

高等学校教学用书

电工手册

第二分册

苏联 A. T. 戈洛万等著

电力工业出版社

高等学校教学用书

电 工 手 册

第二分册

苏联 A. T. 戈洛万 П. Г. 格魯京斯基 Г. H. 彼特罗夫 著
A. M. 費多謝也夫 M. Г. 契里金

張 蓋 楚譯

湯肇善 周孔章 林文錚 徐紹綱 朱百里校訂

苏联高等教育部審定作为动力和电工院系的教学参考書

电 力 工 業 出 版 社

內 容 提 要

电工手册 包括常用电工设备的理論、計算、电路和構造等方面的資料。

本分册只叙述电工材料、絕緣子和电机。

电工手册是高等学校中电力和电机等專業的大学生作計算作業和課程設計时所必不可少的参考書，同时也是电業工程技術人員工作中必备的資料。

А. Т. ГОЛОВАН П. Г. ГРУДИНСКИЙ Г. Н. ПЕТРОВ
А. М. ФЕДОСЕЕВ М. Г. ЧИЛИКИН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

电 工 手 册 第二分册

根据苏联國立动力出版社1952年莫斯科版翻譯

張 益 楚譯

湯肇晉 周孔章 林文鏞 徐紹綱 朱百里校訂

399D143

電力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082号

北京市印刷一厂印刷 新华书店發行

787 × 1092 $\frac{1}{2}$ 开本 • 11 $\frac{1}{2}$ 印張 • 249 千字 • 定价(第9类)1.40元

1956年12月北京第1版

1956年12月北京第1次印刷(0001—16,400册)

目 錄

第二篇 电工材料及設備

第 六 章	电工絕緣材料	195
第 七 章	絕緣物的組成及絕緣子	222
第 八 章	導体材料	230
第 九 章	磁性材料	238
第 十 章	裸導線、母線、電纜及配線用導線	246
第十一章	線卷用導線	285
第十二章	電纜金具及架空線路的金具	291
第十三章	电气測量仪表	300
第十四章	电机的一般問題	320
第十五章	变压器	325
第十六章	感应电机	339
第十七章	同期电机	359
第十八章	直流电机	387
第十九章	特种电机	397

第二篇 电工材料及設備

第六章 电工絕緣材料

內 容

- | | |
|----------------|--------------------|
| 6-1. 电介質。術語及符号 | 6-9. 浸漬物及充填物 |
| 6-2. 电工絕緣油 | 6-10. 未經浸漬的纖維材料 |
| 6-3. 樹脂 | 6-11. 漆布(塗漆布)及皮膜材料 |
| 6-4. 瀝青及地瀝青 | 6-12. 云母及以云母制成的材料 |
| 6-5. 塑料及橡膠 | 6-13. 石棉及以石棉制成的材料 |
| 6-6. 疊層塑料 | 6-14. 陶瓷材料 |
| 6-7. 清漆及珐瑯 | 6-15. 礦物介質 |
| 6-8. 蠟狀介質 | 参考文献 |

6-1. 电介質。術語及符号 (根据 $\frac{\text{ГОСТ}}{\text{БКС}} 7771$)

量 的 名 称	符 号
1. 介質的电容系数 (介質的介电常数)	ϵ
2. 电矩 (偶極子的电矩)	M
3. 分子的恒定电矩	μ
4. 分子的極化度	α
5. 分子的極化强度	P
6. 电介質單位体積的电矩 (电介質的極化强度)	I
7. 極化系数	χ
8. 直流时电介質的电導	G_{-}, g_{-}
9. 直流时电介質的体積电導	G_{v-}, g_{v-}
10. 直流时介电体的表面电導	G_{s-}, g_{s-}
11. 直流时电介質的体積电導系数	γ_{v-}
12. 直流时电介質的表面电導系数	γ_{s-}
附註: 相应的有效电導 (交流时) 用同样符号表示, 但無橫線, 例如, $G, g,$ $G_v, g_v, G_s, g_s, \gamma_v, \gamma_s$	
13. 直流时电介質的电阻	R_{-}, r_{-}
14. 直流时的体積电阻	R_{v-}, r_{v-}
15. 直流时的表面电阻	R_{s-}, r_{s-}
16. 直流时的体積电阻系数	ρ_{v-}

量的名称	符 号
17. 直流时的表面电阻系数	ρ_{S-}
附註：相应的有效电阻（交流时）用同样符号表示，但無橫線，例如： $R, r, R_v, r_v, R_S, r_S, \rho_v, \rho_S$ 。符号 $G-, g-, G_v-, g_v-, G_S-, g_S-, R-, r-, R_v-, r_v-, R_S-, r_S-, \rho_v-, \rho_S-$ 之所以有橫線，系避免直流时的电阻与相应的有效电阻相混	
18. 介質損耗	P
19. 介質損耗角	δ
20. 介質損耗系数	$\eta = \epsilon \tan \delta$
21. 單位介質損耗（交流时的單位体積有效电導）	γ_v, p
22. 击穿电压	U_d
23. 击穿电場强度（產生击穿現象的均匀电場强度）	E_d
24. 平均击穿电場强度（击穿电压与电介質層厚度之比）	E_r

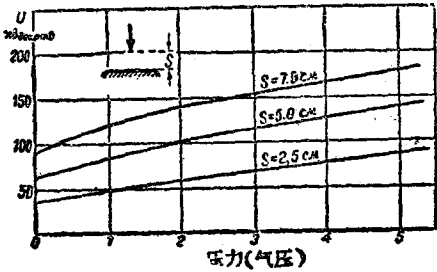


圖 6-1 变压器油的击穿电压与压力的关系曲线
(尖端-平面型电极)

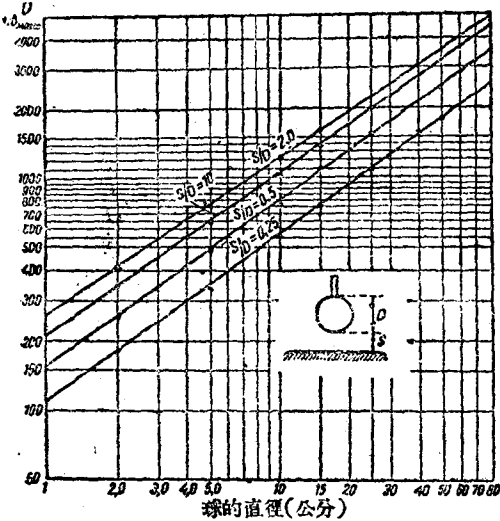


圖 6-2 变压器油的脈冲击穿电压与球体直径及电极間的距离的关系曲线。波 1.5/40 (-), 溫度 15—20 °C

6-2. 电工絕緣油

絕緣油可分为礦物油（变压器油、电容器油及電纜油）、K. A. 安德里阿諾夫教授在 1936 年所配制的合成油（苏伏油及苏伏多油）以及植物油等三种。在植物油中可以单独应用者为蓖麻子油，而其余的則作为制造絕緣漆的原料。

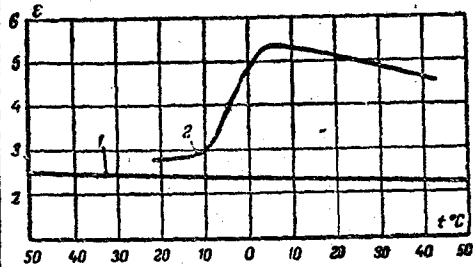


圖 6-3 礦物变压器油及苏伏油的介質电容系数与溫度的关系曲线

6-3. 樹 脂

高分子量或高聚合的介質系由特別多的分子所組成。

大多数固体状态的高分子量介質

表 6-1

絕緣油的物理特性及电气特性

特 性	变 压 器 油		电 容 器 油	电 纜 油		非磁性的合成液体		蔥 蒺 子 油
	根据 IOCT 982-43 的要求	根据莫斯科变压器工厂、全苏电机研究院、莫洛托夫动力学院及其他机构的数据		重 油	用於充油电 纜 者	苏 伏 油	苏 伏 多 油	
20°C时的密度, 公斤/立方公寸	—	0.84~0.92	0.88~0.89	不超过 0.9	0.896	1.5~1.55	1.51~1.53	0.947~0.968
色 度	—	草黄色	—	—	—	無顏色	無顏色	—
30°C时的粘度, cm^2	不超过 37.3	36~37	—	—	不超过 5	200**	3.0~4.0***	—
30°C时的粘度, cm^2	不超过 5	—	不超过 5.6	—	—	—	—	—
50°C时的粘度, cm^2	不超过 9.6	8~9	—	3.6~3.7	1.8	9***	—	—
50°C时的粘度, cm^2	不超过 1.8	1.6~1.8	—	—	—	—	—	—
能溶解於水中的酸鹼含量	—	—	無	—	—	—	—	—
能溶解於水中的酸鹼含量	—	—	—	—	—	—	—	—
凝結溫度, °C	同上	—	—	—	—	—	—	—
凝結溫度, °C	不超过—45	—	不超过—45	—	—	+5	—25~-30	-15
凝結溫度, °C	不超过—35	—	—	—	—	—	—	—
蒸汽的閃燃溫度, °C (根据馬丁斯—盤斯基)	不低于 135	135~142	不低于 135	不超过 252	140	—	—	不低于 260
热容量系数, 卡/克·°C	—	0.40~0.48	—	—	—	0.25	0.38	—
膨胀系数, 1/°C	—	0.00063~0.00070	—	—	—	—	0.05	—
20°C时的导热率, 瓦/公分·°C	—	0.0015~0.00164	—	—	—	—	—	—
90°C时的导热率	—	0.00209~0.00210	—	—	—	—	—	—
20°C时的 ρ_v , 欧姆×公分	—	4.10 ¹⁴ ~5.10 ¹⁵	不低于 5.10 ¹⁴	—	—	8.10 ¹² ~5.10 ¹⁴	10 ¹² ~10 ¹⁴	10 ¹² ~10 ¹⁵
90°C时的 ρ_v , 欧姆×公分	—	2.10 ¹² ~1.10 ¹⁴	—	—	—	2.10 ¹¹ ~8.10 ¹²	—	不小于 4·10 ⁹
20°C时的 ϵ	—	2.2~2.5	不低于 2.1	—	—	5.1	4.5~4.8	4.0~4.2
90°C时的 ϵ	—	2.0~2.1	—	—	—	4.4	3.8~4.0	—
50°C时的 ϵ	—	0.0005~0.0009	不低于 0.0005	—	—	0.0008~0.002	0.001~0.002	—
50°C时的 ϵ	—	0.0005~0.0008	—	—	—	0.008~0.05	0.01~0.05	—
50°C时的 ϵ	—	—	—	—	—	—	—	—
50°C时的 E_d , 千伏 (有效值)/公厘	—	16~20	不低于 20	—	—	14~22	20~25	15~18
90°C时的 E_d , 千伏 (有效值)/公厘	—	18~22	—	—	—	18~24	24~26	—
应用范围	变压器开关、套管	740	紙电容器	紙絕緣电纜	700~800	紙电容器	变压器	电容器
1 噸的价格, 盧布	—	—	800~980	1410	—	10 000~12 000	12 000~13 000	8847

** 40°C 时的百分泊 (сантиметрах, 粘度單位)。

*** 90°C 时的百分泊。

**** 20°C 时的百分泊。

① cm^2 —сантиметров—为动态粘度單位。

② °C—恩格勒粘度 (градус энгера) 为条件粘度單位。

* 100°C 时。

天然树脂的主要特性

表 6-2

树脂名称	密度 公斤/立方公分	软化温度 °C	导热率 瓦/公分·°C	在何种溶剂中溶解	ρ ₀ , 欧姆×公分		20°C时的 ε	20°C时的 tg δ		20°C时的 E ₀ , 千伏 (有效值)/ 公厘	应用范围	1 公斤 的价格 盧布
					20°C	90°C		50 赫芝	50 赫芝			
虫 胶	1.00~1.03	80~90 (根据克 勒米尔-沙 尔諾夫)	20·10 ⁻⁴	乙醇或其他醇类	10 ¹⁴ ~10 ¹⁶	10 ¹¹ ~10 ¹²	2.8~3.5	0.06~0.08	14~28	膠結漆的成分 (整流 子用云母板的云母 膠黏剂)	25	
古 瑟 脂	1.03~1.09	75~170	18·10 ⁻⁴	醇、醚、酮	10 ¹⁵ ~10 ¹⁶	10 ¹³ ~10 ¹⁴	2.8~3.0	0.001~0.0005	20~35	作为被复漆的成分	20~40	
琥 珀	1.05~1.09	110~200	21·10 ⁻⁴	在任何一种溶剂中实 际上均不溶解。溶 化的琥珀可以溶解 (汽油、松节油)	10 ¹⁸ ~10 ²⁰	10 ¹⁶ ~10 ¹⁸	2.8	0.0008~0.001	—	作为电工测量仪表 (电度表)用的絕緣 子及其他絕緣物	5	
松 香	1.07~1.09	50~85 (根据克 勒米尔-沙 尔諾夫)	—	乙醇、松节油、丙酮、 液体炭氢化合物、 碳油及植物油	10 ¹⁵ ~10 ¹⁷	10 ⁹ ~10 ¹⁰	3.5	—	10~15	作为油性松香浸渍物 的硬化剂; 油性漆 的干燥剂的成分, 焊接时的焊料	5	

附註:

1. 虫膠为舶來樹脂。目前应用范围有限, 而以多元醇树脂 (полиэфирная смола) 代替。
2. 古瑟脂在不久以前尚为舶來品。1937—1938 年在苏联的阿尔明尼亚和远东发现。古瑟脂为难溶的树脂, 在溶解前預先將其熔化, 然后將其放在混合溶剂中溶解。用古瑟脂能制成堅固光澤的被复漆片, 此种漆片具有良好的耐湿性和高度的介电性能。

人造樹脂 (合成樹脂) 的主要特性

表 6-3

樹脂名稱	樹型	密度 公厘/立方 公分	導熱率 瓦/公分	24 小時 內的吸水 率, %	在何種溶劑中溶解 ^③	20°C 時的 吸濕 $\times$ 公分 ²	50 赫芝 時的 ϵ	50 赫芝時的 tg δ	20°C 時的 E _d 千伏/公 厘	在電工絕緣方 面的應用範圍	1 公斤 的價格 盧布
酚醛樹脂 (膠木)	熱固式 ^①	1.25~1.30	13~16·10 ⁻⁴	0.1~0.2	乙醚、丙酮、醚	10 ¹⁰ ~10 ¹²	4.5~5.5	0.008~0.01	15~20	塑料及清漆	—
酚醛樹脂 (4A)	熱固式 ^①	1.22~1.25	9.6·10 ⁻⁴	0.01~0.08	乙醚	10 ¹⁵ ~10 ¹³	3.7~3.8	0.002~0.003	20~26	作為高頻率塑料	—
聚甲醴樹脂	熱固式 ^①	1.40~1.50	3.1·10 ⁻⁴	0.5~0.7	能溶於水	10 ¹⁵ ~10 ¹³	7.0~8.5	0.03~0.04	14~20	耐火花的塑料	—
白堊甲醴樹脂 (甘	熱固式 ^①	1.40~1.56	15.2·10 ⁻⁴	0.3~0.6	同上	10 ¹¹ ~10 ¹²	8.0~8.5	0.045	12~16	同上	—
多元醇樹脂 (油	熱固式 ^①	1.07~1.1	1.5·10 ⁻⁴	0.5~0.9	與及苯化合物、丙酮、二甲苯、甲苯及羥後兩	10 ¹³ ~10 ¹⁴	8.0~9.0	0.007~0.03	16~20	耐熱及耐油清漆	—
油與降苯二甲酸	熱固式 ^①				種苯的混合物						
硅素有機樹脂 ^④	熱固式 ^①	1.27	—	0.05~0.2	苯、甲苯、二甲苯及混合	10 ¹⁵ ~10 ¹⁸	2.9~3.2	0.002~0.006	18~20	耐熱塑料及清漆	—
聚苯乙醴樹脂 (聚	熱固式 ^①	1.0~1.07	8.0·10 ⁻⁴	0.02~0.03	物。清漆汽油	10 ¹⁶ ~10 ¹⁸	2.3~2.6	0.0002~0.0004	20~30	高頻塑料及電工儀	22~23
苯乙醴)	熱固式 ^①				苯、甲苯、二甲苯、三氯						
聚氯化乙醴樹脂	熱固式 ^①	1.6~1.75	9.2·10 ⁻⁴	0.03~0.08	甲烷及四氯化炭	10 ¹⁴ ~10 ¹⁶	3.0~5.0	0.03~0.08	14~18	導線的絕緣物; 高度耐水及耐化學作用的清漆和塑料	8~10
(聚氯化乙醴)	熱固式 ^①				二甲苯、二氯乙醴及部分丙酮						
聚磷酸乙醴樹脂	熱固式 ^①	1.26	—	—	混合物 ^⑤ : 醋酸乙醇脂	10 ¹³ ~10 ¹⁴	—	0.005~0.008	40~50	線卷用導線的絕緣物 (威尼弗勒克、司、Винифлек)	40
(聚磷酸乙醴)	熱固式 ^①				1 份、異戊醇 1 份、氯苯 0.5 份、三氯苯 0.5 份						
甲基丙醴樹脂	熱固式 ^①	1.2~1.3	13.5·10 ⁻⁴	0.1~0.6	芳香炭氫化合物、醚及	10 ¹³ ~10 ¹⁵	5.5~6.5	0.08	15~20	塑料	30
聚甲丙醴樹脂	熱固式 ^①	1.19~1.2	17.6·10 ⁻⁴	0.2~0.4	芳香炭氫化合物、加氫	10 ¹² ~10 ¹⁴	—	—	—	絕緣塑料及結構塑料、消弧材料	30
樹脂 (聚甲丙醴) 有	熱固式 ^①				炭氫化合物、二氯化	10 ¹² ~10 ¹⁵	3.5~3.7	0.08~0.07	25~40	—	
機玻璃)	熱固式 ^①				乙醴及醚						
聚乙醴	熱固式 ^①	0.92~0.95	29·10 ⁻⁴	0.01	在室溫時不溶解。60°C 以上時在苯、二甲苯、四氯化炭及三氯化乙	10 ¹⁵ ~10 ¹⁷	2.3~2.4	0.0002~0.0005	34~40	高頻電線的彈性絕緣物	—

① 熱固式樹脂在最後的 C 階段，隨著溫度而變為不溶化的及不溶解的狀態，例如酚醛樹脂 (膠木)、多元醇樹脂及其他樹脂。
 ② 熱固式樹脂不能變為不溶化的及不溶解的狀態。它們在加熱時完成凝結和聚合的化學變化後即軟化 (聚苯乙醴、聚氯乙醴及其他樹脂)。
 ③ 對於熱固式樹脂的可溶性來指 A 階段而言，在這一階段中這些樹脂溶化並溶解。
 ④ 硅素有機樹脂材料 (樹脂、油及其他絕緣材料) 為 E. A. 安德烈耶夫及 O. M. 埃里巴諾維奇先配製而成。
 ⑤ 為了獲得塑料，我們將聚甲醴樹脂和聚甲醴樹脂在 A 階段溶解於水中。
 ⑥ 為了獲得清漆，這些樹脂可以按溶於有機溶劑中的方法來製造。

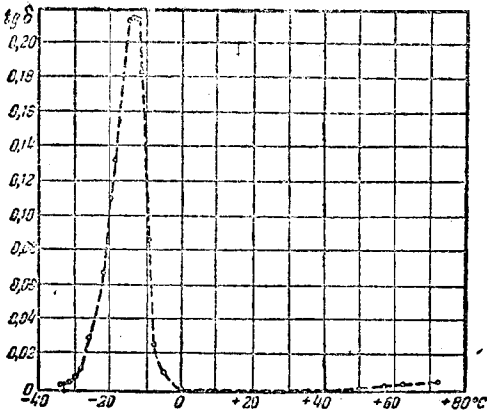


圖 6-4 蘇伏油的 $\text{tg } \delta$ 與溫度的關係曲線

都是非結晶體的物質，此種物質屬於樹脂族。

6-4. 瀝青及地瀝青

瀝青及地瀝青為近似樹脂的物質，由固體混合物及少量液體炭氫化合物所組成。瀝青可分為人造瀝青（石油瀝青，為蒸餾石油的副產物）及天然瀝青〔礦物瀝青，為普通地瀝青及優質地瀝青（最純的瀝青）〕。瀝青

的特點為：黑色、具有熱塑性、高度耐濕及化學惰性。

瀝青用以制成電機、器械及電纜浸漬用的清漆和化合漆。

瀝青的主要特性

表 6-4

瀝 青	軟 化 溫度① °C	閃燃溫 度不低 於 °C	溶 劑	50 赫芝 及 20°C 時的 ϵ	20°C 時 的 ρ_v , 歐 姆×公分	50 赫芝 20°C 時 的 $\text{tg } \delta$	20°C 時 的 E_d 千伏(有 效值)/公 厘	應 用 范 圍
石油瀝青:								
1 号	不低於30	200	芳香炭氫化合 物(苯、甲 苯和二甲苯 等)	從 2 至 4 之間	從 10^{14} 至 10^{16} 之 間	從 0.004 至 0.015 之間	從 10 至 30 之間	浸漬絕緣漆、浸漬 灌注物。以瀝青 為主要成分，清 漆不具有耐苯的 性能，因此不能 用於充油電機 (變壓器等)
2 号	不低於40	200						
3 号	不低於50	200						
4 号	不低於70	230						
5 号	90—110	230						
蘇古洛夫斯 基瀝青	18—60	—	溶劑輕汽油、 松節油及三 氯甲烷					1 公斤的價格從 25 至 35 盧布
彼爾斯基地 瀝青	120—160	—						

6-5. 塑料及橡膠

電氣絕緣塑料為压制混合物，此種混合物由樹脂（合成樹脂）、有機的（木粉、棉纖維、紙等）或無機的（石棉、雲母）填料和染料所組成。用塑料制成的各種電工絕緣制品系將塑料粉末置於鋼壓模內熱壓（大部分）或冷壓而成。

電工絕緣橡膠及硬橡膠 電工絕緣橡膠用作低壓導線及電纜的柔軟而富有彈

① 軟化溫度根據“環及球”(кольца и шара)法確定。

性的絕緣物。用橡膠亦可制成半硬的橡膠絕緣管，此即大家所熟習的“硬橡膠”管。硬橡膠本身為無彈性的硬質電工絕緣材料。

制造柔軟、半硬及硬質（硬橡膠）橡膠的原始材料為天然橡膠及合成橡膠。天然橡膠及合成橡膠為高分子量的介質，此種介質具有極大的延伸性及彈性，因此它們屬於具有高度彈性的彈性材料。

純橡膠在電機工程中極少採用，因為它們的耐熱性及耐凍性均極低。要制造電工絕緣橡膠，必須在純橡膠中加硫化料〔硫、替烏拉母（таурам）、硒等〕、填料（白堊、滑石等）和機械性能加強劑（氧化鋅、瓷土、氧化鎂等）。此外，在橡膠混合物中尚加入使橡膠老化過程變慢的物質及使橡膠硫化過程加快的物質。

橡膠可以分為下述各級：

- I. 標準絕緣橡膠（РП-1；РП-2；РП-3 型）；
- II. 耐熱絕緣橡膠（РТП-1；РТП-2；РТП-3 型）；
- III. 耐油及耐汽油的絕緣橡膠（РСИ-1 型）；
- IV. 標準管狀橡膠（РПШ-1 及 РПШ-2 型）；
- V. 耐油及耐汽油的管狀橡膠（РСШ-1 及 РСШ-2 型）。

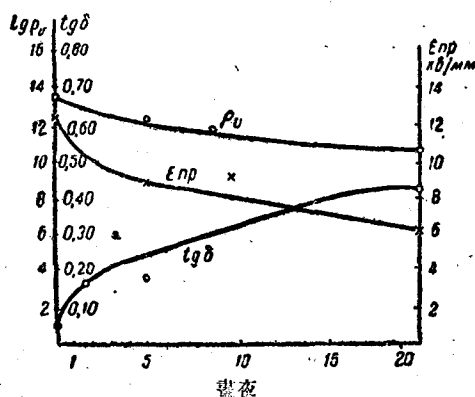


圖 6-5 K211-2 號塑料的介電特性與浸入水中時間的關係曲線

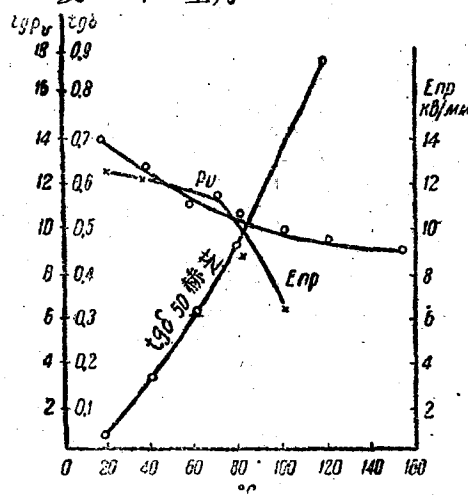


圖 6-6 K211-2 號塑料的介電特性與溫度的關係曲線

6-6. 疊層塑料

膠紙板及膠布板為絕緣塑料，系由預先浸過酚醛樹脂或其他樹脂的压制紙層（膠紙板）或棉織物（膠布板）所組成。紙或棉織物的各層及其纖維用上述樹脂膠合起來，而樹脂在疊層材料的热压过程中轉变为 C 階段的物質（不熔及不溶解狀態）。

絕緣塑料	所採用的樹 脂及填料	性					
		密 度 公斤/立方 公分	單位衝 击韌度 公斤 公 分/平方 公分	強 度 極 限			馬丁斯 耐熱度 °C
				壓 力 公斤/平方 公分	拉 力 公斤/平 方公分	彎 曲 力 公斤/平方 公分	
K-15-2	具有有机填料及礦 物填料的酚醛樹 脂	不大於 1.4	4.0~8.5	1 400~2 450	300~800	500~750	不小於 110
K-17-2							
K-18-2							
K-18-13							
K-20-2	具有有机填料及礦 物填料的酚醛甲 醇樹脂	不大於 1.4	4.0~4.5	1 400~1 500	500~550	500~550	110~125
K-21-22	酚醛樹脂及甲酚無 水樹脂混合物; 具有下述填料: 有机及無机填料	不大於 1.4	4.2~5.5	不小於 1400	520~560	500~700	100~135
纖 維	具有有机纖維填料的 酚醛樹脂	1.35~1.45	6.5~9.0	1 200~1 300	300~400	700~800	110~130
石棉酚醛 K-6	具有重晶石填料的 酚醛無水樹脂	不大於 1.84	18~20	800~1 000	300~400	600~700	200~240
重 晶 石	具有重晶石填料的 酚醛樹脂	2.25~2.60	3.5~4.0	—	—	—	—
K-211-2	具有礦物填料 (云 母+石英粉) 的 酚苯胺醛樹脂	不大於 1.9	4~5	2 000	—	600	110~135
K-211-3			2~4	500~600	238~314	不小於 400	110~160
K-211-4			3~5	—	—	400~700	150~180
蘇維尼特 (Совенит)	苯氯甲醯樹脂	1.2~1.25	10~20	—	600~700	800~960	100~130
胺 塑 料	具有有机填料的脲 甲醯樹脂	1.5	6~8	1 500~2 000	350~500	600~900	90~120
K-72-2	具有礦物填料及有 机填料的白堊甲 醯樹脂	1.8	3~6	—	—	500~700	110~140
聚苯乙烯	聚苯乙烯	1.05~1.07	4~10	400~600	300~400	600~1 350	75~90
聚甲基丙烯酸 甲酯 (有机 玻璃)	甲基丙烯酸樹脂	1.18~1.20	25~35	900~1 000	500~650	800~1 100	50~70
聚氯化乙烯	聚氯化乙烯樹脂	1.4~1.7	20~25	700~800	600~650	1 000~1 200	60~70
硝化纖維	{ 以纖維素醚為主 要成份的塑料	1.4~2.0	3~7	500~1 200	300~800	300~700	35~50
乙基纖維		1.1~1.18	4~10	1 500~2 000	350~650	300~800	46~60
苯甲基纖維		1.4~1.8	3~6	550~1 400	400~500	300~400	35~50
醯酸纖維		1.3~2.0	8~15	500~1 600	250~750	300~800	40~80
橡 膠		1.2~2.0	—	—	15~60	—	—
硬 橡 膠		1.25~1.35	1.5~5	—	350~700	—	52~75

① 当頻率為 10⁶ 赫芝時。

② 頻率的範圍極廣，從 50 赫芝至 10⁶ 赫芝。

橡膠的主要特性

表 6-5

能					在 电 工 絕 緣 方 面 的 应 用 范 围	1 公 斤 的 价 格 盧 布
24小时内的 吸水率 %	20°C 时的 ρ_0 欧姆×公分	20°C 及 50 赫芝时的 ϵ	20°C 及 50 赫 芝时的 $\text{tg } \delta$	20°C 时的 E_d 千伏(有 数值)/公 厘		
0.2~0.5	$10^{10} \sim 10^{12}$	5~12	0.05~0.38	10~16	低频率的零件	从56至72
不大於 0.3	$10^{10} \sim 10^{12}$	8~10	0.20~0.52	不小於10		—
0.20~0.25	$10^{12} \sim 10^{13}$	6~8	0.03~0.12	12~13	重要零件, 其中包括高频 装置	—
0.3~0.5	$10^9 \sim 10^{10}$	8~10	—	2~4	高度强度的零件	—
0.6~0.8	$10^9 \sim 10^{10}$	10~11	—	1.2	具有高度耐热性及机械强 度的材料。用於整流子	—
0.15~0.30	$10^9 \sim 10^{10}$	7~8	—	8~10	X射线机的零件	—
0.15~0.25	10^{13}	5~6①	0.008~0.020①	12~17	重要的电工絕緣零件	从76到95
0.05~0.25	$10^{12} \sim 10^{13}$	5~7①	0.012~0.015①	10~17		
0.01~0.05	$10^{12} \sim 10^{15}$	5~6①	0.008~0.015①	14~18		
0.04~0.06	$10^{13} \sim 10^{14}$	3.5~4.8	0.005~0.03	10~16	高度耐热及耐湿材料	
0.5~1.2	$10^{12} \sim 10^{13}$	7~9	0.02~0.03③	10~15	作为低压开关设备的基座	
0.05~0.15	$10^{12} \sim 10^{14}$	6.5~7.5	0.06~0.08	15~18	高度耐火花的樹脂	
0.0~0.05	$10^{15} \sim 10^{17}$	2.2~2.6②	0.0002~0.0004②	20~50	高频率装置的零件及絕緣 物	
0.08~0.1	$10^{12} \sim 10^{14}$	2.7~3.2	0.02~0.06	20~30	低频率零件。消弧材料及 結構材料。	
0.03~0.09	$10^{14} \sim 10^{16}$	3~5	0.02~0.05	40~55	同 上	
0.3~0.7	$10^{12} \sim 10^{13}$	6~7	0.05~0.07	7~16	低频率装置件的电工絕 緣零件和結構零件	
0.5~0.9	$10^{11} \sim 10^{12}$	3~3.5	0.003~0.008	16~25		
0.1~0.2	$10^{12} \sim 10^{13}$	7~9	0.06~0.1	12~17		
0.7~1.0	$10^{13} \sim 10^{13}$	4~4.5	0.02~0.06	10~12		
—	$10^{13} \sim 10^{15}$	3~6	0.008~0.2	15~25		
—	$10^{15} \sim 10^{16}$	3~3.5	0.005~0.01	60~80		

木塑料 (дельта 板或浸制木板) 为薄木板 (1—2 公厘) 的組合体, 这种薄木板要先浸以合成樹脂, 然后在热压板下將其压成片形材料 (薄板)。дельта 板与膠紙板 (Б 号) 相比, 具有較大的机械强度, 价格較低, 而其电气性能相同。

膠合板与 дельта 板不同之点在于前者是用未浸过樹脂的薄木板制成的。

在压制以前, 薄板的各層須鍍以塗有电木漆的紙。膠合板与膠紙板相比, 具有較大的机械强度, 但其电气性能低於膠紙板。膠合板的耐火程度亦低於膠紙板。

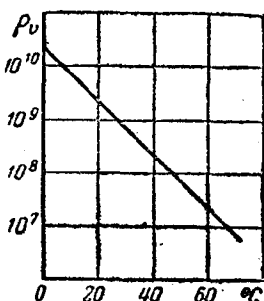


圖 6-7 膠紙板的体積电阻系数与温度的关系曲線

当在油中工作时, 能很好地保存电气絕緣性能。

石棉膠布板系用石棉布片制成的疊層絕緣材料, 这种石棉布預先浸以合成樹脂 (例如, 酚醛樹脂), 然后將其压成多層的片狀材料。石棉膠布板与有机纖維制成的片狀材料 (疊層絕緣物及膠布板) 相比, 具有較大的耐热性。

玻璃膠布板与普通膠布板不同之点在于前者採用玻璃纖維的無机成分和高度耐热的膠粘剂 (樹脂)。

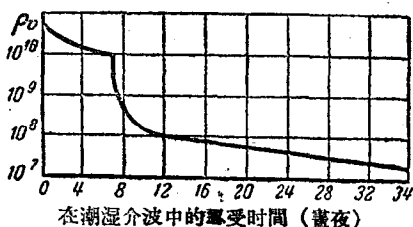


圖 6-8 膠紙板的体積电阻系数与其在潮湿空气中忍受时间的关系曲線

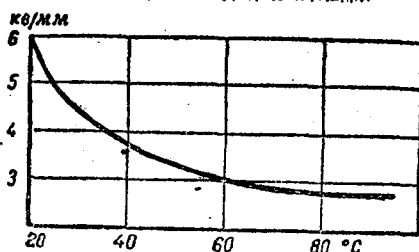


圖 6-9 沿膠紙板各層的抗电强度与温度的关系曲線

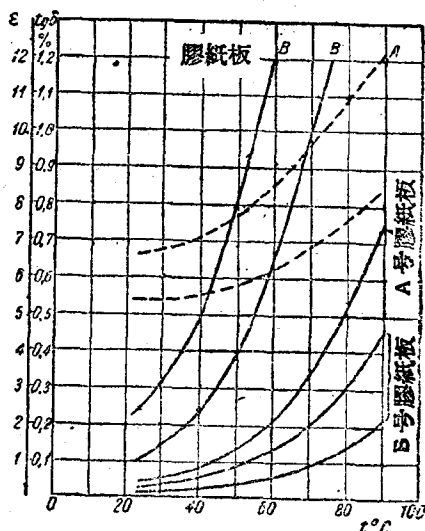


圖 6-10 A、B 及 B 号膠紙板的 ϵ 及 $\text{tg } \delta$ 与温度的关系曲線

6-7. 清漆及珞瑯

电工絕緣清漆为下述成分的溶液: 樹脂、瀝青、干性油 (亞麻油、桐油等)、纖維酸脂或其混合物, 並浸在揮發性的溶剂混合物中。在清漆干燥过程中, 溶剂自其中揮發, 而在清漆的成分中產生引起其硬化的物理-化学过程。

表 6-6

疊層塑料的物理機械性能

疊層絕緣材料	密度 公斤/立方 公分	衝击弯曲强度 公斤/公分 ² (單位 衝击度)	抗裂强度 公斤	拉力强度 公斤/平方 公分	弯曲强度 公斤/平方 公分	馬丁斯 耐熱度 °C	24 小时的 吸水率① %	應用範圍	1 公斤的 價格 盧布
膠紙板: (A) A 号	1.3~1.4	13~15	200~250	800~1 000	1 000~1 300	150~170	1~2	高压充油器械 B 号具有高度电气性能	9.5
(A') B 号	1.3~1.4	13~15	200~250	800~1 000	1 000~1 300	150~170	1~2	干燥房内的低压器滅 B (B) 号具有高度机械强度	11.5
(B) B 号	1.3~1.4	20~25	150~200	1 000~1 200	1 300~1 600	150~180	6~8		8.5~10
(B) Ab 号	1.3~1.4	—	—	800~1 000	1 000~1 500	150	4~6	低压裝置及高频裝置 (無線电線 線裝置) 在高度潮濕的条件下	14.5
(TJBV-1) Bb 号	1.25	—	—	800~900	1 000~1 500	—	—		14.5
(TJBV-2) Ib 号	1.25	—	—	800~900	1 000~1 500	—	—		14.5
(T) Γ	1.3~1.4	15~20	200~250	900~1 100	1 300~1 600	150~170	0.6~1.0	高度潮濕条件下的低压裝置 Ba (T) 号用於高频率裝置	9.5
(T) Bb	1.3~1.4	—	—	800~1 000	—	—	1.0		16
膠布板: A 号	1.3~1.4	20~25	300~400	600~850②	800~1 000	130~140	3~4	有震動及机械荷重的电机及器 械。A 号具有極高的电气特 性。B 号對於在 60° 至 70° 空 气中工作的电机及器械來說， 具有優良的机械特性。Bq 号 膠布裝置用於高频率 裝置中承受很大机械荷重的 零件。在油中工作	52~54.5
B 号	1.3~1.4	25~30	300~400	650~750	1 200~1 400	120~130	3~4		127
用軟鋼的 Bq 号	1.3~1.4	25~30	300~450	500~650	800~1 000	130~140	2~3		—
木電料: (Делта 板, 浸制木板)	1.3~1.4	沒有規定	沒有規定	500~550	沒有規定	120~130	2~3		—
膠合板	1.34~1.38	100~125	—	2 500~4 000	2 600~3 800	180~200	0.6~2.8		—
浸以 ΦAΦ 号樹脂 的玻璃膠布板	1.3~1.4	20~22	—	1 000~1 200	1 200~1 700	150~170	2.5~4	在空气中及油中工作的結構材料 當有震動及很大机械荷重時具有 高度耐熱性能的位置及高度強 度	—
石棉膠布板	1.6~1.8	38~53	—	1 000~1 400	1 500~2 300	140~180	0.04~0.5		248
	1.6~1.7	15~17	—	600~1 000	1 300~2 500	180~230	0.3~0.9	具有高度耐熱性能的低压裝置	80

附註: 括弧中所列者為以前的膠紙板牌號。

① B、Ab、Bb、Ib 号膠紙板及膠布板的吸水率系指絕片厚度為 1.6 公厘者而言。對於每片厚度為 3 公厘者來說，吸水率應減少 20%—50%。

② A、B 及 Γ 号膠紙板的吸水率系指每片厚度為 10 公厘者而言。

玻璃膠布板及石棉膠布板的吸水率系指每片厚度為 2 公厘者而言。

膠紙板的耐熱率在 0.002 至 0.003 瓦/公分²·C 之間。對於木質塑料來說，其耐熱率在 0.085 至 0.045 瓦/公分²·C 之間；而膠布板的耐熱率則在 0.0013 至 0.0016 瓦/公分²·C 之間。

③ 對於膠布板來說，拉力強度係指沿板方向的拉力。“在板的邊緣”方面的拉力強度係指較上述值低 20—25%。

表 6-7

疊層絕緣塑料的电气特性

疊層材料	20°C 时的 ρ_v 歐姆×公分		20°C 时的內电阻系数 歐姆×公分		20°C 时的 ε		20°C 时的 $\tan \delta$		5 分鐘的試驗电压, 千伏 (有效值)②				最大工 作温度 °C
	ρ_v 歐姆×公分	原始状态	潮濕 24 小时后	50 赫芝	10 ⁵ 赫芝	50 赫芝	10 ⁵ 赫芝	20°C 时		90°C 时			
								垂直層	平行層	垂直層	平行層		
漆紙板: (A) A 号	$10^{11} \sim 10^{12}$	$10^{10} \sim 10^{11}$	$10^8 \sim 10^9$	6~8	—	0.05~0.1	—	55~70	16~18	28~35	8.0~9.0	+120(油中 +95)	
(A') B 号	$10^{11} \sim 10^{13}$	$10^{11} \sim 10^{13}$	$10^8 \sim 10^{10}$	5~8	—	0.03~0.07	—	60~75	18~20	28~40	40~100		
(B) B 号	$10^{10} \sim 10^{12}$	$10^9 \sim 10^{10}$	$10^7 \sim 10^8$	5~8	—	0.1~0.3	—	40~60	12~14	20~25	5~8	+105(油中 +90)	
(B) AB 号	$10^{11} \sim 10^{13}$	$10^{10} \sim 10^{11}$	$10^8 \sim 10^{10}$	—	6~7	—	0.02~0.04	56~70	—	27~35	—	同上	
(ГБВЧ-I) B 号	$10^{10} \sim 10^{12}$	—	—	—	5~7	—	0.04~0.06	56~65	—	27.5~35	—	同上	
(ГБВЧ-II) B 号	$10^{12} \sim 10^{13}$	—	—	—	6~7	—	0.02~0.095	55~75	—	27.5~35	—	同上	
(T) T 号	$10^{10} \sim 10^{12}$	$10^{10} \sim 10^{11}$	$10^7 \sim 10^8$	5~8	—	0.08~0.1	—	42~60	13~14	22~30	—	同上	
(T) B 号	$10^{10} \sim 10^{12}$	—	—	—	6~7	—	0.04~0.06	50~60	—	—	—	同上	
膠布板: A 号	$10^{10} \sim 10^{12}$	$10^{10} \sim 10^{11}$	$10^7 \sim 10^9$	4.5~6	—	0.08~0.25	—	10~15①	—	5~10	6.5~8.0	+130(油中 可到+95)	
B 号	$10^{10} \sim 10^{11}$	$10^7 \sim 10^9$	$10^7 \sim 10^8$	5~6	—	0.2~0.4	—	5~10①	—	2~6	4.5~6.0	+105	
石板上	$10^{10} \sim 10^{12}$	$10^{10} \sim 10^{11}$	$10^3 \sim 10^9$	4.5~6	—	0.03~0.35	—	10~15①	—	5~12	6.5~8.5	+120(油中 可达+90)	
BQ 号	$10^{11} \sim 10^{13}$	沒有标准	—	6~8	—	—	0.02~0.08	10~15①	—	—	6.5~8.0		
木塑料: Делтра板(浸制木板)	$10^{11} \sim 10^{13}$	$10^{12} \sim 10^{11}$	$10^7 \sim 10^8$	5~6	—	0.09~0.3	—	5~10①	15~20	—	—	+105(油中 +90)	
膠合板	$10^9 \sim 10^{10}$	$10^8 \sim 10^9$	$10^8 \sim 10^7$	—	—	0.06~0.08	—	8~10	7~8	—	—	+100(油中 +90)	
浸以 $\Phi A \Phi$ 号樹脂的玻 璃膠布板	$10^{12} \sim 10^{15}$	$10^9 \sim 10^{10}$	$10^7 \sim 10^9$	4.8	4.3	0.02~0.04	0.008~0.009	10~14①	—	—	—	+130~150	
石棉膠布板	$10^{10} \sim 10^{12}$	$10^7 \sim 10^{10}$	$10^7 \sim 10^8$	2.5	—	0.3~0.6	—	5~10①	—	—	—	+160~200	

① 對於膠布板、浸制木板、玻璃膠布板及石棉膠布板來說，系引用电击穿强度 E_d 。

电击穿强度是根据厚度为 2 公厘的样品來确定的。

② 對於所有材料來說（玻璃膠布板及石棉膠布板例外），5 分鐘的試驗电压 (U_{acc}) 系按普通所採用的方法根据厚度为 3 公厘的样品而确定的。對於 B (A') 号膠板來說，在 90°C 的条件下進行平行層的試驗时，电極間的距离为 50 公厘。

玢瑯亦为一种清漆，但在其中加有無机填料，以提高其薄膜的机械强度、導热率或其他性能（耐弧性）。

膠紙板及膠布板每片的厚度（公厘）表 6-8

膠 紙 板	誤 差	膠 布 板	誤 差
0.2; 0.3	±0.03	0.5; 0.8; 0.9; 1.0; 1.2	0.10
0.4; 0.5; 0.6; 0.7	±0.05	1.5	0.15
0.8; 0.9; 1.0	±0.10	1.7; 2.0	0.20
1.2; 1.3; 1.4; 1.5	+0.12~0.15	2.5; 3.0; 3.5	0.25
1.7; 2.0	+0.15~0.20	4.0; 4.5; 5.0	0.3
2.5; 3.0; 3.5	±0.20	6	0.4
4.0; 4.5; 5.0; 5.5	±0.25	7; 8	0.5
6.0; 6.5; 7.0; 7.5	±0.30	9	0.6
8.0; 9.0	±0.40	10	0.7
10; 11; 12; 13; 14; 15	±0.50	11; 12; 13; 14; 15	0.8
16; 17; 18; 19; 20	±0.60	16; 18; 20	1.0
22; 23; 24; 25; 26	±0.70	21; 23; 25; 28; 30	1.5
28; 30; 32	±0.80	35; 40	2.0
35	±0.90	45; 50	2.5
40	±1.00		
45	±1.25		
50	±1.50		

附註：各种牌号的膠紙板，按下述厚度制造：

A——从5.0至50公厘；B——从16至50公厘；B——从0.2至50公厘；Γ——从5.0至50公厘；As——从0.5至0.8及从1至4公厘；Bs——从0.5至0.8公厘；Bs——从0.5至3.5公厘；Γs——从0.5至0.8，从1.0至1.3及从1.5至3.5公厘。

电工絕緣清漆及玢瑯的主要特性表 6-9

按成分 分 类	清漆号 数 或 符 号	20°C 时 的 比 重	稀 释 剂	105°C 时 的干燥时 間（不超 过）小时	105°C 时 清漆片的 耐 热 度 （不小於） 小 时	皮 膜 的 E_d 不 小 於 千 伏 （有效值）/公厘			应用 范 围	1 公斤 的 价 格 盧 布
						20°C 时	90°C 时	在 20°C 的 水 中 放 置 24 小时 后		
亞青油漆	№ 441	0.85	清漆煤油、甲 苯、苯、汽油	0	不小於 144	50	25	15	柔性云母板用 的膠粘漆	38
	№ 447	0.83	清漆煤油、甲 苯、苯、二甲 苯、石腦油、 松節油	4~8	20	50	25	20	防火浸漬清漆 但不耐油	44
	№ 458④	0.87		3	6	45	25	15	同 上	51
	№ 460	0.85		15	120	30	30	18	防水被复性清 漆，但不耐油	51
	№ 462-II	0.92	清漆煤油、苯、 甲苯、二甲 苯	3	0.5	45	20	10	含干燥的被复 性清漆，但 不耐油	50