



中国石油和化学工业行业规划教材

高职高专化工技术类



化工节能减排技术

HUAGONG JIENENG JIANPAI JISHU

李平辉 主编 丁志平 郑惠仪 主审

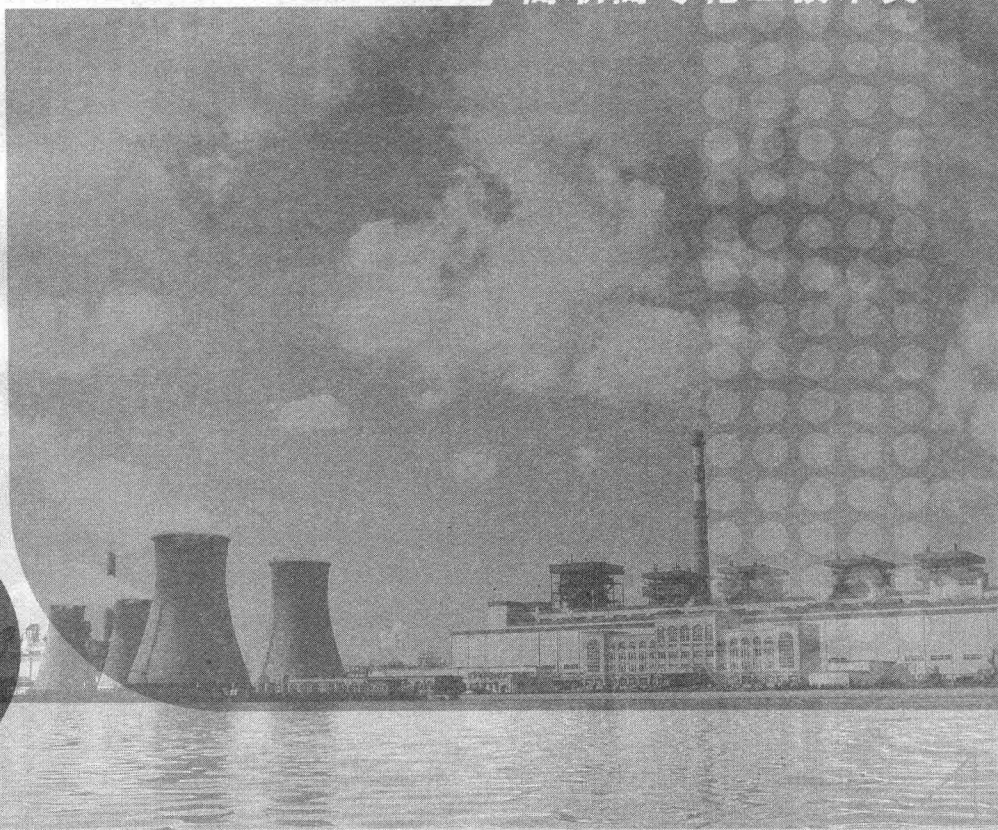


化学工业出版社



中国石油和化学工业行业规划教材

高职高专化工技术类



化工节能减排技术

李平辉 主编 丁志平 郑惠仪 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材共分五个单元, 主要内容包括认识化工节能减排、化工节能基础、化工单元节能减排技术及分析、化工企业节能减排案例分析、化工企业“三废”处理和清洁生产技术等。教材编写以化工生产现状的节能减排工作为重点, 突出工学结合, 注重学生能力(技能)训练, 优化整合课程内容, 使之成为学生掌握职业技能、步入工作岗位的必读手册。教材编写适应国家对节能减排工作的时代需要, 突出职业教育的特色, 结合编者多年从事化工生产企业的节能减排工作经验, 在教材编写过程中以“认识化工生产—化工节能基础—典型化工项目节能减排分析—化工企业‘三废’处理和清洁生产技术”为主线, 采用单元式编排, 在教学中配合典型化工生产的节能减排案例(化工生产过程简介—测试方案—节能减排测试结果—节能减排整改措施), 在学中做, 在做中学, 力求基本满足化工类专业学生在工作岗位上开展化工企业的节能减排工作的需求。

本教材适合高职高专化工技术类各专业使用, 或作其他专业的选修课教材, 也可供中职化工类专业学生作教材, 以及石油与化工行业的工程技术人员、管理人员、技术工人作为培训教材或参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

化工节能减排技术/李平辉主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 8

中国石油和化学工业行业规划教材·高职高专化工技术类
ISBN 978-7-122-08861-1

I. 化… II. 李… III. 化学工业-节能-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 112712 号

责任编辑: 窦 臻 提 岩

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 周梦华

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{1}{4}$ 字数 342 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

序

2006年11月教育部颁布了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件,文件中明确了课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。文件要求各高等职业院校应积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容;要建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量;要改革教学方法和手段,融“教、学、做”为一体,强化学生能力的培养;要加强教材建设,与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。

自文件颁布以来,在我国掀起了新一轮高职高专教育教学改革热潮,以工作过程系统化重构高职高专课程体系,以项目化课程教学法改革传统学科讲授教学法,取得了丰硕的成果。学生学习的兴趣、学习动力、自觉性、主动性、自信心、主体性和专业能力、自学能力、创新能力、团队合作能力、与人交流能力,计划策划能力、信息获取与加工能力等都得到明显提高,学生对复杂专业知识的把握情况也显著改善。项目化课程教学改革完全符合教育部的十六号文件精神。项目化课程教学改革遵循的八大原则更是体现了当今先进的高等职业教育观念。这八大原则是:①课程教学应进行整体教学设计;②课程内容是职业活动导向、工作过程导向,而不是学科知识的逻辑推演导向;③课程教学突出能力目标,而不仅仅是突出知识目标;④课程内容的载体主要是项目和任务,而不是语言、文字、图形、公式;⑤能力的训练过程必须精心设计,反复训练,而不是在讲完系统的知识之后,举几个知识的应用例子;⑥学生是课程教学过程中的主体;⑦课程的内容和教学过程应当“做、学、教”一体化,“实践、知识、理论”一体化;⑧注意在课程教学中渗透八大职业核心能力(外语应用能力、与人合作能力、与人交流能力、信息处理能力、数字应用能力、解决问题能力,自我学习和革新能力)的培养。

全国化工高等职业教育教学指导委员会(简称全国化工高职教指委)化工技术类专业委员会于2002年组织全国石油与化工各职业院校教师编写了第一套高职高专化工技术类专业规划教材,解决了当时高职院校化工技术类专业无教材的困难。然而,随着科学技术的进步,产业结构的调整,劳动效率的提高,信息技术的应用,劳动密集型生产已向资本密集型和知识密集型转变。特别是近年来的项目化课程教学改革的开展,原来的教材已不适应高等职业教育教学改革的需要。为此,全国化工高职教指委化工技术类专业委员会于2008

年9月在常州工程职业技术学院启动了第二轮规划教材编写工作。教指委根据教育部教高[2006]16号文件的精神,吸收了先进的高职高专教育教学改革理念,进行了企业调研、座谈,针对岗位(群),聘请企业职业专家进行工作任务分析,进而确定典型工作任务,组织课程专家按照职业成长规律和认知规律,用工作过程系统化的开发方法,重构化工技术类专业课程体系,制定课程标准,进行了教学情境设计,聘请企业一线技术专家作为教材编写的顾问和副主审,在全国石油和化工高职高专院校公开征集编写思路,组织高职教育领域的课程专家对对应的编写方案进行答辩,最终在全国范围内选拔出从事石油与化工职业教育的优秀骨干教师编写本套教材。

本套新教材的特点:

1. 体现工学结合的内涵要求;
2. 基本体现化工生产的工作过程;
3. 突出能力目标,重在培养学生的做事能力,强调知识的应用;
4. 便于项目化和任务驱动教学法的实施;
5. 注意培养学生的八大职业核心能力;
6. 反映当今的新技术、新材料、新设备和新工艺。

本轮建设的全套教材能满足化工技术类专业主干课程教学需求,能满足各个化工技术类专业方向课程教学需要,也能满足全国石油与化工高职院校根据地方经济发展和支柱产业需求设置的化工技术类专业选修课程教学要求。

本轮化工技术类专业的教材编写工作得到了许多化工生产一线企业行业专家、高等职业院校的领导和教育教学专家的指导,在此向所有对高等职业教育改革给予热情支持的人士表示衷心的感谢!

我们所做的工作仅是探索和创新开始,还有许多的课题有待进一步研究,我们期待各界专家和读者提出宝贵意见!

全国化工高等职业教育教学指导委员会

化工技术类专业委员会

2009年6月

前言

本教材是在全国化工高等职业教育教学指导委员会化工技术类专业委员会组织下，按照化工技术类专业培养目标和专业特点，结合化工总控工职业标准和国家的能源政策而编写的。主要适用于高职高专化工技术类各专业，或作其他专业的选修课教材，也可供中职化工类专业学生作教材，以及石油与化工行业的工程技术人员、管理人员、技术工人作为培训教材或参考资料。

本教材编写以化工生产现状的节能减排工作为重点，突出工学结合，注重学生能力（技能）训练，优化整合课程内容，使之成为学生掌握职业技能、步入工作岗位的必读手册。教材编写适应国家对节能减排工作的时代需要，突出职业教育的特色，注重职业能力的培养；在教材编写过程中以“认识化工生产—化工节能基础—典型化工项目节能减排分析—化工企业‘三废’处理和清洁生产技术”为主线，采用单元式，在教学中配合典型化工生产的节能减排案例（化工生产过程简介—测试方案—节能减排测试结果—节能减排整改措施），在学中做，在做中学，力求基本满足化工类专业学生在工作岗位上开展化工企业的节能减排工作的需求。

本教材由湖南化工职业技术学院李平辉教授担任主编并编写单元一、单元四及附录，南京化工职业技术学院潘勇讲师编写单元二，常州工程职业技术学院刘长春讲师编写单元三，广西工业职业技术学院邱媛副教授编写单元五。南京化工职业技术学院丁志平教授、湖南省石油与化工节能技术服务中心郑惠仪高级工程师担任主审，常州工程职业技术学院陈炳和教授、湖南化工职业技术学院贺召平副教授对书稿的编写提出了宝贵的意见，在此深表谢意。

编写本教材的过程中得到了化学工业出版社和各编者所在单位的大力支持；同时，编写本教材参考了有关专著及其他文献资料，在此，我们一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，教材中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正，不吝赐教。

编者

2010年6月

目录

单元一 认识化工节能减排

1

任务一 认识能源	1
一、能源的定义	1
二、能源的分类	2
三、节能减排的有关概念	3
任务二 认识化工节能减排技术	7
一、节能减排的内容	7
二、石油和化工行业的节能减排	8
三、节能途径	12
四、二氧化碳排放量的计算	13
五、节能减排的主要目标	14
六、节能减排的意义	17
知识窗 京都议定书	18
思考题	19

单元二 化工节能基础

20

任务一 能量平衡方程的应用	21
一、热力学第一定律及其表达式	21
二、封闭体系的能量平衡方程	22
三、稳流体系的能量平衡方程	22
四、稳流体系能量平衡方程的实际应用	23
五、轴功及其计算	26
任务二 常见工质焓变和熵变的计算	29
一、采用 ΔH 、 ΔS 计算公式计算焓变和熵变	29
二、采用热力学图表法求解 ΔH 、 ΔS	31
任务三 熵增原理的应用	35
一、卡诺定理及其应用	36
二、熵与熵增原理	37
三、熵平衡	39
任务四 理想功与损失功的计算	41
一、能量的品质	42
二、理想功	42

三、损失功	44
四、热力学效率	45
任务五 焓分析法的应用	46
一、焓与焓平衡方程	46
二、常见类型焓的计算	49
三、常见化工过程的焓分析应用	51
思考题	56
计算题	57

单元三 化工单元节能减排技术及分析

59

任务一 化工单元操作过程的节能减排技术	59
一、流体输送过程的节能减排技术	59
二、传热过程的节能减排技术	61
三、蒸发过程的节能减排技术	64
四、精馏过程的节能减排技术	67
五、干燥过程的节能减排技术	69
六、制冷过程的节能减排技术	71
七、空气压缩过程的节能减排技术	72
任务二 燃煤锅炉的节能减排技术	73
一、燃烧节能技术	74
二、锅炉运行维护节能技术	75
三、采用新工艺、新设备节能技术	76
四、鼓风机、引风机和给水泵的选型节能技术	77
五、水处理节能技术	77
六、循环流化床锅炉	78
七、锅炉热效率的测定	80
八、工业锅炉的节能技术改造案例分析	82
任务三 热能利用的节能技术	85
一、余热回收节能技术	85
二、加热炉的主要节能技术	88
三、凝结水回收技术	90
任务四 泵与风机的节能减排技术	93
一、泵的节能减排技术	94
二、风机的节能减排技术	101
思考题	103
项目训练题	104

单元四 化工企业节能减排案例分析

105

任务一 小氮肥企业节能减排测试	105
一、氮肥企业生产概况	105
二、氮肥生产节能减排现场测试工作	108

三、锅炉工序及蒸汽平衡测试数据及结果	108
四、造气工序测试数据及结果	109
五、变换工序测试数据及结果	113
六、氨平衡测试数据及结果	118
七、压缩工序测试数据及结果	119
八、供水系统测试数据及结果	120
九、氮肥生产节能测试结果汇总	121
十、氮肥企业整改意见	122
十一、节能减排潜力分析和建议	123
任务二 硫酸生产的节能减排技术	126
一、硫酸生产工艺概况	127
二、硫酸生产能耗分析	129
三、硫酸生产中的节能技术改造	133
任务三 PVC生产系统的节能新技术改造	136
一、乙炔生产系统的技术改造	137
二、氯乙烯生产系统的技术改造	138
三、聚合与干燥系统的技术改造	139
四、公用工程的技术改造	140
五、技术改造的效果	141
任务四 正己烷装置的节能技术改造	141
一、正己烷生产装置存在的问题分析	142
二、正己烷生产装置采取的主要措施	143
三、正己烷生产技术改造的效果	143
项目训练题	144

单元五 化工企业“三废”处理和清洁生产技术

145

任务一 化工企业“三废”处理技术	145
一、化工废气处理技术	145
二、化工废液处理技术	154
三、化工废渣处理技术	163
任务二 化工企业清洁生产技术	172
一、中小型氮肥企业清洁生产技术	173
二、硫酸企业清洁生产技术	181
三、石油化工企业清洁生产技术	185
思考题	188
项目训练题	189

附录

190

附录一 中华人民共和国节约能源法	190
附录二 一些物质的热力学性质	197
附录三 理想气体摩尔定压热容的常数	199

认识化工节能减排

知识目标

了解能源的基本概念和能源的分类；掌握节能减排的相关概念；了解节能减排的内容；了解石油化工行业的节能减排工作；了解节能的途径和节能减排的主要目标；掌握二氧化碳排放量的计算；了解节能减排的意义。

能力目标

能进行能源的相关计算；能进行节能途径的分析；能掌握二氧化碳排放量的计算。

素质目标

良好的道德品质、职业素养、敬业和创新精神；具备较强的节能减排意识，增强化工节能减排的社会责任感和历史使命感。

任务一

认识能源

知识目标

了解能源的定义；了解能源的分类；掌握能源的计量及换算关系、低位热值与高位热值的关系、当量热值与等价热值的计算、标准煤与标准油的综合换算指标及折算方法；了解能源利用率的计算；了解单位 GDP 能耗、能源效率标识、节能认证和温室效应及温室气体的含义。

技能目标

能进行能源量值的换算；能进行标准煤的折算和能源利用率的计算。

一、能源的定义

能源 (energy sources) 意为能量的源泉，它是产生各种能量的自然资源，是人类赖以

生存、社会得以发展的物质基础。《中华人民共和国节约能源法》中定义的能源是指煤炭、原油、天然气、电力、焦炭、煤气、热力、成品油、液化石油气、生物质能和其他直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源。能量就是做功的本领。

能源是自然界中能够直接或通过转换提供某种形式能量的物质资源，它包含在一定条件下能够提供某种形式的能的物质或物质的运动，也指可以从其获得热、光或动力等形式的能的资源，如燃料、流水、阳光和风等。

能源是经济发展的原动力，是现代文明的物质基础。凡是自然界存在的、通过科学技术手段转换成各种形式能量（如机械能、热能、电能、化学能、电磁能、原子核能等）的物质资源都称为能源。

能源不是一种单纯的物理概念，还有技术经济的含意。也就是说，必须是技术经济上合理的那些可以得到能量的资源才能称之为能源。所以，能源的内容随时间在变化。现在指的能源，包括：天然矿物质燃料（煤炭、石油、天然气、核能）；生物质能（薪柴、秸秆、动物干粪）；天然能（太阳能、水能、地热、风力、潮汐能等）；以及这些能源的加工转换制品。在生产和生活过程中，由于需要或便于运输使用，常将上述能源经过一定的加工、转换使之成为更符合使用要求的能量来源，即能源加工转换的制品，如焦炭、各种石油制品、煤气、蒸汽、电力、沼气和氢能等。

二、能源的分类

由于能源形式多样，人们通常按其来源、形态、转换、应用等进行分类，不同的分类方法从不同的侧重面反映了各种能源的特征。世界能源委员会推荐的能源类型分为：固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。其中前三个类型统称为化石燃料或化石能源。

1. 按获得的方法分类

(1) 一次能源 指从自然界取得的未经任何改变或转换的能源，如原煤、原油、天然气、生物质能、水能、核燃料，以及太阳能、地热能、潮汐能等。

(2) 二次能源 也称“次级能源”或“人工能源”，是由一次能源经过加工或转换得到的其他种类和形式的能源，包括煤气、焦炭、汽油、煤油、柴油、重油、电力、蒸汽、热力、氢能等。一次能源无论经过几次转换所得到的另一种能源，都被称作二次能源。

2. 按被利用的程度分类

(1) 常规能源 又称传统能源，是指在现有经济和技术条件下，已经大规模生产和广泛使用的能源，如煤炭、石油、天然气、水能和核裂变能。常规能源是人类目前利用的主要能源，在讨论能源问题时，主要也是指的这些能源。

(2) 新能源 指在新技术基础上系统地开发利用的能源，是正在开发利用但尚未普遍使用的能源。现在世界上重点开发的新能源有：太阳能、风能、海洋能、地热能、氢能等。新能源大多是天然的和可再生的，是未来世界持久能源系统的基础。随着科技水平的提高，新能源和可再生能源供应量将不断提高。

3. 按能否再生分类

(1) 可再生能源 指在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源。如水能、太阳能、风能、潮汐能等，它们都可以循环再生，不会因长期使用而减少。

(2) 不可再生能源 指那些不能循环再生的能源。如煤炭、石油、天然气等化石能源,它们随人类的利用而日益减少,是无法再生的。

4. 按能否作为燃料分类

(1) 燃料能源 燃料是指燃烧时能产生热能和光能的物质。作为燃烧使用,并主要以热能形式提供能量的能源即为燃料能源。燃料能源可按来源分为矿物燃料(如煤、油、气等)、生物燃料(如藻类、木料、沼气、各种有机废物等)以及核燃料(如铀、钚等),也可按形态分为固体燃料(如煤、木料、铀等)、液体燃料(主要是石油及其产品,常用的还有甲醇、水煤浆和煤炭液化燃料等)以及气体燃料(天然气、氢气及煤炭气化制得的煤气等)。燃料能源是人类目前和今后相当长时期内的基本能源。

(2) 非燃料能源 不作为燃料使用,直接产生能量提供人类使用的能源,如水能、风能、潮汐能、海洋能、激光能等。其中多数包含机械能,有的也包含热能、光能、电能。

5. 按对环境的污染情况分类

(1) 清洁能源 指使用时对环境无污染或污染小的能源,如太阳能、水能、海洋能、氢能等。用太阳能直接分解水制氢和核聚变能利用的研究如果成功,则太阳的能量和地球上的水都可成为人类取之不尽、用之不竭的清洁能源。

(2) 非清洁能源 指在开发使用过程中,对环境污染程度较大的能源,如煤、石油等。随着世界环保呼声的逐渐高涨,低碳经济时代的到来,非清洁能源的开发和利用将逐步受到限制。

三、节能减排的有关概念

1. 能源的量值

能源的计量单位有许多种,具有确切定义的单位主要有3种,它们之间可以相互换算。

(1) 焦耳(J) 焦耳是能量的国际单位制导出单位,也是中华人民共和国法定计量单位规定的表示能、功和热量的基本单位,其符号用J表示。定义为:1牛顿(N)的力作用于质点,使它沿力的方向移动1米(m)距离所做的功;或者用1安培(A)电流通过1欧姆(Ω)电阻1秒钟(s)所消耗的电能。用国际单位制单位表示的关系式为 $N \cdot m$;用国际单位制基本单位表示的关系式为 $kg \cdot m^2/s^2$ 。由于焦耳的数值很小,通常采用焦耳的倍数来表示,如千焦耳(kJ, 10^3J)、兆焦耳(MJ, 10^6J)、吉焦耳(GJ, 10^9J)或太焦耳(TJ, $10^{12}J$)。

(2) 千瓦时($kW \cdot h$) 这是电量的计量单位。 $1kW \cdot h = 3.6 \times 10^6J$ 。用国际单位制基本单位表示的关系式为 $kg \cdot m^2/s^2$ 。由于千瓦时单位较小,通常采用万千瓦时($10^3kW \cdot h$)、兆千瓦时($10^6kW \cdot h$)等。

(3) 卡(cal) 卡是热量单位,定义为1克(g)纯水在标准大气压下,温度升高1摄氏度($^{\circ}C$)所需的热量。 $1cal = 4.1868J$ 。卡不属于法定计量单位,但在我国现行热量单位中还存在卡(cal)。

按照中华人民共和国法定计量单位的规定,焦耳(J)和千瓦时($kW \cdot h$)是法定计量单位,是允许使用的单位;卡(cal)是不允许使用的计量单位。我们在节能减排技术工作中应认真执行国家有关规定,采用法定计量单位。

2. 低位热值与高位热值

燃料燃烧会释放出一定数量的热量，单位质量（指固体或液体）或单位体积（指气体）的燃料完全燃烧，燃烧产物冷却到燃烧前温度（一般为环境温度）时所释放出来的热量，就是燃烧热值，也叫燃烧发热量。

燃烧热值有高位热值和低位热值两种，也相应称为高位发热量和低位发热量。

高位热值是指燃料完全燃烧，并当燃烧产物中的水蒸气（包括燃料中所含水分生成的水蒸气和燃料中氢燃烧时生成的水蒸气）凝结成液态水时的反应热；其数据由测量获得，要求反应前后温度相同。

低位热值是指燃料完全燃烧，燃烧产物中的水仍以气态（即水蒸气）存在时的反应热；它等于从高位热值中扣除水蒸气凝结热后的热量。燃料高位热值和低位热值的关系可由下式表述：

$$Q_{dw} = Q_{gw} - rW_{H_2O} \quad (1-1)$$

式中 Q_{dw} , Q_{gw} ——燃料的低位热值与高位热值，kJ/kg；

r ——水蒸气凝结热，kJ/kg；

W_{H_2O} ——燃料燃烧产物中的水蒸气含量，kg/kg。

由于燃料大都用于燃烧，各种炉窑的排烟温度均超过水蒸气的凝结温度，不可能使水蒸气的凝结热释放出来，所以在能源利用中一般都以燃料的应用基低位热值作为计算依据。

燃料的应用基是指以使用状态的燃料为基准的表示方法。如煤的应用基低位热值就是从处于使用状态的煤中取出具有代表性的煤样作为应用煤样，用一定量的这种煤样做低位热值的测定，所得之值就是该煤样以应用基表示的低位热值。

3. 当量热值与等价热值

当量热值是指某种能源本身所含的热量。具有一定品位的某种能源，其当量热值是固定不变的，如汽油的当量热值是 42054kJ/kg，电的当量热值即是电本身的热功当量 3600kJ/(kW·h)。

等价热值是指为了获得某一个计量单位的某种二次能源（如汽油、焦炭、煤气、电力、蒸汽等）或耗能工质（如压缩空气、水等）所消耗的，以热值表示的一次能源量。耗能工质是指生产过程中多消耗的，不作为原料使用，也不进入产品，制取时又需要消耗能源的工作物质。只有作为能量形式使用的耗能工质才具有等价热值和当量热值。

由于等价热值实质上是当量热值与能源转换过程中能量损失之和，因此等价热值是一个变动量，它与能源加工转换技术有关。随着技术水平的提高，等价热值会不断降低，而趋向于二次能源所具有的能量。目前我国规定，标准煤的等价热值为 29308kJ/kg 标煤 (7000kcal/kg 标煤)，电的等价热值就为 11840kJ/(kW·h)，即 2828kcal/(kW·h)。

等价热值可由下面的计算公式求得：

$$\text{等价热值} = \text{当量热值} / \text{转化效率} \quad (1-2)$$

【例 1-1】 如果焦炭的低位发热量为 29308kJ/kg，炼焦炉效率为 0.85，则

$$1\text{kg 焦炭的等价热值} = 29308 \div 0.85 = 34480 \text{ (kJ/kg)}$$

【例 1-2】 如果低压饱和蒸汽所具有的能量为 2750kJ/kg，实测锅炉效率为 0.69，则

$$1\text{kg 低压饱和蒸汽的等价热值} = 2750 \div 0.69 = 3986 \text{ (kJ/kg)}$$

严格地说，等价热值应按实测数据计算。在无实测数据时，可取参考数据。

4. 标准煤与标准油

标准煤（又称煤当量）是指按照标准煤的热当量值计算各种能源量时所用的综合换算指标。标准煤迄今尚无国际公认的统一标准，标准煤的热当量值，联合国、中国、日本、西欧和俄罗斯诸国等按 29.3MJ/kg（7000kcal/kg）计算，而英国则是根据用作能源的煤的加权平均热值确定的，一般按 25.5MJ/kg（6100kcal/kg）计算，所以同样是标准煤，由于热当量值的计算方法不同，差别也很大。国家标准 GB 2589—1990《综合能耗计算通则》规定，应用基低位发热量等于 29.308MJ 的燃料，称为 1kg 标准煤（符号表示为 kgce）。在统计计算中可采用 t（吨）标准煤做单位，其符号表示为 tce。

标准油（又称油当量）是指按照标准油的热当量值计算各种能源量时所用的综合换算指标。与标准煤相类似，到目前为止，国际上还没有公认的油当量标准。中国采用的油当量（标准油）热值为 41.87MJ/kg（10000kcal/kg）。国际上常用桶油计算，1 桶石油 = 159L。常用单位有吨油当量（toe）和桶油当量（boe）。

5. 标准煤折算方法

要计算某种能源折算成标准煤或标准油的数量，首先要计算这种能源的折算系数，能源折算系数可由下式求得：

$$\text{能源折算系数} = \text{能源实际含热量} / \text{标准煤热值} \quad (1-3)$$

然后再根据该折算系数，计算出具有一定实物量的该种能源折算成标准煤或标准油的数量。其计算公式如下：

$$\text{能源标准燃烧数量} = \text{能源实物量} \times \text{能源折算系数} \quad (1-4)$$

由于各种能源的实物量折算成标准煤或标准油数量的方法相同，下面以标准煤折算方法为例加以说明。

(1) 燃料能源的当量计算方法，即以燃料能源的应用基低位发热量为计算依据
例如，我国某地产原煤 1kg 的平均低位发热量为 20934kJ（5000kcal），则：

$$\text{原煤的折标煤系数} = 20934 \div 29308 = 0.7143 \text{ 或者 } 5000 \div 7000 = 0.7143$$

如果某企业消耗了 1000t 原煤，折合为标准煤即为：

$$1000 \times 0.7143 = 714.3 \text{ (tce)}$$

(2) 二次能源及耗能工质的等价计算方法，即以等价热值为计算依据

例如，目前我国电的等价热值为 11840kJ/(kW·h) 或 2828kcal/(kW·h)，则：

$$\text{电的折标煤系数} = 11840 \div 29308 = 0.404 \text{ kgce}/(\text{kW} \cdot \text{h})$$

如果某单位消耗了 1000kW·h 电量，折算成标准煤即为：

$$1000 \times 0.404 = 404 \text{ (kgce)}$$

又如某厂以压缩空气作为耗能工质，假设 1m³ 压缩空气的等价热值为 1400kJ，则：

$$\text{该压缩空气的折标煤系数} = 1400 \div 29308 = 0.0478$$

如果该厂消耗了 1000m³ 压缩空气，折算成标准煤即为：

$$1000 \times 0.0478 = 47.8 \text{ (kgce)}$$

需要注意的是，二次能源及耗能工质的等价计算方法主要应用于计算能源消耗量，在考察能量转换效率和编制能量平衡表时，所有能源折算为标准煤时都应以当量热值为计算依据。

应当说明的是：在进行企业节能减排时一般应以实测单位质量或单位体积的发热值为准。电折标煤系数一般采用 0.404kgce/(kW·h)；在对原煤缺乏相关实测数据时，原煤的

折标煤系数可以采用 0.7143。

6. 能源利用率

能源利用率是指有效利用的能源量与实际消耗的能源量的比值。

企业总有效能源利用量，一般指企业各产品有效利用能源量之和，也可以是企业所拥有的各种设备有效能量（折算为能源）之总和。实际计算比较复杂，需要进行仔细分析。

7. 单位 GDP 能耗

单位 GDP 能耗是指每单位 GDP 所消耗的能量，一般用“tce/万元产值”作单位，不同年份进行比较研究时，需将 GDP 进行折算，一般以某一年的不变价进行折算，表 1-1 是我国 2000~2005 年单位 GDP 能耗数据。

表 1-1 2000~2005 年能源消费及产值能耗

年份	GDP 可比价格 /亿元	GDP 可比价 增长率/%	一次能源 消费量/万 tce	一次能源 消费增长率/%	万元 GDP 能耗 /(tce/万元)
2000	99215.0	8.4	138553	3.53	1.3965
2001	107449.9	8.3	143199	3.35	1.3327
2002	117227.8	9.1	151797	6.00	1.2949
2003	128950.6	10.0	174990	15.28	1.3570
2004	141974.6	10.1	203227	16.14	1.4314
2005	156030.1	9.9	222468	9.47	1.4258

注：本表摘自 2006 年《中国统计摘要》。

8. 能源效率标识

能源效率标识是指表示用能产品能源效率等级等性能指标的一种信息标识，属于产品符合性标志的范畴。我国的能源效率标识张贴是强制性的，采取由生产者或进口商自我声明、备案、使用后监督管理的实施模式。产品上粘贴能源效率标识表明标识使用人声明该产品符合相关的能源效率国家标准的要求，接受相关机构和社会的依法监督。



图 1-1 中国能效标识图

我国现行的能效标识为背部有黏性的，顶部标有“中国能效标识”（CHINA ENERGY LABEL）字样的蓝白背景的彩色标签（见图 1-1），一般粘贴在产品的正面面板上。电器产品能效标识的信息内容包括产品的生产者、型号、能源效率等级、耗电量、主要技术参数、依据国家标准。如空调能效标识的信息包括产品的生产者、型号、能源效率等级、能效比、输入功率、制冷量、依据国家标准。能效标识直观地明示了用能产品的能效、能耗以及其他较重要的性能指标，而能源效率等级是判断家电产品是否节能的最重要指标，产品的能效等级越低，表示能源效率越高，节能效果越好，越省电。目前我国的能效标识按产品耗能的程度分为 1、2、3、4、5 共五个等级：等级 1 表示产品达到国际先进水平，最节电，耗能最低；等级 2 表示比较节电；等级 3 表示产品能源效率为我国市场的平均水平；等级 4 表示产品能源效率低于我国市场的平均水平；等级 5 是市场准入指标；低于 5 级的产品不允许生产和销售。为了在各类消费者群体中普及节能增效意识，能效等级展示栏用 3 种表现形式来直观表达能源效率等级信息：一是文字部分“耗能低、中等、耗能高”；二是数字部分“1、2、3、4、5”；三是根据色彩所代表的情感安排的等级指示色标，其中红色代表禁止，橙色、黄色代表警告，绿色代表环保与节能。

我国自2005年3月1日起率先从冰箱、空调这两个产品开始实施能源效率标识制度。这两种产品的能源效率标识制度采用的标准分别是GB 12021.2—2003《家用电冰箱耗电量限定值及能源效率等级》和GB 12021.3—2004《房间空气调节器能效限定值及能源效率等级》。

9. 节能认证

节能产品认证是指依据国家相关的节能产品认证标准和技术要求，按照国际上通行的产品质量认证规定与程序，经中国节能产品认证机构确认并通过颁布认证证书和节能标志，证明某一产品符合相应标准和节能要求的活动。我国节能产品认证遵照自愿认证原则，其节能产品认证工作接受国家质检总局的监督和指导，认证的具体工作由通过国家认证监督管理委员会认可的独立机构，依据有关规章的要求组织实施。

10. 温室效应及温室气体

温室效应原是指在密闭的温室中，玻璃、塑料薄膜等可使太阳辐射进入温室，而阻止温室内部的辐射热量散失到室外去，从而使室内温度升高，产生温室效应。目前一般是指地球大气的温室效应。由于包围地球的大气中，含有 CO_2 、 CCl_2F_2 、 CH_4 、 O_3 、 N_2O 等微量温室气体，它们可以让大部分太阳辐射到达地面，而强烈吸收地面放出的红外辐射，只有很少一部分热辐射散失到宇宙空间中去，从而形成大气的温室效应。温室效应可能导致全球变暖，从而引发环境问题。

目前，在各种温室气体中， CO_2 对温室效应的影响约占50%，而大气中的 CO_2 有70%是燃烧化石燃料和生物质燃料排放的。温室气体共有30余种，《京都议定书》中规定的六种温室气体是：二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、一氧化二氮（ N_2O ）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（ SF_6 ）。

任务二

认识化工节能减排技术

知识目标

了解节能减排的内容；了解石油化工行业能源消耗、节能减排的形势与存在的问题、当前节能减排的工作重点；了解节能的三个途径；了解节能减排的主要目标；掌握二氧化碳排放量的计算；了解节能减排的意义。

技能目标

能进行节能途径的分析；能掌握二氧化碳排放量的计算。

一、节能减排的内容

节能减排工作需要落实到具体的内容上去，而节能减排的内容真是包罗万象。从节能减

排 的领域来看, 节能减排的内容包括工业节能减排、交通节能减排、建筑节能减排、农业节能减排及日常生活节能减排, 而每一个领域又可以细分为多个领域。如工业节能减排可分为燃料工业节能减排、冶金工业节能减排、机械制造业节能减排、石油化工业节能减排及其他工业领域的节能减排; 从节约能源减少排放的形式来看, 节能包括节煤、节油、节气、节电, 而减排主要是减少对环境有污染的排放物; 从广义节能减排的角度来看, 节能减排的内容几乎包含所有的物质, 因为几乎没有一种物质的获得不需要消耗能量, 只要消耗了能量, 那么节约这种物质, 就等于节约了能量, 如节约用水、节约粮食、重复利用资源等, 也就减少了排放。

从节能的方法措施领域来看, 节能的内容包括管理节能、技术节能、结构节能。从能源转换过程来看, 节能的内容包括能源开采过程节能、能源加工、转换和储运过程节能及能源终端利用过程节能。

2006 年我国的煤炭产量为 23.8 亿吨, 为世界第一, 约占世界煤炭产量的 38.4%; 其他产煤量较多的国家依次是美国、印度、澳大利亚、俄罗斯、南非、德国、印度尼西亚、波兰、哈萨克斯坦等。2006 年煤炭消费量世界排名前 10 位的国家依次是: 中国、美国、印度、日本、俄罗斯、南非、德国、波兰、韩国、澳大利亚。煤炭消耗过程中, 将产生大量的“三废”, 节能减排的任务还任重道远。

2009 年 12 月在丹麦首都哥本哈根联合国气候变化大会上, 中国承诺到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%; 美国承诺 2020 年温室气体排放量在 2005 年的基础上减少 17%; 印度将在 2020 年前将其单位国内生产总值 (GDP) 二氧化碳排放量在 2005 年的基础上削减 20%~25%; 2020 年日本将温室气体排放量减少到 1990 年时 25% 的水平; 欧盟早在 2007 年 3 月就承诺, 到 2020 年将其温室气体排放量在 1990 年的基础上至少减少 20%, 并且愿意和其他主要排放国一道将减排目标提高到 30%; 非洲国家拒绝讨论碳排放交易。

总之, 在任何地方、任何时间、任何事件上, 只要注意到节能减排这个问题, 总可以找到需要节能减排的方面, 正是时时、处处、事事都有节能减排。

二、石油和化工行业的节能减排

节能减排是当前我国经济社会发展的一项重要而急迫的任务, 实现“十一五”节能减排约束性指标, 是贯彻落实科学发展观、构建社会主义和谐社会的客观要求。节能降耗不仅是国家能源政策的需要, 是国家能源安全的重要组成部分, 同时也是提高产品市场竞争力、提高企业经济效益的可靠保证, 是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择。

石油和化学工业是我国国民经济的支柱产业, 是重要的能源、原材料工业, 同时又是能源消费大户。它与国民经济发展、国防建设和人民生活水平的提高关系极为密切。2007 年规模以上企业有 27976 家, 工业总产值达 5.3 万亿元, 工业增加值 16766 亿元, 销售收入 5.3 万亿元, 利润 5494 亿元。

在国家发改委开展的千家重点耗能企业行动中, 石油和化工企业有 322 家, 约占 1/3; 在国家环保部确定的废气、废水重点污染源监控企业名单中, 石油和化工企业分别列入了 482 家和 803 家, 占全国监控重点总数的 13.4% 和 25.8%。