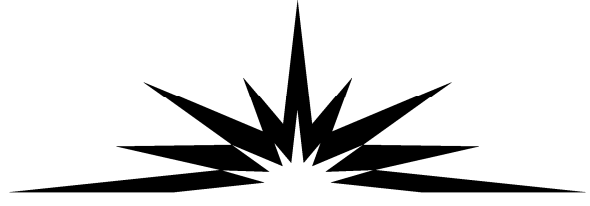


中国可持续能源项目

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-1006-12924



江苏“十二五”电力节能减排监管研究

江 苏 电 监 办

二〇一二年三月

课题组成员

组 长：顾瑜芳

副 组 长：郑逸萌、宋宏坤

成 员：季刚勇、姚雪忠、王 勤、张卫民、陈建鹏、吴卫建
黄文霞、张超辉、俞永春、鞠莉莉、陈震宇、孙宏江
徐丹丹、杨仲华

课题研究人员

负 责 人：高赐威、李 扬

成 员：陈冬琪、宗 柳、何 叶

前 言

“十二五”时期是我国工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展的重要战略机遇期，我国将更加注重全面协调可持续发展。加快建设资源节约型、环境友好型社会，提高生态文明水平是“十二五”时期我国经济社会发展的主要任务之一。我国提出“到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%、到 2020 年我国非化石能源占一次能源消费的比重达到 15%左右”的目标，对电力工业发展将产生重大影响。“十二五”时期，电力工业一方面要继续为国民经济平稳快速增长提供保障，另一方面也要加快转变发展方式。这就要求，电力发展应该是安全、稳定和在节能减排约束下的可持续发展，节能减排工作也必然是在环境、能源、经济三者协调下进行。在此理念指导下，我们开展江苏电力节能减排预警监测研究，以期为促进江苏电力节能减排提供理论参考。

本报告应用预警理论的基本原理和方法，对单位 GDP 发电能耗、单位 GDP 电耗、非化石能源发电量比例、单位 GDP 电力碳排放和主要污染物排放总量五个约束性指标进行深入分析和研究，为电力节能减排监测提供了一套科学的定量指标，动态监测节能减排效果，建立电力节能减排预警监测工作机制，分别进行短期预警监测及中长期预警监测，使电力监管机构更加及时、准确地预测电力节能减排指标完成情况。同时，详细分析江苏电力节能减排监管指标，对主要指标进行国内外比较，并通过灵敏度计算，进一步分析各监管指标对约束性指标的影响。江苏是经济强省、电力大省，一次能源对外依存度高，能源结构单一，开展电力节能减排监管具有高度的紧迫性和重要的现实意义。本报告通过对电力节能减排影响因素的具体分析，在充分考虑江苏电力节能减排工作现状的基础上，建立了预警监测体系以及监管指标体系，具有切实的可操作性，为电力监管机构全面掌握电力节能减排情况提供了有效工具。

目 录

第一章 引言.....	1
1.1 课题研究的背景.....	1
1.2 课题要解决的主要问题.....	2
1.3 研究对象概况.....	2
1.4 课题报告结构.....	3
第二章 电力节能减排预警监测体系.....	6
2.1 电力节能减排影响因素分析.....	6
2.2 电力节能减排预警指标选取及基本方法.....	7
2.2.1 指标选取.....	7
2.2.2 预警方法.....	8
2.3 电力节能减排预警监测模型.....	9
2.3.1 单位 GDP 发电能耗预警监测模型.....	9
2.3.2 单位 GDP 电耗预警监测模型.....	13
2.3.3 非化石能源发电量比例预警监测模型.....	14
2.3.4 单位 GDP 电力碳排放预警监测模型.....	17
2.3.5 主要污染物排放总量预警监测模型.....	20
第三章 江苏电力节能减排预警监测的应用.....	23
3.1 江苏电力节能减排短期预警监测.....	23
3.1.1 单位 GDP 发电能耗季度预警监测实例.....	23
3.1.2 单位 GDP 电耗季度预警监测实例.....	27
3.1.3 非化石能源发电量比例季度预警监测实例.....	28
3.1.4 单位 GDP 电力碳排放季度预警监测实例.....	29
3.1.5 主要污染物排放总量季度预警监测实例.....	30
3.2 江苏电力节能减排中长期预警监测.....	31
3.2.1 单位 GDP 发电能耗中长期预警监测.....	31
3.2.2 单位 GDP 电耗中长期预警监测.....	31
3.2.3 非化石能源发电量比例中长期预警监测.....	31

3.2.4 单位 GDP 电力碳排放中长期预警监测	31
3.2.5 主要污染物排放总量中长期预警监测	31
第四章 江苏电力节能减排监管	41
4.1 电力节能减排监管指标	41
4.1.1 发电指标	41
4.1.2 输配电指标	41
4.1.3 用电指标	41
4.2 江苏电力节能减排主要监管指标国内外比较	41
4.2.1 发电指标	41
4.2.2 输配电指标	41
4.2.3 用电指标	41
4.2.4 综合评价	41
4.3 电力节能减排监管指标的灵敏度分析	41
4.3.1 发电指标灵敏度分析	41
4.3.2 输配电指标灵敏度分析	41
4.3.3 用电指标灵敏度分析	41
第五章 促进江苏电力节能减排的政策建议	65
5.1 优化发电能源结构	65
5.2 强化节能管理	67
5.3 加强科技创新	68
5.4 创新体制机制	69
附 录	71
1 功效系数法	71
2 “十二五”各类能源发电年利用小时数	72

第一章 引言

1.1 课题研究的背景

节能减排是党中央、国务院着眼经济社会发展全局作出的一项重大战略决策，是推进经济结构调整和发展方式转变的内在要求。电力行业作为我国节能减排的重点领域，在节能减排和应对气候变化中起着举足轻重的作用。“十一五”期间，江苏电力管理部门、电力监管机构和电力企业认真贯彻落实国家有关节能减排法规政策，通过加快电源结构调整、加强制度建设、加大节能减排资金投入、强化节能减排技术改造等措施，超额完成“十一五”节能减排规划目标，为全省节能减排目标的实现作出了重要贡献。

“十二五”时期是我国加快转变经济发展方式的重要战略机遇期，随着工业化、城镇化进程加快和消费结构持续升级，资源环境压力将越来越大。针对“十二五”时期面临的严峻节能减排形势，我国国民经济和社会发展“十二五”规划纲要明确提出多个约束性指标：非化石能源占一次能源消费比重达到 11.4%；单位国内生产总值能源消耗降低 16%；单位国内生产总值二氧化碳排放降低 17%；化学需氧量、二氧化硫排放分别减少 8%，氨氮、氮氧化物排放分别减少 10%。

电力工业是国民经济发展的基础产业，既是优质清洁能源的提供者，又是一次能源消耗大户和污染排放大户。我国提出“到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%、到 2020 年非化石能源占一次能源消费比重达到 15%左右”的目标，对电力工业未来发展将产生重大影响。电力行业是我国节能减排的重点领域，我国超过 50%的燃煤用于发电，电力排放二氧化碳、二氧化硫分别占全国排放总量的 50%、45%左右，电力行业在节能减排和应对气候变化工作中责任重大，做好电力节能减排对于我国顺利实现“十二五”节能减排目标具有重要意义。

国家电监会高度重视电力节能减排工作，按照国务院各部委分工，近年来直接负责或协同参与电力行业节能减排工作，切实履行电力节能减排监管职责。为贯彻落实国务院节能减排电视电话会议精神和《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》要求，进一步加强电力节能减排监管，确保电力行业节能减排各项任务 and 目标的实现，国家电监会近期发布了《关于加强“十二五”电力行业节能减排监管工作的通知》，就进一步加强电力行业节能减排监管作出重要部署，提出十大监管措施，其中明确要求加强节能减排信息报送和

披露监管，建立健全电力企业节能减排指标完成情况统计、监测、评价体系和预警机制。因此，开展“十二五”电力节能减排监管研究、建立节能减排预警监测体系具有高度的紧迫性和重要的现实意义。

1.2 课题要解决的主要问题

我国“十一五”规划纲要提出了单位 GDP 能耗比 2005 年降低 20%左右、主要污染物排放总量减少 10%的目标。截至 2010 年底，单位 GDP 能耗实际降低 19.06%，二氧化硫排放量和化学需氧量排放量分别下降 14.29%、12.45%，基本完成了“十一五”节能减排指标。但是，2010 年下半年部分地区为完成节能减排指标强行拉闸限电，影响了正常的社会秩序和居民生活，也影响了地方经济发展。正是由于缺乏节能数据统计和分析制度和科学合理的预警监测工作机制，“十一五”前四年完成进度落后于时间进度要求，使 2010 年节能减排任务非常艰巨，导致为完成指标而采取暴风骤雨式的限产、限电做法，这不符合电力节能减排的宗旨。因此，我们应该清醒地认识到，电力节能减排是一项长期而艰巨的任务，必须在完善节能统计和监测的基础上建立一个科学、系统的节能减排绩效评价指标体系，并实现节能减排预警、实时监控和效果评估，为政府相关部门科学决策提供有效方法，确保全面完成节能减排目标任务。

本课题从电力监管机构的角度出发，研究并建立江苏省电力节能减排预警监测体系，并通过实例进行短期和中长期预警。同时进一步分析电力行业监管指标对相关约束性指标影响的灵敏度，在此基础上对做好“十二五”电力节能减排工作提出政策建议。

1.3 研究对象概况

江苏电网是华东电网的重要组成部分之一，截至 2010 年底，已有 10 条 500 千伏省际联络线与上海、浙江、安徽相联，3 条 500 千伏线路与山西阳城电厂相联，1 条 500 千伏直流线路与三峡电站相联。500 千伏主网架已建成“四纵四横”的格局，“北电南送”过江通道输送能力提高到 1000 万千瓦，220 千伏及以下电网分成 12 个分区运行。区外协议容量达到 737 万千瓦，约占 2010 年全社会最大负荷的 11.5%。

江苏电力工业具有以下特点：一是一次能源供应以外调为主，对外依存度已超过 90%，煤炭自给率已不足 10%；二是电源结构单一，发电装机以火电机组为主，其中燃煤机组约占总装机容量的 84%，全省约 60%的煤炭用于发电，50%以上的二氧化硫排放来自发电企业；三是用电结构以工业为主，工业用电量约占全社会用电量的 80%；四是 500 千伏电网已成

为电网的骨干网架，担负着区域及省际电力交换、骨干主力电源接入及重要城市供电、地区电网主要支撑电源的作用。

2010年，江苏单位GDP能耗为0.734吨标煤/万元，较2005年降低20.45%，超额完成国家下达的目标任务。“十一五”期间江苏以能源消费年均8.2%的增速支撑了年均13.5%的经济增速，五年累计节约5200万吨标准煤，减少二氧化硫、二氧化碳、氮氧化物排放分别为385万吨、1.25亿吨和187万吨。

近年来，江苏积极发展核电、风电等非化石能源发电，加大小火电机组关停力度，电源结构得到进一步优化。截至2010年底，累计关停小火电机组728.6万千瓦，超额完成国家下达的关停任务，关停容量位居全国第三位，大容量、高参数发电机组比重显著上升，60万千瓦及以上燃煤机组占比由“十五”末的12.8%提高到2010年的46.2%。核电、风电、生物质发电、光伏发电等非化石能源装机容量比重由2005年的0.5%提高至2010年的8.1%，其中，风电137万千瓦，核电200万千瓦，生物质发电61万千瓦，光伏发电9万千瓦。

“十一五”期间，江苏按照“节能经济、确保安全”的原则，合理安排电网运行方式，在保证电网安全稳定的前提下，通过开展发电权交易，进一步提高发电侧节能减排水平，累计完成发电权交易电量1024.6亿千瓦时，削减二氧化硫排放10.2万吨，节约标煤约508万吨，节约燃煤成本约36亿元。

随着技术发展和产业结构升级，“十一五”期间，江苏省单位GDP电耗整体呈下降趋势，2010年底达到1102千瓦时/万元，五年累计下降了96千瓦时/万元，在全国处于先进水平，为江苏省实现万元GDP能耗下降20%的目标作出了重要贡献。

“十一五”期间，随着燃煤火电机组脱硫装置和脱硫在线监控系统的应用，江苏电力行业二氧化硫排放水平显著降低。截至2010年底，全省脱硫在线监控燃煤统调机组容量达到112台4318万千瓦，全省12.5万千瓦以上燃煤机组全部接入脱硫在线监控系统，投运率、脱硫效率分别达到97.96%、93.36%，为江苏省完成国家下达的二氧化硫排放指标发挥了重要作用。

1.4 课题报告结构

本报告主要围绕完成国家“十二五”规划中节能减排约束性指标，从电力节能减排预警监测体系建立和电力节能减排监管指标分析两个方面进行研究，力求较为全面地把握节能减排态势，初步建立预警监测机制。本报告结构及主要研究内容如下：

第一章介绍了课题的研究背景、要解决的主要问题、报告结构及主要内容，并简要介绍

了江苏电力工业概况及近年来电力节能减排工作所取得的成效。

第二章研究了电力节能减排预警监测体系。首先分析了影响电力节能减排的各种因素，阐述了预警监测指标的选取原则和主要研究方法，在此基础上，从发电、输配电、用电三个环节分别为节能减排数据的收集和分析建立清晰的框架，选取能够灵敏反映节能减排效果的预警指标，提出电力节能减排预警指数，合理划分警限值及警度，建立了反映电力节能减排情况的预警指标体系。

第三章研究了电力节能减排预警监测体系的应用。以第二章所建立预警体系为基础，分别对单位 GDP 发电能耗、单位 GDP 电耗、非化石能源发电量比例、单位 GDP 电力碳排放和主要污染物排放总量进行了短期和中长期预警监测。其中短期预警监测采用 2011 年各季度数据，分别对季度累计值进行预警，得到对应季度电力节能减排警度；中长期预警主要针对江苏省“十二五”电力规划，预警各约束性指标的警度，初步预测“十二五”期间电力节能减排指标完成情况。

第四章研究了电力节能减排监管具体指标。电力节能减排监管必须找到切实有效的抓手，因此分别选取发输配用各环节相关监管指标，对电力行业节能减排情况进行全面评价，通过与国内外水平进行比较，评估各项指标水平，最终通过雷达图的表现形式，实现对节能减排现状的总体把握，同时直观地找出节能减排工作的薄弱环节。以 2010 年江苏电力运行数据为实例，分析江苏电力节能减排监管指标发展水平。同时，进一步分析了各监管指标对国家“十二五”规划指标以及预警指标影响的灵敏度，从而明确电力节能减排监管的重点环节及有效手段。

第五章研究了促进江苏电力节能减排的政策建议。以该课题的研究成果为指导，结合江苏电力节能减排实际情况，提出了有关政策建议。

本报告所做的各项工作均基于可靠的数据来源，具有切实的可操作性，为电力监管机构全面掌握江苏“十二五”电力节能减排形势提供了有效的量化分析工具，从而有力地提高电力节能减排监管的科学性、前瞻性、针对性和可操作性，确保国家下达的“十二五”节能减排目标如期完成。

该研究的逻辑框图如图 1-1 所示。

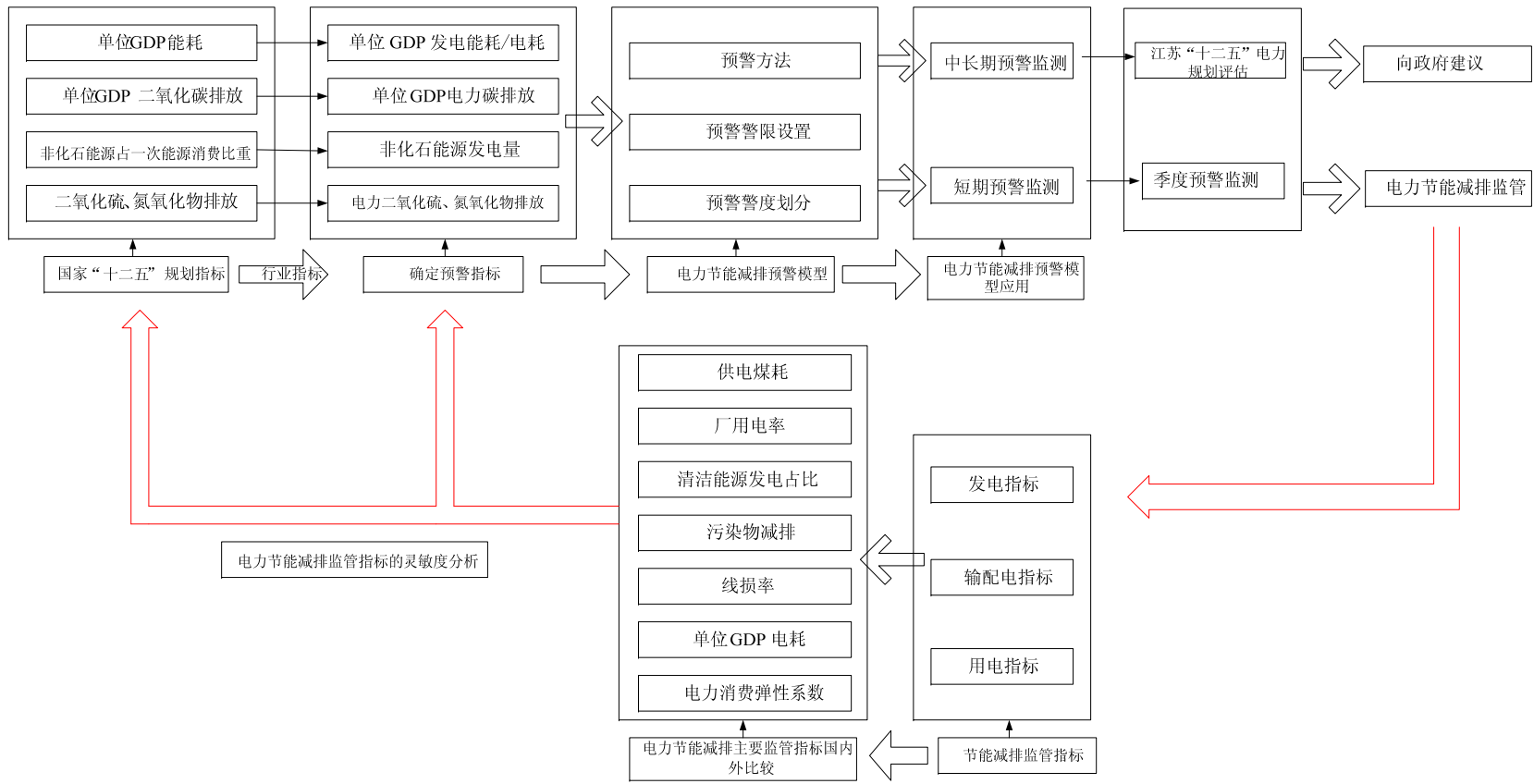


图 1-1 江苏“十二五”电力节能减排监管研究逻辑框图

第二章 电力节能减排预警监测体系

2.1 电力节能减排影响因素分析

(1) 经济因素

长期以来,电能消费与经济的发展有很强的相关性,经济增长及其对生活水平的影响,是促进电力消费增长的主要动力。而经济增长方式直接影响电力节能减排的成就,相比于粗放型经济增长方式,集约型经济增长方式实现的经济增长,使电力能源消耗较低,则单位GDP电耗等指标相对较小。

产业结构是影响经济发展的重要因素。产业结构是否合理,直接关系到能源资源的合理配置和有效使用,会对电力节能减排产生显著影响。我国正处于经济发展方式和产业结构调整、转变的关键时期,就第二产业而言,钢铁、建材、有色、化工等高耗能行业不仅事关产业结构调整(向高新技术、高附加值产业转变)的全局,而且对于电力节能减排的影响举足轻重。随着人民群众生活水平的不断提高,各种家用电器逐渐增多,居民生活用电已从原有的基本生活用电类型转向注意改善居住环境用电类型,用电需求强劲增长,这也加大了电力节能减排的压力。

(2) 机制因素

根据欧美等市场经济发达国家的节能减排经验,市场机制是建立节能减排长效机制的基本制度安排。通过市场机制的运行,充分发挥市场配置资源的基础性作用,提高能源资源的配置效率。随着我国市场机制的不断完善,其在节能减排中的作用也将得到进一步发挥,并在其他机制的共同作用下,构成电力节能减排的长效机制。

促进可持续发展的政策机制是通过制定和实施法律、法规、标准、价格、财政、税收、金融等综合性手段,促进政府、企业、公众由被动的节能减排转向主动的节能减排,这是实现电力节能减排具体目标的综合性制度安排。其中,以能源价格、排污成本、税收、金融政策为核心内容的经济手段是激励相关各方自觉节能减排的基本政策,法律手段将起到规范相关各方行为的作用,行政手段则可以将节能减排目标责任进行分配、落实并加以考核。

监管机制可以保障对相关各方执行国家节能减排政策进行有效监管,包括节能、环保、资源效率等社会性监管及市场结构(防止产生和滥用市场力)等经济性监管。完善的电力节能减排监管法律法规和组织体系,统一、高效、透明的节能减排监管体制,可以促进电力节能减排工作的有效开展。

（3）技术因素

技术进步是影响电力节能减排的一项重要因素。据有关资料显示，我国与发达国家在能效水平和节能技术上存在一定差距，目前我国能效较发达国家低约 8-10 个百分点，主要高耗能产品单耗较国外高 30% 左右。随着燃煤锅炉节能减排、洁净煤发电、需求侧节能减排、脱硫脱硝、二氧化碳气体减排等节能减排技术的应用，将不断提高能源利用效率和减少污染物排放，促进生产和生活方式向高效率、低消耗、低排放、循环型转变，逐步缩小与发达国家能耗水平的差距。

（4）自然因素

自然条件，包括自然资源分布、气候、地理环境等因素也对电力节能减排产生一定影响。例如，有些地区受自然资源相对匮乏的约束，难以大力发展某些非化石能源发电项目，电力结构优化难度较大；有些地区天然矿藏丰富，主要依靠金属冶炼及压延加工业这些高耗能行业来推动经济增长，由此带来电力能源消耗和单位 GDP 电耗较大。这就要求节能减排工作应因地制宜，突出重点，追求实效。

2.2 电力节能减排预警指标选取及基本方法

2.2.1 指标选取

我国“十二五”规划有关节能减排和约束性指标对于电力行业节能减排工作具有明确的政策导向作用，因此，统筹兼顾，合理设定电力节能减排预警监测指标，对完成电力行业“十二五”节能减排任务具有重要意义。

在确定电力节能减排预警监测指标时，需要遵循以下原则：

（1）与宏观经济发展形势具有相关性，服从服务于国家公开发布的约束性指标。如我国“十二五”规划纲要提出“单位 GDP 二氧化碳排放降低 17%，单位 GDP 能耗降低 16%，非化石能源占一次能源消费比重达 11.4%，二氧化硫排放减少 8%，氮氧化物排放减少 10%”等指标。

（2）能够全面反映电力行业节能减排情况，覆盖电力行业各个产业环节。在国家和江苏省“十二五”规划中，很多节能减排指标是针对整个能源的，要从中筛选与电力节能减排密切相关的指标，并进行相应换算。

（3）具有科学而明确的定义和历史统计基础，各指标要具有一定的独立性，不会造成概念混淆，同时在分析评价时能够得到相关的统计数据。

（4）立足于国情，科学评价各项指标的现有水平，准确把握进一步改进的潜力，并具

有技术上的可行性。

(5) 平衡先进性与经济性，既要与国际先进水平接轨、承担相关国际义务，同时也要充分考虑到成本代价。

基于以上原则，根据电力行业开展节能减排工作的特点，共确定 5 个指标作为“十二五”江苏电力节能减排预警监测的核心指标，分别是单位 GDP 发电能耗、单位 GDP 电耗、非化石能源发电量比例、单位 GDP 电力碳排放以及主要污染物排放总量，并结合江苏电力节能减排工作实际，通过发电、输配电、用电三个环节 6 项指标来构建江苏绿色电力评价指标体系。

2.2.2 预警方法

预警概念的形成来自于第二次世界大战之后，预警飞机、预警雷达等军事预警系统的发明。狭义的预警指对自然资源或环境等研究对象可能出现的衰竭或危机而建立的报警，而广义的预警则涵盖了对研究对象的维护和减少危机的发展过程，它包括发现警情、分析警兆，寻找警源、判断警度以及采取正确的预警方法将警情排除的全过程。

一般来说，预警的基本程序主要包括以下几个阶段：首先是明确警义，其次是寻找警源，再次是分析警兆并预报警度。明确警义是预警的基本前提，它是预警研究的基础；寻找警源是对警情影响的因素分析；分析警兆属于对警情的定量分析；预报警度则是预警的最终目标。

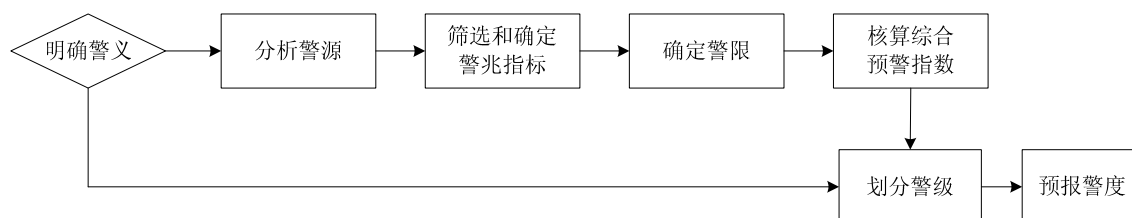


图 2-1 预警基本流程图

本报告应用预警理论的基本原理和方法，充分考虑江苏电力行业的具体情况和特点，建立起一套较为完善的电力节能减排预警监测体系和方法。约束性指标的预警一般都遵循以下流程：首先，针对预警指标合理划分预警线；其次，计算预警指标进行预警分析，根据计算结果发布红、橙、黄、绿等警度信息；最后，根据预警警度采取合适的应对措施，保障约束性指标的完成。其中，在划分警度时采取功效系数法，对每一项评价指标确定一个满意值和不允许值，以满意值为上限，以不允许值为下限，计算各指标实现满意值的程度，并以此确定各指标的分数，作为反映目标的综合评价价值。

表 2-1 预警线设置

功效系数	警度
<60	红色（重度预警）
[60, 70)	橙色（中度预警）
[70, 80)	黄色（轻度预警）
[80, 100)	绿色（无警）

根据功效系数法的规定，结合江苏电力节能减排实际情况，本报告设置预警区间如下：一般情况下，电力节能减排指数得分大于 80，说明电力节能减排状况良好，没有警情，警度为绿色；电力节能减排指数得分处于 70-80 之间，说明电力节能减排状况处于风险的潜伏期，警度为黄色，应采取一定的措施防止警情进一步恶化；如果得分在 60-70 之间，说明电力节能减排状况处于风险的发作期，警度为橙色，说明警情进一步恶化；如果得分小于 60 分，则电力节能减排状况处于一个危险的恶化期，应该给予红色警报，这说明电力行业的节能减排状况已经非常差，必须采取强有力的措施促进电力节能减排高效有序地开展，否则将难以完成节能减排工作目标。

2.3 电力节能减排预警监测模型

2.3.1 单位 GDP 发电能耗预警监测模型

（1）单位 GDP 发电能耗的定义及影响因素

单位 GDP 发电能耗是指一定时期内，一个国家或地区单位国内生产总值所需要的发电量折算成一次能源的消费量，发电类型包括煤炭、天然气、石油、风能、水能、核能、太阳能、生物质能等，一般换算成标准煤计量。该指标除了能反映一定时期内经济发展方式的转变和产业结构调整情况外，还能反映电力行业发电能源的利用效率，表征了电力行业的绿色发展水平，电力行业采取的一系列节能减排措施所产生的效果都能反映在这个指标上。

单位 GDP 发电能耗影响因素众多，主要包括以下几个方面：

一是清洁能源发电比例。由于各种能源自然属性有所不同，同等标准量的不同能源热值利用程度不同，因此产出同样单位的 GDP，如果使用的能源品种不同，则消耗的能源量也会不同。例如，原煤和天然气分别用来发电，产出同样价值的电，因原煤发电效率比天然气低，发电损耗比天然气高，所以用原煤发电消耗的能源量要比天然气高。因此就发电而言，各能源占能源消费比重的高低即能源消费构成影响单位 GDP 发电能耗的大小。

二是发电煤耗。发电煤耗是发电机组耗用煤炭与产出电量的比值，发电煤耗越低，发一度电所消耗的能源量就越少。发电煤耗与发电机组的单机容量最为相关，一般单机容量越高，

发电煤耗越低。除此以外还与机组的热效率、运行工况、系统运行方式有关。

三是厂用电率。厂用电率表明发电厂内部消耗电量占全部发电量的比例，厂用电率越小，相同的供电量情况下所需发电量减少，对应的能源量就会减少。一般水电的厂用电率在 0.5% 以下，核电、风电、光伏发电等厂用电率为 4%~7%，火电的厂用电率在 6% 左右，所以厂用电率与一次发电结构有很大关系，除此以外还与发电机组结构、发电厂辅机系统及管理平等有关。

四是线损率。线损率指电力线路和变压器的功率损耗电量占总供电量的百分比，线损率越小，则相同的用电量情况下损耗就越小，从而节约了发电能源。线损率与输变电设备选型、电网结构、运行方式等都有关系。

五是单位 GDP 电耗。单位 GDP 发电能耗大小与单位 GDP 电耗大小相关，提高电能利用效率，转变经济增长方式，产业结构调整等都通过单位 GDP 电耗指标而影响单位 GDP 发电能耗水平。

(2) “十二五”期间单位 GDP 发电能耗指标值

江苏省单位 GDP 发电能耗由发电能耗和地区生产总值这两个指标计算而得，其计算公式为：单位 GDP 发电能耗=发电能源消耗/地区生产总值。江苏 2005 年以来单位 GDP 发电能耗情况如下表：

表 2-2 江苏 2005-2010 年单位 GDP 发电能耗

单位：千克标煤/万元

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010
单位 GDP 发电能耗	394.6	396.7	395	371	343.7	283

“十一五”指标体系中，国家给各省市下达的单位 GDP 能耗下降目标均为 20%，“十二五”指标分解中充分考虑到不同地区的不同特点，将全国 31 个省市自治区按照不同发展阶段分成 5 类地区，每类地区的省市确定一个指标，其单位 GDP 能耗降低率分为 10%-18% 区间的 5 类任务，这样大体上可以保证相同的省情指标相同。在此方案中，江苏、天津、上海、浙江、广东五个省市为第一类，单位 GDP 能耗降低指标最高，为 18%。根据国家节能减排约束性指标得到电力节能减排预警监测指标，需要经过一系列的换算：

由国家约束性指标求得：

$$\left(\frac{\text{一次能源总消耗}}{\text{GDP}}\right)_{2010} * (1-18\%) = \left(\frac{\text{一次能源总消耗}}{\text{GDP}}\right)_{2015} \quad (2-1)$$

$$\left(\frac{\text{一次能源总消耗}}{\text{GDP}}\right)_{2015} * \left(\frac{\text{发电能耗}}{\text{一次能源总消耗}}\right)_{2015} = \left(\frac{\text{发电能耗}}{\text{GDP}}\right)_{2015} \quad (2-2)$$

表 2-3 1992-2009 年我国电力消费能源占一次能源消费比重

年份	全社会用电量 (亿千瓦时)	电力消费能源占 一次能源的比重 (%)	年份	全社会用电量 (亿千瓦时)	电力消费能源占 一次能源的比重 (%)
1992	7455	29.00	2001	14683	40.95
1993	8201	29.95	2002	16386	42.56
1994	9046	31.36	2003	18891	41.70
1995	9886	31.88	2004	21761	41.12
1996	10570	31.81	2005	24848	41.39
1997	11039	34.08	2006	28367	43.10
1998	11347	36.11	2007	32565	44.12
1999	12092	36.86	2008	34380	40.94
2000	13466	38.87	2009	36595	40.96

注：数据来源于中国电力企业联合会

表 2-4 世界主要国家电力消费能源占一次能源消费比重

国家 年份	美国	日本	德国	加拿大	法国	英国	韩国
1990	40.8	45.9	33.7	56.8	44.9	34.7	35.3
1995	41.5	46.1	35.8	57.6	49.1	34.6	36.1
2000	43.9	46.8	39.1	57.2	47.7	34.8	43.7

注：数据来源于国际能源署（IEA）

表 2-5 计算了 2005-2010 年江苏发电能耗占一次能源比重。其中，核电、风电、水电等非化石能源发电能耗按照江苏省当年火电机组平均供电煤耗折算。

表 2-5 2005-2010 年发电能耗占一次能源比重

	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
一次能源总消耗（亿吨标煤）	1.72	1.87	2.09	2.22	2.37	2.58
火电发电量（亿千瓦时）	2114.03	2512.58	2709.06	2735.46	2825.32	3280
区外火电发电量（亿千瓦时）	112.82	108.39	127.64	169.04	166.26	165.5
输出电量（亿千瓦时）	246.33	248.83	193.86	106.15	41.41	40.65
核电发电量（亿千瓦时）	0	14.04	100.18	140.75	141.83	157.02
区外核电发电量（亿千瓦时）	0	0	0	42.47	43.47	46.68
风电发电量（亿千瓦时）	0	0.048	2.12	7.75	14.46	23
生物质发电量（亿千瓦时）	0	5.37	12.1	15.22	26.48	38

水电发电量（亿千瓦时）	1.13	1.12	1.21	1.22	0.87	1.06
区外水电发电量（亿千瓦时）	191.47	160.77	154.44	83.99	84.07	78.9
发电能耗（亿吨标煤）	0.76	0.90	0.98	1.03	1.07	1.20
发电能耗占一次能源比重	44.22%	47.94%	46.84%	46.42%	45.31%	46.65%

“电力消费能源占一次能源消费比重”是指终端电力消费能源与终端能源消费总量的比值，而“发电能耗占一次能源比重”同时考虑电力生产输送过程中的损失量以及其他能源转换利用过程中的损失量，是指发电用能源与一次能源总消耗量的比值，这两个指标值应近似相等。因此，比较可得 2005-2010 年江苏省“发电能耗占一次能源比重”平均值比全国高约 4 个百分点。“十二五”期间，考虑江苏省未来非化石能源发电的发展，以及电动汽车等能源利用方式的变化，根据国家电监会在“十二五”电力发展课题中设定 2015 年我国“发电能耗占一次能源比重”达到 46%左右的指标，同时考虑江苏省电气化水平高于全国约 4 个百分点的经验数值，设定 2015 年江苏省“发电能耗占一次能源比重”达到 50%左右。

若“十二五”期间江苏单位 GDP 能耗完成下降 18%的指标，则 2015 年单位 GDP 能耗为 0.618 吨标煤/万元，按照 2015 年发电能耗占一次能源比重 50%推算，2015 年单位 GDP 发电能耗约为 309 千克标煤/万元，与 2010 年单位 GDP 发电能耗 345 千克标煤/万元比较，则“十二五”期间江苏单位 GDP 发电能耗应下降 10%。

（3）单位 GDP 发电能耗季度预警监测模型

由于单位 GDP 发电能耗与季节因素相关，具有一定的波动性，因此采用季度累计值计算季度单位 GDP 发电能耗作为预警监测的依据。预警方法采用功效系数法，以上一年同季度累计值作为不允许值，满意值依照“十二五”期间单位 GDP 发电能耗下降 10%为依据：

1) 不允许值选取

考虑到能源消费的季节性特征，单位 GDP 发电能耗对比主要采取同比而非环比的方法，2011 年单位 GDP 发电能耗的不允许值取 2010 年同期累计值，而 2012-2015 年单位 GDP 发电能耗的不允许值取上一年的满意值。

表 2-6 2010 年各季度累计单位 GDP 发电能耗

单位：千克标煤/万元

年份 \ 季度	季度			
	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2010 年	306.60	281.33	306.01	283.04

2) 满意值选取

$$(1-x)^5 = 1-10\% \quad (2-3)$$

单位 GDP 发电能耗要达到五年下降 10% 的目标，由上式求得，每年必须下降 $x=2.09\%$ ，则每季度同比也必须下降 2.09%，以此计算得到的值为当年满意值。

2.3.2 单位 GDP 电耗预警监测模型

(1) 单位 GDP 电耗的定义及影响因素

单位 GDP 电耗是指一定时期内，一个国家或地区单位国内生产总值所需要消耗的电能。该指标能反映一定时期内电能利用效率、经济发展方式的转变和产业结构调整情况。

单位 GDP 电耗影响因素众多，主要有以下几个方面：

一是经济增长方式。粗放型经济增长方式主要依靠增加生产要素投入来扩大生产规模，实现经济增长。集约型经济增长方式则主要依靠科技进步和提高劳动者的素质等来增加产品数量和提高产品质量，推动经济增长。相比于集约型经济增长方式，粗放型经济增长方式对电力的消耗较高，单位 GDP 电耗相对较大。

二是产业结构。一般来说，在国民经济各产业中，第一产业、第三产业单位增加值电耗远远小于第二产业单位增加值电耗；在国民经济各行业中，工业增加值能耗相比于其他行业大很多，其中，重工业较轻工业大很多，特别是钢铁、有色、化工、建材等高耗能行业单位增加值电耗最大。因此，产业结构中第三产业比重大的地区，单位 GDP 电耗也较小；而产业结构中以重工业甚至高耗能行业为主的地区，单位 GDP 电耗也必然较大。

三是技术水平。设备技术装备水平、能源利用的技术水平和能源生产、消费的管理水平越高，所消耗的能源和电量则越少，单位 GDP 电耗也必然越小。

四是自然条件。自然资源分布、气候、地理环境等因素会对能源消费、产业结构等产生一定影响，从而间接地影响单位 GDP 电耗的大小。例如，有色金属矿聚集的地区，相应进行有色金属的开采、冶炼、压延并以此高耗能行业来推动经济增长，从而导致单位 GDP 电耗较大。

利用单位 GDP 电耗作为电力节能减排预警监测指标，一方面能直接反映经济发展对电力的依赖程度，另一方面能间接反映产业结构调整优化的状况、设备技术装备水平、能源消费构成和能源利用效率等多方面内容，还可以间接计算出社会节电量，反映各项节能降耗政策措施所取得的效果。

(2) “十二五”期间单位 GDP 电耗指标值

能耗和电耗之间的关系很复杂，与经济结构、经济增长、电气化水平、生活水平等诸多因素相关。“十一五”初期，我国学者通过采用智能工程技术得出：能耗如果降低 20%，则电耗一般降低 7%左右。“十一五”期间，江苏单位 GDP 能耗下降 20.45%，单位 GDP 电耗下降 8%，与智能工程技术模拟出的结果很相近。根据历史规律推算，对应“十二五”单位 GDP 能耗下降 18%这一约束性指标，则“十二五”期间江苏单位 GDP 电耗应下降 6.3%左右。

(3) 单位 GDP 电耗季度预警监测模型

本报告预警方法采用功效系数法，以上一年同季度累计值作为不允许值，满意值依照“十二五”期间单位 GDP 电耗下降 6.3%为依据：

1) 不允许值选取

2011 年单位 GDP 电耗的不允许值取 2010 年同季度累计值，2012-2015 年单位 GDP 电耗的不允许值取上一年的满意值。

表 27 2010 年各季度累计单位 GDP 电耗值

单位：千瓦时/万元

年份 \ 季度	季度			
	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2010 年	1269.07	1159.33	1228.53	1128.10

2) 满意值选取

$$(1-x)^5 = 1 - 6.3\% \quad (2-4)$$

单位 GDP 电耗要达到五年下降 6.3%的目标，由上式求得，每年必须下降 $x=1.29\%$ ，则每季度较 2010 年同季度也必须下降 1.29%，以此计算得到的值为当年满意值。

2.3.3 非化石能源发电量比例预警监测模型

(1) 非化石能源发电量比例的定义及影响因素

化石能源是指埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的矿物类一次能源；非化石能源是指除化石能源以外的所有一次能源，目前常见的非化石能源主要包括核能、太阳能、风能、水能、生物质能等。非化石能源绝大多数不能直接被人类使用，除生物乙醇、生物柴油、沼气以外，其他非化石能源都不能被加工转换成汽油、柴油、焦炭、氢那样的“含能体能源”而被人类使用。因此，大部分非化石能源只能被加工转换成电力、热水、蒸汽等“过程性能源”。其中，属于发电类的非化石能源主要有：水电、核电、风电、太阳能发电、生物质发

电、潮汐发电等。

非化石能源发电量比例是指一个国家或地区核电、水电、光伏、生物质等非化石能源发电量与总发电量的比值。提高非化石能源发电量比例是提高非化石能源占一次能源消费比重的重要途径。

影响非化石能源发电量比例的因素主要有以下几个方面：

一是自然条件。非化石能源分布的差异是影响非化石能源发电量比例的主要因素之一，有些地区受自然资源相对匮乏的约束，无法大规模发展非化石能源发电。如江苏水电资源匮乏，直接导致江苏省非化石能源占一次能源消费比重明显低于全国平均水平。

二是技术条件。非化石能源关键、核心技术水平较低，技术开发和设备制造能力较弱，一些关键技术和设备长期依赖进口，导致产品成本高，与化石能源相比，缺乏竞争力。同时，技术安全性也是制约非化石能源发展的因素之一，如核电，安全是发展核能的第一原则，只有技术上和体制管理上都有了安全保障，核电才能又好又快地发展。

(2) “十二五”期间非化石能源发电量比例指标值

非化石能源占一次能源消费比重是“十二五”规划增设的 4 个约束性指标之一。根据“十二五”规划，2015 年我国非化石能源占一次能源消费比重达 11.4%，较 2010 年提高 3.1 个百分点。

$$\text{非化石能源发电量比例} = \text{非化石能源占一次能源消费比重} \times \frac{\text{发电用非化石能源占非化石能源消费总量比重}}{\text{电力消费能源占一次能源比重}} \quad (2-5)$$

1. 非化石能源占一次能源消费比重：我国 2010 年非化石能源占一次能源消费比重为 8.3%，2015 年达到 11.4%，即“十二五”期间该指标提高 3.1 个百分点，参考国家节能减排指标，本报告设定江苏省该指标与国家指标同幅度提高。

2. 发电用非化石能源占非化石能源消费总量比重：我国非化石能源主要用于发电，非化石能源用于发电的比重一般在 80% 以上，“十二五”期间该指标变动空间不大。

3. 电力消费能源占一次能源比重：大部分发达国家目前为 40%~50%，江苏电力消费能源占一次能源中的比重在数值上已经接近发达国家水平，因此该指标也不会有较大波动。

综上所述，本报告设定“十二五”期间江苏非化石能源发电量比例应与非化石能源占一次能源消费比重增幅相同，即非化石能源发电量比例提高 3.1 个百分点。2010 年江苏省非化石能源发电量比例为 9.32%（包括区外来电），则 2015 年江苏省非化石能源发电量比例应为 12.42%。

(3) 非化石能源发电量比例季度预警监测模型

计算季度非化石能源发电量比例，需统计各种非化石能源季度发电量，其中，核电、风

电以及总发电量可由已掌握统计报表直接得到，而光伏发电、生物质发电、水电电量目前没有全口径统计数据，因此采用装机容量乘以发电设备利用小时数来估算，由此可得到季度非化石能源发电量比例。同时，本预警监测模型也考虑区外来电，即依据区外来电来源将其划分为化石能源和非化石能源，计入季度非化石能源发电量比例。

其中，非化石能源总发电量计算公式为：

$$Q_{\text{非化石总}} = \sum_{\text{非化石}} (K_{\text{现有}} + K_{\text{新增}}) \times \frac{T}{12} \quad (2-6)$$

式中： $K_{\text{现有}}$ ——截至当月底非化石能源发电的装机容量规模；

$K_{\text{新增}}$ ——截至当月底非化石能源发电新增的装机容量规模；

T ——非化石能源发电机组年利用小时数。

非化石能源发电量与季节因素相关，因此采用季度累计值计算季度非化石能源发电量比例作为预警监测的依据。预警方法采用功效系数法，满意值依照“十二五”末期非化石能源发电量比例达到 12.42% 选取，不允许值选取上一年同季度满意值。

1) 满意值选取

若要非化石能源发电量比例达到目标值，“十二五”期间每年需提高 0.62 个百分点，则各季度须同比提高 0.62 个百分点，以此计算得到季度满意值。

表 2-8 2010 年非化石能源发电量及总发电量季度累计值

单位：亿千瓦时

电源类型 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
核电	44.22	86.8	145.27	203.7
风电	6.9	11.83	15.85	23
光伏	0.06	0.13	0.2	0.25
生物质	7.52	15.51	23.72	38
水电	8.62	28.5	78.09	96.66
总发电量	876.89	1825.86	2926.24	3880.13

注：表格中数据已包括区外来电。

表 2-9 2010 年各季度非化石能源发电量比例

1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
7.68%	7.82%	8.99%	9.32%

由 2010 年季度非化石能源发电量比例实际值，按照年提高 0.62 个百分点，可得 2011-2015 年各季度非化石能源发电量比例满意值。

表 2-10 2011-2015 年非化石能源发电量比例满意值

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2011 年	8.30%	8.44%	9.61%	9.94%
2012 年	8.92%	9.06%	10.23%	10.56%
2013 年	9.54%	9.68%	10.85%	11.18%
2014 年	10.16%	10.30%	11.47%	11.80%
2015 年	10.78%	10.92%	12.09%	12.42%

2) 不允许值选取

2011 年非化石能源发电量比例的不允许值取为 2010 年同季度累计值，而 2012-2015 年非化石能源发电量比例的不允许值取上一年同季度的满意值。

表 2-11 2011-2015 年非化石能源发电量比例不允许值

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2011 年	7.68%	7.82%	8.99%	9.32%
2012 年	8.30%	8.44%	9.61%	9.94%
2013 年	8.92%	9.06%	10.23%	10.56%
2014 年	9.54%	9.68%	10.85%	11.18%
2015 年	10.16%	10.30%	11.47%	11.80%

2.3.4 单位 GDP 电力碳排放预警监测模型

(1) 单位 GDP 电力碳排放的定义及影响因素

单位 GDP 电力碳排放是指电力行业二氧化碳排放量与国内生产总值的比率，主要指发电环节的二氧化碳排放量。该指标主要用来衡量经济增长同电力行业碳排放量增长之间的关系，该指标越低，则反映低碳发展情况越好。该指标反映了该地区的电力工业的碳排放强度，主要取决于：

1. 化石能源发电结构。电力行业二氧化碳排放主要由化石能源发电产生，化石能源包括煤炭、石油、天然气，不同化石能源对应的发电碳排放系数各不相同，其中天然气发电碳排放系数较低，煤炭发电碳排放系数较高，具体数据如下表所示。

表 2-12 不同化石能源对应的发电碳排放系数

单位：千克/千克标煤

化石能源种类	煤炭	石油	天然气
单位标准煤的二氧化碳排放系数	2.77	2.15	1.647

注：数据来源于中国电力企业联合会

2.非化石能源发电量比重。发电能源分为化石能源与非化石能源两种，非化石能源发电不排放二氧化碳，所以提高总发电能源中非化石能源的比例，有利于电力碳排放强度的降低。

3.机组结构。火电机组结构也是影响碳排放的重要因素，高效环保大机组可有效减少发电环节碳排放。

4.产业结构及用电能效。电力碳排放强度大小与影响单位 GDP 电耗大小的因素有关，通过提高电能利用效率，转变经济增长方式，产业结构调整等措施，都可以在生产相同国民生产总值的前提下减少电力消耗，从而间接减少电力碳排放。

(2) “十二五”期间单位 GDP 电力碳排放指标值

“十二五”期间要降低单位 GDP 碳排放，一方面要加快转变经济发展方式，提高用电效率；另一方面要提高发电效率和非化石能源利用比例。由于 80%以上的非化石能源以电能方式利用，所以电力行业在二氧化碳减排方面应发挥主要作用。2006-2009 年江苏省电力二氧化碳排放量占二氧化碳排放总量比重见表 2-15。

表 2-13 2006-2009 年江苏省电力二氧化碳排放量

类别	年份	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
	燃煤发电量（亿千瓦时）		2429.2	2582.9	2556.2
供电煤耗（克/千瓦时）		354.77	341.78	334.27	329
排放 CO ₂ （万吨）		23872.1	24453.1	23668.6	23861.4
燃气发电量（亿千瓦时）		81.5	114	116.3	117
供电煤耗（克/千瓦时）		257.7	247.38	238.48	236
排放 CO ₂ （万吨）		345.9	464.5	456.8	454.8
燃油发电量（亿千瓦时）		1.8	12.2	0	0
供电煤耗（克/千瓦时）		331.41	328	0	0
排放 CO ₂ （万吨）		12.8	86	0	0
合计排放 CO ₂ （万吨）		24230.8	25003.6	24125.4	24316.1

注：数据来源于江苏省发电年报

表 2-14 2006-2009 年江苏省二氧化碳排放总量

类别 \ 年份	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
原煤量 (万吨)	17272.08	18415.63	18974.3	19465.2
排放 CO ₂ (万吨)	34175	36437	37543	38541
原油量 (万吨)	2302.7	2454	2313.13	2661.44
排放 CO ₂ (万吨)	7073	7537	7105	8175
天然气量 (亿 m ³)	31.3	44.58	63.13	63.43
排放 CO ₂ (万吨)	697	977	1383	1389
合计排放 CO ₂ (万吨)	41945	44951	46031	48078

注：数据来源于中国能源统计年鉴

表 2-15 2006-2009 年江苏电力二氧化碳排放量占二氧化碳排放总量比重

	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
总排放 CO ₂ (万吨)	41945	44951	46031	48078
电力排放 CO ₂ (万吨)	24230.8	25003.6	24125.4	24316.1
电力排放 CO ₂ /总排放 CO ₂	57.77%	55.62%	52.41%	50.58%

由上表可见，电力行业二氧化碳排放量占二氧化碳排放总量的 50%以上，是二氧化碳减排的重点行业，对于全社会的节能降碳负有特殊使命。

“单位 GDP 电力碳排放”是国家“单位 GDP 碳排放强度”的重要组成部分，既与能源效率有关，也与电气化水平等结构性因素有关，因此，可有如下研究思路。

单位 GDP 电力碳排放=电力二氧化碳排放量/GDP

=电力二氧化碳排放量/发电量*用电量/GDP

其中，发电量=用电量，统称“电量”，

因此可得，单位 GDP 电力碳排放=单位电量二氧化碳排放强度*单位 GDP 电耗

其中，单位电量二氧化碳排放强度=2.76*化石能源发电量占比*化石能源单位发电量耗用能源量。

由上述公式可求得，2005 年单位 GDP 电力碳排放为 1084.75 千克/万元，2010 年单位 GDP 电力碳排放为 861.32 千克/万元，即，“十一五”期间江苏电力碳排放强度下降 20.6%。省政府已确定“十二五”期间全省碳排放强度下降 19%，考虑到电力行业是全社会二氧化碳减排的重点行业，因此，“十二五”期间，江苏电力碳排放强度目标值仍选取为下降 20.6%。

(3) 单位 GDP 电力碳排放季度预警监测模型

预警方法采用功效系数法，以上一年同季度累计值作为不允许值，满意值依照“十二五”

期间单位 GDP 电力碳排放下降 20.6%为依据。

1) 不允许值选取

本课题选取 2010 年同季度累计值作为 2011 年单位 GDP 电力碳排放的不允许值，选取上一年的满意值作为 2012-2015 年单位 GDP 电力碳排放的不允许值。

表 2-16 2010 年各季度累计单位 GDP 电力碳排放

单位：千克/万元

	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2010 年 单位 GDP 电力碳排放	986.26	899.61	941.2	861.32

2) 满意值选取

$$(1-x)^5 = 1 - 20.6\% \quad (2-10)$$

由上式求得，单位 GDP 电力碳排放要达到 5 年下降 20.6%的目标，每年必须下降 $x=4.51\%$ ，则每季度较 2010 年同季度也必须下降 4.51%，以此计算得到的值为本年满意值。

2.3.5 主要污染物排放总量预警监测模型

(1) 主要污染物排放总量的定义和影响因素

煤炭的燃烧不仅会排放带来温室效应的 CO_2 ，还会产生 SO_2 、 NO_x 等导致环境污染的有害气体。为有效遏制燃煤造成的大气污染，近年来我国政府加强了主要污染物排放标准的管理。电力行业是主要的用煤大户，为有效减少电力行业的污染物排放总量，我国燃煤电厂烟气治理已经开始涉及除尘、脱硫、脱硝。本节所述的主要污染物排放是指电力行业的主要污染物排放。

电力主要污染物排放总量指一个国家或地区电力行业二氧化硫、氮氧化物等主要污染物的排放总量。影响电力行业二氧化硫排放总量的因素有：

- 电煤消费总量；
- 燃煤硫分；
- 机组的脱硫装置安装率以及脱硫效率。

影响电力行业氮氧化物排放总量的因素有：

- 电煤消费总量；
- 单位燃煤量的氮氧化物排放系数；
- 机组的脱硝装置安装率以及脱硝效率。

(2) “十二五”主要污染物排放总量指标值

截至 2010 年底，全省 12.5 万千瓦以上统调燃煤电厂脱硫设施投运率为 97.9%，全省燃煤电厂年平均脱硫效率为 93.4%，且江苏省脱硫在线监控燃煤统调机组占全省 125MW 以上燃煤机组容量的 96.8%，脱硫设施在线监控率达到了 99.97%。“十一五”期间全省二氧化硫累计减排 32.27 万吨，比 2005 年净削减 23.5%，完成国家下达“十一五”减排总指标的 131%。2011 年 7 月，江苏电监办联合省电力公司研发的“燃煤机组脱硝实时监控及信息管理系统”通过验收，江苏成为首个实现对燃煤电厂脱硝设施在线监控全覆盖的省份。目前，江苏火电企业氮氧化物排量约占全省的 50%。

国家“十二五”规划在原有减排约束性指标的基础上，新增了氮氧化物和氨氮两项约束性指标，其中要求二氧化硫排放总量减少 8%，氮氧化物排放总量减少 10%。国家下达给江苏的“十二五”减排指标为：到 2015 年，二氧化硫排放总量比 2010 年削减 14.8%，氮氧化物排放总量比 2010 年削减 17.5%，高于全国平均水平。根据当前江苏电力行业减排工作情况，本报告减排目标值参考省政府下达指标值，即二氧化硫排放总量和氮氧化物排放总量分别比 2010 年削减 14.8%和 17.5%。

(3) 主要污染物排放总量预警监测

采用功效系数法对电力二氧化硫以及电力氮氧化物的排放总量进行季度预警监测，功效系数法具体步骤请见附录。本课题采用季度累计值计算电力二氧化硫排放总量和电力氮氧化物排放总量作为预警监测的依据（电力氮氧化物排放总量目前暂无数据，不进行计算，但仍采用该方法）。

电力二氧化硫排放总量预警监测中满意值和不允许值的选取：

1) 满意值选取：

$$(1-x)^5 = 1-y = 1-14.8\% \quad (2-11)$$

由上式求得，电力二氧化硫排放总量要达到 5 年下降 14.8%的目标，每年必须下降 $x=3.15\%$ ，则每季度较 2010 年同季度也必须下降 3.15%，已知 2010 年江苏省各季度电力二氧化硫排放总量，见表 2-17，以此计算“十二五”江苏省电力二氧化硫排放总量满意值。

表 2-17 2010 年江苏省各季度电力二氧化硫排放总量

单位：吨

年份 \ 季度	季度			
	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2010 年	151928	304137	449764	599998

则“十二五”时期江苏省电力二氧化硫排放总量满意值见表 2-18。

表 2-18 “十二五”江苏省电力二氧化硫排放总量满意值

单位：吨

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2011 年	147142.3	294556.7	435596.4	581098.1
2012 年	142507.2	285278.1	421875	562793.3
2013 年	138018.2	276291.7	408585.9	545065.2
2014 年	133670.7	267588.6	395715.4	527895.6
2015 年	129465.4	259170.3	383266.4	511288.3

2) 不允许值选取

本课题选取上一年同季度电力二氧化硫排放总量为不允许值。所以，2011 年江苏省电力主要污染物排放总量的不允许值取为 2010 年同季度累计值。而 2012-2015 年江苏电力二氧化硫排放总量的不允许值取上一年的满意值。

表 2-19 “十二五”江苏省电力二氧化硫排放总量不允许值

单位：吨

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2011 年	151928	304137	449764	599998
2012 年	147142.3	294556.7	435596.4	581098.1
2013 年	142507.2	285278.1	421875	562793.3
2014 年	138018.2	276291.7	408585.9	545065.2
2015 年	133670.7	267588.6	395715.4	527895.6

第三章 江苏电力节能减排预警监测的应用

3.1 江苏电力节能减排短期预警监测

3.1.1 单位 GDP 发电能耗季度预警监测实例

1) 江苏省累计季度地区生产总值 (GDP)

本实例采用江苏省 2005-2011 年的累计季度地区生产总值 (GDP) 作为预警所需数据, 季度累计值如表 3-1 所示。

表 3-1 江苏省 2005-2011 年累计季度 GDP

单位: 亿元

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2005 年	3556.56	8212.85	12471.35	18272.12
2006 年	4290.86	9871.22	15013.45	21548.36
2007 年	5054.5	11752.1	18010.36	25560.1
2008 年	6116.83	14239.82	21840.63	30312.61
2009 年	6653.17	15530.49	23915.19	34061.19
2010 年	8203.53	19114.1	29351.53	40903.34
2011 年	9902.13	22918.3	35113	48604

注: 数据来源于国家统计局

国家有关部门规定在计算“十一五”期间单位 GDP 电耗、单位 GDP 能耗等指标时, 应按照国家 2005 年可比价格计算, 此处用到“累计地区生产总值指数”, 其按可比价格计算, 指数以上年同期为 100 计算。

表 3-2 江苏省 2006-2011 年累计地区生产总值指数

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2006 年	115.2	115.4	115	114.9
2007 年	115.2	115	115	114.8
2008 年	113.7	113.6	113.1	112.3
2009 年	110.2	111.2	111.7	112.4
2010 年	115.4	113.2	113	112.6
2011 年	111.6	111.4	111.2	111

注：本表反应季度地区生产总值指数情况。本表按可比价格计算，指数以上年同期为100计算。

$$\frac{(\text{累计地区生产总值指数})_{2006}}{100} = \frac{(\text{累计季度GDP可比值})_{2006}}{(\text{累计季度GDP})_{2005}} \quad (3-1)$$

$$\frac{(\text{累计地区生产总值指数})_{2007}}{100} = \frac{(\text{累计季度GDP可比值})_{2007}}{(\text{累计季度GDP可比值})_{2006}} \quad (3-2)$$

利用“累计地区生产总值指数”代入上式计算，得到江苏省 2006-2011 年累计季度 GDP 可比值如表 3-3 所示。

表 3-3 江苏省 2006-2010 年累计季度 GDP 可比值

单位：亿元

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2006 年	4097.16	9477.63	14342.05	20994.67
2007 年	4719.93	10899.27	16493.36	24101.88
2008 年	5366.56	12381.57	18653.99	27066.41
2009 年	5913.94	13768.31	20836.51	30422.64
2010 年	6824.68	15585.73	22879.79	34255.89
2011 年	7616.35	17362.50	25442.33	38024.04

2) 江苏省累计季度发电能耗

按照每季度可获得各能源发电量计算，可得出 2010 年总发电能耗各季度累计值，分别由非化石能源发电能耗与化石能源发电能耗组成。

表 3-4 2010 年非化石能源发电量及发电能耗季度累计值

单位：亿千瓦时

电源类型 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
核电	52.06	86.8	145.27	203.7
风电	6.9	11.83	15.85	23
生物质	7.52	15.51	23.72	38
水电	8.62	28.5	78.09	96.66
发电能耗 (万吨标煤)	269.45	507.91	932.80	1282.13

注：表格中数据已包括区外来电。

由燃煤、燃气消耗标煤量可得出 2010 年化石能源发电消耗能源的各季度累计值：

表 3-5 2010 年燃煤燃气机组消耗标准煤量季度累计值

单位：万吨标煤

2010 年	燃煤消耗标煤量	燃气消耗标煤量	发电能耗
1 季度	1782.71	40.31	1823.02
1-2 季度	3764.51	112.28	3876.79
1-3 季度	5873.24	195.49	6068.73
1-4 季度	8140.30	273.22	8413.52

表 3-6 2010 年各季度累计总发电能耗

单位：万吨标煤

2010 年	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
总发电能耗	2092.47	4384.70	7001.53	9695.65

下面计算 2011 年总发电能耗各季度累计值，根据季度新增非化石能源发电装机容量数据，可得 2011 年江苏省非化石能源发电量及其发电能耗的季度累计值，见表 3-7。

表 3-7 2011 年非化石能源发电量季度累计值

单位：亿千瓦时

电源类型 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
核电	50.14	94.61	153.97	211.71
风电	6.8	14.02	20.11	26.8
生物质	9.16	18.44	28.25	38.52
水电	9.42	31.62	75.07	96.48
发电能耗 (万吨标煤)	269.98	564.24	983.70	1325.74

注：表格中数据已包括区外来电。

由燃煤、燃气消耗标煤量可得 2011 化石能源发电消耗能源的各季度累计值：

表 3-8 2011 年燃煤燃气机组消耗标准煤量季度累计值

单位：万吨标煤

2011 年	燃煤消耗标煤量	燃气消耗标煤量	发电能耗
1 季度	2009.08	50.90	2059.98
1-2 季度	4120.91	166.29	4287.20
1-3 季度	6448.15	277.02	6725.17
1-4 季度	8931.59	368.36	9299.95

表 3-9 2011 年各季度累计发电能耗

单位：万吨标煤

2011 年	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
总发电能耗	2329.96	4851.44	7708.87	10625.69

3) 江苏省累计季度单位 GDP 发电能耗

2011 年各季度累计单位 GDP 发电能耗值见下表。

表 3-10 2011 年各季度累计单位 GDP 发电能耗

单位：千克标煤/万元

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2011 年	305.92	279.42	302.99	279.45

2011 年各季度满意值与不允许值及评分见下表。

表 3-11 2011 年各季度预警满意值、不允许值及评分

单位：千克标煤/万元

预警 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
满意值	300.2	275.45	299.62	277.12
不允许值	306.6	281.33	306.01	283.04
评分	64.3	73	78.9	84.3

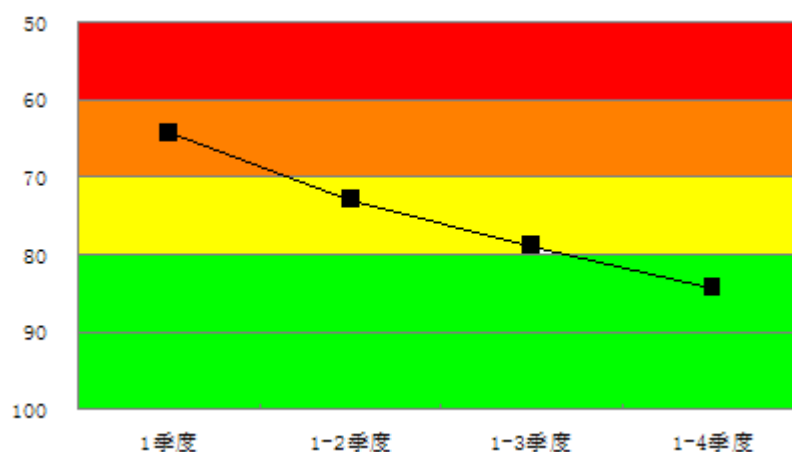


图 3-1 2011 年单位 GDP 发电能耗季度预警监测结果

预警监测结果显示，2011 年江苏单位 GDP 发电能耗警度持续降低，年末达到绿色无警状态。

3.1.2 单位 GDP 电耗季度预警监测实例

1) 江苏省累计季度用电量

本实例采用江苏省 2005-2011 年的季度全社会用电量作为预警所需用电量数据，电量季度累计值如表 3-12 所示。

表 3-12 江苏省 2005-2011 年累计季度用电量

单位：亿千瓦时

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2005 年	484.89	1017.32	1624.54	2193.45
2006 年	560.52	1181.93	1903.73	2569.75
2007 年	640.0	1361.5	2191.1	2952.0
2008 年	731.5	1513.8	2391.4	3120.7
2009 年	702.4	1506.5	2426.6	3314.0
2010 年	866.1	1806.9	2892.6	3864.4
2011 年	994.47	2053.12	3231.45	4281.62

注：数据来源于江苏省统计局

2) 江苏省累计季度单位 GDP 电耗

2010-2011 年各季度累计单位 GDP 电耗值如下表所示：

表 3-13 2010-2011 年各季度累计单位 GDP 电耗值

单位：千瓦时/万元

年份 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2010 年	1269.07	1159.33	1228.53	1128.1
2011 年	1305.70	1182.5	1234.2	1126.03

2011 年各季度满意值与不允许值及评分见下表所示：

表 3-14 2011 年各季度预警满意值、不允许值及评分

单位：千瓦时/万元

预警 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
满意值	1252.70	1144.37	1212.68	1113.55
不允许值	1269.07	1159.33	1228.53	1128.1
评分	35	49	73	83

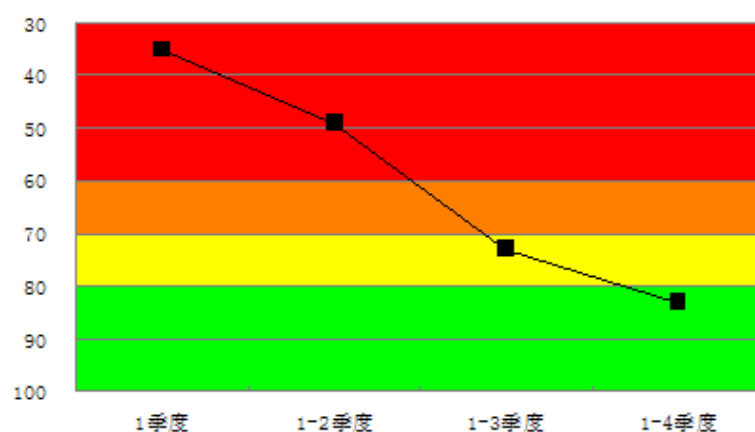


图 3-2 2011 年单位 GDP 电耗季度预警监测结果

从 2011 年单位 GDP 电耗的预警监测情况可以看出，全年警度持续降低，年末达到绿色无警状态。

3.1.3 非化石能源发电量比例季度预警监测实例

2011 年江苏省新增非化石能源发电装机容量见下表。

表 3-15 2011 年新增非化石能源发电装机容量

单位：万千瓦

月份 电源类型	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
核电	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
风电	0	5	0	3.2	0	7.5	0	0	0	0	0	5.1
光伏	0.37	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0.22	0.1	29.86
生物质	0.1	0	0	0	1.8	0	1.05	2.8	1.2	0	0.6	1.2
水电	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

由 2.3.3 节所述方法，可得江苏省非化石能源发电量季度累计值，见下表。

表 3-16 2011 年非化石能源发电量及总电量季度累计值

单位：亿千瓦时

季度 电源类型	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
核电	50.14	94.61	153.97	209.9
风电	6.8	14.02	20.11	26.8
光伏	0.28	0.56	0.84	1.39
生物质	9.16	18.44	28.25	38.52
水电	9.42	31.62	75.07	95.7
总发电量	1005.12	2070.97	3264.76	4281.76

注：表格中数据已包括区外来电。

表 3-17 2011 年非化石能源发电量比例

1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
7.54%	7.69%	8.52%	8.7%

根据 2.3.3 节中选取的满意值和不允许值采用功效系数法进行季度预警，得出的警度见表 3-18。

表 3-18 2011 年非化石能源发电量比例季度预警

项目 \ 季度	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
功效系数	63.2	63.7	47.3	40
警度	橙色	橙色	红色	红色

预警结果如下图所示：

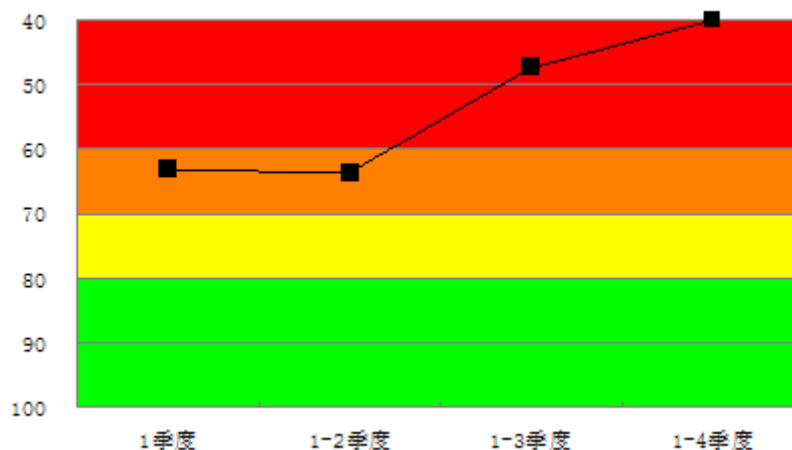


图 3-3 2011 年非化石能源发电量比例季度预警监测结果

预警监测结果显示，2011 年非化石能源发电量一直处于严重告警状态。其中，一季度总发电量同比增长 14.6%，非化石能源发电量同比增长 12.6%；上半年总发电量同比增长 13.4%，非化石能源发电量同比增长 11.5%；1-3 季度总发电量同比增长 11.6%，非化石能源发电量同比仅增长 5.7%；1-4 季度总发电量同比增长 10.4%，非化石能源发电量同比仅增长 3.7%。由于发电量增长较快，而新增电源中，非化石能源装机比重很低，导致非化石能源发电量比例较上年同期相比不增反降。

3.1.4 单位 GDP 电力碳排放季度预警监测实例

本实例采用江苏省 2011 年电力运行实际数据来计算单位 GDP 电力碳排放，具体数值分别见 3.1.2 和 3.1.3 节。2011 年江苏累计季度单位 GDP 电力碳排放如下表所示。

表 3-19 江苏省 2011 年累计季度单位 GDP 电力碳排放

单位：千克/万元

1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
995.33	899.95	930.85	847.04

表 3-20 2011 年季度预警满意值、不允许值及评分

	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
满意值	941.78	859.04	898.75	822.47
不允许值	986.26	899.61	941.2	861.32
评分	51.8	59.7	69.8	74.7

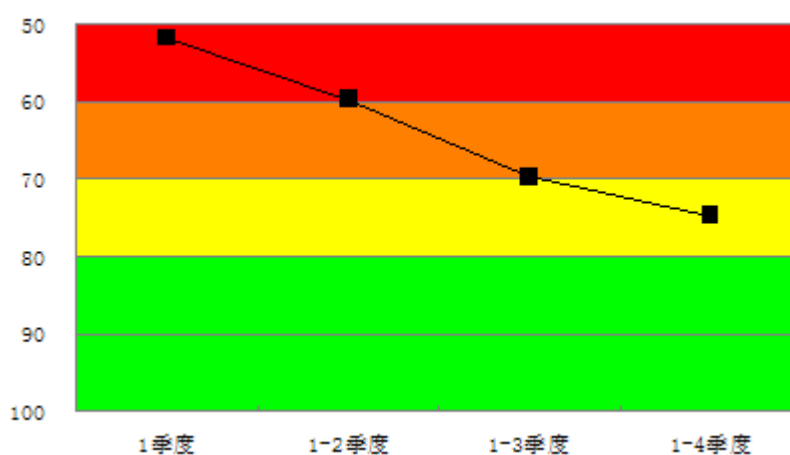


图 3-4 2011 年江苏省单位 GDP 电力碳排放季度预警监测结果

预警监测结果显示，2011 年江苏单位 GDP 电力碳排放一直处于告警状态，尤其上半年严重告警。因为机组结构优化需要一定的建设时间，江苏省单位 GDP 电力碳排放目标值的完成存在一定困难，必须尽快改善能源结构以完成“十二五”目标。

3.1.5 主要污染物排放总量季度预警监测实例

2011 年江苏省电力二氧化硫排放总量如表 3-24 所示。

表 3-24 2011 年江苏省电力二氧化硫排放总量

单位：吨

	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
2011 年	147603	296987	443548	592112

根据 2.3.5 节中选取的满意值和不允许值采用功效系数法进行季度预警，得出的警度如表 3-25 所示。

表 3-25 2011 年江苏省电力二氧化硫排放总量季度预警

	1 季度	1-2 季度	1-3 季度	1-4 季度
功效系数	96.1	89.9	77.5	76.7
警度	绿色	绿色	黄色	黄色

预警结果如下所示：

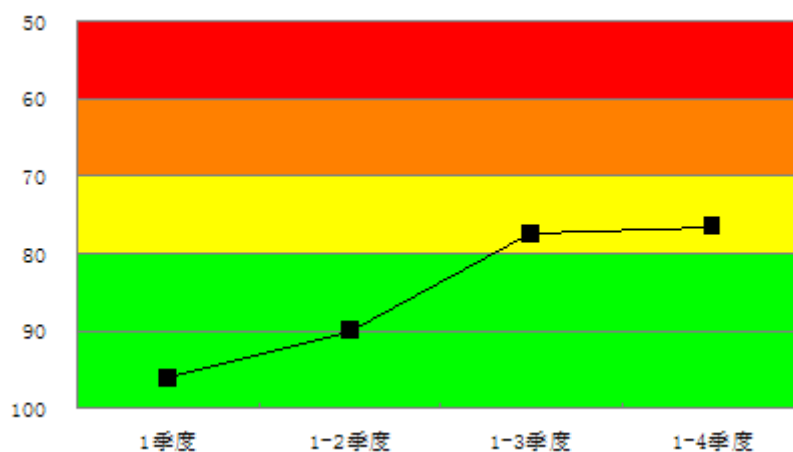


图 3-5 2011 年江苏省电力二氧化硫排放总量季度预警监测结果

由 2011 年江苏省电力二氧化硫排放总量的预警监测情况可以看出，上半年江苏省电力行业的二氧化硫减排工作完成情况较好，而进入下半年，受火电企业经营压力较大的影响，脱硫设施投运率有所降低，电力行业二氧化硫排放量有所增长，至年底出现黄色警报。

3.2 江苏电力节能减排中长期预警监测

本节所预警内容主要以“十二五”时期江苏省电力相关规划为基础开展评估。

3.2.1 单位 GDP 发电能耗中长期预警监测

《江苏省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》提出，“十二五”期间，江苏综合经济实力显著增强，到 2015 年，全省地区生产总值 6.58 万亿元，年均增长 10% 左右，人均地区生产总值达到 8 万元。根据“十二五”江苏经济社会发展趋势，预计“十二五”期间，江苏全社会最高用电负荷将达 1 亿千瓦，年均增长 9.34%；到 2015 年，全社会用电量将达 5600 亿千瓦时，年均增长 7.7%。

设 2010 年江苏省 GDP 为 X_1 （以 2005 年可比价），全社会用电量为 X_2 ，则：

$$(\text{单位GDP电耗})_{2015} = \frac{\text{年均电量增速}^5 * (\text{全社会用电量})_{2010}}{\text{年均GDP增速}^5 * (\text{GDP})_{2010}} = \frac{(107.7\%)^5 * X_2}{(110\%)^5 * X_1} = 89.97\% * \frac{X_2}{X_1} \quad (3-3)$$

由上式可知，根据“十二五”规划，江苏单位 GDP 电耗应下降 10%左右，按照规划计算出，2015 年单位 GDP 电耗下降至 1015.3 千瓦时/万元。

根据江苏省“十二五”发电能源规划，到 2015 年江苏发电量能耗为 300.5 克标煤/千瓦时（全部发电能源计算），2015 年单位 GDP 发电能耗为 305.1 千克标煤/万元，与 2010 年单位 GDP 发电能耗 350.9 千克标煤/万元相比较，“十二五”期间单位 GDP 发电能耗下降 13%左右，可以完成根据国家“十二五”节能减排指标所需要的单位 GDP 发电能耗下降目标。

3.2.2 单位 GDP 电耗中长期预警监测

根据江苏省“十二五”规划，到 2015 年单位 GDP 电耗将下降 10%，高于根据国家“十二五”节能减排指标所推算的结果，因此按此规划目标可以达到国家相关指标的要求。

3.2.3 非化石能源发电量比例中长期预警监测

（一）“十二五”期间江苏电源规划

“十二五”期间，江苏省将继续稳步推进电源建设，目前已核准或已获“路条”的电源项目如表 3-26 所示。

表 3-26 江苏“十二五”已核准或已获“路条”电源项目投产计划

单位：万千瓦

		火电	核电	抽水蓄能	风电	光伏	生物质
2011 年		518	0	0	16	30	8.15
2012 年	上半年	62	0	0	76	10	22.7
	下半年	198	0	0	22	2	19.6
2013 年	上半年	258	0	0	45	0	0
	下半年	246.5	0	0	10	0	0
2014 年		78	0	0	35	0	0
2015 年		0	0	0	0	0	0

上表为目前已核准或有路条的统调机组投产情况表，而预计江苏省“十二五”期间将有较大电力缺口，电源建设还将大力推进。

江苏省煤炭、油气、水能等常规能源资源贫乏，煤炭保有储量仅约占全国 0.46%，人均仅为全国平均水平的 1/5；江苏石油探明地质储量仅占全国的 0.2%；虽然境内河流纵横、湖泊密布，但大部分地势平坦，水能资源总量仅占全国的 0.034%；风能资源比较丰富，内陆及沿海地区风电技术可开发量约为 3000MW，近海技术可开发量约为 18000MW；太阳能资源在全国属于中等水平，苏南苏北均属于太阳能资源可利用区；生物质能资源种类繁多，按

热值折算总量接近 2000 万吨标准煤。

“十二五”期间，江苏省电源规划如下：

1. 非化石能源：

(1) 核电规划。“十二五”期间，大力推进江苏核电建设，力争建成田湾核电三期 200 万千瓦核电机组，抓紧推进田湾核电二期 200 万千瓦核电机组各项前期工作，争取早日开工。同时，加快推进田湾第二核电站和内陆核电站各项前期工作，积极落实各项外部条件，为早日开工做好准备。到 2015 年，力争核电规模达到 400 万千瓦，同时 600 万千瓦在建并结转至“十三五”投运。

(2) 风电规划。“十二五”期间，贯彻落实江苏沿海开发战略与规划，在继续推进陆地风电建设的基础上，重点加快潮间带和近海风电项目开发，加快沿海千万千瓦级风电基地建设。到 2015 年，争取全省风电规模达到 690 万千瓦以上，其中陆地约 300 万千瓦，潮间带约 300 万千瓦，近海约 90 万千瓦。

(3) 太阳能发电规划。继续推进太阳能屋顶计划。各大城市中结合建筑物开展屋顶及建筑一体化太阳能光伏发电建设。争取到 2015 年太阳能光伏发电达到 100 万千瓦，同时推进太阳能热发电的研究与前期工作。

(4) 生物质能发电规划。结合城市规划和农作物生产情况在各地适当布置生物质发电，争取到 2015 年生物质发电达到 100 万千瓦，其中垃圾焚烧或填埋气发电 50 万千瓦，农作物直接燃烧或气化发电 50 万千瓦。

2. 化石能源规划

(1) 抽水蓄能电站规划。做好溧阳伍圆山抽水蓄能（150 万千瓦）建设工作，并于“十三五”初期投产，加快马山（70 万千瓦）和句容抽水蓄能电站（135 万千瓦）相关前期工作，争取“十二五”期间开工并结转至“十三五”投产。“十二五”期间，江苏抽蓄电站容量没有变化。

(2) 火电规划。目前，全省已上报国家核准、获得路条，以及正在编制“上大压小”实施方案的项目容量接近 2000 万千瓦。南热、华能金陵、谏壁、新海、射阳港等“上大压小”项目的第一台机组已核准或已获“路条”，其公用系统已具有较好基础。其第二台机组的建设具有投资省、工期短等优势，适合作为“十二五”期间优先考虑开发的燃煤机组项目。以上机组容量共计 420 万千瓦。

“十二五”期间，结合国家“川气东送”和“西气东输”二号线两项工程以及如东 LNG 接受站工程，主要在苏南地区建设一批燃气—蒸汽联合循环工程，满足当地对电力和热力的需求，改善地区环境质量。到 2015 年，在落实气源的基础上，争取燃机规模超过 1200 万千瓦，同时，结合盐城、连云港 LNG 工程前期工作情况和长江以北地区电力负荷发展情况，在苏中、苏北地区适当规划天然气发电项目。

通过“十二五”期间电源建设，燃煤发电比例将继续下降，水电、核电、风电等清洁能源发电比例逐步上升，电源结构进一步优化。综上所述，可预测江苏“十二五”期间发电机组投产情况，如表 3-27 所示。

表 3-27 江苏“十二五”电源发展规划

单位：万千瓦

		火电	核电	抽水蓄能	风电	光伏	生物质
2011	上	170	0	0	16	0.4	2
	下	348	0	0	0	30	6.2
2012	上	62	0	0	76	10	22.7
	下	198	0	0	22	2	19.6
2013	上	258	0	0	60	8	0
	下	247	0	0	60	8	0
2014	上	150	0	0	80	8	0
	下	150	0	0	80	8	0
2015	上	150	0	0	80	8	0
	下	150	0	0	80	8	0

(二) “十二五”期间区外来电规划

由于江苏能源资源、运输条件及环境容量对发展本地电源的约束日益显现，“十二五”期间区外来电将成为满足江苏省新增电力需求的重要组成部分，是江苏“十二五”期间应优先考虑和发展的电力资源。

1.区外来电现状。目前江苏拥有的区外来电主要包括：山西阳城 330 万千瓦、三峡送电 202 万千瓦、华东网内直属协议送电约 270 万千瓦（秦山核电、天荒坪抽蓄等），合计约 800 万千瓦。

2.区外来电规划。我国能源资源与需求呈逆向分布，2/3 以上的经济可开发水能资源分布在四川、西藏、云南，2/3 以上煤炭资源分布在山西、陕西和内蒙。“十二五”期间，主要以西南水电和“三西”（山西、陕西、蒙西）煤电为重点，加快区外来电建设，为江苏省引入充沛的区外电力，减轻常规能源运输压力。预计“十二五”期间江苏能够实现新增区外来电规模包括：

(1) 非化石能源

1) 向家坝—上海±800 千伏直流分电。“十一五”已落实 50 万千瓦，“十二五”期间再新增 110 万千瓦，2015 年达到 160 万千瓦。

2) 锦屏—苏州±800 千伏直流分电。2012 年起可分电 270 万千瓦。

3) 葛沪增容工程。可分电江苏 84 万千瓦。

(2) 化石能源

1) 宁东/锡盟火电直流工程。2015 年达到 300 万千瓦。

2) 蒙西赤峰火电直流。2015 年初期规模达到 200 万千瓦，“十三五”期间达到 530 万千瓦。

3) 山西、陕西等地交流特高压来电 700 万千瓦。

4) 皖电东送特高压来电 100 万千瓦。

(三) “十二五”期间江苏非化石能源发电量比例预测

计算“十二五”时期每年非化石能源发电量比例，可采用装机容量乘以年利用小时数来估算。2015 年非化石能源总发电量计算公式为

$$Q_{2015\text{非化石总}} = \sum_{\text{非化石}} (K_{\text{现有}} + K_{\text{新增}}) \times T \quad (3-4)$$

式中： $K_{\text{现有}}$ ——截至 2010 年非化石能源发电装机规模；

$K_{\text{新增}}$ ——截至 2015 年非化石能源发电新增装机规模；

T ——非化石能源发电机组年利用小时数。

同理，2015 年总发电量计算公式为

$$Q_{2015\text{总}} = \sum_{\text{总}} (K_{\text{现有}} + K_{\text{新增}}) \times T \quad (3-5)$$

式中： $K_{\text{现有}}$ ——截至 2010 年总装机规模；

$K_{\text{新增}}$ ——截至 2015 年新增装机规模；

T ——发电机组年利用小时数。

由此可以得到 2015 年非化石能源发电量占总发电量比重，并可检验是否达到目标值。

其中，“十二五”时期各类能源发电年利用小时数见附录。

表 3-28 江苏“十二五”各类能源新增装机容量

单位：万千瓦

类型 年份	火电	核电	抽水蓄能	风电	光伏	生物质	区外来电 (水电)	区外来电 (风电)	区外来电 (火电)
2011	229	0	0	11	10	3	30	0	0
2012	107	0	0	58	7	22	100	0	0
2013	254	0	0	60	8	0	150	0	230
2014	150	0	0	80	8	0	130	0	370
2015	150	0	0	80	8	0	0	250	250

综上所述，江苏省“十二五”期间装机容量情况，如表 3-29 所示。

表 3-29 江苏“十二五”各类能源装机容量

单位：万千瓦

年份 \ 类型	火电	核电	抽水蓄能	风电	水电	光伏	生物质
2011	6445	258	175	148	269	19	64
2012	6791	258	175	211	369	47	91
2013	7428	258	175	311	519	59	112
2014	8199	258	175	451	649	75	112
2015	8749	258	175	861	649	100	112

注：以上各类装机均已考虑区外来电；计及“十二五”期间江苏关停 100 万千瓦小火电。

将各类机组装机容量分别乘以年利用小时数（表 A.2），即可得各类机组发电量情况，如表 3-30 所示。

表 3-30 江苏“十二五”各类能源发电量

单位：亿千瓦时

年份 \ 类型	火电	核电	抽水蓄能	风电	水电	光伏	生物质
2011	3545	194	21	27	81	2	39
2012	3735	194	21	38	111	6	55
2013	4086	194	21	56	156	7	67
2014	4509	194	21	81	195	9	67
2015	4812	194	21	155	195	12	67

由此可得，“十二五”时期各年度非化石能源发电量比例，如表 3-31 所示。

表 3-31 江苏“十二五”非化石能源发电量比例

年份 \ 内容	非化石能源发电量比例
2011	8.77%
2012	9.71%
2013	10.46%
2014	10.76%
2015	11.42%

由 2.3.3 节所选取满意值及不允许值，可对由“十二五”电源规划得到的非化石能源发电量比例进行评估。

表 3-32 江苏“十二五”非化石能源发电量比例功效系数及其警度

年份 \ 预警	满意值	不允许值	功效系数	警度
2011	9.94%	9.32%	43.39	红色
2012	10.37%	8.77%	53.95	红色
2013	11.53%	9.71%	72.33	黄色
2014	12.82%	10.46%	52.09	红色
2015	15.17%	10.76%	52.13	红色

预警结果如下所示：

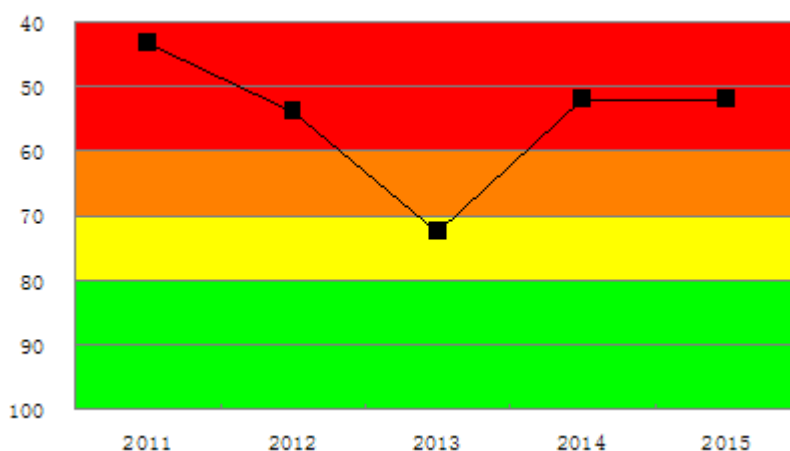


图 3-6 非化石能源发电量比例功效系数及其对应警度

受能源资源分布特点影响，江苏省电源结构调整难度较大。由图 3-6 可见，按照目前电源规划情况，“十二五”末，江苏省非化石能源发电量比例不能完成相关目标值。

3.2.4 单位 GDP 电力碳排放中长期预警监测

设 2010 年化石能源发电量为 x_H ，“十二五”期间年均增长率为 w_1 ；2010 年非化石能源发电量为 x_{FH} ，“十二五”期间年增长率为 w_2 ；2010 年总发电量为 $x_{FD}=x_H+x_{FH}$ ，“十二五”期间年增长率为 w ；2010 年 GDP 为 y_{GDP} ，“十二五”期间年增长率为 s 。

$$\frac{(1+w)^5 * x_{FD}}{(1+s)^5 * y_{GDP}} = t * \frac{x_{FD}}{y_{GDP}} \quad (3-6)$$

$$\frac{(1+w_1)^5 * x_H + (1+w_2)^5 * x_{FH}}{(1+w)^5 * x_{FD}} = 1 \quad (3-7)$$

由 2.3.3 节推导可知，2015 年非化石能源发电量占总发电量的比例：

$\frac{(1+w_2)^5 * x_{FH}}{(1+w)^5 * x_{FD}} = 11.64\%$ ，则 2015 年化石能源发电占总发电量的比例：

$$\frac{(1+w_1)^5 * x_H}{(1+w)^5 * x_{FD}} = 88.36\%。$$

2015 年电力碳排放强度：

$$\frac{(1+w_1)^5 * x_H}{(1+s)^5 * y_{GDP}} = \frac{(1+w_1)^5 * x_H}{(1+w)^5 * x_{FD}} * \frac{(1+w)^5 * x_{FD}}{(1+s)^5 * y_{GDP}} = 88.36\% * t * \frac{x_{FD}}{y_{GDP}} = 88.36\% * t * \frac{x_{FD}}{x_H} * \frac{x_H}{y_{GDP}} \quad (3-8)$$

根据江苏十二五电力规划，单位 GDP 电耗下降 10%，因此 $t=90\%$ ，2010 年总发电量与化石发电量的比例 $\frac{x_{FD}}{x_H} = 106.64\%$ ，则 2015 年电力碳强度较 2010 年下降 15.2%，距国家指标

要求还有一定差距。

3.2.5 主要污染物排放总量中长期预警监测

1.“十二五”江苏电力行业二氧化硫总量减排中长期预警

首先采用宏观测算法对“十二五”期间电力行业二氧化硫新增量进行测算，公式如下：

$$E_{\text{电力SO}_2} = M_{\text{电增}} \times S \times 1.7 \times (1 - \eta)$$

(3-9)

式中： $M_{\text{电增}}$ ——“十二五”期间电力行业煤炭消费增量。政府相关部门预测江苏省“十二五”电力（含热电）煤炭新增量为 4052 万吨； S ——燃煤机组的煤炭平均硫分，2009 年江苏省火电机组燃煤平均硫分为 0.64%； η ——综合脱硫效率（%），取 90%。

根据上述公式和数据计算得到：江苏省“十二五”电力行业 SO_2 新增排放量为 4.41 万吨。

“十二五”期间，江苏电力行业将采用以下措施减少二氧化硫排放。

(1) 新建脱硫设施

燃煤发电机组新建脱硫设施，以 2010 年燃煤机组的 SO_2 排放量为排放基数，根据脱硫工程的综合脱硫效率计算 SO_2 削减量，计算公式如下：

$$R_{\text{脱硫工程}} = E_0 \times \eta \quad (3-10)$$

式中： $R_{\text{脱硫工程}}$ ——新建脱硫设施的 SO_2 削减量，吨/年； E_0 ——该机组 2010 年的 SO_2 排

放基数，吨； η ——综合脱硫效率，%。江苏省目前大型火电机组均已经安装脱硫设施，尚未建设脱硫设施的均为热电机组或自备电厂，综合脱硫效率按照 80%取值。

根据 2010 年江苏省电力全口径数据，全省尚未建设脱硫设施的燃煤机组有 10 个，二氧化硫排放量为 0.59 万吨。这些燃煤发电机组新建脱硫设施后，可削减 SO_2 排放量 0.47 万吨。

(2) 200MW 以上机组的脱硫设施改造工程和管理减排

全面系统梳理江苏省各电厂 200MW 以上机组的综合脱硫效率，并进行提标改造，按照 2010 年排放基数与提高治理效率后的排放量差值计算 SO_2 削减量：

$$R_{\text{改造工程}} = E_0 \times (\eta - \eta_0) \quad (3-11)$$

式中： $R_{\text{改造工程}}$ ——已投运脱硫设施改造工程的 SO_2 削减量，吨/年； η ——改造后的综合脱硫效率，%。200MW 以上火电机组通过改造脱硫设施、取消烟气旁路等措施，使综合脱硫效率提高至 90%； η_0 ——2010 年的综合脱硫效率，%。

根据 2010 年江苏省电力全口径数据，全省 200MW 以上发电机组的二氧化硫排放量为 28.01 万吨。这些发电机组通过改造脱硫设施、取消烟气旁路等措施将综合脱硫效率提高至 90%后，可削减 SO_2 排放量 10.96 万吨。

(3) 200MW 以下机组的脱硫设施改造工程和管理减排

全面系统梳理江苏省各电厂 200MW 以下机组的综合脱硫效率，进行提标改造和加强管理，按照 2010 年排放基数与提高治理效率后的排放量差值计算 SO_2 削减量：

$$R_{\text{改造工程}} = E_0 \times (\eta - \eta_0) \quad (3-12)$$

式中： $R_{\text{改造工程}}$ ——已投运脱硫设施改造工程的 SO_2 削减量，吨/年； η ——改造后的综合脱硫效率，%。200MW 以下机组经改造脱硫设施和加强管理后，将脱硫效率提高至 80%。 η_0 ——2010 年的综合脱硫效率，%。

根据 2010 年江苏省电力全口径数据，全省共有 126 个 200MW 以下发电机组需要对脱硫设施进行技术改造和加强管理。如果这些机组“十二五”期间全部完成技术改造，可削减 SO_2 排放量 7.46 万吨。

(4) 结构减排

江苏 200MW 以下的发电机组目前共有 327 个，其二氧化硫排放量为 14.16 万吨。假定“十二五”期间淘汰 1/3，则江苏省电力行业结构减排的二氧化硫减排潜力为 4.72 万吨。

结构减排和工程减排，存在部分二氧化硫减排潜力出现重复计算。假定该重复计算部分为 200MW 以下发电机组工程减排潜力的 1/3，则为 2.64 万吨。

(5) 电力企业 SO_2 减排潜力小结

根据上述分析，“十二五”期间电力行业 SO₂ 新增排放量为 4.41 万吨，通过实施相关措施，“十二五”期间江苏省电力行业二氧化硫减排潜力合计为 20.97 万吨。2010 年江苏省电力全口径数据，全省电力二氧化硫排放总量为 60 万吨，通过实施相关措施能够减排 20.97 万吨二氧化硫，则每年大约能够减排 1.89%，与所要达到的设定目标（每年下降 3.15%）有一定差距。

2.“十二五”江苏省电力行业氮氧化物总量减排中长期预警

首先采用单位燃煤量的排污系数法对“十二五”期间电力行业氮氧化物新增量进行测算，公式如下：

$$E_{\text{电力NO}_x} = M_{\text{电增}} \times ef_{\text{电力NO}_x} \times 10^{-3} \quad (3-13)$$

式中： $ef_{\text{电力NO}_x}$ ——电力行业单位燃煤量的 NO_x 排污系数，按照《“十二五”主要污染物总量控制规划编制技术指南》取 1.72 千克 NO_x/吨煤，江苏省“十二五”电力行业（含热电）新增煤炭消费量为 4052 万吨。

根据上述公式和数据计算得到：江苏省“十二五”电力行业 NO_x 新增排放量为 6.97 万吨。“十二五”期间，江苏电力行业将采用以下措施减少氮氧化物排放。

（1）电力行业低氮燃烧改造及烟气脱硝工程

200MW 以上发发电机组全部采用低氮燃烧技术或安装烟气脱硝设施，以 2010 年发电机组 NO_x 排放量作为排放基数。考虑江苏省 200MW 以上发电机组在“十二五”既全部进行低氮燃烧改造，又安装烟气脱硝设施（采用 SCR 脱硝工艺或 SNCR 脱硝工艺），综合脱硝效率将达到 70%。

对 2010 年电力全口径数据进行计算，江苏省 200MW 以上发电机组脱硝改造后可削减 NO_x 排放量 22.19 万吨。

（2）电力行业监管减排

对江苏省发电机组现有脱硝设施加强监管，脱硝率可从 40%提高至 70%。江苏省现有 10 个发电机组已建有脱硝设施，目前脱硝率为 40%，“十二五”期间开展监管减排，将脱硝率提高至 70%，可减少 NO_x 排放 2.41 万吨。

（3）结构减排

江苏省 200MW 以下的发电机组目前共有 327 个，其氮氧化物（NO_x）排放量为 26.30 万吨。假定“十二五”期间淘汰 1/3，则江苏省电力行业结构减排的氮氧化物减排潜力为 8.77 万吨。

（4）电力企业 NO_x 减排潜力小结

根据上述分析，整个“十二五”期间电力行业 NO_x 新增排放量为 6.97 万吨，通过实施相关措施，“十二五”期间江苏省电力行业氮氧化物减排潜力合计为 33.37 万吨。2010 年江苏省电力全口径数据，全省电力氮氧化物排放总量为 58 万吨，（200MW 以下机组氮氧化物排放量为 26.30 万吨，200MW 以上机组通过提高脱硝效率到 70%可减排 22.19 万吨，根据现有脱硝效率为 0，计算 200MW 以上机组氮氧化物排放量为 31.7 万吨），通过实施相关措施能够减排 33.37 万吨氮氧化物，则每年大约能够减排 3.17%，与所要达到的设定目标（“十二五”规划期间氮氧化物排放总量下降 17.5%，即每年下降 3.77%）有一定距离。

第四章 江苏电力节能减排监管

国家电监会高度重视电力行业节能减排工作，近年来，电力监管机构采取多种措施，切实保证国家节能减排政策落到实处。市场管理方面，加强对市场交易行为的监管，严把市场准入关，积极推进发电权交易，推动淘汰高污染、高能耗发电机组；“上大压小”方面，对到期应实施关停的小火电机组，及时撤销电力业务许可证；监管手段方面，大力推进火电机组脱硫（硝）在线监测系统的建设，实现与电力监管机构信息平台的联网，确保脱硫（硝）设施的投运以及稳定、达标运行，并对电力企业报送数据的真实性、准确性进行核查，适时编制发布相关信息；监督检查方面，会同有关部门严格检查可再生能源电量全额收购、差别电价、脱硫电价等政策执行情况，以及各地自行出台的优惠电价情况，促进电力行业节能减排工作目标的实现。各项措施的贯彻执行有效促进了电力行业节能减排工作开展，“十二五”期间，节能减排任务更重，要求更高，电力监管机构的责任也更重。

4.1 电力节能减排监管指标

4.1.1 发电指标

（1）供电煤耗

煤耗率指标是火力发电机组燃烧转化效率以及发电生产环节能效的主要标志，也是实现“单位 GDP 电耗”、“单位产值二氧化碳排放强度”等约束性指标的重要基础。

从统计上，煤耗率一般表达为“标准煤耗率”，即将不同发热量的各种煤统一折算成发热量为 29308kJ/kg 的“标准煤”后算得的煤耗率。

从使用上，煤耗率一般可以表达为“发电煤耗”、“供电煤耗”及“发供电煤耗差”等形式。其中，“发电煤耗”以发电机组为参考点，是发电机组耗用煤炭与产出电量的比值；而“供电煤耗”以发电厂为参照点，是整个电厂耗用煤炭与产出电力的比值，是按照电厂最终产品（供电量）计算的消耗指标。显然，“供电煤耗”在数值上大于“发电煤耗”，因为它不仅包含发电机组生产电力的一次能源损耗，而且包括发电厂整个生产过程的能量损耗，甚至包括管理区、生活区乃至其他附属区域的能耗。而“发供电煤耗差”，顾名思义为“供电煤耗”高于“发电煤耗”的差值，在一定程度上可以反映发电厂管理水平，类似“厂用电”指标。

与煤耗率有关的比较常见的电力技术经济指标还有“火电厂热效率”，即火电厂输出能量与所消耗燃料发热量及其他输入能量之比。煤耗率与电厂的热效率有关，热效率越高，煤耗

率就越低。

目前，江苏火电厂的热效率已经达到发达国家平均水平，但依然难以达到日本、德国40%左右的高水平，其中一个重要原因就在于火力发电结构的差异。根据国际能源署（IEA）统计，目前全世界煤电平均发电效率为34%，油电为37%，气电为40%，折算为煤耗分别为煤电机组361克/千瓦时、油电机组332克/千瓦时、气电机组307克/千瓦时（世界平均）。我省火力发电机组构成中，燃煤机组比例通常在95%以上，燃烧效率相对较高的石油、天然气发电机组比重较低。因此，在选取煤耗率指标时将供电煤耗作为衡量江苏省发电环节能效水平的最重要指标之一。

（2）厂用电率

厂用电率，即电厂供电量与发电量的差与发电量之比值，表明发电厂内部消耗电量占全部发电量的比例。这是衡量发电环节生产效率的最重要指标。

该指标是电厂管理效率的标志，也是实现“单位GDP能耗”、“单位产值二氧化碳排放强度”等约束性指标的重要基础。

厂用电率从数量上虽然并不很大，但所含的内容却很多。厂用电率有广义厂用电率和狭义厂用电率之分。其中广义厂用电率又称为“综合厂用电率”，包括“生产性厂用电率”以及“非生产性厂用电率”；狭义厂用电率则只包括“生产性厂用电率”。

“生产性厂用电率”，仅仅指发电生产过程中设备设施消耗的电量占发电量的比例。以火电厂为例，生产性厂用电主要包括事故保安负荷、锅炉负荷、汽轮机负荷、电气及公共负荷、输煤负荷、出灰负荷、厂外水工负荷、辅助车间负荷等。根据厂用设备对发电厂运行所起的作用及供电中断对人身及设备所产生的影响大小，一般可分为保安负荷，I类负荷、II类负荷等三个等级。

“综合厂用电率”将发电厂“供电量”统计分界点以内所消耗的全部电量均算进“厂用电”，既包括生产性厂用电也包括非生产性厂用电。

（3）清洁能源发电量比例

随着煤炭资源的日益短缺以及环境问题日益严重，可以替代煤炭的新能源越来越受到重视。清洁能源不仅可以解决化石能源的短缺，而且对环境造成的污染很小，是未来电力发展的方向。清洁能源主要包括核能、天然气、水能、风能、太阳能、生物质能等。

江苏由于地理位置的限制可开发的水电资源有限，全省主要依靠火力发电，燃煤机组比重高，清洁能源比例低，因此应进一步推动能源结构多元化，积极发展核电和可再生能源等清洁能源。

4.1.2 输配电指标

输配电环节是实现电能从发电厂到用户传输和分配的中间环节。电网线损率是衡量输配电领域节能减排能力的一个主要指标。

电网企业的任务是将电能从发电厂输送到各工业、农业、居民等电力、照明用户去使用。电能是通过各级升压变压器、各级输电线路、各级降压变压器来输送的。在输送和分配（变压）电能过程中，电力网中各个元件所产生的功率损失和电能损失以及其他损失，统称为线路损失（供电损失），简称线损。线损电量包括从发电厂主变压器一次侧（不包括厂用电）至用户电能表上的所有电能损失。线损电量占供电量的百分比称为线路损失率，简称线损率。

$$\text{线损率} = (\text{线损电量} / \text{供电量}) * 100\% = (\text{供电量} - \text{售电量}) / \text{供电量} * 100\%$$

电网线损率反映了电网企业的网架结构优化水平以及运营管理水平,也是国家考核电力部门的一项重要经济技术指标,所以采用和推广新技术、强化线损管理、降低电网损耗,对节能减排具有非常重要的意义。

4.1.3 用电指标

用电领域是电力分配的终端环节,用电环节的节能成效对于电力行业完成节能减排任务至关重要。单位 GDP 电耗、工业用电量占比、产品单耗、电力消费弹性系数等都是评价用电环节节能减排的重要指标。

(1) 单位 GDP 电耗。单位 GDP 电耗是指一定时期内,一个地区每生产一个单位的国内生产总值所消耗的电力,是用电侧最具代表性的指标之一。因此,可选择单位 GDP 电耗作为用电侧的监管指标之一。

(2) 电力消费弹性系数。电力消费弹性系数是指一段时间内电力消费增长速度与国民生产总值增长速度的比值,用以评价电力与经济发展之间的总体关系,可用来从宏观角度调控电力与国民经济发展之间的关系。

(3) 产品用电单耗。产品用电单耗是某一产品的单位产值耗电量,是对 GDP 电耗的细化。由于目前江苏缺乏及时准确的产品单耗统计数据,因此本报告暂不考虑该指标。

综上所述,选取单位 GDP 电耗和电力消费弹性系数作为用电环节的监管指标。

4.2 江苏电力节能减排主要监管指标国内外比较

4.2.1 发电指标

4.2.1.1 供电煤耗

1 江苏省基本情况

2010 年江苏省所有火电机组平均供电煤耗为 321 克/千瓦时,10 万千瓦以上火电机组平

均供电煤耗 313 克/千瓦时，较 2009 年下降 2.7 克/千瓦时，年节约标煤约 70 万吨。

表 4-1 “十一五”江苏省火电机组及 10 万千瓦以上火电机组平均供电煤耗情况

单位：克/千瓦时

	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
各类平均	354	338	331	330	321
10 万千瓦以上平均	351.5	336.1	322.2	315.7	313

全省 60 万千瓦及以上燃煤发电机组平均供电煤耗为 305.34 克/千瓦时，其中性能最好的为国电泰州电厂 1 号机组，供电煤耗为 293.15 克/千瓦时。60 万千瓦等级中性能指标最好的为大唐吕四电厂 3 号机组，供电煤耗为 297.86 克/千瓦时。30 万千瓦级别机组中华能南通电厂 3 号机组供电煤耗最低，为 309.98 克/千瓦时。10 万千瓦等级的燃煤机组中宜兴协联电厂 5、6 号机组供电煤耗最低，均为 295.83 克/千瓦时。

表 4-2 2010 年江苏 12.5 万千瓦以上火力发电机组主要指标汇总表

类型	机组(台)	装机容量(万千瓦)	发电量(亿千瓦时)	利用小时(小时)	厂用电率(%)	供电煤耗(克/千瓦时)
60 万千瓦及以上机组	33	2252	1262.26	6358	4.95	305.34
燃机	8	313	98.28	3140	2.22	227.66
30 万至 60 万千瓦机组	53	1745.4	1045.78	5868	5.54	324.36
12.5 至 30 万千瓦机组	27	389.25	172.39	4429	8.41	340.22

2 全国其他省市情况

“十一五”期间我国供电煤耗指标见表 3-3，表明近年来我国“供电煤耗”指标总体呈现持续下降的态势，节能降耗效果显著，初步估计 1978~2009 年通过供电煤耗下降措施电力行业减少约 3.4 亿吨标准煤，拉动全国总能耗消费下降大约 9.95 个百分点。

“十一五”期间我国供电煤耗下降的主要原因为小火电机组关停及大容量高效机组大量投产。通过保持机组良好工况，我国不同单机规模燃煤机组的煤耗水平有显著降低。亚临界机组已经达到国际先进水平，超临界机组、超超临界机组与国际先进水平的差距也在不断缩小。2009 年我国燃煤机组单机规模与供电煤耗的关系如下表所示，单机容量越大、机组参数越高则供电煤耗越低。2010 年与 2005 年相比，全国 30 万千瓦及以上火电机组占火电装机比重由 47%上升到 71%，火电机组单机容量由“十五”末的 6.2 万千瓦提高到“十一五”末的

10.9 万千瓦。

表 4-3 2009 年我国燃煤机组不同单机规模煤耗率及与国际先进水平差距

单机容量（万千瓦）	亚临界机组			超临界机组	超超临界机组
	10~20	20~30	30~60	60~100	100
供电煤耗（克/千瓦时）	363	352	330	319	293
发电煤耗（克/千瓦时）	329	323	310	302	280
发电煤耗国际参考先进值	410	323		300~279	256~216

注：数据来源于中国电力企业联合会

通过江苏省机组参数与全国平均水平的比较发现，江苏供电煤耗指标处于国内中上游水平，但通过与华东四省一市的指标比较发现，江苏供电煤耗水平经常处于最高位。因为供电煤耗指标与大机组比例、单机煤耗水平、企业节能管理等紧密联系，而与地域分布的关系不大，不同地区具有一定的可比性，所以江苏供电煤耗指标还具有一定的下降空间。

表 4-4 2006~2010 年华东及各省市平均供电煤耗情况

单位：克/千瓦时

	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年 (10 万千瓦以上)
华东	350	337.6	332	326	312
江苏	354	338	331	330	313
上海	338	329	328	324	309
浙江	349	335	326	324	310
安徽	357	348	337	327	322
福建	352	332	326	320	308

注：华东区域数据和各省数据来源于《华东区域电力行业节能减排监管报告》，统计口径是华东区域常规燃煤机组。

3 国际基本情况

上世纪 90 年代至今，世界主要国家供电煤耗总体呈缓慢下降态势，其中日本、德国等发达国家供电煤耗已下降至 300 克/千瓦时以下。1990~2006 年世界主要国家供电煤耗见表 4-5。

表 4-5 1990-2006 年世界主要国家供电煤耗

单位：克/千瓦时

年份 \ 国家	日本	美国	英国	澳大利亚	俄罗斯
1990	331	398	362	356	325
1995	330	368	339	346	312
2000	316	369	339	370	341
2001	301	366	343	367	338
2002	300	360	338	368	337
2003	299	359	337	379	336
2004	300	359	339	363	334
2005	300	361	342	360	333
2006	312	356	338	360	333

注：数据来源于国际能源署（IEA）

4 指标评价

（1）供电煤耗满意值

供电煤耗满意值取国际先进水平。

（2）供电煤耗不允许值

此处选取 2010 年全国供电煤耗的平均值作为电力节能减排绿色发展评价的不允许值，即 335 克/千瓦时。

表 4-6 供电煤耗的满意值和不允许值

	满意值	不允许值
供电煤耗（克/千瓦时）	317	335

2010 年，江苏省供电煤耗 321 克/千瓦时，可计算得，

$$\text{供电煤耗功效系数} = \frac{335 - 321}{335 - 317} \times 40 + 60 = 91.1$$

4.2.1.2 厂用电率

1. 江苏省基本情况

2010 年，江苏常规燃煤电厂平均厂用电率为 5.31%。其中，厂用电率最低的是华能南通电厂 3 号机组，为 3.73%，厂用电率最高的是江苏上电三菱电厂 8 号机组，为 11.02%。

表 4-7 2010 年江苏各发电集团厂用电率情况

发电集团	大唐	华能	国电	华电	华润	中电投	国信	国华	新力	三吉利	其他
厂用电率 (%)	5.48	4.87	5.54	4.8	5.39	5.67	5.47	5.39	5.05	4.14	6.64

2. 全国其他省市情况

上世纪 90 年代以来,随着发电企业管理水平和技术水平综合提高,我国厂用电率总体呈现下降态势。一方面由于 2002 年厂网分开,在发电侧引入竞争,厂用电率这个综合经营指标的优劣关系到发电企业的经济效益,发电企业的经营压力促进了厂用电率的降低;另一方面,“上大压小”等措施显著提高了火电机组单机规模,为降低厂用电率发挥了重要作用。

表 4-8 “十一五”以来我国不同类型燃煤机组厂用电率水平

单位: %

年份 \ 类型	超高压机组		亚临界机组			超临界机组	超超临界机组
	0.6~5 万千瓦	5~10 万千瓦	10~20 万千瓦	20~30 万千瓦	30~60 万千瓦	60~100 万千瓦	100 万千瓦
2009 年	8.15	7.81	8.62	8.46	6.61	5.57	4.55
2008 年	8.80	8.49	8.37	8.27	6.00	5.66	4.99
2007 年	8.04	8.44	8.32	7.94	5.78	5.41	
2006 年	9.24		8.26	7.87	5.66	4.94	

注:数据来源于中国电力企业联合会

将江苏火电企业厂用电率与全国平均水平比较发现,江苏厂用电率指标处于国内中上游水平。2006~2010 年华东区域各省市燃煤电厂厂用电率情况如表 4-9 所示。

表 4-9 2006~2010 年华东及各省市燃煤电厂厂用电率情况

单位: %

	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
华东		6.4	5.87	5.3	5.02
上海	4.98	4.72	4.88	5.0	4.98
江苏	5.72	5.55	5.51	5.1	5.31
浙江	5.83	5.83	5.77	5.5	5.13
安徽	6.12	5.92	5.72	5.4	5.3
福建	6.43	5.59	5.61	5.6	5.47

3. 国际情况

2007 年发达国家厂用电率情况如下表所示。美国、日本厂用电率水平在世界上处于领

先地位，分别为 3.66%、3.8%，韩国、法国的厂用电率为 4%~5%，德国、澳大利亚厂用电率最高，一直处在 6%以上。2010 年，江苏 10 万千瓦及以上常规火电机组平均厂用电率为 5.04%，参照韩国、法国厂用电率情况，江苏厂用电率仍有一定下降空间。

表 4-10 2007 年世界主要国家厂用电率与 2010 年江苏 10 万千瓦以上火电机组厂用电率

国家	日本	韩国	法国	美国	德国	澳大利亚	江苏
厂用电率 (%)	3.8	4.0	4.46	3.66	6.07	6.16	5.31

注：数据来源于国际能源署（IEA）

4. 指标评价

(1) 厂用电率满意值

江苏省厂用电率在全国处于较低水平，但与发达国家相比，未来仍有下降空间。

(2) 厂用电率不允许值

以全国 2010 年平均厂用电率水平作为不允许值，即 5.43%。

表 4-11 厂用电率的满意值和不允许值

	满意值	不允许值
厂用电率	3.98%	5.43%

2010 年，江苏省厂用电率 5.31%，可计算得，

$$\text{厂用电率功效系数} = \frac{5.43 - 5.31}{5.43 - 3.98} \times 40 + 60 = 70.7$$

4.2.1.3 清洁能源发电量比例

1. 江苏省基本情况

江苏是火电大省，其中，2010 年江苏省的燃煤机组发电量占比为 90%。清洁能源发电量虽然比例极小但发电类型较多，包括：核电、风电、光伏发电、生物质发电、水电、抽水蓄能以及天然气发电。表 4-12 为 2010 年江苏省清洁能源发电量比例，从中可以看出，江苏清洁能源主要为核电、天然气发电，同时还包括风电、生物质发电、水电、光伏发电等。“十二五”期间，江苏将继续降低一次能源消费中的煤炭比重。

表 4-12 2010 年江苏省清洁能源发电量比例

内容 类型	发电量/亿千瓦时	发电占比/%
核电	157.02	4.49%
风电	23	0.66%
光伏	0.25	0.0071%

生物质	38	0.71%
水电	1.06	0.03%
抽水蓄能	12.78	0.365%
天然气	116.56	3.33%

2. 我国其他省市情况

全国四大区域：华东、华北、华中和南方区域清洁能源发电比重如下表所示。

表 4-13 全国四个区域 2008 年各种能源发电量

地区 类型	华北		华中		南方		华东	
	发电量/ 亿千瓦时	发电 占比/%	发电量/ 亿千瓦 时	发电 占比/%	发电量/ 亿千瓦时	发电 占比/%	发电量/ 亿千瓦时	发电 占比/%
火电	8193	98.99	4048	62.18	3785	64.37	7007.36	90.18
核电					313	5.32	378.95	4.88
水电	43.2	0.52	2455	37.71	1774.6	30.18	348.80	4.49
风电	40.3	0.49			6.517	0.11	14.93	0.19
其他新能源			8	0.12			20.55	0.26
总发电量	8276.5		6510		5880		7770.59	

数据来源于各区域监管局相关电力监管报告。

从上表可以看出，华中和南方区域水电资源比较丰富，水电发电比重均在 30%以上，华北与华东的电力能源结构比较相似，发电结构以火电为主，水能资源匮乏，风电有较大的开发潜力，华北北部和华东沿海地区是全国的两大风带。

3. 国际基本情况

2007 年发达国家各能源发电量以及发电量占比的加权平均值如表 4-14 所示。

表 4-14 2007 年发达国家各种能源发电量及平均占比

单位：GWh

	加拿大	丹麦	西班牙	意大利	德国	法国	日本	美国	英国	韩国	平均 占比
燃煤发电	115749	19898	74389	49735	310562	28197	310796	2118455	138321	170704	37.88%
燃油发电	9846	1281	18508	35409	11084	6163	156275	78136	4692	25182	3.93%
天然气发电	40700	6913	92509	172646	72912	21987	289880	915196	164474	82360	21.11%
核电	93492	0	55103	0	140534	439730	263832	836634	63028	142937	23.10%
水电	368518	28	30807	38482	28458	63662	84234	275545	8948	5042	10.26%
风电	3024	7173	27509	4034	39713	4052	2624	34603	5274	376	1.46%
生物质能	8298	2099	2161	3746	21819	2008	15757	49543	8114	367	1.29%
垃圾发电	157	1760	1474	3208	8943	3506	7262	22110	3281	206	0.59%

地热发电	0	0	0	5569	0	0	3043	16798	0	0	0.29%
太阳能光伏发电	26	2	500	38	3075	16	8	16	11	71	0.04%
太阳能热发电	0	0	8	0	0	0	0	673	0	0	0.01%
潮汐能发电	31	0	0	0	0	519	0	0	0	0	0.01%
其他能源发电	0	0	324	1021	0	0	0	1147	0	72	0.03%

注：数据来源于国际能源署报告《Electricity Information 2007》

如上表所示，2007年发达国家平均燃煤发电占比只有37.88%，而江苏2010年的燃煤发电占比为90%。相对发达国家而言，目前江苏的能源结构比较单一，除了由于地理限制造成水电的潜力较小外，核电、天然气、风电等清洁能源仍有相当大的发展空间。

4. 指标评价

采用功效系数法对各项指标进行评估，需要选取满意值和不允许值。为与世界先进水平接轨，采用世界先进水平的清洁能源发电平均占比作为满意值；以2010年全国平均水平作为不允许值，要求不能落后于全国平均水平。各项清洁能源发电量比例的满意值和不允许值见表4-15。

表 4-15 清洁能源发电量比例的满意值和不允许值

	满意值	不允许值
清洁能源发电量比例	58.2%	19.7%

2010年，江苏省的清洁能源发电量比例为9.59%，可计算得，

$$\text{清洁能源发电量比例功效系数} = \frac{9.59\% - 19.7\%}{58.2\% - 19.7\%} \times 40 + 60 = 49.5$$

4.2.2 输配电指标

1. 江苏省基本情况

“十一五”期间，江苏电网线损率逐年降低，具体数据见表4-16。截至2010年底，江苏电网线损率为6.01%（国网口径）。

表 4-16 “十一五”期间江苏电网线损率

单位：%

	2007年	2008年	2009年	2010年
线损率	6.39	6.29	6.21	6.01

2. 我国其他省市情况

2010年全国电网线损率水平前十位省份及华东各省（市）的比较情况如图4-1所示。

其中，内蒙古、青海、宁夏、贵州由于售电结构的影响，同时大用户较多，采取大用户直供方式送电，送电电压等级高，线损率相对较低。

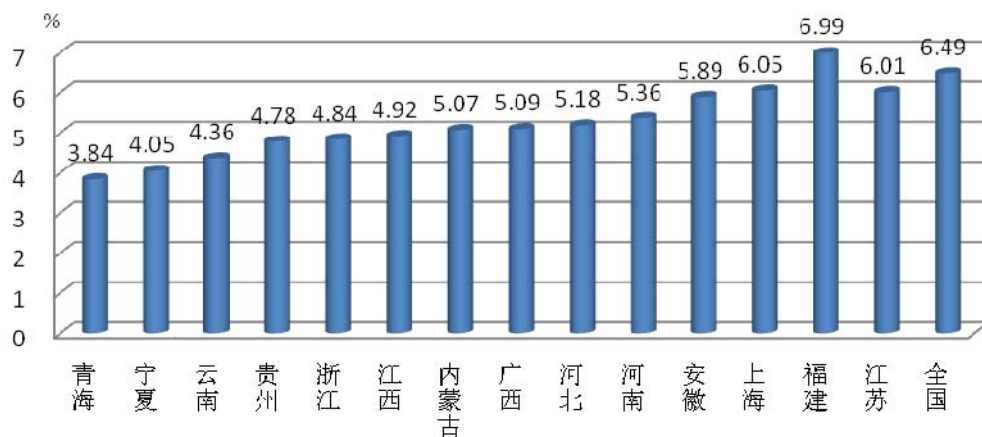


图 4-1 2010 年全国电网线损率水平较前省份与华东各省（市）的比较情况

3. 国际基本情况

发达国家 2005 年的电网线损率加权平均值和江苏省 2010 年的电网线损率如图 4-2 所示。其中韩国 2005 年的线损率仅为 3.69%，江苏线损率水平与世界先进水平相比有很大的差距。

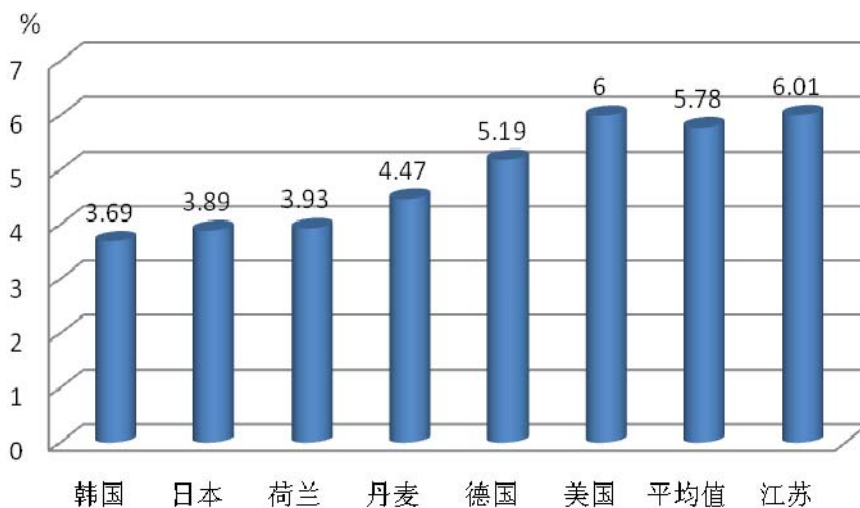


图 4-2 发达国家和江苏电网线损率情况

注：数据来源于国际能源署报告《Electricity Information 2007》。

4. 指标评价

采用世界先进水平的平均值作为满意值，2010 年全国的线损率值作为不允许值。线损率指标的满意值和不允许值见表 4-19。

表 4-17 线损率的满意值和不允许值

	满意值	不允许值
线损率	5.78%	6.49%

2010年,江苏省的线损率为6.01%,可计算得,

$$\text{线损率功效系数} = \frac{6.49\% - 6.01\%}{6.49\% - 5.78\%} \times 40 + 60 = 87$$

4.2.3 用电指标

4.2.3.1 单位 GDP 电耗

1. 江苏单位 GDP 电耗情况

单位 GDP 电耗一般用生产万元国内生产总值所消耗电量来衡量,该指标可以粗略地反映出一个国家集约式的增长能力和终端用电效率水平,是评价国家经济发展质量的重要指标。2010年,江苏省地区生产总值40903亿元(按照2005年可比价格计算约为35061.2亿元),全社会用电量3864亿千瓦时,2010年江苏省单位 GDP 电耗为1102.07千瓦时/万元。

随着技术的发展和产业结构的升级,“十一五”期间江苏单位 GDP 电耗整体呈下降趋势。自2005年起江苏单位 GDP 电耗情况如下表:

表 4-18 江苏单位 GDP 电耗情况

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010
单位 GDP 电耗 (千瓦时/万元)	1198.2	1221.2	1221.4	1149.4	1064.25	1102

2. 我国其他省市情况

全国及华东各省市近几年单位 GDP 电耗情况见表 4-19。

表 4-19 全国及华东各省市单位 GDP 电耗情况

单位: 千瓦时/万元

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010
全国	1358.5	1395.9	1420.7	1375.3	1338.9	1397
江苏	1198.2	1221.2	1221.4	1149.4	1064.3	1102
上海	1007.2	964.3	914.2	884.1	808.5	826
浙江	1222.2	1247.4	1247.0	1202.1	1176.5	1200
安徽	1082.9	1092.6	1116.4	1106.8	1088.8	1078
福建	1151.8	1149.8	1156.2	1098.6	1032.1	1053

3. 国际情况

由表 4-19 可见，“十一五”期间江苏省单位 GDP 电耗整体呈下降趋势，且在全国处于中等偏上水平，但与发达国家相比仍存在巨大差距。表 4-20 为 OECD 国家 2008 年单位 GDP 电耗情况。

表 4-20 主要 OECD 国家单位 GDP 电耗情况

国家	GDP (亿美元)	用电量 (亿千瓦时)	单位 GDP 电耗 (千瓦时/万元) (按购买 力平价汇率换算)	单位 GDP 电耗 (千瓦时/万元) (按市场汇率换算)
英国	22605	3446.691	385	225
意大利	19905	3145.262	400	233
西班牙	15125	2674.636	448	261
德国	30525	5444.674	451	263
法国	21785	4609.443	537	313
日本	43166	9638.522	565	329
澳大利亚	8487	2253.756	674	393
美国	142969	39064.43	692	403
韩国	13064	4020.485	780	455
加拿大	12959	5494.76	1074	626

本报告选取澳、加、法、德、意、日、韩、西、英、美等 10 个 OECD 国家，分析其电力消费特点，以把握江苏省工业化进程中电力消费的趋势。这 10 国的国内生产总值约占全世界的 70%，电力消费量约占全球 50%。同时，10 国的经济发展有先有后、有快有慢，处于不同的经济发展阶段，因此，无论是从横向的规模总量还是从纵向的发展历程来看，OECD10 国都具有很强的代表性。

4. 指标评价

该指标满意值可选取上述 OECD 十国单位 GDP 电耗的平均水平，即 0.256 千瓦时/美元（加权平均值），根据 2010 年人民币对美元 PPP（购买力平价）3.9465，折算出单位 GDP 电耗的满意值为 648.7 千瓦时/万元。以我国 2010 年指标值作为不允许值，即 1396.9 千瓦时/万元。

表 4-21 单位 GDP 电耗满意值及不允许值

	满意值	不允许值
单位 GDP 电耗 (千瓦时/万元)	648.7	1396.9

2010 年，江苏全社会用电量 3864 亿千瓦时，地区生产总值 40903 亿元，同比增长 12.6%，按照 2005 年可比值计算为 35061.2 亿元，单位 GDP 电耗为 1102.07 千瓦时/万元，可计算得，

$$\text{单位 GDP 电耗功效系数} = \frac{1396.9 - 1102.07}{1396.9 - 648.7} \times 40 + 60 = 75.8$$

4.2.3.2 电力消费弹性系数

1. 江苏省电力消费弹性系数情况

2010年,江苏地区生产总值增速12.6%,全社会用电量增速16.61%,则电力消费弹性系数为1.32。“十一五”期间江苏工业电力消费弹性系数见表4-22。

表 4-22 “十一五”江苏电力消费弹性系数

年份	地区生产总值增速	用电量增速	电力消费弹性系数
2006	14.9%	17.2%	1.15
2007	14.8%	14.9%	1.01
2008	12.5%	5.6%	0.45
2009	12.4%	6.3%	0.51
2010	12.6%	16.6%	1.32

2. 我国其他省市情况

能源经济理论认为,能源消费弹性系数和电力消费弹性系数的变化具有一定的规律性,一般在1上下波动,总体上是随着经济社会的发展和技术水平的提高而呈现下降的趋势。在工业经济发展的初期阶段,电力弹性系数大于1;当工业化发展到一定阶段时,由于经济结构的调整和能源利用效率的提高,逐渐接近1;当社会经济走向发达阶段时,科学管理进一步成熟,能耗不断下降,电力消费弹性系数慢慢趋向小于1。

表 4-23 “十一五”我国电力消费弹性系数

年份	GDP 增速	用电量增速	电力消费弹性系数
2006	12.7%	14.2%	1.12
2007	14.2%	14.4%	1.01
2008	8.6%	5.2%	0.60
2009	9.2%	6.0%	0.65
2010	10.3%	14.6%	1.42

3. 国际基本情况

国外电力消费弹性系数总体具有如下特点:一是电力消费弹性系数在相当长的一段时期(1950-1980年)都大于1;二是电力消费弹性系数一般呈逐渐减小趋势;三是一些发达国家如美国、日本、德国、英国等20世纪80年代后,出现了电力消费弹性系数小于1的现象。

表 4-24 2007 年主要 OECD 国家电力消费弹性系数

OECD 国家平均值	美国	日本	英国	法国	加拿大	澳大利亚	韩国
0.75	0.57	0.48	0.34	1.01	0.26	1.1	0.71

4.指标评价

OECD 国家经过 1960—2005 年近半个世纪的发展之后,都已经完成了工业化过程,英、美等先行工业化国家更是进入了信息化时代。江苏目前处于工业化发展中后期,在较长一段时间内,电力消费弹性系数还将维持在 1 左右甚至大于 1。本报告参照 OECD 国家平均值,选取电力消费弹性系数满意值为 0.75,而不允许值选取我国 2010 年实际值,即 1.42。

表 4-25 电力消费弹性系数满意值及不允许值

	满意值	不允许值
电力消费弹性系数	0.75	1.42

2010 年,江苏全社会用电量增速 16.6%,GDP 增速 12.6%,电力消费弹性系数 1.32,可计算得,

$$\text{电力消费弹性系数功效系数} = \frac{1.42 - 1.32}{1.42 - 0.75} \times 40 + 60 = 66$$

4.2.4 综合评价

本章从发电、输配电、用电三个环节对电力节能减排分别进行评价,每一环节又细分几个指标,其间既有明显区别又有内在联系。本节将对各方面评价指标进行综合分析,实现对江苏电力节能减排的综合评价。

为了更加直观地找到电力节能减排中的薄弱环节,可以用雷达图等图形解释方法来表征预警结果。图形解释主要是指采用形象直观的图形(如雷达图、柱状图、箱线图等等),使管理者对评价结果形成直观的认识,这种方法的优点是直观性强,使管理者易于整体把握评价结果;缺点是模糊性强,精确度低。

雷达图是一种多变量可视图形,也称星形图,因其简洁、精确、可操作性强等特点而倍受关注,是一种能够用定量指标较好地反映出定性问题的模型工具。在雷达图中,每个数据都有一个独立的单一数值轴,坐标轴呈辐射状分布在中心点周围,把同一数据序列的值在不同坐标轴上的点用折线连接起来所形成的多边形就是雷达图,用来比较若干个数据序列指标的总体情况。在用雷达图法进行综合评估时,其面积越大,表明评估对象的总体优势越大;而当一个雷达图的面积一定时,周长越小,说明其越趋近于圆,也就是说,各指标所对应的次序统计量越趋于相等,评估对象各方面的发展越协调。

在本报告中,采用雷达图对江苏电力节能减排监管指标进行综合评价,由 4.2.1—4.2.3 节所述方法,对每一指标进行评价,将所得分值标注在相应的坐标轴上,并把各轴上的点连

成一个封闭的多边形。某一指标的端点越靠近顶点，则表明该指标越好。雷达图所围总体面积可表征电力节能减排工作进展情况。

按照 4.2.1—4.2.3 节计算结果，可以得到如下雷达图。

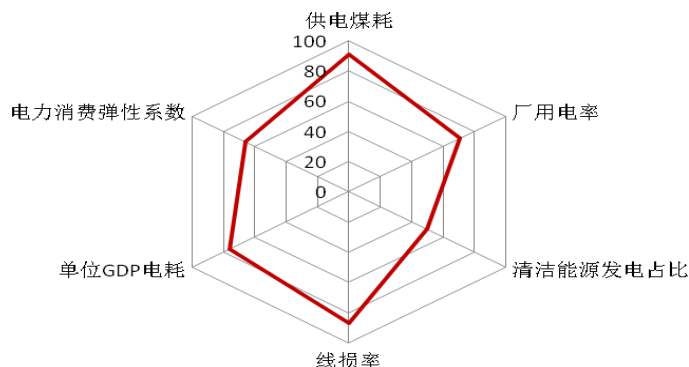


图 4-3 2010 年江苏电力节能减排评价雷达图

在雷达图中，某一项的端点越靠近顶点就表明该项指标越好，从图 4-3 可以清晰地看出 2010 年江苏电力节能减排指标中供电煤耗、线损率较接近端点位置，表明这两项指标值较接近国际先进水平；厂用电率、单位 GDP 电耗、电力消费弹性系数离端点有一定距离，但仍较靠近端点，表明指标情况良好，可进一步优化达到国际先进水平；清洁能源发电量比例离端点较远，应立即采取相应措施，防止进一步恶化。雷达图所围总体面积可理解为电力节能减排绿色发展程度，从图中可看出，所围面积较小，应当引起监管机构关注，并采取相应措施进一步构建绿色发展的电力系统。

考虑到江苏和韩国在自然条件和经济发展基础条件上有相近之处：土地和耕地面积少，人口密度大，自然资源短缺，因此本文还将韩国上述指标值作为满意值，得到如下雷达图。

表 4-26 韩国电力节能减排主要指标情况

供电煤耗	厂用电率	清洁能源发电量比例	线损率	单位 GDP 电耗	电力消费弹性系数
300 克/千瓦时	4%	54.2%	3.78%	780 千瓦时/万元	0.71

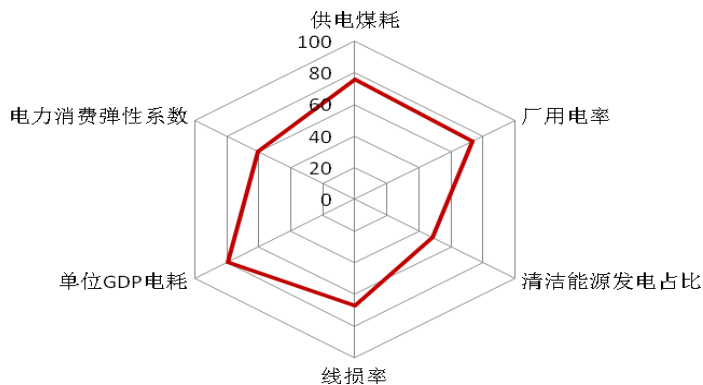


图 4-4 2010 年江苏电力节能减排评价雷达图（参考韩国指标标准）

4.3 电力节能减排监管指标的灵敏度分析

电力节能减排监管指标具有良好的量测与统计基础，同时与“十二五”规划中约束性指标有较强的关联性。本节着重分析电力节能减排监管指标的灵敏度，即改善这些指标对完成国家约束性指标的影响程度，从而抓住主要矛盾，找到“十二五”乃至未来更长一段时期江苏省电力节能减排的主攻方向，为政策制定提供依据。

4.3.1 发电指标灵敏度分析

(1) 供电煤耗

一般说来，相同规模的机组之间煤耗水平接近，差异远远小于不同规模的机组。煤质因素对煤耗的影响更多属于市场与制度因素，短期内难以根本性扭转。因此要进一步降低江苏发电机组煤耗主要还是通过优化机组结构，提高单机容量。

假设江苏省 30 万千瓦以下火力发电机组全部关停，且发电机组总体上达到本类型机组国际先进水平供电煤耗，估算得火力发电机组供电煤耗值如下表所示，由此估计江苏 30 万以上机组维持现有发电比例的情况下可以达到最优的供电煤耗为 302 克/千瓦时。

表 4-26 按 2010 年全省 30 万千瓦以上火力发电机组计算可能达到的最优供电煤耗

类型	发电量比例 (%)	先进水平供电煤耗 (克/千瓦时)	火力发电机组最优供电煤耗 (克/千瓦时)
60 万千瓦及以上机组	52.4	290	302
燃机	4.1	228	
30 万至 60 万千瓦机组	43.5	323	

表 4-27 计算了如达到上述分析最优供电煤耗 302 克/千瓦时，可节约标煤量。同时，按照每燃烧 1 吨标煤排放二氧化硫约 0.0085 吨，并考虑 2010 年江苏电力行业二氧化硫排放量 60 万吨，脱硫总量 113.4 万吨，则排放率 35%，因此可计算供电煤耗下降可减少的二氧化硫排放量。

$$\text{供电煤耗变化节约标煤量} = \text{火电发电量}_{2015} * (\text{供电煤耗}_{2015} - \text{供电煤耗}_{2010}) \quad (4-1)$$

表 4-27 供电煤耗变化对节能减排指标的贡献

	2010 年	2015 年	累计节约标煤	累计减排 SO ₂
火电发电量 (亿千瓦时)	3280	4200 (规划值)	798 万吨	2.86 万吨
供电煤耗 (克/千瓦时)	321	302		

表 4-28 计算了“十二五”期间单位 GDP 发电能耗达到目标值可节约标煤量，其中 2015

年 GDP 取规划值，单位 GDP 发电能耗取由国家指标推导的目标值。

$$\text{单位GDP发电能耗变化节约标煤量} = \text{GDP}_{2015} * (\text{单位GDP发电能耗}_{2015} - \text{单位GDP发电能耗}_{2010}) \quad (4-2)$$

表 4-28 “十二五”期间江苏单位 GDP 发电能耗变化节约标煤量

	2010 年	2015 年	累计节约标煤
GDP (亿元)	34255.89	55169.45	2516.94 万吨
单位 GDP 发电能耗 (千克标煤/万元)	350.9	305.3 (目标值)	

由表 4-28 可得，按照约束性指标，“十二五”期间单位 GDP 发电能耗下降 45.6 千克标煤/万元，相应可节约标煤 2516.94 万吨。

因此，供电煤耗降低 1 克/千瓦时，可节约 42 万吨标煤，单位 GDP 发电能耗可降低 0.76 千克标煤/万元，可减排二氧化硫 0.13 万吨。

(2) 厂用电率

厂用电所包含的内容非常多，虽然绝对数值不高但存在相对较大的改进空间。同样的发电机组通过精细管理可以不断挖掘潜力，而节约厂用电的过程往往也是发电厂全面提高管理水平的过程。

2010 年江苏省总发电量为 3499 亿千瓦时，厂用电率为 5.04%，厂用电量为 176.35 亿千瓦时。厂用电率每降低 1%（绝对量），相当于减少发电损耗约 35 亿千瓦时，按 2010 年的供电煤耗 321 克/千瓦时计算，可节约 112 万吨标煤。

根据表 4-28 所示“十二五”期间单位 GDP 发电能耗变化节约标煤量为 2516.94 万吨。因此，厂用电率每降低 1%，单位 GDP 发电能耗可降低 2.03 千克标煤/万元，可减排二氧化硫 0.33 万吨。

(3) 清洁能源发电占比

由于地理位置的限制，江苏没有水电的支撑，核电、风电还在发展过程中，因此，对煤炭资源的依赖状况，难以在短期内改变。但是考虑到煤炭的污染物排放要比石油天然气的排放高得多，因此可在化石能源内部进行优化，减少对煤炭的使用，提高石油和天然气的比重。

同时还要提倡新能源发电，建设新能源电厂；目前江苏清洁能源占比太小，应实施相关政策鼓励新能源发电。由于新能源发电技术较新，发展不成熟，相对火电成本较大，应给予相应的技术支持和财政补贴，提高新能源发电的竞争力。

2010 年江苏省清洁能源发电占比为 9.96%，发电量为 348.67 亿千瓦时。当清洁能源发电占比提高 1%时，相当于替代火电发电 34.7 亿千瓦时，2010 年的供电煤耗为 321 克/千瓦时，相当于节约了 111.4 万吨标煤。

根据表 4-28 所示“十二五”期间单位 GDP 发电能耗变化节约标煤量为 2516.94 万吨。因此，清洁能源发电占比提高 1%，单位 GDP 发电能耗可降低 2.01 千克标煤/万元，可减排二氧化硫 0.33 万吨。

4.3.2 输配电指标灵敏度分析

输电线路损耗占供电量的比例非常重要，降低线损率对电力工业的节能减排具有重要贡献。目前降低线损率主要有技术降损措施和管理降损措施。

技术降损措施主要有：优化电压等级，改造不合理的网络结构，采用新型节能变压器，台区设置选在负荷中心，坚持多布点、小容量、短半径的原则；根据季节性负荷的变化及时调整变压器容量，使变压器利用率在最佳状态下运行；优化无功补偿，坚持就地分散和线路集中补偿相结合的原则；更换淘汰型电能表，使用全电子电能表，提高计量准确度，关口表、台区表、动力表计合格率必须达到 100%。

管理降损措施主要有：开展线损理论计算工作，加强线损统计分析，及时发现和纠正问题，并对线损进行预测，修订降损措施；认真开展用电大普查，对发现的违章、窃电户要严格按照规定处理。

2010 年江苏省总供电量为 3378 亿千瓦时，线损率为 7.62%，线损量为 257.4 亿千瓦时，线损率每降低 1%（绝对量），相当于减少发电损耗 33.78 亿千瓦时，按 2010 年的供电煤耗 321 克/千瓦时计算，可节约 108 万吨标煤。

因此，线损率降低 1%，单位 GDP 发电能耗可降低 1.96 千克标煤/万元，可年减排二氧化硫 0.32 万吨。

4.3.3 用电指标灵敏度分析

单位 GDP 电耗是衡量电力节能减排成效的重要指标，产业结构和产业电耗强度都是对单位 GDP 电耗具有重要影响的因素。

（1）数据整理

研究产业结构和产业电耗强度变化对 GDP 电耗的影响，必须对 GDP、各产业增加值、电力消费总量、各产业电力消费量等数据进行整理。以下数据来源于《江苏统计年鉴 2011》，并按照 GDP 指数和各产业增加值指数所隐含的缩减因子，生成以 2005 年为基期不变价格的实际 GDP 和各产业增加值。

表 4-29 2005—2010 年 GDP 及各产业增加值

单位：亿元

年份	GDP	第一产业增加值	第二产业增加值	第三产业增加值
2005	18598.69	1461.51	10524.96	6612.22
2006	21742.05	1545.05	12282.89	7914.11
2007	26018.48	1816.31	14471.26	9730.91
2008	30981.98	2100.11	16993.34	11888.53
2009	34457.30	2261.86	18566.37	13629.07
2010	41425.48	2540.10	21753.93	17131.45

表 4-30 2006—2010 年 GDP 及各产业增加值指数

按可比价计算，上年=100

年份	GDP	第一产业增加值	第二产业增加值	第三产业增加值
2006	114.9	105.0	116.0	115.5
2007	114.9	103.1	115.5	116.4
2008	112.7	104.0	113.2	113.4
2009	112.4	104.5	112.5	113.6
2010	112.7	104.9	113.1	113.3

$$\frac{(\text{地区生产总值指数})_{2006}}{100} = \frac{(\text{GDP可比值})_{2006}}{(\text{GDP})_{2005}} \quad (4-3)$$

$$\frac{(\text{地区生产总值指数})_{2007}}{100} = \frac{(\text{GDP可比值})_{2007}}{(\text{GDP可比值})_{2006}} \quad (4-4)$$

利用“地区生产总值指数”代入上式计算，得到的江苏省 2005-2010 年 GDP 及各产业增加值可比值见下表：

表 4-31 2005—2010 年 GDP 及各产业增加值可比值

单位：亿元

年份	GDP	第一产业增加值	第二产业增加值	第三产业增加值
2005	18598.69	1461.51	10524.96	6612.22
2006	21369.89	1534.59	12208.95	7637.11
2007	24554.01	1582.16	14101.34	8889.60
2008	27672.37	1645.44	15962.72	10080.81
2009	31103.74	1719.49	17958.06	11451.80
2010	35053.92	1803.74	20310.56	12974.89

注：GDP 及各产业增加值按照 2005 年可比价格计算。

根据历年《江苏统计年鉴》整理出江苏省全社会用电量、各产业用电量数据，见下表。

表 4-32 2005—2010 年全社会用电量及各产业用电量

单位：亿千瓦时

年份	全社会用电量	第一产业用电量	第二产业用电量	第三产业用电量
2005	2193.45	29.12	1793.34	170.27
2006	2569.75	24.92	2110.55	200.00
2007	2952.02	24.47	2439.13	233.06
2008	3118.32	23.34	2529.68	269.57
2009	3313.99	25.45	2660.16	304.44
2010	3864.37	28.36	3085.35	361.04

根据表 4-31、4-32 可以计算出江苏单位 GDP 电耗和各产业的电耗强度。可以看出，2005—2010 年江苏单位 GDP 电耗和第二产业电耗强度整体呈下降趋势，且变化趋势基本相同，说明江苏省第二产业用电量占比较高；第一产业电耗强度先降后升；第三产业电耗强度整体呈上升趋势，这与电气化水平提高相关。

表 4-33 2005—2010 年单位 GDP 电耗及各产业电耗强度

单位：千瓦时/万元

年份	单位 GDP 电耗	第一产业电耗强度	第二产业电耗强度	第三产业电耗强度
2005	1179.36	199.25	1703.89	257.51
2006	1202.51	162.39	1728.69	261.88
2007	1202.26	154.66	1729.72	262.17
2008	1126.87	141.85	1584.74	267.41
2009	1065.46	148.01	1481.32	265.84
2010	1102.41	157.23	1519.09	278.26

(2) 单位 GDP 电耗的影响因素分解

拉氏因素分解法本质上是一种基于微分的方法，其思想是假定其他因素不变，某一因素的变化引起被解释变量的变化。下面给出拉氏加法分解在单位 GDP 电耗影响因素分析中的应用。

用 E 来表示全社会电力消费量，用 Y 表示地区生产总值， Y_i 表示产业部门 i 的增加值； E_i 表示产业部门的电力消费量； I 表示电耗强度，也即单位 GDP 电耗， I_i 表示部门的电耗强度； S_i 表示部门 i 的增加值占国内生产总值总量的份额，则有：

$$\text{由于单位 GDP 电耗可以表示为：} I = \frac{E}{Y} = \frac{\sum Y_i \times I_i}{Y} = \sum \frac{Y_i}{Y} \times I_i = \sum S_i \times I_i \quad (4-5)$$

$$\text{所以单位 GDP 电耗的变化量：} \Delta I = I_t - I_0 = \sum S_{it} \times I_{it} - \sum S_{i0} \times I_{i0} \quad (4-6)$$

下标 0 表示第 0 年度，t 表示第 t 年度。

单位 GDP 电耗变化可以分解为两个因素：产业结构的变化和产业电耗强度的变化，根据拉氏分解法： $\Delta I = \left[\sum S_{it} \times I_{i0} - \sum S_{i0} \times I_{i0} \right] + \left[\sum S_{i0} \times I_{it} - \sum S_{i0} \times I_{i0} \right] + r$ (4-7)

其中，第一项为结构变化的影响，第二项为强度变化的影响，r 为分解剩余。

根据 (4-6)、(4-7) 式，可以对江苏省的单位 GDP 电耗按产业结构和产业电耗强度进行因素分解。

表 4-34 2005—2010 年单位 GDP 电耗变化的因素分解

单位：千瓦时/万元

时段	单位 GDP 电耗变化	结构调整因素	产业强度因素
2005-2006	23.15	8.36	12.69
2006-2007	-0.25	5.18	0.14
2007-2008	-75.39	4.23	-82.19
2008-2009	-61.41	1.26	-59.86
2009-2010	36.95	2.99	26.89
2005-2010	-76.95	21.38	-100.50

从因素分解来看，产业结构调整和产业电耗强度的共同作用决定了单位 GDP 电耗下降。下面分产业来计算产业结构和产业能耗强度变化对单位 GDP 电耗变化的灵敏度。

表 4-35 2005—2010 年三次产业结构变化对单位 GDP 电耗的影响

单位：千瓦时/万元

时段	单位 GDP 电耗变化	第一产业	第二产业	第三产业
2005-2006	23.15	-1.35	9.23	0.48
2006-2007	-0.25	-1.20	5.16	1.22
2007-2008	-75.39	-0.77	4.41	0.59
2008-2009	-61.41	-0.59	0.81	1.04
2009-2010	36.95	-0.57	3.04	0.52
2005-2010	-76.95	-5.40	23.02	3.76

“十一五”期间，江苏省第一产业占比下降了 2.71 个百分点，第二产业和第三产业分别上升 1.35 和 1.46 个百分点。因此，第一产业占比每上升 1 个百分点，单位 GDP 电耗增长 1.99 千瓦时/万元；第二产业占比每上升 1 个百分点，单位 GDP 电耗增长 17.05 千瓦时/万元；第三产业占比每上升 1 个百分点，单位 GDP 电耗增长 2.58 千瓦时/万元。由此可见，第二产业所占经济产出的比重对单位 GDP 电耗的影响最大，第一产业和第三产业的比重对单位 GDP 电耗的影响相对较小。综上所述，当产业结构调整 1 个百分点（设第二产业占比下降 1%，第三产业占比增长 1%），则单位 GDP 电耗下降 14.47 千瓦时/万元。

表 4-36 2005—2010 年三次产业电耗强度变化对单位 GDP 电耗的影响

单位：千瓦时/万元

时段	单位 GDP 电耗变化	第一产业	第二产业	第三产业
2005-2006	23.15	-2.90	14.03	1.55
2006-2007	-0.25	-0.56	0.59	0.10
2007-2008	-75.39	-0.83	-83.26	1.90
2008-2009	-61.41	0.37	-59.66	-0.57
2009-2010	36.95	0.51	21.81	4.57
2005-2010	-76.95	-3.30	-104.58	7.38

“十一五”期间，江苏省第一产业电耗强度下降了 21.09%，第二产业电耗强度下降了 10.85%，第三产业电耗强度增长了 8.06%。因此，第一产业电耗强度每降低 1%，单位 GDP 电耗降低 0.15 千瓦时/万元；第二产业电耗强度每降低 1%，单位 GDP 电耗降低 9.64 千瓦时/万元；第三产业电耗强度每降低 1%，单位 GDP 电耗降低 0.92 千瓦时/万元。由此可见，第二产业电耗强度对单位 GDP 电耗的影响最大，第一产业、第三产业电耗强度对单位 GDP 电耗的影响相对较小。

由 4.3.1—4.3.3 节所述内容，现将电力节能减排监管指标灵敏度总结如下表。

表 4-37 电力节能减排监管指标灵敏度分析

	监管指标变化量（绝对量）	约束性指标变化量
发电环节	供电煤耗降低 1 克/千瓦时	单位 GDP 发电能耗降低 0.76 千克标煤/万元； 减排 SO ₂ 0.13 万吨
	厂用电率降低 1%	单位 GDP 发电能耗降低 2.03 千克标煤/万元； 减排 SO ₂ 0.33 万吨
	清洁能源发电占比提高 1%	单位 GDP 发电能耗降低 2.01 千克标煤/万元； 减排 SO ₂ 0.33 万吨
输配电环节	线损率降低 1%	单位 GDP 发电能耗降低 1.96 千克标煤/万元； 减排 SO ₂ 0.32 万吨
用电环节	产业结构调整 1 个百分点（第二产业比重下降 1 个百分点，第三产业比重增长 1 个百分点）	单位 GDP 电耗降低 14.47 千瓦时/万元
	第一产业电耗强度降低 1%	单位 GDP 电耗降低 0.15 千瓦时/万元
	第二产业电耗强度降低 1%	单位 GDP 电耗降低 9.64 千瓦时/万元
	第三产业电耗强度降低 1%	单位 GDP 电耗降低 0.92 千瓦时/万元

第五章 促进江苏电力节能减排的政策建议

5.1 优化发电能源结构

1. 优化发展煤电

江苏能源结构以煤炭为主的格局在相当长的时期内难以得到根本改变,因此未来调整电源结构的重点仍然是要继续优化发展煤电,抓好煤电的高效化和清洁化利用,这是江苏实现电力节能减排的重要途径。根据本报告发电指标灵敏度分析,江苏发电机组供电煤耗每减少1克/千瓦时,将降低单位GDP发电能耗0.76千克标煤/万元(2010年发电能耗345千克标煤/万元),减排二氧化硫0.13万吨(2010年电力行业二氧化硫排放量约60万吨);发电机组厂用电率每降低1%,将降低单位GDP发电能耗2.03千克标煤/万元,减排二氧化硫0.33万吨。“十二五”期间江苏应继续优化发展火电:一是继续推进发电机组“上大压小”,以部分已实施“上大压小”项目第二台机组和苏北沿海、苏中沿江一批综合条件较好的备选燃煤机组项目为重点,建设60万千瓦及以上的超超临界机组,不断提高大容量、高参数机组的比例,及时退役中、小型凝汽式燃煤机组;二是加强洁净煤发电技术的应用,“十二五”期间应加快整体煤气化联合循环(IGCC)、超临界循环流化床机组(CFB)等煤炭清洁利用新技术的开发和应用,在部分地区开展项目试点,为未来大规模应用积累经验;三是继续推进区域热电联产,提高集中供热比例。

2. 有序发展天然气发电

天然气是具有高热值的清洁能源,天然气发电具有起动迅速、适于调峰、热效率高、污染排放少等优点,发展天然气发电对解决煤炭占江苏一次能源比重过高的问题,优化我省能源结构具有重要意义。“十二五”期间应结合国家“川气东送”和“西气东输”二号线工程以及如东LNG接受站工程,在气源可靠的前提下,积极有序发展天然气发电。在负荷中心地区建设一定规模的燃气电站,鼓励天然气接收站和燃气电站一体化建设。在苏南地区建设一批燃气—蒸汽联合循环工程,满足当地对电力和热力的需求,改善地区环境质量;结合LNG工程前期工作情况和长江以北地区电力负荷发展情况,在苏中、苏北地区适当规划天然气发电项目。

3. 安全高效发展核电

核电设备利用小时数高,比风电、太阳能发电具备更好的经济性,是提高非化石能源比例

的重要选择，尤其对于江苏这样一个传统能源缺乏的省份，核电是能够形成规模以替代化石燃料、减少电力碳排放的最重要选择之一。“十二五”期间是加快发展核电的重要时期，应安全高效地发展核电：一是抓紧推进连云港核电建设，力争早日建成田湾核电二期项目，并力争田湾核电三期项目早日开工，同时加快推进新建核电站的各项前期工作；二是高度重视核电安全性与经济性的统一，及早安排解决好核燃料供应、核废料处理和核安全应急体系建设；三是积极促进核电与电网的协调发展，合理规划核电机组的容量、接入电网的方式，处理好核电与电网调峰问题。

4.大力发展风电

江苏沿海风电资源丰富，大力发展风电是完成江苏电力节能减排目标的重要举措，“十一五”末期装机容量达到147万千瓦，累计发电47.4亿千瓦时，实现了风电规划阶段性目标。“十二五”期间，在继续推进陆地风电建设的基础上，要重点加快潮间带和近海风电项目开发，积极推进装机规模大、发展前景好的海上风电场建设，建成沿海千万千瓦级风电基地。要抓紧研究解决大型风电场并网、运行管理和尽可能降低成本等问题，通过对电网规模和结构、电网潮流分布、电网稳定性等进行科学论证，提出配套措施，使风电开发与电源、电网建设协调发展。要贯彻落实江苏沿海开发战略与规划，加强风电规划和耗能产业规划的对口协调，开展非并网风电试点，将高耗能产业、可中断负荷产业与风电项目衔接，做到多业并举。

5.因地制宜推进其他新能源发电

因地制宜，扎实推进垃圾发电、秸秆发电、太阳能发电、沼气发电、生物质能等其它新能源发电。江苏光照资源较丰富，土地资源相对紧缺，但利用城市建筑物发展光伏发电的潜力较大，且光伏产业发展迅猛，适宜建设屋顶及建筑一体化太阳能发电，应在各方面创造条件鼓励技术进步，健全产业链，进一步降低太阳能发电成本，提高竞争力。同时，积极开展太阳能热发电的研究与试点工作。江苏生物质资源比较丰富，发展生物质发电符合江苏省情。建议结合城市规划和农作物生产情况，采取重点示范、分散建设、逐步推广的方式，扎实有序推动秸秆发电、垃圾发电、沼气发电等生物质能发电技术。

6.积极探索分布式发电

分布式发电是中小新能源发电接入电网的重要形式，同时也是结合负荷特征供热供冷、高效利用能源的重要方式，在大电网事故时分布式电源还可满足最基本的经济活动和人民生活的需要。随着我国天然气产业快速发展以及装备制造水平提高，发展天然气分布式能源条件逐渐成熟。特别在能源消费量大且集中的城市新区和开发区建设热、电、冷三联供综合能

源系统更有优势条件和必要，也符合国家中长期能源规划和节能减排的要求。

7. 加快引进区外来电

“十二五”期间，随着江苏能源资源、运输条件及环境容量对发展本地电源的约束日益显现，区外来电将成为满足江苏省新增电力需求的重要组成部分。同时，江苏的区外来电中水电占比较高，区外来电也是江苏大规模消纳可再生能源的重要形式之一。“十二五”期间，建议加快落实特高压跨区输电项目建设，为江苏电力和能源供应开辟新的来源，形成“省内装机与区外来电并举”、“输煤与输电并举”的综合能源与电力运输体系。力争到 2015 年江苏电网区外来电接纳能力达到 2500 万千瓦左右（约占江苏电力供应能力的 23%），有效解决“十二五”乃至后续更长发展时期内江苏电力供应缺口问题。

5.2 强化节能管理

1. 调整产业结构

尽管江苏经济发展水平和质量效益处于全国前列，但总体而言，经济增长基本模式仍然是“高投入、高消耗、低效率”的粗放型模式，第二产业比重较大。由灵敏度分析结果可见，第二产业占比及其电耗强度对单位 GDP 电耗的影响很大，产业结构调整 1 个百分点（第二产业比重下降 1 个百分点，第三产业比重增长 1 个百分点），单位 GDP 电耗可降低 14.47 千瓦时/万元，同时，第二产业电耗强度降低 1%，单位 GDP 电耗可降低 9.64 千瓦时/万元。因此，产业结构的进一步优化对完成“十二五”电力节能减排目标具有举足轻重的作用。

江苏正处于工业化进程的重要阶段，应进一步转变经济发展方式，加快产业结构升级转型步伐，逐步降低高能耗产业的比重，改变传统工业化过程过度依赖能源消耗的发展模式。一是大力发展第三产业，力争“十二五”末服务业增加值比重达到 48%左右，加快形成服务经济为主的产业结构；二是转变工业发展模式，强化新建工业项目节能环保指标约束，严控高耗能、高排放行业过快增长，加快淘汰落后产能，大力发展资源消耗低、附加值高的高新技术产业，积极培育发展新能源、新材料、节能环保及能源服务等战略性新兴产业，走新型工业化道路。三是加快发展循环经济，深化循环经济试点，推进资源综合利用。

2. 加强电力需求侧管理

电力需求侧管理（DSM）是国家能源战略和节能减排的重要组成部分，加快实施 DSM 对于建设资源节约型社会，促进经济可持续发展都具有重大的战略意义。一是积极推进综合资源规划，把通过需求侧管理减少的电能消耗量视为一种资源纳入电力发展规划，与发电侧资源放在同等重要的地位参与平衡，达到资源配置最合理、投资成本最低的效果。二是加大

绿色照明、高效电机、变频调速、节能变压器、节能家电、无功补偿、电力蓄能技术等重点节电调荷技术的推广应用，提高主要终端设备用电效率。三是加快产品能效标准的制定、认证和标识工作，扩大产品能效标准和标识的范围，并将能效标准与激励机制和约束机制相结合。四是充分发挥电网企业开展需求侧管理的积极性。进一步明确电网企业在需求侧管理工作中的主体地位，通过系统效益收费等政策解决电网企业开展需求侧管理的资金来源，将电网企业开展需求侧管理的费用纳入成本，对电网企业开展需求侧管理带来的售电量损失给予适当补偿，充分调动其积极性。

3.完善节能发电调度

近年来，江苏省按照“节能经济、确保安全”的原则，合理安排电网运行方式，在保证电网安全稳定的前提下，通过开展以高效大容量机组替代低效小容量机组发电为形式的发电权交易，提高了电力系统节能减排能力。“十二五”期间，应继续推进节能发电调度工作：一要严格依照节能、经济的原则，优先安排节能、清洁、高效、绿色发电，限制高耗能、高污染机组发电，提高电力工业整体效率和效益；二要继续开展“以大代小”等形式的发电权交易，将发电量向高效环保机组集中，进一步提高60万千瓦以上燃煤机组发电利用小时数。三要努力减少电网旋转备用容量，提高发电机组的负荷率，避免发电机组特别是高参数、大容量超（超）临界机组长时间在低负荷下运行。

4.加强节能减排预警监测

“十二五”期间，为确保电力节能减排工作有序开展，应尽快建立完善的电力节能减排预警监测体系。一是加强节能减排监测，完善电力生产全流程能耗统计制度，建立电力企业节能减排评价及考核技术支持系统，加强对数据的分析研究，进一步提高机组发电能耗、电网损耗、脱硫（硝）等指标监测水平。二是建立节能减排预警体系，定期分析节能减排进展情况，及时预测节能减排主要指标的完成情况，准确把握节能减排工作形势，增强实现节能减排目标的主动性。

5.3 加强科技创新

1.加快机组节能技术改造

发电企业应依靠科技进步，坚持自主创新，积极探索科技含量高、投入资金少、环境效益好的电力节能措施。一是对现有机组进行经济性、可靠性、节能潜力等综合评估，制定可行性高的节能技术改造方案。二是继续实施变频技术改造，加大发电机组通流系统的综合改造力度，提高机组运行效率、降低能耗。三是充分应用信息技术，对燃料掺烧比例、煤种等

进行优化配置，充分挖掘节能潜力。

2.降低电网线损

降低线损率对电力工业的节能减排有重要的贡献。由输配电指标灵敏度分析结果可知，线损率降低 1%，单位 GDP 发电能耗降低 1.96 千克标煤/万元，减排 SO₂0.32 万吨。“十二五”期间，建议一是继续加大电网改造力度，提高电网设备水平，及时更新高耗能变压器以及各类运行工况较差的老旧设备，配置具备智能功能的无功补偿装置，改善系统无功补偿和电压质量；二是继续优化电网方式，随着负荷密度的不断增加，进一步进行升压改造，简化电压等级和变电层次，合理分配潮流与合理布局，配置无功补偿容量，提高无功补偿水平；三是加强运行管理，积极开展节能改造，延长设备寿命，保持良好工况，加强统计分析；四是加快智能电网建设，充分利用先进智能技术，建设坚强智能电网，显著提高电网的输送能力和运行控制的灵活性，最大限度发挥电网优化配置资源的作用。

3.着力推进减排工作

“十二五”期间，电力行业仍是完成全社会减排目标的重点行业之一，江苏电力行业减排压力较大，应积极探索新技术，巩固污染物减排成效，进一步挖掘减排潜力。一是继续提高燃煤机组脱硫装置的建设质量和运行效果，加强对脱硫装置的技术改造力度。二是引导燃煤电厂低氮燃烧技术与烟气脱硝技术相结合，全面推进燃煤机组脱硝设施建设，积极开展超低氮氧化物燃烧、低温脱硝技术等研究。三是开展火电机组二氧化碳捕集技术和资源化利用技术研究。

5.4 创新体制机制

1.完善电价机制

充分利用价格杠杆助推节能减排工作。完善峰谷分时电价政策，加大差别电价、惩罚性电价实施力度，对能源消耗超过国家和我省规定的单位产品电耗限额的企业和产品，严格实行惩罚性电价，对违法使用国家明令淘汰的落后用能设备的，严格实行淘汰类差别电价，通过电价形成产业调整的倒逼机制。严格落实脱硫电价，积极推动实施脱硝电价政策。根据国家统一部署，推进居民阶梯电价制度，引导居民合理用电、节约用电。切实规范电网企业全额收购可再生能源电量和可再生能源电价附加补贴及配额交易行为，全力支持清洁能源合理开发利用，积极促进江苏可再生能源发展。

2.强化激励措施

加大政府财政对电力节能减排的财政支持和投入力度，落实国家支持节能减排所得税、

增值税等优惠政策，进一步完善可再生能源发展和资源综合利用的税收优惠政策，出台对电力节能减排项目的优惠利率支持，通过上述激励措施，扶持电力节能减排技术和产品的研发生产，激励电力企业和用户积极应用节能减排技术。

3.建立市场机制

一是加快推行合同能源管理，落实财政、税收和金融等扶持政策，积极发展节能服务产业，建立市场化的节能服务机制，营造有利于节能服务产业发展的政策环境和市场环境。建立较为完善的节能服务体系，形成一批具有较强竞争力的大型服务企业，使合同能源管理成为用能单位实施节能改造的主要方式之一。二是开展二氧化硫等污染物排污权交易，科学、准确、公平和合理地核定企业污染物排放总量，在法律上明确排污权交易的范围和交易方式，建立排污权交易法律体系和保障体系，做好排污权初始分配，尽快建立排污权交易系统，完善排污权交易准则，建立自愿减排机制，推进碳排放权交易市场建设。三是开展可再生能源配额交易制度。根据江苏省可再生能源发展现状、电力体制改革现状、电力市场监管水平、与现有制度的衔接并借鉴吸收其他国家的配额制经验等，构建可再生能源配额制的政策。

4.加强宣传引导

加强节能宣传、教育和培训，提高全民能源忧患意识。围绕国家节能减排方针政策和电力行业节能减排工作重点，组织力量开展深度报道和宣传，在主流媒体、重要时段、重要栏目跟踪报道各地区电力节能减排工作，宣传先进经验，曝光反面典型，充分发挥舆论的导向和监督作用。各级政府有关部门和企业，应积极组织经常性的节能宣传、技术和典型交流，使节能减排意识深入人心。

5.加大行政执法力度

组织开展对电力企业及高耗电用户节能减排专项督查，核查企业节能减排指标完成情况，督促企业有效落实节能减排各项政策。加大差别电价、惩罚性电价、峰谷电价、脱硫电价、可再生能源电价等节能减排电价政策及淘汰落后产能政策执行情况的监督检查。对专项督查、监督检查中发现的问题，责令企业及时整改，情节严重的违法违规行为，依法查处并予以通报。

附录

1 功效系数法

功效系数法又叫功效函数法。在评价某一整体的综合水平时会有多种指标，这些指标由于性质、度量单位上的差别，不能直接相加和汇总。功效系数法根据多目标规划原理，对每一项评价指标确定一个满意值和不允许值，以满意值为上限，以不允许值为下限，计算各指标实现满意值的程度，并以此确定各指标的分数，再经过加权几何平均进行综合得出总功效系数，作为反映目标的综合评价值。

其一般步骤如下：

(1) 指标选取

选定具有代表性的各项指标作为综合评价依据，并计算出各项指标的实际值 x_i 。

(2) 确定各项指标满意值 x_{hi} 和不允许值 x_{si}

(3) 计算出各项指标的功效系数 d_i

$$d_i = \frac{x_i - x_{si}}{x_{hi} - x_{si}} \times 40 + 60 \quad (\text{A-1})$$

其中，

极大型变量单项功效系数=

$$\begin{cases} [(实际值 - 不允许值) / (满意值 - 不允许值)] \times 40 + 60 & (实际值 < 满意值) \\ 100 & (实际值 > 满意值) \end{cases} \quad (\text{A-2})$$

极小型变量单项功效系数=

$$\begin{cases} [(不允许值 - 实际值) / (不允许值 - 满意值)] \times 40 + 60 & (实际值 > 满意值) \\ 100 & (实际值 < 满意值) \end{cases} \quad (\text{A-3})$$

(4) 确定每项指标的权重系数 w_i ，计算各评价对象的综合功效系数 D

$$D = \sum_{i=1}^n d_i \cdot w_i \quad (\text{A-4})$$

按总功效系数值的大小对评价对象做出评估，总功效系数值越大，说明评价对象综合状况越佳。功效系数法预警线设置见下表。

表 A.1 预警线设置

功效系数	警度
<70	红色
[70, 80)	橙色
[80, 90)	黄色
[90, 100)	绿色（无警）

2 “十二五”各类能源发电年利用小时数

表 A.2 为江苏省 2008 年—2010 年电力生产情况，表中详细列出各类发电装机容量及其发电量。

表 A.2 江苏分类装机容量及发电量

	装机容量（万千瓦）			发电量（亿千瓦时）		
	2008 年	2009 年	2010 年	2008 年	2009 年	2010 年
核电	200	200	200	140.75	141.83	157.02
风电	60.63	94.53	137	7.75	14.46	23
光伏	—	—	9	—	—	0.25
生物质	38.1	49.55	61	15.22	26.48	38
水电	3.67	3.78	4.82	1.22	0.87	1.06
抽水蓄能	110	110	110	2.09	13	12.78
火电	5029.57	5192.22	5936	2720.23	2798.83	3268

由表 A.2，可计算出 2008 年—2010 年江苏省各类能源发电年利用小时数的平均值，见表 A.3。

表 A.3 平均利用小时数

	平均利用小时数（小时）	
	平均值	参考资料推荐值
核电	7327	7500
风电	1496	2000
光伏	1020	1500
生物质	5190	5500
水电	2608	3500
抽水蓄能	1172	—
火电	5434	5300

注：宜兴抽水蓄能电站于 2008 年末投运，因此计算抽水蓄能的平均利用小时数时，仅

考虑了 2009 年及 2010 年情况。

综合考虑技术进步及江苏省实际情况，取“十二五”时期各类能源发电年利用小时数如表 A.4 所示。

表 A.4 “十二五”各类能源发电年利用小时数

	年利用小时数（小时）
核电	7500
风电	1800
光伏	1200
生物质	6000
水电	3000
抽水蓄能	1200
火电	5500