



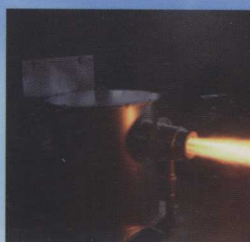
新 能 源 系 列 规 划 教 材

节能技术与优化方法



JIENENG JISHU YU
YOUHUA FANGFA

丁 玮 主 编
皮琳琳 申 亮 副主编



化学工业出版社



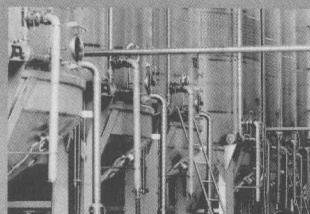
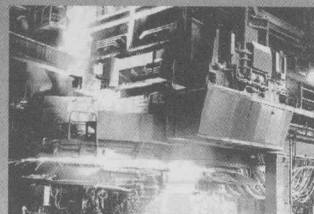
新能源系列规划教材

节能技术与优化方法



JIENENG JISHU YU
YOUHUA FANGFA

丁玮 主编
皮琳琳 申亮 副主编



化学工业出版社

TK01

202

本书介绍了常用的节能减排技术与统计优化计算方法。节能减排技术包括保温保冷技术、燃烧节能技术等企业节能技术,以及钢铁行业节能技术、有色金属节能技术等行业领域的节能技术。统计优化计算方法包括常用的抽样方法、检验方法、优化方法以及 SPSS 在节能优化中的应用。

本书可作为高职、中职院校节能工程技术专业、光伏发电技术相关专业、风能与动力技术相关专业、材料专业(铸造、锻压方向)以及冶金专业的教材,也可以作为节能减排爱好者的普及读物。

图书在版编目(CIP)数据

节能技术与优化方法/丁玮主编. —北京:化学工业出版社, 2014.1

新能源系列规划教材

ISBN 978-7-122-19081-9

I. ①节… II. ①丁… III. ①节能-教材 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 278089 号

责任编辑:刘哲
责任校对:陶燕华

装帧设计:韩飞

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)
印装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张9¼ 字数214千字 2014年2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:25.00 元

版权所有 违者必究

前言

节能技术与优化方法
JIE NENG JI SHU YU YOU HUA FANG FA

随着经济社会的迅猛发展,人们对各种能源的需求量也日益增大。然而,由于人类过分追求经济发展所带来的满足,通常会忽视或淡漠其所带来的负面效应,给未来埋下了诸多隐患。近几年,全球出现的温室效应、水污染、PM2.5 问题以及最近在我国出现的连续雾霾天气等,都在为我们敲响保护环境的警钟。

解决经济发展同保护环境之间矛盾的最有效的方法就是节能减排。我国“十二五”规划纲要继续将节能减排作为国民经济和社会发展的约束型指标,提出 2015 年全国单位国内生产总值能耗要比 2010 年降低 16% 等节能减排指标。国家发展和改革委员会强调:强化目标责任、严控“两高”行业(高污染和高能耗行业)是未来主要的工作任务,并向社会公告 18 个行业共 2255 家高污染、高能耗企业的名单。一方面,技术落后,尤其是节能环保技术落后,是导致企业高能耗、高污染的主要原因,落后的工艺和装备势必会造成企业对能源的利用率降低,从而产生更多的能耗和环境污染;另一方面,不能有效地循环利用能源也是产生高能耗的原因。因此,提高企业的节能环保技术,增加有效能源利用(焓提高),减少无效能源排放(降低),是企业摆脱“两高”的有效途径。为此,本书详细介绍了一些企业常用的节能环保技术,包括:保温保冷技术、燃烧节能技术、余压利用技术、电化学节能技术等一般节能技术(第一章);钢铁行业节能技术、铜冶炼节能技术等重工业节能技术以及电力、建材等行业的节能技术。

此外,实际生产节能量是衡量企业节能减排效果的主要指标。一方面,对节能效果的量化可以反映企业有效能源利用的程度,计算利用率以及企业节能的发展空间;另一方面,通过节能统计,企业可以对能源使用从数学层面上进行优化,寻找每个能耗过程的最优值,并且可以根据不同的生产需求调整耗能过程。因此,在本书中还对统计学知识进行了详细的介绍,包括常用的抽样方法、检验方法、优化方法以及计算机技术在节能统计中的应用等内容。

天津轻工职业技术学院丁玮编写了第一章，皮琳琳编写了第二章，朱鹏编写了第三章。丁玮与万可电子（天津）有限公司申亮共同编写了第二篇。在本书的编写过程中参考了同类书籍的相关内容，在此对其作者表示诚挚的谢意。

本书可作为高职、中职院校节能工程技术专业、光伏发电技术等相关专业、风能与动力等相关专业、材料专业（铸造、锻压方向）以及冶金专业的教材，也可以作为节能减排爱好者的普及读物。

由于水平有限，书中难免有遗漏或不足之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便于进一步改正。

编者

2013年10月

目 录

节能技术与优化方法
JIENENG JISHU YU YOUHUA FANGFA

第一篇 节能减排技术

第一章 一般节能技术 2

- 第一节 保温技术..... 2
- 第二节 燃烧节能技术..... 9
- 第三节 余热余压利用技术 14
- 第四节 电化学节能技术 20

第二章 冶金工业节能技术 28

- 第一节 钢铁行业节能技术 28
- 第二节 有色金属行业节能技术 34
- 第三节 铜冶炼节能技术 49

第三章 其他行业节能技术 55

- 第一节 电力行业节能技术 55
- 第二节 建材行业节能技术 59

第二篇 统计优化计算方法

第四章 节能统计学与实验统计 68

- 第一节 节能项目中的数据处理与统计学 68
- 第二节 节电改造项目的实验设计 72
- 第三节 节电改造项目中数据的搜集与整理 79

第五章 节能项目中的数据处理

88

第一节	实验数据分布特征的描述	88
第二节	抽样分布	97
第三节	对比实验的推断检验	103
第四节	实验中的简单相关与回归分析	111
第五节	使用 SPSS 软件进行节能实验数据处理	117

附录		127
----	-------	-----

附录 1	随机数字表	127
附录 2	标准正态分布表	134
附录 3	t 分布临界值表	135
附录 4	F 分布临界值表	136

参考文献		141
------	-------	-----

第一篇

节能减排技术

第一章

一般节能技术

第一节 保温技术

一、概述

随着我国保温技术的不断进步,涉及绝热保温材料的生产企业也如雨后春笋般蓬勃发展。国外先进技术、生产线的引进使企业的生产能力不断扩大,技术、装备也有了大幅度的提高。保温材料的种类和功能不断增加,应用温度范围逐渐扩大,在 $-200\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 均可正常工作。然而保温材料的品种规格仍不完善,技术水平与发达国家仍有较大差距,保温节能效果与发达国家还有相当大的差距。

目前,我国用于建筑外保温的节能材料种类较多,主要有:岩棉板、聚苯乙烯泡沫塑料板、发泡水泥、新型膨胀珍珠岩保温系统、聚苯颗粒保温料浆等。高温工业炉窑的隔热保温,主要采用硅酸铝纤维、硅酸钙等材料。岩棉制品的年产量约为60万吨,在保温材料总量中约占比例为40%;玻璃棉制品的产量约为25万吨,硅酸铝纤维制品的产量约为15万吨。聚氨酯材料是目前国际上性能最好的保温材料,在欧美等发达国家使用较多,美国硬泡聚氨酯在建筑业的应用占55%,制冷设备占17.6%,工业绝热设备占9.6%。而我国聚氨酯在保温材料的总产量中所占比例尚不足10%。

由于我国各地经济发展、资源分布不平衡,导致以上保温材料在我国不同地区有不同程度的应用。虽然我国的保温材料市场还普遍存在技术水平低、低档产品多的现状。但可以看到,我国正大力发展保温技术,研发生产质量稳定可靠的产品,组建专业工程队伍进行专业化施工,保温材料及技术正逐渐向高效率、高性能、高环保的方向发展。

二、保温材料及施工工艺

(一) 保温材料的分类

保温材料一般采用轻质、疏松、多孔的纤维状材料。随着节能技术的不断发展,隔热材料的发展非常迅速,品种繁多。根据不同的分类方法,保温材料主要有以下几类。

(1) 按材料成分分类

① 有机隔热保温材料 如稻草、稻壳、甘蔗纤维、软木木棉、木屑、刨花、木纤维及其制品。此类材料容重小,来源广,多数价格低廉,但吸湿性大,受潮后易腐烂,高温下易分解或燃烧。

② 无机隔热保温材料 矿物类有矿棉、膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、硅藻土石膏、炉渣、玻璃纤维、岩棉、加气混凝土、泡沫混凝土、浮石混凝土等及其制品,化学合成聚酯及合成橡胶类有聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚氨酯、聚乙烯、脲醛塑料和泡沫硬性酸酯等及其制品,此类材料不腐烂,耐高温性能好,部分吸湿性大,易燃烧,价格较贵。

③ 金属类隔热保温材料 主要是铝及其制品,如铝板、铝箔、铝箔复合轻板等。它是利用材料表面的辐射特性来获得绝热保温效能。具有这类表面特性的材料,几乎不吸收入射到它上面的热量,而且本身向外辐射热量的能力也很小,这类材料货源较少,价格较贵。

(2) 按材料形状分类

① 松散隔热保温材料 如炉渣、水渣、膨胀蛭石、矿物棉、岩棉、膨胀珍珠岩、木屑和稻壳等,它不宜用于受振动和围护结构上。

② 板状隔热保温材料 一般是松散隔热保温材料的制品或化学合成聚酯与合成橡胶类材料,如矿物棉板、蛭石板、泡沫塑料板、软木板以及有机纤维板(木丝板、刨花板、稻草板和甘蔗板等),另外还有泡沫混凝土板,它具有原松散材料的一些性能,加工简单,施工方便。

③ 整体保温隔热材料 一般是用松散隔热保温材料作骨料,浇注或喷涂面成,如蛭石混凝土、膨胀珍珠岩混凝土、粉煤灰陶粒混凝土、黏土陶粒混凝土、浮石混凝土、炉渣混凝土等,此类材料仍具有原松散材料的一些性能,整体性好,施工方便。

(3) 按保温材料使用温度限度分类 可分为高温用、中温用和低温用保温材料三种。高温用的保温材料,使用温度可在 700°C 以上。这类保温材料主要用于各种工业炉耐火砖间的填充料以及其他场所。中温用保温材料使用温度在 $100\sim 700^{\circ}\text{C}$ 之间,是热力设备及管道常用的保温材料。低温用保温材料使用温度在 100°C 以下的保冷工程。

(4) 按照施工方法不同分类 可分为湿抹式施工用保温材料、填充式施工用保温材料、绑扎式施工用保温材料、包裹及缠绕式施工用保温材料。湿抹式即将石棉、石棉硅藻土等保温材料加水调成胶泥,涂抹在热力设备及管道的外表面上。填充式是在设备或管道外面做成罩子,其内部填充保温材料,如填充矿渣棉、玻璃棉等。绑扎式是将一些预制保温板或管壳放在设备或管道外面,然后用铁丝绑扎,外面再涂保护层材料。包裹及缠绕式即把保温材料做成毡状或绳状,或缠绕在被保温体上。

另外,保温材料还可以根据体积密度分为轻质和超轻质材料;根据材料的形态分为粉粒状隔热材料、定型隔热材料、不定型隔热材料、纤维状隔热材料和复合隔热材料等;根据结构分为气相连续固相分散隔热材料、气相分散固相连续隔热材料 and 气相固相都连续的隔热材料等。

(二) 保温结构与施工工艺

1. 对保温结构的基本要求

保温结构的设计直接关系到保温效果、投资费用、使用年限以及外表面整齐美观等问题。因此,保温结构在保证热损失不超过标准热损失的前提下,应有足够的机械强度,不仅要考虑管道或设备振动情况,还要避免保温结构所产生的应力传到管道或设备上;保温结构要简单,尽量减少材料的消耗量,所需要的材料应尽可能就地取材、价格便宜;要有良好的保护层,不能使管道和设备受到腐蚀;施工简便,扬尘率、损耗率小等;维护检修



方便,外表应整齐美观。另外,保温结构应设置减振支持以防保温结构脱落,不保温的管道不要同保温的管道敷设在一起,保温管道应与建筑物保持足够的距离。

在设计保温结构时,首先应根据技术性能指标来选用保温材料,并以其中一项或几项指标作为重点。例如,高压蒸汽管道应着重考虑材料在高温下性能的稳定性;保冷工程应同时考虑材料的吸湿性或透气性系数;在密闭工况下的高温设备应避免采用酚醛树脂粘接的保温材料。各保温施工工程除应符合一般技术条件外,还应满足各自特殊的技术要求。

2. 保温施工工艺

保温施工的任务在于按照设计规定将保温主层材料、补强材料和面层材料三者组合成为保温结构,在使用期限内保证其绝热和节能的效果。下面简单介绍几种常用保温结构施工工艺的类型。

(1) 涂抹法保温 采用不定型保温材料(如膨胀珍珠岩)加入粘接剂,或再加入促凝剂,按一定配料比例,加水泥拌均匀,成为塑性泥团,涂抹到保温管道和设备上的施工方法,称为涂抹法保温或泥饼保温。涂抹法保温是一种传统的保温结构和工艺,它便于接茬施工和填灌孔洞。例如蒸汽锅炉加热面组件吊装缝的涂抹保温,管道或设备需要检修的部分,外管束之间,联箱容器引出的排管空隙等,均可采用保温泥料涂抹填充。但涂抹法保温不适用于露天或潮湿地点。

(2) 绑扎法保温 绑扎法保温是广泛采用的保温结构型式。将多孔材料或矿纤材料等制成的保温板、管壳、管筒或弧形块直接包覆在设备和管道上。绑扎法需按管径大小,分别用 $\phi 1 \sim 2\text{mm}$ 的镀锌铁丝随即固定。

(3) 装配式保温 保温主层材料及外表保护层均由厂家供给定型制品,现场施工只需按规格就位,并加以固定,即为装配式保温结构。

(4) 填充法保温 直接将松散的矿纤材料或多孔颗粒材料填充到设备和管道的周围,达到一定的密实程度,称为填充法保温结构。例如蒸汽锅炉穿墙管的密封和隔热,阀门法兰和膨胀节部位的可卸式保温结构等。

(5) 粘贴法保温 采用粘接剂将绝热毡粘贴在金属或陶瓷材料表面,形成绝热结构。这种方法特别适合耐火纤维毡等施工。

(6) 喷涂结构保温 用专用设备将有机泡沫绝热材料或某些无机绝热材料喷射到绝热面,形成喷涂绝热结构。

(7) 金属反射式保温 金属反射式保温结构,采用不锈钢耐热铝箔制成多层的热屏,各层热屏的空气间隙约为 1.5mm ,主要用于降低辐射与对流传热的保温结构,特别适合于振动和高温工况下。

(三) 保温结构的保护层

保温结构的外表必须采用保护层(护壳)。保护层的主要作用是:防止外伤,便于设备和管道的运行维护;防止雨水的侵入;对保冷工程还有防潮隔汽的作用;使保温结构的外观整齐、美观。根据保护层使用的材料及施工方法,可分为涂抹式保护层、金属保护层和玻璃丝布类保护层。

(1) 涂抹式保护层 涂抹式保护层应用最为广泛,抹面材料采用沥青胶、石棉水泥砂浆等。可以将抹面材料直接抹在绝热层上,或在绝热层表面紧贴一层镀锌铁丝网,然后再



涂抹保护层。保护层的厚度一般为 10~20mm。沥青胶泥保护层有良好的防水性能,是很有发展前途的保护层。

(2) 金属保护层 即采用镀锌铁皮、铝合金皮或内涂防腐树脂外喷铝粉的薄铁皮等形成金属护壳作为保温结构的保护层。由于金属保护层投资较大,目前金属保护层主要用于受水和蒸汽侵蚀的部位、需要经常检修的部位、可能漏油而引起火灾的部位和高温高压的蒸汽管道。

(3) 玻璃丝布类保护层 保温结构的外表可采用玻璃丝布类作为保护层。在潮湿地沟和保冷工程上采用沥青黏结玻璃丝布作为保温结构的防潮层,效果良好。

(四) 常用和新型保温材料及性能

近年来,随着节能技术的发展和国外保温材料生产线的引入,我国保温材料的生产技术水平和生产能力有了显著提高,可供选择的保温材料品种增多,下面简单介绍几种常用或新型保温材料及其性能,如表 1-1 所示。

1. 硅酸铝质耐火纤维

硅酸铝质耐火纤维材料,俗称陶瓷纤维,是以甲级高岭土为原料制成的保温材料。其主要性能指标如表 1-1 所示。

陶瓷纤维可以根据实际需要加工成各种规格的纤维制品,广泛应用于各种工业炉窑、电加热炉、高温管道和设备上作为隔热、隔音和防酸材料。我国硅酸铝质纤维产品大致有硅酸铝耐火纤维棉、硅酸铝耐火纤维毡、硅酸铝纤维毡(板、异型制品)和硅酸铝纤维湿毡等 4 种。工业锅炉、热处理炉等广泛采用陶瓷纤维作保温材料。

2. 岩棉

我国岩棉的生产主要是用玄武岩、辉绿岩、安山岩等火成岩石作原料,岩棉保温材料的主要性能指标如表 1-1 所示。它密度小,热导率较低,具有良好的保温、防火和吸声性能。在管道保温中,保温性能比传统保温材料高 1.5~2.5 倍。作窑炉炉衬时,热导率低于耐火纤维。用于建筑保温可节能 40%。市场价格便宜,只为普通硅酸铝耐火纤维的 20%~25%。但岩棉保温材料防水性能差,对人的皮肤有刺激,不适用于冷冻、空调管道和设备的保温。

表 1-1 常用和新型保温材料及性能

序号	材 料 名 称	密度 /(kg/m ³)	热导率 /[W/(m ² ·K)]	使用温度 /℃	可燃性
1	矿渣棉管壳	150	0.0293	<600	不燃
2	硅酸铝制耐火纤维	60	0.043~0.069	<1260	不燃
3	岩棉	0.1	0.038	<400	不燃
4	膨胀珍珠岩	200~300	0.024~0.116	—	不燃
5	硬质聚氨酯泡沫塑料	33	0.018	-20~100	不燃
6	聚苯乙烯泡沫塑料	35	0.038	<80	不燃
7	离心玻璃棉	48	0.031	<300	不燃
8	复合硅酸盐保温材料	—	<0.07	-40~800	不燃



续表

序号	材料名称	密度 (kg/m³)	热导率 /[W/(m²·K)]	使用温度 /℃	可燃性
9	酚醛树脂矿棉半硬板	80~120	0.037	<400	不燃
10		120~150		<600	不燃
11	玻璃丝布矿棉缝毡	50~100	0.037	<600	不燃
12		120~150	<0.042	<600	不燃
13	岩棉板	80~150	0.030~0.041	<700	不燃
14	玻璃布岩棉缝毡	80~150	0.049	<550	不燃
15	岩棉半硬板	120~150	0.041	<500	不燃
16	岩棉管壳	120~160	0.039	<600	不燃
17	沥青玻璃棉毡	≤80	0.041~0.047	≤250	不燃
18	酚醛玻璃棉板	120~150	0.041~0.047	≤360	不燃
19	酚醛超细玻璃棉毡	<20	0.035~0.042	≤400	不燃
20	酚醛超细玻璃棉管	≤60	0.035~0.042	≤300	不燃
21	酚醛超细玻璃棉板	≤60	0.035~0.042	≤300	不燃
22	无碱超细玻璃棉毡	≤60	0.033~0.040	≤600	不燃
23	高硅氧超细玻璃棉毡	≤95	0.075~0.102(高温系数)	≤1000	不燃
24	中级玻璃纤维板	80	0.041~0.047	-25~300	不燃
25	中级玻璃纤维管	80	0.041~0.047	-25~300	不燃
26	聚苯乙烯泡沫塑料板	30~50	≤0.035	-80~75	自熄或普通
27	硬质聚苯乙烯泡沫塑料板	40~50	0.043	-35~80	自熄
28	软质聚苯乙烯泡沫塑料板	27	0.052	-60~60	自熄
29	聚醚型软质聚氨酯泡沫塑料	38	0.047	-50~100	自熄
30	脲醛泡沫塑料(聚氨酯发泡)	7~10	0.041	≥60	只焦化无火焰
31	聚乙烯泡沫塑料板	12~14	0.044	70~80	难燃
32	聚乙烯泡沫塑料管	29~31	0.047	80	难燃
33	高倍率聚乙烯泡沫塑料板	22	0.029+0.00011t		普通或难燃
34	橡塑海绵保温管	80~120	0.039	-40~105	阻燃

3. 离心玻璃棉

离心玻璃棉是一种人造无机纤维。采用石英砂、石灰石、白云石等天然矿石为主要原料，配合一些纯碱、硼砂等化工原料熔成玻璃，在融化状态下，吹制式甩成絮状细纤维，纤维和纤维之间为立体交叉，互相缠绕在一起，呈现出许多细小的间隙，可视为多孔材料。离心玻璃棉保温材料的主要性能指标如表 1-1 所示。这种材料保温性能良好，不燃烧，抗化学腐蚀性能较好，抗老化能力强，吸声性能好，但要避免与碱类、氧化剂、苯胺接触。可制成套管、平板、毡卷，施工方便，但不易粘接。适用于各种管道、设备保温。

4. 膨胀珍珠岩

我国珍珠岩矿蕴藏量极为丰富，珍珠岩经过粉碎筛分后，熔烧制成膨胀珍珠岩。膨胀珍珠岩保温材料的性能指标如表 1-1 所示。膨胀珍珠岩是一种高效能保温材料，热导率

低,耐高温,耐酸碱,生产简便。作为管道保温时,添加各种胶合剂制成膨胀珍珠岩瓦,外用铁丝捆扎在管道上,外表面再涂10~15mm厚的石棉水泥保护层。

5. 硬质聚氨酯泡沫塑料

硬质聚氨酯泡沫塑料(PURF),也简称聚氨酯硬泡,是用聚醚或聚酯与多异氰酸酯为主要原料,再加入阻燃剂、稳泡剂和发泡剂等,经混合搅拌、化学反应而形成的一种微孔发泡体。硬质聚氨酯泡沫塑料保温材料的性能指标如表1-1所示。硬质聚氨酯泡沫塑料的保温性能极好,工艺性极佳,强度高,适用于各种管道、储罐等设备的保温。广泛用于冰箱、冰柜、冷库、冷藏车等的绝热材料。硬质聚氨酯泡沫塑料成型工艺比较简单,可预制或现场发泡。但这种材料成本较高。

6. 聚苯乙烯泡沫塑料

聚苯乙烯泡沫塑料简称EPS,是以聚苯乙烯树脂为主要原料、经发泡剂发泡而制成的一种内部具有无数封闭微孔的材料。聚苯乙烯泡沫塑料保温材料的主要性能指标如表1-1所示。这种材料具有热导率低、吸水率低、隔音性好、机械强度和耐冲击性能高等特点,而且尺寸精度高,结构均匀。但这种材料不耐高温,故适用于70℃以下的管道、设备保温。

7. 复合硅酸盐保温材料

复合硅酸盐保温材料是一种固体基质联系的封闭微孔网状结构材料,主要采用火山灰玻璃、白玉石、玄武石、海泡石、膨润土、珍珠岩等矿物材料和多种轻质非金属材料,运用静电原理和湿法工艺复合制成的憎水性保温材料。复合硅酸盐保温材料的主要性能指标如表1-1所示。这种保温材料具有可塑性强、热导率低、密度小、粘接性强、防水、耐酸碱、不燃、施工方便、不污染环境等特点,是新型优质保温绝热材料。使用时不需包扎捆绑,尤其便于异型设备内(如阀门、泵体)的保温。另外,由于粘接性好,干燥后呈网状结构,不开裂、不粉化,它广泛用于化工、石油、电力、冶金、交通、建筑、轻工和国防等工业部门设备和管道的保温、保冷、隔热、防冻、隔音和防火。尤其是该材料的浆料型更用于传统保温材料难于解决的异型管道、塔体等设备的保温。

8. 轻质镁铝辐射绝热材料

轻质镁铝辐射绝热材料的特点是提高了对辐射热的屏蔽能力,屏蔽热辐射的能力高达50%~60%,从而降低常温与高温热导率,并使热导率与温度的线性关系斜率较小。轻质镁铝辐射绝热材料的主要性能指标如表1-1所示。这种保温材料热导率低,保温后的表面温度低,耐高温。可制成涂料、软毡、管壳等,特别适合于高温介质管道的保温。

另外,真空保温材料和纳米孔硅保温材料是正在研究的新型保温材料。

三、保温材料的发展趋势

以上保温材料在我国建筑保温施工中都有不同程度的应用。因为我国幅员辽阔,保温原材料分布不均,生产力发展不平衡,在选择保温材料时,各地都有不同的考虑。但就其综合性能来讲,聚苯乙烯泡沫塑料板的应用较广,它的保温效果好、成本低,但施工性能差、强度低、与基体结合不牢的缺点突出,该材料仍有待提高。作为新型复合保温材料的



代表,聚苯颗粒保温料浆正得到不断的推广和应用,它结合了水泥的施工优点和高分子材料的保温优点,再配以引气剂、憎水剂等外加剂,综合性能尤为突出,应用前景非常广阔。目前,发达国家在浆体保温材料研制开发方面,以轻质多功能复合浆体保温材料为主。此类浆体保温材料的各项性能较传统浆体保温材料明显提高,如具有较低的热导率和良好的使用安全性及耐久性等。同时,这类复合浆体保温材料又具有优异的功能性,如无氟里昂阻燃型聚氨酯泡沫复合浆体保温材料、超轻质全憎水硅酸钙浆体保温材料等,可以满足不同使用条件的要求。此外,国外非常重视保温材料工业的环保问题,积极发展“绿色”保温材料制品,从原材料准备(开采或运输)、产品生产及使用、日后的处理问题,都要求最大限度地节约资源,减少对环境的危害。

总体来说,保温材料和技术的发展趋势主要有以下几个方面。

① 保温材料的吸水率是一个应该考虑的重要因素。当前国内大多数保温绝热材料均不憎水、吸水率高,这样一来对外护层的防水要求就十分严格,增加了外护层的费用,前改性剂中有机硅类憎水剂,是保温材料较通用的一种高效憎水剂。其具有稳定性好、成本低、施工工艺简单等特点。未来保温材料的重要发展方向是更加注重防潮防水性能。

② 当前,已经出现了几种新型保温材料。随着技术的不断发展,纳米材料将会越来越受到人们的青睐。纳米孔硅质保温材料就是纳米技术在保温材料领域新的应用,未来运用新的纳米技术的保温材料也是一个研究的主要方向。纳米孔硅保温材料是纳米保温材料的代表,其使用温度为 $-190\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 。纳米气凝胶是由胶体粒子或高聚物分子相互聚结构成纳米多孔网络结构,并在孔隙中充满气态分散介质的一种高分散轻质固体材料。它具有密度低、孔隙率和比表面积高、孔分布均匀等特点,是正在研制的性能优良的保温材料。此外,真空保温材料也是研究的热点。日本所研制的真空绝热材料在 $-30\sim 150^{\circ}\text{C}$ 环境下工作均具有优良的保温性能。

③ 无机保温材料的研究重点应放在减少生产过程中能源的消耗,限制灰尘和纤维的排放,减少黏结剂的用量。有机保温材料的研究重点应放在找出更合适的发泡剂以代替一氟三氯甲烷,改进材料的阻燃性能和降低材料的生产成本。

④ 当前使用的保温材料在应用上存在或多或少的缺陷。譬如:硅酸钙的含湿气状态下,易存在腐蚀性的氧化钙,并由于长时间内保有水分,不宜在低温环境下使用;玻璃纤维易吸收水分,不适于低温环境,也不适于 540°C 以上的温度环境。未来研制多功能复合保温材料,提高产品的保温效率,扩大产品的应用面将成为必然的发展趋势。

我国建筑节能材料的市场比较大,尤其是建筑保温材料,而墙体保温材料的市场也会得到大幅度的增加,这就要求更加注重保温材料的环保性,发展“绿色”保温材料制品。保温材料的生产会向大型化、自动化、节约能源、减少污染、使用可再生资源的方向发展,生产原材料由天然原料转向合成原料或提纯原料。原材料开采或运输、产品生产及使用等过程,均要求最大限度地节约资源,减少对环境的危害。例如石棉代用品的开发和应用,石棉曾由于成本较低而被广泛使用,但它在低密度下粉尘飞扬,严重危及环境,石棉制品本身在强度、使用寿命和尺寸稳定性方面也存在不少缺陷,因此石棉代用品的开发和应用势在必行。



第二节 燃烧节能技术

一、概述

在人类社会的发展中,热能具有极其重要的地位。燃烧是指燃料中的可燃成分与空气中的氧在一定的温度条件下发生剧烈的化学反应,发出光并产生大量热的现象。燃烧植物体燃料与矿物燃料是人们获得热能的主要手段。为了有效、合理地利用燃料燃烧释放的热量,需要不断提高燃料燃烧效率。

工程燃烧是通过有效的人为控制,使燃烧在某个确定的空间(通称燃烧室或炉膛)进行。燃料和空气各通过一定途径输送到燃烧空间,使它们按预定方式混合,进而发生燃烧反应,放出热量。

在组织燃烧前,首先应当了解燃料的类型,即固体、液体和气体。其次了解燃烧释放热量的利用形式:

- ① 直接利用高温产物为工质推动发动机运转,这类装置为内燃式热机;
- ② 利用燃烧放出的热量加热水等物质,通过这些物质去做功或完成某项工作,例如推动汽轮机运转、取暖等;
- ③ 直接加热某些物质使其升温以实现某种工艺要求,例如冶炼、锻造、成型等。

燃烧装置的型式多种多样,根据加热对象的特点,可分为锅炉、工业炉窑和民用燃具三类。

二、燃烧技术

(一) 分层燃烧

分层燃烧技术主要应用于燃煤工业锅炉,是针对链条炉排存在缺陷而发明的一项改进技术。分层燃烧技术的应用,在一定程度上提高了工业锅炉的热效率,减少了炉渣含碳量,节约煤炭,提高锅炉经济效益,有着广泛的推广应用前景。

1. 分层燃烧原理

燃煤锅炉分层燃烧是用机械筛分的办法,将原煤在由给煤滚筒出口落向炉排时,先经过筛分装置,使不同粒度的煤在经过筛子落向炉排时造成时间差与位置差,结合炉排的转动,便形成了上小下大、层次分明且疏松的煤层结构。由于给煤分层清楚,煤层表面平整膨松,通风阻力小,因此,增加了通风面积和通风量。煤呈半沸腾状态燃烧,有效地避免了炉排上出现火口和燃烧不匀的现象,显著地提高了煤的燃烧强度和燃尽速度,从而使煤燃烧更充分,以达到节能的目的。

2. 分层燃烧特点

(1) 减少锅炉漏煤量 分层给煤装置在给煤过程中,由于煤块在下,煤粉在上,使得锅炉漏煤量大大减少,降低了机械不完全燃烧热损失。

(2) 煤层厚度平整均匀 改进前煤在煤仓中经过积压,极易堵塞,而分层给煤装置采



用双辊对煤仓中的煤进行拨动，杜绝了堵塞的现象。同时通过双辊拨煤，使每次落在炉排上的煤量均匀，煤层厚度平整，从而使煤在炉排上的燃烧进度也基本相同。

(3) 提高燃烧效率 由于给煤分层清楚，煤层通风阻力减小，通风面积和通风量增加，从而使煤燃烧更加充分，提高了燃烧效率。

3. 分层燃烧在发动机上的应用

分层燃烧是一种超脱常规活塞式发动机的燃烧做功状态，是活塞式发动机的理想燃烧境界。分层燃烧有许多种形式，在比较接近常规的活塞式发动机中是指：在火花塞点火的那部分区域是一团较浓的燃气，而其他周边区域则是较稀的燃气或是纯粹的空气，以此来实现电火花的可靠点燃和时间控制。这种燃烧状态的燃气浓度内外层次不一样，因此叫分层燃烧。分层燃烧状态在发动机技术中可以用分层扫气的方式来做，但此方法难度很大，通常是用定向喷油或是分室供气的方式来解决。

这类燃烧状态从理论上讲，发动机可以用全排量的新鲜空气换气，燃烧时氧气含量比例较高。因为气缸内空气的总量偏多，燃烧到最后还有氧气多余，理论上燃料可以完全充分燃烧，比较节油。因为燃料的充分燃烧，发动机排放的污染物将会极少。因为燃料点火浓度可调，可以随时更换不同的燃料。因为可以充入全部空气，气缸内的压缩比不会降低。因为燃烧多在燃烧室中间进行，燃烧的热量较少被缸体散发，燃烧效率将会提高。因为平时缸体受热较少，发动机的寿命将会延长很多。

这类燃烧方式除了节油与环保以外，还有许多方面的特点与优点，例如：发动机的油门控制与转速反应将更加灵敏，不像用常规化油器总有点反应滞后或供油不力。发动机的供油状态将不受自身做功状态的影响，不再需要时常调整化油器。因为供油不用依靠进气吸力的常规化油器，可以敞开进气，随意使用各种进气增压技术。发动机在小油门时做功效率不会降低许多，比较适合车辆长途巡行，大大减少了淬熄层的面积，

减少了燃料的浪费与污染物。燃烧后的废气中还有多余氧气，发动机在小油门时的排放将特别干净。全纯空气换气，有将二冲程发动机脱胎换骨的可能性。

这种超脱常规的理想燃烧状态有点类似柴油机的小油门状态，理论上似乎有许多的优点，但在电火花点火的汽油机技术中却不太容易做到，因为常规电火花点火对燃气浓度的标准要求较高，要保证在发动机各种状态下送到火花塞那里的燃气不浓不淡又及时，是一大经典技术难题。

(二) 富氧燃烧

1. 富氧燃烧的基本概念

简单来讲，富氧燃烧（OEC）是指用比通常空气（含氧 21%）含氧浓度高的富氧空气进行燃烧。它是一项高效节能的燃烧技术，在玻璃工业、冶金工业及热能工程领域均有应用。

富氧燃烧概念的要点主要有：

- ① 以纯氧代替空气进行燃料燃烧，从而获得高浓度的 CO_2 ；
- ② 为控制炉内火焰温度以及维持合适的传热特性，需要部分烟气进行再循环；
- ③ 利于 CO_2 的捕获和压缩。

OEC 技术能提高生产热负荷，提高热效率，降低废气及 NO_x 排放。富氧燃烧是一种