

粉煤灰制保温材料探讨^{*}

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^[1].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⁽³⁾ (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^[2,4]

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/m²)、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 μm 之间,平均粒径35—40 μm 左右,呈灰白色.干容重为670—930kg/m³,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:SiO₂40—60%;Al₂O₃15—40%;CaO 2—10%(少数达30%);MgO 0.5—2.5%;Fe₂O₃3—10%;Na₂O + K₂O 0.7—3.5%;SO₃0—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(α -SiO₂)和莫来石(3Al₂O₃·2SiO₂)、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 ³)	(μm)	(%)	λ·0.239 (KJ/m·h·°C)	°C
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					
标准(JIS—J号棉)	150	7	4	0.039	600
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/m^3)	$\lambda \cdot 0.239$ ($KJ/m \cdot h \cdot ^\circ C$)	$^\circ C$
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, multipurpose use