

# 我国石棉替代品生产、使用、危害及防护措施状况

刘铁民 研究员 王银生 副教授  
(国家经贸委安全科学技术研究中心)

学科分类与代码:620.4020

本项目为国际劳工局资助项目。

**【摘要】** 虽然石棉的用途广泛、价格低廉,但因其危害严重,存在着致病问题,部分发达国家对石棉的使用进行了严格限制;为了降低石棉对人体健康的伤害,国际上大力提倡使用石棉替代品。针对我国石棉替代品使用的现状,重点对目前使用最多的石棉替代品:玻璃棉、岩棉等的生产、使用、危害及其防护措施状况进行了概要的回顾和简单分析。

**【关键词】** 石棉 替代品 生产使用 危害 防护措施 玻璃棉 岩棉

## Present Status of Manufacture, Application, Hazardous Effects and Preventive Measures of Asbestos Substitutes in China

Liu Tiemin, Prof. Wang Yinsheng, Assoc. Prof.

(National Center of Safety Science & Technology, State Economic & Trade Commission)

**Abstract:** The carcinogenicity of asbestos is well known. In developed countries, the use of asbestos has long been prohibited or severely restricted, and its substitutes are being used widely. In view of the current status in China, the use of the most widely used substitutes, namely glass wool and mineral wool etc is emphatically reviewed. Their manufacture, application, and hazardous effects and preventive measures are briefly described.

**Key words:** Asbestos Asbestos substitutes Manufacture and application Hazardous effect Protection measure Glass wool Mineral wool

### 1 前言

石棉是指自然界中以纤维形式存在的、具有商业价值的链状硅酸盐。作为非金属材料,由于它具有耐热、保温、耐磨、电绝缘以及耐化学腐蚀等优良的性能而被各个领域广泛应用。

石棉的主要制品为:

①石棉纺织品(包括耐火的纺织品和防护服装、线、绳等);

②石棉水泥制品(包括管子、绝缘板、建筑用材料及构件);

③石棉电木制品(包括制动、刹车、摩擦零件及

做耐酸设备的材料);

④石棉橡胶制品(包括制动环、靴模、鞋楦等);

⑤石棉绝热材料;

⑥石棉沥青材料(包括浸透沥青的石棉纸、防水材料等)。

石棉的危害主要是长期吸入石棉尘可导致石棉沉着病。石棉沉着病患者的临床改变特征是支气管内膜炎和肺气肿,导致石棉肺。

据统计,我国在死于石棉沉着病人中,患各种癌症而死者占37.8%,其中女性接触石棉粉尘的平均工龄为16年,男性为20年时,从确诊为石棉沉着病到死亡的时间为15~30年。

虽然石棉的用途广泛、价格低廉,但因其危害严

重,存在着致癌问题,致使部分发达国家对石棉的使用进行了严格限制。当前大力提倡使用石棉替代品,我国也早已开始石棉替代品的生产使用、危害及防护措施研究。

石棉替代品的生产和应用发展很快,目前已知有150多种。但最常用的如:玻璃棉、岩棉、渣棉及漂白土纤维、绿坡石、海泡石等,由于其仍具有生物活性和致病力,而日渐引起注意。

## 2 石棉替代品的生产使用现状

### 2.1 岩棉(Mineral Wool)

岩棉是以精选玄武岩或辉绿岩为主要原料,加一定比例的矿渣,经高温熔融制成的人造无机纤维,并再经深加工而制成岩棉板、岩棉管、岩棉毡等系列产品。由于它具有绝缘、消音、耐火、导热系数小、自重轻、价格较低,且具有优越的防火性能等特点,因而广泛应用于石油化工、电力、建筑、冶金等行业,是管道、贮罐、烟道、车船等工业设备理想的保温建筑材料。由于该产品用途广泛,发展迅速,目前被作为石棉替代品之一。

我国在20世纪60年代已开始生产岩棉。但因质量、产量均较低,属初级产品,主要用于工业设备的保温节能。1979年,北京新型建材厂引进瑞典技术,建成我国第一条年产16300t岩棉制品生产线。在消化吸收国外技术的基础上,从80年代中期起,我国先后自行设计建造了南京、兰州、长沙等多条大型岩棉制品生产线。在诸多纤维保温材料中,岩(矿)棉生产量最大。目前全国年生产能力已达60万吨以上,产品已发展成(半)硬板、保温棉毡、保温带、保温管套、装饰吸音板、粒状棉喷涂材料等等,并逐渐大量应用于工业与民用建筑,噪声控制和船用防火材料中。

#### 2.1.1 建筑行业使用岩棉型材种类

##### (1) 防水保温复合卷材

上海市建筑研究院研制的防水保温复合卷材,采用半硬质岩棉板条与各种新型卷材复合而制成,半硬质棉板条宽约10cm,用热熔型胶粘剂成排粘结于卷材上,以便复合卷材作为产品可以成卷搬运。

##### (2) 钢丝网岩棉夹芯复合板

这是一种十分灵活的多功能、多用途复合板材。它采用两层钢丝网片为主要骨架,中间填充半硬质岩棉板。两层钢丝网之间用短钢丝联结,组成一个十分

稳固的半空间网架体系。运到现场安装后,在钢丝网两外表面分别喷涂或抹涂2.5cm厚水泥砂浆,即成为可作为内、外墙体及屋面的钢丝网岩棉夹芯复合板。

##### (3) 岩棉彩钢复合板

采用彩钢框架,其芯材采用100kg/m<sup>3</sup>容重的岩棉板。其厚度为10cm,传热系数仅为0.38W/(m<sup>2</sup>K),每平方米重量只有20kg,十分轻便。

岩棉彩钢复合板因全部为非燃烧材料制作,因此防火性能优越,且可工厂化大批量生产,便于机械化作业施工,是今后工业与民用建筑的发展方向。尤其可实现灵活隔断,便于住宅户型随人口的增减而自由改变。但目前成本还较高,每平方米约近200元,在住宅建设中尚难大量推广。

##### (4) 薄壁矽岩棉复合板

薄壁矽岩棉复合板是国家建材局“六五”科技攻关项目,1986年通过鉴定,并在北京、哈尔滨等地推广应用。它与住宅框架轻板体系结合作为内外墙体挂板,节约能耗显著。其热阻值为1.99m<sup>2</sup>K/W,成本也较低,每平方米仅约40~50元。

##### (5) GRC岩棉复合板

GRC板即玻璃纤维增强水泥板,70年代首先由英国研制开发成功。我国经“六五”科技攻关,于北京建成年产2万m<sup>2</sup>中试生产线,1986年通过鉴定,目前已在全国推广生产。GRC抗裂性好,抗拉及抗冲击强度高,且成型性好,易于制成轻质高强制品,因此GRC板最薄可做成5mm甚至更薄。GRC板不燃、不锈、不裂、不易老化,用途十分广泛。

以GRC板与岩棉板复合,可作内、外墙板,也可作屋面板。其重量很轻,200mm厚的板,每平方米仅重90kg。热阻值2.52m<sup>2</sup>K/W,保温、隔热性能好,是一种很有前途的住宅建筑用材。

#### 2.1.2 噪声控制材料

岩棉因具有吸声系数高、容重轻、不燃、不腐不蛀、不老化等特性,为当今重要的吸声材料,广泛应用于噪声控制工程中吸声降噪、消声器和轻薄结构隔声,以及厅堂音质中控制混响时间。

上海新型矿物棉制品厂于80年代中期从日本引进先进的生产设备和技术,生产的岩棉板质量较高,规格齐全,是一种性能良好的强吸声材料。

聚氯乙烯——岩棉复合发泡吸声材料,不仅在中高频处保持了良好的吸声性能,而且在中低频处也极大地改善了材料的吸声性能。并且这种材料的制作工艺简单,成本低廉,有良好的阻燃性能,在工业和民用建筑中有广阔的应用前景。

### 2.1.3 船用防火材料

由岩棉制作的复合岩棉板是当今国际上最先进的船用内装饰板材,可作为耐火分隔用的围壁板、衬板(里子板)和天花板(“望天”里子板)。

## 2.2 玻璃棉(Glass Wool)

玻璃棉是将石灰石、叶腊石、石英砂、硼镁石、萤石等岩石粉碎成粉末,搅拌均匀并配以硫酸钠、芒硝等物质后,在1 000~1 500℃下熔融,通过不同技术(如拉丝、吹丝、离心等)制成的人造无机纤维。

由于玻璃棉作为一种新型的无机非金属材料,具有耐高温、抗腐蚀、强度高、密度小、柔软回弹性强、保温性能好、吸声强、防潮性好等性能,深受市场欢迎。其应用范围逐步推广到航空、造船、石油化工、建筑、冶金、电气、医疗等领域。

### (1) 至80年代末玻璃棉的生产情况

我国玻璃棉自1958年才开始采用火焰喷吹法小规模生产,1962年以后逐渐建立日产1 t~6 t玻璃棉的蒸气立吹法生产线,使我国的玻璃棉生产有了一定的规模。但是,蒸气立吹法生产的棉纤维粗、渣球多、质量较差;火焰喷吹法生产的超细棉均以原棉方式销售,玻璃棉的品种、质量及生产装备均处于发展的初级水平。此种生产状况延续了许多年。为改变我国玻璃棉生产能耗大、无制品、产量小的落后面貌,上海平板玻璃厂和北京玻璃钢制品厂相继从日本引进4 000 t/年的离心喷吹法技术设备,分别于1987年9月和1988年8月投产,从而使我国玻璃棉制品在品种、质量、应用领域方面都有了很大发展。但到80年代末期,玻璃棉及其制品的销售却不尽人意,尽管售价与矿物棉相差不大(按每立方米之价格比较),其销售依旧乏力。然而进入90年代,玻璃棉及其制品的需求与生产增长异常迅猛,与其它绝热吸声材料的供大于求状况相比,玻璃棉出现了供不应求的局面,可谓一枝独秀。

### (2) 玻璃棉的“热销”及供需情况

我国从1992年开始,玻璃棉制品呈现热销态势,尽管售价迅速上涨,依然供不应求。到1993年,部分生产企业的某些制品已供不应求,加上原材料、燃料的涨价,致使玻璃棉的市场价格大约上扬了20%左右。此时我国北京、上海、江苏的三条离心玻璃棉生产线年产量为12 500 t,只能满足市场需求的2/3。市场的热销刺激了生产,一些商家把目光盯住了热销的我国离心玻璃棉市场。1993年以来,各地区、各企业纷纷与外商洽谈,与国内科研设计单位联

手,欲上马生产玻璃棉,一股玻璃棉的生产热正在形成。同时,国外生产商亦看好我国市场,法国、美国、日本等国的市场营销人员多次来华,考察我国市场,设立办事处。1994年至1995年出现了第二轮引进建线热。相继立项并投产了5条生产线,新增生产能力42 000 t,这5条生产线部分或全部引进国外技术和设备。至此,我国实际拥有的离心玻璃棉生产线年生产能力达到5.4万t,而1995年实际消耗量为2.5万t,供需比例约为2.16:1,产大于销的矛盾已相当明显。但是某些企业未看到这些“热销”背后隐藏的危机,继续纷纷上马玻璃棉生产线,带来了市场的竞争和更大的投资风险。

### (3) 离心玻璃棉制品

到目前为止,我国离心玻璃棉的设计年生产能力为12.4万t,比1995年前增加了6万t,实际年总产量为11.2万t。据玻璃棉专业委员会统计,1996年我国离心玻璃棉实际消耗量为35 200 t。2000年我国离心玻璃棉的设计总产量为150 000 t。离心玻璃棉的销售价格由高峰时的2.5~3万元/t,下跌到现在的0.9~1.0万元/t。以上即为我国离心玻璃棉生产和经营的现状。

目前市场对玻璃棉制品的需求主要是离心玻璃棉板,它不仅适用于建筑围护结构的隔热保温与吸声,还可喷、贴饰物作吊顶材料,档次较高、用途广泛。而湿法板、超细玻璃棉的市场需求并不旺盛。由此也可以看出,90年代以来,各类建筑对中高档建筑材料的需求殷切。

从离心玻璃棉的使用来看,主要用于公用设备和管道保温以及建筑墙体保温。应用增长的应用领域主要是建筑业。北京地区对采用玻璃棉作围护墙体的保温进行了有益的探索,但目前对玻璃棉的应用仅限于室内吊顶装饰。

## 3 石棉替代品的危害现状

石棉替代品,因其具有生物活性和致病因素,对人体健康的危害有:

### (1) 呼吸系统危害

接触玻璃棉、岩棉、矿棉的工人均可出现x线胸片改变;即尘肺改变。肺功能测定FVC(用力呼气量)低于正常,但远不如石棉工人严重。对接触玻璃纤维工人肺活检病理检查表明,肺组织内有玻璃纤维尘细胞灶,胶原轻度增生,肺癌、肺脓肿。当接触较低浓度时(2.5根/毫升),即使长达20年,工人肺

功能改变也不大。接触高浓度玻璃纤维尘的工人,出现上呼吸道刺激症状和哮喘发作。自患者肺灌洗液中可检出 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.7\mu\text{m}$ 粗的玻璃纤维。

此外,漂白土纤维、绿坡石、海泡石等接触工人胸片显示有不典型的阴影,肺活检有细支气管炎,网状纤维增生、纤维灶等改变。

#### (2) 皮肤危害

玻璃纤维工人多发生接触性皮炎,但部分工人可以逐渐耐受,称为“硬化现象”。对皮肤损害的程度,依纤维直径和表面粗糙性而异。目前公认,纤维直径超过 $5\mu\text{m}$ ,才具有明显刺激作用。

接触玻璃纤维、岩棉的工人,有少数人出现皮肤过敏,但迄今未证实这些纤维本身是致敏原。

#### (3) 眼睛及粘膜危害

接触玻璃纤维等可使工人患结膜炎和角膜炎,严重者可见角膜混浊和局部脓肿。自患者眼内可以冲洗出直径 $3\mu\text{m}$ 以下的纤维。对患者眼球的病理检查,可见角膜上皮细胞增生,结膜液粘蛋白含量增加,表明是机械性刺激作用。动物实验证实有类似的病理改变。

实验表明,当纤维粒径、长短相似时,石棉替代品亦可产生与石棉相近的毒性和致癌性。

石棉替代品粉尘对人和动物具有一定的生物学损害作用,其生物学活性及病理作用虽不及石棉,但作为石棉代替品的大量生产和使用,对其危害也不容忽视。

## 4 石棉替代品的防护措施

由于石棉替代品的生物学作用与石棉相似,但

其危害严重度远低于石棉。且在人体内的行为、转移、清除与石棉相似,故其致癌机理也相仿。致纤维化和致癌效应的产生,都必须以在组织中积累足够数量的纤维为前提。因此,减少接触是防治石棉替代品职业危害的根本对策。主要防护措施有:

#### (1) 密闭尘源

主要是生产机械的密闭。整体、局部。

#### (2) 通风除尘

在必须敞开处,安装局部排风设备,将纤维粉尘收集后排出。

#### (3) 湿式作业

预先将材料湿润,或喷雾洒水,可大大减少粉尘的产生量。

#### (4) 个人防护

在其它措施达不到要求或不能采取措施时,佩戴合适的防尘面具、防护服。

## 5 结尾语

虽然石棉制品有其独特的绝热性能和广泛的工业用途,但因在开采、生产和使用中对人体健康造成众知的危害,部门发达工业国已严格限用,甚至禁用。因而出现了石棉替代品的生产和应用,笔者对我国石棉替代品的生产、使用及其危害与防护进行了分析和评述,正是坚持低毒代替高毒,以无毒代替有毒生产制品的原则,也体现了在工业发展、技术进步、社会文明的过程中,保护人体安全与健康的重要性。关爱生命,注重安全与健康,保护人类生存环境,是全世界人民共同奋斗的目标。

(收稿:2001年8月;作者地址:北京市朝阳区惠新西街17号;国家经贸委安全科学研究中心;邮编:100029)

### 参 考 文 献

- 1 职业卫生与安全百科全书.北京:中国大百科全书出版社,1990.
- 2 钱本德.几种多功能岩棉住宅用材介绍.住宅科技,1998(6).
- 3 邢春生,叶风廷,王家庚等.岩棉粉尘职业危害研究现状.工业卫生与职业病,1995,21(5)
- 4 欧阳清良.我国离心玻璃棉生产线现状和发展趋势.新型建筑材料,1998(3).
- 5 何文刚.耐火分隔与复合岩棉板的应用.造船技术,1997(3).
- 6 潘明琨.石棉的危害及其环境管理.甘肃环境研究与监测,1995,8(4).