

# 粉煤灰制保温材料探讨<sup>\*</sup>

洪金德 黄炎成

(化工与生化工程系)

**摘要** 粉煤灰是电力系统排出的一种固体废物,主要含有硅、铝、钙、镁等的氧化物,与各保温材料主要成分相似,若加入一些辅助材料调节,即可制得性能优异的新型保温材料—粉煤灰矿棉。这是粉煤灰综合利用的一条新路,具有较高的经济和社会效益。

**关键词** 保温材料,粉煤灰,综合利用

## 0 前言

世界煤炭资源丰富,约占整个含能矿物贮量的80%。全世界目前已探明煤炭贮量约16000亿t,按目前年采煤40亿t计算,还可维持375年。从石油和天然气资源情况看,全世界目前已探明贮量约1210亿t,按现在年采油30亿t计算,只能维持40年。至于我国,石油已探明可采贮量仅25.1亿t,目前年采油量达1.3亿t,可采年数仅18年,而煤已探明可采贮量7471亿t,按目前年采煤10多亿t计算,可采近700年。因此节约油气资源,以煤代油、气作燃料,而将石油、天然气节约下来作化工原料,同时努力发展煤化工技术,是当今人们十分关注的问题。我国迄今还是以煤为主要能源和化工基础的国家,电力系统、化工系统是煤炭的主要用户<sup>[1]</sup>。由于大量采用煤作为燃料,粉煤灰的排放量很大。

随着科学的发展,人们对粉煤灰特性的认识日益深入,应用领域不断扩大。除了用于建材、筑路、农业、填充土外,又扩展了新的应用领域。例如将粉煤灰应用于冶金、机械工业做保温材料,用于塑料、橡胶、涂料等工业做填料,用于玻璃、陶瓷工业做原料等,这后一类利用途径的特点是吃灰量较小,但具有较高经济效益,且对粉煤灰在规格、质量上有较高要求。

\* 本文1992-06-16收到。

## 1 粉煤灰资源现状

粉煤灰是燃煤电厂排出的量大面广尚未充分利用的资源。我国燃煤电厂采用粉煤喷烧方式,即是将煤磨成粒度 $100\mu\text{m}$ 以下的粉粒,用预热空气喷入炉膛悬浮燃烧,产生高温烟气,经收尘装置捕集就得到粉煤灰,或称飞灰。捕集的粉煤灰可以采用干法外排,也可以采用湿法外排。少量煤粉粒子在炉膛内燃烧时,由于相互碰撞会粘结成块,沉积于炉底成为炉渣,称为底灰。底灰一般占总灰渣量15%,飞灰约占总灰渣量85%。由于煤的发热量和燃烧情况等方面的差异,粉煤灰产生量也不同,低位发热量煤的排灰量大。通常一个10万 kw 的以煤作燃料的火力发电厂,每年要排灰10万 t,平均每发1万度电约排灰1t。目前世界各国还是大量采用煤发电,电力系统耗煤量占其本国煤产量一半以上,因此粉煤灰排放量很大(表1)。

表1 发达国家粉煤灰排量及预测值<sup>[3]</sup> (单位:万 t)

国 家	1977年	1990年	2000年
美 国	6780	9700—13500	14500—21600
原联邦德国	1300	16700—17500	1920—2030
法 国	480	270	180—830
日 本	100	430—551	770—1020
澳大利亚	390	1000	1690
加拿大	220	540—730	730—1190
西班牙	140	270	420

这样大量粉煤灰既污染了环境,又占用大量的土地(据报道,每2万 t 灰要占用1亩土地),因此它的处理和利用越来越受到世界各国的普遍重视。一些工业发达国家都把粉煤灰的再利用技术作为国策的一环,如美国,将粉煤灰列为12种重要固体资源的第七位,排在矿渣、石灰和石膏之上。不少国家成立了粉煤灰综合利用的有关机构,如英国的国家工业废渣综合利用协会,原经互会的粉煤灰综合利用协会等。近年来还相继召开了许多与粉煤灰综合利用有关的国际会议。

目前在国外,综合利用粉煤灰已获得了明显的经济效益。英国使用和销售电厂的粉煤灰,每年可获利500万英镑;美国由于在水工混凝土中掺粉煤灰,每年的经济效益可达200万美元;原苏联的罗斯托夫建材厂,用粉煤灰生产烧结砖,每万块砖的成本比粘土砖降低18.5卢布。综合利用粉煤灰,还可以节约大量能源,这是因为粉煤灰中含有一部分未燃碳,利用粉煤灰代替部分粘土作原料制水泥,每吨水泥可节约能源 $84.3 \times 10^4 \text{KJ}$ 。在日本利用粉煤灰生产烧结陶粒,燃料消耗比生产烧结粘土陶粒降低20—30%,法国由于大量生产粉煤灰水泥,每年相当于节约燃料油近100万桶。

我国电力工业是以燃煤火电为主,而且我国煤种灰分较高,如阳泉煤产灰量占21.60%,因此处理电厂的排灰问题是我国发展电力工业的主要问题之一。到本世纪末,电力工业要翻二番,预计排灰量也要翻二番,到2000年排灰量约为1.2—1.5亿 t。我国早就“粉煤灰资源大国”,但没成为“粉煤灰资源强国”,粉煤灰平均利用率仅有24%(英国粉煤灰利用率40%,原联邦德国55%,法国55%,美国23%,日本30%,但日本若包括填土、填海造田,其粉煤灰利用率达100%),每年有50%粉煤灰存放在贮灰场,有30%排入河流、湖泊,粗略估计,我国河流、湖泊面

积由于包括排放粉煤灰等多种原因比50年代初缩减2000多万亩,目前电力与农业争地的矛盾十分突出.特别是经济发达的东部地区人多地少,找建灰场都很困难,排灰费用有的高达6—8元/t.因此,发展粉煤灰综合利用,变废为宝,提高粉煤灰的使用价值,是减少热力发电对环境污染的重要措施.

目前我国各地对粉煤灰综合利用发展不平衡,如江苏省的水泥工业广泛应用粉煤灰作水泥混合材料,当含炭量在8%以下时,掺灰量可达20—30%,每利用1t粉煤灰投资约为20—50元,比用其它材料作混合材料的投资、运行费用都低;采用粉煤灰作混凝土掺合料,可减少水化热,改善混凝土特性,节约水泥用量,降低工程造价,这已在上海、浙江、湖北等混凝土搅拌站和水工建筑中得到应用,这样既可以消纳大量粉煤灰,又可以节约水泥及自然矿物资源.不过为了提高综合利用的经济效益,应该考虑开发新型产品,这一工作国内各省都有进行,如永安火电厂在前几年就开始进行粉煤灰分选工作,并取得一定的经济效益,但对于利用粉煤灰制取性能优异、经济效益较高的保温材料,在国内仅有个别厂家进行生产探索,还没有引起足够的重视.

## 2 利用粉煤灰制取新型保温材料<sup>[2,4]</sup>

保温绝热材料是一种应用广,节能效果显著、还兼有消音、治污等多种功能的工程材料,许多国家资料表明:在电厂、炼油厂、化工厂、纺织厂等等的热力网上,应用新型保温材料,可比用蛭石、膨胀珍珠岩等传统材料的热损失减少25%以上,工业窑炉如采用新型保温材料代替传统的耐火砖和红砖可节能20—30%,在建筑上使用保温材料可使墙体造价降低45%(用砖量减少166块/m<sup>2</sup>)、节能30—40%.

我国在保温材料工业及使用技术与国外都有很大差距.国外主要使用的是保温性能较好的矿棉、岩棉、玻璃棉纤维、微孔硅酸钙等新型保温材料,而我国还主要是沿用40—50年代传统的材料(如蛭石、硅藻土、珍珠岩、泡沫混凝土、石棉等)占75%以上,在使用场合上,国外已由热力设备管网使用转移到建筑业上,其保温材料用量占总消耗量70%以上,而我国除冷库,高级宾馆及北方少数建筑物外,工业与民用建筑均很少使用保温材料.随着能源短缺,节能材料现在国外已被视为“第五能源”,并把保温、隔热材料使用量(按人口计)的多少,看作是衡量该国人民生活水平的标志之一(按人口计算,瑞典是30kg/人年,而我国还不到0.06kg/人年).不难看出,我国矿棉生产和国外相比还存在着相当大的差距.

粉煤灰是一种火山灰的混合物,由很多具有不同结构的球形粒子、多孔粒子和不规则粒子组成,其中球形粒子和多孔粒子含量在90%以上,粒径在0.5—200 $\mu\text{m}$ 之间,平均粒径35—40 $\mu\text{m}$ 左右,呈灰白色.干容重为670—930kg/m<sup>3</sup>,之间.化学成分以硅、铝、钙、镁、铁、钾、钠等元素为主体,其中二氧化硅和三氧化二铝的含量占大部分:SiO<sub>2</sub>40—60%;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>15—40%;CaO 2—10%(少数达30%);MgO 0.5—2.5%;Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>3—10%;Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 0.7—3.5%;SO<sub>3</sub>0—2%;烧失量2—25%(少数超过25%).粉煤灰主要相组成是硅铝玻璃体、还有少量石英( $\alpha$ -SiO<sub>2</sub>)和莫来石(3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>)、磁铁矿、赤铁矿等结晶矿物,硅铝玻璃球体含量一般在70%以上,经高温熔融后能呈玻璃物相结构,容易拉纤成棉,且化学成分与各种保温材料的主要成分相似,因此粉煤有生产矿棉的可能性.

从粉煤灰的化学成分可以看出,粉煤灰是以酸性氧化物为主体的工业固体废物,熔融温度较高,熔液粘度和酸度系数 $[M_k = (SiO_2 + Al_2O_3)/(CaO + MgO)]$ 较大,而国际上认为酸度系数应在1.2—1.3,若在粉煤灰中加入适量碱性助熔剂,其化学成分、酸度系数、粘度和熔融温度能接近和达到矿棉的技术要求范围,因此,粉煤灰制成矿棉在理论上是可行的。

粉煤灰矿棉的生产由料块加工和熔化成棉二部分组成.将粉煤灰及碱性助熔剂、粘结剂(如红粘土、镁石灰或钙石灰、石灰石)经磨细、计量送入搅拌机中混合均匀,制成具有一定强度和大小的粉煤灰料块,放入冲天炉,用焦炭作燃料使其熔化,然后使熔体流到高速旋转四辊离心机上,借助离心力作用,使流股分散并牵伸成纤,这是目前国内外普遍采用的先进工艺技术。

粉煤灰矿棉制品,利用工业废渣制成,生产成本较低,所需生产设备也不复杂,又有较高节能价值.根据介绍,一条年产5000t粉煤灰矿棉制品生产线,按实产4000t棉板、1000t棉管计算,每年实现产值800万元,年利润300万元,建厂设备、土建投资约300万元,投产后1—1.5年内即能收回全部基建投资,其经济效益是很可观的.同时,粉煤灰矿棉制品容重轻、导热系数低、绝热能力高,且不腐、不蛀、不燃、耐火度较高,是工业上优良、高效的保温节能材料,其技术性能见表2、表3.据有关资料介绍,全国约有18万台锅炉,每年煤耗约2亿t,如果用矿棉加强保温,炉体热损失可减少7%,一年就可节省上千万吨煤炭.所以,尽管粉煤灰矿棉吃灰量有限(一条年产5000t矿棉制品生产线,年吃灰量为7000t),但可利用其经济效益带动和发展其它吃灰量大的产品,逐步扩大粉煤灰综合利用,最后达到根治粉煤灰污染的目的。

从以上分析可以看到粉煤灰矿棉制品性能好、节能效果显著,用途是十分广泛的,除做保温隔热材料外,还可以应用于隔音、防震等方面,其经济效益十分显著,是很理想的粉煤灰综合利用产品之一。

目前国内矿棉主要种类是矿渣棉、玄武岩棉、页岩棉和粉煤灰矿棉.矿棉因与水泥争夺原料,所以其原料供应较为紧张;岩棉受原料产地限制,不能普遍发展,若远距离运输将会增加成本;而粉煤灰每个省、市都有,原料来源充足,而且又是急待处理、处置的工业固体废物,因此,粉煤灰矿棉具有较好的发展前景。

表2 粉煤灰矿棉和其它矿棉技术性能比较

类别	容重	纤维直径	渣球含量	导热系数	烧结温度
	(kg/m <sup>3</sup> )	(μm)	(%)	λ=0.239 (KJ/m·h·℃)	℃
粉煤灰矿棉	80—92	7.19	7.27	0.031—0.037	800
瑞典	100	5—7		0.035	700
莱格厂玄武岩棉					
前苏联矿渣棉	65—104		3—11	0.035	700
日本矿棉工业技术	150	7	4	0.039	600
标准(JIS—J号棉)					
太原厂矿渣棉	80—100	4—6	4.5	0.035—0.041	800
					700
北京新型建材厂岩棉	40—250	4—7	<12	0.03	

(最高使用温度)

表3 粉煤灰矿棉与其它保温材料技术性能比较

类别	容重	导热系数	最高使用温度
	(kg/m³)	$\lambda \cdot 0.239$ (KJ/m·h·℃)	℃
粉煤灰矿棉	80—92	0.031—0.037	800
水泥珍珠岩	350—400	0.05—0.07	<600
水泥蛭石	500	0.0836	650
超细玻璃棉	80	0.033—0.037	350
岩棉	40—250	0.032—0.040	700
微孔硅酸钙	200—250	0.040—0.048	650
泡沫石棉	40—50	0.043	500
聚苯乙烯	<51	0.030	75
聚氨酯	92	0.021—0.027	120

参 考 文 献

[1] 苏健民,化工技术经济,化学工业出版社,(1990).  
[2] 毕道义,粉煤灰矿棉的中试及工业生产,新型建筑材料,2(1988).  
[3] 吴晋清译,国外粉煤灰排放量及其利用途径简介,硅酸盐建筑制品,4(1984).  
[4] 乔治·麦康,世界灰渣利用综述,第四届国际灰渣利用会议文集,(1980).

An Inquiry into a New Heat Insulator Made from Powdery Coal Ash

Hong Jinde      Huang Yancheng  
(Department of Chemical and Biochemical Engineering)

**Abstract**    The ash of powdery coal is a solid waste excreted from power system. It contains mainly the oxides of silicon, aluminium, calcium, magnesium, etc. , similar to that of various kinds of heat insulators. If it is regulated by adding some auxiliary materials, a mineral wool of powdery coal ash as a new type of heat insulator with excellent performance can be made. This is a new route of comprehensive utilization of powdery coal ash, which has fairly high economic and social benefits.

**Key words**    heat insulator, powdery coal ash, multopurpose use