行分析。

6.1 智能电网社会综合效益评价

智能电网的应用将大幅度提高发、输、变、配、用电各环节的效率，促进节能减排，推动经济社会可持续发展。建设智能电网有利于实施大规模、远距离、高效率输电，促进大煤电、大水电、大核电、大型可再生能源基地的集约化开发，实现更大范围的能源和电力资源优化配置，推动能源供应结构清洁化、优质化，降低对环境的影响。提升应对气候变化能力。同时，借助电网的智能化功能，各级电力公司可以与用户进行友好互动并提供多元化服务，推动并适应新能源发展要求和新型的电能利用模式，从而更好地满足用户的多样化需求，进一步提升对用户的服务品质和价值，加快推动“两型”社会建设。

初步分析估算表明，到 2020 年，通过提升发电利用效率、输电效率和电能终端使用效率，以及推动水电、核电和风能及太阳能等可再生和清洁能源开发利用，可实现能源消费节约和化石能源资源替代共计近 5 亿吨标煤；实现减排二氧化碳约 14 亿吨，减排二氧化硫近 90 万吨⁵¹。同时，还可减少电力用户电费支出，降低电网企业运营成本，减少发电装机投资和发电环节运营成本，带动电力和其他产业结构调整，促进技术和装备升级。

根据中国智能电网的效益评估和政策机制研究报告（第 I 期），智能电网会在发电侧、输配电侧、用电侧获得经济效益和节能减排效益，并得到由电网扩大到所有行业产生的社会效益。详见表 6-1。

表 6-1 智能电网社会综合效益

获得效益方式	2020 年			2030 年		
	累计经济效益/ 万亿元	节约标煤/ 亿吨	减少二氧化碳排放/ 亿吨	累计经济效益/ 万亿元	节约标煤/ 亿吨	减少二氧化碳排放/ 亿吨
发电侧 新建发电装机减少、电力系统的备用容量得到充分释放、新型发电设备和辅机设备使用能效提高、运行维护费用减少、大规模可再生能源发电、负荷率提高、燃煤机组发电煤耗、科学调度管理	2.93	20.35	53.3	7.34	64.97	170.51
输配电侧 联网输电、降低燃煤成本、新建输配电设备减少、减少输配电运行维护费用、提高输配电系统的可靠性、充分	3.64	5.56	14.57	9.01	21.41	44.98

⁵¹吴鹏, 蒋莉萍. 智能电网综合效益评价[J]. 中国电力企业管理, 2009(7):35-37.

	利用风水资源以及智能变配电系统的技术创新等						
用电侧	电动汽车的推广、新能源的介入、电力优质服务的实施、用户响应电价、智能电表家居用电以及智能建筑等	0.26	4.48	33.36	0.65	15.67	116.77
全产业链		6.83	30.39	101.23	17	102.05	332.26

(表 6-1 续)

6.1.1 智能电网社会效益

从表 6-1 可以看出实施智能电网到 2020 年在全产业链可以获得累计经济效益 6.83 万亿元。发展智能电网既可以使电网企业受益，也可以使发电企业、电力用户乃至全社会均获得可观的经济效益。具体可从以下方面来看。

(1) 降低电网企业运营成本

建设智能电网，将全面升级输配电网基础设施，优化提升电网驾驭大规模复杂电力系统的能力，需用户与配电侧资源的主动响应可以提高系统运行的平稳性，提高负荷率，增加电网设备资产的使用效率和寿命，减少系统故障率，并在紧急状况下为系统提供有力支撑，从而降低电网运营和建设成本。

(2) 减少发电装机投资和发电环节运营成本

□智能电网面可优化配置电力资源，通过移峰填谷提高负荷率、降低高峰负荷，从而可以推迟或缓建电源装机，减少装机投资。

□负荷率提高可稳定机组出力，降低发电煤耗，减少发电成本，增加电厂收益。减少大气污染物排放，降低环境治理费用。

□稳定的系统运行可以增加发电设备的寿命，从而降低发电企业的维护和运行成本。

参考中国智能电网的效益评估和政策机制研究报告（第 I 期）的研究内容，可总结出在减少发电装机投资和发电环节运营成本方面获得的经济效益如表 6-2 所示。

表 6-2 在减少发电装机投资和发电环节运营成本方面获得的经济效益 单位：亿元

A	新增发电装机相对减少	备用容量的释放	新型发电设备和辅机设备的使用	发电设备的容量利用率提高	发电设备寿命延长系统运行和维护费用减少
B	7926.64	13183.99	721.61	3714.8	3792.01

注：A=获得经济效益方式，B=获得效益值。

(3) 减少电力用户电费支出

通过应用智能电表能极大提高“需求侧响应”能力，从而促使用户用电自主“移峰填谷”，

进而减少电费支出。此外，由于智能电网具较高的安全可靠性能，会大大减少电力用户的停电频次，降低用户的停电损失；终端用能设备能效提高也可增加收益。根据西北太平洋国家实验室研究结果表明，智能电网可以使家庭用户每年的电费平均降低 10%。

(4) 其他社会经济效益

➤ 促进经济增长，创造就业机会

奥巴马顾问《科技投资对就业增长影响的分析报告》中指出“投资 100 亿美元建设智能电网，可创造 23.9 万个岗位”。按照 2020 年智能电网的总投资 4 万亿估算⁵²，智能电网建成后的劳动生产率将由现在的 24 万元/人上升为 25.68 万元/人，对应就业岗位应达到 120 万个⁵³。

➤ 带动其他产业发展，促进技术升级

智能电网的建成投产将大幅带动我国相关产业的发展和智能楼宇、智能家庭、智能交通等一系列建设，并推动技术升级和产业结构调整。

➤ 减少环境污染造成的经济损失

➤ 减少能源投入费用

若节约的能源都是煤炭资源，按照每吨煤炭价格 800 元计算，则到 2020 年建设运行智能电网实现的节能量，相当于减少社会能源投入费用约 2000 亿元⁵⁴。

6.1.2 智能电网社会节能效益

从表 6-1 可以看出实施智能电网到 2020 年在全产业链可以节约 30.39 亿吨标煤。智能电网是高效环保的能源运输体系的重要组成部分，可以大大提高能源生产、转换、输送和使用效率，增强能源供给的安全性、经济性、可靠性和环境友好性。另外，智能电网可以极大地促进水电、核电、风能、太阳能等清洁能源发电的利用，实现对化石能源的替代，减少化石能源消耗。初步分析表明，到 2020 年，智能电网可以实现替代化石能源消耗量约 3 亿吨标准煤。具体来说，其节能效益主要体现在以下方面。

- (1) 提高电能终端使用效率，促进用电侧节能
- (2) 提高火电能源利用效率，促进发电侧节能
- (3) 提升电网输送效率，降低电能线路损失
- (4) 提高大范围配置能源资源能力，减少弃水电量

预计到 2020 年，特高压电网输送规模将超过 3 亿千瓦，可以减少装机容量 3000 万千瓦，每年减少弃水电量 70 亿千瓦时，相当替代化石能源消费量约 220 万吨标准煤。

- (5) 推动清洁能源利用，减少化石能源消耗

预计到 2020 年，风电装机容量达到 1 亿千瓦，太阳能发电装机达到 500 万千瓦左右。两者每年可替代化石能源消费量约 6500 万吨标准煤。

⁵² 根据国家电网发布的智能电网战略。

⁵³ 详见 6.3 节分析。

⁵⁴ 吴鹏, 蒋莉萍. 智能电网综合效益评价[J]. 中国电力企业管理, 2009(7):35-37.

6.1.3 智能电网社会减排效益

智能电网输送体系的建设，将大大提高能源输送效率，促进风电、太阳能发电等可再生能源的利用，并可促进电动汽车的大力发展，从而减少污染物排放。其减排效益主要体现在以下几方面。

- (1) 节能带来的减排效益
- (2) 清洁能源发展带来的减排效益
- (3) 推动电动汽车等环保型设备发展，增加电能消费，实现减排效益

从表 6-1 可以看出实施智能电网到 2020 年在全产业链可以减少 101.23 亿吨的二氧化碳排放。另外，实施智能电网后，到 2020 年，在电网发电侧可减排二氧化硫 1729.2 万吨，在输电侧可减排二氧化硫 472.894 万吨。

6.2 优化资源配置，提高能源利用

6.2.1 提高电网设备利用效率，减少电网建设投资

智能电网能够充分利用供需两侧的各类资源来保障系统经济运行，有效管理输电和配电设施的负载，推迟和减少新建更多的电网设施。根据国网能源研究院电力供需实验室预测，2011-2020 年，电网智能化可使全社会最高用电负荷下降约 4900 万 kW，假设每下降 1kW 少建设 1kVA 变电容量，按 3700 元/kVA 电网设备投资造价计算，可减少电网建设投资需求约 1800 亿元⁵⁵。

6.2.2 提升电网输送效率，降低线损

以远距离、大容量、低损耗的特高压电网为骨干网架的坚强智能电网，将大大降低电能输送过程中的电量损失；智能调度系统和灵活输电技术对智能站点的控制以及与电力用户的实时双向交互，也可以优化系统的潮流分布，提高输电网络的输送效率；同时，智能电网的建设将促进分布式能源的广泛应用，也可在一定程度上降低电力输送产生的网损。据分析测算，2020 年坚强智能电网可减少线损约 72 亿 kWh，按平均每千瓦时电量消耗燃料的费用为 0.216 元计算，全社会将节约燃料费用约 15.6 亿元。

6.2.3 提高终端用电设备的能源利用效率

通过智能交互终端，用户可根据自己的用电习惯、电价水平以及用电环境，给各种智能家电设备设定参数，进而提高终端用能设备的电能利用效率，实现节电。据分析测算，2020 年坚强智能电网可节约用电量约 445 亿 kWh，按平均每千瓦时电量消耗燃料的费用约 0.216 元计算，全社会将节约燃料费用约 96 亿元。

6.2.4 提升我国土地资源的整体利用率

输煤通道占用走廊内全部用地，具有完全排他的特点；输电走廊是能源输送的“空中高速公路”，走廊下土地还能有条件的加以利用。据研究，在输送相同能量时特高压交流输电占地面积仅为铁海联运煤占地的 1/2~1/4，发展特高压输电可以大量节约能源输送环节的

⁵⁵ 国网能源研究院. 发展坚强智能电网的社会经济效益分析[R].2010.

占地。此外，将煤电布局在送端地区，能够为中东部地区腾出更多的价值较高的土地资源开发空间，从整体上提高全国土地资源的利用效率。通过在送端地区加强煤电一体化建设，还能够大量减少煤炭产区的煤矸石占地，并节省燃煤电厂存煤场地的占地。

6.3 促进经济增长，创造就业机会

智能电网高级监控系统可以对设备进行动态（连续）评估，获得详细的组件和设备运行状况，优化设备负载管理，从而更有效地利用现有资产。其次，通过改善资产和管理计划，减少设备的维修和停机，提高整体资产的可靠性，降低整体运行维护成本，提高生产效益。有利于对输、配电网的资产投资和管理进行整体规划，优化中长期的投资效益。

智能电网建设将有效带动经济发展，并增加大量的就业岗位。

智能电网是开拓宏观经济可持续增长、提高社会及电气产业的就业率的新领域。根据美国科马公司的分析，智能电网将带动美国社会的直接就业 28 万人次，短期为 15 万，中长期为 14 万人次；而该公司研究报告认为智能电网建设间接就业人数无法估计。根据科马的研究结果，2009~2018 年中两个阶段的新增就业岗位共计是 41.83 万个。如表 6-3 所示。

表 6-3 智能电网新增及减少岗位统计

类别	发展阶段（2009-2012）	稳定阶段（2013-2018）	备注
A	48300	5800	智能电网项目创造直接就业机会
B	-11400	-32000	公共事业（如抄表员）转换到其他岗位
C	19000	2000	额外的装机和设备供应商
D	117700	90000	智能电网设备供应商（如表计）
E	79300	22500	为设备供应商提供设备
F	25700	51400	新智能电网模式带来就业
G	278600	139700	总计新增岗位

注：A=智能电网直接效用，B=过渡时期的岗位，C=承建商，D=直接供应商，E=间接供应商，F=能源服务公司，G=新增岗位总计。

智能电网对就业促进表现在各个方面，电力工业是国家基础设施产业，常年吸收了各种学历层次人员就业，作为国有企业龙头，也是政府解决大中专毕业生和复转军人就业的主渠道。因此，建设智能电网对电力系统自动化、计算机信息和网络技术、工业自动化以及终端物流和信息管理、各类售后服务的人才需求会有较大幅度的增加。与此同时，现有企业的一部分在岗员工将会面临转岗，尤其是 AMI 带来的下岗、ADO 和 ATO 导致的转岗（如无人值守变电站、智能电网自愈技术所减少的维修人员）；然而，运营 ADO、ATO 和 AAM 则会增加相关智能电网系统运营的员工，这类员工的薪酬会有所提高。所以，智能电网新战略必将对我国电网企业的公司文化和组织结构产生一系列主动或被动的调适压力。

表 6-4 智能电网相关行业国有企业和事业单位专业技术人员 单位：万人

年度 行业	2003	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007	均值
						增速/%				
工业	357	334.1	318.8	312.2	320	-0.0685	-0.0458	-0.0207	0.0234	-0.028

建筑业	87	90.3	87.5	91.4	91.3	0.0365	-0.0310	0.0445	-0.0011	0.012
交通、仓储和邮政	96.5	87.1	84.7	83.3	83.4	-0.1079	-0.0276	-0.0165	0.0012	-0.038
信息、计算机服务和软件	34.3	44.8	45.4	49.3	46.6	0.2343	0.0134	0.0859	-0.0548	0.070
批发和零售	55.9	40.4	35.7	33.4	32.9	-0.3836	-0.1163	-0.0644	-0.0149	-0.145
金融业	144.7	152.2	151	151.1	159	0.0492	-0.0079	0.0007	0.0496	0.023
租赁和商务服务	11.8	11.5	10.6	10.8	7.6	-0.0260	-0.0783	0.0189	-0.2962	-0.095
科研与技术服务	92.7	91.3	89.4	87.3	89.3	-0.0153	-0.0208	-0.0235	0.0229	-0.009
水利、环境和公共设施管理业	49.5	46.3	46.3	46.4	48.3	-0.0691	0	0.0022	0.0409	-0.007
居民服务和其他服务	75.7	11	11.5	10	11.3	-5.8818	0.0455	-0.1304	0.13	-1.459
教育	1233	1246	1269.5	1300.3	1311	0.0103	0.0192	0.0243	0.0079	0.015
公共管理和社会组织		48.4	51.4	43.8	44.8	1	0.0619	-0.1479	0.0228	0.234
Σ	2238	2203	2219.3	2219	2244.2					
均值			2224.7							

资料来源：根据《中国统计年鉴》各期数据整理

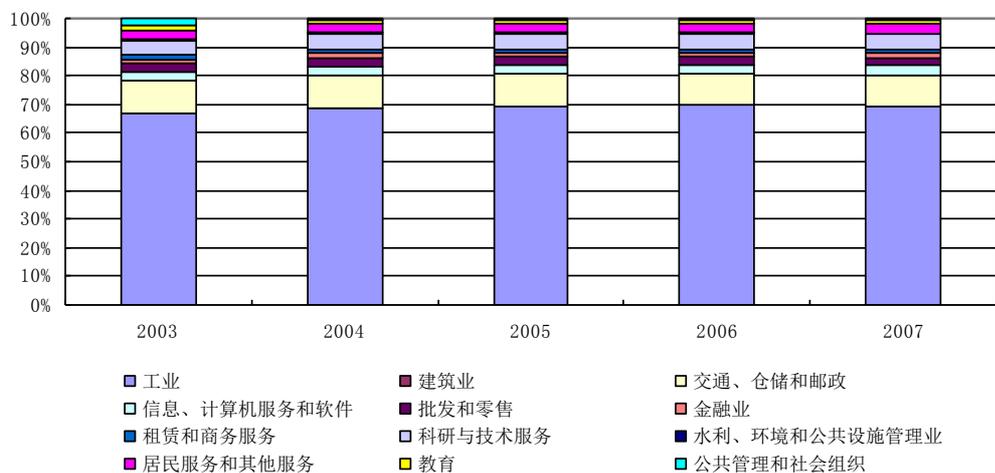


图 6-1 智能电网相关国有企业专业技术人员基本数据图

表 6-4 中的数据说明，与智能电网技术进步主要相关的行业技术岗位总数大约是 2200 万个，其中信息、计算机和软件服务的比重在 1.5%，在此基础上智能电网新增岗位大约在 2%~7%，可以达到 35~37 万个相关行业的技术岗位。

数据还表明，2007 年国有工业企业当中专业技术人员增幅是 2% 左右；信息、计算机和

软件服务业专业技术人员增幅在 7%左右。按照 2020 年智能电网的总投资 4 万亿估算⁵⁶，智能电网建成后的劳动生产率将由现在的 24 万元/人上升为 25.68 万元/人，对应就业岗位应达到 120 万个。

6.4 带动产业发展，促进技术升级

智能电网的发展和建设是一项系统工程，涉及诸多学科和行业，同时，智能电网没有现成的经验可供借鉴，必须立足于我国国情，坚持自主创新。因此，坚强智能电网将会极大地提高我国电力工业及相关产业的整体技术水平，提升电力工业及相关产业的系统创新能力，带动电力工业及相关产业的整体优化升级，推进高新技术产业和新兴技术产业的快速发展，对经济社会的协调、可持续发展起着重要的推动作用，对我国实现节能减排，保障国家能源安全，引领和促进知识、技术创新，具有重大意义。

（1）推进清洁能源产业发展

坚强智能电网大范围接入、消纳并稳定输送清洁能源的能力将不断提高，对分布式能源系统的接入和消纳能力也将不断提升，这将使可再生能源的规模大幅提升，极大地促进清洁能源及新型能源发电装备、分布式能源及发电装备、各类并网控制保护装备的需求，并带动储能、电力电子元器件及系统产业的迅猛发展。

另外，通过智能电网平台，可以实现不同能源间的互补与均衡利用，提升其可用性和效能，促进清洁能源高效利用和科学发展，促进能源综合利用效率的提高，促进节能减排。

（2）提升装备产业体系创新

坚强智能电网要求电网具有坚强的架构、敏捷的反应、灵巧的控制、环保的运行、高效的运营和经济的运作，这对电力装备产业提供了长足发展的空间和巨大的挑战。

伴随着坚强智能电网建设的推进，受益产业将涵盖电力装备行业的各个方面。电网的发展将带动电力装备制造体系化创新升级，并加快新材料、环保技术的广泛应用。电网“智能化”的需求，将对传统电力装备的智能化提出更高的要求，从而拉动传统电力装备制造业优化产业结构，提升产品信息化程度，加快产品转型升级，全面提高我国电力装备制造业的综合技术水平。此外，作为坚强智能电网重要组成部分的智能元件、传感器等也将进一步升级。

坚强智能电网的“智能化”进程，电力流、信息流、业务流的“一体化”进程，将极大地推动电力产业与信息技术产业的一体化和技术融合。因此，在智能电网的建设过程中，对信息通信产业的需求将达到前所未有的程度，这将成为拉动信息通信产业发展和创新的新兴增长点。

（3）促进能源产业优化升级

我国一次能源资源存在着与生产力布局逆向分布的“先天不足”。由于我国煤炭资源高度集中于西部、北部地区，平均铁路运距达到 1200 千米以上（最长运距超过 2300 千米），致

⁵⁶ 根据国家电网发布的智能电网战略。

使销往东南沿海地区的煤炭在价格上与进口煤炭相比，已无竞争优势。另外，我国煤炭产区仍存在着粗放开发、简易加工、高污高耗的问题，这使西部、北部地区的生态环境更加脆弱。

通过建设坚强智能电网，可以提高煤炭产区的煤电转化比，延长煤炭开发利用产业链，促进区域经济协调发展，使其资源优势有效地转化为经济优势，带动当地经济发展。尤其是可以促进当地能源产业结构优化，在经济发展的基础上，尝试资源开发与生态重建并举的可持续发展模式。例如，促进低阶煤的深加工和综合利用，加快矿区生态重建和土地复垦，加大瓦斯和焦化气的治理和利用，推进煤矿生产废弃资源的综合利用和治理等。

智能电网在直接带动一次能源产值、增加产能以及促进产业结构优化升级的同时，也可减少环境污染。

（4）增强基础产业的薄弱点

坚强智能电网的建设，将对我国一些基础产业中的薄弱点，起到补强、促进、突破的作用。

芯片、通信、基础材料等技术是电网实现智能化的基础和重点，也是保证我国未来智能电网安全可靠的核心产业。随着坚强智能电网建设的推进，对相关产业提出了新的技术挑战。对相关产业而言，这是实现核心技术自主化、关键装备国产化、产品制备工业化、产业体系系统化的重大机遇，也是打破国外技术垄断的难得机遇。

坚强智能电网对可控性、可调性提出了更高的要求，可使电力电子器件及装备在电力系统中的应用成为未来的一个技术趋势，进而引领我国电力电子技术领域以及半导体材料技术领域的又一次革命。

（5）推动环保节能民生产业

智能电网是友好互动、透明开放的“柔性”电网。电力作为社会终端用能的主要方式，将会成为未来百姓小康生活的重要标志。因而，智能家电、智能用电终端、电力光纤入户等将成为未来环保、低耗、高效生活的重要组成部分。坚强智能电网在为之提供坚实的发展和实施基础的同时，也将有效地推动我国家电、信息通信、网络及配套等相关产业的跨越发展和转型创新；同时，将会带动我国能效管理行业的发展，推进全社会节能降耗。

为缓解愈加匮乏的化石能源压力，坚强智能电网将充分提升可再生能源在电源结构中所占的比例，配套建设适应于各类电动汽车或混合动力汽车的充电设施，为形成规模化的节能、低耗、低排放交通网络奠定基础，并延伸带动储能产业、电力电子产业、控制技术产业等迅猛发展。

6.5 减少环境污染，节约经济损失

6.5.1 促进清洁能源大规模发展

根据国家电网公司发展规划，2020年全国水电装机可达到约3.48亿千瓦、风电装机达到1.5亿千瓦。若不建设坚强智能电网，2020年全国水电装机只能达到约2.97亿千瓦，可消纳的风电装机规模只能达到约7000万千瓦。智能电网建设对促进我国清洁能源的发展具

有重要意义。通过发展坚强智能电网，实现风光水火协调开发，联合输送，解决大规模、远距离清洁能源发电输送过程中的经济技术问题，将促进远距离负荷中心的清洁能源的规模化、集约化开发利用。

6.5.2 促进全国范围内的环境资源优化配置

我国硫沉降最大允许量总体呈东低西高的趋势，在华北电网的京津冀鲁、华东电网的苏浙沪皖闽和华中电网的东四省（鄂豫湘赣）等 13 个以能源输入为主的受端大部分地区，大气污染物排放已超过其环境承载力，已经没有硫沉降的环境空间；而送端地区大多还有较大的硫沉降空间。另外，受端地区经济比较发达，其人口密度、人均 GDP 远大于送端地区，污染物排放造成的经济损失大大高于送端地区。因此，通过智能电网建设，把未来我国的新增燃煤电厂主要布局在送端地区，从严实施洁净煤技术，将能够显著降低全国污染物排放造成的经济损失，获取最大经济效益。

小结

智能电网的社会效益是为社会发展提供的各种机遇和公共效益，表现在：

(1) 到 2020 年，智能电网在发电侧带来的社会综合效益折算为具体指标后，累计经济效益为 2.39 万亿元，节约标煤约 20.35 亿吨，减少二氧化碳排放 53.3 亿吨。到 2030 年，智能电网在发电侧带来的累计经济效益为 7.34 万亿元，节约标煤约 64.97 亿吨，减少二氧化碳排放 170.51 亿吨。

(2) 到 2020 年，智能电网在输配电侧带来的社会综合效益折算为具体指标后，累计经济效益为 3.64 万亿元，节约标煤约 5.56 亿吨，减少二氧化碳排放 14.57 亿吨。到 2030 年，智能电网在输配电侧带来的累计经济效益为 9.01 万亿元，节约标煤约 21.41 亿吨，减少二氧化碳排放 44.98 亿吨。

(3) 到 2020 年，智能电网在用电侧带来的社会综合效益折算为具体指标后，累计经济效益为 0.26 万亿元，节约标煤约 4.48 亿吨，减少二氧化碳排放 33.36 亿吨。到 2030 年，智能电网在用电侧带来的累计经济效益为 0.65 万亿元，节约标煤约 15.76 亿吨，减少二氧化碳排放 116.77 亿吨。

(4) 到 2020 年，智能电网给全产业链带来的社会综合效益折算为具体指标后，累计经济效益为 6.83 万亿元，节约标煤约 30.39 亿吨，减少二氧化碳排放 101.23 亿吨。到 2030 年，智能电网在全产业链带来的累计经济效益为 17 万亿元，节约标煤约 102.05 亿吨，减少二氧化碳排放 332.26 亿吨。

(5) 2020 年坚强智能电网可减少线损约 72 亿 kWh，按平均每千瓦时电量消耗燃料的费用为 0.216 元计算，全社会将节约燃料费用约 15.6 亿元。2020 年坚强智能电网可节约用电量约 445 亿 kWh，按平均每千瓦时电量消耗燃料的费用约 0.216 元计算，全社会将节约燃料费用约 96 亿元。

(6) 按照 2020 年智能电网的总投资 4 万亿估算，智能电网建成后的劳动生产率将由现在

的 24 万元/人上升为 25.68 万元/人，对应就业岗位应达到 120 万个。

智能电网带动产业发展，促进技术升级表现在推进清洁能源产业发展；促进能源产业优化升级；增强基础产业的薄弱点；推动环保节能民生产业。

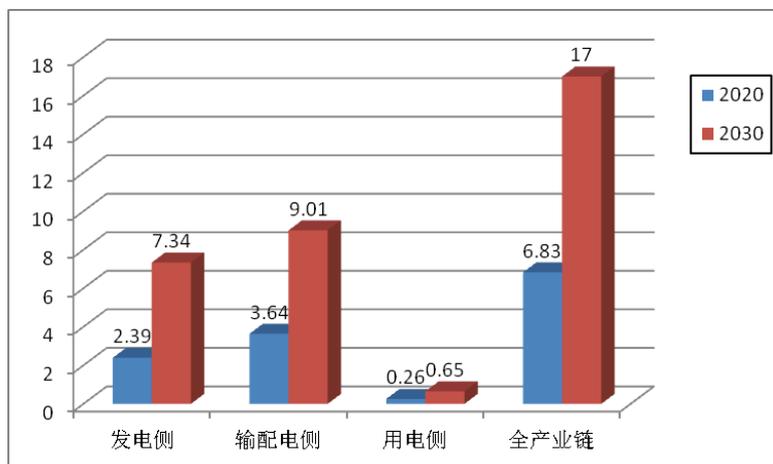


图 6-2 智能电网发展的累积经济效益

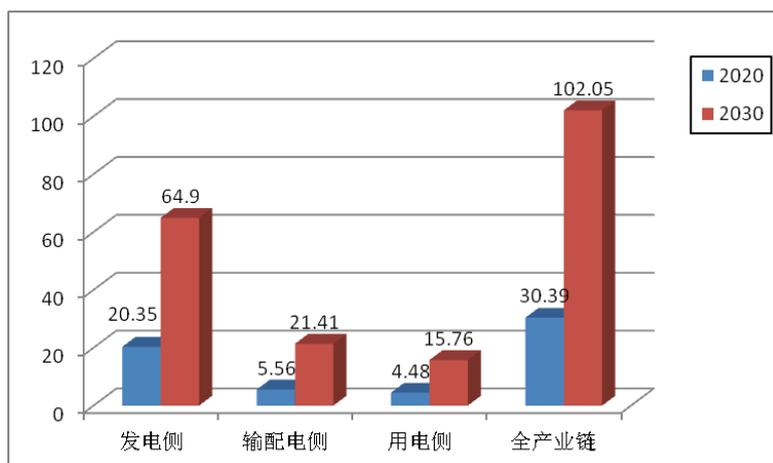


图 6-3 智能电网发展节约标煤

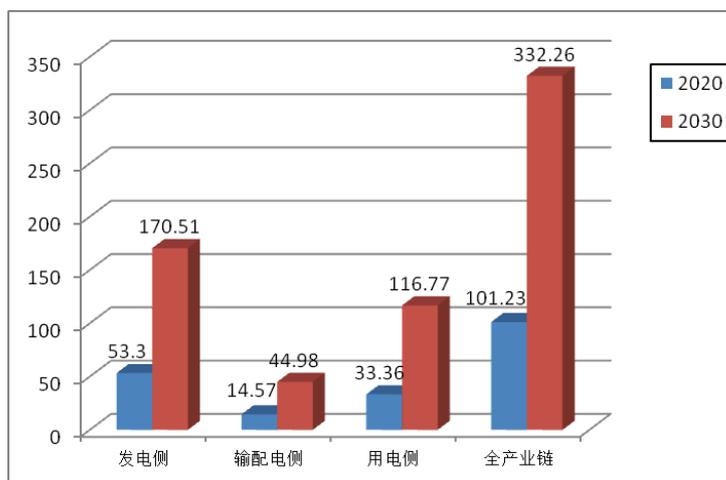


图 6-4 智能电网发展减排的二氧化碳

7. 研究结论及建议

7.1 研究总结

这份报告是对原有的报告《中国智能电网的效益评估和政策机制研究》的深化，在原有的效益评估的基础上，增加了电网中成本投入的分析，报告分别从传统电网和智能电网两种场景出发，以智能电网的渗透率为数学模型，以 2011 到 2030 年为评估期限，分别考虑了高低方案，综合分析了未来 20 年中国智能电网建设的成本投入、效益以及政策建议。

在本报告中，智能电网的成本及效益评估仍然以 20 年为评估期限。在未来的 20 年中，为满足智能电网的建设，在高方案中预计到 2030 年累计未来投资为 94756 亿元，在低方案中到 2030 年累计未来投资为 44019 亿元。相应的在经济效益分析中，高方案带来的累计经济效益为 161224 亿元，在低方案中累计经济效益为 117201 亿元，其成本收益率为 1.6-2.4。这里，累计的经济效益中只考虑到由于智能电网发展所带来的经济效益和节能减排效益转化为的经济效益之和，没有考虑所带来的社会综合效益。

智能电网的建设、发展与效益事关电网企业经营与发展大局，在智能电网建设过程中，电网企业是投资主体，其投入量将不断加大，但是，由于电价管理体制和机制不完善，必将面临较大经营压力，为使智能电网投资结构、速度、质量和效益得到高度统一，必将在企业管理、投资预算上严格把关，使智能电网的发展水平、发展质量和投资效益高效率统一起来。

7.2 智能电网发展的政策与建议

建议充分发挥我国的举国体制优势，突出政府的主导作用，建立有效的跨行业沟通平台和合作机制，多方共同推动智能电网快速发展。建议政府加强组织领导，从国家战略高度，研究制定推进坚强智能电网建设的各项重大举措，发挥产、学、研各方优势和电网企业主体作用，统筹推进坚强智能电网建设，服务经济发展方式转变和经济社会可持续健康发展。

发展智能电网是一项系统工程，涵盖环节多、涉及部门多、参与行业多，需要电网企业、发电企业、设备制造企业、科研单位、电力用户等各方的相互配合和协作。因此本部分将从政府，发电企业，电网企业，电力用户各方面给予政策与建设。

7.2.1 从政府层面的建议与政策

加大宣传力度，争取相关法律和政策支持。发展有中国特色的统一坚强智能电网不仅是电网发展的必然，也是实现我国全面建设小康社会和构建社会主义和谐社会的重要保障。加强智能电网建设在社会效益上的分析与宣传，使社会广泛认识到智能电网的效益不仅体现在电力行业本身，更多的是社会所获得的效益。通过建立面向社会的智能电网亮点工程展示平台，在与用户直接接触的重点环节先期开展试点亮点工程展示，提高民众的认知与接受程度，使用户乐于参与接受。开展积极主动的宣传工作，使更多优秀的行业和企业积极投身到智能电网建设中，开展多个方面的合作和交流，为智能电网的建设提供良好的外部环境，保障智能电网建设的顺利实施。

加强政策扶持，积极争取国家和省市各级地方政府的政策支持，制定鼓励、扶持智能

电网发展的优惠政策，以满足建设和运营智能化电网的需要。努力争取将智能电网规划纳入东北地区整体未来发展战略规划中去，通过国家及省市各级政府的政策支持和引领作用，促进相关行业的合作和参与。在智能电网试验示范工程及推广应用方面，争取得到国家和省市各级政府给予政策扶持、便利条件，保障智能电网工作的顺利开展，推动智能电网的发展进程。

积极研究改进财政投入的方式，提高财政资金的使用效率。设立智能电网产业发展基金，财政部门可安排专项基金用于设立智能电网产业发展基金，以促进智能电网产业发展。基金支持的重点将是智能电网企业自主创新、科技攻关、科技成果转化、两化融合以及产学研合作平台、产业创新平台和公共服务平台的建设。采取“以奖代补”的投入方式。为了进一步提升我国智能电网方面的科技创新能力，推进创新体系建设，改革财政资金的资助方式，更好地发挥财政资金的杠杆作用，对于创新主体可以采取“以奖代补”的激励政策。具体来说就是采取政府引导、资金扶持、技术服务等办法，倡导企业及民间资本参与自主创新、科技攻关和科技成果转化。

7.2.2 从发电企业层面的建议与政策

作为电网利益相关者链中的上游单位，在我国能源结构调整、新能源大规模利用等方面起着举足轻重的作用。发电企业新技术、新设备的引入，提高了发电设备的利用率，推迟或缓建电源装机，减少装机投资。备用容量的释放和负荷率提高可以稳定机组出力，增加发电设备的寿命，降低发电煤耗，从而降低发电企业的维护和运行成本，增加发电侧的收益。大规模可再生能源的充分利用提高了新能源发电在总装机容量中的比重，促进了能源的充分利用，从而减少大气污染物排放，降低环境治理费用。

7.2.3 从电网企业层面的建议与政策

完善组织机构，依据国家电网公司“统一规划、统一标准、统一建设”的原则和“统筹规划、统一标准、试点先行、整体推进”的工作方针，加强组织领导和体系建设，成立专门的智能电网领导工作小组和专项工作小组负责公司的规划、建设和协调等工作。智能电网建设领导小组成员为公司主管领导，负责贯彻落实国家电网公司智能电网规章制度和标准规范，决策公司智能电网建设工作中的重大问题，领导和监督公司智能电网建设工作，审定公司智能电网建设工作的总体目标和规划。领导小组下设各专项工作小组，成员由本部相关业务部门和系统内相关单位的专业人员组成，负责智能电网建设中的各专项工作及项目的具体协调、实施、建设等。

提升技术水平，智能电网的建设离不开技术的支撑，公司应在国内外范围内广泛开展技术交流，与国内外高校、科研院所、优秀企业建立紧密的合作关系，不断跟踪和引入相关方面最新的科研和创新成果，吸纳当今世界已有的适合于我国智能电网建设实际的先进技术与理念，开展智能电网相关国际标准与规范的研究合作，共同推进智能化电网技术的进步和产业化发展，为智能电网建设的顺利进行提供可靠技术保障。

注重人才培养，公司高度重视人才培养工作，通过建立良好人才培养体系和激励机制，努力在智能电网方面打造一批一流的专家队伍和实力强大的技术队伍。加强公司员工的教育和培训工作，建立与国内外高校、科研院所、优秀企业的常态沟通机制，直接邀请国内外智能电网战略研究、关键技术研发等方面的专家，定期举办培训班、研讨会和专题讲座。制定合适的激励机制，充分调动广大公司员工参与智能电网建设的积极性和主动性，形成尊重人才、尊重创新的氛围，促使智能电网建设的持续、快速发展。针对重点工程和研究项目，抽调专业技术骨干组成攻关技术小组，以小组为核心调动公司系统相关技术力量保障工程项目及研究的顺利完成。

确保资金投入，协调公司计划、科技、财务、基建、人力资源等多个部门，将电网智能化建设项目逐年安排到公司年度综合计划中，并逐年加大电网智能化建设投入力度，在条件允许的情况下优先确保智能电网重点建设项目的资金落实和组织实施。设立各区域电网智能化研究及建设专项资金，重点用于的滚动规划编制、标准规范制定、专题项目研究、技术框架体系建立等项目中，以保障智能电网规划和建设工作的顺利实施。

7.2.4 从电力用户层面的建议与政策

(1) 大力推广先进计量体系(AMI)的建设。先进计量体系(AMI)是智能电网用户端建设的基础，智能电网所有关于双向互动和用户参与的功能都需要 AMI 的存在，因此因大力推广 AMI 的建设，其一次投入成本较大，在建设初期国家应对相关单位和企业应予以一定的补助。

(2) 电动汽车与储能技术同步推进。电动汽车的优点不言而喻，但其高储能电池成本所造成的高汽车成本也让人望而却步，因此在大力宣传电动汽车绿色环保理念的同时，也要加快效率更高、成本更低的储能电池的研发，其作为有效解决风能等清洁能源不稳定问题的手段，也应得到国家在高新技术方面投资的倾斜。

(3) 三网融合亟需建立融合、有效的监管体制。大体可以分三步走：第一步是即将开始运作的国务院领导和协调机构，在高层行政的干预下推进三网融合。这种高层融合是打破僵局的重要一步，但是这类机构不宜长期存在和运作；第二步是打开局面，积累一定经验后应该尽快实现实体机构的融合。按照内容和网络分开监管的原则，将内容监管留在广电部门，将网络监管职能统一到工业和信息化部。设立不同专业局来分别处理各自的网络监管事宜；待时机成熟后则应该进一步完全融合成一个统一的、独立的、大监管机构实施全面的行业监管职能。

7.3 发展中国智能电网的战略措施

智能电网建设是一个长期复杂的系统工程。随着技术成熟度的不断提高，智能电网建设过程中将不可避免地出现一些新情况、新问题，建议根据各阶段的具体情况及各环节出现的问题，按照各环节协调发展的原则对实施方案进行动态调整。

(1) 建立并有效执行智能电网各环节协调发展总体原则和评价指标体系。对规划、设

计、建设、运行各环节统筹考虑，对电源、电网、负荷之间的相互影响和约束统筹考虑。按照多目标自趋优原则，从技术可行性和经济可行性进行评价，最终实现能量的传输路径最优。

(2) 智能电网各环节协调发展要充分考虑电源的不确定性与负荷的不确定性。电源与负荷的建模对智能电网的安全性与经济性具有重大影响。负荷模型的可靠性与泛化能力是关键因素。

(3) 建立可靠的数学模型与信息合理分层。从电网实际出发，输电和变电的信息很难截然分开，建议从调度需求入手，将输电和变电环节的数学模型与信息分层统筹考虑。

(4) 智能电网建设应按照技术分析和经济分析并重的原则。随着智能电网建设的不断深入，智能化水平不断提升，应逐渐解决安全性和经济性比例失调问题。

(5) 智能电网建设需要进行跨行业、跨专业的协作，应建立多学科联合体，开展具有自主知识产权的创新体系建设，加强国际知识交流。需要跨领域、跨专业的复合型人才和“一专多能”的专家型人才，建议有计划地培养一批既有实践经验又有理论高度、对智能电网各环节协调发展有总揽全局能力的人才。

(6) 建议国家尽快出台与智能电网建设相关的政策法规及激励机制，加大资金支持力度，以保证智能电网建设健康发展，促进智能电网各相关行业协调发展。尤其在电价机制方面，用户在用电过程中完成节电或提高了用能效率，应该有一定的奖励。用户在电网负荷高峰或电网紧急时刻，主动减负荷，应该有一定的奖励。

(7) 加强智能电网宣传力度。使用户了解智能电网、节电减排和新的激励机制，通过多种媒体与客户进行有效的交流，使用户认识到智能电网的价值和给用户带来的真正好处。

7.3.1 将智能电网上升为国家发展战略和长期发展规划，加强学科产业的扶植力度

发展坚强智能电网，将极大的提升能源资源优化配置能力、加快清洁能源发展、推动带电力发展方式转变，对保证国家能源安全、促进低碳经济发展、实现节能减排、带动科技创新、拉动国家新型战略性新兴产业发展具有重大作为，可以带动巨大经济和社会效益。建议国家将坚强智能电网建设上升为国家发展战略，并列入国家中长期经济社会发展规划，纳入城乡发展规划和土地利用规划，预留线路走廊，保护变电站站址，就电网工程列为重大的城市基础设施。编制以电力为中心的能源发展规划，确保清洁能源与智能电网协调发展，坚强智能电网各环节协调发展，统筹兼顾，突出重点，加快推进，满足经济社会发展用电需要。政府加强组织领导，从国家战略高度，研究制定推进坚强智能电网假设的各项重大举措。发挥产、学、研各方优势和电网企业主体作用，积极推进坚强智能电网的建设，保证经济社会可持续健康发展。

与国外发达国家不同，我国当前的电网发展面临着双重任务。一是电网网架规模仍将在较长一段时间内保持较快速度增长，以满足我国工业化、城镇化加速发展阶段对能源电力的需求；二是要大力提升电网的智能化水平，以适应清洁能源迅猛发展的需要，为我国在全球新一轮能源技术和产业竞争中赢得发展的主动权、控制权。我国政府应立足国情，由相关主

管部门在国家层面尽快制定我国坚强智能电网的战略目标与实施路线，以统一认识，整合资源，引导电网企业和相关行业全面参与、高效配合。把坚强智能电网规划纳入国家和地方电力发展规划，纳入地方经济社会发展规划和城乡建设规划，保障好电网建设所需的线路走廊和站址用地。针对电动汽车充电设施、储能设施、分布式电源等新兴基础设施，要及早开展规划研究工作，尤其要抓紧开展电动汽车充电基础设施“十二五”规划工作。

坚强智能电网建设对多个关联学科的创新与发展，跨学科复合技术性的形成于集群、基础性共用性学科的夯实与拓展极具引领和促进作用，并对提升我国在国际技术标准制定方面的话语权、增强国际竞争力颇具促进力度。因此，急需政府的科技政策支持、社会和学界的积极参与，加快各学科基础理论创新和研究成果实用化转化进度，完善跨学科复合型人才培育及激励机制，促进与智能电网相关的跨学科、交叉学科的发展，加强对自主知识产权的保护，建立合理有序的国际标准推进机制，全面促进我国原创性理论和技术的发展。

坚强智能电网建设对电力工业、上下游产业、基础性产业等具有强大的产业及技术需求拉动作用，同时又对相关产业提出了更高的要求，并可对以“智能电网”为代表的新能源技术而引发的第四次技术革命具有直接的推动作用。因此，有待政府尽快筹划相关产业的统筹布局和优化升级，扶持产学研各界加大科研成果的工程化、产业化、商业化进程，促进各相关企业积极向核心技术自主化、产业体系系统化、发展规模集约化、产业规模集群化方向发展，进而带动我国相关产业跨越式发展。

7.3.2 制定相关政策，贯彻“节能优先”战略，确保水电、核电、风电加快开发

“节能优先”是未来社会对能源资源的一个新观念。在智能电网基础上采取技术可行、经济上合理以及环境和社会可接受的措施来更有效地利用能源资源，就必须在管理模式、技术系统、信息平台为社会履行“节能优先”观念搭建起高效利用的电网平台，挖掘全社会的能效潜力。

截止到2010年5月，全世界运行的光热电站总容量已达到73.6万千瓦。截止2010年3月底，我国风电并网容量已超过2000万千瓦。风能、太阳能发电具有随机性、间歇性，这使得电网运行控制的难度和安全稳定的风险明显加大。同时，风能、太阳能发电的设备利用率较低，需要相当规模的常规能源与之配套。因此，需要用智能电网来提高整个电网对清洁能源接入的适应性以及运行控制的灵活性、安全稳定的可控性。

世界各国正把新能源的商业化开发和利用作为重要的发展趋势，《中国新能源产业年度报告》明确指出：中国将大幅度提高新能源在整个能源消费中的比例。在这种背景下国内对新能源的开发和利用也愈加受到重视。新能源规模属性是可大也可小，智能电网一方面要容纳成规模、有批量的新能源入网，同时，节能和智能用电也是智能电网的必备功能，形成创建节能型社会的政策环境和技术氛围，促进用户方便地选择太阳能、风能和地热能等新能源的分布式发电设备，促进新能源建设和发展，同时促进煤炭在一次能源消费中的比例逐步降低，有利于实现到2020年煤炭消费比例控制在60%左右，并走出具有中国特色的煤炭集约、

清洁开发和利用道路的能源战略目标。

7.3.3 以政府为主导力量，积极推进社会各方参与智能电网的建设

发展坚强智能电网是一项系统工程，涵盖环节多、涉及部门多、参与行业多，需要政府机构、电网企业、发电企业、设备制造企业、信息通信行业、科研单位、用电用户等各方的相互配合和协作。建议充分发挥我国的举国体制优势，突出政府的主导作用，建立有效地跨行业沟通平台和合作机制，多方共同推动智能电网快速发展。

坚强智能电网协调发展需要充分调动相关企业、研究咨询机构、行业协会的积极性，建立有效地跨行业沟通平台和合作机制，共同推动智能电网快速发展。根据我国国情，坚强智能电网建设应该充分发挥政府在制定激励政策、出台标准、统筹规划和协调组织等方面的主导作用；电网企业在发展坚强智能电网中，起到技术引领，搭建平台，科学调度的作用，适应清洁能源接入和节能减排要求；发电企业应积极发展清洁能源发电，采用“系统友好型技术”保障系统正常、高效运行；其他行业和科研机构应积极参与相关标准制定，核心技术攻关，关键设备研发和示范工程建设。总之，逐步形成以政府为主导，电网企业为主体，发电企业、用户、设备制造商、信息通信企业、科研机构等各个社会机构积极广泛参与的发展机制，以推动我国坚强智能电网快速有序发展。

智能电网建设是一个长期复杂的系统工程。随着技术成熟度的不断提高，智能电网建设过程中将不可避免地出现一些新情况、新问题，建议根据各阶段的具体情况及各环节出现的问题，按照各环节协调发展的原则对实施方案进行动态调整。

(1) 建立并有效执行智能电网各环节协调发展总体原则和评价指标体系。对规划、设计、建设、运行各环节统筹考虑，对电源、电网、负荷之间的相互影响和约束统筹考虑。按照多目标自趋优原则，从技术可行性和经济可行性进行评价，最终实现能量的传输路径最优。

(2) 智能电网各环节协调发展要充分考虑电源的不确定性与负荷的不确定性。电源与负荷的建模对智能电网的安全性及经济性具有重大影响。负荷模型的可靠性与泛化能力是关键因素。

(3) 建立可靠的数学模型与信息合理分层。从电网实际出发，输电和变电的信息很难截然分开，建议从调度需求入手，将输电和变电环节的数学模型与信息分层统筹考虑。

(4) 智能电网建设应按照技术分析和经济分析并重的原则。随着智能电网建设的不断深入，智能化水平不断提升，应逐渐解决安全性和经济性比例失调问题。

(5) 智能电网建设需要进行跨行业、跨专业的协作，应建立多学科联合体，开展具有自主知识产权的创新体系建设，加强国际知识交流。需要跨领域、跨专业的复合型人才和“一专多能”的专家型人才，建设有计划地培养一批既有实践经验又有理论高度、对智能电网各环节协调发展有总揽全局能力的人才。

(6) 建议国家尽快出台与智能电网建设相关的政策法规及激励机制，加大资金支持的力度，以保证智能电网建设健康发展，促进智能电网各相关行业协调发展。尤其在电价机制方面，

用户在用电过程中完成节电或提高了用能效率，应该有一定的奖励。用户在电网负荷高峰或电网紧急时刻，主动减负荷，应该有一定的奖励。

(7) 加强智能电网宣传力度。使用户了解智能电网、节能减排和新的激励机制，通过多种媒体与客户进行有效的交流，使用户认识到智能电网的价值和给用户带来的真正好处。

以政府为主导开展前期研究工作，发布智能电网战略愿景和发展线路图来引导公众和相关机构支持和参与智能电网重大战略的研究与决策。如美国就是通过能源部组织多个行业的专家通过专题研讨会的形式来形成战略愿景和路线图的，这样能更容易得到相关行业和公众的认可和支 持，起到良好的引导作用。

通过立法和政策来保障战略的落实与实施。如美国实现了立法与相关政策颁布，欧盟、日本和韩国也在政府层面的文件中明确提出了支持智能电网，并出台了一些扶持政策。这对于保障智能电网战略的实施起到了重要作用。

通过政府补贴来推动示范工程和新兴产业的发展。美国、欧洲及日本和韩国等国家和地区都在智能电网相关技术领域，尤其是智能电能表、区域性及跨区示范工程方面提供了高比例的政府补贴，有效带动了私有部门的投资和相关行业的投入。

通过加强标准体系建设来指导和规范行业发展，同时加快抢占国际智能电网产业的制高点。美国和日本都在技术标准领域成立了专门机构，以指导当前和未来智能电网的建设，促进和规范相关行业之间的协调配合，指导产业发展。同时，各发达国家也正在就智能电网技术国际标准制定方面展开激烈竞争，积极参与国际标准的制定，力争使本国能够抢占国际智能电网产业的制高点。

通过建立产业联盟的形式促进跨行业合作，形成多方共同投资和建设局面。智能电网建设需要跨行业的技术集成与优化，因此美国、德国等国的智能电网示范项目大多是由地方电力公司联合设备制造、IT、通信等企业，以产业联盟形式向政府申请项目。这种产业联盟的形成既加强了跨行业的合作，又扩大了智能电网资金筹措的来源，对于推动智能电网建设具有积极意义。