



(2010-2011 年度美国能源基金资助项目)

河南省火电行业落后产能淘汰机制 研究报告

郑州大学环境科学研究院

2011 年 9 月

目录

1 绪论	1
1.1 研究背景.....	2
1.1.1 我国的能源消费现状.....	2
1.1.2 河南省电力能耗现状.....	3
1.2 淘汰落后产能的研究现状.....	4
1.2.1 国内落后产能政策体系分析.....	4
1.2.2 国外对电力落后产能研究现状.....	5
1.2.3 对建立河南省火电落后产能淘汰机制的启示.....	6
1.3 研究意义及目的.....	7
2 河南省电力行业概况与淘汰政策影响研究.....	8
2.1 河南省电力能源结构.....	8
2.2 火电厂生产工艺.....	9
2.3 小火电政策的发展体系.....	10
2.4 火电行业淘汰政策落实情况和取得的成效.....	12
3 河南省火电落后产能淘汰机制的建立.....	13
3.1 火电行业落后产能评价指标体系的构建.....	13
3.1.1 指标体系的构建原则.....	15
3.1.2 火电行业落后产能指标体系.....	16
3.1.3 指标的说明与计算.....	18
3.2 指标体系综合评价方法.....	24
3.2.1 数据的收集和处理.....	24
3.2.2 评价基准的确定原则.....	25
3.2.3 单项评价指数计算.....	25
3.2.4 权重的确定.....	26
3.2.5 综合评价指数计算和综合评判.....	30
4 河南省火电企业试运行指标体系的评价和结果.....	30
4.1 企业基本概况.....	31
4.1.1 能源消费结构.....	31
4.1.2 企业能耗与经济状况.....	32
4.1.3 指标体系的数据整理.....	33
4.2 落后产能的综合评价.....	35
4.2.1 单项评价指标计算.....	35
4.2.2 权重的确定.....	36
4.2.3 综合评价.....	41
4.3 存在的问题及建议.....	41
5 总结	42

课题专家顾问：

唐孝炎 北京大学环境科学与工程学院 院士

徐跃峰 河南省发改委环资处 处长

赵中友 河南省发改委环资处 副处长

课题负责人：

张瑞芹 郑州大学 环境科学研究院 教授

课题组主要成员：

侯小阁 郑州大学 环境科学研究院

卢蕊 郑州大学 环境科学研究院

王克 郑州大学 环境科学研究院

曹冬冬 郑州大学 环境科学研究院

刘洋 郑州大学 环境科学研究院

张少辉 郑州大学 环境科学研究院

1 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 我国的能源消费现状

当前,我国正处于经济快速发展的时期,国民经济建设取得巨大成就,综合经济实力大幅增强。“十五”期间,GDP 年均增长率为 9.5%,较“九五”时期高出约 0.9 个百分点。而据国家统计局 2011 年统计结果,“十一五”期间,我国 GDP 年均增长率高达 11.2%。

表 1-1 2001-2010 年全球一次能源消费变化情况

单位: 亿吨油当量

国家	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010 年占全球百分比 (%)
中国	10.72	11.40	13.13	15.31	16.91	18.58	19.96	20.79	21.87	24.32	20.3
美国	22.59	22.95	23.02	23.48	23.51	23.32	23.72	23.20	22.04	22.85	19.0
俄罗斯	63.14	63.31	64.99	65.78	65.74	67.53	68.58	69.10	65.47	69.09	5.8
印度	29.74	30.87	31.72	34.55	36.40	38.14	41.45	44.46	48.00	52.42	4.4

数据来源: BP Statistical Review of World Energy June 2011

根据英国石油公司 2011 年发布的最新数据(表 1-1),2010 年中国一次能源消费总量是 24.32 亿吨油当量,较 2009 年同比增长 11.2%,已占世界能源消费总量的 20.3%。而美国一次能源消费总量是 22.85 亿吨油当量,占世界能源消费总量的 19.0%。因此我国能源消费总量已经超越美国,成为世界最大的能源消费国家。

在经济蓬勃发展的另一面我们看到,我国能源的消耗的增长速度明显快于国民经济的增长速度,能源消费弹性系数至 2002 年后持续增高,说明这种经济的增长完全是高投入、高消耗、高资本所带动的

资源消耗的粗放型发展模式。

我国特有的资源特点，决定了以煤为主的能源消费结构。中国是世界煤炭消费量最多的国家，占世界煤炭消费量的 34.4%。粗放的经济增长方式和以煤为主的能源消费结构，带来了许多环境和社会问题，同时我国的能源利用效率与发达国家的能源利用效率差距较大，主要原因在于以煤为主的能源结构^[1]，也就是不同的能源品种具有不同的利用效率，所以能源结构的调整和优化是减少能源消费量、提高能源效率的核心。 [1] 郭菊娥，柴建等. 一次能源消费结构变化对我国单位GDP能耗影响效应研究[J]. 中国人口资源与环境，2008, 18(4).

1.1.2 河南省电力能耗现状

河南省地处中原，煤炭资源较为丰厚，因此能源结构以煤为主，而这种能源消费结构使得河南省电力的发展高度依赖煤炭资源，主要定位于火电。（见表 1-2）

表 1-2 2006-2009 年河南省能源消费构成

	占全省能源消耗总量的比重 (%)			
	煤炭	石油	天然气	水电
2006	87.7	8.0	2.5	1.8
2007	88.0	7.9	2.5	1.6
2008	87.9	7.9	2.7	1.5
2009	88.2	7.4	2.8	1.6

近年来，河南省经济的快速发展拉动电力需求的迅速上涨，为了解决电力供应的紧张以及当时电力技术的落后，发展了一大批小火电机组，使得电力结构不合理。而这些能耗高、污染重的小火电机组比重过高，成为制约电力工业节能减排和可持续发展的重要因素。

到 2008 年河南省 6MW 以上电厂供电标煤耗 343.5gce/kWh，统调火电机组供电标煤耗 341.6gce/kWh，非统调机组供电标煤耗为 368.03gce/kWh。2008 年我国火电厂的供电标煤耗是 349gce/kWh，国际先进水平供电标煤耗是 317gce/kWh，河南省煤耗水平已经低于全国平均水平，可见近年来的上大压小、关停小火电、节能技改等节能手段和措施起到了很大成效。但是与国际先进水平仍有一定差距。

针对河南省近几年能源消费特点来看，对电力结构的优化，主力还在于火电内部的结构调整，包括关停能耗高、效率低、污染严重的小火电机组，推广大容量超临界机组和超超临界机组等。在截止 2009 年的火电装机容量中，30 万千瓦及以上机组已占全部火电机组的约 70%；其余的约 30%火电机组中，除去一部分为热电联产机组外，单机 20 万千瓦及以下纯凝燃煤机组总容量约有 8000 万千瓦之多，需要在“十二五”期间进行淘汰、限制和结构性调整。《2010 产业结构调整目录》中指出，淘汰单机容量 20 万千瓦及以下的常规燃煤火电机组，同时限制新上单机容量 30 万千瓦及下的纯凝火电机组和发电煤耗高于 300 克标准煤/千瓦时的湿冷发电机组、发电煤耗高于 305 克标准煤/千瓦时的空冷发电机组。因此要加大火电结构调整力度，加快淘汰规定的落后小火电机组，建立健全一套科学的小火电淘汰标准和退出机制。

1.2 淘汰落后产能的研究现状

1.2.1 国内落后产能政策体系分析

为实现单位国内生产总值的能源消耗降低、提高能效和减少主要

污染物排放总量，推进电力产业结构调整。国家颁布一系列文件，如：

《国务院关于发布实施〈促进产业结构调整暂行规定〉的决定》（国发〔2005〕40号）、《国务院关于加强节能工作的决定》（国发〔2006〕28号）、2007年国务院印发的《节能减排综合性方案》以及《国务院批转发改委、能源办〈关于加快关停小火电机组若干意见〉的通知》（国发〔2007〕2号）和《产业结构调整目录（2010年本）》，在此国家文件的基础上河南省在2006年发布了《河南省“十一五”能源发展规划》、《河南省人民政府关于批转省工业和信息化厅〈河南省淘汰落后产能工作实施意见〉的通知》（豫政〔2010〕56号）和2010年发布的《河南省发展和改革委员会关于进一步加大小火电机组关停力度的通知》。

根据国家和省级颁布的一系列落后产能淘汰方法、要求和加快结构调整的文件分析，同时与淘汰工作的进行和落实的情况相结合，淘汰落后产能的政策出现的问题是对落后产能的淘汰措施较多使用强调行政手段，要求企业强制性关闭淘汰类的落后机组，缺乏科学的淘汰标准和方法评价，同时激励和财政措施落实较少、约束机制以及监管力度作用不够强以及关停小火电后带来的社会和经济问题，因此要把落后的技术、能耗的高低、对社会的影响等要素都考虑进来，建立合理的火电落后产能淘汰的指标体系，定量的研究小火电的关停，并提出针对性的对策建议。

1.2.2 国外对电力落后产能研究现状

国外，因为健全的市场体制和国际先进水平的技术，因此没有尖锐的落后产能问题，也没有专门针对落后产能的政策。国外发达国家

在淘汰落后产能方面，主要通过市场体制淘汰，同时考虑在市场失灵时的情况，所以还配套了强制与激励手段相结合的做法。例如美国的市场经济模式，是经济活动自由度比较大的自由市场，政府干预程度低。价格机制能很好反映价值和社会成本之间的关系而完善的市场体制提高一个公平竞争的市场，使得成本高、质量差的落后产能毫无竞争力，被市场淘汰。在行政手段中，采取能效强制性标准，如 1980 年就实施的强制性能效标识制度，对进入市场的设备进行最低能效限额制度，1992 年实施自愿性节能认证“能源之星”，美国采购法以及几个总统令都规定政府必须采购“能源之星”认证产品。财政政策方面，强制性的税收、税收减免以及为促进能效提高建立的投资银行放贷标准等，在美国《2005 年能源法案》规定中，对安装特定节能技术实施 20 亿美元税收激励，这些税收优惠政策利于激励企业实现对最低标准的超越。而日本，是较多采取政府干预手段的发达国家，在对落后产能的退出政策中侧重于政府激励和补偿机制，如对使用列入目录的 111 种节能设备实行特别折旧和税收减免优惠，减免的税收约占设备购置成本的 7%。日本在七十年代已意识到市场机制对淘汰落后产能的重要性，在以后的发展政策导向中指出将行政手段限定与市场失灵时的领域。

1.2.3 对建立河南省火电落后产能淘汰机制的启示

针对我国目前的结构矛盾和市场不健全的现状，目前淘汰落后产能工作还多依靠政府强制性手段。但是在淘汰机制建立方面，需要科学的界定强制性淘汰落后的标准，例如在火电行业关停小火电的对象

上，避免“一刀切”的情况，需要综合考虑各个方面。而能耗、水耗、污染物排放、技术先进性等应作为淘汰落后产能的主要指标，并结合河南省发展的要求和能耗现状，研究建立一套淘汰机制的约束指标体系和考核评价体系。而配套制度不健全也是制约淘汰落后产能的重要因素。如关停企业造成的一定的经济损失、企业的职工丧失就业岗位和企业与银行的债务问题等。在完善淘汰落后产能退出机制同时，应该吸收借鉴发达国家一些成功的做法，尽快建立落后产能退出的补偿机制及其实施细则，通过经济手段激励企业主动地淘汰落后生产能力。

1.3 研究意义及目的

淘汰落后产能的政策应归于产业结构调整援助政策，需要健全的市场经济秩序、公平的市场竞争，建立以市场为导向的长效机制。我国政府在落后产能的淘汰中偏向于强制性的行政机制，激励和约束作用不够强，在确定高耗能行业强制性淘汰目标时，没有科学、完整的淘汰机制，使得在落后产能淘汰中和淘汰后出现很多问题。对于火电行业，关停落后的小火电机组有时会涉及到整个企业，而且随着科技进步先进的机组也会逐步成为落后的机组，也会被国家强制淘汰。因此淘汰火电落后机组同时应兼顾电力的供需平衡，将关闭小机组与上高效的大机组有机结合起来，根据科学、合理的评价淘汰落后产能的方法，淘汰电力落后小火电机组。

本论文旨在以量化的评价手段淘汰火电行业落后的小火电机组，从机组能耗和资源消费、环境污染、企业的经济效益等，从技术性层面建立指标体系，到指标权重的确定等几个步骤来确定一套火电落后

产能的评价方法，同时对社会影响方面进行分析，对国家现行的淘汰产能政策提出措施和建议，构建完整的退出机制。这样可帮助中小企业自行评判落后的产能，对火电企业的落后产能有一个科学、完整、客观和全面的评价，也为政府建立淘汰产能目标和退出机制提供科学依据，从而优化升级火电行业的结构。

2 河南省电力行业概况与淘汰政策影响研究

2.1 河南省电力能源结构

以煤为主要能源供给的能源消费结构决定了河南省的电力工业结构以火力发电为主。截止到 2009 年底，全省总装机容量合计 4679.8 万千瓦，而火电主要是煤电 4293.79 万千瓦，占总装机容量的 91.76%；水电 365.28 万千瓦，占总装机容量的 7.8%；新能源 20.73 万千瓦，仅占总装机容量的 0.44%，其中风电 4.88 万千瓦；生物质发电 15.6 万千瓦，比重微乎其微。同年，全省 6000 千瓦及以上电厂发电量合计 2061.31 亿千瓦时，其中火电发电量 1975.07 亿千瓦时，占全部发电量的 95.82%。通过数据可以看出火电在电力总装机中所占的比重过大，电力内部结构不尽合理。电力供应主要依靠火电，这种电力结构的不合理性，容易使电力受到煤炭等燃料因素的约束，在一定程度上影响电力的供应和稳定性。而火电机组中，小火电却占了相当大的比重，造成了电力行业能源强度高、污染严重、碳排放强度大，成为工业上的高耗能行业，影响了电力未来的可持续和低碳经济发展。

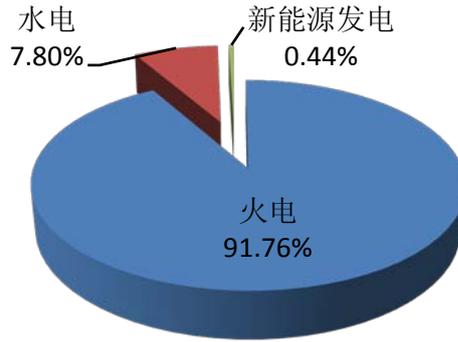


图 2-1 2009 年河南省电力装机结构

2.2 火电厂生产工艺

火电厂的种类虽很多，但从能量转换的观点分析，其生产过程却是基本相同的，概括地说是把燃料（煤）中含有的化学能转变为电能的过程。整个生产过程可分为三个阶段：

1) 燃料的化学能在锅炉中转变为热能，加热锅炉中的水使之变为蒸汽，称为燃烧系统，燃烧系统由输煤、磨煤、燃烧、风烟、灰渣等环节组成；

2) 锅炉产生的蒸汽进入汽轮机，推动汽轮机旋转，将热能转变为机械能，称为汽水系统，火电厂的汽水系统由锅炉、汽轮机、凝汽器、除氧器、加热器等设备及管道构成，包括凝给水系统、再热系统、回热系统、冷却水（循环水）系统和补水系统；

3) 由汽轮机旋转的机械能带动发电机发电，把机械能变为电能，称为电气系统，发电厂的电气系统，包括发电机、励磁装置、厂用电系统和升压变电所等。

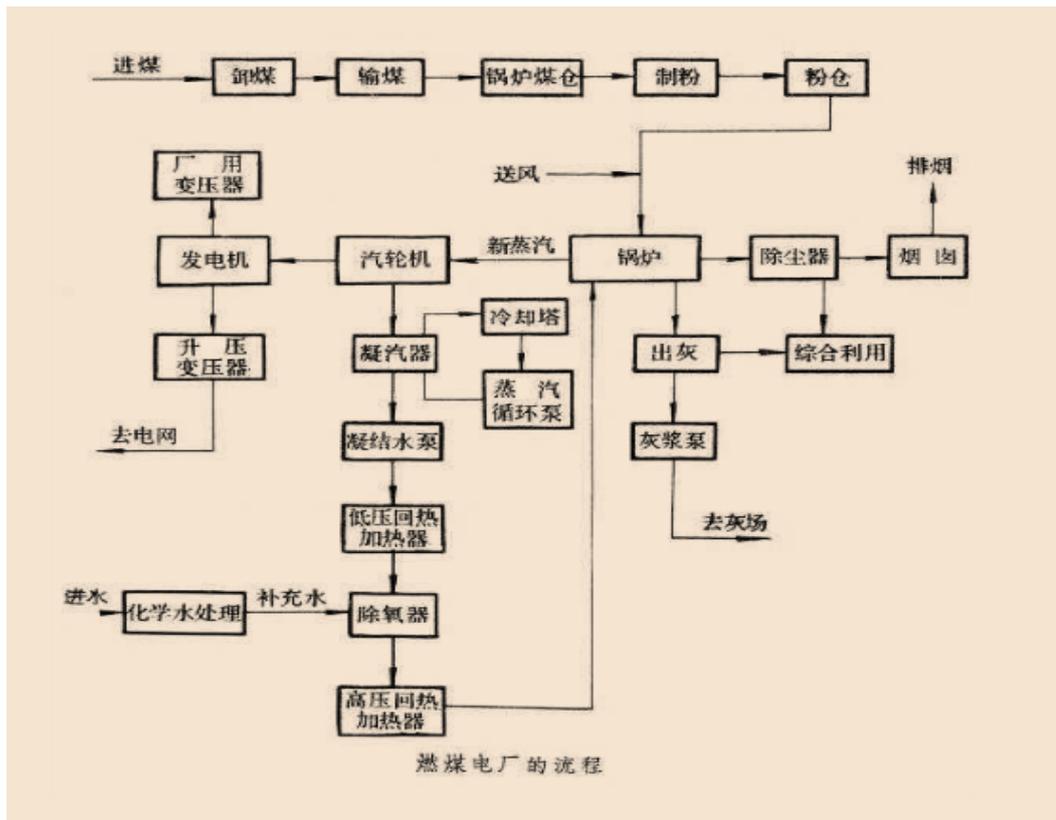


图 2-2 燃煤电厂的生产工艺流程

2.3 小火电政策的发展体系

指导火电行业淘汰工作的政策，属于结构节能政策，主要指关停小火电的相关规定。国家关于小火电的政策从 80 年代开始就已经开始实施，到现阶段为止共经历了三个阶段，“大、中、小型机组一起上”、“关停小火电”和“上大压小”这三个时期。而这三个时期与中国电力的发展的现状是相关联的。

1998 年以前，我国电力供应长期处于短缺状态，解决电力短缺问题的根本出路还在于扩大供给，扩大电力生产能力。这时的发展目标就是：加快发电装机容量和发电量的增长，实现电力供需平衡，消除电力“瓶颈”的制约。1986 年，国家计划委员会出台《关于发展小火电的暂行规定》，支持地方集资建设总装机容量在 25MW 以下的独立核算小火电厂，小火电在当时的背景下得到了发展。

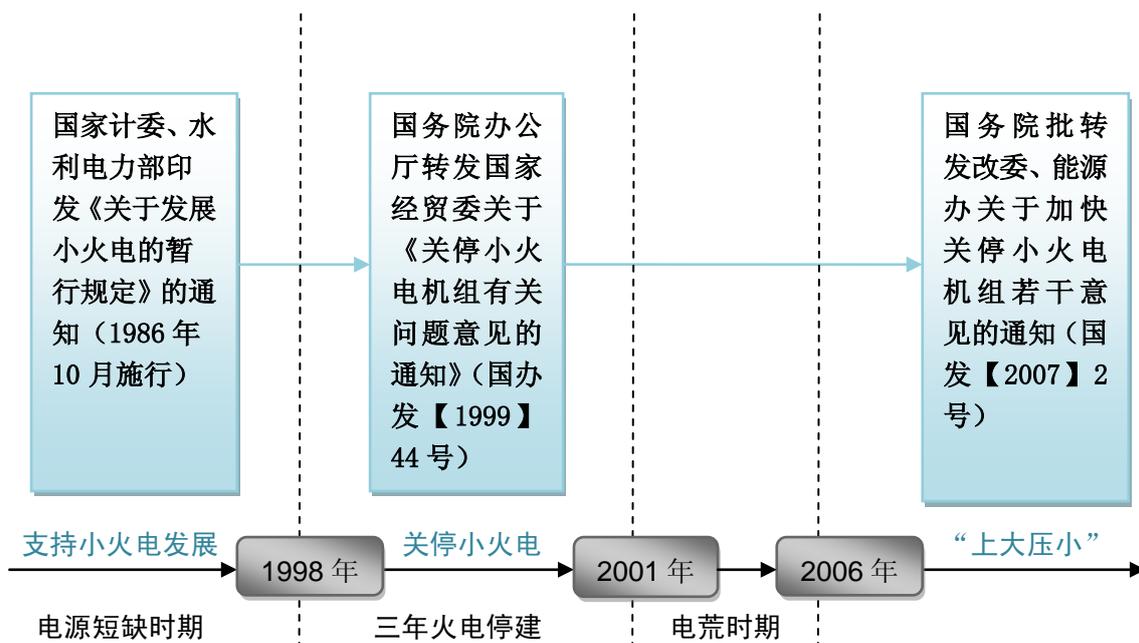


图 2-2 关停小火电机组政策发展图

从80年到98年连续18年的粗放型增长,缓解了电源供给能力,而同时全国用电量持续下降。国家的电力政策主要围绕“电力过剩”而展开的。包括1990年,能源部印发《对地方小火电厂治理整顿的意见》、1995年国家计委下发《关于严格控制小火电设备生产、建设的通知》、1997年电力工业部印发《小火电机组建设管理暂行规定》和1999年国务院办公厅批转国家经贸委《关于关停小火电机组有关问题的通知》。这些政策措施主要是:要求关停小火电和3年不新建火电,说明当时的政策已经注意到结构节能的重要性,但是,由于对国家电力供应能力的误判,这种治理和整顿使得全国用电量同比持续下降,且在三年时间内忽视了新火电的建设,导致2002年后再一次陷入“电荒”的困境。这段时期关停的小火电任务不仅没有完成,而且还使得关停的小火电重新开工,给未来关停小火电政策的实施带来负面影响。

2007年，为了配套国家“十一五”规划结构节能政策的实施，国务院批转国家发改委、国家能源办公室《关于加快关停小火电机组的若干意见》、国家发展改革委下发《关于降低小火电机组上网电价促进小火电机组关停工作的通知》，再次组织关停工作。在行政手段上，提出“上大压小”，就是上大发电机组，关停小发电机组，将新建电源项目与关停小火电机组挂钩；令电力监管机构加强了小火电机组监督管理，对拒不关停的小火电机组，有关部门和负责单位责令其关停，并暂停该企业新建电力项目的资格。从市场手段上，各省（直辖市、自治区）人民政府加强小火电机组上网电价的管理，将燃煤（油）小火电机组上网电价降低到不高于本地区标杆上网电价，不实行价外补贴；另一方面，按期完成关停的小火电可享受发电量指标，并通过转让给大机组代发可获得一定经济补偿。

由小火电的政策体系发展路线可以看出，火电行业的发展前提是电力生长能够满足国民经济的增长需求。对落户的小火电机组的关闭不仅仅停留在行政手段，要结合市场运行机制，保持电力健康稳定发展，关停小火电政策就能得到顺利实施。

2.4 火电行业淘汰政策落实情况 and 取得的成效

“十一五”以来，2006—2009年全国的每年小火电机组关停装机容量分别为314万千瓦、1438万千瓦、1668万千瓦、2617万千瓦，累计关停小火电机组6037万千瓦，超额完成国务院确定的“十一五”期间关停5000万千瓦的目标。2010年，电力行业继续加大淘汰落后产能力度，从2010年1月到7月上旬止，共关停小火电机组468台、

1071 万千瓦，提前完成 2010 年三季度前关停 1000 万千瓦小火电机组的目标。（国家电力监管委员会，2010）

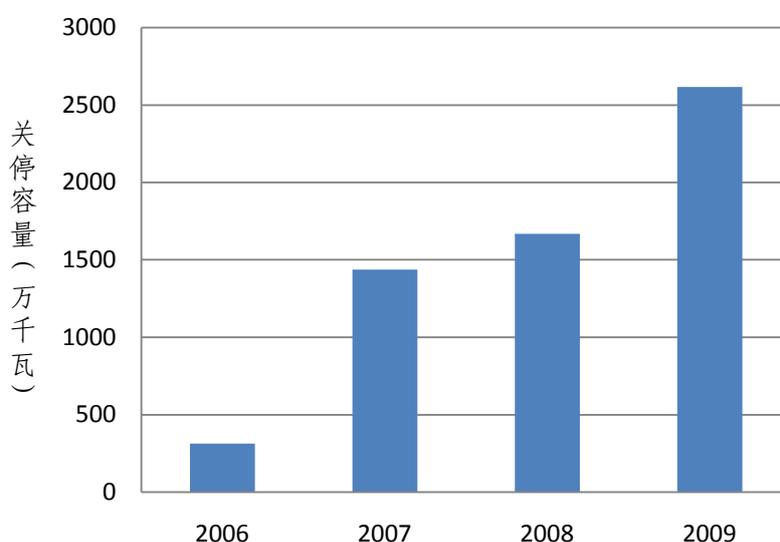


图 2-3 “十一五”期间我国关停小火电数

通过关停小火电政策的有力实施，我国火电装机容量结构得到优化，大容量机组的比重提高，而小机组尤其是能耗高、污染重的小机组比例下降。截止 2009 年底，全国火电平均单机容量为 10.31 万 kW，30 万 kW 及以上机组已成为我国火力发电的主要机组，占火电总装机容量的 69%，其中 60 万 kW 及以上火电机组占火电总装机容量的 34%。通过“上大压小”的高效率大型火电机组对小火电机组的替代，火电效率大幅度升高。2009 年 6000kW 及以上火电厂供电煤耗下降至 340g/(kW·h)，比 2008 年下降了 5g/(kW·h)。“十一五”前四年，供电煤耗累计下降 30g/(kW·h)，政策的实施还促进了电力行业能耗强度和碳排放强度的降低，节能降耗成果显著。（国家电力监管委员会，2010；全国电力工业统计快报）

3 河南省火电落后产能淘汰机制的建立

3.1 火电行业落后产能评价指标体系的构建

建立火电落后产能指标体系的目的是量化的界定火电行业落后产能，并在此基础上形成体系，对企业的落后产能进行评价。该套指标体系反映了企业工艺、设备、技术水平的先进化程度，同时揭示了能耗高、能源利用率低的原因，为企业实施节能技术改造和提高能效提供一个有效的工具，从而为国家淘汰电力落后的小火电机组提供了依据。

该套指标体系立足于国务院以及河南省关于淘汰落后产能工作、加快关停小火电机组的若干意见等文件精神为指导方向，结合《产业结构调整指导目录》，综合考虑落后的火电行业涉及的各个方面而建立的多层次指标体系，设计提出了定性与定量指标相结合、无量纲化的落后产能评价指标体系。根据体系多层次的特点，明确选取的大量指标之间的逻辑关系，本文采用层次分析法的研究技术方案对系统进行宏观分析，筛选指标，并将方案层次化，能更清晰更完整的反应评价对象的全貌。

层次分析法由美国运筹学家 A. L. Saaty 提出的一种定性与定量相结合的决策分析方法。指将一个复杂的多目标决策问题作为一个系统，并将目标分解为多个准则或目标，进而分解出多准则（或目标、约束）的若干层次，通过模糊量化方法算出相对重要性权值或相对优劣次序，以作为多指标、多方案优化决策的系统方法。施泉生. 管理科学及其应用 [M]. 上海：上海财经大学出版社，2006.

构建火电行业落后产能评价指标体系的基本过程，如图 3-1 所示。

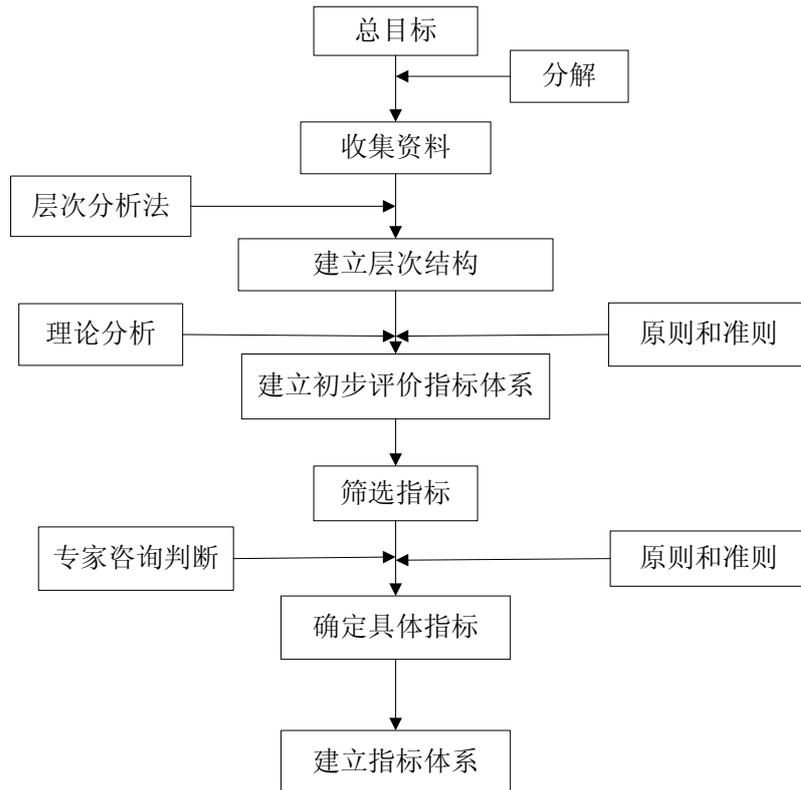


图 3-1 评价指标体系构建过程示意图

3.1.1 指标体系的构建原则

建立科学合理的指标体系是准确评价系统的基础和保证,因此指标体系的建立需要遵循一定的原则来引导系统的发展方向,综合考虑各方面影响因素,而不能是一组任意指标的堆砌.在选择指标方面首先指标必须因果关系相关,实际选择的指标需要同已有的政策目标与必须的标准相关;其次指标应该具有尽可能大的集成度;第三,指标是现实存在并可证实与可查询到的^[2].

[2]王攀,王伶俐等.多目标评价指标的定性定量规范化研究[J].武汉汽车工业大学学报,1999,21(6):38-40

具体来说建立落后产能评价指标体系要遵循以下几项原则:

第一,科学性原则.它是指在选取指标的时候要注意上级指标与各个子系指标间的相互联系.为了提高指标体系的科学性,尽量选择可定量的指标,辅助定性指标.

第二,完全性原则.指的是指标体系建立的覆盖面要广,能全面综合反应落后产能在各种影响因素上的体现.同时要避免指标之间的重复性,使目标与评价指标联系为一个有机的整体.

第三,可操作性原则.该原则是在考虑覆盖全面评价方面的同时要保证数据的可获得性,以及指标量化的难易程度.尽量选取和利用现有的统计资料和数据,利于指标体系的掌握和应用.

第四,简洁性原则.在满足完全性原则的条件下,应该尽量减少同类指标的个数,可以使人们从大量的指标信息中抓住主要内容,同时便于计算和分析.在火电落后产能指标体系的建立中,将选取火电机组的能耗指标和火电生产技术评价指标作为主要评判指标,这些指标比较具有代表性.

3.1.2 火电行业落后产能指标体系

“落后”是个相对概念,应根据我国当前节能减排工作和产业结构调整的需要,通过产品生产过程中的能耗、物耗、污染物排放等技术性指标对其界定.对火电行业的淘汰落后产能的标准可以从三个角度加以考察:一是根据生产的技术水平进行判断.所谓落后产能,就是指生产设备、生产工艺的技术水平低于行业平均水平的生产能力;二是从生产能力造成的后果进行判断.如果生产设备、生产工艺的污染物排放、能耗、水耗等技术指标高于行业平均水平,则该生产能力就是落后产能.三是对企业运营的经济效益判断.而经济效益能反映企业发电和运转能力、总体的效率以及获利的能力,通过这些经济指标来衡量在生产效率上是否低于行业平均水平.

经过对建立指标体系前的分析，本文选取了 25 个指标来进行构建，最终确定如下综合评价指标体系，见表 3-1。

表 3-1 火电落后产能淘汰评价指标体系

目标层	准则层	指标层
火电淘汰落后产能评价指标体系	综合能源消耗指标 B1	供电煤耗 C1
		供热煤耗 C2
		发电水耗 C3
		综合厂用电率 C4
	生产规模指标 B2	发电量 C5
		供热量（热电比）C6
	设备运行指标 B3	锅炉热效率 C7
		空预器漏风率 C8
		汽轮机热耗率 C9
		真空度 C10
		凝汽器端差 C11
		给水温度 C12
		补给水率 C13
		入厂与入炉煤热值差 C14
	环境污染物指标 B4	烟尘 C15
		二氧化硫 C16
		氮氧化物 C17
		二氧化碳排放量 C18
		废水悬浮物 SS C19
		硫化物 C20
	经济效益指标 B5	企业负债率 C21
		劳动生产率 C22
		销售利润率 C23
	技术先进性指标 B6	火电机组尖端设备水平 C24
		单个机组发电装机容量 C25

该指标体系分为三层，目标层是构建火电淘汰落后产能评价体系，准则层从六个方面着手考虑，包括综合能源消耗指标、生产规模、设备经济指标环境污染物指标、经济效益指标和技术先进性指标，以及它们相对的指标层的子指标。

具体分析包括：

- (1) 综合能源消耗指标。落后的火电机组能耗高、能源利用

率低且资源消耗高,这些特点也是我国强制淘汰落后产能政策制定的依据和基础。而综合能耗指标最能体现能源消耗和能源利用水平。因此能耗指标应当作为淘汰落后火电的一项重要指标。

(2) 设备经济指标。设备指标的选取主要依据能源审计以及节能评价指标,结合火电特有的工艺特点。同时选取节能潜力和对煤耗影响较大的设备锅炉和汽轮机部分的主要经济指标来构建的,能很好的代表设备和技术的先进性。

(3) 环境污染指标。落后的火电机组一般都是能源消耗高、污染严重,因此对环境污染的评价也很重要。国家对大气、水等污染物排放都有严格的限制标准,对于大大超出排放标准的企业,对环境污染严重,是不可可持续发展的表现,应予以淘汰。同时企业需要投入大量资金来控制污染物排放,从而增加投入的成本。通过这方面的考核可以提高企业提高资源利、使用高效、清洁的设备和治理环境的意识。

(4) 经济效益指标。这项指标的确定表明了企业的经营管理、生产效率和经济效益情况,同时能反映出其生产能力和盈利能力在同行业的水平。

(5) 技术先进性指标。对火电行业技术先进性评价选取的指标是从两个方面考虑:企业每个机组的单机发电容量和企业总的尖端设备水平与国际先进水平的比较。

3.1.3 指标的说明与计算

(1) 供电煤耗

供电煤耗是指火电厂向电网每供出 1 度电 (1kWh) 所消耗的标准煤, 单位为 g/kWh。供电煤耗的计算方式为: $\text{供电煤耗} = \text{发电耗用标准煤量} / (\text{总发电量} - \text{厂用电率})$ 。一台发电机组所能达到的供电煤耗水平, 反应了该机组的先进程度。同一型号的机组, 煤耗低, 说明运行管理水平高。所以供电煤耗是火力发电厂最重要的经济指标。

(2) 供热煤耗。

供热煤耗又称供热煤耗率, 是指热电厂每供出 1GJ 热量所耗用的标准煤量, 单位为 kg/GJ。计算公式为: $\text{供热煤耗率} = \text{供热用的标准煤耗量} / \text{机组供热量}$ 。如果要转化为供热标准煤耗需要再乘以一个供热比系数。

(3) 发电水耗。

耗水量是指在确定的系统内, 生产过程中进入产品或蒸发、飞溅、携带以及生活引用等所消耗的水量。因为水是可以循环利用的, 用水量并不能代表是否全部消耗。因此发电水耗又称发电综合耗水率, 指统计期发电用新鲜水量, 不含重复利用水。计算公式为: $\text{发电综合耗水率} = \text{发电用新鲜水量} (\text{不含重复利用水}) / \text{统计期内发电量}$ 。

(4) 综合厂用电率

厂用电率是发电厂生产过程中消耗的电量与发电量的比率, 单位是%。这项指标关系到火电厂供电煤耗的高低, 在某一确定的发电煤耗率下, 当厂用电率每降低 1 个百分点时, 供电煤耗就降低 3.41g/kWh, 也就是说厂用电率越小, 供电煤耗的值也越小。

(5) 发电量

在确定的时段内，发电厂向厂外送出的总电量。表示了该火电厂的向电网供电的发电规模。

(6) 供热量

供热量是根据电厂供热管道出口的流量表计算的，包括背压机组或抽汽机组及锅炉直接对外用户供应的热量，也包括对本厂生活区的供热量，但不包括生产用汽。供热量反应了该电厂是否是热能和电能联合生产的高效能源生产方式。

(7) 锅炉热效率指标

锅炉热效率是反应锅炉运行经济性的一项综合指标，为输出热量占输入热量的百分比，单位为%。影响热效率的因素有设备单机容量、严密性以及空气预热器漏风率低等。

(8) 空预器漏风率

空气预热器漏风率是指漏入空气预热器烟气侧的空气质量与进入该烟道的烟气质量之比。空预器的漏风现象，使得空气进入烟道被引风机抽走排入大气中。由于增加了排烟量，导致引风机电耗增大，当超过风机的负荷能力时，会造成燃烧风量不足，降低锅炉负荷，直接影响锅炉的安全经济运行。空预器漏风率每增加 1%，发电煤耗率增加 $0.20\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

(9) 汽轮机组热耗率

汽轮机组热耗率是反应汽轮机组性能的重要指标，指汽轮机发电机组每生产 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能所消耗的热量，称为汽轮发电机组的热耗率，单位是千焦每千瓦时 $[\text{KJ}/(\text{kW}\cdot\text{h})]$ 。

(10) 真空度

凝汽器真空是大气压力与工质的绝对压力之差值，由于机组安装所处的位置不同，单独用真空的绝对数进行比较难以确定机组真空的好坏，所以用真空度来反映汽轮机凝汽器真空的状况。真空度是指凝汽器的真空值与当地大气压力比值的百分数。

(11) 凝汽器端差

凝汽器端差是指汽轮机排汽在背压下的饱和温度和凝汽器冷却水出口温度之差。凝汽器端差每降低 1°C ，夏天的供电煤耗降低 $1.9\text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，冬天降低约 $0.8\text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。凝汽器端差一般控制在 $4\text{--}8^{\circ}\text{C}$ 以下，因此凝汽器端差平均值应不低于 8°C 。

(12) 给水温度

给水温度是作为汽轮机最后一个高压加热器的出口时温度。当汽轮机加热给水，蒸汽在锅炉内的吸热量降低，给水温度每上升 1°C ，煤耗减少 $0.07\text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

(13) 补给水率

补给水率也叫机组补水率，是指统计期内补入锅炉、汽轮机设备及其热力系统用作发电、供热等的补给水量与锅炉实际蒸发量的比率。

(14) 烟尘

《火电厂大气污染物排放标准》GB13223-2003 中规定，对火电厂排放的烟气进行连续、实时跟踪监测。对 2004 年起的新建火电厂项目，燃煤锅炉的烟尘最高允许排放浓度为 $50\text{--}200\text{ (mg/m}^3\text{)}$ 。

(15) 二氧化硫

《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》将二氧化硫排放总量减少 10%作为一项约束性指标，同时要求火电厂提高脱硫能力，安装脱硫装置。也规定二氧化硫最高允许排放浓度不得超过 $400\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(16) 氮氧化物

《火电厂大气污染物排放标准》规定火力发电锅炉须预留烟气脱除氮氧化物装置空间，最高允许排放浓度是根据燃煤锅炉中煤的挥发分 (V_{def}) 从 $1000-450 (\text{mg}/\text{m}^3)$ 不等。

(17) 二氧化碳排放量

煤炭的燃烧不仅产生氮氧化物、二氧化硫等有害气体，同时还排放大量导致温室效应的二氧化碳。全球变暖趋势的加剧以及温室气体的减排已经引起全球的重视，中国作为第二大碳排放国家，在 2009 年承诺：到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放要比 2005 年下降 40%-45%。因此对于火电中较高的煤电发电比例对火电厂来说难免要承担一定的减排任务和约束目标。

(18) 废水悬浮物 SS

火电厂工业污水种类多，致使工业污水的成分相当复杂。对电厂水质资料分析，其主要污染物产生于锅炉冲灰、冲渣的污水，污水中含有大量悬浮物。根据《污水综合排放标准》GB8978-1996 规定，悬浮物 SS 的最高允许排放浓度按照污水排放去向，分别执行一级、二级、三级标准：70、150、400 mg/L 。

(19) 硫化物

火电厂排放的锅炉清洗污水、输煤冲洗污水中，同时含有有机物、

油和大量硫化物,这类污水排入收纳水体将会引起不同程度的环境污染,造成生态破坏。所以在火电厂工业污水排放的污染物中需要重视。

(20) 企业负债率

该指标既反映企业经营风险的大小,也反映企业利用债权人提供的资金从事经营活动的能力。计算公式为:企业资产负债率=负债总额/资产总额*100%。

(21) 劳动生产率

劳动生产率是企业生产技术水平、经营管理水平、职工技术熟练程度和劳动积极性的综合表现,是考核企业经济活动的重要指标。该指标表示平均每一个就业人员在单位时间内的产品生产量。计算公式为:劳动生产率(%)=工业增加值/全部就业人员人数*100%。

(22) 销售利润率

销售利润率代表企业盈利能力、衡量企业销售收入的收益水平的指标。计算公式是:销售利润率=利润总额/营业收入*100%。其他衡量盈利能力的指标还有资产收益率、净现值、内部收益率、投资回收期等。

(23) 火电机组尖端设备水平

该指标是一项定性指标。火电机组按锅炉内工质的压力,可以分为超超临界、超临界、临界、亚临界、其他等五个技术级别。其中,超超临界机组为目前国际最先进的火电机组。可将该五个级别的机组分别赋予分数5、4、3、2、1,作为对尖端设备水平高低程度的度量。

陈佳贵,黄群慧等.中国工业化报告[M].北京:社会科学文献出版社,2009.

(24) 单个机组发电装机容量

由于企业存在多套发电机组设备,因此在对企业总发电装机容量
的考察基础上,还要考虑单个机组的问题,尤其是国家规定必须
要淘汰的 20 万以下的纯凝机组。

3.2 指标体系综合评价方法

在火电行业落后产能多指标评价指标体系建立之后,就可以通过
具体指标对火电落后产能的情况进行综合评价了。所谓的多指标综合
评价是指把多个评价事物不同方面而且量纲不同的指标转化为无量
纲的评价值,以消除不同单位的影响,再对得出的评价值进行综合,
最终得到对该事物的一个综合评价方法。在本文中,构建的指标体系
包含主观判断的因素在里面,因此采用主观和客观相结合的评价方法。

对于定性指标可采取模糊评价方法,指将被评价指标分为几个等
级标准,通过与各等级标准之间的对比,进行打分、量化,判断后得
出相应的分数。对与定量指标,首先就是数据的收集和处理问题,其
次是数据的无量纲化为后续的数据比对做准备,同时运用层次分析法
确定各子指标的权重,最后是评价指数的合成。评价方法的基本步骤
概括如下:数据收集和处理→定性指标的评价→定量指标单项指标评
价→指标权重的确定→综合评价指数计算与合成→评价结果。

赵玉芝.发电企业节能潜力分析及能效提高策略研究[D].北京:华北电力大学,2009

3.2.1 数据的收集和处理

按照评价指标体系的要求,对定量指标的数据,要求保证其准确
性。数据收集的步骤一般包括:第一:确定数据收集计划。制定数据
收集工作表或清单,确定数据可获得的来源等。第二步:数据的收集。
根据列出的所要收集的数据来填充工作表。有些数据不能直接获得,

有些数据需要使用一定的单位进行转化，因此收集数据的同时要参考一定的数据库、统计年鉴和文件等，进行判断和校正。第三步：计量统计数据分析的结果是一个数据清单，对相关的数据、功能单位要求进行明确，分类整理后，确定数据统计表。

在该套指标体系中，有很多数据涉及不同的统计方法和统计口径。尤其是能源消耗的数据，在统计中可能会出现不同的能源类型、不同的统计时间和不同的能源单位。所以，在数据统计后应当按照国家统计局公布的《综合能耗计算通则》（GB/T 2598-2008）按照所列的“各种能源折算标准煤参考系数”，对能耗指标进行统一。

3.2.2 评价基准的确定原则

为了对火电落后产能进行综合评价，需要对各项指标确定评价基准，进行对比分析，计算评价指数。一般可根据行业已有的相关标准以及行业的平均数据和国家先进水平来确定评价基准。缺乏可比数据的，需要对收集的数据进行合理的筛分处理，可根据当前水平来确定或者参考行业的相关数据来确定。综合评价的基准则需要一定的分值作为衡量标准，一般可设为大于或者等于 100 分来满足要求。

本文作为河南省的落后产能淘汰，选择河南省火电行业的平均水平或者地标作为基准，没有相关数据和规定的，则以国家标准和水平作为参考值。

3.2.3 单项评价指数计算

考虑到评价指标横向对比的需求，对各项评价指标的实际数值根据其类别和不同情况分别进行标准化处理。

正向指标 ($S_{oi} \geq S_{xi}$) 的计算公式为:

$$S_i = \frac{S_{xi}}{S_{oi}}$$

式中: S_i —第*i*项评价指标的单项评价指数;

S_{xi} —第*i*项评价指标的基准值;

S_{oi} —第*i*项评价指标的实际值。

负向指标 ($S_{oi} \leq S_{xi}$) 的计算公式为:

$$S_i = \frac{S_{oi}}{S_{xi}}$$

式中: S_i —第*i*项评价指标的单项评价指数;

S_{xi} —第*i*项评价指标的基准值;

S_{oi} —第*i*项评价指标的实际值。

3.2.4 权重的确定

1. 构建层次模型

综合评价的基础是建立多层次的指标体系, 本文在综合考虑能源、环境等多方面因素来构造指标体系, 同时根据层次分析法的技术过程建立了目标层、准则层和指标层。目标层通常在最高层, 它表示问题的目的或总目标; 准则层又称中间层, 它是总目标的具体体现, 是决策的具体准则; 在准则层的基础上更细化子准则层, 分为多个子目标, 既构成了指标层, 也是措施层或方案层。这样就形成了递阶层次的结构模型。

2. 建立两两比较的判断矩阵

递阶层次的结构模型建立之后, 接着就是在各层要素中进行两两

比较，构造判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ ，开始进行定量化分析。该矩阵表示相对于上一层指标，本层与它有关元素之间的相对重要性的比较，并将这些重要性化为具体标度值表示出来，构成判断矩阵，一般取表 3-2 所示的形式。

表 3-2 层次分析法重要性判断矩阵表

A	B ₁	B ₂	...	B _n
B ₁	a ₁₁	a ₁₂		a _{1n}
b ₂	a ₂₁	a ₂₂		a _{2n}
...				
B _n	a _{n1}	a _{n2}		a _{nn}

其中， a_{ij} 是两两特性比较的相对强度，表示本层元素 B_i 对于 B_j 的相对重要程度。即等级标度， $a_{ij}=w_i/w_j$ ， w_i 和 w_j 分别是准则层元素 B_i 和 B_j 相对重要性权值。为了使这些指标的相对重要性达到定量描述的结果，通常采用萨迪（T. L. Satty）提出的标度法。见表 3-3，也就是 1—9 标度方法。通过引入定量描述标度方法，达到对指标的重要性程度数值化的目的。

表 3-3 判断标度定义表

判断标度	含义
1	两个元素相比具有同等重要性
3	两个元素相比较，前一个元素比后一个元素稍微重要
5	前者比后者明显重要
7	前者比后者重要得多
9	前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示处在上述相邻两个标准间的中间标度
倒数	若两元素重要性之比为 a_{ij} ，那么 $a_{ji}=1/a_{ij}$

3. 指标的权重计算

在得出判断矩阵的基础上，可计算单项指标的权重。方法主要有和积法和方根法，经过计算得到判断矩阵的特征向量，即该矩阵中各评价指标的权重。

和积法的思想实际上是将A的列向量上元素归一化后取平均值作为A的特征向量。具体的计算步骤如下：

(1) 将判断矩阵的每一列元素作归一化处理，得元素的一般

项为：
$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (i, j=1, 2, \dots, n);$$

(2) 将每一列经归一化的判断矩阵按行相加，即：
$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n b_{ij};$$

(3) 将 \bar{w}_i 做规范化处理，得到：
$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i},$$
 则有特征向

量：
$$W = (w_1 \dots w_n)^T;$$

(4) 计算与特征向量对应的最大特征根 λ_{\max} 的近似值：

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{w_i}.$$

方根法的步骤与“和积法”大体一致，只是在第二步时，对归一化后的列向量按行“求和”改为按行“求积”，再取n次方根。

具体步骤为：

(1) 将矩阵的每一列向量归一化得：
$$\bar{w}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}};$$

(2) 对归一化以后的列向量各元素，按行“求和”并开n次

方根得：
$$\bar{w}_i = \left(\prod_{j=1}^n \bar{w}_{ij} \right)^{\frac{1}{n}};$$

(3) 再将 \bar{w}_i 归一化得：
$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i},$$
 得到特征向量近似值：

$$W = (W_1 \cdots W_n)^T;$$

(4) 计算最大特征根: $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum \frac{(\overrightarrow{AW})_i}{W_i}$, 作为最大特征根的近似值。

4. 判断矩阵的一致性检验

层次分析法中为了对指标排序结果的置信度进行检验, 保证矩阵在满足完全一致的条件。定义判断矩阵一致性指标 C. I. (consistency index), $C. I. = (\lambda_{\max} - n) / (n-1)$ 。

一致性指标 C. I. 越小, 则说明判断矩阵一致性越好, 而 C. I. 的值越大, 表明判断矩阵偏离完全一致性的程度越大。一般, 当判断矩阵的阶数 n 越大时, 认为造成的偏离一致性指标 C. I. 的值越大, 阶数越小, 偏离 C. I. 的值也越小。

因此对于多阶判断矩阵, 引入了平均随机一致性指标 R. I. (random index), 在检验判断矩阵的一致性时, 将 C. I. 与平均随机一致性指标 R. I. 进行比较, 得出一致性比率 C. R., 即: $C. R. = C. I. / R. I.$, 而 R. I. 只与判断矩阵的阶数相关。表 3-4 给出了 1-10 阶时各判断矩阵 R. I. 的值。

表 3-4 平均随机一致性指标的值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R. I.	0	0	0.58	0.89	1.12	1.24	1.35	1.40	1.45	1.49

一般对于三阶以上才需要检验一致性。当 $C. R. < 0.1$ 时, 可认为判断矩阵具有满意的一致性, 否则, 就需要调整和修正判断矩阵, 直到满意为止。

5. 层次综合排序与一致性检验

利用层次单排序的结果进一步加权综合,得到各子方案相对于总目标的重要性权数或优劣顺序。层次总排序就是使最底层的权重与中间层权重进行合成,形成对系统的权重,过程是自上而下逐层进行的。

总排序的一致性检验也是从高到低逐层检验,检验方法同单项指标一致性检验方法相同。当 C.R.总 < 0.10 时,认为层次总排序结果具有满意一致性。

3.2.5 综合评价指数计算和综合评判

将确定的单项指标对其总目标的权重的基础上,通过线性加权合成予以综合,进一步得出来评价落后产能的无量纲化综合评价指数。

定量化评价指标总分值由线性加权合成法计算得出,就是指标体系中各项指标评价指数与权重的乘积,即综合评价指数(P)。计算公式如下:

$$P = 100 \sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i$$

式中: P—综合评价指数;

n—定量化指标的项目总数 (n=1, 2, ... 4);

S_i—第i项评价指标的单项评价指数;

K_i—第i项评价指标的权重值。

对得出的火电企业落后产能的综合指数,设计一个评价指标的分级标准来判定企业所处的水平,讨论是否应该淘汰。如表 3-5 所示。

表 3-5 综合评价指数分级表

级别	指数值	评价
1	P > 90	国内先进水平
2	80 ≥ P ≤ 90	技术先进,可作为标杆企业
3	60 < P < 80	技术一般性企业,加强技术改造,给予淘汰警告。
4	P < 60	强制性淘汰

4 河南省火电企业试运行指标体系的评价和结果

对火电落后产能评价指标体系的理论和方法做了具体研究之后，为了运行该套体系，本文选取了河南省郑州市郑东新区热电有限公司进行了实证分析。

该公司是由河南盛润创业投资股份有限公司和郑州市热力总公司合作建设经营，注册资本 4.93 亿元。公司一期工程建设两台 200 兆瓦燃煤抽汽供热机组，总投资 19.71 亿元。其中 1#机组 2007 年 12 月并网发电，2#机组 2008 年 11 月并网发电，且 2#机组同月实现向郑州及郑东新区的首次供热。

郑东热电工程也同步设计安装高效烟气脱硫装置和烟气连续监测装置；煤灰处置采取了封闭式，电厂同步建设专门的排灰管道，将粉煤灰直接送入隔壁天瑞水泥厂进行综合利用；为节约水资源，电厂运行采取二次循环冷却方式。工程设计年发电、供热能力分别为 17.85 亿千瓦时和 486 万吉焦，设计供热面积 900 万平方米，是郑州市东区重要的热源点，将强力带动周围依靠热、电能源产业的企业投资和发展，发挥项目良好的社会效益、环保效益和经济效益。

4.1 企业基本概况

4.1.1 能源消费结构

在 09 年 2 月对郑州市郑东新区热电有限公司做能源审计中得到，该公司 2008 年购入能源有：原煤、柴油、电力和自来水。审计期企业经过加工转换产生二次能源及耗能工质种类：电力、蒸汽、黄河、深井水。

在 2008 年审计期企业总的消费能源情况是：从 1~12 月，企业

消耗外购原煤 390567.09 吨，电力 862.22 万 kWh，柴油 2633.02 吨，自来水 95.71 万吨，外购能源费用合计 18599.47 万元；外供电力 53160.97 万 kWh，热力 50 万 GJ；外购能源等价折标准煤 259993.32 吨，当量折标准煤 257953.19 吨，依综合能耗计算方法，扣除企业期内转供电力、热力后，企业综合能耗等价值为 27443.43 吨标准煤，当量值为 175387.37 吨标准煤。详见表 4-1 和 4-2。

表 4-1 企业购入能源消费结构表

能源名称	单位	实物量	当量值		等价值	
			tce	%	tce	%
原煤	t	390567.09	253056.95	98.10	253056.95	97.33
电力	万 kWh	862.22	1059.67	0.41	3017.77	1.16
柴油	t	2633.02	3836.57	1.49	3836.57	1.48
自来水	万 t	95.71	0	0	82.03	0.03
合计	tce		257953.19	100	259993.32	100

4.1.2 企业能耗与经济状况

依据综合能耗计算通则，将企业电力、热力作为外供能源扣减后计算期内：企业综合能耗等价值为 27443.43 吨标准煤，当量值为 175387.37 吨标准煤。万元工业总产值能耗等价值为 1.44 吨标准煤，当量值为 9.23 吨标准煤；万元工业增加值能耗等价值为 22.20 吨标准煤，当量值为 141.88 吨标准煤。

工业增加值是指工业企业在报告期内以货币形式表现的工业生产活动的最终成果，是企业生产过程中新增加的价值。

通过对该公司提供的《年度主要经济指标表》及相关数据汇总统

计，该公司在 2008 年，共计实现工业总产值 19002.27 万元，通过计算折算成现价工业增加值为 1236.20 万元，详见表 4-2。

表 4-2 工业增加值计算表

项 目	单位	2008 年企业数据
工业总产值	万元	19002.27
工业中间投入	万元	17685.5
应交增值税	万元	-80.57
工业增加值	万元	1236.20

4.1.3 指标体系的数据整理

1. 综合能源消耗指标

综合能耗指标按相关要求处理后数据以及基准值。见表 4-3。

表 4-3 综合能耗指标基准值及其标准值

	处理后数据	平均水平	最低限额
供电煤耗(gce/kW·h)	412.12	365	
供热煤耗(kgce/GJ)	59.23		≤43
发电水耗(kg/kWh)	4.21		≤4.8
综合厂用电率(%)	12.09	6.62	

注：1. 供电煤耗数据根据《常规燃煤发电机组单位产品能源消耗限额》(GB21258-2007)修正方法进行修订。

2. 企业从 08 年 11 月开始供热，对再热蒸汽量、主蒸汽量等指没有进行年度汇总统计，无法准确核定企业热电联生产状况。且企业年度供热量极少，因此供热煤耗采用测试计算数据来推算获得。

3. 基准值采用平均水平和最低限额两种方式。针对企业 08-09 年做的能源审计，河南省平均水平无法准确获得，因此采用的数值是根据《2009 年电力企业节能减排情况通报》提供的国家平均水平。(20 万千瓦水平)。

2. 生产规模指标

生产规模指标相关数据和基准，详见表 4-4。

表 4-4 生产规模基准值及所得数据

	企业数据	基准值
发电量(万 kWh)	59646.65	178500
供热量(万 GJ)	50	—

注：1. 发电量基准值根据该企业工程设计时的年发电量来确定。

2. 该热电厂供热能力设计值为 486 万 GJ。由于企业供热量没有计量，而是以结算时估值入账，部分表计损坏或缺失，统计数据的准确度与真实值有一定差异，故对于能耗指标的计算有一定的影响。同时考虑到所获得数据不全，暂定为供热量达到要求。

3. 设备运行指标

表 4-5 设备运行指标数据及评价方法

	企业数据	评价方法
锅炉热效率 (%)	89.56	检查热效率设计资料，不得低于设计值。 (92.15%)
空预器漏风率	—	管式空预器漏风系数，≤5%，板式≤7%，回转式≤10%。
汽轮机热耗率 (kJ/kWh)	7218.97	检查热效率设计资料，不得低于设计值。
真空度	3	真空下降速度≤0.4kPa/min
凝汽器端差	—	7℃≥端差≤9℃
给水温度 (℃)	230	不低于设计资料，保持高加器投入率在 95%以上
补给水率	—	补给水率小于 2%
入厂与入炉煤热值差 (kcal/kg)	200	热值差≤502kJ/kg

注：1. 各项指标的评定依据参照《火力发电厂节约能源规定》和 DL/T1052-200《节能技术监督导则》来确定。

2. 锅炉额定蒸发量下设计热效率为 92.15%

3. 真空度指标，企业机组设计真空度为 5.4，实际运行数据为 3，

4. 机组设计给水温度为 244℃，实际运行数据为 230℃。

5. 空预器漏风率、凝汽器端差锅炉补给水率这三项指标，虽然指标体系中规定有此项考核指标，但审计中对空预器和凝汽器未做考察，对锅炉补给水量也没有进行汇总统计，导致数据无法获得。

6. 企业锅炉设计用煤为 5000kcal/kg，进厂控制指标为 4500kcal/kg，在数据分析中发现数月份的进厂煤平均发热量在 4300kcal/kg 左右。计算可得出入厂煤与入炉煤热值差为 200kcal/kg。乘以转化系数 4.184，转化为标准单位为 836.8kJ/kg。

4 环境污染物指标

表 4-6 环境污染指标数据及排放限额

	标准化数据	排放限额
烟尘 (mg/m ³)	46	最高排放浓度为 50-200mg/m ³
二氧化硫 (mg/m ³)	26	最高排放浓度不得超过 400mg/m ³
氮氧化物 (mg/m ³)	430	根据煤的挥发分来规定排放限额为 1000-450 mg/m ³
二氧化碳排放量 (t)	45.4 × 10 ⁶	
废水悬浮物 SS	—	根据不同的污水去向, 执行排放浓度限额为: 70、150、400mg/L
硫化物	—	根据《污水综合排放标准》GB8978-1996

注: 1. 大气污染物指标限额根据《火电厂大气污染物排放标准》GB13223-2003 中相关规定来确定。

2. 对于二氧化碳排放量, 国家暂且没有相关排放限额和计量, 因此需要根据公式进行估算。(原煤 390567.09 吨*标准煤系数 1.229*二氧化碳排放系数 94600kgCO²/TJ)

3. 水污染指标根据《污水综合排放标准》GB8978-1996 相关规定来确定。

4. 数据获得采用环境监测站提供的该企业 09 年大气排放年平均浓度, 但是水污染数据尚且无法获得。

5 经济效益指标

表 4-7 经济效益指标数据与基准值

	企业数据	基准值
企业负债率	—	
劳动生产率 (元/人·年)	49448	267562.5
销售利润率		

注: 1: 劳动生产率根据公式计算估算得出。用工业增加值 1236.20 万元/就业人员人数 250 人*100%。

6 技术先进性指标

表 4-8 技术先进性指标与评定方法

	评价结果	评价方法
火电机组尖端设备水平	3	定性评分方法, 见指标说明
单个机组发电装机容量	1	定性评分方法, 见指标说明

注: 1. 以亚临界机组 30 万千瓦以上作为标准, 评定分数为 2 分。

4.2 落后产能的综合评价

4.2.1 单项评价指标计算

按照上一章单项评价指数的计算方法, 根据获得的标准数据和相

对应的基准值，现将各评价指标做单项评价指数。见表 4-9。

表 4-9 单项评价指数表

评价指标	单项评价指数
供电煤耗	0.885664
供热煤耗	0.725983
发电水耗	0.877083
综合厂用电率	0.54756
发电量	0.334155
供热量（热电比）	0.0278
锅炉热效率	0.971894
空预器漏风率	0.0076
汽轮机热耗率	0.0597
真空度	0.75
凝汽器端差	0.0164
给水温度	0.942623
补给水率	0.0248
入厂与入炉煤热值差	0.599904
烟尘	0.92
二氧化硫	0.065
氮氧化物	0.955556
二氧化碳排放量	0.0079
废水悬浮物 SS	0.0019
硫化物	0.0014
企业负债率	0.0254
劳动生产率	0.0028
销售利润率	0.0061
火电机组尖端设备水平	1
单个机组发电装机容量	0.5

注：没有数据支持的指标，按照刚达标，即标准 1 来计算。

4.2.2 权重的确定

在建立的指标体系基础上，按照五级标度法，逐步构造各层次的判断矩阵。

● 构建 B 层判断矩阵，A-B

A	B1	B2	B3	B4	B5	B6
B1	1	4	3	5	7	6
B2	1/4	1	1/3	5	6	3
B3	1/3	3	1	6	5	3
B4	1/5	1/5	1/6	1	2	1/3
B5	1/7	1/6	1/5	1/2	1	1/5
B6	1/6	1/3	1/3	3	5	1

● 构建 C 层判断矩阵，B1-C

B1	C1	C2	C3	C4
C1	1	6	5	3
C2	1/6	1	1/3	1/5
C3	1/5	3	1	1/6
C4	1/3	5	6	1

● 构建 C 层判断矩阵，B2-C

B2	C6	C7
C6	1	5
C7	1/5	1

● 构建 C 层判断矩阵，B3-C

B3	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
C8	1	7	2	2	3	5	4	8
C9	1/7	1	1/6	1/5	1/4	1/3	1/5	3
C10	1/2	6	1	4	5	5	3	6
C11	1/2	5	1/4	1	3	4	5	6
C12	1/3	4	1/5	1/3	1	1/3	1/2	5
C13	1/5	3	1/5	1/4	1/3	1	1/3	6
C14	1/4	5	1/3	1/5	2	3	1	5
C15	1/8	1/3	1/6	1/6	1/5	1/6	1/5	6

● 构建 C 层判断矩阵，B4-C

B4	C16	C17	C18	C19	C20	C21
C16	1	1/2	5	3	6	6
C17	2	1	6	5	7	7
C18	1/5	1/6	1	1/3	4	5
C19	1/3	1/5	3	1	7	7
C20	1/6	1/7	1/4	1/7	1	2
C21	1/7	1/7	1/5	1/7	1/2	1

● 构建 C 层判断矩阵, B5-C

B5	C22	C23	C24
C22	1	7	6
C23	1/7	1	1/3
C24	1/6	3	1

● 构建 C 层判断矩阵, B6-C

B6	C25	C26
C25	1	1/5
C26	5	1

采用和积法通过判断矩阵计算各指标的相对权重。利用 excel 工具实现各矩阵的计算。如图 4-1, 对 A-B 层判断矩阵的计算。

判断矩阵A-B							
	1	4	3	5	7	6	
	0.25	1	0.333333	5	6	3	
	0.333333	3	1	6	5	3	
	0.2	0.2	0.015152	1	2	0.333333	
	0.142857	0.166667	0.2	0.5	1	0.2	
	0.166667	0.333333	0.333333	3	5	1	
	归一化						求和
	0.477816	0.45977	0.614525	0.243902	0.269231	0.44335	2.508594
	0.119454	0.114943	0.068281	0.243902	0.230769	0.221675	0.999024
	0.159272	0.344828	0.204842	0.292683	0.192308	0.221675	1.415607
	0.095563	0.022989	0.003104	0.04878	0.076923	0.024631	0.271989
	0.068259	0.019157	0.040968	0.02439	0.038462	0.014778	0.206015
	0.079636	0.038314	0.068281	0.146341	0.192308	0.073892	0.598771
再次归一	特征向量						
	0.418099						
	0.166504						
	0.235934						
	0.045332						
	0.034336						
	0.099795						

图 4-1 A-B 层判断矩阵的求解过程

所求得特征向量即为 B 层元素的权重值。根据上述方法以此计算三级指标的各项权重。结果见表 4-10。

表 4-10 指标体系各层次的权重值

准则层		指标层	
准则层 B	权重 W_i	指标层 C	权重 W_i
综合能源消耗指标 B1	0.418	供电煤耗 C1	0.537
		供热煤耗 C2	0.060
		发电水耗 C3	0.118
		综合厂用电率 C4	0.285
生产规模指标 B2	0.167	发电量 C5	0.833
		供热量 C6	0.167
设备运行指标 B3	0.236	锅炉热效率 C7	0.273
		空气预热器漏风率 C8	0.032
		汽轮机热耗率 C9	0.253
		凝汽器真空 C10	0.176
		凝汽器端差 C11	0.069
		给水温度 C12	0.056
		补给水率 C13	0.110
		入厂与入炉煤热值差 C14	0.035
环境污染物指标 B4	0.045	烟尘 C15	0.236
		二氧化硫 C16	0.419
		氮氧化物 C17	0.097
		二氧化碳排放量 C18	0.175
		废水悬浮物 C19	0.043
		硫化物 C20	0.032
经济效益指标 B5	0.034	企业负债率 C21	0.739
		劳动生产率 C22	0.082
		销售利润率 C23	0.179
技术先进性指标 B6	0.100	火电机组尖端设备 C24	0.1667
		单机组发电装机容量 C25	0.833

将两两因素相比较得到的权重结果，做一致性检验，保证判断矩阵的合理性。

B层判断矩阵A-B: $\lambda_{\max}=6.397$ C.I.= $|\lambda_{\max}-n|/n-1=0.0795$

查 R.I.=1.25 C.R.=C.I./R.I.=0.06 < 0.1 一致性检验通过。

C层判断矩阵B1-C: $\lambda_{\max}=4.200$ C.I.= $|\lambda_{\max}-n|/n-1=0.0696$

查 R.I.=0.89 C.R.=C.I./R.I.=0.078 < 0.1 一致性检验通过。

C层判断矩阵B2-C: $\lambda_{\max}=2$ 因为 $n < 3$ 阶 所以具有一致性

C层判断矩阵B3-C: $\lambda_{\max}=8.45$ C.I.= $|\lambda_{\max}-n|/n-1=0.0653$

查 R.I.=1.4 C.R.=C.I./R.I.=0.047 < 0.1 一致性检验通过。

C层判断矩阵B4-C: $\lambda_{\max}=6.404$ C.I.= $|\lambda_{\max}-n|/n-1=0.080$

查 R.I.=1.25 C.R.=C.I./R.I.=0.065 < 0.1 一致性检验通过。

C层判断矩阵B5-C: $\lambda_{\max}=3.102$ C.I.= $|\lambda_{\max}-n|/n-1=0.051$

查 R.I.=0.58 C.R.=C.I./R.I.=0.088 < 0.1 一致性检验通过。

C层判断矩阵B6-C: $\lambda_{\max}=2$ 因为n=2 所以具有一致性

计算所得 C.R. 均小于 0.1, 故各层次判断矩阵具有满意一致性, 则权重有效。

汇合各项指标得到对于总目标的权重。结果见表 4-10

表 4-11 C-B 层层次总排序

B 层	B1	B2	B3	B4	B5	B6	总权重
C 层	0.418099	0.166504	0.235934	0.045332	0.034336	0.099795	
C1	0.536566	0	0	0	0	0	0.224338
C2	0.060477	0	0	0	0	0	0.025285
C3	0.11765	0	0	0	0	0	0.049189
C4	0.285307	0	0	0	0	0	0.119287
C5	0	0.833333	0	0	0	0	0.138753
C6	0	0.166667	0	0	0	0	0.027751
C7	0	0	0.273386	0	0	0	0.064501
C8	0	0	0.032152	0	0	0	0.007586
C9	0	0	0.253204	0	0	0	0.059739
C10	0	0	0.1755	0	0	0	0.041407
C11	0	0	0.069465	0	0	0	0.016389
C12	0	0	0.056059	0	0	0	0.013226
C13	0	0	0.10518	0	0	0	0.024816
C14	0	0	0.035054	0	0	0	0.00827
C15	0	0	0	0.235771	0	0	0.010688
C16	0	0	0	0.418548	0	0	0.018973
C17	0	0	0	0.096648	0	0	0.004381
C18	0	0	0	0.174849	0	0	0.007926
C19	0	0	0	0.042553	0	0	0.001929
C20	0	0	0	0.031631	0	0	0.001434
C21	0	0	0	0	0.739394	0	0.025388

C22	0	0	0	0	0.081818	0	0.002809
C23	0	0	0	0	0.178788	0	0.006139
C24	0	0	0	0	0	0.166667	0.016633
C25	0	0	0	0	0	0.833333	0.083163

4.2.3 综合评价

按照综合评价指数的计算公式，将单项指标评价指数乘以各指标相对的权重，得到综合评价指数。

该热电企业落后产能综合评价指数 $P=100(\text{单项评价指数} \times \text{权重})$
 $=0.738 \times 100 = 73.8$

对比综合评价指数分级表，郑东新区热电厂处于三级水平，给予淘汰警告。该企业需要加强技术改造，否则就要列入被淘汰企业行列。

4.3 存在的问题及建议

在对郑东新区热电厂落后产能进行评价的同时，也可以看出该热电厂主要的问题在于能源消耗与机组的先进性。经过考察，该公司为2007年新建企业，所用设备及工艺均符合国家相关产业政策及技术标准，对照国家发展改革委《产业结构调整指导目录》，通过核查企业工艺、设备台帐和现场调查，该企业无国家明令淘汰设备及工艺。但是综合评分较低的原因主要还是在能源利用和能效方面。

可以看出，该公司机组运行状况与同类机组相比，还有较大差距，尤其该公司作为新建企业，其能耗状况与新建企业能耗准入值也有较大出入。还有在进厂煤的管理上，该公司并未对原煤的进厂管理流程制订严格的管理程序，导致进厂煤质与入炉煤热值数值差距很大。在工艺运行控制方面，一些设备小指标，如，主蒸汽温度、再热蒸汽温度、主蒸汽压力、排烟温度等于当初工程设计的值也有相关的偏差，

影响了机组的热耗量，增加了能源消费量。

同时在统计指标数据时发现缺少了部分主要指标的考核，为此建议企业在制订能源消耗定额考核制度时，不仅要借鉴同行业较好的做法，更要结合企业自身实际情况来制订；考核指标的制订要做到细化、合理，对照四级技术经济指标及以下所包含的各项小指标，进一步完善企业小指标考核体系，增设能够反映企业能耗水平的各项能耗考核指标。

对于发电企业而言，原煤是其最主要的能源消耗，也是发电过程中消耗的唯一物料（不考虑辅料），原煤进出环节的监督管理是否到位、方法是否科学，对企业生产成本及最终经济效益的影响有着举足轻重的作用。因此无论从物料管理的角度，还是从节能降耗的角度，都应该对原煤实行严格、科学的管理。

在技术方面，针对机组目前的高能耗，进一步加强技术的改进，如对油枪改造、电动给水泵改造，主要辅机的变频改造，磨煤系统的改造等，减少生产过程中能源消耗；通过炉渣显热的回收，连排余热回收等项目，回收工艺过程产出余能资源。

5 总结

本文从技术性的角度，结合火电工艺的特点，综合考虑能耗、设备、环境污染等各个因素，建立了一套考察技术先进性的定量评价体系，作为火电落后技术的标准。

第一，本文提出了对落后产能的淘汰运用一套完整的指标体系考核的方式，为决策者制定淘汰目标提供支持。同时可对需要淘汰的企业进行排序，更合理、有序的淘汰落后火电。

第二，通过对总目标的分析，构建了完整的、有层次的指标体系，并运用一整套多目标决策方法来评价该套体系。同时运用定量与定性相结合的层次分析法对指标赋权重，使影响产能落后的因素更加清晰，企业可以及时发现问题来避免淘汰，达到了市场化目的。

第三，指标体系和多目标评价方法的选择，有助于今后的深入研究。可根据实际情况和未来的需求，增加和删减评价指标，开放性较好。

第四，在一套落后产能的技术标准的基础上，退出机制还需要配套的一些约束机制、政策激励机制和监督检查机制。同时在淘汰落后产能的同时，还会产生一系列的社会影响，如企业债务、固定资产的处理和处置以及职工利益等问题。虽然我国目前采用的是强制的行政机制，但是，就市场经济而言，淘汰企业落后产能最基本、最有利的机制还是健全的市场经济秩序。如同落后产能作为一个市场上的产品，产品质量不达到行业平均水平，同时生产者与购买者之间的信息对称，那么，落后的企业就会因为生产的产品质量差，而被市场所淘汰。而落后产能退出机制的核心就是长效机制，而长效机制的本质即生产对企业而言无利可图，因此市场便没有了“落后产能”。