

Smart Grids Development Direction and Performance Index System Research

Guangyi Chen, Yunwei He, Haixin Zang

Energy Research Department of Hangzhou Telek, Hangzhou
Email: cgy@smtp.telek.com.cn

Received: Nov. 5th, 2012; revised: Nov. 20th, 2012; accepted: Nov. 28th, 2012

Abstract: We put forward the intelligent power grid to respond to fossil class exhaustion of resources and climate change aggravation and some other problems. But in fact, the view has richer connotation, as well as a wide range of interested parties. This paper analyzes the responsibility of the social from all walks of life should bear in the intelligent grid construction work. By means of three layer strategy system, we focus on the strategy, business and implementation respectively formulating the strategic layer performance indicators, business layer application direction, technology layer important topic, etc. With a comprehensive and in-depth analysis of the essence of intelligent power grid, the analysis of the strategic performance index system, we take into account energy structure triangle, energy security, clean energy, using energy in an easy way and intelligent grid these five core values based on the combining site, and detailed analyzing the intelligent network development in macroscopic should focus on performance indicators. After all the work, we get a comprehensively, systematically description of intelligent power grid development degree, and make effort in promoting intelligent power grid construction and development.

Keywords: Smart Power Grid; Strategic; Energy Structure; Performance Indicators

智能电网发展方向及绩效指标体系探究

陈光一, 何运维, 臧海欣

杭州天丽科技有限公司能源研究室, 杭州
Email: cgy@smtp.telek.com.cn

收稿日期: 2012年11月5日; 修回日期: 2012年11月20日; 录用日期: 2012年11月28日

摘要: 智能电网的提出, 是为了应对化石类资源枯竭和气候变化加剧等问题, 但事实上, 它有着更为丰富的内涵, 以及广泛的利益相关方。本文分析了社会各界在智能电网建设工作中应该承担的职责, 借助三层战略体系, 依次从战略、业务和执行三个层面出发, 分别制定了战略层绩效指标、业务层应用方向、技术层重点关注主题等内容, 以全面、深入剖析智能电网的本质; 通过重点分析战略绩效指标体系, 从能源架构三角形: 能源安全、能源清洁和能源易用和智能电网五大核心价值的结合点出发, 详尽地分析了智能电网发展在宏观上应该重点关注的绩效指标, 以期全面、系统性地描述智能电网发展程度, 为各方共同推动智能电网建设和发展作出努力。

关键词: 智能电网; 战略; 能源架构; 绩效指标

1. 背景

工业社会的发展推动了能源需求持续增长, 在化石类能源面临枯竭和气候变化加剧的双重威胁下, 社

会对能源生产和消费模式提出了新的要求。在新能源革命形势下, 如何保障能源安全、提高能源利用效率、提升用户用电体验、控制环境污染成为能源发展的主

题, 智能电网应运而生^[1,2]。

自我国提出智能电网发展战略, 并将其纳入“十二五”规划后, 各项智能化建设如火如荼开展。为保障建设方向正确、建设时序合理、建设成效显著, 需要对智能电网的发展目标和特征、建设内容和重点进行系统性的分析, 以期对智能电网建设的管理和决策提供依据。

2. 国外智能电网发展情况

目前, 智能电网在国际上尚无统一定义, 即使在各国内部, 由于涉及到众多利益相关方, 也难以形成该术语的明确描述。但其核心理念是一致的, 即利用现代信息、通信、控制技术, 提升电网的智能化水平, 适应接纳新能源电力、满足双向互动等多元化电网服务需求, 提供安全可靠、经济高效的可持续电力供应。

2.1. 国外对智能电网的主要认识

2.1.1. 美国

2003 年美国电科院(EPRI)首先提出智能电网研究框架, 认为智能电网是综合应用现代通讯、计算、控制等技术的电网, 它能够持续不断地适应各种正常操作、运行方式调整的优化运行, 并能主动预测和应对电网扰动。

同时, 美国能源部¹(DOE)、美国电力顾问委员会²也分别对智能电网作出阐述。

2.1.2. 欧盟

2006 年欧盟推出研究报告“欧洲智能电网技术框架”, 全面阐述了智能电网的发展理念和思路, 并作出其对智能电网的定义。

欧盟的智能电网将可以应对日益增长的挑战和机遇, 并为所有电力用户和利益相关方面带来利益。它是建立在用户为中心的技术、大规模可再生能源和分布式发电接入基础上, 实现电网各类用户(包括发电商和消费者等)智能接入, 达到高效、可持续、经济和安全输送电力的目的。

2.1.3. 日本与韩国

日本政府认为, 日本的电网系统坚强, 将根据自

身的国情, 主要围绕大规模开发太阳能等新能源的同时, 如何确保电网系统的稳定来构建日本独自的智能电网。

韩国认为, 韩国智能电网是传统电网技术与多种技术、多个行业的交叉融合, 涵盖交通、家电、住宅、环境等各个领域, 建设的内容包括智能输配电网、智能住宅、智能交通、智能分布式发电与储能以及智能电力市场等五个方面。

2.2. 国外对智能电网的主要实践

国外大多是以政府为主导推动智能电网发展。政府制定总的战略框架和激励政策与法案, 组织协调电力公司和其他相关行业参与有关议题研讨和示范工程建设, 并牵头推动和协调技术标准的制定。另外, 在应对全球气候变暖和经济全球化的背景下, 各国也很注重在智能电网方面的国际合作, 希望能在后石油经济时代赢得先机。

主要举措如下:

- 制定战略框架;
- 政府出台激励措施, 企业积极响应;
- 推进技术标准的制定;
- 促进国际合作。

3. 智能电网发展体系

智能电网建设分类众多, 产业链复杂。在这个体系中, 国家、能源主管部门、众多能源和设备生产、解决方案厂商分别承担着战略规划制定、战略计划分解和工作计划执行的角色, 履行战略层、业务层和技术层的职责^[3](图 1)。

3.1. 战略规划

即由国家制定智能电网发展战略与总体目标。

智能电网是一项国策, 从国家和全社会的角度来说, 关注的是整体的社会效益, 如在利用可再

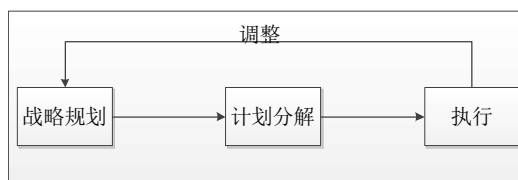


Figure 1. Relationship between the level of responsibility
图 1. 各层级职责关系

¹US Department of Energy, The smart grid: An introduction. Washington DC: US Department of Energy, 2008.

²The Electricity Advisory Committee. Smart grid: Enabler of the new energy economy. December 2008.

生能源方面、在节约能源消耗方面、在环境保护方面、在推动产业发展方面，从用户角度来说，还会关注用电质量、电能可用性方面的内容。

战略规划落实为具体绩效指标，是本文论述重点。

3.2. 制定分阶段计划、工作任务和重点

即由能源主管部门根据国家总体规划制定分阶段的工作计划，落实为具体工作任务。

智能电网涉及从发电、输电、变电、配电到用电的各个环节，分类众多，发展任务极其艰巨。在全社会参与智能电网建设的背景下，涌现出大量的新技术、新应用，需要仔细甄别，选择可持续的、实用化程度高的、应用前景明朗的、当务之急的重点、优先发展。

3.3. 遵循详细标准、落实具体措施

即由执行组织根据能源主管部门制定的工作计划，有序完成。

智能电网的建设从本质上来说，是技术创新和管理创新在电力行业中的应用过程，从执行层角度来说

需要具体量化，设置具体的技术要求，规范、约束利益相关方(项目承建方)的建设标准、建设方式。

该阶段的工作重心在于新技术的研发，主要包括：

- 1) 研究新能源发电技术，提高能源利用率、发电效率，提高电网稳定性；
- 2) 研究大容量、低损耗(包括有功和无功)、低电磁污染输电设备；提升对极端气候的适应能力；
- 3) 研究降低变损、低污染的变电设备；建立完备的采集、控制、保护和监测功能；提升站控智能水平；
- 4) 研究先进配电网设计模式，优化改善网架结构，降低运行费用，降低线损；
- 5) 研发节能用电设备，减少用电损耗，加强供用电交互；
- 6) 研究大容量、高密度、高效率储能设备；提高储能设备安全性、耐久性；降低污染；
- 7) 提高量测、监测设备的精度、实时性、准确性，建立有效的检测手段和分析诊断技术。

根据上述理论，可以构建三层面的金字塔结构，如图 2 所示。

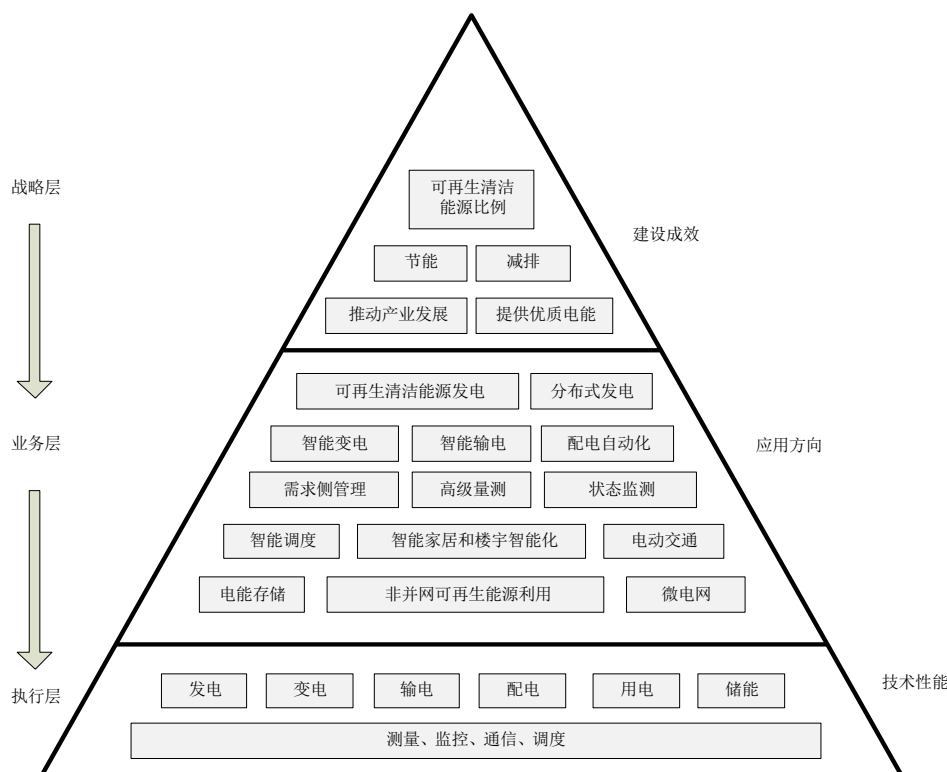


Figure 2. Three-layer pyramid business model
图 2. 三层面金字塔业务模型

在这个金字塔结构中，技术和应用是智能电网的基石，并以此彰显智能电网核心价值。

4. 智能电网架构设计

在战略规划层，需要围绕智能电网的核心价值构建一个能源架构体系，以从宏观层面确定智能电网战略的顶层架构。通过分析对比各国对智能电网的定义，并借鉴世界经济论坛和埃森哲于 2012 年发布的《全新能源架构 推动有效转型》所提出的能源绩效架构指数，我们提出适合我国经济结构和社会条件下的能源架构体系，如图 3 所示。

在该架构中，位于三个顶点的分别是能源安全、能源清洁和能源易用，分别支撑智能电网可再生能源替代、节能、清洁、电网绩效及产业发展五个核心价值。

4.1. 能源架构三角体系

4.1.1. 能源安全

解决能源问题，保障能源安全，实现能源可持续发展。面对能源危机，通过智能电网，开源节流，一方面，通过新能源转化为电能的方式，解决太阳能、风能等直接利用困难的问题，逐步以新能源替代化石能源，改善能源消费结构；另一方面，提高能源利用率、减少能源浪费。

4.1.2. 能源清洁

解决环境问题，缓解气候压力，创建环境友好型社会。通过智能电网的发展，加快新能源替代化石能

源的步伐，减少二氧化碳排放，缓解气候压力。

4.1.3. 能源易用

通过智能电网的建设，增加可再生清洁能源的使用途径，同时提高用户的用电体验，满足人们各方面用电需求。

4.2. 产学研用相结合

即将智能电网实践与产业发展、科学研究相结合，加快智能电网试点项目建设，同时，积极学习国外的先进技术，鼓励支持科研机构、高校等对智能电网的相关研究，促进整个智能电网的产业发展。

4.3. 政府引导与企业创新结合

发展智能电网，要按照市场化运作、开放性发展的思路，支持企业创新体制机制；通过政府政策引导，吸引企业资本、金融资本、社会资本和创业投资等投入；加大力度，吸引国内外优势企业来发展智能电网相关产业；支持有条件的企业并购国内外具备研发实力、核心技术及关键能力的企业。支持引进智能电网相关领域的领军人才和技术团队，积极培养一批优秀人才，形成人才梯队。

总之，能源三角架构的设计符合我国建设“资源节约型、环境友好型”两型社会的构想，也是创建能源生产、消费绿色化体系的总纲，并且考虑了 21 世纪人们在能源利用上的人性化要求。在这个架构中，政府的主导引领和企业的创新创造是使能源架构得以维系的源泉，只有产业的蓬勃发展，能源的未来才是清晰的、可实现的。

智能电网的建设不仅仅是电网侧的工作，而是关系到能源产业链全局的大事，是时代赋予智能电网这样的神圣任务，以完成保障能源安全、易用、清洁的重任。我国为此制定了相应的战略目标，在 2011 年联合国德班气候大会上，我国宣布^[4]：到 2015 年，非化石能源占一次能源消费比例达到 11.4%；单位 GDP 能耗比 2010 年下降 16%；单位 GDP 碳排放比 2010 年减少 17%；服务业增加值和战略性新兴产业增加值占国内生产总值比例分别提高到 47%和 8%左右。

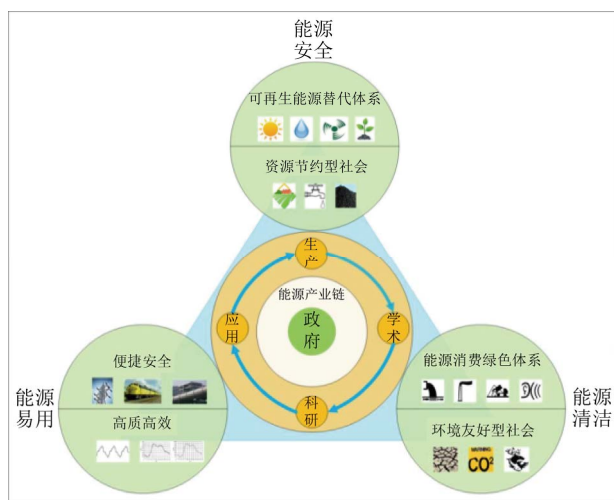


Figure 3. Energy triangle system
图 3. 能源架构三角体系

5. 智能电网绩效指标体系

从能源架构出发，我们设计了五类智能电网绩效

指标, 以下分述(表 1)。

5.1. 可再生、清洁能源发展指标

可再生能源的发展是智能电网发展要遵循的第一个价值。世界各国均将可再生能源的发展与消纳当作能源发展的首要任务。

从是否可再生、是否清洁来说, 能源主要有几种形式, 如表 2 所示。

Table 1. Smart grid performance index
表 1. 智能电网绩效指标

核心价值	分类	指标	单位
可再生、清洁能源接入	利用水平	可再生能源转换率	%
		可再生能源装机占比	%
	利用效果	可再生能源发电占比	%
		可再生能源消费占比	%
		年度节省电能比例	%
节能效果	节能水平	网损率(国网、南网)	%
		单位 GDP 能耗降低率	%
	负荷调控水平	可调控负荷	kW
		负荷率	%
减排效果	发电减排	削峰收益	¥
		常规火电减排率	%
	用电减排	可再生能源发电减排量	t
		电能消费替代减排增长率	%
		电压合格率	%
供电服务质量	电能质量	频率合格率	%
		供电可靠性(RS1, RS2, RS3)	%
	可靠供电	平均恢复供电时间	h
		事故预防率	%
		故障隔离区大小	MW
产业发展规模	安全供电	供电设备利用率	%
		最大需求负荷满足度	%
	高效供电	专项投资规模	¥
		带动民间投资比例	%
产业发展规模	投资规模	¥	
	产业规模	产业 GDP	¥

Table 2. Forms of energy
表 2. 能源形式

是否可再生	是否清洁	具体能源形式		
×	×	石油	煤炭	天然气
√	√	水能	风能	太阳能 潮汐能
√	×	生物质能		
×	√	核能		

可再生、清洁能源的消费有两种主要方式, 其一是直接利用, 比如生物质能直接燃烧和生产沼气、太阳能加热、水流机械驱动(非发电, 如顺流运送、水磨坊等)、风力航行等, 其二是转换为二次能源, 包括电能、氢能和生物燃料等。

5.1.1. 利用水平

利用水平主要是指将一次可再生能源转换为二次能源^[5]过程中的转换率。在这种转换技术中, 电能是利用成熟度最高、范围最广的一种方式^[6], 因此普遍以将可再生能源转换为电能过程中的各种指标作为统计对象。对于能源转换率, 会因能源类型而不同而有极大差异。以当前应用规模和前景最好的风能技术为例, 风电装机的风力转换率在 50%左右, 据一些媒体报道, 部分风机转换率可达 80%以上, 而光伏发电的利用率则普遍在 20%左右^[7]。

在装机占比上, 根据 2011 年底的统计, 水能、光伏、风电、核电、生物质能装机分别为 2.3、0.02、0.47、0.12、0.04 亿千瓦, 约占总装机的 28.5%。地热潜力 600 万千瓦(当前装机 3 万千瓦)、海洋能 3850 万千瓦(当前装机 1 万千瓦)、生物 600 万千瓦^[8]。

5.1.2. 利用效果

可再生能源发电量是衡量其利用效果的主要指标。首先考虑的是各发电的年均利用小时数。实质上, 可再生能源普遍存在间歇性问题, 如水能分丰水期、枯水期, 年度利用小时数通常在 4000 小时左右, 而风能年均均在 2000 小时左右, 光伏不到 2000 小时。根据 2011 年的数据统计, 光伏发电量 9.1 亿千瓦时, 生物质能 192 亿千瓦时, 风力发电量为 732 亿千瓦时, 地热、海洋能 1.5 亿千瓦时; 核电增长 16.95%, 占 1.85%, 所占比例非常小^[9]。

可再生能源的生产总量及占能源生产总量的比例大小, 可以衡量一个地区的绿色、可持续发展程度。除转换为电能之外, 还需统计可再生能源作为一次能源被直接利用的那部分。根据国家发改委 2007 年发布的《可再生能源中长期发展规划》^[10], 优质清洁可再生能源在能源结构中的比例要稳步提升, 在 2015 年达到 11.4%, 2020 年达到 15%。而当前我国的可再生能源比例不到 9%, 并未完成 2010 年达到 10%的规划要求。

5.2. 节能效果指标

对于能源领域来说,节能是永恒的话题。节省的能源才是真正清洁的能源,据相关学者研究,通过建设智能电网,可以实现最终节省 60% 的电能。

5.2.1. 节能水平

智能电网通过智能调度、高效输变电、需求侧用电管理和推行节能设备等一系列措施,实现电能节约。

节能量是最直接的考核指标。根据《电网企业实施电力需求侧管理目标责任考核方案》^[11],有具体的电力电量节约指标,并需开展电力需求侧管理工作。根据《方案》,年节能量不低于经营区域内上年售电量的 0.3%、最大用电负荷的 0.3%。对于电网来说,线损率是直接的考核指标,根据全年 4.7 万亿千瓦时的用电量,0.1 个百分点的线损率可节约 5 亿千瓦时的电能,能为电网企业增加超过 10 亿的利润。2011 年全国电网输电线路损失率为 6.31%,比上年降低 0.22%。

单位 GDP 能耗是考察一个国家资源综合利用效率的有效指标,我国单位 GDP 能耗一直较高,0.814 吨/万元^[12],是世界平均水平的 2.2 倍,这和发展模式和社会发展阶段密切相关。通过转换产业发展结构,可以有效降低能耗水平。国家统计局 2012 年 2 月 22 日发布数据称^[9],2011 年中国能源消费总量 34.8 亿吨标煤,比上年增长 7.0%,全国万元 GDP 能耗下降 2.01%。

5.2.2. 负荷调控水平

满足电力负荷需求是电网应该具备的基本功能,也是供电企业应承担的基本责任。一直以来,电力企业都是在与日益增长的负荷抗衡中发展自己,而负荷调控已经逐步被认识到是缓解这种争端的另一种方法。以往,供电企业多取在用电高峰依序拉闸限电的模式实现对负荷的调控,这种暴力控制方式往往给工业生产和居民生活带来不利影响^[13]。而随着智能电网对用户的兼容,负荷调控开始向用户主动参与的方向发展。

1) 可调控负荷

通常采取将调度职能从简单调度电力设施,扩展至对用户用电设备调控,这被称作直接控制负荷^[14],

即通过远端控制装置关闭或者循环控制用户的用电设备,提前通知时间一般在 15 min 内,适用于居民或小型商业用户,负荷短时停电对供电服务质量影响不大。

另一类可调控负荷称作可中断负荷^[15],它可以根据双方事先的合同约定,在电网高峰期向用户发出中断请求信号,经用户响应后中断供电,适用于大型工业和商业用户,是电网错峰比较理想的控制方式。

负荷调控的作用是移峰填谷,当前已有一批大型储能技术和设备(抽水蓄能)担当该项责任,今后,大量分布式、小容量的储能单元,有可能成为负荷调控的主力。这些储能单元在用电低谷时充分吸纳廉价电力,而在高峰时主动或被动向电网提供电源,弥补电力缺口。据统计,当前抽水蓄能装机在 1800 万千瓦。

2) 负荷率

负荷调控成效可以通过负荷率^[16]来反映,在数值上等于电网平均负荷与电网最大负荷的百分比,它反映用电负荷的不均衡性。通过比对用电负荷率的变化情况,可以校验负荷调控的水平与能力。

3) 调控收益

负荷调控通过削峰填谷,可以有效节约能源、提高设备利用率,有显著的经济效益。可以通过累加各部分的收益来得到总体收益:

用户侧削峰收益 = 消峰用电量 × 峰谷电价差;

电网侧削峰收益 = 削峰负荷量 × 单位负荷电网侧平均投资 + 电网调度成本;

电源侧削峰收益 = 削峰负荷量 × 单位负荷电源侧平均投资 + 电厂调控成本。

5.3. 减排效果指标

碳排放被认为是加剧气候变化的主要诱因,为改善生态环境,实行碳减排已经在国际社会达成共识。广义的减排包括减少碳、硫、硝等的排放,主要包括二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、二硫化碳等有害气体。在我国能源结构中,煤炭占据 70% 以上,而电煤在煤炭消费中所占比例又在 60% 以上,因此煤电生产成为我国碳排放的主要环节,也是减排的重点领域。

5.3.1. 发电减排量

根据 2011 年的数据,全国 6000 千瓦及以上电厂供电标准煤耗 330 克/千瓦时,折合碳排放为 1210 克。

减排措施在燃烧前主要是采取 IGCC 技术^[17]，在燃烧后称作捕碳技术，主要包括物理溶剂吸收、化学反应吸收、吸附法、膜分离等。

实现真正的减排依赖于清洁能源的大量开发与使用，包括光伏、风能、地热能、潮汐能、核能等。通过统计这类能源的发电量，并按吨标煤碳排放进行折算，可以得到大致的减排量。据统计，2011 年可再生能源发电量在 933 亿千瓦时，折合减少碳排放 2885 万吨。

5.3.2. 用电减排量

从用电来说，在一些特定领域，利用电能取代传统能源，通过提升能源利用效率，可间接减少碳排放。比如混合动力汽车，通过电能弥补，能极大地提高能源利用效率(百公里耗油可降至 3 升)，可降低 60%的碳排放^[18]。采用电能替代化石燃料，按照单位里程平均耗电量估算总用电量，可获取减排量，为避免与发电侧的减排重复计算，可仅计算其中降低的部分。

5.4. 供电服务指标

提供优质的供电服务是电力企业的社会责任，供电服务质量主要体现在电能质量和可靠供电两个方面。

5.4.1. 电能质量

电能质量主要包括电压合格率和频率合格率两项指标。其中电压合格率是指电压合格时间占总时间的比例。国家标准《电能质量供电电压偏差》^[19]中规定各电压等级的电压合格偏差范围，220 V 单相供电电压偏差为标称电压的+7%、-10%，380 V 三相供电电压偏差为标称电压的±7%。频率合格率是指频率合格时间占总时间的比例，我国的电压频率为 50 赫兹，合格范围为 49.5~50.5，超出该范围，将给用电设备带来较大危害。

5.4.2. 供电可靠性

在可靠性方面，主要关注连续供电的持续性。国际社会上普遍采用供电可靠性(RS1, RS2, RS3)作为衡量无间隔供电的能力指标。2011 年上半年，全国供电系统城市用户供电可靠率(RS1)为 99.9222%，同比提高 0.0002 个百分点。与供电可靠性指标对应的还有一个指标：平均恢复供电时间，指每次发生停电后恢复供电的时间间隔。根据南方电网公司的公告：故障

停电后，城市地区抢修人员到达现场时间平均 45 分钟，农村地区 90 分钟，特殊边远地区 2 小时。城市抢修恢复时间 4 小时，农村地区 5 小时。

5.4.3. 安全供电

除为用户提供高质量的供电服务，还需要关注另外两个方面，即安全供电和高效供电。安全供电主要考察供电企业对于事故的预防和事故发生后防止问题扩散的能力。涉及事故预防率和故障隔离^[20]区大小两个指标。事故预防率 = 预防事故数/(预防事故数 + 已发生事故数)。事故的预防需要通过建立完善的设备监控体系和评估分析模块，能对可能发生的电力故障提早预知，并采取果断措施阻止或制止恶性事故的发生。故障隔离区^[21]是指在故障发生后，将影响范围控制在一定区域时的负荷损失，单位为 MW，该值越小越好。它体现了电网在发生事故时的控制能力。

5.4.4. 高效供电

高效供电是另一项电力企业需要密切关注的指标^[18]，体现了电力企业在供电效能上的水平，最直接的一项指标就是最大负荷满足度，另一项指标是电力设备的利用率。最大负荷满足度是指对于可能发生的最大负荷，电源和电网实际可以满足的程度，公式为实际统计最大负荷/理论计算最大需求负荷，该值最大为 100%。我国每年在夏季用电高峰时需拉闸限电，这意味着负荷损失，需求无法得到满足。而存在备用电源的区域，按转换公式最大装机规模/实际统计最大负荷，则满足度将超过 100%。

对于电源企业来说，需要保证装机容量有 5%~10%的盈余度下，但设备利用率将下降，意味着浪费。因此我们引入设备利用率作为衡量这种浪费程度的指标。我们对电网和电源分别统计利用率，如下，其中发电设备利用率 = 年平均利用小时数/8760，输变电设备利用率 = 平均负荷/额定容量。

5.5. 产业发展指标

产业发展规模是体现一个产业的成熟度、发展前景和受关注度的指标。从构成来说，分为投资、消费与出口，从投资来源说，分为国家与社会投资两种。

5.5.1. 专项投资规模

在专项投资上，根据国家电网公司 2009 年发布

的“坚强智能电网”三个阶段，至 2020 年，总投资预计将超过 4 万亿，整个十二五期间的智能化投资在 2700 亿左右。政府应该鼓励民间资本加入这场盛宴^[22]，从社会即民间角度来说投资还非常小，但新能源和智能设备已经吸引了为数众多的私募股权投资 (Private Equity, 简称 PE) 和风险投资 (Venture Capital, 简称 VC)^[23] 的加入。因此，带入民间资本投入比例也是一个反映产业发展速度的指标。

5.5.2. 产业发展总规模

根据经济理论，智能电网的产业发展总规模可以按投资、消费和出口进行统计。

投资参考上一节的专项投资规模。

消费主要包括电力的消费和相应的服务。电力消费可按行业统计。2011 年用电量 4.7 万亿千瓦时，按单价计算。电力服务则计取用户额外支付的服务费用。

出口则包括电力输出，需要扣除购入部分。另外还需计入出口的电力设备，同样扣除购入部分。

6. 总结

智能电网虽然定义众多，但其目标和特征在业内基本达成共识。本文从不同层面分析智能电网各利益相关方应该各自承担的责任，结合智能电网的具体建设内容和要求，形成了智能电网金字塔体系，并主要对战略层的指标进行了深入、全面的分析和探讨，希望能为智能电网的建设工作提供一些思路，最终能推动建立国家和社会共同参与、各司其职，整个行业规范有序、自主发展的工作模式。

参考文献 (References)

[1] 李占林, 吴稀西, 王欣. 谈智能电网及其前景[J]. 电源技术应用, 2012, 7: 1-5.

- [2] 贺丽芳. 智能电网开启电网运行新形式探讨[J]. 经营管理者, 2012, 17: 200.
- [3] 王馨艳. 流程再造与企业战略、信息技术及组织结构的整合研究[D]. 重庆大学, 2005.
- [4] 气候大会高级别会议召开[URL], 2011. <http://epaper.xkb.com.cn/view.php?id=746680>
- [5] 二次能源[URL]. <http://baike.baidu.com/view/23300.htm>
- [6] 李瑞先. 能源工业发展的金融思考[J]. 甘肃金融, 2011, 2: 74.
- [7] 太阳能电池转换率排名[URL]. <http://wenku.baidu.com/view/b5c0ec69b84ae45c3b358cd8.html>
- [8] 崔民选, 王军生, 陈义和. 中国能源发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2012: 144.
- [9] 崔民选, 王军生, 陈义和. 中国能源发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2012: 192-200.
- [10] 国家发改委. 可再生能源中长期发展规划[R], 2007.
- [11] 国家发展改革委. 电网企业实施电力需求侧管理目标责任考核方案(试行)[S]. 发改运行[2011]2407号.
- [12] 单位 GDP 能耗[URL]. <http://baike.baidu.com/view/11010522.htm>
- [13] 曹小平. 拉闸限电自动化方案的研究[D]. 大连理工大学, 2009.
- [14] 冯庆东, 何战勇. 需求响应中的直接负荷控制策略[J]. 电测与仪表, 2012, 49(3): 59-63.
- [15] 王瑞庆, 李渝曾, 张少华. 考虑分布式发电和可中断负荷的配电公司购电组合策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(22): 17-39.
- [16] 王娜. 县级电网调度中的负荷率调整探析[J]. 机电信息, 2012, 18: 29.
- [17] 王泽平, 周涛, 张记刚. 电厂二氧化碳捕捉技术对比研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(11): 83-87.
- [18] 马自达本土投放混合动力 DEMIO 百公里耗油 3.3 升[URL]. <http://www.d1ev.com/news-6428/>
- [19] 中国国家标准化管理委员会. GB/T12325-2008, 电能质量供用电电压偏差会[S], 2008.
- [20] 严海宽. 遗传算法在配电网故障诊断、故障隔离和供电恢复的应用[D]. 吉林大学, 2005.
- [21] 苏丹. 配电网故障隔离的分布式算法[D]. 华中科技大学, 2011.
- [22] 陈星. 带动民间投资的主要方式分析[J]. 经济纵横, 2012, 9: 35-37
- [23] 韩国栋. 民间投资进入壁垒与经济内生增长研究[J]. 青海社会科学, 2011, 32(6): 25-29.