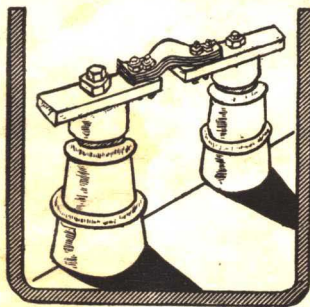


母綫的安裝

刘孝叔著

第二十三册

发电厂变电所电气工人叢書

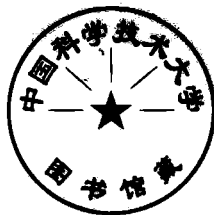


水利电力出版社

內 容 提 要

本書根據我國一般工廠配電系統常用的母綫型式，說明母綫加工和裝的方法。書中有重點地介紹了一些蘇聯的先進經驗，也介紹了一些創造。為了推廣鋁母綫，本書特別着重地敘述了鋁母綫的施工方法和接技術，並提到了一些新的不太成熟的方法。

本書適合於在現場施工的工人和初級技術人員參考之用。書末的都是在現場中很有用的資料。



母 綫 的 安 裝

劉 孝 叔 著

*

1115D321

水利電力出版社出版(北京西郊科學路二里溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第106號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本* 2 $\frac{1}{2}$ 印張* 57千字

1958年8月北京第1版

1958年8月北京第1次印刷(0001—7,100冊)

統一書號: T15143·145 定價(第9類)0.32元

出版者的話

隨着工農業的大躍進，各省、市、專區、縣和有條件的農業生產合作社都在迅速地建設着中、小型的發電廠和水電站，因之電氣工人的數目必將大量增加。為了適應電氣工人技術學習和工作的需要，我們出版社決定出版一套“發電廠和變電所的電氣工人叢書”。這套叢書共二十三本，內容包括：發電廠和變電所的電氣設備概論、發電機和調相機、電機的檢修和試驗、交直流電動機和勵磁機、發電廠和變電所的自用电、電力變壓器和調壓裝置、開關設備、配電裝置、電纜、電力整流裝置、蓄電池、繼電保护和二次回路、電氣儀表、發電廠和變電所的過電壓保护、發電廠和變電所的安全設備和用具、發電廠和變電所的自動控制和信號設備、發電廠和變電所的遙遠測量和遙遠調整、發電廠和變電所的通訊設備、發電機和電動機的安裝、電力變壓器的安裝、開關安裝和母綫的安裝等。文字通俗易懂，沒有高深的理論，並適當地附了一些插圖來幫助理解文字敘述；它能使具有高小至初中文化程度的電氣工人比較系統地從書中得到發電廠和變電所電氣設備的結構、性能、安裝、運行和維護等各方面的知識。

因為擔任這套叢書編寫工作的各位作者寫作進度不一，所以這套叢書將不根據原來的先後順序出版，而是根據作者脫稿的先後陸續出版。在編寫這套叢書時，我們考慮了叢書的系統性，也考慮了每冊的獨立性，所以不按順序出版，對讀者的影響不會太大。我們誠懇地希望讀者提出寶貴意見。

目 錄

第一章 关于母綫的一般知識	3
第一节 銅、鋁、銅母綫的性質	3
第二节 銅、鋁、銅三種母綫的經濟比較	6
第三节 銅、鋁、銅母綫的應用範圍	7
第四节 母綫材料的檢查和矯正	8
第二章 母綫的加工	11
第一节 母綫形狀和尺寸的決定	11
第二节 放樣和畫綫	14
第三节 母綫的剪切	17
第四节 母綫的彎曲	18
第五节 冲眼和鑽孔	21
第六节 接觸表面的加工	22
第七节 母綫加工的流水作業	23
第三章 母綫的安裝	27
第一节 母綫系統的安装方式	27
第二节 架空母綫的安裝	29
第三节 分支母綫的安裝	36
第四节 螺栓接觸連接	41
第五节 母綫的塗漆	50
第六节 竣工和清場	51
第四章 母綫的焊接	52
第一节 銅母綫的电焊	52
第二节 鋁母綫的电焊	55
第三节 銅對鋁的电焊	61
第四节 銅對鋁的閃光电焊	62
第五节 銅和鋁的气焊	67
第六节 銅和鋁母綫的壓接	69
第七节 鋁母綫的脂焊	77
第八节 銅母綫的焊接	78
第五章 質量檢查	79
第一节 母綫加工的質量檢查	79
第二节 焊接接頭的檢查	79
第三节 安裝后的質量檢查	82
附錄	83

第一章 关于母綫的一般知識

第一节 銅、鋁、鋼母綫的性質

母綫可以分成两大类：一类是軟母綫；另一类是硬母綫。軟母綫多半用在电压較高的戶外变电所，工业企业的供电系統中很少应用，因此在这本書里不准备講它。硬母綫通常用銅帶、鋁帶或扁鋼做成，这三种材料各有它的优点和缺点：銅的导电率很高，但价錢貴，銅的矿藏也比較缺乏；鋼的价錢虽低，但导电率較差，由于它的磁性，更产生許多恶果；鋁的导电率較高，价錢較便宜，矿藏也很丰富，但鋁的焊接比較困难，抗腐蝕的能力很差。为了进一步了解这三种材料的特点，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，銅的导电率仅次于銀，銅在空气中氧化得很慢，对酸和鹼腐蝕的抵抗性也比較強。但銅里面只要含有微量的雜質，导电率就会大大降低。所以母綫用的銅必需是极純的銅，含銅量不得少于99.9%，这种銅是把普通的銅用电解法精炼出来的。从电解槽里取出的精銅是疏松的結晶組織，不能用来作母綫。所以还要把精銅熔成大約80—90公斤重的銅錠，然后再加热軋压成各种尺寸的銅帶。

作母綫用的銅有两种：一种是硬紫銅 (МГТ)；另一种是軟紫銅 (МГМ)。硬紫銅的机械强度很高，抗拉极限强度是34—39 公斤/平方公厘。这种銅的比电阻比較大，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%，

所以加工起来比較困难。軟紫銅的机械强度比較小，抗拉极限强度是25—26公斤/平方公厘，延伸率很大，不小于30—35%，它的比电阻比較小，不大于0.01754歐·平方公厘/公尺。

銅的其他性質見表1。

表 1

母綫材料的物

材料名称	苏 联 标 准	材料牌号	20°C时的比电阻 歐·平方公厘/公尺
硬 紫 銅	ГОСТ 434-41	МЦТ	0.0172—0.0178 } 0.01754 }
軟 紫 銅	ГОСТ 434-41	МГМ	
軟 鋁	ОСТ НКТП 5726/103	АМ	0.0295
硬 鋁	ГОСТ 5114-50	АТ	} 0.03—0.04
高 硬 鋁	ГОСТ 5114-50	АТТ	
銅	ГОСТ 103-51	—	0.1—0.15

鋁

鑄鋁的比重是2.6，經過輾壓之后增加到2.7，只等于銅的比重30%。鋁很容易同空气中的氧化合产生一层氧化鋁的薄膜。这种膜非常薄，但並不透空气，所以形成一个保护层，使里面的鋁不再受氧化。因此，鋁母綫在空气中不会受到腐蚀。但鋁对酸或鹼的抵抗力很弱，在容易受到酸或鹼侵蚀的地方不适合用鋁母綫。

鋁的导电率仅次于銅，純鋁(99.997%)的比电阻是0.0263歐·平方公厘/公尺。这种鋁的机械强度很低，抗拉极限强度只有6公斤/平方公厘。母綫用的鋁允許含有不多于0.5%的杂质，使它的抗拉极限强度提高到20—22公斤/平方公厘。不同的杂质对鋁的导电率有不同的影响：鎳、鉄、硅、

鋅对于鋁的导电率影响很小；鎂和錳对鋁的导电率影响很大。母綫用的鋁有軟鋁(AM)，硬鋁(AT)和高硬鋁(ATT)三种，它們的比电阻都差不多，軟鋁是 $0.0295 \text{ 歐} \cdot \text{平方公厘/公尺}$ ，硬鋁和高硬鋁是 $0.03—0.04 \text{ 歐} \cdot \text{平方公厘/公尺}$ 。

因为鋁母綫表面总有一层氧化薄膜，所以鋁母綫与鋁母

理 和 电 氣 特 性

20°时的电阻温度系数 每°C	綫膨胀系数 (20—100°C范围内)	20°C时容許弯曲应力 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

綫之間的接触电阻比較大。特別要注意的是鋁和其他金屬，尤其是和銅接触时，鋁很容易受腐蝕。在潮濕空气中，鋁和銅相接触就形成一个小的电池，鋁是阴极，因而腐蝕得快。所以鋁和銅接触的地方不能直接用螺栓接触連接，应当在鋁母綫上焊一块銅的連接片，使銅与銅互相連接；或者在鋁接头和銅接头之間增加一块銅鋁結合板，同时在接縫处一定要很好地加以保护(如涂漆)，以防止潮濕的空气侵入。

鋼

鋼是鐵和炭的合金，也是金屬中最便宜的一种。它的抗腐蝕性比較差，尤其是在潮濕的空气中，很容易生鏽。但我們只要在鋼母綫上刷一层漆就可以补救这个缺点。

鋼的导电率比較小，比电阻是 $0.1—0.15 \text{ 歐} \cdot \text{平方公厘/公}$

尺。因为鋼是磁性金屬，电流通过时交变磁化和涡流的损失很大，因而鋼母綫的电压降也比较大。

鋼的机械强度比较高，抗拉极限强度是70—80公斤/平方公厘，延伸率是5—8%。尺寸很小的鋼母綫能承受很大的应力，因此鋼母綫特别适合安装在正常电流很小而短路电流很大的地方，这些地方如果用銅或鋁母綫时，往往要把尺寸加得很大，用鋼母綫就可以节省不少材料。

现在还有一种二合母綫，是在鋼的心子上加一层銅的外皮，这样既可以省銅，还提高了机械强度，因而兼有了两种母綫的优点。二合母綫的抗拉极限强度是55—70公斤/平方公厘，延伸率不大于2%。二合母綫有两种制法：一种是热制法；另一种是冷制法。热制法是把鋼錠放在特制的模型里浇鑄上一层銅，然后輾压成母綫；冷制法是把銅电镀在鋼母綫上。

第二节 銅、鋁、鋼三种母綫的經濟比較

銅是貴重金屬，它有許多重要的用途，尤其在国防工业上，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。根据对組成地壳各种元素的分析，鋁佔地壳重量的7.45%，在所有的元素中佔第三位。鉄佔地壳重量的4.20%，在所有的元素中佔第四位；而銅的含量則是非常少的。

鋁的导电率仅次于銅，而它的儲藏量多，比重小，机械强度大，加工方便，在空气中能耐久，这些都是制造母綫的有利条件。鋁的比电阻比銅稍大，因此，为了保证同样的电阻，鋁母綫的断面必須比銅母綫的断面稍大。根据它們的比电阻的比例，鋁母綫的断面應該是銅母綫断面的 $\frac{0.03}{0.0178} = 1.68$

倍。但是鋁的比重只等于銅的比重 $\frac{2.7}{8.9} = \frac{1}{3.3}$ 。所以鋁母綫的重量只等于同样长度，同样电阻的銅母綫的 $\frac{1.68}{3.3}$
 $= \frac{1}{2}$ 。即是說，鋁母綫的断面虽然要比銅母綫的断面加大68%，但它的重量还比銅母綫輕50%。

按照1957年西安价格，每一吨銅大約值6550元，而每一吨鋁大約值5240元，所以如果用鋁去代替銅的話，每一吨鋁可以代替二吨銅，这在投資上可以降低成本約7860元，而且替国家節約了寶貴的銅。

我們要問：如果用鋼来代替銅豈不是更便宜嗎？答复是：有时更便宜，有时不便宜。鋼每一吨大約值500元，差不多是銅价錢的1/13，但因为交变磁化和渦流的关系，鋼母綫的断面有时要比銅母綫加大将近十倍，所以价錢就差不多了。

下面举个简单的例子說明这問題：从本書附录3的表里可以看出，25×3公厘的銅母綫可以用30×3公厘的鋁母綫或60×60×6公厘的角鋼来代替。这些母綫每1000公尺的价錢如下：

銅母綫 $0.025 \times 0.003 \times 1000 \times 8.9 \times 6550 = 4375$ 元；

鋁母綫 $0.030 \times 0.003 \times 1000 \times 2.7 \times 5240 = 1271$ 元；

鋼母綫 $0.120 \times 0.06 \times 1000 \times 7.8 \times 503 = 2820$ 元。

从这例子显然可以看出，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，那末用鋼母綫也比較經濟。

第三节 銅、鋁、鋼母綫的应用範圍

前面說过了，三种母綫中，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，什么地方可以用鋁母綫，什么地方不能用鋁母綫。根据苏联經驗，下列地方不能采用鋁母綫：

(1) 含有对鋁有腐蝕性物質的地方，如海边或化学工厂附近；

(2) 經常有震动的地方；

(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于2000千伏安的变压器上；

(5) 电流超过200安的蓄電池組的母綫。

在上述情况下，一般都必須采用銅母綫。除掉上述的情况之外，即是說，电压在35千伏以下，沒有特殊要求的室內或室外母綫，都可以采用鋁母綫。鋁母綫的連接是一件很麻煩的事，所以在电流小或常常需要拆卸，或要求机械强度特別高的地方，采用銅母綫可能是更經濟的。这些情况包括下列几項：

(1) 仪表变压器的連接母綫；

(2) 电流在 200 安以下的配电母綫；

(3) 吊車滑行母綫。

第四节 母綫材料的檢查和矯正

母綫的材料，即銅帶、鋁帶、扁鋼和元鋼，在截料加工之前应当普遍檢查一次。如果有不合格的地方应設法补救，把不好的一段去掉不用，或是当作較小断面的材料来使用。檢查的項目如下：

(1) 机械强度試驗——这种試驗只要在一批材料中抽一个試样来作就行。首先用布氏硬度計来測定母綫材料的机械强度。按照苏联标准 OCT10241-40，硬度計的鋼球直径應該

是5公厘，压力250公斤，压30秒鐘。銅的布氏硬度應該是40~50公斤/平方公厘，鋁的布氏硬度應該是15~25公斤/平方公厘，鋼的布氏硬度應該是102~126公斤/平方公厘。如果母綫材料的强度不够設計时的計算标准，那材料就不能用、或者就是要求原設計者考虑設法补救使用。

然后把試样对摺起来，弯曲处內側的弯曲半徑等于試样厚的一半，如图1所示。这时弯曲处不应发生裂紋或起层現象。否則就不合格。

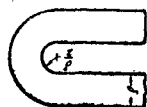


图1 弯曲試驗

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

表2 母綫材料尺寸的容許差

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	3—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厂的母綫材料而說的。如果只是个别的地方凹陷或殘缺，那末，缺陷部分的断面积比标准断面积不能小于下列数字：銅帶不能超过1%，鋁帶不能超过1.5%。

如果母綫材料表面上有气孔，那末气孔的直徑不能大于

5 公厘。气孔的深度在銅帶不能大于0.55公厘，鋁帶不能大于0.15公厘。

如果母綫材料不符合上述要求时，只好把不合規格的一段去掉不用，或是当作較小断面的材料来用。

(3) 質量檢查——母綫材料中不能含有任何矿渣。如果在材料的表面或断面上发现有矿渣，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。母綫材料寬面的弯曲每公尺不能大于10公厘。母綫材料在运输中很容易弯曲，所以在截料加工之前应当先把它矯正平直。如果現場里沒有矯正台，可以利用一段槽鋼自己做一个矯正台。根据苏联斯大哈諾夫工作者列別傑夫的建議，槽鋼表面离地最好是600公厘。在它的一边上，每300公厘画一个刻度，写上順序数字，以便很快的确定母綫材料弯曲的地方。矯正台如图2所示。

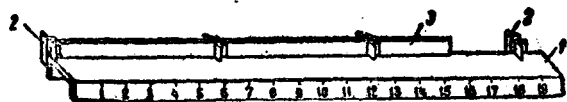


图2 母綫矯正台

1—槽鉄做的台，边上有数字；

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：矯正寬面弯曲时，把母綫材料平放在槽鋼面上；矯正窄面弯曲时，把母綫材料立放在角耳之間。一个工人蹲下，眼睛与槽鋼面在同一水平面上。用眼睛看母綫材料弯曲的地方，利用槽鋼边上的数字來說明弯曲的所在。

第二个工人把垫块放在母綫材料弯曲处的上面，然后用錘打垫块。垫块是用銅或鋁做成，看母綫材料而定。垫块的作用是保护母綫材料，使它不致于被敲打坏。

我国的安装工人都欢喜采用更简单的办法：只要一个工人，看見母綫材料与槽鋼不貼合的地方，就用木槌敲打，到它完全貼合为止。这方法的效果很好，只是木槌很容易打坏，需要大量的备品。

第二章 母綫的加工

第一节 母綫形状和尺寸的决定

一般情况，在施工設計图紙里面都不包括母綫的加工制造图。要在設計时确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，企图在施工設計中，画出母綫的詳細尺寸，以便安装前可以預先在加工厂按图做好，但这問題始終沒有完全解决。这里牽涉的是两个問題：一个是土建施工尺寸的問題，即是說，土建施工尺寸的准确度远远不能滿足于母綫安装的容許誤差；另一个是设备安装尺寸的問題，设备安装的容許誤差，也不能滿足于母綫安装的容許誤差，同时在設計时，很可能設備还没有到貨，它的詳細尺寸无法知道。因此，母綫的形状和尺寸，往往需要由安装工人根据現場实际情况来决定。

根据現場的实际情况来决定母綫的加工，当然不等于无原則的隨便决定。通常必須考虑下列几項要求：

- (1) 母綫的长度要短，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) 母綫的安装和拆卸要方便，即是在使用上最适合；

(4) 母綫的排列要整齐，規則，不交叉，即是要美觀而且安全。

比方說，在做变压器的低压母綫时，如图 3 所示。在这种情况下，应该按照实綫的样子来做。如果母綫照虛綫的样子做时，不但浪費了材料，做出来不好看，而且还不結实，装和拆都不方便。

在現場决定母綫的尺寸时，只要考虑到母綫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，要决定母綫 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

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，尺端掛一条鉛垂綫 2，使鉛垂綫恰好通过

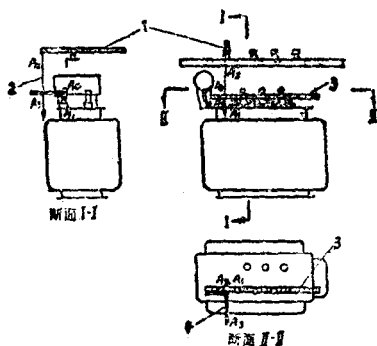


图 4 尺寸的量法

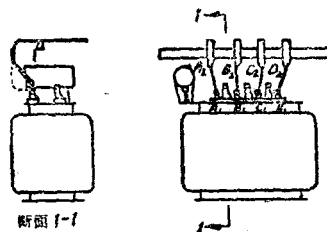


图 3 变压器的低压母綫
实綫表示正确做法，虛綫表示不正确做法。

接触面 A_1 的中心点。再用另外一根木尺 3 放在变压器的低压出綫头上，使它的一面通过所有低压出綫头的鉛垂中心綫。于是只要用一隻角尺 4，一边靠在这木尺上，另一边和鉛垂綫相接触，我們就得到图 4 中的 A_1 和 A_2 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_1 就是它们在左右方向的水平距离。然后把角尺往下移,使它的上面与 A_1 接触面的中心点在同一水平面上,那末铅垂线在角尺上面的长度,显然就是 A_1 , A_2 两个接触面的高差了。为了保证量出的结果准确,角尺上最好带一个水准器,这样 A_3 , A_4 是准确的水平线,量出的距离也就是正确的距离了。

尺寸的量法可以有很多,但原理都是一样。总是利用铅垂线,木尺和角尺量出两个接触面中心点间前后、左右和上下的距离。

每一项工程一定有許多母綫尺寸需要量。这些尺寸应该一次在现场量出来,分别记录清楚,带回加工厂去放出大样,然后照这大样截料加工。因此,必须建立一定的记录方式,把要在现场确定的项目都预先写好,到现场只是照填就得了。这样既不会把要量的东西忘了,也不会把許多尺寸混乱起来。

根据这种要求,苏联的斯大哈諾夫工作者們想出了两种办法:一种办法是把施工图上需要在现场决定的尺寸註上字母,同时在图下附一个表格,表头上也写上这些字母,下面留着空格。安装工人把这图带到现场,照图量出准确的尺寸,填在表格里就成了;另一种办法是

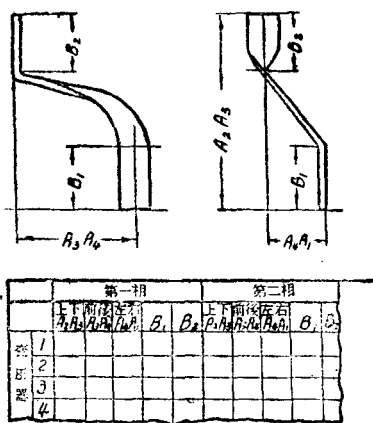


图5 量母綫尺寸用的記錄紙

母綫的草图和尺寸的記錄如图 6 所示，那末我們放大样时可
以先在鉄板上画两条垂直的平行綫，它們之間的距离等于尺
寸 A_1A_1 ，即是 150 公厘。再画两条水平的平行綫，和剛才的
两根綫垂直，它們之間的距离等于尺寸 A_2B_2 ，即是 530 公
厘。这样，我們就得到一个长方形，在这长方形的两个长边
上各取一段等于尺寸 B_1 和 B_2 ，即是 200 公厘，就得到母綫
弯曲的轉折点；把这两个轉折点連起来，就得到母綫的輪
廓；再把母綫的厚画上去，那就是母綫的大样图了。

为了求出母綫的长度，我們可以把大样图展开，如图 7
所示。先把母綫斜的部分的中綫画出来，用圓規把直的部分轉
到这条中綫上，好像把已經做好的母綫搬直一样。这样 MN 的
长度就是母綫的实际长度，截料时要照这长度来截。我們只
要用尺一量就知道这长度是 600 公厘。

如果母綫好像是图 5 所示的那样，那末，它的大样就无

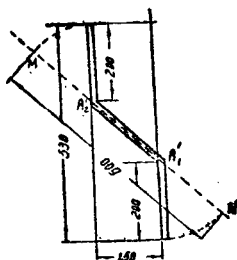


图7 大样的画法

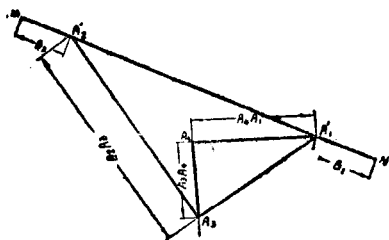


图8 展开图

法画出来，因为这根母綫是不平的，怎样也放不到一个平面
上去。在这种情况下，我們可以用图 8 的方法直接画出它的
展开图，以便确定需要多长的材料。图 8 的画法如下：先在
鉄板上画两根互相垂直的直綫，一横一豎，代表左右和前后方