

電業工人學習叢書(五)

母綫的加工和安裝

劉孝叔編著

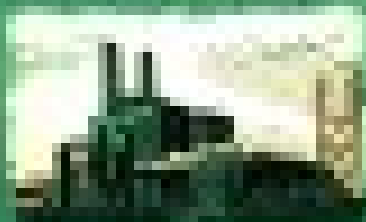


電力工業出版社

電力工業部電力出版社

母綫的加工和安裝

編 著 趙樹德



電力工業出版社

內 容 提 要

本書用通俗的文字簡明敘述在工業企業電氣設備安裝工作中，銅、鋁和鐵三種母綫的应用範圍，並着重地介紹鋁母綫的性能和作用。書中詳細地講述了母綫材料的選擇和加工，母綫的連接和焊接方法。書末並附錄關於母綫標準尺寸、焊材和熔劑的詳細資料，供工人在安裝工作中參考。

本書結合我國現場情況與安裝工人技術水平，有重點地介紹了蘇聯先進經驗，適合有高低文化程度的電氣安裝工人學習。

書號289

電業工人學習叢書(五)

母 綫 的 加 工 和 安 裝

劉 孝 叔 編 著

*

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市出版營業登記證出字第082號

北京市印刷一廠印刷 新華書店發行

*

編輯：金奎芳 校對：海冰

787×1092毫米開本 * 1號印張 * 31千字 * 印1—5,100冊

一九五六年一月北京第一版第一次印刷

定價(第7類)二角

目 錄

第一節 關於母綫的一般知識	2
第二節 母綫的加工	11
第三節 母綫的安裝	23
第四節 母綫的焊接	40
附錄 1. 鋁母綫的標準尺寸	50
附錄 2. 母綫的容許電流	51
附錄 3. 根據容許交流負荷電流而互相代用的各種母綫	52
附錄 4. 軟焊焊材的成分和用途	53
附錄 5. 軟焊用的熔劑	54
附錄 6. 電焊用的熔劑	55
附錄 7. 焊鋁用的焊鹽	56

第一節 關於母綫的一般知識

一、銅、鉄、鋁母綫的性質

母綫可以分成兩大類：一類是軟母綫；另一類是硬母綫。軟母綫多半用在电压較高的戶外变电所，工業企業的供电系統中很少应用，因此在这本書裏不準備講它。硬母綫通常用銅帶、鉄帶或鋁帶做成，这三种材料各有它的優點和缺點：銅的導电率很高，但價錢貴，銅的礦藏也比較缺乏；鉄的價錢虽低，但導电率較差，由於它的磁性，更產生許多惡果；鋁的導电率較高，價錢也不貴，礦藏也很丰富，但鋁的焊接比較困难，抗腐蝕的能力很差。为了進一步了解这三种材料的特點，我們把这三种材料的主要性質分別說明如下：

銅

在一般金屬中，銅的導电率僅次於銀，銅在空气中氧化得很慢，对酸和鹼腐蝕的抵抗性也比較强。但銅裏面只要含有微量的雜質，導电率就会大大降低。所以母綫用的銅必需是極純的銅，含銅量不得少於 99.9%，这种銅是把普通的銅用电解法精煉出來的。从电解槽裏取出的精銅是疏鬆的結晶組織，不能用來作母綫。所以还要把精銅熔成大約 80—90 公斤重的銅錠，然後再加熱輾压成各种尺寸的銅帶。

作母綫用的銅有兩種：一種是硬紫銅(MGT)；另一種是軟紫銅(MFM)。硬紫銅的機械強度很高，抗拉極限強度是34—39公斤/平方公厘。這種銅的比電阻比較大，可以大到0.0178歐·平方公厘/公尺，但延伸率很小，只有0.5—2.5%，所以加工起來比較困難。軟紫銅的機械強度比較小，抗拉極限強度是25—26公斤/平方公分，延伸率很大，不小於30—35%，它的比電阻比較小，不大於0.01754歐·平方公厘/公尺。

銅的其他性質見表1。

鐵

鐵是金屬中最便宜的一種。它的抗腐蝕性比較差，尤其是在潮濕的空氣中，很容易生鏽。但我們只要在鐵母綫上刷一層漆就可以補救這個缺點。

鐵的導電率比較小，比電阻是0.1—0.15歐·平方公厘/公尺。因為鐵是磁性金屬，電流通過時交變磁化和渦流的損失很大，因而鐵母綫的電壓降也比較大。

鐵的機械強度比較高，抗拉極限強度是70—80公斤/平方公厘，延伸率是5—8%。尺寸很小的鐵母綫能承受很大的應力，因此鐵母綫特別適合安裝在正常電流很小而短路電流很大的地方，這些地方如果用銅或鋁母綫時，往往要把尺寸加得很大，用鐵母綫就可以節省不少材料。

現在還有一種二合母綫，是在鐵的心子上加一層銅的外皮，這樣既可以省銅，還提高了機械強度，因而兼有了兩種母綫的優點。二合母綫的抗拉極限強度是55—70公

母綫材料的物

材料名称	苏 联 标 準	材料牌号	20 °C 時的比电阻 歐·平方公厘/公尺
硬 紫 銅	ГОСТ 434-41	МГТ	0.0172—0.0178
軟 紫 銅	ГОСТ 434-41	МГМ	0.01754
軟 鋁	ОСТ НКТП 5726/103	АМ	0.0295
硬 鋁	ГОСТ 5414-50	АТ	} 0.03—0.04
高 硬 鋁	ГОСТ 5414-50	АТТ	
鐵	ГОСТ 103-51	—	0.1—0.15

斤/平方公厘，延伸率不大於 2 %。二合母綫有兩種製法：一種是熱製法；另一種是冷製法。熱製法是把鉄錠放在特製的模型裏澆鑄上一層銅，然後輾壓成母綫；冷製法是把銅電鍍在鉄母綫上。

鋁

鑄鋁的比重是 2.6，經過輾壓之後增加到 2.7，只等於銅的比重 30 %。鋁很容易同空氣中的氧化合產生一層氧化鋁的薄膜。這種膜非常薄，但並不透空氣，所以形成一個保護層，使裏面的鋁不再受氧化。因此，鋁母綫在空氣中不會受到腐蝕。但鋁對酸或鹼的抵抗力很弱，在容易受到酸或鹼侵蝕的地方不適合用鋁母綫。

鋁的導電率僅次於銅，純鋁 (99.997 %) 的比电阻是 0.0263 歐·平方公厘/公尺。這種鋁的機械強度很低，抗拉極限強度只有 6 公斤/平方公厘。母綫用的鋁允許含有不多於 0.5 % 的雜質，使它的抗拉極限強度提高到 20—22

理和电气特性

表 1

20°時的电阻温度係數 每 °C	綫 膨 脹 係 數 (20—100°C範圍內)	20°C時容許彎曲应力 公斤/平方公厘
0.00382	0.000017	14 12
0.00403—0.00429	0.000024—0.000027	6
0.0036	0.000023	6.5 9
0.0045	0.000012	13—20

公斤/平方公厘。不同的雜質對鋁的導電率有不同的影響：鎳、鐵、矽、鋅對於鋁的導電率影響很小；鎂和錳對鋁的導電率影響很大。母綫用的鋁有軟鋁(AM)，硬鋁(AT)和高硬鋁(ATT)三種，它們的比電阻都差不多，軟鋁是0.0295 歐·平方公厘/公尺，硬鋁和高硬鋁是0.03—0.04 歐·平方公厘/公尺。

因為鋁母綫表面總有一層氧化薄膜，所以鋁綫與鋁母綫之間的接觸電阻比較大。特別要注意的是鋁和其他金屬，尤其是和銅接觸時，鋁很容易受腐蝕。在潮濕空氣中，鋁和銅相接觸就形成一個小的電池，鋁是陰極，因而腐蝕得快。所以鋁和銅接觸的地方不能直接用螺栓接觸連接，應當在鋁母綫上焊一塊銅的連接片，使銅與銅互相連接；或者在鋁接頭和銅接頭之間增加一塊銅鋁結合板，同時在接縫處一定要很好地加以保護(如塗漆)，以防止潮濕的空氣侵入。

二、銅、鉄、鋁三種母綫的經濟比較

銅是貴重金屬，它有許多重要的用途，尤其在國防工業上，是一項必不可少的材料。銅在地球上的儲藏很有限，比鉄和鋁的儲藏量小得多。根據對組成地殼各種元素的分析，鋁佔地殼重量的 7.45%，在所有的元素中佔第三位。鉄佔地殼重量的 4.20%，在所有的元素中佔第四位；而銅的含量則是非常少的。

鋁的導電率僅次於銅，而它的儲藏量多，比重小，機械強度大，加工方便，在空氣中能耐久，這些都是製造母綫的有利條件。鋁的比電阻比銅稍大，因此，為了保證同樣的電阻，鋁母綫的斷面必須比銅母綫的斷面稍大。根據它們的比電阻的比例，鋁母綫的斷面應該是銅母綫斷面的 $\frac{0.03}{0.0178} = 1.68$ 倍。但是鋁的比重只等於銅的比重 $\frac{2.7}{8.9} = \frac{1}{3.3}$ 。所以鋁母綫的重量只等於同樣長度，同樣電阻的銅母綫的重量的 $\frac{1.68}{3.3} = \frac{1}{2}$ 。即是說，鋁母綫的斷面雖然要比銅母綫的斷面加大 68%，但它的重量還比銅母綫輕 50%。

按照 1955 年我國價格，每一噸銅大約值 6500 元，而每一噸鋁大約值 7300 元，所以如果用鋁去代替銅的話，每一噸鋁可以代替二噸銅，這在投資上可以降低成本約 5700 元，而且替國家節約了寶貴的銅。

我們要問：如果用鉄來代替銅豈不是更便宜嗎？答覆是：有時更便宜，有時不便宜。鉄每一噸大約值 600 元，差不多是銅價錢的 $\frac{1}{11}$ ，但因為交變磁化和渦流的關係，

鉄母綫的断面有時要比銅母綫加大將近十倍，所以價錢就差不多了。

下面举个簡單的例子說明这問題：从本書附錄 3 的表裏可以看出， 25×3 公厘的銅母綫可以用 30×3 公厘的鋁母綫或 $60 \times 60 \times 6$ 公厘的角鉄來代替。这些母綫每 1000 公尺的價錢如下：

銅母綫 $0.025 \times 0.003 \times 1000 \times 8.9 \times 6500 = 4338.7$ 元；

鉄母綫 $0.120 \times 0.06 \times 1000 \times 7.8 \times 600 = 3369.6$ 元；

鋁母綫 $0.030 \times 0.003 \times 1000 \times 2.7 \times 7300 = 1773.9$ 元。

从这例子顯然可以看出，用鋁作母綫是最經濟的。假如母綫的正常負荷电流很小，在 100 安以下，那末用鉄母綫也比較經濟。

三、銅、鉄、鋁母綫的应用範圍

前面說過了，三種母綫中，使用鋁母綫是最經濟的。但是，鋁母綫不是在任何地方都可以用的，因此，应当首先弄清楚：什麼地方可以用鋁母綫；什麼地方不能用鋁母綫。根据苏联經驗，下列地方不能採用鋁母綫：

(1) 含有对鋁有腐蝕性物質的地方，如海边或化学工廠附近；

(2) 經常有震動的地方；

(3) 有爆炸性危險的地方；

(4) 电压超过 35 千伏的配电設備或容量大於 2000 千伏安的变压器上；

(5) 电流超过 200 安的蓄電池組的母綫。

在上述情況下，一般都必須採用銅母綫。除掉上述的情況之外，即是說，電壓在 35 千伏以下，沒有特殊要求的室內或室外母綫，都可以採用鋁母綫。鋁母綫的連接是一件很麻煩的事，所以在電流小或常常需要拆卸，或要求機械強度特別高的地方，採用鐵母綫可能是更經濟的。這些情況包括下列幾項：

- (1) 儀表變壓器的連接母綫；
- (2) 電流在 200 安以下的配電母綫；
- (3) 吊車滑行母綫。

四、母綫材料的檢查和矯正

母綫的材料，即銅帶、鐵帶和鋁帶，在截料加工之前應當普遍檢查一次。如果有不合格的地方應設法補救，把不好的一段去掉不用，或是當作較小斷面的材料來使用。檢查的項目如下：

(1) 機械強度試驗——這種試驗只要在一批材料中抽一個試樣來作就行。首先用布氏硬度計來測定母綫材料的機械強度。按照蘇聯標準 OCT 10241-40，硬度計的鋼球直徑應該是 5 公厘，壓力 250 公斤，壓 30 秒鐘。如果母綫材料的強度不夠設計時的計算標準，那材料就不能用，或者就是要求原設計者考慮設法補救使用。

然後把試樣對摺起來，彎曲處內側的彎曲半徑等於試樣厚的一半，如圖 1 所示。這時彎曲處不應發生裂紋或起層現象。否則就不合格。

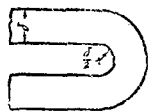


圖 1 彎曲試驗

(2) 外表檢查——檢查母綫材料的尺寸是否符合規定，表面是否平整光潔。按照苏联標準，母綫材料尺寸的容許差如表 2。

母綫材料尺寸的容許差

表 2

厚 度 公厘	厚度最大 容 許 差 公厘	寬 度 公厘	寬度最大 容 許 差 公厘	厚 度 公厘	厚度最大 容 許 差 公厘	寬 度 公厘	寬度最大 容 許 差 公厘
3—4	± 0.05	28—35	± 0.2	5—6	0.08	20—30	± 0.30
5—9	± 0.07	40—55	± 0.25	8—10	0.12	40—80	± 0.60
10—14	± 0.09	60—80	± 0.3	12—15	0.20	100—120	± 0.80
—	—	90—120	± 0.35	—	—	—	—

表 2 所列的容許差是指成批出廠的母綫材料而說的。如果只是个别的地方凹陷或殘缺，那末，缺陷部分的断面積比標準断面積不能小於下列數字：銅帶不能超過 1%，鋁帶不能超過 1.5%。

如果母綫材料表面上有氣孔，那末氣孔的直徑不能大於 5 公厘。氣孔的深度在銅帶不能大於 0.55 公厘，鋁帶不能大於 0.15 公厘。

如果母綫材料不符合上述要求時，只好把不合規格的一段去掉不用，或是當作較小断面的材料來用。

(3) 質量檢查——母綫材料中不能含有任何礦渣。如果在材料的表面或断面上發現有礦渣，那末这一段就必需去掉，不能使用。

(4) 弯曲的矯正——母綫材料必須是平直的。母綫材

料寬面的彎曲每公尺不能大於 10 公厘。母綫材料在運輸中很容易彎曲，所以在截料加工之前应当先把它矯正平直。如果現場裏沒有矯正台，可以利用一段槽鐵自己做一個矯正台。根據蘇聯斯大哈諾夫工作者列別傑夫的建議，槽鐵表面離地最好是 600 公厘。在它的一邊上，每 300 公厘畫一個刻度，寫上順序數字，以便很快的確定母綫材料彎曲的地方。矯正台如圖 2 所示。

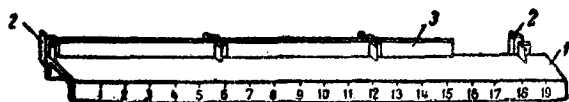


圖 2 母綫矯正台

- 1—槽鐵做的台，邊上有數字；
2—固定母綫材料的角耳；3—母綫材料。

列別傑夫的矯正方法如下：矯正寬面彎曲時，把母綫材料平放在槽鐵面上；矯正窄面彎曲時，把母綫材料立放在角耳之間。一個工人蹲下，眼睛與槽鐵面在同一水平面上。用眼睛看母綫材料彎曲的地方，利用槽鐵邊上的數字來說明彎曲的所在。

第二個工人把墊塊放在母綫材料彎曲處的上面，然後用錘打墊塊。墊塊是用銅或鋁做成，看母綫材料而定。墊塊的作用是保護母綫材料，使它不致於被敲打壞。

我國的安裝工人都歡喜採用更簡單的办法：只要一個工人，看見母綫材料與槽鐵不貼合的地方，就用木槌敲打，到它完全貼合為止。這方法的效果很好，只是木槌很容易打壞，需要大量的備品。

第二節 母綫的加工

一、母綫形狀和尺寸的决定

一般情况，在施工設計圖紙裏面都不包括母綫的加工製造圖。要在設計時確定母綫的詳細尺寸是有困难的。在苏联，曾經作过不少的努力，企圖在施工設計中，画出母綫的詳細尺寸，以便安裝前可以預先在加工廠按圖做好，但这問題始終沒有完全解决。這裏牽涉的是兩個問題：一个是土建施工尺寸的問題，即是說，土建施工設計尺寸的準確度远远不能滿足於母綫安裝的容許誤差；另一个是設備安裝尺寸的問題，設備安裝的容許誤差，也不能滿足於母綫安裝的容許誤差，同時在設計時，很可能設備還沒有到貨，它的詳細尺寸無法知道。因此，母綫的形狀和尺寸，往往需要由安裝工人根据現場实际情况來決定。

根据現場的实际情况來決定母綫的加工，当然不等於無原則的隨便決定。通常必須考慮下列幾項要求：

- (1) 母綫的長度要短，即是材料的用量最省；
- (2) 母綫的加工要容易，即是人工的消耗最少；
- (3) 母綫的安裝和拆卸要方便，即是在使用上最適合；
- (4) 母綫的排列要整齊，規則，不交叉，即是要美觀而且安全。

比方說，在做變壓器的低壓母綫時，如圖3所示。在

这种情况下，应该按照实线的方式来做。如果母线照虚线的方式做时，不但浪费了材料，做出来不好看，而且还不结实，装和拆都不方便。

在现场决定母线的尺寸时，只要考虑到母线两端接触面中心点的垂直和水平距离就行了。例如在图3的情况下，要决定母线 A_1A_2 的尺寸时，只要知道 A_2 比 A_1 高多少，在它左边多远和前面多远就够了。为了决定这

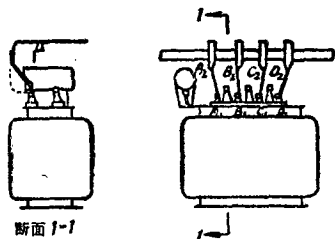


图3 变压器的低压母线
实线表示正确做法，虚线表示不正确做法

些尺寸，可以采用图4所示的办法。用一根木尺1放在变压器上空的瓷瓶上，尺端挂一条铅垂线2，使铅垂线恰好

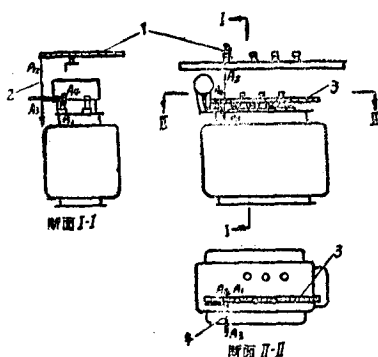


图4 尺寸的量法

通过接触面 A_2 的中心点。再用另外一根木尺3放在变压器的低压出线头上，使它的一面通过所有低压出线头的铅垂中心线。于是只要用一只角尺4，一边靠在这木尺上，另一边和铅垂线相接触，我们就得到图4中的 A_3 和 A_4 两

点。 A_3 到 A_4 的距离就是 A_1, A_2 两个接触面在前后方向的水平距离。 A_4 到 A_3 就是它们在左右方向的水平距离。

然後把角尺往下移，使它的上面與 A_1 接觸面的中心點在同一水平面上，那末鉛垂綫在角尺上面的長度，顯然就是 A_1, A_2 兩個接觸面的高差了。為了保證量出的結果準確，角尺上最好帶一個水準器，這樣 A_3, A_4 是準確的水平綫，量出的距離也就是正確的距離了。

尺寸的量法可以有很多，但原理都是一樣。總是利用鉛垂綫，木尺和角尺量出兩個接觸面中心點間前後、左右和上下的距離。

每一項工程一定有許多母綫尺寸需要量。這些尺寸應該一次在現場量出來，分別記錄清楚，帶回加工廠去放放大樣，然後照這大樣截料加工。因此，必須建立一定的記錄方式，把要在現場確定的項目都預先寫好，到現場只是照填就得了。這樣既不會把要量的東西忘了，也不會把許多尺寸混亂起來。根據這種要求，蘇聯的斯大哈諾夫工作者們想出了兩種辦法：一種辦法是把施工圖上需要在現場決定的尺寸註上字母，同時在圖下附一個表格，表頭上也寫上這些字母，下面留着空格。安裝工人把這圖帶到現場，照圖量出準確的尺寸，填在表格裏就成

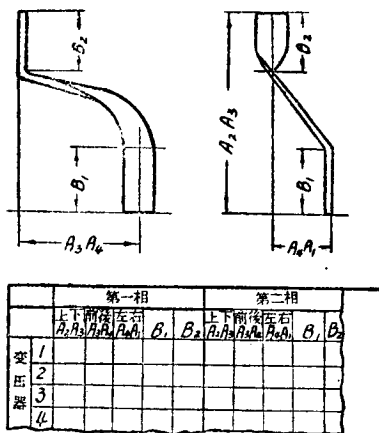


圖 6 量母綫尺寸用的記錄紙

了；另一种办法是在施工圖上附着小的紙片，上面畫着母綫的草圖和需要量的尺寸，同時也在圖下附一个有空格的表，以便把量出的尺寸填進去。

我國的設計圖紙上都沒有附那樣的表格，所以只好由安裝工人自己解決。如果我們把上述的办法应用到圖 2 的情形上，就可以採用如圖 5 所示的記錄紙。

在大多數情況下，母綫只需要兩個尺寸，即是上下和前後，或者上下和左右兩個距離。一般母綫兩端的接觸面是互相平行的，所以問題就更簡單了。在不同的情況下，應該採用不同的記錄紙。記錄紙上應該有適當的編號，以便容易查出它所記錄的是那一張施工圖上的母綫尺寸。

二、放样和圖綫

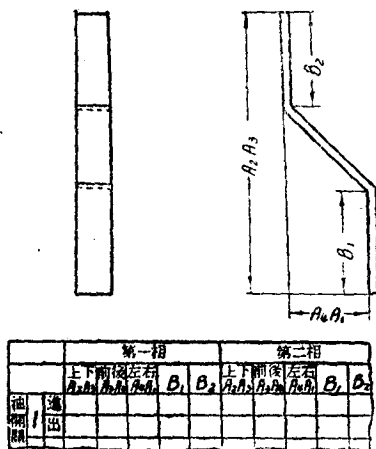


圖 6 母綫的草圖和尺寸的記錄

根据現場量出的尺寸，还不能直接進行母綫的截料加工，因为从那些尺寸裏看不出母綫究竟是多長。最好的办法是在加工廠裏照这些尺寸把母綫的实际形狀画出來，換句話說就是放大样。通常大样圖都是用石筆画在一塊大的鉄板上。鉄板很平滑，可以画得很準確，而且