

电气系统



节能增效解决方案

——第一届中国大学生施耐德电气杯竞赛方案精选

The 1st Schneider Electric Cup Energy Efficiency Students Contest Proposals

● 施耐德电气大学项目部 组编



电气系统 节能增效解决方案

——第一届中国大学生施耐德电气杯竞赛方案精选
The 1st Schneider Electric Cup Energy Efficiency Students Contest Proposals

● 施耐德电气大学项目部 组编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电气系统节能增效解决方案：第一届中国大学生施耐德电气杯竞赛方案精选 / 施耐德电气大学项目部组编
— 北京：人民邮电出版社，2009.11
ISBN 978-7-115-21517-8

I. ①电… II. ①施… III. ①电气设备—节能—研究
②电气设备—系统效率—研究 IV. ①TM92

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第169635号

内 容 提 要

本书是在第一届中国大学生施耐德电气杯竞赛优秀作品的基础上组织编写的，内容包括工业、农业、生活、建筑、能源管理等多个领域的电气系统节能增效方案。书中详细介绍了所选编方案的系统组成、实现过程、创新之处、节能效果以及应用前景，具有较强的创新性、综合性和开放性，并且大都具备相当的产业化和市场化基础。

本书适合节能增效领域的技术人员以及从事电气、电子、自动化等技术工作的人员阅读，也可作为高校开展创新实践活动的参考书。

电气系统节能增效解决方案

——第一届中国大学生施耐德电气杯竞赛方案精选

-
- ◆ 组 编 施耐德电气大学项目部
责任编辑 刘 朋
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：14.5 彩插：2
字数：349 千字 2009 年 11 月第 1 版
印数：1—4 000 册 2009 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21517-8

定价：30.00 元

读者服务热线：(010)67129264 印装质量热线：(010)67129223
反盗版热线：(010)67171154



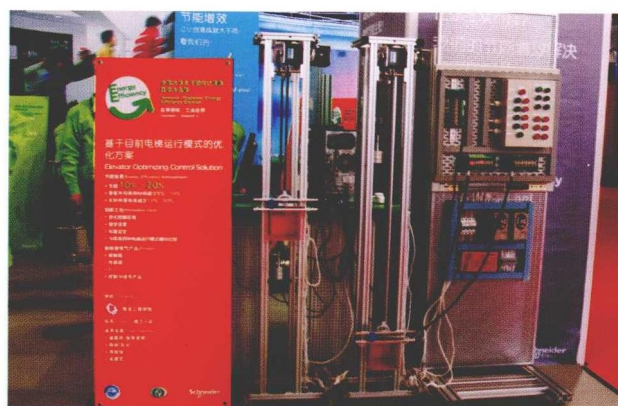
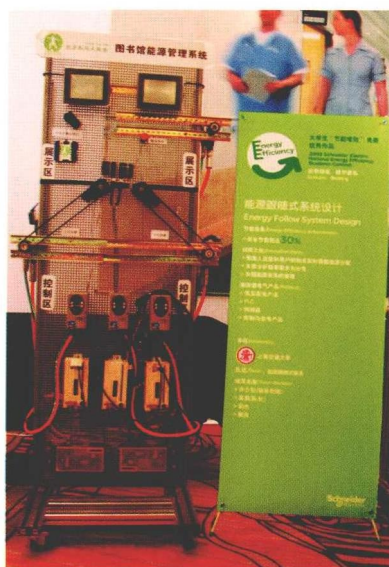
在北京展览馆“2009 中国国际节能减排和新能源科技博览会科普活动日”举行的决赛颁奖仪式



施耐德电气 CEO 赵国华先生、施耐德电气节能增效与解决方案高级副总裁杜华君先生在大学生竞赛展区内听取参赛学生的介绍



大学生节能增效创新方案的设计者在“2009 中国国际节能减排和新能源科技博览会”现场接受北京电视台采访



参赛作品，左上为“能源跟随式系统设计”，右上为“火力发电厂节能增效评价及管理优化系统”，下为“基于目前电梯运行模式的优化方案”



施耐德电气中国副总裁纪华德先生、施耐德电气市场开发部总监 David Bertet 先生与决赛评委和学生合影



参赛队员在比赛封闭现场进行比赛，现场工作内容包括开箱、布局、接线、调试和最终演示说明



由施耐德电气专家、科研单位专家和大学教授组成的决赛评审团在比赛现场听取参赛选手的陈述和演示



决赛现场，评审专家对参赛作品的精彩点评赢得了同学们的热烈掌声



施耐德电气中国副总裁纪华德先生宣布来自清华大学的
Mayflower 代表队荣获一等奖



比赛过程间隙，同学们在施耐德电气组织的团队体验游戏中分享
团队的荣誉与快乐



比赛结束后，同学们抑制不住兴奋的心情纷纷与自己的作品合影

编 委 会

主 编：王凯悦 鹿大汉

副主编：郭晓波

委 员：邹定国 姜 艺 朱 婧 徐亚敏 吴传涛

王本燕 王 健 史燕坤 徐 义 汪 晖

张 月 刘 震

序 一

近年来，中国政府始终坚持可持续发展战略，坚持节约资源、保护环境的基本国策，在全国各地各部门的共同努力下，节能减排工作取得了重大进展。但全球气候变化的形势和国际金融危机的影响依然十分严峻，实施节能减排任重道远。为此，我们要扎扎实实地开展节能减排全民行动，坚决打好节能减排攻坚战。

大学生是一个朝气蓬勃的团体，肩负着祖国的未来。为增强全国大学生的节能环保意识、科技创新意识和团队协作精神，提高大学生在节能减排领域的创新设计能力、工程实践能力和社会调查能力，中国可持续发展研究会、中国发明协会和施耐德电气（中国）投资有限公司共同发起了 2009 年全国大学生施耐德电气杯节能增效创新大赛，旨在鼓励和发挥大学生参与节能增效的积极性与创造力，增强可持续发展意识和社会责任感，为科技创新、节能增效的进一步推广和落实做出积极的贡献。

此次活动有来自全国 21 所高校的 114 支代表队参赛，最后选拔出 17 支优胜队伍进入决赛。《电气系统节能增效解决方案——第一届中国大学生施耐德电气杯竞赛方案精选》就是在收集、整理此次大赛中涌现出来的优秀作品的基础上组织编写的，涉及工业、农业、生活、建筑、能源管理等多个领域的电气系统节能增效方案。每一个方案都闪烁着新一代大学生关注节能的智慧火花，并且大都具备相当的产业化和市场化基础。我们希望本书既能为节能增效领域内的技术人员提供内容丰富的“金点子”，也能成为高校开展创新实践活动的一本有价值的参考书。

王凯悦

中国可持续发展研究会副秘书长

序 二

首先，我要代表施耐德电气（中国）投资有限公司感谢中国国家科技部和人民邮电出版社的大力支持，以使我们能够将第一届全国大学生施耐德电气杯节能增效创新大赛精选案例汇编成册，进一步普及、大力推广主动的节能增效理念，影响并帮助更多的人了解节能增效就在身边：



众所周知，能源是经济繁荣的基础。目前全世界都共同面临能源紧缺的局面，这就促使节能增效成为必然，而节能需要创新的理念。作为全球能效管理专家，施耐德电气公司凭借多年来在能源领域的丰富经验，通过对能源的使用进行测量和监控来实现主动的节能增效，将节能理念贯穿于能源生产和使用的各个环节，使得节能效果持续化。

从 1987 年在华投资开设第一家合资厂开始，22 年的时间让施耐德电气公司深深扎根于中国。我们不仅与中国经济共同发展，同时也一直关注中国的能源问题，并且为之努力。我们认为提高能效是企业的使命和社会责任，也是帮助中国实现可持续发展的重要环节。目前施耐德电气公司在中国拥有 100 多套节能增效解决方案以及 300 多种节能增效产品，在技术层面上为社会的节能增效提供了有力保障，从而达到“善用其效，尽享其能”的目标。

不仅如此，为了支持中国的可持续发展，施耐德电气公司专门成立了中国高校合作部门，支持中国高等教育事业，在学术界传达和推广先进的技术和理念。在 3 年多的时间内，施耐德电气公司与中国 20 余所高校建立起了长期共赢的合作关系，投资逾 1 500 万元，建立了 14 个高校联合实验室，每年都有大量的高校学子在这些实验室中进行培训和科研开发工作。

2009 年第一届中国大学生施耐德电气杯节能增效创新大赛举办的目的也是希望借此机会给广大高校学子提供一个平台，使其用自己学到的知识为社会的能源问题提供自己的解决方案，贡献自己的力量。我们欣喜地看到，中国青年对知识的热忱和社会责任感都在这次大赛中得到了完美的体现。

我知道中国有句古话：“取之有度，用之有节，则常足。”为了大家的明天，节能增效需要你和我们共同来参与。未来，我们也将继续支持中国年轻一代对于节能增效问题的关注和投入，提供资源帮助大学生投身于这项对世界发展至关重要的事业中来。

纪华德（Noel Girard）

施耐德电气（中国）投资有限公司副总裁

前 言

能源紧缺与环境恶化已经成为全球面临的最大问题。中国经济的持续高速增长成为过去几年中全球经济的最大亮点，但同时中国经济面临的能源供应和环境保护的巨大压力与挑战也是前所未有的。

2008—2009年，中国可持续发展研究会、中国发明协会和施耐德电气（中国）投资有限公司共同举办了第一届全国大学生施耐德电气杯节能增效创新大赛，通过评选节能增效领域的技术创新方案，对优秀者进行奖励，旨在为全国大学生提供一个发挥创新能力和团队协作精神的舞台，并为中国的节能增效早日花繁大地做出有益的贡献。

节能增效主题竞赛的参赛对象为普通高校全日制在校学生（含专科生、本科生以及硕士、博士研究生），参赛选手以不超过4人的小组形式参加（3名队员+1名指导老师）。比赛分初赛和决赛两个阶段进行。在初赛阶段，要求各参赛队伍依据大赛提供的设备清单，在规定时间内设计出一个可以用清单中的部分或全部设备实现的节能增效应用方案。在决赛阶段，优选出初赛方案，并集中进行为期三天的现场决赛，要求决赛队伍在规定时间内运用大赛提供的实际设备搭建完成方案中的电气及控制部分，并进行系统展示及现场陈述。

此次大赛的特色体现在以下3个方面。

1. 创新性。大赛组委会并不限定节能增效参赛方案的具体方向和内容，而是给予参赛学生充分的创新和创意空间。从温室大棚节能到火力发电厂能源管理，从油田抽油机节能改造到动态无功补偿，从道路智能低压照明控制系统到楼宇节能系统，参赛学生通过认真观察和工程体验提出了100多份创新提案，涉及工业、农业、照明、生活、建筑、能源管理等多个领域。

2. 综合性。不同于单纯的论文竞赛或动手竞赛，本次竞赛考评和锻炼的是学生的综合素质。初赛方案要求学生参赛方案所在行业进行分析，并详细介绍系统组成、实现过程、创新之处、节能效果以及应用前景，锻炼了学生的创新能力、技术理解能力、科技论文写作能力以及市场意识。而决赛阶段要求学生运用实际设备在现场实现节能方案，自行设计展板，并进行现场陈述和答辩，充分锻炼了学生的动手能力、语言表达能力和团队协作能力。

3. 开放性。尽管大赛提供的设备清单是施耐德电气公司的产品，但这些设备具有标准化和开放性的特点，采用其他厂家生产的符合国家标准或行业标准的同类产品，依然能够保证

目 录

火力发电厂节能增效评价及管理优化系统

参赛队员：阳岳希 徐乾耀 指导老师：于庆广1

能源跟随式系统设计

参赛队员：吴昊 宋杰 黄润 指导老师：许少伦15

低压电动机负序无功不平衡补偿装置的研究与设计

参赛队员：周浩 张瑜 赵吴鹏 指导老师：尹忠东29

抽油机节能增效方案设计

参赛队员：孙凯 申伟 方化潮 指导老师：赵仁德50

谐波治理和动态无功补偿综合设备平台

参赛队员：韩杨 苏广宁 刘心旸 指导老师：姚钢67

主动式建筑绿色节能控制——公共厕所的绿色节能增效技术

参赛队员：梁玉杰 郑文栋 姚林朋 指导老师：姜建民100

基于目前电梯运行模式的优化方案

参赛队员：杨林 周裴俊 吴拥军 指导老师：盛国良115

基于施耐德电控系统的现代集装箱自动化码头的智能化堆场

参赛队员：张武斌 叶礼清 顾雪霏 指导老师：孙培德127

温室大棚太阳能自控保温系统方案

参赛队员：丛文卓 刘震 刘金鹏 指导老师：吴东升146

燃气灶台自动点火装置

参赛队员：耿德民 樊家宝 崔晓文 指导老师：陈亚林155

节能型电源管理系统

参赛队员：王鹏 马平川 指导老师：于庆广162

一种高性价比的家用节能空调器设计方案

参赛队员：徐然 张敏 徐阳 指导老师：刘晋170

舒适型非人员集中场所照明节电控制方案

参赛队员：李远达 陈晓蕾 宿联启 指导老师：李伟 184

教学楼照明管理节能方案

参赛队员：蒋晓峰 丁立刚 包桓铭 194

立交桥路灯控制方案

参赛队员：王彦 樊祥春 指导老师：左为恒 203

道路照明中的智能低压照明控制系统

参赛队员：黄智 胡钰 徐金全 指导老师：张俊民 213

附录：施耐德电气中国大学项目介绍

火力发电厂节能增效评价及管理优化系统

索引

- 1 引言
 - 2 火力发电厂节能增效评价及管理优化系统概述
 - 3 火力发电厂节能增效评价及管理优化系统的具体说明
 - 3.1 节能增效评价系统
 - 3.2 节能增效管理优化系统
 - 4 系统整体方案简述
 - 5 节能增效评价及管理优化系统的工业可行性
 - 6 结论
- 参考文献

参赛学校：清华大学

参赛方队：Mayflower 队

参赛队员：阳岳希 徐乾耀

指导老师：于庆广

1 引言

火力发电厂是完成能量转换的工厂，它的产品是无形的电力。发电厂除了完成主管部门下达的发电量任务外，必须考虑降低成本，实施节能增效，否则势必出现一系列的效益问题。在 2008 年这样的问题已经出现，可以说目前是我国火电行业历史上经营最困难的时期，全国 90% 以上的火力发电企业亏损严重。根据国家统计局发布的数据，2008 年前三季度火电行业亏损额高达 250 亿元。

我国火电行业节能空间巨大。有经济技术指标表明 2007 年我国火力发电厂能耗水平比国外高 11.2%，这意味着煤炭资源的过度消耗，既是对国家资源的浪费，又是巨大的经济损失。估计我国火力发电厂 1 年发电及热电联产要多消耗标准煤约 1.2 亿吨，按市价每吨标准煤 600 元左右计算，直接经济损失约为 720 亿元。可见，振兴我国火电行业，做好节能增效工作是关键所在。

2 火力发电厂节能增效评价及管理优化系统概述

火力发电厂节能增效评价及管理优化系统提出了一套评价火力发电厂节能水平的优化管理系统，可结合发电厂现有的 DCS 等系统来有效评价发电厂的节能空间，并给出切实可行的节能建议方案。

火力发电厂节能增效评价及管理优化系统是针对我国火力发电厂的现状而开发的，致力于为我国所有火力发电厂提供可靠的能源监管服务和全面且具有针对性的协助实现节能目标的控制解决策略，促进火电行业在节能增效以及电力和自动化控制领域内的创新。

该系统通过节能增效评价系统部分来确定火力发电厂的节能潜力，准确找出差距所在（即节能增效的关键所在），通过节能增效管理优化来降低能耗，提高能源利用效率，降低能源成本以及提供更高的可靠性和稳定性。节能增效评价体系主要含有以下几大重要的节能增效指标：供电标准煤耗，厂用电率，入厂、入炉煤热值差，非停次数，等效可用系数，飞灰可燃物，补水率，脱硫效率，总发电量等。对于系统所覆盖的火力发电厂的机组设备采用统一的方式进行测量和分析计算，保证了数据之间的可比性，对不同的火力发电厂及不同的机组选取数据库内不同的模型和标准来比对分析，准确发现不同的火力发电厂节能增效工作中所存在的差距，即其节能点所在，进而提供相应的节能改造建议及方案，同时可以进行经济效益预期估算，最终让各个火力发电厂实现现役机组通过控制策略或者部分节能改造以一种可持续发展的方式获得最大的综合经济效益。

此系统综合利用信息、通信和计算机技术，为火力发电厂的高效运作、科学管理以及过程优化提供综合的手段，促进火力发电厂的科学管理和自动化水平的提高；同时为政府提供节能监督的依据，有助于我国节能法律法规体系和市场经济体制的不断完善。

3 火力发电厂节能增效评价及管理优化系统的具体说明

根据国家电力监管委员会会同中国电力企业联合会对 2008 年全国大型发电企业有关情况进行的调查统计和分析，在我国 30 家发电公司中（火电生产企业 26 家），有 23 家火电生产供电煤耗水平均低于全国平均水平，最低为申能（集团）有限公司（306g/kWh），中央企业中供电煤耗水平最低的前三家为神华集团有限责任公司（329g/kWh）、中国华能集团公司

(334g/kWh) 和中国大唐集团公司 (335g/kWh)。

在拥有 60 万千瓦及以上火电机组的 20 家企业中,大部分企业的 60 万千瓦及以上大机组平均供电煤耗水平低于 2007 年全国同等级机组平均供电煤耗水平 (324g/kWh), 其中最低的为 305g/kWh。在五大发电公司中, 除中电投集团公司大机组供电煤耗水平高于 2007 年全国同等级大机组平均煤耗水平外, 其余均低于或等于全国同等级大机组平均供电煤耗水平。

可以看到, 在政府的指导下, 火力发电厂在节能工作方面取得了一定的成绩, 但是整体上依然存在着很多问题, 如能源利用率低, 经济效益差, 特别是节能技术水平和管理水平低, 缺乏科学管理依据和手段。这些都阻碍了节能工作的开展。利用具有实时参数测量记录以及节能增效评价和管理优化协助的系统来有针对性地解决这些问题, 可以全面实现火力发电厂的节能增效。下面对本系统的两个组成部分, 即节能增效评价系统和节能增效管理优化系统逐一进行说明。

3.1 节能增效评价系统

3.1.1 节能增效评价体系的作用

该评价系统的作用在于准确发现不同的火力发电厂节能增效工作中所存在的差距, 即其节能点所在, 进而提供相应的节能改造建议及方案, 最终让各个火力发电厂的现役机组通过控制策略或者部分节能改造以一种可持续发展的方式获得最大的综合经济效益。此评价体系将促进火力发电厂的科学管理和自动化水平的提高, 提供节能监督, 有助于我国节能法律法规体系和市场经济体制的不断完善。

3.1.2 节能增效评价系统的基础和条件

目前, 我国现行节能认证制度的考核主要集中在电气设备本身, 仅以发电产品的安全运行、产品本身的节能降耗、环保优化和降低成本为重点, 而对设备在火力发电厂实际使用的生命周期中设计、制造、使用及报废阶段的节能情况缺乏完善的评价体系。

本节能增效评价系统着眼于火力发电厂整体的持续发展和综合社会效益的提高, 进行全厂能量平衡和水平衡的诊断工作, 定量确定全厂能耗分布, 提高各主要能耗指标的计量准确程度, 加强和完善各主要能耗的统计管理, 查找煤、油、汽、水等的损失, 挖掘节能潜力, 制定和落实节能技术措施。该系统收集国内外火力发电厂的先进节能技术和资料, 通过建立节能发电产品及企业综合评价模型和节能系统数据库、标准资料数据库来得出一个可靠的节能增效指标值, 实施系统节能认证评价, 并通过节能评价系统认证的不断改进和提升, 促进降低能源消耗, 提高发电效率。

3.1.3 节能增效评价系统的实现

1. 系统结构

该系统采用以太网作为信息传递和数据传输的媒体, 网络连接设备选用网络交换机, 利用计算机信息技术读取全厂所有的含有微机控制系统的系统过程数据或者系统自身所含有的测量仪器的测量参数。具体来讲, 包括以下系统的过程数据: DCS (包括公用 DCS)、输煤