非金属矿开发利用

云母纸质量的影响因素*

张小伟[1]，张翼[1]，刘淑鹏[2]，钱玉鹏[1]，朱瀛波[1]

(1.武汉理工大学资源与环境工程学院，武汉，430070；2.河北省地勘局第一地质大队，河北 邯郸，056001)

摘 要：云母纸是由云母矿物经过水力破碎制成云母浆料，再经过云母造纸机抄造而成的片状材料。云母纸的成型主要是靠云母鳞片间的静电引力和范德华力结合而成，这两种力本身比较低，在云母纸的生产过程中容易受到其它因素的影响使得云母纸的强度降低，甚至不能成纸。探讨了云母纸生产过程中云母纸抗张强度、介电强度等性能的影响因素，以尽量避免不利因素，优化生产条件，指导生产。

关 键 词：云母纸；抄造；影响因素；抗张强度；介电强度

中图分类号：TM215.5；TS75 **文献标识码**：B **文章编号**：1001-0076(2011)01-0018-04

Influence Factors of Mica Paper Properties

ZHANG Xiao-wei, ZHANG Yi, LIU Shu-peng, et al.

(School of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Mica paper is produced by mica pulp crushed with high-pressure jet water then through mica paper making machine. Mica paper is formed by electrostatic attraction and Van der Waals force existing between flake mica. These two forces are relatively low and easy to be influenced by other factors of mica paper producing. This paper discussed influence factors of tensile strength and dielectric strength in mica paper producing process, for avoiding unfavorable factors to guide producing process.

Key words: mica paper; paper making; influence factors; tensile strength; dielectric strength

1 前言

云母具有独特的层片状结构，其晶体结构是由两层硅氧四面体夹着一层铝氧八面体构成的，成分通式为 $X\{Y_{2\sim3}[Z_4O_{10}(OH)_2]\}$。其中，Z组阳离子主要是Si和Al，Y组阳离子主要为Al、Fe和Mg。在其四面体结构中有1/4的Si^{4+}被Al^{3+}置换有负电荷空余，需要由K^+进行补充中和。一般说来，硅氧四面体和铝氧八面体本身结合是比较牢固的，而补充的正离子层在两个复式的硅氧层之间的链接是比较微弱的，云母晶体很容易沿着正离子所在的平面分剥开来[1,2]。

云母具有完整的片状及平行(001)的完全解理，可以分剥成极薄的鳞片。云母具有很高的拉伸强度、弯曲度和韧度，化学稳定性好，晶格稳定性强。由云母制成的产品具有优良的绝缘、耐高温、耐腐蚀、耐紫外照射、抗静电、化学稳定性等一系列优点，广泛用作电气、电子工业的绝缘材料。

随着电气工业的不断发展，对于云母的需求日益增加。随着大片云母资源的枯竭，人们转而综合

* 收稿日期：2010-05-24；修回日期：2011-02-12

基金项目："十一五"国家科技支撑计划项目——高性能云母绝缘材料在线监测与控制技术研究(2008BAE60B03)

作者简介：张小伟(1984-)，男，山东淄博人，博士研究生，研究方向是非金属矿物材料加工。

万方数据

利用资源丰富的碎云母资源，以提高企业的经济效益。云母综合利用的途径主要有：云母纸、云母粉、云母陶瓷、云母熔铸制品等。其中云母纸和云母粉可加工成各种制品，进一步扩大了云母综合利用的途径[3-5]。

2 云母纸

长期以来，云母一直是电气工业中不可缺少的绝缘材料。例如：一台十万千瓦、十千伏级的两极汽轮发电机要用1 000 kg的云母带，其中云母约为450 kg。云母纸是碎云母利用的重要途径。

2.1 云母纸的发展

云母纸首先由法国研制成功，于1947年投产并取得专利权。接着比利时、前苏联、捷克、美国、德国等国家相继组织生产，又发展了许多新的产品。我国自上世纪60年代后，依靠本国的技术力量研制成功了粉云母纸和再生云母纸。70年代以后又先后研制成功了大鳞片云母纸、合成云母纸等新型材料。

云母纸及其制品有很多优点。如厚度均匀、介电强度波动范围小，电晕起始电压高而稳定。同时由于云母鳞片较小，他们之间主要依靠富有弹性的树脂结合起来，与铜体的膨胀系数相差较小，绝缘受热时，其介质损耗的电压特性比片云母绝缘稳定得多。此外，云母纸均匀性好、导热性能优良，使用时温升低。但机械性能较差，需选用合适的粘结剂和补强材料增加强度[6-8]。

要探讨云母纸强度的影响因素需要进一步了解云母纸的工业生产流程。

2.2 云母纸工业生产

云母纸是以碎云母为原料，经制浆、成型、压榨等工艺制成的，它保持了天然云母的优良性能。非煅烧云母纸的工业生产流程见图1。

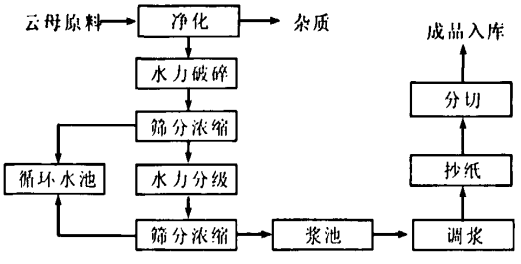

图1 非煅烧云母纸的工业生产流程

2.2.1 云母纸浆的制备

将厚度为毫米级的碎云母破碎成厚度为微米级以下的细小云母鳞片，然后将适于造云母纸的云母鳞片分选出来并与一定数量的水混匀成云母纸浆。云母纸的制浆方法分为煅烧化学制浆法和水力制浆法。图2显示的是两种制浆方式的工艺流程。

煅烧化学制浆法是将精选的云母碎片，经高温煅烧脱去云母结构中的部分结晶水，使云母碎片沿垂直于解理面的方向膨胀，质地变软，再用化学方法处理，使云母片充分分裂解离，再经洗涤、搅拌、分级成浆。

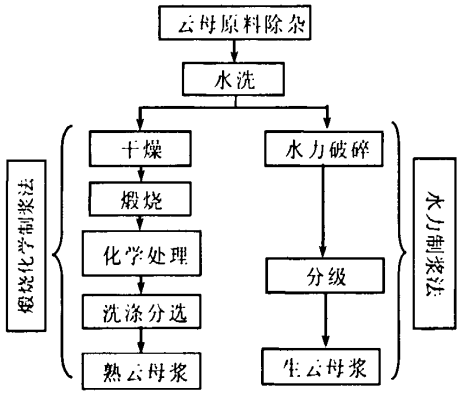

图2 云母浆料的制备工艺

水力制浆法是用高压喷射水流在特制的腔体内将云母片剥离破碎成细小鳞片，然后利用选矿的方法将适于造纸的云母鳞片分选出来[9-11]。

2.2.2 云母纸抄造

抄造是整个云母纸生产工艺过程中最重要的部分，而造纸机则是其中的主机。首先制备好的云母浆料打入贮浆池，配成合适浓度的云母浆，云母浆料由网部进入云母纸造纸机，经过成形、抄造、烘干和卷取等过程抄造成云母纸。云母造纸机根据网部结构的不同形式，而分为长网造纸机、圆网造纸机两种，以圆网造纸机为多。

3 云母纸质量的影响因素

云母纸的质量与云母纸的制造工艺、操作技术等有密切的关系。除此之外，云母本身的质量，生产云母纸用水的水质，空气中的相对湿度等都会对云母纸的强度产生重大的影响。

万方数据

3.1 云母原料质量的影响

一般说来,可以认为,凡是云母都能作为云母纸的原料。但是事实上由于云母本身的结构和组成不同,在云母纸制造过程中对工艺的适应性以及过程反应不一样,所制得的云母纸性能亦有差别。有些云母品种即使采用最佳的工艺条件,亦难造出合乎质量要求的云母纸,也就是说这样的云母品种用作云母纸原料是不合适的。不同的云母通过最有效的制造方法所制得的云母纸的特性也大不相同。

表1 各种云母纸的特性

云母原料	白云母	合成云母	金云母	蛭石	黑云母
抗张强度/MPa	90	51	48	17	27
抗力模数/MPa	1.2×10^4	8.3×10^5	4.8×10^4	5.5×10^4	8.3×10^4
密度/g·cm^{-3})	2.10	1.46	1.90	2.16	1.45
介电强度/V·mil^{-1}	700	725	965	630	1000
180°折迭次数	100+	27	9	29	4
剥离强度/g·cm^{-1}宽	5.0	2.4	4.7	—	6.3

从表1中可以看出,云母原料不同抄造的云母纸的抗张强度和介电强度的差别较大。在制订云母纸制造的工艺时,应该根据不同的云母来决定不同的工艺,制造出合适的云母纸。

3.2 云母纸抄造工艺的影响

当云母原料不变时,不同的抄造工艺抄造出的云母纸的强度性能差别很大,甚至由于工艺参数选择不当使得无法抄造成纸。这些工艺参数主要有:云母浆料的制备方式,云母浆料中云母鳞片的粒度级配、生产用水的水质、云母造纸机的运行参数等。

表2 煅烧云母纸与非煅烧云母纸性能比较

云母纸类型	厚度/mm	定量/g·m^{-2}	渗透时间/s	水萃取物电导率/s·cm^{-1}	介电强度/kV·mm^{-1}	拉伸强度/N·cm^{-1}
非煅烧云母纸	0.065	100	30	10×10^{-6}	13	5.7
煅烧云母纸	0.065	100	130	20×10^{-6}	30	11

3.2.1 云母浆料制备方式对云母纸强度性能的影响

通过煅烧化学制浆法制备的煅烧云母纸和水力制浆法制备的非煅烧云母纸的强度性能差别较大。主要因为煅烧云母纸的鳞片薄而细,相同厚度的煅烧云母纸和非煅烧云母纸相比所用云母鳞片层数较多,加之细小鳞片填充空隙,使得煅烧云母的介电强度比非煅烧型云母纸高出一倍;但煅烧云母纸水溶液抽出物的电导率及离子含量比非煅烧云母纸的要高。这些导电离子,使得绝缘材料的电性能降低,介质损耗增大。由于煅烧云母纸质地柔软,吸胶量大,适宜做多胶云母带、柔软云母板和云母箔。

因此,可根据云母纸的不同用途选择合适的云母浆料的制备方式[12]。

3.2.2 云母鳞片粒度级配对云母纸强度性能的影响

破碎好的云母浆料中不同粒级的云母鳞片配比也会对云母纸的抗张强度、介电强度等产生影响。相关的文献中提到,把握好各个粒度级别云母鳞片的含量,即可抄造出合乎要求的云母纸。

湿磨云母纸浆造纸级配研究一文[13]指出:窄级别分级后的云母纸浆,进行单级别和多级别级配造纸,测试云母纸的抗张强度、击穿强度,可决定最佳的级配方案。通过试验得到,当+20目、-20+40目和-40+60目级配时云母纸性能要明显高于其他级配方案,并通过验证与优化确定三级别的配比为16∶4∶5时为云母纸抄造的最佳配比。表3显示了不同级配情况下抄造的云母纸的性能。

表3 不同级配云母鳞片抄造的云母纸的性能

三种粒级配比	定量/g·m^{-2}	介电强度/kV·mm^{-1}	拉伸强度/N·cm^{-1}
16∶4∶5	200	17.33	2.113
4∶1∶5	200	16.12	1.254
4∶1∶10	200	14.29	0.771

在相同的云母原料及浆料制备方式的情况下,不同粒度配比的云母鳞片抄造的云母纸的强度性能亦有较大差距。因此,在实际生产过程中可根据云母纸的具体要求改变云母浆料中云母鳞片的级配获得不同性能的云母纸[13]。

3.2.3 生产用水水质对云母纸强度性能的影响

生产用水的水质是影响纸张强度性能的一个重要因素,对云母纸也不例外。天然水常含有各种离子,对云母纸的电气性能如击穿电压、介质损耗角正切、绝缘电阻等产生不利影响。因此,云母纸生产用水要比其他生产用水要求高。表4显示了用不同水质生产的云母纸的电气性能。

表4说明,由脱盐水、净化水抄造的云母纸介质

万方数据

损耗角正切和体积电阻率有很大的差别,通过提高水质可改善云母纸的电气性能。因此要提高云母纸的质量,生产用水的水质特别重要。要获得符合质量要求的云母纸,也必须供给合乎要求的生产用水。

表4　不同水质造的粉云母纸电气性能

水质	介质损耗角正切/%	体积电阻率/Ω·cm
脱盐水	0.4	1014
净化水	1.0	1011~1012

3.2.4　云母造纸机的运行参数对云母纸强度性能的影响

在合理考虑了各种参数制备出符合要求的云母浆料以后,下一步便要进入云母造纸机抄造成纸,云母造纸机的各个工艺参数也会对云母纸的质量产生影响。

粉碎好的云母浆料首先在贮浆池中调浆,调整到合适、稳定的浓度,这样进入到上浆槽的云母鳞片才能均匀地给入造纸机。如果浓度出现波动,抄造出的云母纸不均匀,在测试云母纸的抗张强度、击穿强度等性能时会在不均匀处出现弱点,影响云母纸的质量。现在云母纸生产线的浓度控制仍然由人工完成,操作误差较大,因此,尽快引入自动控制技术以精确控制浆料的浓度成为亟待解决的问题。

同时,云母造纸机的车速会影响到云母纸的定量。相同的给料速度下,车速不同上浆槽给入的云母量不同,生产出的云母纸的定量也有所差别。加热烘缸的温度会影响到云母纸的干燥,未完全干燥的云母纸的抗张强度和电气强度会大大降低。在实际的生产中,造纸机的车速和烘缸温度等是由不断地实践过程中摸索出来的,没有建立相关的控制系统,生产条件改变时所抄造的云母纸的性能会受较大影响。因此,建立相关的自动检测和控制系统以调整云母造纸机的运行参数,对云母纸的质量稳定非常重要。

3.3　外界环境的影响

外界环境对云母纸质量的影响主要是指空气湿度对抄造成的云母纸强度性能的影响。云母纸的吸湿性能较强,空气湿度大时极易吸收空气中的水分,导致导电系数的增加,影响云母纸的介电性能。同时,因为吸收了空气中的水分,云母鳞片间的距离有所增大,结合力降低,影响了云母纸的抗张强度。

鉴于空气湿度对云母纸的巨大影响,云母纸卷下机后应置于设有空调装置的房间里,注意密封保存,以防其受潮影响云母纸的性能。

4　结论及展望

云母纸的质量受到各种因素的制约,既有云母原料的问题,也必须考虑生产环节中的各个因素。要生产出高质量的云母纸,首先要选择好的云母原料。在云母原料选定的情况下,根据生产的需要选择合适的制浆方式,控制好云母浆料中云母鳞片的粒度级配,消除水中对云母纸产生不利影响的各种离子,实现云母造纸机参数的自动检测与控制,生产出的云母纸的质量一定可以进一步提高。云母纸性能的不断提高会逐渐拓宽其应用领域,充分发挥云母资源的优势,加快电气工业的发展。

参考文献:

[1] 萧朝光. 向阳绢云母粒径缩减及晶格离子置换研究[D]. 台湾:国立成功大学,2003.
[2] 龚先政,祖占良,郑水林. 云母加工利用技术现状与发展动向[J]. 中国非金属矿工业导刊,2000(5):18-21.
[3] 任耀武. 碎云母的工业用途及开发[J]. 内蒙古地质,1998(3):17-21.
[4] 徐文炘,郭陀珠,李衡,等. 云母矿物材料研究现状及前景[J]. 矿产与地质,2001,15(3):201-204.
[5] 米丽平. 从碎云母矿尾矿中回收云母的试验研究[D]. 河北:河北理工大学,2005年.
[6] 吴自强,魏鹏,唐四丁. 云母纸的性能及其主要制品[J]. 化工纵横,1997,11(4):7-10.
[7] 黄鸿. 云母纸的生产工艺及应用[J]. 中华纸业,2004,25(11):29-31.
[8] 戴为胜. 我国云母纸和湿磨云母粉工业现状及展望[J]. 非金属矿,1995,107(5):45-46.
[9] 袁楚雄,田中凯,刘奇. 云母及其深加工[J]. 国外金属矿选矿,1996(4):42-45.
[10] 云母综合利用编写组. 云母综合利用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1984:8-11.
[11] 解原,汪灵. 白云母类矿物在绝缘材料中的应用现状与开发利用建议[J]. 中国非金属矿工业导刊,2004(6):10-14.
[12] 《非金属矿工业手册》编委会. 非金属工业手册[M]. 北京: 冶金工业出版社,1992:1462-1480.
[13] 程亮. 湿磨云母纸浆造纸级配研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2009年.

万方数据