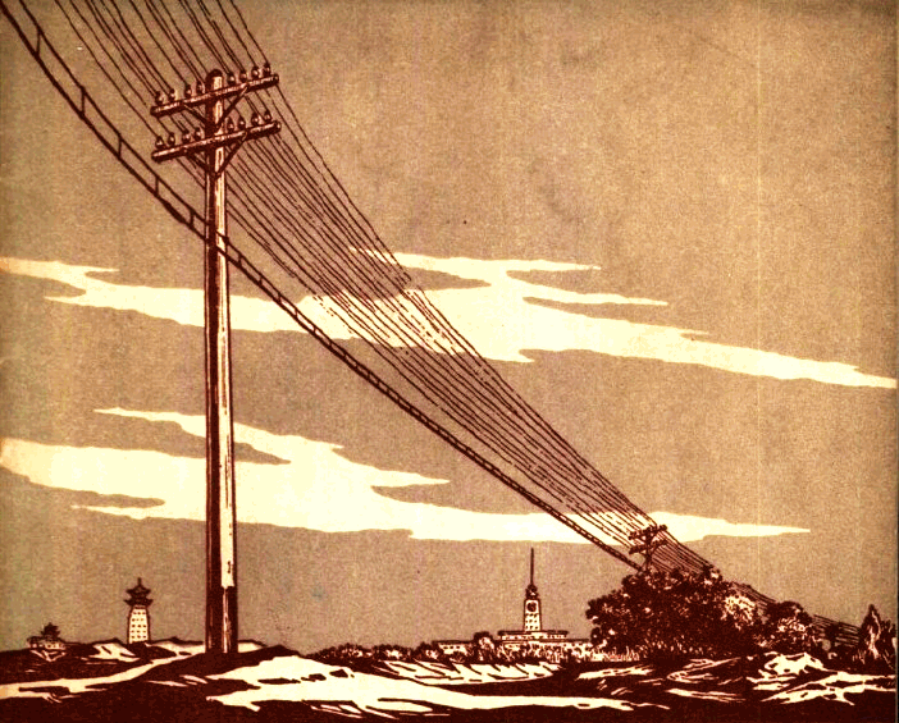




初 级 线 路 技 术

16

全 铝 电 缆 的 接 焊

北京市市内电话局 上海市市内电话局 邮电施工技术研究 所编

人 民 邮 电 出 版 社

9311/172

全 鋁 電 纜 的 接 焊

北京市市內電話局

上海市市內電話局

郵電施工技術研究所

人 民 郵 電 出 版 社

内 容 提 要

使用全鋁電纜的主要問題是接焊問題。本書比較詳細地講述了我国研究、使用的全鋁市內電話電纜鋁心綫与鋁心綫的连接方法，鋁心綫与銅心綫的连接方法，鋁护套的封焊方法。

本書適合電話電纜綫務員、通信兵和工程技術人員閱讀參考。

全 鋁 電 纜 的 接 焊

編 者：北 京 市 市 內 電 話 局
上 海 市 市 內 電 話 局
郵 電 施 工 技 術 研 究 所
出版者：人 民 郵 電 出 版 社
北京東四六條19號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂
发行者：新 華 書 店 北 京 發 行 所
經售者：各 地 新 華 書 店

開本 787×1092 1/32

1965 年 9 月北京第一版

印張 1 頁數 16

1965 年 9 月北京第一次印刷

印刷字數 23,000 字

印數 1—5,400 冊

統一書號：15045·總 1512—有 324

定價：(科 2) 0.11 元

前 言

目前市内电话电缆使用的金属主要是铜和铅，铜、铅都是比较稀少而贵重的金属，而且在很多方面有着重要的用途，而铝是世界上最多的金属元素之一，其导电性能仅次于铜。因此，在通信电缆线路上，以铝代铜、代铅，节约用铜和用铅有着重要的意义。1963年11月，国家经委召集有关各部在上海开了铝线连接技术会议，会上拟定了“关于铝心电线电缆使用范围的建议”，提出200对及200对以下的市话电缆可考虑采用全铝电缆，上述建议经国家计委、经委批准。沈阳电缆厂已生产小对数的全铝市话电缆（铝心线、铝护套），供应各方面的需要。

邮电部为了贯彻国家节约用铜、用铅的政策，逐步解决以全铝市话电缆代替铅包铜心市话电缆在使用方面的有关技术问题，自1958年起，先后布置了北京市市内电话局、上海市市内电话局及邮电施工技术研究所进行铝心线、铝护套接焊技术的研究。由于党的正确领导和有关职工的辛勤努力，上述三单位在学习和参考国内其它单位经验的基础上，到1964年第四季度已先后取得了初步成就。研究结果（研究报告及焊接样品）经一机部电缆研究所审查，认为基本成功。

为了肯定研究成果，推广经验，邮电部技术司组织北京市电话局、上海市话局及邮电施工技术研究所进行总结，在一机部电缆研究所的指导 and 协助下总结出这份资料，作为邮电部所属各局及电信工程公司在全铝市话电缆施工和维护时的参考。为了便于读者阅读，本书在出版前，又请刘芳枢同志进行了一些文字加工和注释工作。

本书初步推荐的接焊方法，主要是：（一）铝心线与铝心线接

續，采用电阻熔焊法或鋁套管压接法；（二）鋁心綫与銅心綫接續，采用銅鋁过渡綫段法或鋁套管压接法；（三）鋁护套与鋁护套接續或鋁护套与鉛护套接續，采用磨擦鐵焊法。至于在試驗中还不甚可靠或者虽然可用，但是还有較大缺点的接焊方法，則暫不列入。

希望各市、县邮电局，在試用本书所列的连接方法过程中，发动职工不断改进操作方法，不断总结經驗，以便在不久的将来，总结出一套完整的全鋁电纜接焊方法。全鋁电纜接焊所需用的設備、工具、材料等，各使用单位，可以本着自力更生的原則，先設法自制一批，以滿足施工的迫切需要。将来总结經驗后，再将設備、工具、材料逐步加以定型。各单位在試用过程中发现的問題和意見，請随时向邮电部反映。

邮电部技术司

1965年5月

目 录

前言

一、概述	1
二、鋁——鋁電纜心綫的連接	3
(一) 电阻熔焊法	3
(二) 鋁套管压接法	11
三、鋁——銅電纜心綫的連接	15
(一) 过渡綫段法	16
(二) 鋁套管压接法	19
四、鋁护套的封焊	20
五、結束語	25
附录一 鋁与銅的特性比較表	26
附录二 參考資料	27

一、概 述

全鋁電纜是具有鋁心綫及鋁护套的電纜。目前，國產全鋁電纜的鋁心綫外面，也是採用紙絕緣。這種紙絕緣是在電纜製造過程中，將一種特制的紙漿噴在鋁心綫的表面，待凝固後，紙漿即附着在鋁心綫的表面上。目前國產全鋁電纜的對數均在200對以下，綫徑為0.65毫米，其餘構造與鉛包紙隔市話電纜基本相同。

鋁的表面經常與空氣中的氧結合，產生一層氧化鋁薄膜。鋁綫表面上的氧化膜，在一般的情況下，約為0.1—0.2微米厚，這種薄膜隨溫度、濕度及時間的增加而增加，氧化膜主要是三氧化二鋁(Al_2O_3)，它緊密而又堅韌地附着在鋁的表面上，有很好的絕緣作用。根據某些單位的經驗，在連接鋁心綫時，如果採用銅心綫的扭接辦法，則經過一定時間後，接頭的電阻將逐漸增加，發生音小，甚至電路中斷的情況。所以，敷設安裝全鋁電纜時，應當採用正確的接焊方法。

鋁表面的氧化鋁薄膜的熔點高達2050°C，而鋁的熔點僅為658°C。這樣就使得連接鋁心綫或鋁护套有一定的困難。因此在鋁心綫連接與鋁护套接焊時，必須將氧化膜除去。

全鋁電纜的連接技術計有以下的内容和要 求。

(一) 鋁心綫與鋁心綫連接

當連接的電纜都是鋁心時，需將兩根鋁心綫互相扭絞，如為分枝接頭，需將三根或三根以上的鋁心綫互相扭絞。鋁——鋁心綫連接的一般要求如下：

- (1) 工具簡單；
- (2) 現場操作簡便，效率要高；

- (3) 接头电阻正常，变化不大；
- (4) 接头便于拆开重接；
- (5) 沒有腐蝕；
- (6) 适应施工环境，符合一般操作习惯。

(二) 鋁心綫与銅心綫連接

当鋁心綫和銅心綫連接时，除具备鋁——鋁心綫連接的一般要求外，还必须保证鋁与銅的結合牢固。

(三) 鋁护套与鋁护套或鋁护套与鉛护套連接

此項連接可使用鉛套管，亦可使用鋁套管。

連接鋁护套的一般要求如下：

- (1) 工具简单；
- (2) 現場操作簡便，效率要高；
- (3) 封焊緊密；
- (4) 沒有腐蝕；
- (5) 适应施工环境，符合一般操作习惯。

少数市話局于 1962 年以后曾少量試用鉛包鋁心市話電纜。在試用中，在連接鋁——鋁心綫时，北京市話局采用了浸錫鐵焊法^①及乙炔熔焊法^②，上海市話局采用了机械压接法。浸錫鐵焊法及乙炔熔焊法均須使用焊剂，接头有腐蝕可能，而且操作也比较費事。机械压接法原系采用銅套管压接，至 1964 年改用鋁套管压接，此法

注① 浸錫鐵焊法是利用特制的熔剂和焊料把鋁心綫焊接在一起的一种方法。目前市場上出售的一种熔剂（俗称焊药）和焊料，其牌号为“上焊—425 溶剂”和“上焊—332 焊条”。

注② 乙炔熔焊法是利用乙炔及氧气燃烧时产生的火焰使鋁綫焊合的一种方法。在焊接时，需要使用上焊—451 型鋁焊剂，或鋁焊粉与鋁焊条。

經証明尚屬可行。1963年11月，北京市話局、上海市話局及北京電信工程公司的同志，在參加上海鋁綫連接技術會議時，學習了天津市電器科學研究試驗所的電阻熔焊法，經試驗可以應用於市話電纜鋁心綫的接續。

在鋁——銅心綫連接方面，北京市話局曾使用浸錫鐵焊法及乙炔熔焊法，都不滿意，後來參考有關資料，試驗了銅鋁過渡段法（詳見下文）獲得成功。

在鋁护套的接續方面，北京市話局、上海市話局及郵電施工技術研究所試用鐵道科學研究院等單位編寫的“鋁护套通信電纜焊接和屏蔽性能試驗報告”中的磨擦鐵焊法，效果很好。

根據上述三個單位研究及在總結過程中補充試驗的結果，我們初步推薦以下幾種焊接方法。

二、鋁——鋁電纜心綫的連接

（一）電阻熔焊法

電阻熔焊法是將被焊導綫的綫頭扭接好後，放入特制的炭精熔模內，通以電流，利用電流通過熔模和被焊導綫所產生的電阻熱，使鋁導綫在熔模內熔接在一起的一種接焊方法（見圖1）。通電時，鋁導綫在熔模內熔化，斷電後，液體金屬在熔模內冷凝形成導電良好而牢固的接頭。焊接時在焊接處產生的熱量，取決於焊接電流、鋁心綫與熔模的接觸電阻以及焊接通電時間，其關係式如下：

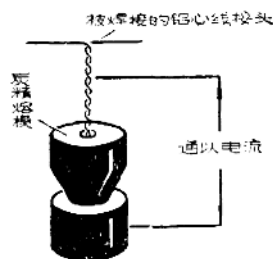


圖1 電阻熔焊示意圖

$$Q = 0.24 I^2 \cdot R \cdot t, \quad (1)$$

式中：Q——焊接热量，卡；

I——焊接电流，安培；

R——接触电阻，欧姆；

t——焊接通电时间，秒。

一般在有交流电源的地方可采用交流电源供电，即采取下文所述的交流电阻熔焊方法；在没有交流电源的地方，可采用蓄电池供电，即采取下文所述的直流电阻熔焊方法。

1. 交流电阻熔焊法

交流电阻熔焊法是借助于变压器将市电交流电源的电压变低、电流变大，然后使低压大电流通过熔模和铝心线接头，将铝心线焊接起来的一种方法。其电路图如图2所示。

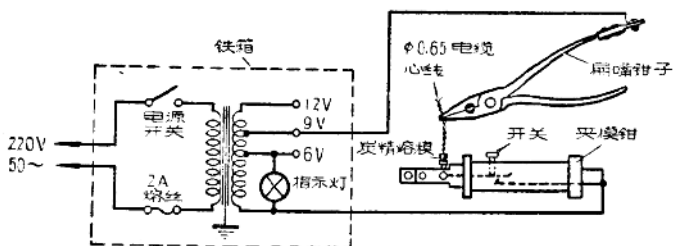


图2 交流电阻熔焊法电路图

现将各部件及所用工具介绍如下。

交流电阻熔焊用变压器可利用200瓦行灯变压器改制，初级线圈可用直径为0.75毫米的漆包线绕630圈，次级用直径为3.5毫米的双纱包线绕36圈，在27圈和18圈处各抽一头，接出12伏、9伏和6伏次级电压。这样在外界电压有变动时，可以进行调压。

变压器、指示灯、熔丝、电源开关等可装在一个薄铁板制的小

箱內，以便于携带和使用安全。

熔焊电极分为两部分，一极为夹綫用的扁口鉗，另一极为炭精熔模。炭模极被手执夹模鉗夹牢。扁口鉗连接电源綫的方法如图3所示；夹模鉗的构造如图4所示。

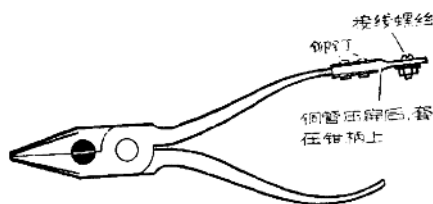


图3 扁口鉗

4所示。夹綫鉗及夹模鉗的引綫，均采用截面为16平方毫米的多股塑料銅綫。考虑到杆上操作时的需要，夹綫鉗与夹模鉗的引綫长度各为8米。

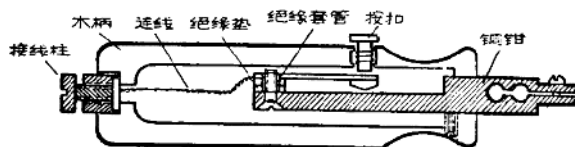


图4 夹模鉗的构造示意图

炭精熔模可用直径为9毫米的炭心或弧光灯用碳棒制成，其电阻率应为40—68欧·平方毫米/米。熔模形状有两种：一种是瓶口式熔模，如图5所示；一种是碳棒式熔模，如图6所示。

模孔尺寸决定于接头的形状、尺寸，它是根据被焊铝綫的直径和股数来确定的。孔径应大于心綫扭絞后的直径，孔深应大于孔径，模孔底部应呈球面，以保持焊接接头底部光滑，模孔应有一定锥度，以利从模中取出。

在操作时，对于不同的导綫扭絞，所需的电流、电压、通电时间如表1所示。

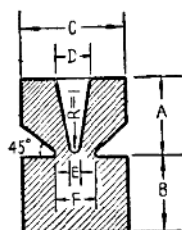


图 5 瓶口式熔模示意图

熔 模	A	B	C	D	E	F
双 絞 用	10	10	9	2	1.3	5
三 絞 用	10	10	9	3	1.5	5

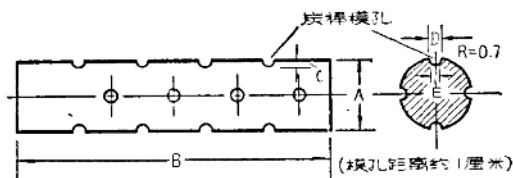


图 6 炭棒式熔模示意图

熔 模	A	B	C	D	E
双 絞 用	9	50	1.9	1.8	1.3
三 絞 用	9	50	1.9	1.8	1.5

表 1

导线直径、扭绞程式	电 压 (伏)	电 流 (安)	通电焊接时间 (平均值, 秒)
$\phi 0.65$, 双绞	9	40—60	2.1
$\phi 0.65$, 三绞	9	50—70	2.6

操作方法

准备好电阻熔焊用的工具及紗套管或紙套管。按銅心市話電纜心綫扭接方法套上套管。心綫扭接长度較銅心綫的扭接长度长 3—4 毫米（參见图 7 及其附表）。

然后将电阻熔焊器的地气端子接地①，插好电源插銷，此时指示灯亮。在市电正常情况下，焊接的輸出端用 9 伏即可，炭模裝在夾模鉗內，焊模孔尽量靠近夾模鉗。

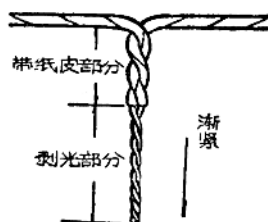


图 7 鉛心綫的扭絞

鉛心電纜心綫扭接长度

導綫直径 (毫米)	扭接总长(毫米) (13—15 花)	帶紙皮扭长(毫米) (2—3 花)	剝紙皮扭长(毫米) (11—12 花)
0.65	28—34	10	18—24



图 8 电阻熔焊法接头图

施焊时一手握夾綫鉗，一手執夾模鉗。將理直的扭絞心綫，用夾綫鉗夾住端部以下 1.5~2.0 厘米的地方，插入夾模鉗之模孔深部。兩鉗保持水平或垂直，互相施加一定压力頂住。然后，按下按鈕开关，約經两秒左右即可放开，切断电流。待心綫在熔模內冷却后（需一两秒钟），再將心綫由模孔內拔出。此时在扭絞端部即形成一蘑菇狀的焊头，如图 8 所示。

如在熔焊时發現焊好的焊头不圓，或

注① 即將變壓器鉄心接地，如果變壓器裝在鉄箱內，則鉄箱壳亦應接地。

表面有炭粉时，应及时清理模孔內之残渣，否則会发生火花烧伤心綫。工作完了后，应及时切断电源开关，拆除电源。变压器如长期搁置未用，在使用前应测试綫圈的絕緣程度，以免受潮漏电，发生危險。

2. 直流电阻熔焊法

直流电阻熔焊法的基本原理是与前述一样的，仅电源改用汽車蓄電池，其它工具以及接焊操作方法与采用交流电阻熔焊法时相同。在人孔內操作时，可用一組蓄電池（三个蓄電池串連，电压为6伏）；在杆上操作时因引綫較长，压降較大，需要兩組蓄電池（串聯使用）。夹模鉗与夹綫鉗的引綫长度視工作条件而定。在地面操作时，有4米长的引綫即够，在杆上时，一般也是用8米左右的16平方毫米多股塑料絕緣軟銅綫。施焊前要首先检查蓄電池是否充足，电液比重应保持在1.20以上。初用时，必須經過反复試驗，細心調节电压、电流。电压、电流过大，将使接头发生过烧現象，

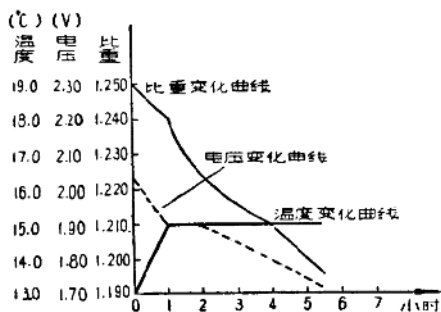


图9 6伏，112安时蓄電池焊接 $\phi 0.65$ 鋁綫的放电曲线：
1. 焊接过程中电液比重变化与時間的关系曲线；2.
焊接过程中蓄電池端电压变化与時間的关系曲线；
3. 焊接过程中电液温度变化与時間的关系曲线

熔焊的接头不光亮，发烏色；电压、电流小，則鋁导綫焊接不到一起。一般可接至8伏的正負极上，正极接夹模鉗，负极接夹綫鉗。在施焊时，心綫与碳棒間焊接点电压降約为2.5伏至3伏左右。每組電池可焊1300个头左右。

蓄電池用畢後應定期進行補充充電。圖9所示為6伏112安時，汽車蓄電池焊接 $\phi 0.65$ 毫米鋁心電纜心綫時之放電曲綫。

3. 操作時的注意事項如下

(1) 所用電源的内阻及接綫电阻，不應過高，以免增加壓降，影響焊接質量。

(2) 焊接電流不應過大，以免引起接頭過燒，即接頭沒有金屬光澤，表面呈烏黑色。在鋁綫燒熔時，應讓綫自然下降，不要用力向下擡，也不要保持不動，並使未熔的鋁綫位於已熔鋁綫的中央，即無單邊偏露現象。

(3) 每只焊接的接頭，應無假焊鬆動現象。焊珠應光滑牢靠，用手抹不掉。

(4) 用夾綫鉗夾心綫時，不可夾傷心綫；但也不可夾緊，以免在夾綫處跳火花，損傷心綫。

(5) 若連續操作，須注意不使銅手柄太熱，碳模不要伸出太遠，以免碳棒產生不必要的熱損耗。

(6) 焊好每一個接頭以後，必須進行外觀檢查，對不合格的接頭，應即剪掉，重行再焊。

(7) 其他接綫操作，與接續普通銅心電纜時相同。

(8) 在採用直流電源時，蓄電池應根據放電程度進行補充充電，並須加強維護，以延長使用壽命。

4. 性能試驗

(1) 冷熱循環試驗：

這種試驗是用人工方法，使心綫接頭在比正常运行條件更惡劣的環境下，使之加速老化，以鑑定其電氣性能優劣程度。北京市話局及郵電施工研究所兩單位合做了以下的試驗。

首先將用交流电阻熔焊法、直流电阻熔焊法焊好的綫頭各選取15個至20個，放入冰箱內，冷卻至 -25°C ，保持15分鐘，取出放

在室溫內 15 分鐘，再放至烘箱中，保持恒溫 60°C ，經 15 分鐘後，再从烘箱內取出放在室溫內 15 分鐘。如此冷熱循環，共做過 272 次循環。每 8 次循環，測量一次電阻值變化情況。所用測試儀器是 820 型便攜式凱文電橋。為了使測試數值準確起見，將每次測量的電阻值，代入(2)式，換算為 20°C 時標準室溫的阻值。

$$R_{20} = \frac{R_T}{1 + \alpha(T - 20)} \text{ 歐/米}, \quad (2)$$

式中： R_{20} 為在 20°C 時的電阻值，歐/米；

R_T 為在 $T^{\circ}\text{C}$ 時實測的電阻值，歐/米；

α 為電阻溫度係數（軟鋁線 $\alpha = 0.00407$ ）；

T 為測試時之室溫， $^{\circ}\text{C}$ 。

從所測得的結果來看，原始電阻值與老化以後的電阻值相比，稍有變化，但不甚大，至 100 次以後，阻值即漸平穩，變化很少。

(2) 電流沖擊試驗：

由於電力線的危險影響，可能在心線中通過大電流，因此進行了電流沖擊試驗。試驗電流為交流 5 安培，在室溫下進行。每次沖擊循環為 4 秒，每次通電 1 秒，停電 3 秒。北京市話局和郵電施工研究所，曾對試樣做了几十次沖擊試驗，情況良好，電阻值無顯著變化。

(3) 金相分析：

金相檢查的目的是進一步察看鋁綫表面及焊接部位是否存在雜質。根據北京市話局和郵電施工研究所所做的金相檢查，接頭的金相組織表面，焊頭內部的熔合質量較好，沒有顯著的氧化物雜質和氣孔裂縫等，接頭部分，已基本熔成一整體。

5. 結論

(1) 在有市電電源的地方，採用交流電阻熔焊方法，在沒有市電電源的地方，由蓄電池供電，採用直流電阻熔焊方法，均能解決

鋁心電纜綫心的連接問題。

(2) 經過理論分析和金相分析證明，在電阻熔焊時，由於採用了炭精熔模，不但加快了鋁綫的熔化速度，而且也有利於結晶過程，保證了焊頭內部的金屬質量，並可減少鋁綫焊頭部位嚴重過熱和過燒現象。

(3) 電阻熔焊的設備構造簡單，可組裝於箱內，便於攜帶搬運，便於推廣。

(4) 電阻熔焊法，易於掌握，便於施工，焊接時不需任何填充材料、套管或焊劑，因此成本低，對心綫無腐蝕作用，焊好後也不需要加工。

(二) 鋁套管壓接法

套管壓接法，實際上就是一種冷壓焊接的方法，即不借加熱、通電或化學反應，僅借金屬在冷壓時的塑性變形，而達到焊接的目的。

冷壓焊的特點是從焊接部位受擠壓出來的金屬，被焊接工具的特殊結構阻礙了流動，從而大大提高了被焊金屬單位面積上的壓力。這種壓力對於鋁可以達到 50—60 公斤/平方毫米。這樣大的壓力，不僅超過了金屬的屈服極限（軟鋁的屈服極限為 5.5 公斤/平方毫米）好幾倍，而且也遠遠超過了金屬的極限強度（軟鋁的極限強度為 8—11 公斤/平方毫米）。在這樣大的壓力作用下，一方面由於金屬的變形而產生強烈的再結晶，使接合面處出現共同的大晶粒；另一方面，由於金屬的沖擠摩擦產生粘附作用，所以可獲得連成一個的效果。

1. 材料及工具

(1) 鋁套管（配合 0.65 毫米鋁心綫二綫或三綫接續）規格如下：