



21世纪高等职业教育精品规划教材



教育部高职高专材料类专业教学指导委员会规划教材

The Basis of Silicate Thermal Technology
硅酸盐热工基础

◎ 田文富 主编
◎ 隋良志 主审

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

教育部高职高专材料类教学指导委员会规划教材

硅酸盐热工基础

田文富 主编

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

本教材是高职高专材料工程技术(硅酸盐材料)专业的教学用书。全书包括绪论、流体力学基础及流体输送设备、传热过程与传质过程、燃料及其燃烧过程、固体燃料的汽化过程及设备、干燥过程与设备等6个情境。本教材主要介绍了硅酸盐工业流体流动、燃料燃烧、热量传递和质量传递等内容。注重节能、环保及可持续发展等现代工业要求;在结构上采用学习要求、任务目标、知识内容、小结、思考题与习题等模式,以便学生更好地学习。本教材内容具有系统性、实用性和可操作性等特点,适合模块教学,对巩固课堂知识、提高学生的动手能力有重要作用。

本教材是高职高专硅酸盐材料等相关专业的教材,也可供中等职业学校相关专业作教学参考书,同时也可作为企业职工培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

硅酸盐热工基础/田文富主编. —天津:天津大学出版社,2009.9

ISBN 978-7-5618-3182-3

I. 硅… II. 田… III. 硅酸盐-热工学 IV. TQ170.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第151204号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)

电话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网址 www.tjup.com

印刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司

经销 全国各地新华书店

开本 185mm×260mm

印张 18.25

字数 456千

版次 2009年9月第1版

印次 2009年9月第1次

印数 1-3000

定价 35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

《硅酸盐热工基础》教材是根据教育部高职高专材料专业教学指导委员会 2007 年 11 月邢台会议的要求编写的。它是一本高职高专材料工程技术(硅酸盐材料)专业的教学用书。

本教材主要知识内容包括硅酸盐工业流体流动、燃料燃烧、热量传递和质量传递,注重节能、环保及可持续发展等现代工业要求。

“硅酸盐热工基础”属于专业基础课程,为了适应我国高等职业教育发展的需要,力求实用性,尽量避免烦琐的理论指导。为了加深对课堂知识的理解,列举了实例,并配有相对应的实训,从而突出职业教育的特点,以培养学生的动手能力。

本教材由黑龙江建筑职业技术学院田文富担任主编;由河北建材职业技术学院张丽霞、山西综合职业技术学院姚通稳担任副主编;由河北建材职业技术学院钱慧丽、山西综合职业技术学院孙素贞、内蒙古化工职业学院武海燕参加编写。具体分工如下:田文富编写情境一,情境四的单元一、二、五,情境六的单元一、二及全书统稿;张丽霞编写情境二;姚通稳编写情境三;钱慧丽编写情境四的单元三、四;孙素贞编写情境六的单元三、四、五;武海燕编写情境五。

本教材编写过程中,邀请黑龙江建筑职业技术学院隋良志教授主审全教材,在此表示感谢。本教材编写过程中力求脱离传统的教科书的模式,尽量适应高职高专的教学特点。

由于时间仓促,水平有限,书中不当之处在所难免,敬请广大读者给予批评指正。



目 录

情境一 绪论

单元一 硅酸盐材料的定义和分类	1
单元二 硅酸盐材料的共性	3
单元三 硅酸盐工业的特点	3
单元四 能源利用与硅酸盐工业节能	4
小结	11
思考题	11

情境二 流体力学基础及流体输送设备

单元一 流体力学基础	13
单元二 流体输送设备	54
小结	73
思考题与习题	73

情境三 传热过程与传质过程

单元一 传热学概述	79
单元二 传导传热	83
单元三 对流换热	94
单元四 辐射传热	104
单元五 综合传热	121
单元六 传质过程	127
小结	148
思考题与习题	148

情境四 燃料及其燃烧过程

单元一 燃料概述	152
单元二 燃烧计算	171
单元三 燃料的燃烧技术	190
小结	222
思考题与习题	223

情境五 固体燃料的汽化过程及设备

单元一 发生炉煤气的种类	228
--------------	-----



单元二 煤气的生产过程.....	231
单元三 煤气发生炉.....	237
单元四 煤气的净化.....	245
单元五 煤气发生站工艺选型.....	246
小结.....	248
思考题与习题.....	249

情境六 干燥过程与设备

单元一 概述.....	250
单元二 湿空气的性质.....	252
单元三 湿空气的 $I-x$ 图及其应用	257
单元四 干燥过程的计算.....	266
单元五 干燥的物理过程.....	277
小结.....	282
思考题与习题.....	283
参考文献.....	284

情境一

绪论

[学习要求]

通过学习本情境,使学生获得硅酸盐材料、硅酸盐工业特点和中国工业的节能减排等知识,培养学生运用这些知识分析问题和解决问题的能力,为后续职业技能课(专业课)的学习打好基础,也为今后进一步提高和从事材料类的技术工作创造良好的条件。

任务目标

【掌握内容】 硅酸盐材料的定义;硅酸盐材料的共性;硅酸盐工业的节能。

【理解内容】 能源与可持续发展;硅酸盐工业的特点;硅酸盐工业热工基础的研究内容和学习要求。

【了解内容】 能源及其分类;能源利用。

知识内容

单元一 硅酸盐材料的定义和分类

材料是人类一切生产和生活活动的物质基础,历来是生产力的标志,被看成是人类社会进步的里程碑。

20 世纪下半叶开始,历史进入新技术革命时代,材料、能源与信息一起被公认为现代文明的三大基础支柱。材料科学的发展不仅是科技进步、社会发展的物质基础,同时也改变着人们在社会活动中的实践方式和思维方式,由此极大地推动社会进步。

一、硅酸盐材料的定义

硅酸盐材料属于无机非金属材料。硅酸盐指的是硅、氧与其他化学元素(主要是铝、铁、钙、镁、钾、钠等)结合而成的化合物的总称。硅酸盐的种类很多,它通常可用二氧化硅和金属氧化物的形式表示其组成。它还包括用不含硅的氧化物、氮化物、碳化物、硼化物、卤化物和碳素材料(如石墨)以及其他非金属单质(如 Se)等原料经高温处理制成的材料和制品。虽然它们的成分不是硅酸盐,但因制备方法与人造硅酸盐的相同,在我国也把这些材料概括在广义的硅酸盐材料范畴之内。近几十年来,由于工业的需要和科学技术的飞跃发展,新型的无机材料



不断出现。硅酸盐材料组成范围广,结构多种多样,具有各种优异性能,因此在工业生产和科学研究中发挥着越来越大的作用。

硅酸盐材料或硅酸盐制品是指以天然的硅酸盐矿物为主要原料,经高温处理制成的材料或制品。生产这种材料或制品的工业称为硅酸盐工业,如制造水泥、陶瓷、耐火材料和玻璃等产品的工业。传统的硅酸盐材料是无机非金属材料的主要构成部分。

二、硅酸盐材料的种类

直到 20 世纪初期,水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料“四大家族”在无机非金属材料王国中一直占有绝对统治的地位,被统称为硅酸盐材料。

1. 水泥

水泥是当前工业建设中用量最大的材料,高楼大厦、公路、桥梁、隧道、机场、机床的基座等无不是由以水泥为主要材料的混凝土浇筑而成。目前全世界的水泥年产量达 20 多亿吨,中国水泥年产量列世界第一,约占总产量的一半。最常用的硅酸盐水泥是以黏土、石灰石和铁矿石为主要原料,经研磨、混合后在水泥回转窑中煅烧,再加入适量石膏,并磨成细粉而得到。

这一制造过程可概括为“两磨一烧”。硅酸盐水泥的主要成分是硅酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)、硅酸二钙($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)、铝酸三钙($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)和铁铝酸四钙及少量 MgO 。

水泥具有水硬性,跟水掺和搅拌后,静置一段时间后可自动凝固形成坚硬的固体,所以也称为胶凝材料。它可把砖、石等黏结起来。水泥和砂子、石子混合构成耐压强度较高的混凝土。如构件由钢筋和混凝土构成即为钢筋混凝土,是建筑工程中的基础材料。

2. 陶瓷

陶瓷在我国有着悠久的历史。在新石器时代,我们的祖先就能制造陶瓷。陶瓷一般是由黏土、长石、石英或其他原料经粉碎、混合、成型、干燥、烧制而成的制品的统称。陶瓷的种类很多,在工业和日常生活中应用非常广泛。根据原料、烧制温度等的不同,主要分为土器、陶器、瓷器、炆器等。长期以来是冶金、化工、建筑、机电等工业中不可缺少的基本材料之一。

3. 耐火材料

耐火材料一般是指耐火度在 1580°C 以上的无机非金属材料。它具有一定的高温力学性能、良好的体积稳定性,是各种高温设备必需的材料。耐火材料与高温技术相伴出现,大致起源于青铜器时代中期。中国东汉时期已用黏土质耐火材料做烧瓷器的窑材。20 世纪初,耐火材料向高纯度、高致密和超高温制品方向发展,同时出现了完全不需烧成、能耗小的不定形耐火材料和耐火纤维。在现代随着原子能技术、空间技术、新能源技术的发展,具有耐高温、抗腐蚀、抗热振、耐冲刷等综合优良性能的耐火材料进一步得到了应用。

耐火材料种类繁多,按化学特性分为酸性耐火材料、中性耐火材料和碱性耐火材料。

(1)酸性耐火材料以氧化硅为主要成分,常用的有硅砖和黏土砖。硅砖主要用于焦炉、玻璃熔窑、酸性炼钢炉等热工设备。黏土砖以耐火黏土为主要原料,含有 $30\% \sim 46\%$ 的氧化铝,属弱酸性耐火材料,抗热振性好,对酸性炉渣有抗蚀性,应用广泛。

(2)中性耐火材料以氧化铝、氧化铬或碳为主要成分。含氧化铝 95% 以上的刚玉制品是一种用途较广的优质耐火材料。碳质耐火材料有碳砖、石墨制品和碳化硅制品,其热膨胀系数很低,导热性高,耐热振性能好,高温强度高,抗酸碱和盐的侵蚀,质轻。广泛用做高温炉衬材料,也用做石油、化工的高压釜内衬。

(3)碱性耐火材料以氧化镁、氧化钙为主要成分,常用的是镁砖。含氧化镁 $80\% \sim 85\%$ 以



上的镁砖,对碱性渣和铁渣有很好的抵抗性,耐火度比黏土砖和硅砖高。主要用于平炉、吹氧转炉、电炉、有色金属冶炼设备以及一些高温设备上。

4. 玻璃

约公元前 3700 年前,古埃及人已制出玻璃装饰品和简单玻璃器皿,当时只有有色玻璃;约公元前 1000 年前,中国制造出无色玻璃。公元 12 世纪,出现了商品玻璃,并开始成为工业材料。制造普通玻璃的原料是纯碱、石灰石和石英。生产时,把原料粉碎,按适当的比例混合后,放入玻璃窑中加强热,在熔融时形成连续的网格结构,在冷却过程中黏度逐渐增大并形成硬化而不结晶的硅酸盐类非金属材料。

如常用的平板玻璃的成分为 SiO_2 约 72%, Na_2O 约 13%, CaO 约 11%, MgO 约 3%。它也是以 SiO_2 为主体的多种氧化物的复合体,不过这种物质熔点比较低,在熔点附近黏度大大降低,逐渐转化为液态,然后以较快的速度冷却下来,形成透明的、非晶态的固体材料。玻璃具有优良的光学性能和化学稳定性,可以通过化学组成的调整和各种处理工艺大幅度地改变其物理和化学的性能,以适应多种不同的实用要求。人们可以用吹、压、拉、铸等多种方法,把玻璃制成空心、薄壁或实心的各种物品,还可以实现器件之间的焊接。在建筑、化工、光学仪器、化学分析仪器、轻工、医疗器械等领域均有广泛而重要的用途,还可做成精美的工艺美术作品。

单元二 硅酸盐材料的共性

硅酸盐材料虽然分为 4 类,但各类硅酸盐材料在其微观结构、宏观性能和制作工艺方面有共同点,简述如下。

1. 微观结构

硅酸盐材料的基本结构单元均为硅氧四面体 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 的稳定结构。

2. 宏观性能

由于硅氧化学键键强很高,结合牢固,硅酸盐材料或制品一般都具有良好的力学性能,化学稳定性强,硬度高,熔点高,难溶于水,绝缘,耐腐蚀等。

3. 制作工艺

各种硅酸盐材料制作的工艺的主要共同点是高温处理(烧结或烧熔),不同点是原料组成和工艺流程存在着显著的差别。工艺流程包括原料处理、原料组成、成型过程、烧成温度和冷却速度等环节。

单元三 硅酸盐工业的特点

1. 硅酸盐工业能耗大

由于硅酸盐工业是对天然的硅酸盐矿物进行热加工,且要求部分熔融或全部熔融,加之对天然矿物的粉碎,所以需要消耗大量的热能和电能。

2. 硅酸盐工业运输量大

由于硅酸盐工业是以天然的硅酸盐矿物为主要原料,且产品体积大,所以进入工厂、工厂内部生产车间及产品出厂的运输量都非常大。



3. 硅酸盐工业污染较大

由于燃烧产生大量气态、固态污染物及生产中产生大量粉尘,所以污染较大。

4. 硅酸盐工业需水量大

主要是生产直接用水和生产过程中的冷却水用量较大。

单元四 能源利用与硅酸盐工业节能

翻开人类的发展史,不难看到人类社会的发展与人类对能源的开发、利用息息相关。历史已进入 21 世纪,掌握和了解能源的基本知识,不但对硅酸盐工艺类专业人才是必需的,而且对于机械、电气自动化、建筑、工业企业管理等专业人才的培养和未来发展也是不可缺少的。

一、能源及其分类

所谓能源是指可能为人类提供各种能量和动力的物质资源。迄今为止,由自然界提供的能源有太阳能、风能、水力能、地热能、燃料的化学能、原子核能、海洋能以及其他一些形式的能量。

能源种类繁多,而且经过人类不断的开发与研究,更多新型能源已经开始能够满足人类需求。根据不同的划分方式,能源也可分为不同的类型。

1. 按来源分类

能源按来源分为以下 3 类。

(1)地球外部天体的能源(主要是太阳能)。除直接辐射外,并为风能、水能、生物能和矿物能源等的产生提供基础。人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳。正是各种植物通过光合作用把太阳能转变成化学能在植物体内贮存下来。煤炭、石油、天然气等石化燃料也是由古代埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的。此外,水能、风能、波浪能、海流能等也都是由太阳能转换来的。

(2)地球本身蕴藏的能量。它通常指与地球内部的热能有关的能源和与原子核反应有关的能源,如地热能、原子核能等。地球内部为地核,地核中心温度为 2 000 ℃。可见,地球上的地热资源贮量也很大。

(3)地球和其他天体相互作用而产生的能量,如潮汐能。

2. 按能源的基本形态分

按能源的基本形态分类有一次能源和二次能源两种。

(1)一次能源。它是指自然界中以天然形式存在并没有经过加工或转换的能量资源,即天然能源,如煤炭、石油、天然气、水能等。

(2)二次能源。它是指由一次能源直接或间接转换成其他种类和形式的能量资源,即人工能源,如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等,例如电力、煤气、汽油、柴油、焦炭、洁净煤、激光和沼气等能源都属于二次能源。

3. 按能源性质分类

按能源性质分为燃料型能源(煤炭、石油、天然气、泥炭、木材)和非燃料型能源(水能、风能、地热能、海洋能)。

人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的,最早的燃料是木材,以后用各种石化燃料,如煤炭、石油、天然气、泥炭等。现正研究利用太阳能、地热能、风能、潮汐能等新能源。当



前石化燃料消耗量很大,但地球上这些燃料的储量有限。未来铀和钍将提供世界所需的大部分能量。一旦控制核聚变的技术问题得到解决,人类实际上将获得无尽的能源。

4. 按环境污染程度分类

根据环境污染程度可分为污染型能源和清洁型能源。污染型能源包括煤炭、石油等,清洁型能源包括水力、电力、太阳能、风能以及核能等。

5. 按能源使用的类型分类

根据能源使用的类型可分为常规能源和新型能源。常规能源包括一次能源中的可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气等资源。新型能源是相对于常规能源而言的,包括太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能以及用于核能发电的核燃料等能源。

6. 按是否可再生分类

一次能源分为可再生能源和非可再生能源。凡是可以不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为可再生能源,反之称为非可再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物能等是可再生能源;煤、石油和天然气等是非可再生能源。地热能基本上是非可再生能源,但从地球内部巨大的蕴藏量来看,又具有可再生的性质。

7. 商品能源和非商品能源

凡进入能源市场作为商品销售的如煤、石油、天然气和电等均为商品能源。国际上的统计数字均限于商品能源。非商品能源主要指薪柴和农作物残余(秸秆等)。1975年,世界上的非商品能源约为0.6太瓦年,相当于6亿吨标准煤。据估计,中国1979年的非商品能源约合2.9亿吨标准煤。

随着全球各国经济发展对能源需求的日益增加,现在许多发达国家都更加重视对可再生能源、环保能源以及新型能源的开发与研究;同时我们也相信随着人类科学技术的不断进步,人们会不断开发研究出更多新能源来替代现有能源,以满足全球经济发展与人类生存对能源的高度需求,而且地球上还有很多尚未被人类发现的新能源正等待人们去探寻与研究。

对于能源工作者而言,更多的是采用一次能源和二次能源的概念,着眼于一次能源的开发和利用,并按常规能源和新能源进行研究。这样的分类见表1-1。

表 1-1 能源分类

类别	常规能源	新能源
一次能源	煤、石油、天然气、水力能、核能、太阳能、风能、地热能等	海洋能、生物能等
二次能源	煤气、焦炭、汽油、柴油、液化石油气、电力、蒸汽等	沼气、氢能等

2. 能源与可持续发展

经济的发展、社会的进步和人类物质文明、精神文明及生活水平的提高,都离不开能源。然而,作为人类赖以生存基础的能源,在其开采、输送、加工、转换、利用和消费过程中,都必然对生态系统产生各种影响,成为环境污染的主要根源。

1) 温室效应

近几十年来,由于人类活动而释放的二氧化碳、甲烷、氟氯化碳、一氧化二氮、臭氧等温室气体不断增加,导致大气层的构成发生了的变化。许多科学家断言,如果这种情况继续下去,温室气体的积累很可能引发全球气候的变暖。实际上,由于人为的影响,局部区域的变暖已经出现。



在物理学中我们学过,所有的带热物体都能以不同的波长放出不同能量的辐射。炽热的太阳发出波长较短的高能辐射,凉爽的地球表面发出波长较长的低能辐射。地球的大气层起着温室玻璃的作用,允许波长较短的太阳辐射穿过,抵达地球表面,但是却能够捕获波长较长的地球的红外辐射热,使地球保持着一种温暖的状态,这种现象被形象地称为“温室效应”。大气之所以起到温室效应的作用,是因为大气本身含有大量的温室气体。当温室气体过多时,会使地球的平均温度升高,全球气候会因此变暖。

二氧化碳在温室效应中起到了举足轻重的作用。随着工业革命的发展,人类越来越多地从地球上获取大量的石化燃料作为能源,石化燃料在燃烧过程中释放出大量的二氧化碳,大大增加了大气中二氧化碳的浓度,使温室效应加剧。二氧化碳浓度的升高还由于人类缺乏生态环境知识,为了追求短期利益毁林造田造成的。

温室效应的危害主要有:①海平面上升;②影响农业和自然生态系统;③急剧洪涝、干旱及其他气象灾害;④影响人类健康,因为气候变暖有可能加大疾病危险和死亡率,增加传染病。高温会给人类的循环系统增加压力,热浪会引起死亡率的增长。

自从 20 世纪 80 年代以来,全球温室效应导致的增温现象非常明显。专家估计,在未来的 100 年里,气温将增加 1.5~3.0 摄氏度,南北极地冰山将大幅度融化,导致海平面大大上升,一些岛屿国家和沿海城市将淹于水中。1992 年成立了联合国气候变化框架公约委员会,专门负责各国的工业温室气体的清单调查。为控制全球气候的变化,我们应该做的工作就是控制温室气体的排放。

2) 酸雨

酸雨是指由于人类活动的影响,使得 pH 值降低至 5.6 以下的酸性降水。随着现代工业化的发展,这样的降水开始出现,并且逐年增多。它已经开始影响到人类赖以生存的环境,以及人类自己了。

形成酸雨的基本原因主要与煤炭和石油燃烧以及工业生产等释放到大气中的二氧化硫和氮氧化物污染物有关。二氧化硫和氮氧化物污染物在大气中通过化学反应分别转化成硫酸和硝酸,混入雨水或雪水中,使其酸度增加。同时酸雨的形成还与大气中其他许多碱性物质有关,如飞灰中的氧化钙、土壤中的碳酸钙以及其他碱性物质可与酸发生中和反应。酸雨的酸度实际上是大气中阴阳离子酸碱反应的综合结果,涉及复杂的大气化学和物理过程。

酸雨的主要危害有三方面。一是危害人体健康。由于酸雨在降落过程中可以溶解空气中的重金属离子,使其变成对人体有害的金属盐,特别是对体弱多病、抵抗力较差的人们,酸雨可诱发出各种呼吸道疾病。二是破坏生态系统。土壤酸度增加、结构受到破坏,植物的正常生长受到危害,肥沃的土壤甚至变为贫瘠的不毛之地;森林遭受严重毁坏;河流、湖泊发生酸化,影响鱼类生长。如瑞典、挪威南部以及美国东北部的许多湖泊由于酸化而成为无鱼的死湖。三是成为超级腐蚀剂。酸雨能腐蚀建筑材料、金属构件和油漆等,使大批建筑物包括名胜古迹遭受损害。由此可以看出,酸雨的危害是巨大的。欧洲经济委员会报告书称,因酸雨危害造成的经济损失额相当于全世界每人损失 2~10 美元。为此有人将酸雨称为“空中死神”。

21 世纪以来,全世界的酸雨污染范围日益扩大。原来只发生在北美和欧洲工业发达国家的酸雨,逐渐向一些发展中国家扩展,如印度、东南亚、中国等,同时酸雨的酸度也在逐渐增加。据欧洲大气化学监测网近 20 年连续监测的结果表明,欧洲雨水的酸度增加了 10%,瑞典、丹麦、波兰、德国、加拿大等国的酸雨 pH 多为 4.0~4.5,美国已有 15 个州的酸雨 pH 在 4.8



以下。

我国是一个燃煤大国,由于对燃烧排放的二氧化硫的治理尚处于起步阶段,致使一些地区酸雨污染日趋严重。华中、西南和华南地区已成为堪与北美酸雨区、欧洲酸雨区并列的世界三大酸雨区之一。据统计,我国降水年均 pH 低于 5.6 的城市有 44 个,占统计城市数的 47.8%;75% 的南方城市降水年均 pH 低于 5.6。其中,酸雨尤为严重的有重庆、贵阳等地,降水 pH 在 4.3 左右,对当地的森林、植物等产生很大危害。据报道重庆南山 1 800 公顷马尾松林,因酸雨死亡了 46%。这些地区和城市已被列入国家重点酸雨控制区域。控制酸雨的根本措施是减少二氧化硫和氮氧化物的人为排放量。

3) 臭氧层的破坏

自然界中的臭氧(O_3)大多分布在距离地球表面 20~50 km 的大气层中,称之为臭氧层。臭氧层正是人类赖以生存的保护伞,它保护地球上的人类和动植物免遭短波紫外线的伤害。但是,由于工业革命以来能源消费的不断增长,人类过多地使用氟氯烃类物质(用 CFCs 表示)作为制冷剂和作为其他用途,以及燃料燃烧产生的 N_2O ,造成臭氧层中的臭氧被大量循环反应消耗而迅速减少,形成所谓臭氧层空洞,导致臭氧层的破坏。

臭氧层被破坏造成地球紫外线增加,紫外线会破坏包括 DNA 在内的生物分子,增加了患皮肤癌、白内障的概率,而且与许多免疫系统疾病有关。海洋中的浮游生物受致命的影响,海洋生态系统受破坏。农作物减产,加强温室效应。

自 1999 年起,我国根据承诺逐步减少生产使用氟利昂、哈龙等破坏大气臭氧层的氟氯化合物,大力开发环保替代产品。由此禁用四氯化碳做清洗剂,是我国履行国际承诺、保护臭氧层的又一重大举措。

4) 热污染

热污染是指现代工业生产和生活中排放的废热所造成的环境污染。热污染可以污染大气和水体。火力发电厂、核电站和钢铁厂的冷却系统排出的热水以及石油、化工、造纸等工厂排出的生产性废水中均含有大量废热。这些废热排入地面水体之后,能使水温升高。在工业发达的美国,每天所排放的冷却用水达 $4.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,接近全国用水量的 1/3;废热水含热量 $2.5 \times 10^{14} \text{ kJ}$,足够使 $2.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的水温升高 10°C 。

热污染首当其冲的受害者是水生生物,由于水温升高使水中溶解氧减少,水体处于缺氧状态,同时又使水生生物代谢率增高而需要更多的氧,造成一些水生生物在热效力作用下发育受阻或死亡,从而影响环境和生态平衡。此外,河水水温上升给一些致病微生物造成一个人工温床,使它们得以滋生、泛滥,引起疾病流行,危害人类健康。1965 年澳大利亚曾流行过一种脑膜炎,后经科学家证实,其祸根是一种变形原虫,由于发电厂排出的热水使河水温度增高,这种变形原虫在温水中大量滋生,造成水源污染而引起了这次脑膜炎的流行。

随着人口和耗能量的增长,城市排入大气的热量日益增多。按照热力学定律,人类使用的全部能量终将转化为热能,传入大气,逸向太空。这样,使地面反射太阳热能的反射率增高,吸收太阳辐射热减少,沿地面空气的热减少,上升气流减弱,阻碍云雨形成,造成局部地区干旱,影响农作物生长。近一个世纪以来,地球大气中的二氧化碳不断增加,气候变暖,冰川积雪融化,使海水水位上升,一些原本十分炎热的城市,变得更热。专家们预测,如按现在能源消耗的速度计算,每 10 年全球温度会升高 $0.1 \sim 0.26^\circ\text{C}$;一个世纪后即为 $1.0 \sim 2.6^\circ\text{C}$,而两极温度将上升 $3 \sim 7^\circ\text{C}$,对全球气候会有重大影响。



造成热污染最根本的原因是能源未能被最有效、最合理地利用。随着现代工业的发展和人口的不断增长,环境热污染将日趋严重。然而,人们尚未能用一个量值规定其污染程度,这表明人们并未对热污染有足够重视。为此,科学家呼吁应尽快制订环境热污染的控制标准,采取行之有效的措施防治热污染。

5) 放射性污染

放射性元素的原子核在衰变过程放出 α 、 β 、 γ 射线的现象,俗称放射性。由放射性物质所造成的污染,叫放射性污染。放射性污染的来源有:原子能工业排放的放射性废物,核试验的沉降物以及医疗、科研排出的含有放射性物质的废水、废气、废渣等。

在大剂量的照射下,放射性对人体和动物存在着某种损害作用。放射性也能损伤遗传物质,主要在于引起基因突变和染色体畸变,使一代甚至几代人受害。

放射性“三废”处理:放射性废物中的放射性物质,采用一般的物理、化学及生物学的方法都不能将其消灭或破坏,只有通过放射性核素的自身衰变才能使放射性衰减到一定的水平。

除核燃料存在核污染问题外,烧煤电站也存在值得重视的核污染。资料分析表明:火电厂通过烟囱排放的放射性元素(主要是氡-222)造成的放射性污染甚至超过正常运行的核电站的污染。

6) 其他污染

大量燃烧煤等石化燃料会排放大量烟尘、 SO_2 和 H_2S 等大气污染物。它们直接污染了人们生活必需的大气环境,危害人类健康与生活。

综上所述,能源是关系国民经济发展、人民生活改善的重要基础,同时能源的利用与人类生活的环境又息息相关。但是能源中比例很高的非再生能源却是有限的,如煤和石油等,它们随着不断开发利用而不复存在,最终会出现“能源短缺”。

能源短缺引起的能源危机和人类生存环境的恶化向人类提出了一个令人深思的问题:社会和人类的发展是大前提,是永恒的主题。而由于诸如能源和环境等问题,发展是不是可持续的?这就是可持续发展问题。

可持续发展问题引起世界各国的高度关注。1992年召开的联合国环境与发展大会通过了以可持续发展为中心的《里约宣言》和《21世纪议程》等文件。我国政府于1994年通过的《中国21世纪议程》中指出:“走可持续发展的道路是中国在未来几年和下一世纪发展的自身的需要和必然的选择”。

为了子孙后代的未来和社会的可持续发展,我们必须制订规划,采取措施,组织力量,大力开发新能源和清洁能源。

3. 中国工业的节能减排

1) 中国的能源

改革开放以来,我国能源工业保持了较快的增长。1997年我国原煤产量达13.73亿t,居世界第二位,占世界煤炭总产量的29.5%;发电量达 1.134×10^{12} kWh,仅次于美国,居世界第二位;原油产量达1.621亿t,居世界第五位;天然气产量达223亿 m^3 ,居世界第18位,中国在进入21世纪时,已拥有世界第三位的能源生产系统。与此同时,中国的节能工作取得了明显的成效,1996年相对于1980年的能源强度下降了50%,年均节能率达到4.4%,这在发展中国家是比较少见的。

2) 中国能源工业面临的问题

(1) 高耗能让能源供应雪上加霜。2005年以来我国高耗能产业扩张惊人,例如水泥增长



19%，钢材增长 22%，而国内一次能源生产总量仅增长 11%，其中原油只增长 1.8%。

(2) 利用效率低下，能源浪费严重。目前我国能源利用效率仅为 34%，相当于发达国家 20 年前的水平，相差 10%。

(3) 20 世纪前 20 年，我国城市化进程大大加快，城市基础建设引起钢材、水泥、电力等能源大量消耗，能源需求快速增长。

(4) 能源供应结构失衡，长期依赖煤炭。我国能源储量具有“多煤、贫油、少气”的特点，煤炭占 92%，石油占 2.9%，天然气仅占 0.2%。

(5) 能源分布不均，产销距离遥远。我国能源主要集中在新疆、内蒙古、山西和贵州，这 4 个省共占全国能源总资源量的 83%，而经济发达的华东和华南不到 5%。

(6) 能源开发造成环境污染严重。高耗能产业扩张、以煤炭为主的生产模式使全国尤其是能源产区的生态环境遭受严重“内伤”。

(7) 石油安全受到严重威胁。国家应利用法律、市场杠杆实行节约用能，同时促进可再生能源、核能等对常规能源的替代，维护国家石油安全。

中国能源资源从绝对数量上看是丰富的。但是必须看到中国是一个拥有 13 亿人口的大国，按人口平均的能源资源占有量很低。表 1-2 列出中国与部分国家人均能源消费比较。从表中不难看到，中国人均能源消费与发达的国家相差悬殊。

表 1-2 部分国家人均能源消费比较 单位：千克标准煤/人

年份	中国	日本	韩国	美国	加拿大	法国	英国	德国	意大利
1980	421	2 972	1 087	7 908	7 854	3 539	3 572	4 587	2 466
1994	664	3 856	2 982	7 819	7 854	4 042	3 772	4 128	2 707

中国能源利用的另一大问题是单位产品能耗高，能源利用效率低下。2003 年我国单位产值能耗比世界平均水平高 2.4 倍，是德国的 4.97 倍、日本的 4.43 倍、印度的 1.65 倍；其中单位产值的石油消耗为世界平均水平的两倍。8 个主要耗能行业的单位产品能耗平均比世界先进水平高 47%，占工业部门能源消费总量的 73%；每吨钢铁能耗比国际平均水平高出 20%。节能居住建筑仅占全国居住建筑的 3.5%，单位建筑面积采暖能耗相当于气候条件相近发达国家的 2~3 倍。每吨标准煤的产出效率只有 785 美元，相当于美国的 28.6%、欧盟的 16.8%、日本的 10.3%。我国能源利用效率比发达国家低约 10%，人均能源消费量虽仅为世界平均水平的一半，但产值能耗却高于后者两倍，为世界之最。这说明，我国能源浪费惊人，节能潜力巨大，走节约新型工业化道路是必然选择。

3) 中国工业的节能

所谓节能是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，减少从能源生产到消费各个环节中的损失和浪费，更加有效、合理地利用能源。由于常规能源资源有限，而世界能源的总消费量则随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高越来越大，世界各国十分重视节能技术的研究，千方百计地寻求代用能源，开发利用新能源。

节能不仅是能源消费数量的减少，更重要的是开发利用新能源。节能是一种不要资源的“开源”，由于它能从提高能源利用率中获得能源，而无需煤矿、油田和电厂等建设，因此是最好的开源和保护资源的方法。同时，节能是减少污染、保护环境的一个重要方面，提高能源利用率不但能减少能源的消耗量，而且可以减少烟尘、烟雾、温室效应气体、SO₂ 和其他有害气体的排放量，同时使排放到环境中的废热量也相应减少。



在“十一五”规划中,我国政府将能源效率列为重中之重。而在未来 15 年内,我国更致力于把中国从目前的低效能源使用者变成高效能源使用者。但改善能源消耗现状,更需要从电工装备到煤炭、石油、建筑等多个行业共同不懈的努力。

要保证能源效率和能源管理的不断提升、进步,人才培养也至关重要。因此,节能降耗不能只停留在纯粹的工业生产上,还要延伸到人才培养,延伸到我国的高等教育中去,不断提高有关能源效率和能源管理课程的教学水平,使之更加贴近我国的市场需求。

节能减排,需要推进能源结构的调整。但是,只要中国经济继续往前发展,就需要不断增加能源,因此,在一定时期内,火电作为一次能源仍然占有一定的比例。

作为经济发展过程中不可避免的问题,节能减排正在逐渐成为中央政府和社会各界普遍关注的焦点问题。节能减排正是改善现状、促进我国经济发展的有效举措。

做好节能减排,可以从以下几个方面着手。

(1)产业结构调整在产业结构性调控过程中,高耗能、高污染、低技术水平的行业将继续受到政策的抑制。据测算,如果我国服务业占 GDP 比重提高 1%,工业比重下降 1%,单位 GDP 能耗可相应降低约 1%;如果工业中的高技术产业比重提高 1%,而高耗能行业比重相应下降 1%,单位 GDP 能耗可相应降低 1.3%。

(2)电力工业是我国能耗和污染大户。数据显示,电力能耗占全国 1/3,二氧化硫排放量占全国一半。据测算,如果使用大机组替代 5 000 万千瓦燃煤小机组,“十一五”期间,我国节能降耗目标将一举完成 1/5。节能减排应从能耗高、污染重的小火电入手。

(3)加强对高耗能产业的控制。钢铁、有色金属、煤炭、化工、建材、建筑等重点行业是能耗排污大户,同时也是当前节能减排潜力最大的领域。节能减排不仅关系国民经济的可持续发展,对于企业来说,也意味着降低成本,提升竞争力。

(4)加快推进市场机制发展,通过实行税费政策等“经济杠杆”政策措施,可以有效地激励节能环保行动,遏制污染行为。

(5)确立有效的约束手段。节能环保需要健全约束机制,建立科学的监督管理体系,严格执行法律的执行,加大惩戒力度,由原来的软约束变成严惩污染行为的硬约束。

以上这几个方面,正是我国在现代化进程中不得不面对的自身的缺点。节能减排,给了我们正视并且重视这些缺点的机会。通过改进这些我国社会体制中不完善的地方,可以有效地促进我国经济的发展,推动现代化进程。

只有坚持节约发展、清洁发展、安全发展,才能实现经济的发展。同时,温室气体排放引起全球气候变暖,备受国际社会广泛关注。进一步加强节能减排工作,也是应对全球气候变化的迫切需要,是我们应该承担的责任。

4) 硅酸盐工业的节能

(1)硅酸盐工业能源消耗高的主要原因。①能源管理机构不健全,管理水平较低,缺少必要的计量测试手段,计量统计工作重视不够。②生产效率和技术水平落后。③产业结构和产品结构不合理。④设备(窑炉)材质差。

(2)硅酸盐工业节能途径。①加强能源的科学管理,对老企业进行节能技术改造,提高能源利用率,降低单位产品的能源消耗量。②通过调整企业结构和产品结构,加强节能监测,降



低原燃材料消耗,提高产品质量,提高劳动生产率达到少用能源的目的。③加强余热的回收和利用。

(五)硅酸盐工业热工基础的研究内容和学习要求

1. 研究内容

硅酸盐工业热工基础是研究热能利用的基本原理和规律,以提高热能利用经济性为主要目的一门学科。它主要围绕硅酸盐生产过程的窑炉,研究热能直接利用中的燃料燃烧、流体的流动和热能传递方式及效率问题。

热工理论基础的研究在不断深入,所涉及的内容随着科学技术的发展不断拓宽,应用领域也不断扩展。为了增强学生的工程实践观点和创新精神,扩大他们的视野,本教材在可能的范围和篇幅内将更多地介绍一些新的应用领域。

2. 学习要求

在硅酸盐材料生产中,热工过程是最重要的生产环节。通过本课程的学习,应掌握热工过程的有关理论、规律以及相关的工艺过程及燃烧设备。考虑到教学改革过程中课程设置的调整,本课程主要内容为:流体力学基础及应用、燃料及燃烧过程、传热过程、干燥过程等。

在学习本课程时要注重理论与实际的相结合。

小 结

本情境主要讲述了硅酸盐材料定义、硅酸盐材料的分类、硅酸盐工业特点及硅酸盐工业节能等内容。

思 考 题

- (1)什么是硅酸盐材料?如何分类?
- (2)能源是如何分类的?
- (3)试述硅酸盐工业的特点。
- (4)试述能源利用与国民经济发展之间的关系。
- (5)试述能源利用与人民生活之间的关系。
- (6)为什么在发展能源事业的同时必须加强环境保护?
- (7)节能的重要意义是什么?
- (8)“热工基础”课与节能有怎样的关系?
- (9)硅酸盐工业能源消耗高的主要原因有哪些?
- (10)如何提高硅酸盐工业的能源利用效率?
- (11)可以从哪些方面做好节能减排工作?
- (12)中国能源工业面临的问题有哪些?