

蘇 聯 電 站 部

高壓套管的檢修和 絕緣的恢復

倪 鍾 煥譯

電 力 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書講述各種套管的構造和修理，對怎樣用干燥方法恢復套管的絕緣性能有詳細的說明。關於修理所的设备以及修理時的試驗也作了介紹。此外，在附錄里還列有套管用的膠合青脂的配製法。

本書供電業系統的工程技術人員使用。

МЭС СООП
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

高压套管的檢修和絕緣的恢复

根据苏联国立电力出版社1952年莫斯科版翻譯

鍾 廣譯

649D165

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082號

北京東四門外印刷 新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 2 $\frac{1}{2}$ 印張 * 48千字

1957年8月北京第1版

1957年8月北京第1次印刷(0001—1,100冊)

統一書號: 15046·560 定價(第10类)0.54元

序 言

經檢視或試驗所發現的套管缺點，在大多數情況下可借恢復性檢修來消除。

恢復性檢修的目的是使由於事故而損壞的電器，或者經長期運行以及保存不良等關係而改變特性的電器有繼續使用的可能。

電站部所屬許多動力系統自1938年起就有系統地進行套管的恢復性檢修；但是直到目前為止，還沒有訂出統一的檢修方法和檢修工藝，首先是關於用烘烤法來去除潮氣方面的規定。

在這本小冊子裡綜述了蘇聯電站部各動力系統絕緣科進行此項檢修的先進經驗。

這本小冊子系研討最普遍採用的主要型式的套管，即：膠木紙的（使用或不用瓷蓋保護的）、充膠脂的、充油的以及純瓷質的。

在這本小冊子裡特別注意到用烘烤法來恢復套管的絕緣性能，以及與此有關的外面塗刷漆皮和消除套管主要構造上缺陷的各種操作方法。

這本小冊子裡所述各項材料的排列與檢修的工藝程序不相符合；因為對構造不同的套管，檢修的工序可能不同，而且還要看套管損壞的性質而定。

必須指出，套管恢復性檢修所需的費用有時是很大的（為新套管價值的30—70%），因而它們的恢復在經濟上往往是不合算的；譬如，當標準型式價值低廉的6—10千伏套管損壞時就會發生這種情況。遇此種情況時，建議將整個套管或絕緣子換成新的。因此，必須在檢修以前確定進行此項工作在技術上和經濟上是否合理。

在編寫這本小冊子時，承М.И.拉帕波爾特（技術改進黨）、П.В.鮑戈斯洛夫斯基（伊萬諾夫電業局）、П.М.斯柯羅霍多夫（高爾基電業局）、Л.М.賴津（斯維爾德洛夫斯克電業局）、В.В.柯耳加諾夫（莫斯科電業局）校訂初稿時提出了很多寶貴的意見，作者深表感謝。

目 录

序 言

I. 各种套管的構造, 它們的特点和缺点	3
II. 各別的修理工作	8
A. 瓷壳的修理	8
B. 导电复面的恢复	11
B. 膠合和消除膠合部分	12
Г. 膠木制品的表面塗漆	15
Д. 綁綫的修理和膠木紙基础表面和小損坏的消除	19
E. 膠脂的調制和充膠脂套管的重新灌注	21
III. 用干燥方法恢复套管的絕緣性能	25
A. 干燥过程	27
B. 用干燥法恢复套管絕緣的方法	29
B. 干燥套管膠木紙基础的方式	31
Г. 充油型套管不拆开进行干燥和恢复絕緣	35
Д. 套管檢修时的組裝和拆卸	33
IV. 套管缺陷的消除	44
V. 修理时的試驗	51
VI. 电器上某些絕緣元件的修复	55
VII. 修理所的设备	59
附 录	
1. 羧基膠	67
2. 开关和变压器套管用的膠合膏剂	67
3. 充填 МКП-76, ВМ-35Н, ВМ-35Ф, ВМ-23Н, ВМ-23Ф 型 油开关套管用的 3-3 膠脂的制法	69

I. 各种套管的構造，它們的特点和缺点

电力系统工作电压的增高迫使采用構造复杂的套管和穿心絕緣子，在一个絕緣子里使用几种不同的介質。

在实际运用中最普遍采用的套管計有下列各种構造：

a)整个为瓷質，内部空心的套管(圖1, a)；

b)膠脂型套管(圖1, b)在这种套管里膠脂是基本絕緣，瓷料仅作为外套；

в)充油型套管(圖1, в)，此項套管的內腔注滿絕緣油；

г)不用外套(外壳)保护的膠木紙套管(圖1, г)；

д)充膠脂的膠木紙套管(圖1, д)。

整个瓷質內腔空心的套管(圖1, a)，構造簡單，使用可靠，不会遭受热击穿。它們的主要缺点是有發生裂紋的可能，这样会大大地降低它們的电气强度。内部充滿空气的瓷絕緣子还具有其他的缺点——在电場强度最大的地点，即在导电桿表面附近，聚有空气，而空气的电气强度是比較小的。当在一定的电位梯度(很接近于工作电位梯度)情况下，可能会引起空气的电离，因而表面电容大大的增加，以及引起表面的潛行放电。这种型式的套管用于35千伏及以下的电压；但是当用于35千伏时，应采取許多預防电离的措施：將导电桿纏以一層固体介質(膠木紙)，在外套的表面加肋，將瓷質表面鍍以金屬，套管的內腔有时也充注膠脂。

膠脂型套管(圖1, б)和瓷套管不同，这种絕緣子的瓷料并不是制成整个的，而是由兩個用法蘭盤連接起来的外套所組成。此时，膠脂成为該項法蘭盤和导电桿之間的唯一的絕

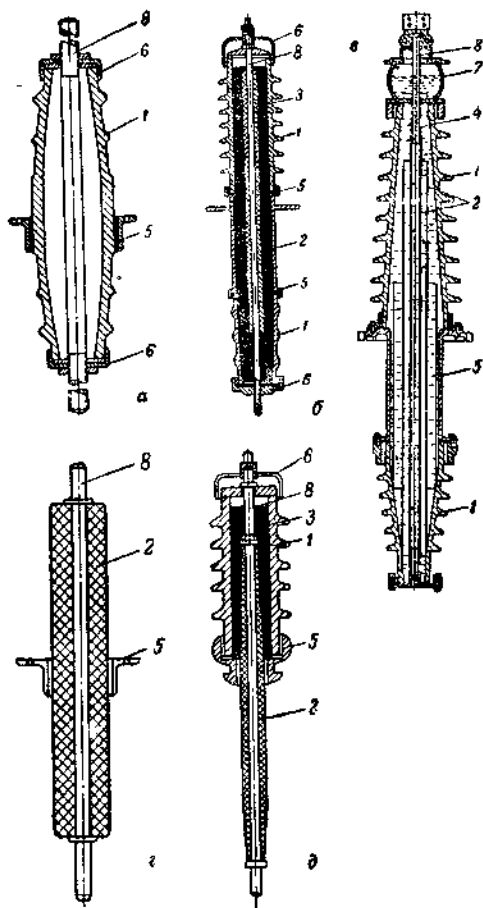


圖 1 套管的構造

а—瓷質套管；б—膠脂型套管；в—充油型套管；
 г—無外套的膠木紙套管；д—充膠脂型膠木紙套管。
 1—瓷料；2—膠木紙；3—膠脂；4—絕緣油；
 5—法蘭盤；6—頂蓋；7—油杯；8—導電桿。

緣，因而在这种型式的絕緣子內，膠脂是基本絕緣。由于这种套管的徑向尺寸較大，当电压超过 35 千伏时，它們便不普遍采用。这种型式套管的导电杆在許多構造中是用膠木紙包纏的。

这种型式套管的损坏，絕大多數是由于所采用的膠脂不能耐冻所致，在温度低的情况下，膠脂会开裂。有时候也会出现这种情况：油从电器的油箱內滲入套管的內腔，这就引起膠脂的稀釋，膠脂体积的增加并造成滲漏。

充油型套管——在充油型套管內(圖 1,6)絕緣油是导电杆和法蘭盤之間的基本絕緣。为了提高套管絕緣部分的电气强度，在通油道內加裝用固体介質(膠木紙筒)制成的隔离筒，这些隔离筒有时候并糊有錫箔片，使电场分佈更为均匀。这些隔离筒和由固体絕緣材料制成的复盖物可减少电极上的电场应力，而且当絕緣油內含有各种雜質的时候，可限制其有效电流。

充油型套管曾普遍用于 35 千伏及以上的套管。充油型套管的损坏，在大多数情况下是由于隔离筒的受潮，以及在內部絕緣表面上积有水份和油泥而引起的。

膠木紙套管——膠木紙套管(圖 1,7)內的基本絕緣是塗了漆的紙。在該項絕緣紙的夾層內襯有金屬片，使徑向和軸向电场应力的分佈更为均匀，这可大大地縮小套管的尺寸。电容式膠木紙套管是非常緊湊的，因而它們适用于工作电压在 150 千伏以下的設備；但是这些套管只适用于屋內的配电裝置。它們的主要缺点就是易于吸潮，因而有發展到热击穿的可能。上述套管的第二个大缺点是由于下列原因所引起的：即当进行纏制的时候，金屬片(錫箔)的边上可能留有空气間隙，以致引起电离，并可能使各紙層之間發生放电。某些膠

木紙套管的損坏是由于絕緣紙纏得不够緊密所致。

膠木紙充膠脂型套管(圖 1, б)——膠木紙充膠脂型套管是膠木紙制成的絕緣子,它們的外露部分(不在油箱或容器內的部分)有瓷套保護,瓷套和膠木紙心子之間注有膠脂。膠木紙充膠脂型套管專供屋外式配電裝置使用,所以它們的內腔密封是很細的,但是在運行中有時會發現這些絕緣子的內腔滲有水份。

如果滲入這些絕緣子內腔的水份找到向下流的途徑,譬如,膠脂上有裂紋,或者由于膠脂的耐凍性較差,以及灌注質量不良(絕緣子的預先加熱不够)等原因,膠脂從內壁上剝落,這些絕緣子就會遭受損坏。

研究指出,絕緣在運行的條件下,下列類型的損坏是最典型而普遍的:受潮,機械性的損坏(譬如瓷料有裂紋),膠合部分的分層。此外,絕緣還必然會遇到污穢(表面的和體積的),燒焦,電氣的損坏(由于長時期發生電離而劣化),以及最後熱力的損坏(由于長時期受熱的作用使絕緣紙失去機械強度)。

受潮原因之一可能是防止絕緣受外面潮氣影響的保護不够,或者是由于絕緣浸在油內,必然會吸取油內所含的水份。

當漆皮的完整性被破壞,漆皮塗刷的質量不好,填充物或密封部分遭受損坏等等,絕緣也會受潮。絕緣受潮之後,可用干燥的方法來恢復它原有的性能。

套管內的絕緣油,倘防止和外界空氣接觸的保護做得不够好,也會受潮。此外,絕緣油的另一特點是它們的化學性的劣化(產生油泥沉淀)。特別在變壓器套管內以及在其他電器的套管內,當受日光的強烈作用發熱的時候,往往可以見到沉淀出油泥。

充油型套管內的絕緣油如遭受損壞，可用更換新油和過濾等方法來恢復套管的絕緣性能。

膠脂可能發生下列各種缺陷：剝落，裂開，內有空洞以及劣化等。這些缺陷須借重新灌注的方法來更換原有的膠脂加以消除。

套管的絕緣如果受到小的機械損傷，或者它的上面一層被燒焦，也可以在恢復性檢修中加以消除。套管的任何部分遭受損壞或具有缺陷，倘不及時消除，可能使套管結構的電氣強度和機械強度降低到危險的程度。

製造和檢修套管時須採用許多種類的材料，這些材料可分為下列各類：

1. 絕緣材料：變壓器油、膠木紙制品、瓷料、灌注用的膠脂和絕緣漆；

2. 金屬：紫銅、黃銅、鋼料等；

3. 膠合材料：膏劑；

4. 封固材料：橡皮、軟木制品；

5. 擦拭材料：棉紗頭、抹布、酒精、汽油；

6. 焊接材料：焊錫、松香等；

7. 細加工用材料：顏料、漆；

8. 其他：黃腊帶、木料、玻璃、螺栓接合零件（螺栓、螺帽、螺釘）。

對於各該原材料的基本要求，見蘇聯國家標準（ГОСТ 和 ОСТ）以及主管機關所提出的技術規格（БТУ）。主要的試驗方法和驗收規則等也有統一的規定。

在檢修工作中常會產生直接在修理場所調制填充物、膠合劑和膏劑的必要。因此，在本書的有關章節或附錄里載有配製上述材料的方法。但對於眾所周知的，或正式運行規程

中已有規定的某些材料(变压器油、金属材料等), 則未作一般介紹。

II. 各別的修理工作

A. 瓷壳的修理

瓷料制品如果遭受严重损坏, 在大多数情况下不可能恢复, 必須把它們換成新的。

当瓷料制品有小的缺陷时(边上或裙部有閃格現象), 可以采取各种临时性的恢复措施; 但这些措施只有在缺乏备用絕緣子, 在更換新的絕緣子以前必須暫時繼續使用旧的时候, 才容許采用。

当分析瓷料制品是否容許繼續使用时, 必須考虑到其损坏的性質, 以及缺陷对于套管基本特性的影响。

評估某种缺陷危險程度的一些主要指标如下:

釉面上损坏的部分必須視為完全能导电的表面, 因为在这些表面上可能停留潮气、塵埃等等。

瓷料可湿润的表面如存有缺陷, 多少足以降低它的湿润电压, 不可能湿润的表面如存有缺陷会降低它的电气强度的安全系数。

套管外壳的裙部如遭受损坏会降低套管的冲击特性, 这样將降低运行的可靠性。

瓷料如有縱的或环狀的裂紋(即使是不大的裂紋), 則該絕緣子就不應該繼續使用。否則, 裂紋就有繼續發展的危險。有裂紋的制品, 当受冲击的影响时, 在大多数情况下会造成全部损坏(炸裂)。判断可以暫時使用的帶有缺陷的瓷絕緣子的准則如下:

1) 湿閃电压的降低程度应不超过 15—25%。

2) 在表面破損部分沒有裂紋，这可用輕敲的方法，或仔細檢查(有时需用放大鏡細看)来确定。

3) 損坏的絕緣子，如果用目測評估，尚具有足够的机械强度。

4) 損坏的面积不大，对于屋外裝置用的絕緣子，損坏面积应不超过該項絕緣子面积的 0.5—0.75%。

多層裙部的絕緣子，沿一根垂直綫上損坏地点不应超过兩处。

5) 裙部和边上裂紋的所在地点。邊緣和絕緣子本体連接處 1 公分以內的裂紋特別危險，因为这些裂紋發展起来，会形成环狀損坏。

6) 未沾有金屬雜質。

表面破損部分和瓷釉損坏处的保护

保护絕緣子上表面破損部分可塗刷能耐潮且不透水的漆，使表面平坦光滑。克立夫达尔漆(烘干漆)就是适宜于这种用途的漆。清淨的天然干性油也可以作此用途。

黏 合

近年来有些动力系统对于損坏絕緣子的个别碎片开始实行下列黏合的方法：

1) 用瓷釉进行黏合——当价值高昂的以及唯一的絕緣子具有环狀裂紋而不能以同样的絕緣子更換时，在制造厂的設備条件下，可采用以瓷釉黏合碎片的方法。

黏合用瓷釉的熔点應該低于被檢修瓷料的熔点。瓷料熔点的确定系用表面破坏处碎片在陶瓷化驗室內进行。

黏合部分各处应先塗以瓷釉，妥予貼紧，然后放入爐內重新焙燒。

2) 用羧基膠黏合——需黏合的表面用蘸有头等汽油的抹布去淨油脂。

破損处最好不要打磨，因为这样足以降低被黏合部分黏附的紧密性。

將須黏合的兩部分表面全部塗以羧基膠，然后互相妥为安置，并予紧压。

黏合剂在凝固的期間內，瓷料的温度应不低于 $+15^{\circ}\text{C}$ 。

羧基膠的机械折断强度是很大的(200—250 公斤/公分²)，而且它是一种很好的介質。这种黏合剂是吸潮的，但是由于空气內潮气对接縫处影响的面积不大，这并没有很大的关系。黏合剂凝固以后，最好把接縫处表面塗以能耐潮的漆。只有当接縫处受潮面黏合后并不会降低絕緣子的放电电压的情况，受損部分(裙部和邊緣的表面破損，縱的裂紋)，才容許采用黏合的方法进行修理。

由于羧基膠的軟化温度接近 $+60^{\circ}\text{C}$ ，而它的熔点约为 $+120^{\circ}\text{C}$ ，对于在温度超过 $+50-60^{\circ}\text{C}$ ，下运行的絕緣子的黏合，不宜采用这种黏合剂。

羧基膠性脆，能耐油的腐蝕作用。在制成备用的状态下是一种流質，后一特性使有可能在鑲裝絕緣子时用以灌注裂紋。

上述黏合剂的調制方法見附录 1。

3) 用 БФ 黏合剂黏合——化学工業部塑料研究所不久以前制出一种能黏合金属和很多有机与無机固体物的标号为 БФ 的黏合剂。在电气设备运行维护中使用 БФ 黏合剂的經驗目前还没有，但是从化学工業中所得到的初步資料使有可

能把它推荐作黏合瓷料之用。同聚基膠比較，这种黏合剂的主要优点在于具有大的耐热性(大于 $+100^{\circ}\text{C}$)和耐潮性。

作为黏合大部分电气絕緣材料之用，БФ-4 号黏合剂应使用最廣。这种黏合剂的凝固点为 $+60^{\circ}\text{C}$ 。

5. 导电复面的恢复

套管瓷料上塗有导电复面是为了使絕緣子的電場分佈更为均匀。

在恢复性檢修中，普通可采用 15 克銀色片狀石墨 和 40 克膠木漆或克立夫达尔漆的混合物，或者用鋁粉和硝基漆的混合物。在噴塗导电層以前，瓷料应擦淨髒污，并在 $+90^{\circ}$ — 100°C 温度下烘烤(最好在真空下进行)10—15 小时。

导电复面应在絕緣子上噴塗兩層，而且第二層复面的噴塗应俟第一層复面略为干燥后进行。如果在該項混合物中采用烘漆(膠木漆或克立夫达尔漆)，那么必須依照第 II, Г 节中的指示把它烘透。

为了加塗导电層，倘有專用的設備时，也可以采用噴射热的金屬粉的方法(金屬噴漆)。

由制造厂制造的用鋅噴成半导电复面的套管，运行經驗証明，由于氧化过程，綁綫和該項金屬層間的接触早晚可能要损坏，因此对于噴漆用金屬种类的选择，必須特別注意。

噴塗导电層的导电率的檢查，可按照圖 2 所示的佈置，利用手电筒用干電池和測量仪器(檢流表或欧姆表)进行。当触头間的間距等于 1 公分时，导电層的电阻应不超过 10—20 千欧。噴制完善的导电層，上述电阻通常为 10—20 欧。

导电層和套管零件或法蘭盤的电气連接系用鍍錫導綫纏成綁綫来实现。

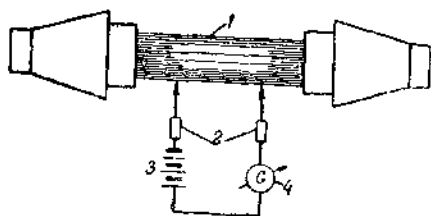


圖 2 檢查导电層的佈置圖

1—导电層；2—探針；3—蓄電池；4—儀器。

B. 膠合和消除膠合部分

当填有膏剂的接縫全部或局部损坏，以及需要更換套管零件时，必須进行膠合工作。

清除旧的膠合用膏剂，可利用小的、尖銳的、直的、一定形狀的(三角形的)鑿子，沿四週仔細鑿脫来实现。鑿子应能在瓷料和法蘭盤壁之間自由地通过。

消除膠合部分可將套管放在架子上，套管法蘭盤的下面墊以毛毡或橡膠，以便敲击时瓷料不致受损。

各电力系统，特別是莫斯科电業局曾試用化学品来消除膠合膏剂的方法。采用此法时，建議使用下列化学品(視膏剂的种类而定)：

- 1) 对于紅鉛甘油制成的膏剂——25%硫酸。
- 2) 对于苦土膏剂和矽酸鹽水泥膏剂——濃鹽酸。

用化学品来消除膠合部分的方法如下：在膠合部分鑿成小槽，槽內注以酸液，按照酸液聚集的范围消除松軟的物質，然后重新注以酸液。

当膠合的接縫很深的时候，用化学方法来消除膠合接縫，很少成效，因为加注化学品必須重复多次，而化学作用

进行得也比较迟缓。此外，瓷料的釉質和膠木还可能被濃的酸液损坏。

套管法蘭盤和瓷料或膠木紙基础的固結可使用附录 2 內所載的膏剂。在該附录內并列有此項膏剂的調制工艺。

根据电器工業部“电器”制造厂最近所得到的关于选择膠合用膏剂的經驗，采用鋁矾土为膏剂对于抵抗外面油脂和各种气体的腐蝕作用，以及承耐温度变动的影響等等，曾获得最良好的結果。苦土膏剂的性能最差。

鋁矾土水泥(ГОСТ 969-41)是一种快硬水泥(隔 30 分鐘即开始变硬，隔 12 小时即完全变硬)。这种特性对于进行膠合絕緣子工作是非常有利的。調制鋁矾土水泥的配方同矽酸鹽水泥(附录 2)。

在膠合瓷料以前，必須：

- 1) 去淨膠合表面上的塵埃和鉄銹；
- 2) 檢查上面的法蘭盤和下面的法蘭盤是否平行；
- 3) 为了避免膠合用膏剂流到法蘭盤的下面，应戴上橡膠圍墊；
- 4) 对准法蘭盤的中心和瓷壳的中心。

各項工作准备完妥后，即將膠合用膏剂注入接縫。

圖 3 表示 BM-35 型套管在法蘭盤和膠木間灌注膠合用膏剂时的置放情形。

套管的外壳膠合完畢，膏剂干燥之后，如有必要，將瓷料打磨至法蘭盤的水平。打磨該項不动的制品可放在轉动的鑄鉄盤上，加注水和石英砂来进行，轉盤的轉速約为 150—200 轉/分。在动力系統修理所的设备条件下，上項打磨工作，在某些情況下，可利用轉速为 1500—3000 轉/分的金剛砂輪，按制品磨妥的表面逐步移动砂輪的位置来实现。

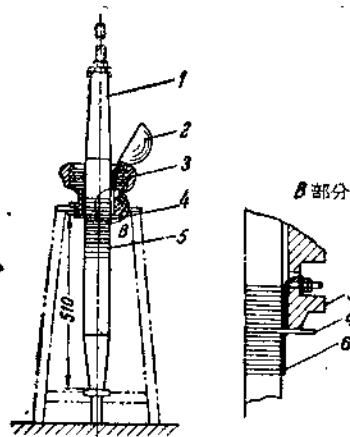


圖 3 BM-35 型套管的膠合
1—電容式套管；2—盛有膏劑的匙；3—
鑄鐵法蘭盤；4—臨時用橡膠墊圈；5—
繞線；6—繞線引出綫。

膏劑的表面塗以一層克立夫达尔漆或膠木漆，随后按照第 II, 「节」 的指示进行烘烤，用以防止受变压器油和潮气的影响。

当进行在爐內烘烤絕緣漆的时候，剧烈而長時間的加热足以降低膠合用膏劑的堅固性，并引起裂紋。为了保护膠合用膏劑的外層，动力系統的修理所在大多数情况下采用塗刷2—3層天然干性油底的颜色料的方法。

进行膠合工作房間內的空气温度应保持約 $+15^{\circ}-20^{\circ}\text{C}$ 。

进行膠合的瓷壳在安裝以前应經過“声响”試驗。“声响”試驗系用小木錘在每一裙部的周圍，擇三四处进行輕敲。瓷料的声响應該清脆宏亮，無哑声，这表明瓷料內沒有裂紋。

瓷料个别外壳不需作电气試驗。

使用多年的套管，在个别情况下可以見到部分膠合膏劑遭受损坏。当防受油脂、空气內潮气和其他气体的化学作用的保护不够时，膠合膏劑可能会损坏的。

个别脫落的小塊膏劑落入套管的絕緣油內时，可能引起油的加速陈化。

因此，当膏劑層表面有小的损坏时，就应该进行預防性修理(修补膠合部分)。

进行修补膠合部分，必須用消除膠合部分同样的方法，首先消除损坏的膏剂層，并使用同原有膏剂成份相同的膠合用膏剂重新灌注套管的接縫。膏剂內的个别裂紋可使用含有水泥填料的羧基膠来填补。

膠合膏剂如果裂紋很多，或者损坏部分很深时，必須將法蘭盤重新膠合。修补的膏剂表面，如上所述，应塗以絕緣漆或干性油，作为保护。

Г. 膠木制品的表面塗漆

塗抹用油漆的主要用途，在于構成硬的，具有相当彈性，能够防止制品受周圍介質（油脂、潮气、气体、塵埃等等）有害作用的，并符合許多有关提高电气性能（提高表面放电电压和表面电阻）等特种要求的一層薄膜。

现有适宜于作为表面塗抹用油漆的种类是極有限的。許多新的、在实验室內試驗时特性非常好的油漆，随后实际使用时曾显示并不合用。

表1內列有修理所內实际上最普遍采用的适宜于表面塗抹用的油漆。

克利夫达尔漆和膠木漆是烘漆；因而在表面上塗抹以后，必須放入爐內在高温下进行烘烤（使它經過聚合过程）。上述油漆只有經烘烤之后，才具有所需要的特性。第2(17)号油漆可以在室温下干燥，也可以放入爐內烘干，以縮短干燥所需的时间。

塗抹油漆的操作程序如下：

- 1) 做塗漆的准备工作；
- 2) 进行塗漆；
- 3) 漆皮層的干燥和聚合。