

GUISUANYAN REGONG JICHU

硅酸盐热工基础

主编 田文富

主审 隋良志

即可呈现拓展知识
扫描书中二维码

中国建材工业出版社

普通高等院校材料工程类规划教材

硅酸盐热工基础

主 编 田文富
副主编 韩彩霞 张丽霞 姚通稳
参 编 钱慧丽 孙素贞 武海燕
王 超 解传美 李 雯
主 审 隋良志



中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

硅酸盐热工基础/田文富主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2017.3

普通高等院校材料工程类规划教材

ISBN 978-7-5160-1721-0

I. ①硅… II. ①田… III. ①硅酸盐-热工学-职业教育-教材 IV. ①TQ170.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 289819 号

内 容 简 介

本书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。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、固体燃料的气化过程及设备、干燥过程与设备等 6 个情境。在结构上采用学习要求、任务目标、知识内容、小结、思考题、习题等模式, 以便学生更好地学习。本书内容具有系统性、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。

本书既可作为高职高专材料工程技术(硅酸盐材料)专业的教学用书, 也可作为中等职业学校相关专业的参考书, 同时还可以作为企业职工岗位技术培训用书。

硅酸盐热工基础

主 编 田文富

副主编 韩彩霞 张丽霞 姚通稳

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 16.5

字 数: 420 千字

版 次: 2017 年 3 月第 1 版

印 次: 2017 年 3 月第 1 次

定 价: 40.00 元

本社网址: www.jcbs.com 微信公众号: [zgjcgyebs](https://www.weixin.com/zgjcgyebs)

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

随着我国“十三五”规划的实施，用新技术改造传统的硅酸盐产业进入一个快速发展期，促进供给侧结构性改革，培养中国制造 2025 需要的高素质技能型人才，已势在必行。在调整结构、提高效益和降低消耗的基础上，到 2020 年国内生产总值和城乡居民人均收入比 2010 年翻一番。“十三五”时期单位 GDP 能源消耗累计降低 15%，到 2020 年实现单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%，非化石能源占一次能源消费的比重达到 15%左右。因此，本书编写时，主要围绕硅酸盐工业流体流动、燃料燃烧、热量传递和质量传递进行编写，注重满足节能、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，本书根据全国建材职业教育教学指导委员会关于教材建设和改革的要求编写而成，力求实用性，脱离传统的教科书模式，尽量避开烦琐的理论指导，尽量适应高职高专的教学特点。为了加深对课堂知识的理解，书中列举了实例，并配有相对应的实验和常用附录，从而突出职业教育的特点，培养学生的动手能力。同时，为了精简篇幅，对不常用的图片和表格采用扫描二维码方式识读。

本书由黑龙江建筑职业技术学院田文富担任主编；由新疆建设职业技术学院韩彩霞、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；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、无锡工艺职业技术学院王超、宁夏建设职业技术学院解传美和李雯参与本书编写。

本书由黑龙江建筑职业技术学院隋良志教授主审。

由于编者水平所限、时间仓促，书中错误和不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者
2017 年 3 月

目 录

情境一 绪论	1
本情境小结	9
思考题	9
情境二 流体力学基础及流体输送设备	10
单元一 流体力学基础	10
单元二 硅酸盐热工设备系统中流体输送设备与装置	49
本情境小结	70
思考题	70
习题	71
单元三 本情境实验（详见二维码）	75
情境三 传热过程与传质基础	76
单元一 概述	76
单元二 传导传热	80
单元三 对流换热	91
单元四 辐射传热	101
单元五 综合传热	118
单元六 传质基础	124
本情境小结	132
思考题	132
习题	133
单元七 本情境实验（详见二维码）	134
情境四 燃料及其燃烧过程	135
单元一 燃料概述	135
单元二 燃烧计算	153
单元三 燃料的燃烧技术	171
本情境小结	200
思考题	200
习题	201
单元四 本情境实验（详见二维码）	203
情境五 固体燃料的气化过程及设备	204
单元一 发生炉煤气的种类	204
单元二 煤气的生产过程	207

单元三 煤气发生炉	211
本情境小结	215
思考题	215
情境六 干燥过程与设备	216
单元一 概述	216
单元二 湿空气的性质	218
单元三 湿空气的 $I-x$ 图及其应用	223
单元四 干燥过程的计算	231
单元五 干燥的物理过程	237
本情境小结	242
思考题	242
习题	242
附录 1 国际制、工程制单位换算表	244
附录 2 常用材料物理参数	245
附录 3 干空气的物理参数 (常压下空气的物理参数)	247
附录 4 烟气的物理参数	248
附录 5 热工设备不同温差、不同风速的散热系数	249
附录 6 湿空气的相对湿度 (%)	251
附录 7 湿空气的 $I-x$ 图 ($p=99.3\text{kPa}$, $t=-10\sim 200^{\circ}\text{C}$)	252
附录 8 湿空气的 $I-x$ 图 ($p=99.3\text{kPa}$, $t=0\sim 1450^{\circ}\text{C}$)	253
附录 9 常用局部阻力系数及综合阻力系数 (详见二维码)	254
附录 10 在饱和线上水的物理参数 (详见二维码)	254
附录 11 在饱和线上水蒸气的物理参数 (详见二维码)	254
附录 12 某些材料在法线方向上的黑度 (详见二维码)	254
参考文献	255

情境一 绪 论

【学习要求】通过学习本情境，使学生掌握硅酸盐材料、硅酸盐工业特点和硅酸盐工业的节能等知识，培养学生运用这些知识进行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

本情境着重介绍在硅酸盐材料生产过程中，热工过程是最重要的生产环节。热工过程需要燃料，硅酸盐工业能源消耗高，节能减排尤为重要。

知识内容

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，材料与能源、信息一道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，极大地推动了社会进步。

（一）硅酸盐材料的定义

硅酸盐材料属无机非金属材料。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来表示其组成。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。硅酸盐工业在国民经济中占有很重要的地位。传统的硅酸盐材料是无机非金属材料的主要构成部分。

（二）硅酸盐材料的分类

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。

硅酸盐材料是以含硅物质为原料经加热制成的。这一制造工业称为硅酸盐工业，如制造水泥、玻璃、陶瓷等产品的工业。

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、机床的基座等都是用水泥堆积而成，目前全世界的水泥年产量达二十多亿吨，我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，跟水掺合搅拌后，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、石等粘结起来。水泥和砂子、石子混合即构成耐压强度较高的混凝土，如用钢筋做结构即为钢筋混凝土，是建筑工程中的基础。

2. 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，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、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。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得到了应用。

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，按适当的比率混合后，放入玻璃窑中加强热。在熔融时形成连续网络结构，冷却过程中黏度逐渐增大并硬化，形成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，逐渐转为液态，然后以较快的速度冷却下来，形成了透明的、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来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，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。

二、硅酸盐材料的共性

硅酸盐材料虽然分为四大类，但各类硅酸盐材料在其微观结构、宏观性能和生产工艺方面有共同点，简述如下。

1. 结构特点

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. 特性

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机械性能，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（烧结或烧融），不同点是原料组成和工艺流程存在显著差别，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。

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。

四、能源利用与硅酸盐工业节能

（一）能源及其分类

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

（1）来自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、天然气等化石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。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 2000°C 。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类

(1) 一次能源。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。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. 按能源的性质分类

按能源性质分为有燃料型能源（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，以后用各种化石燃料，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。当前化石燃料消耗量很大，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. 按能源消耗是否污染环境分类

根据能源消耗后是否造成环境污染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. 按能源是否可再生分类

一次能源又分为可再生能源和非再生能源。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再生能源，反之称为非再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等是可再生能源，煤、石油和天然气等是非再生能源。地热能基本上是非再生能源，但从地球内部巨大的蕴藏量来看，又具有再生的性质。

7. 按能源能否进入商品流通领域分类

可分为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）。

还有一些其他分类方法。但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、水力能等	核能、太阳能、风能、地热能、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

（二）能源对生态系统的影响

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

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。

在温室效应当中，二氧化碳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化石燃料作为能源，化石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是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，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℃，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。控制全球气候的变化，人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。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。

酸雨的危害：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。三是超级腐蚀剂。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。

3. 臭氧层的破坏

自然界中的臭氧（O₃）大多分布在距离地球表面 20~50km 的大气中，称之为臭氧层。臭氧层是人类赖以生存的保护伞，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、白内障的几率, 而且和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。

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。

热污染首当其冲的受害者是水生物, 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。

热污染的防治措施如下:

(1) 废热的综合利用。充分利用工业的余热, 是减少热污染的最主要措施。生产过程中产生的余热种类繁多, 有高温烟气余热、高温产品余热、冷却介质余热和废气废水余热等。这些余热都是可以利用的二次能源。我国每年可利用的工业余热相当于 5000 万 t 标准煤的发热量。在冶金、发电、化工、建材等行业, 通过热交换器利用余热来预热空气、原燃料、干燥产品、生产蒸汽、供应热水等。此外还可以调节水田水温, 调节港口水温以防止冻结。

对于冷却介质余热的利用方面主要是电厂和水泥厂等冷却水的循环使用, 改进冷却方式, 减少冷却水排放。

(2) 加强隔热保温, 防止热损失。在工业生产中, 有些窑体要加强保温、隔热措施, 以降低热损失, 如水泥窑筒体用硅酸铝毡、珍珠岩等高效保温材料, 既减少热散失, 又降低水泥熟料热耗。

(3) 寻找新能源。利用水能、风能、地能、潮汐能和太阳能等新能源, 既解决了污染物, 又是防止和减少热污染的重要途径。特别是太阳能的利用上, 各国都投入大量人力和财力进行研究, 取得了一定效果。

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称为放射性污染。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。

放射性对人体的危害: 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, 引起基因突变和染色体畸变, 使一代甚至几代受害。

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。

(1) 放射性废水的处理。放射性废水的处理方法主要有稀释排放法、放置衰变法、混凝沉降法、离子变换法、蒸发法、沥青固化法、水泥固化法、塑料固化法以及玻璃固化法等。

(2) 放射性废气的处理。

① 铀矿开采过程中所产生废气、粉尘, 一般可通过改善操作条件和通风系统得到解决。

② 实验室废气，通常是进行预过滤，然后通过高效过滤后再排出。

③ 燃料后处理过程的废气，大部分是放射性碘和一些惰性气体。

(3) 放射性固体废物的处理。放射性固体废物主要是被放射性物质污染而不能再用的各种物体。处理方法有①焚烧、②压缩、③去污、④包装。

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

大量燃烧煤等化石燃料会排放大量烟尘、SO₂、NO_x 和 H₂S 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。

(三) 中国工业的节能减排

1. 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 个百分点。

(3) 21 世纪前 20 年，我国城市化进程大大加快，城市基础设施建设引起钢材、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。我国接续能源主要集中在新疆、内蒙古、山西和贵州等地，这 5 个省区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。我国应利用法律、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。

我国能源资源从绝对数量上看是丰富的，但按人口平均的能源资源占有量很低。表 1-2 为我国与部分国家人均能源消费比较。从表中不难看到，我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

(kg 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	2972	1087	7908	7854	3539	3572	4587	2466
1994	664	3856	2982	7819	7854	4042	3772	4128	2707

2. 中国工业的节能

大力开发新能源和清洁能源是解决能源危机及可持续发展的一条途径。作为解决能源问题的另一战略措施是节约能源，即节能。它已成为各国政府和能源专家所关注的解决能源问题和实现可持续发展的重要途径。

“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、 NO_x 、 SO_2 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。

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 5000 万 kW 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，严格现有法律的执行，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。

3. 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

(一) 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，本书在可能的范围和篇幅内将更多地介绍一些新的应用领域。

(二) 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、传热过程、燃料及燃烧过程、干燥过程等。

在学习本课程时要注意理论与实际的相结合。

本情境小结

本情境主要讲述了硅酸盐材料定义、硅酸盐材料分类、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. 硅酸盐工业的特点是什么？
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. 你认为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？
13. 硅酸盐工业节能途径有哪些？
14. 何谓温室效应？它的危害主要有哪些？
15. 酸雨是怎样形成的？它会产生哪些危害？
16. 何谓臭氧层？臭氧层被破坏会造成哪些危害？
17. 热污染是怎样形成的？它会产生哪些危害呢？如何防治热污染？
18. 何谓放射性污染？它对人体会产生哪些危害？

情境二 流体力学基础及流体输送设备

【学习要求】 通过学习本情境，使学生掌握流体力学的基础知识和流体输送设备的使用知识，培养学生运用这些知识进行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

本情境着重讨论流体流动过程的基本原理以及流体在管道内的流动规律，并应用这些原理与规律去分析和计算流体的输送问题。主要研究流体静力学基础；流体动力学基础，即介绍三大方程（连续性方程、伯努利方程和动量方程）及其应用；颗粒流体力学（固体颗粒流态化）；流体的输送设备（风机和泵、烟囱、喷射器等）。

知识内容

单元一 流体力学基础

液体和气体统称为流体。研究流体平衡和运动规律的学科称为流体力学。现代硅酸盐工业生产中会遇到许多涉及流体力学的问题，例如水、燃料油及各种气体的输送，磨料的分级、粉料的选分以及气力输送，泥浆的输送与过滤、高温玻璃液的流动以及收尘等。了解并掌握流体力学的基本原理，对于从事硅酸盐工业生产和科研的技术人员来说是颇为重要的。

一、流体的主要力学性质

（一）流体的基本性质

1. 流体的流动性

从力学观点来看，流体与固体的区别主要在于受剪应力后的表现有很大的差异。固体受剪应力后与受张应力或压应力有类似的表现，即在弹性极限范围内，产生弹性变形，当应力超过弹性极限时就会产生永久畸变或称为塑性变形，应力再大时则被破坏。流体受剪应力后即使剪应力很小，也会不断变形并流动，这就是说流体只能承受压应力，不能承受拉力和剪力，否则就会变形流动，即流体具有流动性。

2. 流体的连续性

流体由大量的不断做无规则运动的分子组成，各个分子之间以及分子内部的原子之间均保留着一定的空隙，所以说流体内部是不连续而存在空隙的。若从单个分子运动出发来研究整个流体的平衡及运动规律很困难，因此，欧拉在 1753 年提出了以连续介质的概念为基础

的研究方法。在流体力学中不研究个别分子的运动，只研究由大量分子组成的分子集团。假设整个流体由无数个分子集团组成，每个分子集团称为“质点”，质点的大小与容器或管路相比是微不足道的。这样可以设想在流体的内部各个质点相互紧挨着，它们之间没有任何空隙而成为连续体。用这种处理方法就可以不研究分子间的相互作用以及复杂的分子运动，主要研究流体的宏观运动规律，也就是说把流体看作是由大量的连续质点所组成的连续介质。那么表征流体特性的各物理量的变化，在时间与空间上是连续变化的。也就是说，这些物理量是空间坐标与时间的单值连续函数。因此，可以利用以连续函数为基础的高等数学来解决流体力学的问题。但是，并不是在任何情况下都可以把流体视为连续介质，如果所研究问题的特征尺度接近或小于分子的自由程，连续介质的概念将不再适用。如在高空飞行的火箭、导弹，由于空气稀薄，分子的间距很大，可以与物体的特征尺度相比拟，虽然能找到可获得稳定平均值的分子团，但显然这个分子团是不能当做质点的。

(二) 流体的密度

1. 密度的定义

单位体积的流体具有的质量称为流体的密度。其表达式是：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中 ρ ——流体的密度， kg/m^3 ；

m ——流体的质量， kg ；

V ——流体的体积， m^3 。

流体的密度通常由实验测得，常用流体的密度值可由表 2-1 中查得。

表 2-1 几种常见流体的密度值

流体名称	密度 (kg/m^3)	测试条件	流体名称	密度 (kg/m^3)	测试条件
纯水	1000	4℃	空气	1.293	标准状态
海水	1020	15℃	燃烧产物	1.30~1.34	标准状态
汞	13600	15℃	CH ₄	0.716	标准状态
汽油	680~790	15℃	SO ₂	2.858	标准状态
重油	900~950	15℃	H ₂ S	1.521	标准状态
O ₂	1.429	标准状态	CO ₂	1.963	标准状态
H ₂	0.090	标准状态	H ₂ O	0.804	标准状态
CO	1.250	标准状态	N ₂	1.250	标准状态

2. 液体混合物的密度

实际生产中经常遇到若干单纯液体的混合物，即混合液体。液体混合时体积变化不大，为了便于计算，一般忽略这种变化，认为各纯液体混合后总体积等于各纯液体的体积之和。因此，以 1kg 混合液体为基准得到液体混合物的密度计算公式为：

$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{\varphi_1}{\rho_1} + \frac{\varphi_2}{\rho_2} + \dots + \frac{\varphi_n}{\rho_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\varphi_i}{\rho_i} \quad (2-2)$$

式中 ρ_m ——液体混合物的密度， kg/m^3 ；

$\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ ——液体混合物中各组分的质量分数；

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ ——液体混合物中各纯态组分的密度， kg/m^3 。