

将可再生能源纳入中国电力系统： 技术入门

电力规划

Fredrich Kahrl 王轩

2015.10

致谢：

Fredrich Kahrl (Energy and Environmental Economics, Inc.)和王轩(睿博能源智库)共同完成了此篇报告。

感谢 David Moskowitz, Max Dupuy, Kevin Porter, Rick Weston, Jim Williams, Ryan Wiser 等对本报告提出的宝贵建议。同时感谢华北电力大学经管院张素芳教授和周杭（新能源科学与工程系）对此中文版的贡献。

如何引用此文

Kahrl, F., 王轩 (2015) 。将可再生能源纳入中国电力系统：技术入门—电力规划。北京，中国：睿博能源智库

本报告的电子版及其他出版物请参看我们的网站

www.raonline.org/china

希望加入我们的订阅名单，请发送您的联系信息到
china@raonline.org

目录

- 缩略语 4
- 引言 4
- 1.概述 6
- 2.产业政策与规划流程 9
 - 2.1 产业政策..... 9
 - 2.2 国家五年规划.....11
 - 2.3 其他国家规划.....14
 - 2.4 各省五年规划.....14
 - 2.5 其他省级规划.....17
 - 2.6 区域电力规划.....18
- 3.项目审批20
 - 3.1 项目审批流程.....20
- 4.可再生能源所面临的挑战25
 - 4.1 规划面临的四个关键挑战.....27
 - 4.1.1 发电规划27
 - 4.1.2 输电规划28
 - 4.1.3 环境规划28
 - 4.1.4 组织能力和信息获取能力29
 - 4.2 优先体制创新.....29

缩略语

AC	Alternating current	交流电
CEEC	China Energy Engineering Group Corporation	中国能源建设股份有限公司
CHP	Combined heat and power	热电联供
CSG	China Southern Grid Company	中国南方电网公司
DC	Direct current	直流电
FERC	U.S. Federal Energy Regulatory Commission	（美国）联邦能源管理委员会
NDRC	National Development and Reform Commission	国家发展和改革委员会
NEA	National Energy Administration	国家能源局
SERC	State Electricity Regulatory Commission	国家电力监管委员会
SGCC	State Grid Corporation of China	国家电网公司

引言

本文是一系列关于将可再生能源纳入中国电力系统的经济，制度，政治和技术挑战的文章之一。该系列的每一篇文章自成体系且关注不同的主题：电力规划，电力系统运营和电力定价。这三个主题密切相关，每一篇论文都是建立在另外两篇文章基础之上。尽管中国的可再生能源文献众多，但目前人们对中国电力行业基本制度和实践情况了解甚少，以及这些基本制度如何造成电力行业和监管机构在更进一步发展可再生能源和将可再生能源纳入电力系统中所面临的约束。

本文重点介绍电力系统规划——即企业，监管机构和系统运营商在规划发电和输变电投资以满足可靠性，成本和环境目标的过程。¹本文由四个主要部分构成：

- 概述，提供论文摘要；
- 产业政策与规划流程，考察了以中国五年规划为中心的不同电力规划流程及其与国家产业政策的联系；
- 项目审批，描述了一个与电力规划流程脱节的发电和输电项目审批流程；
- 可再生能源面临的挑战，概述了当前电力规划流程对可再生能源造成的主要挑战，同时明确了应对这些挑战的关键改革领域。

虽然这一系列文章重点关注的是可再生能源并网，但其许多描述和结论牵涉面甚广。故我们期望读者对中国电力行业的可再生能源发展和组织结构有基本的了解。

¹ 这里的长期系统规划通常关注从现在到未来一年的时间范围，与“运营规划”不尽相同。运营规划在另一篇文章中介绍。参见 Kahrl, F., and Wang, X. (2014). Integrating Renewable Energy Into Power Systems in China: A Technical Primer — Power System Operations. Beijing, China: Regulatory Assistance Project. 摘自 <http://www.raponline.org/document/download/id/7459>.

1.概述

国际上，电力系统规划在不同行业和地区都有不同的形式。其中，有两种常见的规划流程：

（1）发电容量充裕度规划：力图确保发电容量足以可靠地满足预期的消费需求；²（2）输电可靠性规划：力图确保输电系统能够可靠地向消费者供电。此过程对可再生能源的发展和并网具有重要意义。它决定了电力系统的灵活性，可用的输电能力以传输和帮助可再生能源并网，以及在某些情况下，新增可再生能源发电容量。

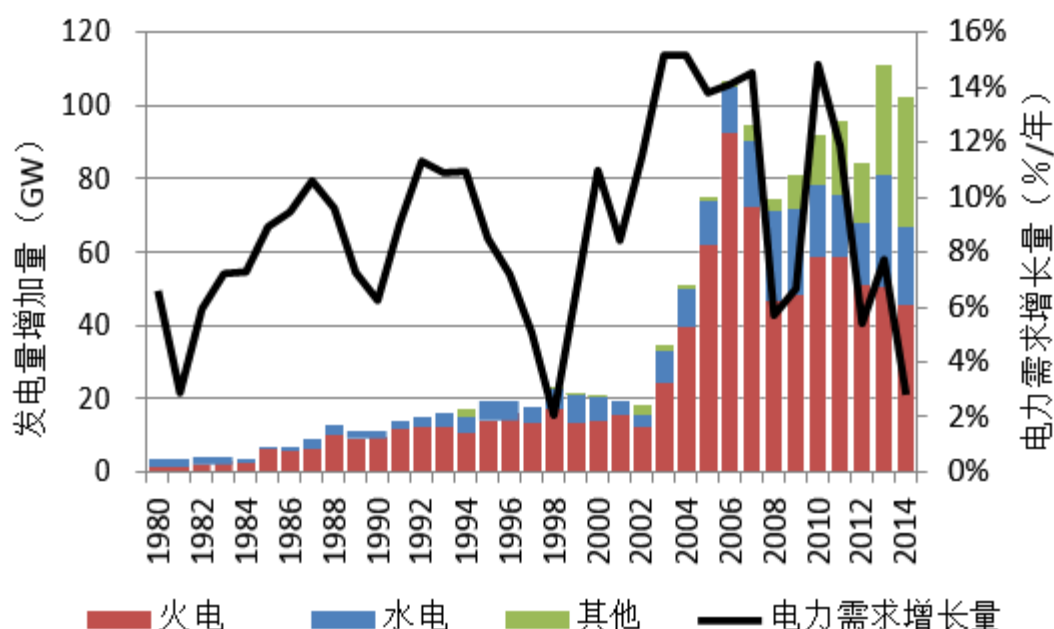


图 1：1980 - 2014 年中国各资源类型发电容量和电力需求增长示意图³

中国的电力规划与国际范式有很大不同。中国电力行业规划的主要手段是全面，多层级，全国性的五年规划，其列举整个经济的政策方向和重点投资项目。五年规划过程中的发电和输电投资并不是基于可靠性或成本指标。相反，过去 15 年来，伴随着每年用电需求超过百分

2 在北美和欧洲的许多地方，长期供应（充分性）规划也包含了需求侧资源，被称为“资源充分性规划”。这里使用“发电容量充裕度规划”一词，旨在涵盖更广泛的规划方法。

3 这里的“其他能源”包括核能和可再生能源。1980 - 2013 年的数据来自中国电力企业联合会（2014）：2013 年电力统计基本数据一览表。摘自 <http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/tongjixinxi/niandushuju/2015-03-06/134849.html>。2014 年的数据来自中国电力企业联合会（2015 年）：2014 年电力工业运行简况。摘自 <http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/gongxufenxi/dianliyunxingjiankuang/2015-02-02/133565.html>

之十的增长，规划并未赶上快速的电力扩张⁴。在 2000 年至 2014 年期间，中国新增加了 1 太瓦（TW）的发电容量，相当于美国全部电力系统的发电容量。⁵

近年来—电力需求增长放缓，空气质量下降，二氧化碳排放量上升，高成本担忧等问题—突显了中国电力规划的缺陷，这与美国在上世纪七十年代⁶的经历相似。规划缺陷已经对可再生能源的发展造成了一系列挑战。例如，由于缺乏发电容量充裕度规划，导致我国建设了远多于物理和经济需求，并且不够灵活的火力发电容量，随之而来的是严重的“弃风”问题。在输电规划过程中，发电和输电发展之间缺乏必要的沟通协调，导致了发电的“瓶颈效应”：即由于输电能力不足，当地不得不“弃风”和“弃水”。

可再生能源还没有被视为一项严肃的、可以实现空气质量目标的缓解措施。为应对严重的空气质量问题，中央政府公布了《大气污染防治行动计划（2013）》，省级和省级以下政府负责实施。如下所述，在电力部门，这些规划主要集中在燃煤发电机组的传统烟囱污染排放控制上。通过区域规划，确定经济高效的可再生能源发电和输电项目，使得电力行业能够进一步地减排还存在很大的空间。

中国改革电力规划的努力需要克服政治、经济障碍。2004 年，出于对各省批准太多低效且高污染的发电厂的担忧，中央政府将大部分发电和高压输电项目的项目审批权力收回。然而，自 2000 年以来，中央政府未制定电力行业的国家五年规划，一些改革将电力部门拆分为企业巨头，但并未建立电力批发市场。因此，由于缺乏确定新发电容量和项目批准的客观标准，一方面，中央政府在其工业政策和环境优先事项之间形成了矛盾，另一方面，地方政府和企业又主要关注增长。解决这种紧张关系对于开发更有意义的规划流程至关重要。改进规划流程以更好地支持可再生能源并网，需在四个主要方面改革：

- 发电规划：确保发电投资和可靠地满足需求的发电容量之间更好地匹配，并促进更灵活，更低成本的发电组合的建设；
- 输电规划：将发电规划更好地整合到输电规划中，并鼓励更经济有效地发展输电系统；
- 环境规划：将环境目标进一步纳入电力规划和资源采购中；
- 组织能力和信息获取能力：强化监管机构的能力和专长，并鼓励更透明和更广泛的信息，从而有助于决策。

本文的其余部分安排如下：第 2 节概述了中国不同的电力规划流程，描述了一个由国家产业政策塑造的多层次结构规划。第 3 节描述了电力基础设施项目审批流程的演变以及此过程与

4 10%是年平均值。如图所示，虽然 2008 年和 2009 年的需求增长率大幅下降至 6-7%，并从 2011 年以来下降到 10% 以下，但从 2000 年到 2014 年电力需求平均每年仍然增长 10.5%。

5 更准确地说，中国在 2000 年至 2014 年期间新增产能为 1.06 TW。美国电力系统在 2012 年的装机容量为 1.06 TW。中方数据与引用 4 的文献为同一来源，美方数据来自美国能源信息署网站 <http://www.eia.gov/beta/international/>。

6 关于这些驱动因素如何影响美国的电力规划，参见 Kahn, E. (1988). *Electric Utility Planning and Regulation*. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.

电力规划的相互关系。第 4 节研究了现有规划对可再生能源造成的挑战，并确定了应对这些挑战的优先改革领域。

2. 产业政策与规划流程

中国电力行业规划协调一致性的重要性早已被公认。1995 年出台的电力法明确指出，电力规划应体现：合理利用资源、电厂与电网配套发展、提高经济效益和有利于环境保护的原则。⁷并且规定新建电力项目应符合电力规划，并遵守国家产业政策。⁸

与其他行业一样，中国的电力规划主要是通过五年规划进行的。这一规划以国家产业政策为指导，制定了发展重点和长远政策方向。五年规划在不同部门和不同级别的政府之间形成了一个松散的层次结构。历史上，环境规划也曾被纳入五年规划。因此，原则上，电力投资与经济性，可靠性和环境目标的协调一致主要体现在五年规划过程中。

在省级和省以下层面，多个规划机构的存在使得电力规划复杂化，有时，甚至出现了职责重叠。在本文中，“规划机构”一词是指国家发展和改革委员会（简称发改委），经济和信息化委员会（简称经信委），经济贸易委员会（简称经贸委）。

2.1 产业政策

国家产业政策，特别是发展方针，旨在提供一个配套的愿景和框架来指导五年发展规划。产业决策被纳入在五年规划过程中，产业政策通常在五年规划的开头部分，而不以单独的文件描述。这种国家规划方法可追溯到 1953 年中国的第一个五年规划。在电力行业，产业政策涵盖了发电，输电和配电能力的发展，反映出国家对经济发展，环境，能源安全以及地缘政治的关注。

表 1. 中国发电资源发展政策（1953 年-2015 年）⁹

7 全国人大常委会 (1995): 中华人民共和国电力法. 第十条。原文表述如下：电力发展规划，应当体现合理利用能源、电源与电网配套发展、提高经济效益和有利于环境保护的原则。摘自 <http://www.lawinfochina.com/display.aspx?lib=law&id=117&CGid=>.

8 电力法第十四条。原文表述：电力建设项目应当符合电力发展规划，符合国家电力产业政策。

9 从 1953 年到 1980 年的政策参考 Zhang,(2010 年)，1980 年至 2000 年的政策参考 Chen,(2004 年);虽然在这段时期政策有细微调整，但总体政策并没有呈现显著变化。2001 年以后的政策直接来自五年规划。参见 Chen, W.(2004): 关于电

时间段	政策
1953-1958	火主水辅
1958-1961	水主火辅
1961-1973	水火并举，因地制宜
1973-1980	水火并举，在有水力资源的地区多搞水电
1980-2000	大力发展水电，积极发展火电，适当发展核电
2001-2005	积极发展水电，优化火电结构，适当发展核电，因地制宜发展新能源发电
2006-2010	在保护环境和做好移民工作的前提下积极开发水电，优化发展火电，推进核电建设；大力发展可再生能源
2011-2015	积极有序发展水电，高效清洁发展煤电，安全高效发展核电，加快发展风能等其他可再生能源，有序发展天然气发电

发电行业上世纪五六十年代和七十年代的初步发展方向集中在火力（煤炭）与水电开发之间的平衡上，并且与中国的政治历史密切相关。¹⁰随着时间的推移，这些指导方针已经发展到更多的资源上，包括可再生能源，其描述也更加微妙（表 1）。例如，对于水电和火力发电，国家越来越重视其环境和社会的可持续发展，而不仅仅是投资力度。2006 年“十一五”以来，可再生能源一直是中国电力行业政策的发展重点。

自 2000 年以来，电网和大容量（高压）输电系统已经成为中国电力行业政策中日益重要的要素。其主要侧重在区域间输电，以促进电力由西部和北部资源丰富的地区输送到东部和南部的负荷中心。¹¹“十二五”规划（2011-2015）还包括加速建设智能电网，着力提高适应新能源，分布式能源和电动汽车的能力。

2014 年 6 月，习近平主席宣布了“能源生产和消费革命”的指导性概述。该文件旨在大幅提高能源使用的效率，实现一次能源的多元化发展，加强配电网建设，促进能源技术创新，进一

力工业政策和发展规划的建议。中国经济时报。摘自 <http://www.ma-china.com/chinese/news/detail.asp?id=12604>。

10 例如，1958 年发展重点转向水电是大跃进重点工业快速发展的一部分。这一时期水电开发的失败导致了发电转向火电。见 Zhang, B(2010)：中国水电政策解读，中国三峡出版社。摘自 <http://wenku.baidu.com/view/7ea5c51cc281e53a5802fff3.html>

11 同时包括了“西电东送”和“北电南供”输电项目。

步实现体制改革。¹²这个文件如何影响电力发展规划仍有待观察，不过一些企业高管认为这是电力行业的“新方向”。¹³

2.2 国家五年规划

遵循产业政策目标，中国的电力规划—包括新的发电和输电设施的规划，长期的资源规划和行业环境绩效的目标—传统上是五年规划的一部分。这个过程包括各层级政府部门的规划，为政策优先领域、目标和个别项目提供不同层次的具体规定。在最高层，国家五年规划制定了“规划纲要”，为整个经济制定了广泛的原则，优先事项和目标，但很少确定细节。

表 2.从“十二五”经济社会发展规划到“十二五”能源发展规划

规划框架		能源发展规划		
1.非化石燃料能源占一次能源消耗的 11.4%		能源消耗与效率		
		一次能源消耗	4 Gtce	预期性
		非化石能源消耗占比	11.4%	约束性
		全社会用电量	6.15 PWh	预期性
		能源强度	0.68 (-16%)	约束性
2.能源强度下降 16%		火力发电净热效率	323 gce/kWh	预期性
		输电线损	6.3%	预期性
3.二氧化碳减排 17%		能源生产和供应		
		一次能源总产量	3.66 Gtce	预期性
4.总二氧化硫减排 8%		煤炭供应	4.1 Gt	预期性
		石油供应	0.2 Gt	预期性
5.总氮氧化物减排 10%		天然气供应	156.6 Bcm	预期性
		非化石能源供应	0.47 Gtce	预期性
		电力发展		
		总装机容量	1,490 GW	预期性
		火电装机容量	960 GW	预期性
		水电装机容量	290 GW	预期性
		核电装机容量	40 GW	预期性
		天然气装机容量	56 GW	预期性
		风电装机容量	100 GW	预期性
		太阳能装机容量	21 GW	预期性
		环境保护		
		整个经济的二氧化碳排放强度	-17%	约束性
		火力发电二氧化硫排放因子	1.5 g/kWh	约束性
		火力发电氮氧化物排放因子	1.5 g/kWh	约束性
		民生改善		
		人均用电量	620 kWh	预期性
		绿色能源示范县	200 个	预期性
使用天然气人数	2.5 亿	预期性		

根据国家规划框架，专项规划概述了整个经济中特定领域的原则、目标、重点和战略。¹⁴

12 参见《习近平：积极推动我国能源生产和消费革命》（新华社，2014）。摘自 http://news.xinhuanet.com/politics/2014-06/13/c_1111139161.htm

13 比如，这是华能的立场。参见 Cao, P. (2015)，中国华能：以转型推进能源企业的可持续发展[摘录]。《求是》杂志，摘自：http://www.cnmm.com/detail_gzyw.jsp?article_id=6130&column_no=090303

14 更具体地说，专项计划是为了在中央政府关注的领域，弱势地区以及对更广泛的经济产生影响的问题上提供更为具

在能源领域，国家能源局（NEA）制定了五年能源发展规划，确定了基本原则（如节约优先），¹⁵约束性或预期性目标（表 2），能源部门优先任务（如加强国内资源勘查开发）¹⁶，实施战略（如改善财政政策）和执行责任。所有五年规划都有概括性行政和实质描述。他们需要与上述高级别的规划保持一致，并进一步扩展和具体化。

除能源行业总体五年规划外，国家能源局还针对特定能源制订了五年发展规划，包括煤炭、天然气、水力发电、核电¹⁷和可再生能源。在“十二五”可再生能源发展规划纲要中，国家能源局还出台了生物质能、太阳能和风能发展的专项发展规划，这是规划层级中的最低层次。例如：“十二五太阳能光伏发展规划”根据“十二五经济和社会发展规划”，“十二五能源发展规划”，和“十二五可再生能源发展规划”制定。¹⁸

原则上，国家规划机构还应制定电力部门五年发展规划。但是，中国自“十五规划”（1995 - 1999 年）¹⁹以来就没有制定电力行业正式的五年规划，且恰逢 2002 年电力行业的改革将发电，电网和电力行业服务功能分离开来。这一改革诞生了由具有部级和副部级级别的干部领导的、对规划和投资决策起到主导作用的大型国有企业。²⁰改革也将电力行业的很大一部分规划能力公司化了。²¹国家能源局公开发布的“十三五”国家电力发展规划，即是由国家电力规划研究中心所制定，该研究所由中国能源建设股份有限公司（CEEC）于 2012 年初设立，目的是为国家能源机构提供独立、专业的规划建议。²²

在十二五规划周期中，除了五年电力发展规划外，国家能源局负责发布针对电网发展的第一个五年专项规划，重点是发展高压输电系统。（省级层面负责规划较低电压的发展（小于 330kV））。由于外部专家与国家电网公司（SGCC）²³的意见分歧，国家能源局未制定此规

体的计划。

15 “十二五”能源发展规划纲要包括：节约优先，立足国内，多元发展，保护环境，深化改革，科技创新，国际合作，改善民生。

16 “十二五”能源发展规划纲要确定了九大优先任务：加强国内资源勘探开发，推进能源高效清洁转化推动能源供应方式变革，加快能源储运设施建设，实施能源民生工程，控制能源消费总量，深化能源体制机制改革，提升能源科技和装备水平，深化能源国际合作。

17 核电在近期的规划中还没有单独列出，但将在“十三五规划”中单独列出。

18 国家能源局（2012 年），太阳能发展十二五规划纲要。摘自 http://www.gov.cn/jwqk/201209/13/content_2223540.htm

19 例如，参见 Jiang, S. (2014)，揭秘“十三五”电力规划方向。摘自 <http://www.wusuobuneng.com/archives/7359>。缺乏正式的政府规划并不意味着没有规划。例如，代表发电单位的行业协会中国电力委员会所制定的《电力工业“十二五”规划研究报告》。

20 参见 Jiang, 2014。

21 2002 年改革的四大支柱之一是主辅分离，其中提到了以前的国家电力公司的规划，测量，工程，建筑和制造业的分离。其中包括四大辅业集团：中国电力工程顾问集团公司，水电规划设计院，葛洲坝集团，水利水电建设总公司。2002 年创建的新的中国电力工程顾问集团公司（CPECC）是一个伞形组织，包含原中国电力工程顾问集团公司，电力规划设计总院和六大区域电力设计院。2011 年，四大辅业集团重组，原中国电力工程顾问集团公司和葛洲坝集团重组为中国能源建设集团有限公司，原水电规划设计院和水利水电建设总公司重组为中国电力建设集团有限公司。这些组织共同为中国电力行业提供了大量专业的分析。

22 国家电力规划研究中心是电力规划设计总院的下属机构。

23 意见分歧根源于国家电网 2005 年的“全国一张网”计划，该计划打算将区域电网融入全国的特高压（UHV）骨干网网络。国家电网的规划是基于以下观点：输电比输煤更具成本优势，规划的关键是将拥有丰富资源的西部所生产的电力输送到东部的负载中心。第一个特高压示范项目于 2006 年完成，跨越 645 公里，连接山西省晋东南和湖北省荆门。1000 kV 线路的转移能力显著低于预期的 500 MW。审查该项目的专家小组成员包括国家电力监管委员会（SERC）和中国工程

划。据说国家发展和改革委员会（NDRC）此前制定的五年规划是电网公司内部五年规划的翻版，但国家能源局试图在其“十二五”专项规划中收回规划权限，并要求有专家团队的讨论。²⁴在规划过程中遇到的意见分歧主要集中在输电系统的规模和电压上，特别是国家电网公司规划建立特高压交流（AC）互连，将至少三个区域电网改造为多区域同步系统。这个分歧的结果导致了高压输电系统的国家规划，事实上由电网公司的长期（2013-2020 年）规划取而代之。²⁵

“十一五”规划以来，国务院发布了作为五年规划的一部分的“节能减排综合性工作方案”。该方案由国家发改委牵头，包括 15 个部门之间的合作，为各省制定了能源强度，二氧化硫排放和氮氧化物排放削减的具体目标。²⁶方案包括工业和交通部门的专门规划，但不包括电力部门。²⁷尽管目标具有约束力，但这些规划并未纳入能源规划层面；图中的规划没有显示明确地引用了此方案。

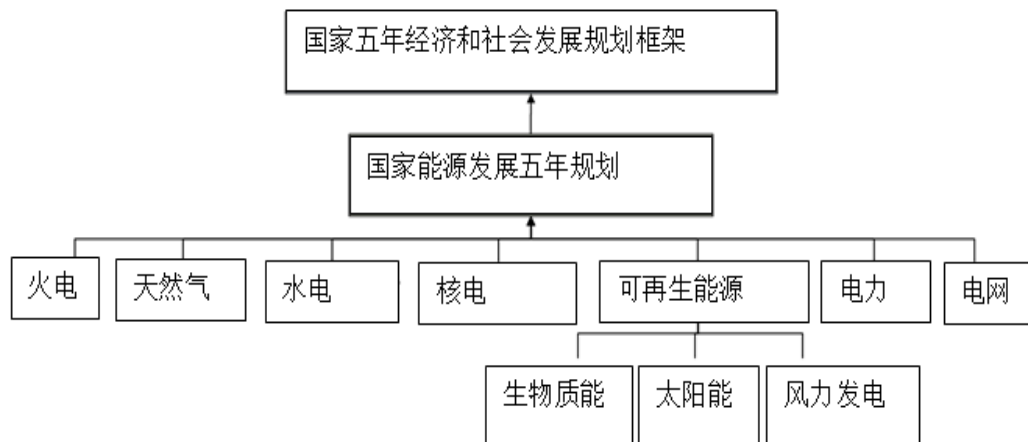


图 2：与电力行业相关的五年规划框架

如图 2 所示，五年发展规划的层级目前不能促进各项资源规划（煤炭，天然气，水电，核能，可再生能源）之间或其与整个电力部门之间的横向联系。²⁸ 能源发展五年规划表面上提供了一个协调各规划的机制，但目前并没有实现。缺乏更明显的横向联系为规划带来了结

院人员，他们对线路问题表示了担心，两家机构要求对国家电网特高压规划进行更广泛的经济和工程评估。2008 年，国家电网被迫将其“全国一张网”计划降至“三华”地区，包括华北，华中，华东电网。即使如此，该计划仍引起巨大争议。有关这场辩论的来龙去脉，请参阅 Lu, Y. (2013), 电网十二五规划踟蹰，电力高速路仍存争议。摘自：21 世纪经济报道，<http://money.msn.com.cn/industry/20130618/04391576171.shtml>

24 参见 Wang, Y. (2013). 能源局怒收国家电网规划权，因起电网“十二五”规划拖沓未出台，21 世纪经济报道。摘自 http://cnenergy.org/yw/zc/201307/t20130719_215007.html

25 同上

26 该方案与电力行业关系不大，还规定了化学需氧量和氨氮排放的目标。

27 具体来说，交通运输部制定了《公路水路交通运输节能减排“十二五”规划》；工业和信息化部制定了《工业节能“十二五”规划》。后者规划不涉及电力行业。

28 十二五规划中没有核电发展规划，但预计在“十三五”规划中将会列出。

构性挑战：如果没有一个在规划层次上比资源和电网发展规划更高的电力发展规划，那么就无法在满足成本、可靠性和环境目标的同时，匹配需求、供给及输电。

2.3 其他国家规划

除了五年规划外，其他国家规划也指导发电资源的开发，其中有两个关系最密切的规划：

（1）长期发电资源规划，（2）中期环境规划。前者为新技术的长期发展提供战略指导，后者为动员地方政府确定和实施改善空气质量的措施提供了框架。

2007 年，国家发改委制定了可再生能源和核能的中长期战略，涵盖了 2005 - 2020 年。这些规划概述了长期目标；确定优先发展领域；提供投资需求的高层预估，包括可再生能源规划、环境效益方面；从高层面考虑了潜在的实施措施。²⁹它们得到国务院的批准，但是作为愿景文件并没有明确地被纳入五年规划。例如，“十二五”可再生能源发展规划中没有提到发改委“可再生能源发展中长期规划”。

2013 年，国务院发布《大气污染防治行动计划》，涵盖 2013-2017 年期间，为京津冀，长江三角洲，珠江三角洲地区的大颗粒物（PM10）和细颗粒物（PM2.5）设定全国浓度目标。³⁰作为中国首例行动计划，它规定：国家一次能源结构中煤炭占比（65%）和非化石能源（13%）的目标；对新煤矿开发的限制；降低煤炭使用的目标，暂停三大关键地区非热电联产火电项目批准；核电装机容量达到 50GW；并强调进一步开发地热，风能，太阳能和生物质能。地方政府机关负责遵照执行，因此地方一级进行了更具体的规划。行动计划如何纳入“十三五”规划尚不清楚。

2.4 各省五年规划

在省级，规划机构拟定了省级电力发展五年规划，指出了省级重点和目标。虽然事实上没有正式的国家规划，这些省级规划仍在“十一五”和“十二五”规划周期中起草。省级规划通常包括：列举核心原则；分析未来五年的关键挑战；发电发展目标，包括总装机容量和装机容量；电网发展目标，重点关注关键输电链接；峰值负荷和能源需求预测。最近在一些省份进行了高

29 见 国 家 发 改 委 （ 2007 年 ），《 可 再 生 能 源 中 长 期 发 展 规 划 》。参 见 <http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/2007/20079583745145.pdf>；和 国 家 发 改 委 （ 2007 年 ），《 核 电 发 展 中 长 期 规 划 》。摘 自 <http://ghs.ndrc.gov.cn/ghwb/115zxgh/200711/P020071120526590289907.pdf>

30 具体而言，2017 年各地级以上城市应将 PM10 浓度降至 2012 年的 90%；2017 年在 2012 年的基础上，京津冀，长三角和珠三角地区将 PM2.5 浓度降低 25%，20% 和 15%；北京应在 2017 年之前将 PM2.5 浓度降至约 60 微克/m³。见 国 务 院 （ 2013 ），大 气 污 染 防 治 行 动 计 划。摘 自 http://www.gov.cn/zwgg/2013-09/12/content_2486773.htm

级别的五年和更长期的电力平衡评估。各省电力发展规划的形式和内容都有很大的差异。起草过程，评估投资需求和决策的方法都不透明。³¹

各省电力发展规划中的电力平衡并不是为了发电容量扩张规划而进行的精确的发电充足性措施。然而，电力平衡是使用各种方法计算的对未来发电容量需求的高层指示性估计。例如，贵州和河北是电力净出口省，其规划从需求预测开始，加上人为规定的备用容量，再加上预期净出口，以达到五年规划期结束时的总容量需求（表 3）。上海和北京是电力净进口省。在五年规划期间的每一年，上海的规划是计算容量过剩或短缺，以及运行备用，即高峰需求减去本地发电和净输电损耗的进口电。北京规划也包括年度平衡，但将“外送电力需求”计算为高峰需求与本地发电之间的差额，没有运行备用。³²山西的规划不包括对电力平衡的明确分析。

表 3：北京，贵州，河北，上海，山西的电力平衡计算方法

省份	方法
北京市	计算年进口需求为： 进口需求=峰值需求-本地发电
贵州省	计算 2015 年容量需求为： 装机需求 = 峰值需求 * (1 + PRM) ^A + 净出口
河北省	计算 2015 年容量需求为： 装机需求 = 峰值需求 * (1 + PRM) + 净出口
上海市	计算年度容量短缺为： 电力平衡 ^B = 峰值需求 - 当地发电 - 进口 - 进口损失
山西省	未明确分析

^A PRM 是指规划运行备用。

^B 这种情况下的电力平衡可能是盈余或赤字。

各省对可再生能源对于发电充裕度的贡献处理方式有所不同。在这里列举的规划中，有些似乎使用一个系数来减少用来表示最大可用的发电容量的可再生能源名牌发电容量。只有河北对此系数是透明的，它使用全部的百分之十的价值来降低风电、太阳能和水力发电的装机容量。这种略显粗糙的方法—这些资源对可靠性有非常不同的贡献，随系统需求而变化³³—

31 本节材料是基于北京，贵州，河北，上海，山西在网上公布的最新规划。北京市政府 (2005)，北京市“十一五”时期电力发展规划。摘自 <http://zhengwu.beijing.gov.cn/ghxx/sywg/t833158.htm>; 贵州省政府(2011)，贵州省电力产业十二五发展规划的通知。摘自 <http://www.cpicorp.com.cn/flgz/gfxwj/201301/P020130105510722507752.pdf>; 河北省政府 (2010)，河北省人民政府关于印发河北省电力“十二五”发展规划。摘自 <http://www.cpicorp.com.cn/flgz/gfxwj/201301/P020130105510724374541.pdf>; 上海市政府 (2011).上海市电力发展“十二五”规划。摘自 <http://www.shanghai.gov.cn/shanghai/node2314/node2319/node10800/node11407/node25262/u26ai30307.html>; 山西省政府 (2012). 山西省电力工业发展“十二五”规划。摘自 <http://www.shanxigov.cn/n16/n1203/n1866/n5130/n31265/n16849070.files/n16849091.doc>

32 作为首都，北京具有特殊地位，高峰期不受配电限制。

33 资源内部和资源之间的电容价值不同，通常会随着并网率的增加而下降。例如，参见加州公用事业委员会 (2014)。Effective Load Carrying Capacity and Qualifying Capacity Calculation Methodology for Wind and Solar Resources. Resource Adequacy Proceeding R.11-10-023. 摘自 <http://www.cpuc.ca.gov/NR/rdonlyres/D05609D5-DE35-4BEE-8C9A-B1170D6E3EFD/0/R1110023ELCCandQCMethodologyforWindandSolar.pdf>

说明了电力平衡的指示性功能。至此，它们并不直接用于对发电投资的总量或组成做出具有财务约束力的决定。从内蒙古风电开发与电网互联规划，到安徽生物质发电行业规划，到山西“电力结构调整和振兴规划”，各省政府机关承担了一系列的其他涉及五年规划电力领域的规划工作。³⁴在某些地方，如内蒙古的风电规划，其层级比电力发展规划要低；在其他地方，如山西产业结构调整方案，它们在层次上更高。

规划机构还制定了五年节能减排规划，作为国家能源强度和排放目标的实施方案。各省名称和形式不尽相同的规划通常包括：能源强度，二氧化碳强度，二氧化硫排放和氮氧化物排放总体目标；广泛列举减少包括电力部门在内的关键部门能源消耗和排放的措施；以及相应的实施方案。目标和措施没有明确的联系。也就是说，这些并不是基于定量评估得到的为达到目标必要的和最具成本效益的措施。而主要是定性评估应该采取哪些优先行动。从全国来说，部分省份也有独立的工业和交通部门的节能减排规划，但电力部门没有。³⁵

在这些节能减排规划中，对可再生能源的态度并不明确，有时甚至独立于电力行业对待。例如，江西省“十二五”节能减排规划，可再生能源被认为是节能战略，与电力部门分开列出（表 4）。在河北省“节能减排十二五”规划中，可再生能源发电并未明确纳入节能减排措施。³⁶

表 4：《江西省节能减排“十二五”专项规划》电力行业相关目标和战略³⁷

领域	分类	目标或战略
目标	节能	• 火电供电单位标准煤耗低于 315 克/千瓦时 • 火电厂厂用电率低于 6.2% • 电网综合线损率低于 7.25%
	减排	• 二氧化硫排放量减少 42,500 吨，比 2010 年降低 22% • 氮氧化物排放减少 60,600 吨，比 2010 年水平低 29%

34 见内蒙古自治区政府（2011），内蒙古“十二五”风电发展及接入电网规划。摘自 <http://wenku.baidu.com/view/c1efa4a4b0717fd5360cdc12.html?re=view>；安徽省能源局（2014），安徽省“十三五”农作物秸秆发电产业规划；山西省政府（2009），山西省电力产业结构调整和振兴规划。摘自 <http://www.shanxigov.cn/n16/n8319541/n8319612/n8321663/n8322644/n8335604/n8337351/9183881.html>

35 对于工业部门来说，这些计划通常只涉及节能。

36 该计划涉及可再生能源的有三方面：（1）结构节能减排战略，作为实现非化石资源占能源消耗 6% 目标的一部分；（2）作为促进可再生能源和建筑一体化战略的一部分；（3）作为农村能源战略的一部分。见河北省政府（2012），河北省节能减排“十二五”规划。摘自 http://fgw.hengshui.gov.cn/fzgh/2014/11/04/content_312325.shtml

37 江西省政府（2012），江西省节能减排“十二五”规划。摘自 <http://news.bjx.com.cn/html/20130418/429451.shtml>

关键领域节能战略	电力行业	- 降低燃煤发电机组的热耗和自用 - 开发热电联产（CHP），燃气热电冷联产（CCHP） - 加快智能电网部署 - 减少电网损耗 - 促进需求侧管理，提高需求侧效率
	可再生能源行业	加快可再生能源开发利用，力争 2015 年实现水电装机 497 万千瓦，风电装机 100 万千瓦，生物质发电装机 70 万千瓦，太阳能发电装机 20 万千瓦以上
关键领域减排战略	电力行业	- 取消 972 万千瓦现役燃煤机组脱硫设施烟气旁路³⁸ - 完成 930 万千瓦现役燃煤机组脱硝设施建设，对 86 万千瓦现役燃煤机组实施低氮燃烧技术改造 - 燃煤机组综合脱硫效率提高到 90%以上，综合脱硝效率达到 70%以上

2.5 其他省级规划

为响应《国家大气污染防治行动计划》，各省市各级环保局制定年度实施方案。各省的规划似乎格式大致相似，虽然它们与五年节能减排规划不同：主要是实质和地域范围（重点放在排放，更多关注城市）；时间表（只有一年，2017 年为目标日期，而不是五年，2015 和 2020 年为目标日期）；重点规划和协调机构（环保局而不是规划机构）；以及期望达成的目标。然而，像五年节能减排规划一样，省级行动规划是汇总措施，而不评估目标如何实现（表 5）。

表 5：与上海，内蒙古电力部门有关的空气污染规划措施³⁹

目录	电力部门措施	
	上海市	内蒙古自治区

38 烟气脱硫（FGD）系统通常使用可选的烟气旁路来组装，用于在不需要对所有烟气进行处理以满足 SO₂ 排放标准的情况下绕过洗涤器。旁路装置的使用降低了 FGD 装置的耗能，但同时也降低了 SO₂ 的去除率。

39 见上海市政府（2014），上海市大气污染防治行动计划：2014 年度实施计划。摘自 <http://www.sepb.gov.cn/fa/cms/upload/uploadFiles/2014-11-24/file1807.pdf>；内蒙古自治区政府（2014），内蒙古自治区 2014 年度大气污染防治实施计划。摘自 http://www.nmg.gov.cn/xxgkml/zzqzf/gkml/201408/t20140829_341781.html

1 加强污染控制，减少排放	完成 15 台机组脱硝改造和 13 台机组高效除尘改造	完成 121 台发电机组（34.79GW）脱硝改造，移除 58 台机组（22.03GW）二氧化硫烟气旁路，完成 74 台发电机组脱硫改造（15.65GW）
2. 改善产业结构和布局；促进清洁生产	未提及	- 创建包括电力部门等六个部门清洁生产审核重点企业清单 - 发展重点行业的循环经济，包括电力行业
3. 加快能源结构调整；增加清洁能源供应	- 制定控制煤炭使用的方案；增加天然气供应和电力进口 - 禁止销售、使用灰分高于 16%、硫分高于地方标准的煤炭	- 增加并网风能（1.5GW），太阳能（0.9GW）和生物质能（0.03GW）；促进农村分布式风电和太阳能发电 - 将内蒙古西部洗煤的比例提高至 55%；限制城市高灰分和高硫分煤的使用

2.6 区域电力规划

中国的区域电力规划历来主要集中在省际输电网络互联，以及更小程度上的区域经济发展。后者似乎局限于一个案例。2005 年，国家发改委制定了东北地区电力工业中长期发展规划，对 2005 到 2020 年的电力需求，发电资源和区域输电进行了高层次评估，确定了重点投资领域。⁴⁰

近十年来，区域输电规划一直由区域电网公司管辖，并囊括在国家电网公司对全国电网统筹的愿景之下。2002 年改革中，作为改革的一部分，国家成立了六个区域电网公司。这六个区域电网公司负责规划区域电网的发展，包括制定中长期区域电网规划。区域电网公司有五个属于国家电网公司管辖，其规划按照国家电网战略规划制定。⁴¹中国南方电网公司（CSG）作为第六个区域电网，不受国家电网公司管理。南网的“十三五”规划（2013-2020）在其协助下由国家能源局组织编制。⁴²

最近，国家能源局制定的《大气污染防治行动计划》更大程度上推动了区域输电规划。这些规划的重点是建设输电走廊，确保京津冀，珠江三角洲，长三角地区充足的电力供应，“行动计划”要求不允许兴建新的火力发电厂。然而，“行动计划”促成的输电规划，并不是确定区域履行计划的新的、全面的区域发电或输电规划过程的一部分。据了解，电力规划设计总院（EPPEI）为国家能源局所制定的针对京津冀地区评估输电项目的研究指出，按照国家电

40 国家 发 改 委 （ 2005 年 ）， 东 北 地 区 电 力 工 业 中 长 期 发 展 规 划 。 摘 自 <http://www.sdpc.gov.cn/fzgggz/fzgh/ghwb/115zxgh/200709/P020070927315764173601.pdf>

41 例如华北电力公司简介，摘自 <http://www.nc.sgcc.com.cn/template/gsjj/index.shtml>

42 中 国 南 方 电 网 (2013) ， 国 内 首 个 “ 十 三 五 ” 电 网 规 划 出 炉 。 摘 自 http://www.csg.cn/index/dbt/201309/t20130916_66692.html.

网公司的长期输电规划进行，并没有评估电力出口省份是否能够实现“行动规划”规定的排放目标。⁴³

43 这项研究的题目是《大气污染防治行动计划重点输电通道研究论证报告》。研究的背景见 Li, C. (2014). 电规总院全面规划京津冀电力建设. 摘自 http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2014-04/14/content_1415420.htm. 对本报告的评论文章，见 Zeng, D. (2014)，交流特高压治雾霾缺乏科学依据。摘自 http://epaper.dfdaily.com/dfzb/html/2014-03/27/content_875850.htm

3.项目审批

自 2000 年初以来，项目审批经常取代规划，决定着中国发电和输电投资的水平和组成。换句话说，发电和电网项目不会通过确定需求的规划流程或者根据项目开发商对收入不足风险的接受意愿来批准。相反，政府机构批准新项目时，并没有任何用于确定建立多少和什么样的发电和输电项目，以及在哪里建造的透明客观的标准。

在许多方面，这种结果是制度安排的结果：电力可靠性的最终责任在于省级，大多数项目审批权力集中在国家层面，中央政府缺乏电力部门的全国规划流程，投资者无法获取足够的成本或价格信息来有效地引导新投资。因此，供电和需求之间以及该行业的政策目标和实际投资之间持续分离。

3.1 项目审批流程

发电、输配电项目均须经政府批准。批准程序包括审批制，核准制和备案制，它们适用于不同类型的项目，并由不同级别的政府按项目类型批准。除此之外，新的项目需要获得不同政府部门的土地（选址）、水和环境影响评估的许可证。

在国家产业和经济政策与地方政府优先发展事项之间发生冲突的背景下，各级政府对项目审批的责任分配发生了变化。2004 年以前，不同政府机构根据投资规模对投资项目进行审批，中央政府审查较大的项目，而地方则审查较小的项目。中央审批过程繁琐，以及由于亚洲金融危机（1997 - 1998 年）中央政府电力项目审批速度放慢，加上 2003 年和 2004 年严重的电力短缺，地方政府支持兴建了大量小型燃煤电厂以及未经批准的原则上不合法的大型电厂。⁴⁴

表 6：2004 年和 2013 年国务院投资目录中不同类型电力基础设施项目的审批权⁴⁵

44 例如，参见 Oster, S (2006), Illegal Power Plants, Coal Mines In China Pose Challenge for Beijing.

华尔街日报。摘自 <http://www.wsj.com/articles/SB116718773722060212>

45 太阳能没有被明确列入 2013 年目录，但与风力发电在同一目录下。国家发改委在此表中指国务院投资主管部门。该表以国务院（2004）年和国务院政府核准的投资项目目录（2013 年本）为基础。摘自 <http://www.gov.cn/zwgk/2013->

发电				
发电类型	2004		2013	
	分类	审批机构	分类	审批机构
水库水电	干流, ≥ 250 MW	国家发改委	干流	国家发改委
	其他水电	地方规划机构	其他水电	地方政府
抽水蓄能电站		国家发改委		国家发改委
火电站	所有中心电站	国家发改委	中心电站	国家发改委
热电联产	火电	国家发改委	分布式天然气 背压燃煤机组	省政府
	其他热电联产	地方规划机构	其他火电	省政府
风力发电	≥ 50 MW	国家发改委	非火电	国家发改委
	< 50 MW	地方规划机构		地方政府
核电		国务院		国务院
输电和配电				
2004			2013	
电压等级	审批机构		电压等级	审批机构
≥ 330 kV	国家发改委	跨区域, 跨省 际	$\geq \pm 400$ kV DC, 500 kV AC	国家发改委
		省内	$\geq \pm 400$ kV DC, 500 kV AC	国家能源局
< 300 kV	地方规划机构	省内	< 500 kV AC	地方政府

2004 年，国务院发布了《关于投资体制改革决定》（简称《决定》），⁴⁶规定了项目审批制度的三个主要变化：第一，不由中央政府资助的项目不需要政府审批；接受直接补贴，贷款，⁴⁷或优惠利率的项目只需要审批其资金申请。第二，只有大型“限制性”项目需要政府核准，投资项目目录中规定了不同级别政府的核准权限。第三，不需要政府核准的项目，只需根据省级政府制定的规定，向当地规划机构备案。实际上，大部分新建的电力基建项目都没有得到中央政府的资助，所以不需要审批，但需要政府核准。

投资项目目录由中央政府和地方政府共同出版，将不同投资项目的审批权力分配给不同机构。2013 年，国务院修订了国家目录，将风力发电，分布式发电，热电联产（CHP），省内交流输电的审批权力下放给地方，同时将部分水电项目审批权力集中。⁴⁸这是“简政放权”改革所引起的部分结果。上页表 6 显示了 2004 年和 2013 年发电和电网项目的国家目录。

作为审批过程的一部分，新项目需要提交项目申请书和六份随附报告：可行性研究报告，接入系统报告，环境影响评价报告，水资源论证报告，地质评价报告，地震安全性评价报告等。这些文件必须由具有相关资质的工程咨询公司提供。实际上，大多数报告都是由中国能建（CEEC）的下属公司完成的。

46 国务院 (2004)，国务院关于投资体制改革的决定。摘自 http://www.gov.cn/zwggk/2005-08/12/content_21939.htm

47 转贷贷款是外国政府和金融机构的优惠贷款。



48 对于风电项目，2004 年的目录授权地方政府批准低于 50 兆瓦的项目，这导致产生了大量的 49.5 兆瓦的项目。2013 年目录向各地政府授予全部风力发电项目的审批权。

表 7：示例项目的必要性解释⁴⁹

项目（年份）	类型	装机容量	必要性
黔西电厂 (2014)	火力发电	2 x 660 MW	• 贵州省西部开发 • 缓解重庆市长期电力短缺 • 实施贵州与重庆的战略协议 • 节约煤炭资源（作为一个矿口发电厂项目）
五间房风电场项目 (2013)	风力发电	49.5 MW	• 辽宁省工业能源需求不断增长 • 克服辽宁的燃料瓶颈 • 风力的环境和电网效益 • 风电产业发展
玉环电厂扩建工程 (2013)	火力发电	2 x 1000 MW	• 华能“上大压小”项目 • 满足浙江电力需求，维护电网安全 • 缓解温州电网供应限制，增加电网运行安全 • 提高能源消耗效率，符合国家政策 • 缓解浙江核电厂拖延造成的供应压力 • 有效利用土地资源
井冈山电厂扩建 (2013)	火力发电	2 x 660 MW	• 缓解江西南部的电力短缺 • 改善火力和水力发电的平衡 • 缓解江西南北电网堵塞 • 改善区域发展

在申请和报告中，所有项目都必须满足“必要性”并确保“拥有足够的水和燃料资源”。在项目审批文件中，必要性不是通过规划流程确定的。它通常包括两个主要组成部分：（1）对短期和长期预期高峰需求的定性考虑，（2）与地方和国家政策的一致性（见表 7）。前者可能但并不总是包括负荷资源平衡预测和五年规划间预计的短缺。后者通常包括资源和环境政策，还有一些包括各省之间的战略协议。

虽然 2004 年决定的目的是为了部分减少中央政府审批的繁琐，简化审批程序，但实际上情况并没有重大改善。在 2004 年决定中，为了减少漫长审批流程的投资风险，国务院制定了发电和输电项目的路条系统，项目需要在正式审批程序

49 见西南电力设计院（2014）。环境影响报告书[送审版]：华润电力煤电一体化黔西电厂[2 x 660 MW]新工程。摘自：<http://hps.mep.gov.cn/jsxm/xmsl/201401/W020140925363509362993.pdf>;

康平县五间房[49.5MW]风电场建设项目，摘自：http://www.syxmw.com/UploadFiles/UpFiles/康平县五间房风电场项目_20130619090431.doc;华能玉环电厂三期“上大压小”扩建工程规划选址研究报告。摘自：<http://jst.zj.gov.cn/jsxx/ygghold/hnyh0205/hnyh0205.doc>;

江西省发展和改革委员会（2013 年），华能井冈山电厂三期扩建 2 台 66 万千瓦机组工程初步可行性研究报告评审会议纪要。摘自 http://www.jxdpc.gov.cn/departmentsite/njy/tztg/gztz/201311/t20131120_101137.htm

前获得国家能源局的许可。⁵⁰该路条程序实际上表明批准的意愿。路条体制授权国家能源局拥有广泛的酌处权。决策权不受限制，制定决定缺乏透明的流程和标准导致了大规模的腐败，使得能源局局长和几名高级干部在 2013 年和 2014 年被捕。⁵¹另外，由于难以拿到国家能源局路条，各省继续支持在没有国家能源局批准的情况下建设大型燃煤发电项目。⁵²

2014 年年中，国家能源局宣布，将对燃煤发电的审批流程进行调整，简化流程并将其与国家规划流程联系起来。在此情况下，国家能源局决定为每个省份制定在五至七年的时间内年度新增燃煤发电装机需求，每年省级政府决定哪些项目批准并将整个项目组合提交给国家能源局采用透明标准评估审批，⁵³这种模式还在不断完善，尚存争议。⁵⁴更重要的是，它只关注燃煤发电项目，目前还不清楚国家能源局是否会展开更为全面的发电充裕度规划流程，使燃煤机组作为更广泛资源组合的一部分。对于其他发电资源，规划和批准也在不断改进。例如，尽管名义上将风电项目的审批权力下放给地方政府，作为一项权宜之计，国家发改委和国家能源局仍然制定年度核准计划来批准新的风力发电项目。在国家层面维持项目审批的理由是围绕中央政府的意愿：（1）控制风电发展的步伐，在发展步伐与财政部为支付一部分风电上网电价的可再生能源补助资金之间保持更好平衡；（2）更好地优化风电项目选址，解决“弃风”问题。⁵⁵

50 在这个制度下，项目首先要向省政府提交项目申请和初步可行性研究报告，以获得“小路条”。省级机构和项目融资人员在项目申请成功的情况下，向国家能源局提交项目申请，获得“大路条”一旦项目获得通过，可以开始上述六个报告。实际上，通行证制度要求省政府代表大力游说国家能源局，以获得新项目的批准。因为这需要经常去北京，这个游说过程通常被称为“跑路条”。

51 参见例如 Wang, X. (2013), 刘铁男案暴露能源审批利益链：每个环节都有寻租空间，21 世纪经济报道。摘自 <http://jingji.21cbh.com/2013/8-22/2MNjUxXzc0Nzg2MA.html>; Li, F. (2014), 能源局哪个部门更易腐败：近期落马 3 官员均衡涉电力审批。中国经济周刊。摘自 <http://energy.people.com.cn/n/2014/0722/c71661-25313820.htm>

52 这被称为“未批先建”问题。部分作为化解腐败丑闻的和解措施，2013 年，国家能源局据报批准了近 8 吉瓦的大型（≥600 兆瓦）燃煤机组，规避了正式批准程序。例如，参见 Wang X. (2014), 火电核准变革：国家能源局将打捆发“路条”。摘自 <http://jingji.21cbh.com/2014/611/zNMDA2NTffMTE5NjUzNg.html>

53 国家局将这种新方法描述为具有五个特点：全国衔接平衡，国家确定规模，地方优选项目，咨询支持决策，监管保障实施。见国家能源局（2014），国家能源局简政放权创新燃煤火电项目审批机制。摘自 http://www.nea.gov.cn/2014-01/30/c_133085359.htm

54 见的问题包括缺乏对地方政府过度建设发电厂的监管，国家机构寻租行为潜在的新机遇，道德风险和地方政府激励措施超过国家能源局确定的需求量，以及协调中央和省级政府机构规划的能力。见 Xiao, Q (2014), 国家将下放全部火电审批权力，监管或成难题放手意味着放弃把关吗？。中国环境报。摘自 http://www.cenews.com.cn/qy/cyxw/201410/t20141009_781749.html

55 目前，超过发电标准价格的可再生上网电价的部分通过国家电费附加，由财政部负责管理和重新分配。

如果可再生能源发展比预期更快，附加费率和用于支付可再生能源发电的资金将会过少。见 Qu, J. (2014), 风电放权和计划管理并存是权宜之计。科技日报。摘自 http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2014-02/26/content_248823.htm?div=-1.



4.可再生能源所面临的挑战

对于可再生能源来说，电力规划的弊端很明显地表现在大面积“弃风”和“弃水”问题上，导致了输出电量的减少。⁵⁶作为中国最集中的风力发电区域，“三北”地区的“弃风”量 2012 年预计潜在发电量的 18%，2014 年的 15%。⁵⁷而“弃水”问题主要发生在云南省，2013 年达到了预计潜在发电量的 25% 以上。⁵⁸

大量弃电有多重原因，但通常认为是消纳能力不足所导致——缺乏足够的需求来消纳风力和其他发电的预期产出。风电方面，国家电力监管委员会（SERC）2012 年度关键领域风电消纳报告的研究，确定了五大主要原因，其中大部分原因与现行规划流程的弊端有关：⁵⁹

- 1) 风电建设与输电规划之间缺乏协调。有些地区的风电发展比五年规划中的要快很多，电网互联和升级无法跟上导致输电阻塞。另外，在一些地区，在批准风电项目时，电力需求几乎没有被考虑。
- 2) 项目审批与输电规划时间表不匹配。风力开发商绕开规则来推动项目；例如，开发商将大型风力发电项目分解成若干小型（多数为 49.5 兆瓦）项目，以此将项目设置在地方项目审批的 50 兆瓦门槛以下。由于输电项目的规划和施工周期较长，输电建设大大落后于风力发电建设。
- 3) 缺乏本地需求或输出能力。虽然电力监管委员会认为，风电原则上应该在本省被消纳，但东北和华北电网的风电输出却高于本省甚至本区域消纳能力。东北火力发电已经过剩。东北，华北，西北电网输出能力不足，无法向其他地区输送过剩风电。
- 4) 缺乏调峰资源，尽管对这方面的需求不断增加。较高的风电装机容量增加了对调峰资源的需求，然而风电装机量较高的地区几乎没有调峰资源（例如水电，抽水蓄能，天然气发电），却有太多不灵活的火力发电。例如，不灵活的热电联产装机容量份额太高，一到冬天，热电联产开始供热就导致了“弃风”状况的出现。

56 风力发电互连延迟也是规划失败的体现，但这里不作讨论。

57 包括东北（辽宁，吉林，黑龙江，内蒙古东部），北部（北京和天津市，河北，山西，山东，内蒙古西部）和西北（陕西，甘肃，青海，宁夏，新疆 自治区）电网《重点区域风电消纳监管报告》。摘自 <http://www.eeechina.cn/upload/file/电监会重点区域风电消纳监管报告.pdf>。2014 年的数据来自国家能源局（2014），2013 年风电产业继续保持平稳较快发展势头，摘自 http://www.nea.gov.cn/2014-03/06/c_133166473.htm

58 对“弃能”的估计数据并不确切，不过根据新闻报道，20 TWh 的数据较保守，估计较低。据报云南 2013 年的水电发电量为 52.873 亿千瓦时，这意味着 $20 / (20 + 52.873) = 27\%$ 的潜在发电量减少。对于“弃能”估计，见 Zhang, H (2013)，深度调查：云南水电弃水或因难以消纳，《能源》，摘自 <http://finance.sina.com.cn/chanjing/cyxw/20130708/125816049114.shtml>。对于云南 2013 年水电发电，见中国风电行业分析报告，摘自 <http://www.cwpc.cn/cwpp/cn/services/cwpc-news-service/609/>

59 国家电力监管委员会，2012。

5) 缺乏灵活的定价机制和优化调度。目前煤炭的单一电量电价造成火力发电站之间的矛盾：火电站需要满负荷运行一定规划的小时数来回收固定成本，而风力发电机组则希望在可能的情况下多发电来赢得上网电价。当火力和风力发电机组由于经济原因出现矛盾，有些机组被迫弃电时，并没有经济或者环境标准来确定哪些机组应该降低出力或者关停。

云南大规模的“弃水”也有类似的原因。云南电网公司 2013 年的分析《云南水电消纳问题》确定了三大原因：⁶⁰

- 1) 规划冲突。四大主要水电站（2.8GW）在初始规划前就上网发电。
- 2) 风力发电。2013 年新增风力发电项目超过 1.5GW，在雨季挤占了水电的发电空间。
- 3) 输电项目推迟。拟向广西输出电力的 1.5 GW 直流输电走廊尚未得到批准。

然而，还有两个根本原因：（1）缺乏规划或市场机制来协调供需关系，（2）地方发电与区域输电规划之间的错综复杂的政经关系。2000 年以来，云南大量新建水电项目开工建设，预计全省水电装机容量将从 2012 年的 34GW 增加到 2015 年的近 65GW。2015 年云南本省预计将达到 30GW 的高峰需求，夏季季风期间的水电高峰期水电出力可能会超过当地需求与向外输电能力之和。⁶¹换句话说，供应增长速度远远高于需求，这不是因为需求预测不准确，而是因为新项目的建立根本没有考虑需求。⁶²供应和需求出现不匹配，主要在于缺乏更严格的省级，区域和国家级的发电充裕度和输电可靠性的规划流程。

区域政治经济发展囊括了区域发电充裕度和输电规划。云南电力主要向广东省输出。邻近的广西省可能会增加从云南进口电力，但云南到广西的直流（DC）输电线已引起争议。中国建立跨省输电的传统方法是使用点对网的直流线路，使得电流仅从大型发电站到进口省，而不经出口省的输电系统。云南省政府向广西省政府提出改变此法，将拟议的直流线路改为一个支持网对网的交流线路，这将在未来给云南一个能够自行消耗水电的选择。⁶³云南认为他们被迫承受大坝的人力和环境成本，但进口省份正在获得并不反映这些成本的廉价电。区域电网公司（中国南方电网公司）和国家能源局却认为，点对点的直流电路将

60 引自 Zhang, H, 2013。云南水电消纳问题。

61 例如，在正常降水年份，西南地区水电 6~9 月的发电量占年发电量的 60~70%。假设火电厂自用电，运营和规划备用容量最小化，这意味着需要 8 至 15 GW 的出口输电能力来平衡水电产出（即不包括风电和煤电的输出）。云南高峰需求数据来自 Zhang, H., 2013。水电装机容量来自 Kahrl, F., Williams, J.H., Hu, J. (2012). The Political Economy of Electricity Dispatch Reform in China. *Energy Policy* 53: 361-369

62 如云南省能源局官员所说，目前，我省水电的发展，在生产和消纳衔接上确实暴露出一些问题，出现不同步的情况。引用自 Zhang, H., 2013。

63 换句话说，在专用直流线路上，水电设施被限制为永久出口，而如果将其连接到云南大型输电系统中，则近期电力可以出口，未来可以输送到云南某些地方。

会更廉价，并降低运行上的挑战。⁶⁴目前中国还没有正式的解决此类争端的流程或方法。

4.1 规划面临的四个关键挑战

如此高的“弃风”和“弃水”状况是体制上更根本问题的表现，这些机构决定了建造发电和输电项目的数量，类型和选址。解决这些问题将需要应对三方面的规划挑战：⁶⁵

- 发电规划：确保发电投资与可靠地满足需求所需的发电容量之间更好地匹配，并促进更灵活，更低成本的发电组合。
- 输电规划：将发电规划纳入输电规划，并鼓励输电系统更经济有效的发展。
- 环境规划：将环境目标纳入电力规划和资源获取。

第四个挑战对于改进如上三个规划领域十分重要：加强组织和信息获取能力。

4.1.1 发电规划

在北美，发电规划通常包括两个要素：（1）发电充裕度规划流程，（2）以促进发电资源最低成本组合为目的的监管或市场化的机制。在中国，传统的发电规划是作为覆盖全国经济的五年规划进程的一部分进行的。不过，十多年来，尽管中央政府控制了大多数发电项目的审批权力，中国还没有制定电力部门的国家五年规划。虽然省级政府继续进行包括供需平衡分析的五年电力规划，但这些规划并不用于发电投资决策（第2节）。因此，投资决策和项目审批在很大程度上已经脱离了规划过程（第3节）。虽然国家能源局最近已经致力于理顺规划和投资的关系（第3节），但目前仍然没有全面的发电充裕度规划，也没有鼓励最低成本资源组合的机制。

由于缺乏更正式、全面和严格的发电充裕度规划流程，传统能源和可再生能源都存在过度建设的问题，从而导致了不必要的成本上升和排放增加。缺乏相应机制和流程以鼓励更低成本的发电资源组合，也使得发电组成运行不相符合，导致可再生资源的弃电、更高的成本和排放。例如，东北电网风力发电和不够灵活的热电联产机组的飞速发展，导致了它们之间本来可预见的运行冲突。

64 此叙述基于 Zhang, H., 2013。

65 本节重点关注规划挑战的性质。有关如何解决问题的更多信息，请参阅睿博能源智库（2013年），对中国电力行业政策的建议：应对能源、气候和空气质量太粘的实用解决办法。中国北京：睿博能源智库。摘自 [http://www.raponline.org/wp-](http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/05/rapnextstepsrecommendationspowersectorpolicyinchina-cn-2013-oct.pdf)



content/uploads/2016/05/rapnextstepsrecommendationspowersectorpolicyinchina-cn-2013-oct.pdf，和睿博能源智库（2014），低碳电力行业法规：来自巴西，欧洲和美国的国际经验。中国北京：睿博能源智库。摘自 <http://www.raponline.org/document/download/id/7432>

改进发电规划需要解决一系列基本问题，包括：

- 发电规划是否应该是省级或区域性的，哪个或者哪些部门应对该过程负责？
- 中央政府的目标和政策如何引导和反映在各省或区域的规划中？
- 是否应按供电服务范围分配义务来满足发电充裕度，或通过其他方式？
- 如何加强执行力符合发电充裕度的要求？
- 如何看待可再生资源对发电充裕度的贡献？
- 短期和长远来看，中央和省级政府机构如何鼓励更加经济的发电资源组合？

鉴于中国水电，风能，太阳能资源的空间集中度高，区域性的发电规划很有必要。这需要各省之间进行更密切的协调，还需要一个全国性或区域性组织，能够通过一个正式的规划流程来制定区域装机容量目标，并评估用于实现此目标的不同地区装机容量并监督合规性。

4.1.2 输电规划

北美的新建输电项目通常由电网公司和监管机构使用可靠性，以及一些情况下，经济和环境标准来评估，这些标准确保输电发展满足成本收益限制，并遵循负载和发电的增长。在中国，没有正式，客观的评估输电项目的标准，难以使输电投资合理化。正如上述“三北”和“云南”的例子所表明的，缺乏更正式的发电规划流程意味着，发电和输电的发展往往是不协调的。

新的输电线路对于成本有效地将可再生能源并入我国电力系统至关重要。如果没有这些线路，我国某些地区的可再生能源相对于当地的负荷会有过剩，这将导致更多的弃电，成本上升和排放量增加。确保可再生能源发电和输电协调发展需要将发电规划更好地整合到输电规划中的机制。还需要新的规划和监管工具，使国家能源局能够评估输电项目的可靠性，经济和环境效益。

与发电规划一样，对输电规划采取更协调一致的，区域化的手段也很有必要。中国已经有区域输电规划的组织结构：国家电网公司和南方电网公司都制定了区域内和区域间输电规划。然而，区域输电发展的重点是将个别发电设施与省级电网相连，而不是促进省级电网之间的互联互通。后者有能够提高可靠性，减少弃电，降低成本和排放的好处，但需要协商如何在各省之间分配输电和运行成本。

4.1.3 环境规划

虽然电力部门是中国最大的排放源，但是在很长时间内，没有一个流程明确该部门对空气污染物和二氧化碳减排的贡献。因此，可再生能源作为减排战略其作用可能被低估。然而，电力部门重点关注燃煤机组的热耗率的提高和对排放的控制。

鉴于中国不同区域可再生资源的巨大差别，优化利用可再生资源来减排的最佳选择可能是在区域或跨区域的层面。例如，作为“行动计划”中的空气质量改善的三个重点地区——京津冀，长三角和珠三角地区可以通过增加进口电力和“外包发电”将排放转移到出口省份来实现其空气质量目标。但是，这可能导致出口省份超过自己的排放目标。作为区域战略，可再生能源可以在中国实现空气质量目标方面发挥重要作用：使资源有限的地区实现目标而不以牺牲出口电力的区域为代价。这需要制定以电力行业为关注点的区域环境规划流程。

4.1.4 组织能力和信息获取能力

电力规划的顺利实施取决于精心设计和管理的流程，明确分配职能和责任（谁做什么），明确的时间表（何时），透明的方法和标准（怎样做）以及足够的支持决策的信息（在什么基础上）。有着充足人员配置和资金的执行机构对有效规划至关重要。

在中国，能源机构往往任务繁重，人手不足。例如，国家能源局目前有 240 名员工负责规划，监督和管理整个中国能源领域。⁶⁶相反，美国联邦能源管理委员会（FERC）有 1500 名员工来管理相对小些的部分美国能源产业。⁶⁷中国改善电力规划的关键因素是增加人力配置，提高能源机构的组织能力。

总的来说，中国的电力行业需要更大的透明度，以支持规划过程的协调，改善投资决策。目前，政府机构和行业人员无法获得用于决策的基本数据。例如，历史上作为公司机密的数据（例如负载数据）需要被公开或不公开地提供，以允许政府机构和行业人员更好地规划，作出更明智的决策。

4.2 优先体制创新

改革中国的电力规划需要设计，实施和适应新规划体制的政治意愿。人们认识到规划的问题表现为可再生能源挑战已经超过五年，但政策制定者还没有表现出作出重大体制变革的政治意愿。⁶⁸相反，迄今为止，可再生能源并网的解决方法仍是零碎的修复。例如，对大量弃风、弃光、弃水的反应不是改善规划流程，而是加快跨省输电项目的审批和建设，在电力过剩的省份限制风电和太阳能发展。⁶⁹

66 国家能源局，国家能源局简介。摘自 http://www.nea.gov.cn/n_home/n_nyjj/index.htm

67 参见美国能源局网站 <http://www.ferc.gov/help/faqs/about.asp>.

68 例如，2009 年《可再生能源法修订法》明确承认了这些挑战。

69 例如，见：中国电力企业联合会（2014），中电联发布 2014 年前三季度全国电力供需形势分析预测报告。摘自 <http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/gongxufenxi/dianligongxufenxi/2014-11-02/129461.html>



随着中国正在进行新一轮电力改革的推进，电力规划体制的创新应该受到更多关注。这些体制的适当设计在一定程度上取决于行业结构和改革途径，重新设计规划流程应成为改革的重点。然而，支持改进的规划还需要一些更根本的变化，如提高组织能力和增强透明度。无论何种情况下，规划体制的改进都需要持续的关注和努力；它们不是改革的必要结果，也不是改革所能消除的。