

电工绝缘材料实用手册

陈 德 方 编

方

水利电力出版社

电工絕緣材料实用手册

陈 德 方編

水利电力出版社

內 容 提 要

本书汇集了我国生产或已开始試制的各种絕緣材料的規格、性能和用途方面的資料，并分別說明这些材料在应用上的优缺点。絕緣油类和电瓷材料都未編入。本书可供电气设备制造部門和电力系统的工作人員、技术人员在实际工作中查考之用。

电工絕緣材料实用手册

陈 德 方編

2039 D 586

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里沟）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店北京科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 * 3 $\frac{3}{4}$ 印張 * 81千字

1959年 8 月北京第 1 版

1959年 8 月北京第 1 次印刷(0001—30,500册)

統一书号: 15143·1624 定价(第 9 类)0.40元

前 言

各种电气设备都是导电材料和絕緣材料的矛盾的統一體，因此，要制造任何一种电机、电器，或建立发电站、变电所、輸电綫路，不但要采用各式各样的絕緣材料，而且所用的数量还相当大。例如一台5万瓩的氢內冷汽輪发电机，需用云母、玻璃布（絲）制品和环氧树脂等22吨；一台3,200千伏安的变压器所用絕緣紙板、嵌件、油料和电瓷件，占它总重量的34%；一台10千伏高压断路器所用各种絕緣物，約占其总重的18%左右；一公里长的220千伏电力电纜，要消耗8吨电纜紙条。由此可以看出，絕緣材料在电机、电器制造工业和輸电系統中所占的重要地位。

各类各級电机、电器的結構和用途不同，因而所用絕緣材料的品种有上千种之多。有各种紙、布、綢和纖維材料，各种树脂、絕緣漆、合成胶和化合物，各种油脂、瀝青，各种玻璃、石棉云母制品等等。这些材料中的絕大部分都要經過电工材料制造厂加工处理，使它們具有較好的电气性能和較高的机械强度，并能在高温、潮湿状态下，或在腐蝕性气体和微生物的侵蝕下长期工作，而不变質、不老化、不失去隔电性能。

各种絕緣材料的性能是多种多样的，在采用时，必須正确地选择，才能在經濟和技术上取得最高的效益。为了达到这一目的，第一，要把优等材料，如硅有机漆、玻璃制品等用到大容量和耐温达130°C以上的电机、电器中，以保証大

型电机、电器的质量，并缩小外形尺寸，减轻重量，从而更多地节约貴重铜料和硅钢片的用量；第二，要熟悉各种绝缘材料的性能，正确掌握它们的互换性；第三，应尽量少用天然材料，多用人工合成材料，以节省人民生活所需要的纸、布、丝绸、食用植物油、酒精、医药原料等。

本书详细介绍了绝缘油和电瓷材料以外的各种绝缘材料的规格、型号、性能和用途，以及应用上的优缺点。书中所列暂用外文型号的各种产品，绝大部分是我国已少量生产或已开始试制的。本书所收集的技术资料和数据都是我国各电工材料制造厂和电机、电器厂现时采用的，由于各厂所用粘度、硬度等单位不同，所以书中的一些单位未能统一。

本书可供电气设备制造部门和电力系统的工人、技术人员在实际工作中查考之用。

目 录

第一章	电工絕緣材料的級別	6
第二章	电工用玻璃布(絲)及其絕緣制品	10
2-1	玻璃布 玻璃网布 玻璃紗布 玻璃帶	12
2-2	玻璃絲和玻璃絲制品(玻璃紗包綫)	16
2-3	玻璃漆布	17
2-4	玻璃布管和漆管	21
2-5	玻璃胶布板	22
2-6	以玻璃絲(絨和玻璃碎布)为充填料的塑料	24
2-7	玻璃云母絕緣制品	24
2-8	玻璃絕緣制品加工时的劳动保护	25
第三章	漆包絕緣導綫	26
3-1	耐漆漆包綫	26
3-2	聚醋酸乙烯包复的漆包綫	26
3-3	聚乙烯醇縮醛漆包綫	26
3-4	聚酰胺漆包綫	28
3-5	聚胺脂漆包綫	29
3-6	丙烯腈和丙烯酸酯共聚物的漆包綫	31
3-7	环氧树脂漆包綫	31
3-8	聚脂漆包綫	31
3-9	硅有机漆包綫	33
3-10	氟有机漆包綫	33
第四章	絕緣漆布和絕緣漆綢	35
4-1	絕緣漆布和絕緣漆綢	35

4-2 黑色棉漆布	39
第五章 絕緣漆	41
5-1 热烘瀝青漆	41
5-2 气干瀝青浸漬漆	42
5-3 水乳浸漬漆	42
5-4 热烘耐电弧灰瓷漆	43
5-5 气干耐电弧灰瓷漆	44
5-6 甘油树脂(醇酸)漆	45
5-7 B級絕緣浸漬漆	46
5-8 耐油浸漬漆	47
5-9 低溫半导体漆	47
5-10 低溫硅鋼片漆	48
5-11 耐高溫硅鋼片漆	48
5-12 35千伏用电纜胶	49
5-13 油溶性漆包綫漆	50
5-14 漆包綫用酚醛漆	51
第六章 云母和合成膜制品	52
6-1 云母帶	52
6-2 紙底黑色合成薄膜帶	56
6-3 云母箔	56
6-4 合成薄膜絕緣紙箔	59
6-5 整流子(換向器)云母板	60
6-6 塑型云母板	62
6-7 柔軟云母板	65
6-8 衬墊云母板	67
6-9 粉云母紙	68
第七章 电机、变压器、开关用层压品和卷制品	70
7-1 胶紙板	70

7-2	胶布板	76
7-3	胶纸管和胶纸筒	72
7-4	胶布管和胶布筒	81
7-5	高频电路支架用胶纸管和胶纸筒	81
7-6	胶纸棒	83
7-7	胶布棒	84
第八章 电工塑料		85
8-1	酚醛塑料	85
8-2	聚丙烯塑料	86
8-3	耐电弧塑料(三聚氰胺、甲醛塑料)	86
8-4	石棉纤维塑料	88
8-5	石棉云母酚醛塑料	89
8-6	石棉硅有机塑料和玻璃硅有机塑料	89
8-7	泡沫塑料和微孔塑料	90
第九章 电工用树脂和化合物		91
9-1	环氧树脂	91
9-2	硅有机绝缘物	92
9-3	聚乙烯	100
9-4	聚氯乙烯	102
9-5	聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)	104
9-6	聚苯乙烯	105
9-7	聚异丁烯	106
9-8	聚三氟氯乙烯	108
9-9	聚四氟乙烯	109
附 录		112

第一章 电工絕緣材料的級別

电工絕緣材料共分为七个等級：即 Y 級（允許工作溫度为 90°C ），A 級（允許工作溫度为 105°C ），E 級（允許工作溫度为 120°C ），B 級（允許工作溫度为 130°C ），F 級（允許工作溫度为 155°C ），H 級（允許工作溫度为 180°C ），C 級（允許工作溫度为 180°C 以上）。

在电机、电器的制造中，根据它們的不同絕緣結構采用不同級別的絕緣材料。在正常情况下，A 級絕緣的电机、电器，采用 A 級絕緣等級的材料，F 級絕緣的电机采用 F 級絕緣等級的材料。

各种絕緣材料的等級分类（参照 1958 年苏联国家标准 8856-58）見表 1-1。

表 1-1

絕緣 等級 代号	絕緣材料的类别和名称	所用胶粘剂、浸漬漆或复盖漆的类别	
		在制成絕緣材料时	在用于电机、变压器和开关中时
Y	1. 以棉花、天然絲、再生纖維素、醋酸纖維素和聚酰胺为基础的紡織品	不采用胶粘剂和漆类	不采用胶粘剂和漆类
	2. 纖維素的紙、紙板和反白板	同 上	同 上
	3. 木質板	同 上	同 上
	4. 有机填料的塑料	脲醛树脂	不需

續 表

絕緣 等級 代号	絕緣材料的類別和名稱	所用胶粘剂、浸漬漆或复盖漆的类别	
		在制成絕緣材料时	在用于电机、变 压器和开关中时
A	1. 1) 以棉花、天然絲、再 生纖維素、醋酸纖 維素和聚酰胺为基 础的紡織品	—	以植物油改良的天然 树脂漆，虫胶漆， 珐琅树脂漆
	2) 纖維素的紙、紙板和 反白板	—	相当于A級絕緣的纖 維素
	3) 木質板 (当这三类材料浸漆 之后或在絕緣液体 中使用时，即作为 A級絕緣材料)	—	酚漆，在105°C下不流 动的瀝青胶（仅用 于电机、电器不动 部分的綫卷），耐溫 达105°C的石油产 物和液体絕緣材料
	2. 乙酰丁酸薄膜和三 醋 酸薄膜	—	同 上
	3. 以三醋酸薄膜为基 础 的片状材料	改良的合成树脂漆	同 上
	4. 以棉紗、天然絲、再 生纖維、醋酸纖維或 聚酰胺纖維为基 础的 漆布和漆管	油漆，树脂漆，油溶 性树脂漆，瀝青油 漆	同 上
	5. 漆紙	同 上	同 上
	6. 漆包綫的絕緣	油溶性树脂漆和耐溫 达105°C的合成树 脂漆	同 上
	7. 聚酰胺薄膜	—	同 上
	8. 浇注用聚酰胺树脂	—	不需用
	9. 浸以有机物、在110°C 下不流动的石棉水泥	地瀝青（天然瀝青）， 石油瀝青	同 上
	10. 层积木板	酚醛树脂	同 上
	11. 热固性的丙烯酸酯和甲 基丙烯酸酯（无填料）	—	同 上
	1. 聚脂薄膜及其纖維	—	在120°C溫度下不軟 化的复合胶（如瀝 青胶等），仅用于电 机、电器的不动部 分

續 表

絕緣 等級 代號	絕緣材料的類別和名稱	所用胶粘剂、浸漬漆或复盖漆的类别	
		在制成絕緣材料时	在用于电机、变 压器和开关中时
E	2.漆包綫的絕緣	聚醋酸乙烯漆和耐溫 达120°C的合成漆	在120°C溫度下不軟 化的复合胶(如瀝 青胶等),仅用于电 机、电器的不动部 分
	3.有机填料的塑料	酚醛树脂,三聚氰胺 树脂和糠醛树脂	不需用
	4.以纖維素紙和布为基 础的层状制品	同 上	同 上
	5.热固性树脂(环氧的, 聚脂的,聚胺脂的) 和胶类	—	同 上
	6.以丙烯酸酯和甲 基 丙烯 酸酯(以无机物作填 料)为基础的热固性胶	—	同 上
B	1.以云母片和粉云母紙 为基础的材料,其中 包括有紙或布作衬垫 (补强)的制品	瀝青漆,天然树脂和 合成树脂(植物油 改良和不改良的) 及其他漆类	1.瀝青油漆,油性 树脂漆(以桐油为 基础),植物油改 良的合成和天然树 脂漆(以上各种漆 都应耐热130°C) 2.热硬性聚脂树脂, 环氧树脂,耐热可 达130°C的热塑性 胶(如瀝青胶),仅 用于电机不动部分
	2.玻璃漆布和玻璃漆管	油性瀝青树脂漆, 环氧树脂漆,聚胺 脂漆及以改良醇酸 树脂为基础的漆	同 上
	3.用有机漆浸漬的石 棉 纖維材料	所用有机漆和化 合物: 虫胶,醇酸, 酚醛树脂漆,合成 橡胶,环氧树脂等	同 上
	4.漆包綫的絕緣	以苯二甲酸乙二酯树 脂为基础的漆和耐 溫达130°C的其他 漆	同 上

續 表

絕緣 等級 代号	絕緣材料的類別和名稱	所用胶粘剂、浸漬漆或复蓋漆的类别	
		在制成絕緣材料时	在用于电机、变 压器和开关中时
B.	5. 以无机物作填料的 塑 料	所用热固性树脂: 酚 醛、三聚氰胺甲醛、 酚糠醛、环氧及聚 脂树脂等	不需用
	6. 以玻璃絲布和石 棉 纖維为基础的层压制品	同 上	同 上
	7. 以矿物質作填料的 热 硬性合成胶(环氧、聚 脂、聚胺脂树脂)	—	同 上
	8. 以有机漆浸漬的石 棉 水泥(在135°C的溫度 时不流出)	所用有机漆: 地 瀝 青, 石油瀝青及其 他(浸漬后經热处 理)	同 上
F	1. 不带和有有机纖維材 料补强的云母片制品	所用耐温达155°C的 树脂和漆: 改良和 不改的醇酸树脂 脂, 环氧树脂, 聚 胺脂树脂和硅有机 树脂等	所用耐温达155°C的 树脂和漆: 改良醇 酸树脂, 环氧树 脂, 聚胺脂和硅有 机树脂
	2. 玻璃絲和石 棉 絕緣导 綫的絕緣	同 上	同 上
	3. 玻璃漆布和玻璃漆管	同 上	同 上
	4. 以玻璃絲布和石 棉纖維为基础的层压制品	同 上	不需用
	5. 不带补强和以无机材 料作补强(衬底)的粉云 母制品	与E級相当的硅有机 漆和树脂	所用耐温达155°C的 树脂和漆: 改良醇 酸树脂, 环氧树 脂, 聚胺脂和硅有 机树脂
	1. 无补强或 以 无机材料 为补强的云母制品	耐温180°C的硅有机 漆和树脂	耐温180°C的硅有机 漆
	2. 玻璃絲导綫的絕緣	同 上	同 上
	3. 玻璃漆布和玻璃漆管	同 上	同 上

續 表

絕緣 等級 代號	絕緣材料的類別和名稱	所用胶粘剂、浸漬漆或复蓋漆的类别	
		在制成絕緣材料时	在用于电机、变 压器和开关中时
H	4.以玻璃絲布和石 棉 纖 維为基础的层压制品	同 上	不需 用
	5.以无机物为填料的 塑 料	同 上	同 上
	6.浸漬过的石棉水泥	同 上	同 上
	7.无补強或无机物作 补 強的硅有机彈性体	—	同 上
	8.石棉材料(石棉紗綫、 石棉布、石棉紙)	不采用	耐溫为180°C 的硅有 机漆
C	1.云母	在C級中不采用	不需 用
	2.玻璃和玻璃纖維材料	同 上	同 上
	3.电瓷	不采用	同 上
	4.石英	同 上	同 上
	5.未浸漬的石棉水泥	在C級中不采用	同 上
	6.电工用石板	同 上	同 上
	7.无补強或以玻璃 纖 維 材料作补強的 云 母 制 品	无机組成物和耐高溫 有机树脂	同 上
	8.玻璃云母模压制品	玻 璃	同 上
	9.聚四氟乙烯	—	同 上

第二章 电工用玻璃布(絲)及其絕緣制品

电工用玻璃布(絲)是由无碱鋁硼硅酸盐的玻璃纖維所組成的。它的耐热性高,吸潮性小,再加上优良的机械性能(柔軟、抗拉强度高)和高超的絕緣性能,因而可用它来制造許多种絕緣材料,使用在煤矿、冶金、牵引、化工和特殊耐

潮、耐高溫以及航空、軍用等電機、電器中。

電工玻璃布(絲)及其制品同一般玻璃纖維的區別，是不含或少含鹼量(不大於 2%)。如果玻璃布中鹼性氧化物的含量太大，會大大降低玻璃布(絲)制品的機械強度(約降低 20%)，並會發脆，不柔軟，易吸潮，電氣絕緣性也較差。

電工用無鹼玻璃布(絲)的特點如下：

1. 在高溫和高頻下，介質損失很小，無論在 1 兆赫或 3,000 兆赫時，都是在 0.0002 左右(含鹼多的玻璃布達到 0.01)。

2. 介質常數小，約為 3.8~4 (含鹼多的玻璃布可能達到 16.2)。

3. 體積電阻系數大，約為 10^{17} 歐·厘米(含鹼量多的約為 10^8 歐·厘米)。

4. 熔點為 $1,000^{\circ}\text{C}$ 以上(其他玻璃制品可能在 400°C 時熔解)。

5. 熱膨脹系數小，約為 5.5×10^{-7} 度 $^{-1}$ (其他玻璃制品達到 150×10^{-7} 度 $^{-1}$)。

6. 弱鹼和無鹼的玻璃纖維的強度，比鹼性玻璃纖維的強度要大得多。如直徑為 5 微米的鹼性玻璃纖維，其抗拉強度約為 200 公斤/毫米 2 ，而直徑為 3.45 微米的弱鹼玻璃纖維，其抗拉強度為 380 公斤/毫米 2 。

7. 吸水性小。

在其他工程方面所用玻璃纖維制品有兩種：一種是含有鹼性金屬氧化物如 NaO 、 K_2O 的，這種玻璃制品的介質常數、介質損失角正切值、在高溫下的電導都很大；此外，在直流電壓作用下，有鹼玻璃制品會發生電解。另一種是含有大量的重金屬的氧化物如 PbO 、 BaO 的玻璃制品，它的介

质损失和电阻系数在高温下都较大，故不适用于电工制品。

与植物性纖維比較起来，电工用无碱玻璃纖維虽也有它的缺点，如断裂时的伸长率较低，柔软性稍差，且抗磨性较低，但它仍然是耐温达 130°C 、 155°C 、 180°C 以上各级电机、电器和导线、配电装置中所不可缺少的絕緣材料。

2-1 玻璃布 玻璃网布 玻璃紗布 玻璃带

1. 玻璃布

玻璃布是制造玻璃云母制品、玻璃漆布及玻璃胶木板的基本材料。在这几方面用的玻璃布(綢)的厚度，一般为 $0.025 \sim 0.1$ 毫米。

使用玻璃布作为电机槽的絕緣时，是用两层 0.25 毫米的青壳紙和两层 0.12 毫米的玻璃布。

为了提高玻璃漆布的机械强度，最近国外还制成了斜紋(与对角綫成 45° 或 $20 \sim 22^{\circ}$ 角)玻璃布。

电工用玻璃布的規格和主要性能如下：

1. 組成成份为无碱的(鋁硼硅酸盐)玻璃纖維。
2. 标准厚度为 0.06 、 0.08 、 0.11 毫米。
3. 每平方米的重量： 0.06 毫米厚的为 68 克， 0.11 毫米厚的为 105 克。

4. 25×100 毫米的玻璃布带試样，其抗拉强度为：經向不低于 $19 \sim 22$ 公斤，緯向不低于 $14 \sim 23$ 公斤。

5. 潤滑剂含量不大于 2.5% 。

6. 碱性氧化物含量不大于 2% 。

注：苏联制厚度为 $0.06 \sim 0.11$ 毫米的玻璃布，其技术条件的編号为 TV 1115-51 ，厚度为 0.04 毫米的玻璃布，其技术条件的編号为 BTV MII 215-53 。

2. 玻璃网布

层压板所用玻璃网布(苏联产品型号为CCT9-6, CCT9-9, 其技术条件编号为 BTY 1329-56) 的规格和主要性能指标见表2-1。

表 2-1

规格和性能	型 号	
	CCT9-6	CCT9-9
1. 标准厚度(毫米)	0.22	0.25
2. 密度:		
经线/毫米	10	10
纬线/毫米	9	9
3. 每平方米重量(克)	230	240
4. 抗拉强度(公斤):		
经向	130	135
纬向	123	120
5. 润滑剂, 不大于(%)	2.5	2.5

注: 1. 型号中的“6”——指由6微米直径的纤维所组成, “9”——指由9微米直径的纤维所组成。

2. 这种玻璃网布系减纱的扭合网状布, 每1米扭合数为 150 ± 15 。

3. 玻璃纱布

云母带专用玻璃纱布的规格和主要性能如下:

1. 组成的纤维必须是铝硼硅酸盐的, 其化学成份中的碱性氧化物含量不得超过2%。

2. 组成形式应符合表2-2的规定。

表 2-2

型 号	寬 度 (毫米)	厚 度 (毫米)	1 米的綫数		25×100 毫米的 試样的抗拉强度 (公斤)		潤滑剂含量 不大于(%)
			經 方	緯 方	經 方	緯 方	
CCB-25	70±2	0.25 ±0.003	36±3	15±1	10	3	2.5
	80±2						
	90±2						
CCB-40	70±2	0.04 ±0.05	20±1	10±1	14	5	2.5
	80±2						
	90±2						
CCB-60	80±2	0.06 ±0.05	20±1	10±1	19	8	2.5
	80±2						
	90±2						

注：苏联这种产品的技术条件编号为 BTY №1521-57，验收方法的编号为 ГОСТ 6943-54。

4. 玻 璃 带

在电机和电器的各部件中，以前用棉布带的地方，都可使用相应厚度和宽度的玻璃带。用玻璃带来代替棉布带或石棉带，不但能提高产品的耐热性和耐潮性，而且能显著减小絕緣厚度。由表 2-3 所列的数据，就可看出玻璃带和其他絕

表 2-3

規 格 和 性 能	玻璃带	棉布带	石棉带
1. 厚度(毫米)	0.12	0.20	0.4
2. 寬度(毫米)	25	25	25
3. 1 米长的玻璃带的重量(克)	3.49	2.3	8.5
4. 吸水量(%)	11.8	85	75
5. 煅燒时的重量損失(%)	0.64	—	30~32
6. 抗拉强度，在正常状态下(公斤/毫米 ²)	19.8	3.6	0.96
7. 抗拉强度，在250°C 的溫度下加热 24 小时后(公斤/毫米 ²)	10.2	0	0.5
8. 絕緣强度(千伏/毫米)	4.0	5.0	2.2