

探索未知

化学与废物再利用

北京未来新世纪教育科学发展中心

编

新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

探索未知

化学与废物再利用

北京未来新世纪教育科学发展中心 编

新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

图书在版编目(CIP)数据

探索未知/王卫国主编. —乌鲁木齐:新疆青少年出版社;喀什:喀什维吾尔文出版社, 2006. 8

ISBN 7-5373-1464-0

I. 探... II. 王... III. 自然科学—青少年读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 097778 号

探索未知

化学与废物再利用

北京未来新世纪教育科学发展中心 编

新疆青少年出版社 出版
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路 100 号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32 开

印张:300 字数:3600 千

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数:1-3000

ISBN 7-5373-1464-0 总定价:840.00 元(共 100 册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

前 言

在半年之前,本编辑部曾推出过一套科普丛书,叫做《科学目击者》,读者反应良好。然而,区区一部丛书怎能将各种科学新知囊括其中?所未涉及者仍多。编辑部的同仁们也有余兴未尽之意,于是就有了这套《探索未知》丛书。

《科学目击者》和《探索未知》可以说是姊妹关系,也可以说是父子关系。说它们是姊妹,是因为它们在方向设定、内容选择上不分彼此,同是孕育于科学,同为中国基础科普而诞生。说它们是父子,则是从它们的出版过程考虑的。《科学目击者》的出版为我们编辑本套丛书提供了丰富的经验,让我们能够更好的把握读者们的需求与兴趣,得以将一套更为优秀的丛书呈献给读者。从这个层面上讲,《科学目击者》的出版成就了《探索未知》的诞生。

如果说《科学目击者》只是我们的第一个试验品,那么《探索未知》就是第一个正式成品了。它文字精彩,选

题科学，内容上囊括了数学、物理、化学、地理以及生物五个部分的科学知识，涵盖面广，深度适中。对于对科学新知有着浓厚兴趣的读者来说，在这里将找到最为满意的答复。

有了《科学目击者》的成功经验，让我们得以取其优、去其短，一直朝着尽善尽美的目标而努力。但如此繁杂的知识门类，让我们实感知识面的狭窄，实非少数几人所能完成。我们在编稿之时，尽可能地多汲取众多专家学者的意见。然而，百密尚有一疏，纰漏难免，如果给读者您的阅读带来不便，敬请批评指正。

编 者

目 录

化学与无机废物再利用	1
工业废渣用途大	2
建筑业废物不废	18
矿业废物可利用	22
废金属和废渣中金属的回收	27
贵金属的提取	36
其他无机废物的再利用	42
化学与有机废物再利用	50
有机废弃物的类别	50
常见有机废弃物的利用	57
有机渣的深加工	70
纺织废物别有用处	86



化学与无机废物再利用

化学与废物再利用

无机废物是指基体为非金属、金属及其氧化物的废弃物,按其来源可分为工业废物、建筑业废物、矿业废物及金属加工废物等。工业废物指工业生产过程中排入环境的各种废渣、粉尘,如高炉渣、赤泥、煤渣、粉煤灰、硫酸渣、废石膏、盐泥等。建筑业废物指建筑工地作业直接产生的废物以及开发建筑原材料所导出的废物,如水泥、玻璃、混凝土、门框、手脚架等弃物和砖、瓦、石棉等拆除物。矿业废物指开采和选洗矿石过程中产生的废石和尾矿,例如生产1千克铜约需200千克贫铜矿,因此绝大部分矿石都作为废物排放了。金属加工废物则指主要成分为金属的废渣,如各种钢渣、有色金属渣以及金属加工的边角料和碎屑等。

无机废物数量庞大,种类繁多,成分复杂,处理困难。目前只是有限的几种废物得到利用,如我国以及日本、俄



探索未知

罗斯、美国等利用了废钢铁、废玻璃,美国、瑞典等利用了钢铁渣,日本、丹麦等国利用了粉煤灰和煤渣等。大部分这类废物均以消极堆放为主,焚烧、填埋及微生物处理均不容易。废物堆存不仅占用大量土地,浪费人力物力,而且许多废渣含有大量易溶于水的物质,特别是毒物,如铬酸盐、砷化物、硫化物等,通过淋溶污染土壤和水体。许多粉状废物随风飞扬,污染大气,有的还散发臭味和毒气。各种废物都会淤塞河道,污染水系,影响生物生长,危害人身健康。因此,无机废物的利用,不仅是经济发展的需要,更是保护环境的必然趋势。

工业废渣用途大

由于利用和处置率低,目前我国已积存了 58 亿吨 ($1 \text{ 吨} = 1 \times 10^3 \text{ 千克}$,下同)工业废渣,占地面积达 593 平方千米,污染农田 167 平方千米。厂矿企业征不到渣场用地的情况相当普遍。许多化工泥渣露天弃置。这些工业废渣如经利用,则不但有重要经济效益,更有环境效益。目前全国工业废渣利用得较好的是上海地区,其灰渣利用量占排放量的 60%。仅 20 世纪 80 年代初,利用



灰渣生产的建材制品建造住宅,其新建面积相当于解放后上海新建住宅面积的总和。粉煤灰的利用效果亦佳,处理 200 多万吨就节约排灰费 600 多万元,获利润约 1600 万元,安排就业职工 4100 多人,回收粉煤灰中的空心微珠可做塑料填料,填入 $1/4$ 的聚氯乙烯制品中,即可代用 130 万立方米木材,产值达 5 亿多元,并可安排 7.7 万人就业。废物利用是就业的重要途径之一。据调查,如果充分利用现有技术和装备,每年还可利用 4000 多万吨工业废渣,相当于 20 多亿元的资源。此废渣若用于制砖,可增产 500 亿块,节约农田 2000 多万平方米,节煤 500 万吨。用于生产水泥或做混凝土掺和料,可以弥补现在一年近 1000 吨的水泥缺口,节约大量外汇。用于铺筑道路约可降低 10% 的工程造价。工业废渣就地就近利用,还可节约长途运输和弃置堆存费用等。我国每年排放的 4 亿吨废渣中蕴藏着巨大的资源潜力,有待好好开发,其中煤渣、粉煤灰及高炉渣的利用研究得较多。

一、煤渣

煤渣是火力发电厂、工业和民用锅炉及其他设备燃煤排出的废渣,又称炉渣。其化学成分为: SiO_2 40% ~



探索未知

50%、 Al_2O_3 30%~35%、 Fe_2O_3 4%~20%、 CaO 1%~5%及少量镁、硫、碳等。其矿物组成主要有钙长石、石英、莫来石、磁铁矿、黄铁矿、大量的含硅玻璃体($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)和活性 SiO_2 、活性 Al_2O_3 及少量的未燃煤等。人们 18 世纪就开始利用煤渣制造三合土作为建筑材料。20 世纪以来,世界各国都在进行煤渣的综合利用,日本、丹麦等国这方面最为成功。近年来,我国在利用火力发电厂的液态渣方面取得不少成绩。采用增钙技术(即增加氧化钙的量),使渣中的氧化钙量增加到 30%左右,可以大大提高煤渣的水硬胶凝活性,使之成为水泥和墙体材料的优质原料。

煤渣做建筑材料的主要途径有:①制造砌筑砂浆和墙体材料:将细煤渣粒掺入适量粉煤灰(按 2:1 混合),再加 10%的石灰、3%的石膏,或加 5%~10%的水泥,拌和后制成砌筑砂浆;也可以再用成型机制成标准砖、空心砖、大中小各型实心或空心砌块、大型墙板等,它们经过蒸汽养护保温(100°C)10 小时后,其抗压、抗折、抗冻等各项物理、力学性能均能达到工业和民用墙体的结构要求。②做水泥混合材料:煤渣为烧结火山灰质材料,磨细后仍具有水硬胶凝性能,可同石灰和石膏等配制成水泥,



其强度很高;煤渣的搀量一般控制在 30% 左右。③做轻混凝土骨料:一般锅炉煤渣粉碎后即可配制轻混凝土(容重低于 1800 千克/米^3)。此外,将煤渣和石灰按 3:1 混合,可作为屋面保温材料或室内地基材料。从煤渣中可回收能源:煤渣含碳,可破碎成 3 毫米以下的颗粒,用于烧制黏土砖;含碳量高的,也可搀入煤炭中使用。

二、粉煤灰

粉煤灰是煤燃烧产生的烟气中的细灰,通常多指火力发电厂烟道气中收集的灰,又称飞灰或烟灰。我国此废弃物数量巨大。目前年排放量近 8 千万吨,利用率约 32%,预计到 2010 年,年排放 3.2 亿吨以上。粉煤灰的化学成分和矿物组成同燃煤成分、煤粉粒度、锅炉型式、燃烧情况以及收集方式等有关。一般粉煤灰的化学成分为: SiO_2 40%~60%、 Al_2O_3 15%~40%、 Fe_2O_3 4%~20%、 CaO 2%~10%、 MgO 0.5%~4%。其主要物质是玻璃体,占 50%~80%。所含晶体矿物主要有莫来石、石英、方解石、钙长石、硅酸钙、赤铁矿和磁铁矿等,此外还有少量未燃炭。粉煤灰的排放量与燃煤灰分有直接关系,灰分越高,排放量越大。根据我国用煤情况,一般



探索未知

燃烧 1 吨煤约产生 250~300 千克粉煤灰,目前每年排放 3000 多万吨。

从 20 世纪 20 年代开始研究粉煤灰的处理和利用问题,已取得不少成果,大多将它作为一种新的资源加以利用。美国已将粉煤灰列为 12 种重要的固体原料之一。我国近 30 多年来,在粉煤灰的开发方面也取得不少进展。但由于粉煤灰数量大,且各个工厂的烟囱都能排放,比较分散,受技术和经济条件的限制,一般还不能全部及时消化,需要堆存一部分。

粉煤灰的堆存研究有重要意义。粉煤灰、煤粉、细沙在堆放时需要适当固结,这种固结对沙漠的固结很有启发意义,后者是一个大的技术问题甚至是全球技术难题。从粉煤灰的颗粒组成和粒径级配分析,它与细沙土非常接近,其保水性能极差,表层水分很易蒸发。这样,以粉煤灰为研究对象进行其固结技术探讨,对沙漠的治理也有推动作用。因此,这个有巨大意义的课题吸引着许多科学工作者。20 世纪 90 年代以来我国在这方面取得很多成果,日本、美欧等发达国家都很重视这项技术的研究和应用。

过去解决贮灰场扬尘污染问题的传统方法是水封(即灌水或洒水)和覆土造田,或直接种植植被。现在港



口码头的煤堆仍多用水封。但这种方法工作量大,抑尘效果并不理想。新提出的固结技术就是将适当的固结剂和相应的配套操作结合起来,在灰场表面人工或机械喷洒或浇注,此时,固结剂与灰堆表层的粉煤灰发生反应,生成黏性物质,并具有一定的抗压强度(风吹不动),从而达到抑尘或某种预期的目的。新研制的固结剂已形成系列产品。其中,有适用于运行灰场、中转灰场以及碾压灰场的短效品;有针对贮满灰,作为资源封存、日后待用的长效品;还有针对灰场和地基加固用的加固固结剂和防渗用的防渗固结剂等。它们对环境保护、废物利用,乃至地球资源开发都有重要意义。

固结剂本身是一种混合物,主要成分是无机黏合剂、活性激发剂和添加剂等。其固结原理是利用固结剂中的主要成分(钙基物质和硅材料)与粉煤灰中无机极性活性基团产生化学反应,并通过少量添加剂使该作用强化而致固结剂固结,达到抗压、抗水、抗冻及整体性优良的要求。固结效果首先取决于固结剂的性质、粉煤灰的理化特征以及处理方式诸多因素。目前研究的重点放在改善固结性能上,并力求减少固结剂的用量。其配方处于保密阶段。

探索未知



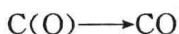
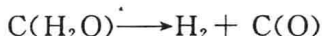
粉煤灰在农业生产上有多方面的应用。将它施于土壤,可改善其物理结构,提高地温和保水能力。粉煤灰富含磷、钾、镁、硼、钼、锰、钙、铁、硅等植物营养元素,适当施用能促进作物生长,增产增收。粉煤灰能明显提高农作物对麦锈病、稻瘟病、大白菜烂心病和果树黄叶病等的抗病能力,也能改善豆科作物的固氮能力。粉煤灰还主要用于改良轻重黏土、生土、酸性土、盐碱土等的土质,也用于覆盖小麦、水稻育秧,以及用于城市垃圾堆肥或生产复合肥料。

粉煤灰的工业应用取决于它的化学成分及高科技开发方式。它含有较多的氧化硅和氧化铝,它们在常温下能与氢氧化钙起化学反应,生成较稳定的水化硅酸钙和水化铝酸钙,这使粉煤灰具有水硬活性,可作为生产水泥的原料,也可用于制造各种砖,制备粉煤灰硅酸盐砌板、粉煤灰石膏板等。粉煤灰中大部分颗粒为表面光滑的玻璃体,能增进水泥拌和物的易和性,使拌和物易于运输和操作,可用做水泥砂浆和混凝土的掺和料,也作为道路路基工程材料和稳定地基材料。

在高科技的推动下,粉煤灰的利用近年来又有新发展,主要用于制备优质活性炭,表面改性后制作各种特殊



材料等。粉煤灰中含有 10%~22% 的炭粒,这种经高温燃烧过的灰中的炭挥发分低,粒径细,而且从电镜上观察无燃烧迹象,类似煤焦,是多个碳原子的聚合体。因而是提取足球烯(C_{60} 等)的好原料,目前则可用于生产优质活性炭。粉煤灰炭易于被水蒸气活化,这是由于炭粒在燃烧过程中表面形成残缺的微晶,它们的化合价未被相邻的碳原子所饱和,因而比较活泼。这些碳原子首先与水蒸气反应:



在活化温度(一般为 950°C)下,反应生成一氧化碳逸出。暴露出的炭又成为活泼的反应中心,如此不断反应,其结果是造成孔隙扩大,新孔产生,闭基孔开放,得到微孔活性炭。

此外,粉煤灰中的空心玻璃体构成空心微珠,是其一大结构特点,但其无机极性表面使它与有机组分不相容,限制了它的使用。用偶联剂和表面活性剂对其进行表面改性处理,改性剂用量不大,却能显著改善粉煤灰的表面性能。例如,粉煤灰与一端含亲水的极性基团、一端含亲



探索未知

油的有机基团的表面活性剂相互作用时,根据极性相亲原则,粉煤灰颗粒表面的极性基团或极性键(如 Si—O—、Al—O—)与表面活性剂分子的极性端作用,而暴露其有机基团,从而使之具有亲油性。这样,经改性后的粉煤灰颗粒就能与有机组分充分均匀混合,从而可用做拒水粉(一种防止水渗过的材料),也可用做炸药、塑料、橡胶、沥青、喷涂漆料、玻璃钢及绝缘、防火材料中的填料。这些都应归功于将粉煤灰在分子水平上进行化学修饰。

利用粉煤灰与其他废渣或廉价成分的复配物,可开发出多种有特殊用途的新材料。例如采用制粒烧结工艺,可把粉煤灰、煤矸石及废石膏(或烟气脱硫污泥)的适当比例(如 1 : 3 : 1.5)的混合物制成建筑用的轻质陶粒,广泛作为填料。又如在粉煤灰中加入另一种固体废弃物——黄铁矿烧渣(来自煤矸石)及助溶剂粗盐,在 90℃ 温度下用稀硫酸搅拌浸提,即得集物理吸附和化学混凝于一体的粉煤灰基混凝剂。本品可用于处理各种工业废水如造纸、制革、印染、制药诸行业的排放液,其化学耗氧量(COD,即通常的还原性杂质,多为有机物)去除率达 83%,色度去除率为 98%,且混凝沉淀速度快,污泥



体积小,处理费用低。

对粉煤灰结构的深入研究,可望得到它的其他利用方式。自从德国科学家(Newell 和 Sinutt)在 20 世纪 30 年代首先发现煤粒落入中性气氛的热炉管后形成空心物质的现象以来,20 世纪 60 年代美国学者(Alpern, 1960 年; Field, 1967 年)从锅炉燃煤所用的粉状燃料火焰中取到了焦煤微珠,20 世纪 70 年代又从燃煤锅炉的飞灰中发现了硅酸盐微珠。近年来许多学者确证了微珠的形成并研究了其机理。认为“发泡过程”是粉煤灰中各种具有多功能特性的硅酸盐微珠形成的原因。粉煤悬浮炉的高温(1500°C 以上)燃烧方式,是粉煤灰中特有的微珠形成的条件。微珠使粉煤灰的开发和利用价值大为提高。例如粉煤中的黄铁矿颗粒在燃烧时变成磁铁矿,成为部分硅酸盐微珠的内部结构成分,形成所谓“磁珠”,为粉煤灰的磁选提供了依据。俄罗斯和美国均将磁选产品作为海底管道护层混凝土配料,其性能优异。日本飞灰研究则以回收铝和“人造磁铁矿”为目标。加拿大、英国的科学家们还发现这些玻璃珠中可能富集了锆、镓、铀、铂等稀有元素,粉煤灰因此成为一种重要的新资源。