

147826

731712

WDC

节约用铜丛书

621.315.3

铝芯绝缘导线的应用

王鼎铨 编

科技卫生出版社

鋁芯絕緣導綫的應用

王 鼎 銓 編

科技衛生出版社

內 容 提 要

鋁芯絕緣導線的使用日益廣泛，這本小冊子主要介紹了鋁芯絕緣導線的使用範圍，安裝方法以及連接與封端方法。作者具體介紹了鋁芯絕緣導線的性質，可以使用在什麼地方，那些地方不可使用，鋁芯絕緣導線安全載流量以及敷設方法。作者又結合本身工作經驗介紹了鋁芯絕緣導線連接與封端的方法，包括鉗焊、帶焊、壓接、冷壓焊等方法。這本小冊子可供安裝電工、工廠企業電工及有關技術人員在使用鋁芯絕緣導線時的參考。

鋁芯絕緣導線的应用

編 者 王 鼎 鈺

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市書刊出版業營業許可証出093号

大众文化印刷厂印刷 新华書店上海發行所總經售

統一書号: 15 · 782

(原科技版印4,500册)

开本 787×1092 1/32 · 印張 1 1/2 · 字數 29,000

1958年10月第1版

1958年10月第1次印刷 · 印數 1—4,000

定價: (9) 0.19 元

前 言

祖国在大跃进，一个技术革命的高潮即将到来。以铝代铜是国家的技术政策之一，是解决目前及将来铜的来源不足的关键性措施，这也是我们电气工作者的光荣任务。

以铝芯绝缘导线代替铜芯绝缘导线在国外已经获得了广泛的应用，关键性的技术问题都已得到了解决。在我国，铝芯绝缘导线的生产也日益增多，但是据了解在使用方面还不很广泛，有些单位不愿意或不敢使用，这除了对使用铝线的政治意义认识不足及思想保守以外，主要是因为使用单位及安装电工对铝芯绝缘导线的性能、安装方法特别是连接和封端方法不够了解。即使是已经使用了铝芯绝缘导线的单位，据本人所见，不少安装不妥，有的甚至在连接处简单地绞合一下就算了，这些安装虽在短期内还没有出事故，但对长远来说，终究是安全用电上的一个威胁。

随着祖国电气化事业的发展，铝芯绝缘导线肯定会得到非常广泛的应用。为了试图对推广使用铝芯绝缘导线的工作有所帮助，对安装电工、工厂企业电工、有关技术人员和管理人员在安装铝芯绝缘导线时能有所参考，参照了国内外一部分资料，并且结合本身在工作中的点滴经验，编写了这本小册子。

这本小册子首先介绍了铝芯线的性能，使大家了解后能针对铝芯线的特点在施工过程中加以注意。

其次，根据国家有关部门的规定，参照了国外一些资料，结

合了上海市公安局消防处几位工程师的意见及本人的意见，介绍了铝芯绝缘导线的使用范围，即那些地方可以使用铝芯绝缘导线，那些地方不允许使用，及那些地方建议不用或少用。这些范围，在具体执行时还需根据因事因时因地制宜的原则和遵照当地电业部门及消防部门的规定。并且，在铝芯线连接封端技术能充分为大家所掌握，和一些尚未最后解决的技术问题全部解决后，可以使用的范围肯定还会进一步扩大的。

第三，小册子介绍了铝芯绝缘导线的安装方法，包括在不同周围环境中的安装方法，那些安装方法是允许的和推荐的，那些安装方法是不宜的和禁止的。此外还演算了铝线代替铜线的关系，计算了不同导线不同敷设方法的安全载流量。

最后，介绍了铝芯绝缘导线的连接与封端方法，主要是钎焊、熔焊、压接及冷压焊四种方法。这些方法主要是在国外已成熟并得到了推广的方法，并参照了国内某些单位的经验及本人参与的几次试验。这些方法如何结合我国的具体情况及进一步加以提高和便于施工，以及某些未解决技术问题的解决，尚需广大电气工作者共同努力。

这本小册子篇幅较小，对上述内容特别是连接与封端方法，只能扼要加以叙述，并提出注意点。由于学识有限，对铝芯绝缘导线应用的研究了解也很少，内容不免有谬误或不妥当之处，热烈希望读者能加批评指正。

最后让我向在编写本书时所参考的各文献著者、译者表示谢意。

王鼎銓

于上海

目 录

一 鉛芯絕緣导綫的一般介紹·····	1
二 鉛芯絕緣导綫的使用範圍及安裝方法·····	5
三 鉛芯絕緣导綫的連接与封端·····	16
1. 錫焊(又称为錫焊、釐焊、燙焊)·····	17
2. 熔焊·····	26
3. 压接·····	32
4. 冷压焊(又称冷焊)·····	36

参考文献

一 鋁芯絕緣導線的介紹

銅是一種比較缺乏的有色金屬，地球上銅的儲量約只有鋁的儲量七百五十分之一，以鋁代銅已成為世界各國電氣工作者的共同努力方向。在我國，銅的生產雖解放以來有很大的增長，但還遠遠跟不上生產的需要；從一切方法節約用銅以滿足工業建設及國防建設中必須用銅部門的需要，也就成為一項重大的政治任務。由於鋁的導電率比較高，僅次於銅，因此在電綫的生產上也廣泛地以鋁代銅。

鋁的價格較低，雖然要用較大截面的鋁綫來代替較小截面的銅綫，施工也較困難，但是總的安裝費用仍然是降低的。據南京市某安裝單位介紹，單股鋁芯絕緣導綫可降低成本11~15%，多股鋁芯絕緣導綫可降低成本28~37%。因此，使用鋁導綫代替銅導綫也有重大的經濟意義。

但是，由於鋁具有下列特點，在鋁導綫的使用上必須加以注意，運用各種克服鋁綫缺點的辦法，這樣鋁導綫才能得到廣泛的應用。

首先，鋁有迅速與空氣中的氧化合的性能（特別是在潮濕的環境中及溫度較高如焊接熔接時），形成熔點很高（ 2060°C ，比鋁的沸點還高），導電不良的氧化膜（ Al_2O_3 ）。這種表膜雖保護了下面的金屬不再氧化，但在鋁導綫連接與封端時必須除去，否則要嚴重影響接頭與封端的質量。由於鋁的氧化迅速，生成的氧化膜熔點很高，又很堅牢，因此要完善地除去氧化膜是比較困

难的，并且在除去后还要防止在连接与封端过程中及日久运行中再被氧化。

因此，在铝导线的连接封端时必须审慎地除去氧化膜，严格按照规定工艺规程进行，接触面要很好密封，以充分保证连接与封端的质量。

良好的连接与封端可以保证连接与封端处的过渡电阻不超过甚至低于同长导线，通过负荷电流时温升也不超过甚至低于导线芯，上海电业局营业所曾进行了多次试验，也证明了这一点。但是当连接不良时，氧化膜没有很好除去或除去后再被氧化，过渡电阻往往超过同长导线甚多。上海电业局营业所曾试验过几个照一般铜线连接法绞接的 1/1.76 及 7/1.68 铝线接头（未上焊锡），连接处过渡电阻分别为同长导线的 15 倍及 2.5 倍，浸入盐水后一周再试，升达 28 倍及 4 倍。由于过渡电阻值升高很多，在负荷电流通过连接不良的接头或封端处时，就会严重发热，产生火灾危险。

导线最后温升与电阻成正比，即 $\tau \propto I^2 R$ ，如过渡电阻 10 倍于同长导线，理论上接头温升为导线温升的 10 倍（实际上散热表面积及散热系数起了变化，是不成严格的正比例的），即当室温为 25°C，导线温升为 30°C 时（导线芯温度 55°C），接头处温升可达到 300°C，即温度为 325°C，这是一个多么危险的温度！

从试验上也可以看出这一点。上海电业局营业所曾会同上海市公安局消防处试验过一个照铜线简单绞接未上焊锡的 1/1.76 铝线接头，在容许电流通过时，接头处温度达到 300°C（铝线与熔丝盒连接处用简单的螺丝压接，也达到差不多的温度）：当二倍容许电流通过时，不及半小时，接头处就发红而至熔化，这时如附近有易燃物，是很容易引起燃烧的。另外一个照铜

綫絞接而未上焊錫的 7/1.68 鋁綫接头，在容許電流通過後 15 分鐘，溫度也高達 254°C ；鋁綫與電器樁頭也用簡單螺絲壓接，亦達到 246°C 。

所以，由於鋁綫的連接與封端質量在我國尚不能得到完全可靠的保證，由於鋁綫與電器、電具的連接方法在我國尚未得到完滿解決，使用鋁綫時有一定的火災危險性，從而限制了它的使用範圍，某些場所還不能使用。

其次，使鋁溫度升高及熔解所需熱量較大，多出銅一倍左右（銅的比熱為 0.095 卡/公分 $^{\circ}\text{C}$ ，熔化熱為 50 卡/公分；鋁則分別為 0.22 卡/公分 $^{\circ}\text{C}$ 及 100 卡/公分），熔接及鑷焊鋁綫時就需要較多熱量，常用的噴燈一般不能用以熔接鋁綫。加以鋁的熱導率很高，達 0.52 卡/公分 $\cdot$ 秒 $^{\circ}\text{C}$ （雖不及銅，但較鋼高出二倍），因此在熔接或鑷焊鋁綫時，導綫的絕緣層有嚴重過熱危險，絕緣容易損壞，一般須加以保護，綫芯末端絕緣層清除長度也需要較銅芯導綫為長。

第三，純鋁綫的機械強度較差，不及銅綫的一半（極限應力：硬銅綫為 $34\sim 39$ 公斤/公厘 2 ，軟銅綫為 $21\sim 28$ 公斤/公厘 2 ；硬鋁綫為 $15\sim 17$ 公斤/公厘 2 ，軟鋁綫為 $6\sim 9$ 公斤/公厘 2 ），因此不能用在承受大拉力的地方及易受振動的地方。加以鋁的硬度較低，有可塑性，熱膨脹系數較大，易在壓力下特別是同時在溫度起伏的情況下變形，這樣會使鋁綫與電器、電具的接觸變壞，容易造成事故，因此在對供電可靠性要求特別高的地方也不宜使用軟鋁綫。

第四，鋁與銅連接處易形成破壞觸點的電偶，特別在潮濕的地方更容易如此。這是因為銅與鋁的電位差較大，連接處產生了電動勢相當高的局部電化現象，有電流從鋁流向銅，鋁導體便

会受到腐蚀,从而严重地破坏了触点。铝线与电器、电具连接处也容易发生这种现象,造成事故,这也是对供电可靠性要求特别高的地方不宜使用铝线的原因之一。这个特点也要求在铝线连接与封端时加以注意。

以上四个特点都要求我们对铝芯线的使用与安装特别加以注意,在某些地方限制使用,并且要严格按照规定进行连接与封端。

本文着重介绍铝芯绝缘导线的应用与安装,由于作者所见很有限,只能作一些不完整的介绍,起一些抛砖引玉的作用。

铝芯绝缘导线在国内已大量生产供应的为橡皮绝缘的仿 AHP 型(500 伏级),除线芯是经过鞣制的软铝制成(最近开始考虑用硬铝制线芯)外,其他与仿 HP 导线一样,都是棉纱浸渍编织橡皮绝缘的单芯电线。仿 AHP 导线的使用场所也与 HP 导线基本相同,可供固定装置在干燥的或潮湿的地方敷设 500 伏以下线路用。国内制造的单股有 2.5、4、6、10 方公厘,多股有 10、16、25、35(以上 7 股),50、70、95(以上 19 股),120、150、185(以上 37 股)及 240、300、400(以上 61 股)方公厘等截面,外形如图。



图 1 仿 AHP 型铝芯橡皮绝缘导线

国内即将生产供应的铝芯

绝缘导线有专供管内敷设用的铝芯橡皮绝缘导线(型号仿 AHP10,分 500 伏级及 1000 伏级二种)及铝芯聚氯乙烯绝缘导线(型号仿 AHPB,即通称胶质线)。

仿 AHP10 导线是用在干燥、潮湿及特别潮湿场所作固定管内敷设之用。仿 AHP10 导线有单芯、双芯、三芯、四芯及多芯(可多至 37 芯)。截面单芯的为 2.5~240 方公厘,双芯、三芯、四

芯的为2.5~120方公厘，多芯者13芯以下的为2.5~10方公厘，13芯以上至37芯的为2.5方公厘。三芯导线可具有附属的截面较小的接地线芯或中性线芯。单芯线的构造与仿AHP型基本相同，只是棉纱编织较密，并没有防腐剂。多芯线的构造如图2。

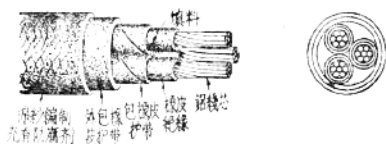


图2 仿AHP型铝芯橡皮绝缘导线

仿AIB导线为聚氯乙烯（即通称塑胶）绝缘的铝芯单芯电线，铝线芯外即为聚氯乙烯绝缘层，其外别无复盖。制造的截面为2.5~95方公厘。

二 铝芯绝缘导线的使用范围及安装方法

由于电流通过连接不良的铝线接头与封端处或铝线与电器、电具连接处时，会严重过热，有一定的火灾危险，加以铝线的机械强度比较差，因此铝芯绝缘导线仅许可在一定范围内使用。

铝芯绝缘导线的使用范围，各国规定不同，在不同时期也有不同规定。有些国家（如苏联）由于已完满地解决了铝芯导线与电器、电具的连接问题，铝芯线的使用范围是很广泛的。

在我国，从我国的具体情况出发，铝芯绝缘导线可以用作工厂、企业、住宅与公共建筑物的布线，但最小截面规定如下：

一、二、三级耐火等级建筑物内

（三级的天棚除外）

2.5 平方公厘

四、五级耐火等级建筑物内与

三级天棚内（明线敷设）

4 平方公厘

四、五級耐火等級建築物內与

三級天棚內(管內布綫)

2.5 平方公厘

在四、五級耐火等級建築物內使用鋁芯絕緣導綫的範圍,还要根据当地具体情况(主要是建筑密度和等級以及消防措施),遵照当地电业局及公安消防部門的規定。这也是从火灾危險角度出发。如棚戶区内的四五級耐火等級建築物就不宜使用鋁芯絕緣導綫。农村內由于建筑密度較小,建議四、五級耐火等級建築物內明綫敷設时也可以使用 2.5 平方公厘鋁芯絕緣導綫。

建築物耐火等級的划分,应根据国家建設委员会批准的标准-102-56“工业企业和居住区建筑設計暫行防火标准”的規定,并参照当地的补充規定。二、三級耐火等級建築物各部分最低耐火极限(小时)如下:

	二 級	三 級
承重牆与樓梯間的牆	3.00 小时(非燃燒体)	3.00 小时(非燃燒体)
骨架牆的填充材料	0.25 小时(非燃燒体)	0.25 小时(非燃燒体)
間隔牆	0.25 小时(非燃燒体)	0.25 小时(難燃燒体)
柱	3.00 小时(非燃燒体)	3.00 小时(非燃燒体)
樓板及閣頂樓板	1.00 小时(非燃燒体)	0.75 小时(難燃燒体)
无閣頂的屋頂 (不包括屋面)	0.25 小时(非燃燒体)	——(燃燒体)
防火牆	5.00 小时(非燃燒体)	5.00 小时(非燃燒体)
屋面(有閣頂)	(難燃燒体)	(燃燒体)
屋面(无閣頂)	(非燃燒体)	(非燃燒体)
樓梯(工业建筑)	1.50 小时(非燃燒体)	1.50 小时(非燃燒体)
樓梯(居住建筑、社会公 用建筑及輔助建筑)	1.00 小时(非燃燒体)	1.00 小时(非燃燒体)

注:耐火极限是指受到火力作用的建筑構件,在失掉支持能力、稳定性或发生穿透裂縫或与火对立表面的背面温度升高到 150°C 时所需的时间。

对新建建筑，應該以建筑設計部門的設計資料为依据。

一般說来，三級耐火等級建筑物的承重牆應該是厚度 14 公分以上的磚牆、混凝土牆或相当厚度的石牆和其他非燃燒体構成的牆，四周无木牆或木板抹灰牆，但隔牆除外。柱子應該是寬度 27 公分以上的磚柱、混凝土柱或鋼筋混凝土柱；鋼柱只有在 一层生产厂房和不使用可燃液体作燃料的丁、戊类生产（一般指金屬热加工或冷加工車間）的多层厂房中可以不保护，否則要有足够厚度的保护层；木柱即使为磚牆砌沒亦不許有。樓板及天花板可以用木制的，但下面应用鋼絲網或板条抹灰粉沒（樓板下面保护层厚度至少 2 公分）。无悶頂的屋頂及屋架可以是木結構，有悶頂的屋面也可以是燃燒体。樓梯應該是非燃燒体。

二級耐火等級建筑物，除隔牆、樓板、无悶頂的屋頂屋面均應是非燃燒体，有悶頂的屋面應該是难燃燒体外，余同三級耐火等級建筑物的要求。

对已建建筑物，为了便于掌握，建議凡建筑物四周承重牆及柱子是磚、石、鋼筋混凝土等非燃燒体構成（无木牆或木板抹灰牆，无外露木柱），樓板及樓梯下面有鋼絲網或板条抹灰粉沒的，均可認為符合三級耐火等級的要求。凡鋼鉄、鋼筋混凝土結構均可認為符合二級以上耐火等級的要求。

鋁芯絕緣導線不准許使用在有爆炸易燃性危險的厂房和仓库中（即相当于甲、乙类生产的厂房，特別是甲类生产厂房）不論建筑物耐火等級如何。不可以用作配電盤二次接綫。鋁芯絕緣導線可以用作电气裝置金屬外壳的保护接地綫及接另綫，不限場所，但地下部分及接近地面部分应除外。1000 伏及以下裝置的接地綫或接另綫，当使用鋁芯絕緣導線时，最小截面为 2.5 平方公厘（使用明裝裸鋁導線时最小截面为 6 平方公厘，对包在共

同的保护包皮中有相芯线的电缆或多芯导线的接地接另芯线则为 1.5 平方公厘)。

此外,并建议根据当地具体情况,对下列场所不使用或少使用铝芯绝缘导线:

1. 医院手术室及外科室;
2. 托儿所及幼儿园;
3. 剧场舞台及其他类似聚集人数众多的地方;
4. 藏书库、博物馆及图画陈列馆;
5. 煤矿矿井及选矿厂;
6. 在移动的装置上(如电车、火车厢中);

7. 在遭受经常性振动的地方,如桥梁上、吊车上、机器上。特别是消失电压后可能造成人身伤亡或损坏设备的重要处所,如平炉车间的浇钢起重机,提升用电磁铁等处,更不宜使用;

8. 散发对铝有腐蚀性的气体及蒸汽(或容易挥发的液体)的处所,如含有碱性的气体及液体的地方;

9. 有可能使铝线受到过度张力的装置,如节日彩灯当支持物间距离较大时。

软铝线的电阻率为 0.0295 欧-平方公厘/公尺,软铜线的电阻率为 0.01754 欧-平方公厘/公尺(均 20°C 时),因此同长同截面铝线的电阻为铜线的 168%;如电阻相等,则铝线截面应为铜线截面的 1.68 倍,亦即铝线直径为铜线直径的 1.3 倍。但因为铝的比重较小(铜为 8.9,铝为 2.7),同长同电阻的铝线虽较铜线粗些,但它的重量却比铜线约轻 50%。

导线的安全载流量决定于在该电流通过下导线的最后升温。最后升温与电流电阻的关系可表达如下式:

$$I^2 R dt = K F (\theta - \theta_0) dt = K F \tau_r dt,$$

即电流通过导线时所发出的热量 $I^2 R dt$ 等于散至周围介质热量 $K F \tau_y dt$, 此时导线温度不再升高。

上式中, τ_y ——最后温升, 等于导线温度 θ 与周围介质温度 θ_0 之差; I ——通过导线电流; R ——导线电阻; F ——导线表面积; K ——散热系数。

从上式可得

$$\tau_y = \frac{I^2 R}{K F}.$$

相同截面、外形及相同散热条件的铜芯线与铝芯线若容许温升相同, 则容许电流关系如下:

$$I_{\text{铝}}^2 \cdot R_{\text{铝}} = I_{\text{铜}}^2 \cdot R_{\text{铜}},$$

即

$$\frac{I_{\text{铝}}}{I_{\text{铜}}} = \sqrt{\frac{R_{\text{铜}}}{R_{\text{铝}}}} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{铜}}}{\rho_{\text{铝}}}} = \sqrt{\frac{0.01754}{0.02950}} = 77\%,$$

即铝芯线安全载流量为同截面铜芯线的 77%。

若安全载流量相同、温升相同、散热系数相同, 则铜铝导线关系如下:

$$\frac{R_{\text{铝}}}{F_{\text{铝}}} = \frac{R_{\text{铜}}}{F_{\text{铜}}},$$

但

$$R = \rho \frac{l}{A} = \rho \frac{l}{\frac{\pi}{4} D^2},$$

$$F = \pi D l;$$

式中: ρ ——电阻系数; l ——导线长度; A ——导线截面; D ——导线直径。

代入, 得

表 1 鋁芯絕緣導線的安 全 載 流 量

線芯截 面，平 方公厘	明 線 布 線		管 內 布 線				每管一根三芯 AlPPTO 三線		
	每管二根單 芯 線		每管三根單 芯 線		每管四根單 芯 線				
	無破耐 熱橡皮 絕緣線 (線芯 最大容 許溫度 55°C)	普通橡 皮絕緣 線或聚 氯乙稀 絕緣線 (線芯 最大容 許溫度 55°C)	無破耐 熱橡皮 絕緣線 (線芯 最大容 許溫度 55°C)	普通橡 皮絕緣 線或聚 氯乙稀 絕緣線 (線芯 最大容 許溫度 55°C)	無破耐 熱橡皮 絕緣線 (線芯 最大容 許溫度 55°C)	普通橡 皮絕緣 線或聚 氯乙稀 絕緣線 (線芯 最大容 許溫度 55°C)			
2.5	12(21)	12(17)	12(18)	12(15)	12(17)	12(14)	12(17)	12(15)	12
4	19(28)	19(23)	19(26)	19(21)	19(24)	19	19(21)	19	15
6	27(35)	27(29)	27(32)	25(26)	27(28)	23	27	23	19
10	45(52)	43	43	38	42	35	35	35	28
16	69	57	58	47	54	44	50	45	38
25	96	79	77	63	69	57	62	58	47
35	115	95	92	75	85	69	77	69	57
50	145	120	125	105	115	95	105	88	75
70	185	150	155	125	145	115	125	110	97
95	225	180	190	155	175	140	155	135	120
						125	165	145	120

120	260	215	215	175	195	160	175	145	200	165	170	140
150	300	245	245	200	225	180	—	—	—	—	—	—
185	345	285	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	410	335	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	475	385	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
400	565	460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注 1: 上表()内数值建議暫不广泛采用,特别是当年最大負荷利用小时数较大时,以免引起导綫与电具連接处过热。

注 2: 上表数值是指周圍空气温度为 35°C 时数值(上海地区一般即可采用此数值),若一年中最高温度一日平均温度超过或不足 35°C 时,应照表 2 校正。

表 2 导綫安全載流量温度校正系数

連續負荷的綫芯极限温度, °C	在周圍各种空气温度时的校正系数						
	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
普通橡皮及聚氯乙炔絕緣导綫, 55°C	1.22	1.12	1.00	0.87	0.71	0.50	
无硫耐熱橡皮絕緣导綫, 65°C	1.15	1.08	1.00	0.91	0.82	0.71	

注 3: 聚氯乙炔絕緣导綫芯最大容許温度在苏联 1955 年电工手册上为 70°C, 在我国, 制造厂产品說明尚不能肯定可达到此值, 故仍暫照苏联电气裝置安裝規程 (1957 年版) 55°C 計算。