

节约用铜丛书



鋁綫感應電動機的試制

上海市旋轉電機製造公司編

科學技術出版社

鋁綫感應電動機的試制

上海市旋轉电机制造公司編

科学技術出版社

內 容 提 要

本書為上海市旋轉電機製造公司所製各電機廠試制鋁綫電動機的總結資料。書中主要敘述了鋁鋼和鋁鋁焊接採用的工藝、鋁綫感應電動機的模樣試制、鋁綫感應電動機的初步設計及其經濟效果等問題，對在全國推廣採用鋁綫電動機以節約用鋼能起很大作用，適宜於電機廠工程技術人員和技術工人參考。

鋁綫感應電動機的試制

上海市旋轉電機製造公司編

科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 079 號

科學出版社上海印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

統一書號：15119·775

開本 787×1092 1/32·印張 11/16 插頁 1·字數 12,000

1958 年 8 月第 1 版

1958 年 8 月第 1 次印刷·印數 1—4,500

定價 (19) 0.15 元

目 录

一	发动試制鋁綫感应电动机的經過	1
二	鋁銅和鋁鋁焊接所采用的工艺	2
	(1)接头工艺的确定	2
	(2)接头的各种試驗	4
	(3)鋁导綫的拉伸問題	9
	(4)小結	10
三	鋁綫感应电动机的模样試制	11
	(1)設計所采用的措施	11
	(2)設計和試驗資料的汇总	11
	(3)試制結果的分析比較	11
四	鋁綫感应电动机的初步設計及其經濟效果	12
	(1)設計的中心思想和所采取的措施	12
	(2)初步設計的試算汇总和材料成本核算	14
五	初步总結	15

一 发动試制鋁綫感应电动机的經過

感应电动机制造需要大量銅材作为电磁綫之用。但銅的供应在我国是比較緊張的。国外銅供应較少的国家如捷克、民主德国等均有鋁綫感应电动机的生产。一般在質量上可以符合实用要求。

以鋁綫代銅綫制造电机，虽然能够解决銅材料供应緊張情况，但实现鋁的代銅，要首先解决保証質量的鋁銅焊接，高强度漆包鋁綫的生产，以及因鋁綫导电率較低所引起的設計更改等三項問題。过去技术人員思想顧慮較多，認為条件不够，因而思想上受到一定的約束，使鋁綫电动机的試制工作沒有順利进行。

在今年生产大跃进中，由于电机产量增加五倍，銅的供应更加緊張。因而領導局提出必須积极試制鋁綫电动机，以便在第三季度大量推广。同时公司各厂技术人員通过整风和双反运动，認識到鋁綫代用不仅節約用銅，而且是保証完成跃进指标的一个关键；加以中国电工厂的积极配合，保証高强度鋁綫的供应，使技术人員更鼓足干劲：一方面找資料、学經驗，初步确定鋁銅焊接的工艺方法；另一方面由感应电动机的生产厂分头按固有的生产分工試制了10种規格，包括了J与J0型电机的大部分机座。經過四十天的短促時間于五月一日前全部完成試制，成品性能全部符合規格。

最近已把鋁綫規格、数量提出进行小批投料，同时J、J0型使用鋁綫的电机規格也已經初步确定，設計原則經過討論，預备

在短期內把技術設計完成，以便在第二季度內能陸續投入生產。

鋁綫電動機的生產雖然在進行中還會有各種問題，但這一個在整風和雙反運動以後開花的新產品將在今後的生產里為國家節約大量的銅材。

以下幾節中將說明試制電機所確定的焊接工藝、試制結果、整個系列的初步設計的技术經濟核算以及今後進一步的努力方向。

二 鋁銅和鋁鋁焊接所採用的工藝

1. 接頭工藝的確定

鋁綫電動機的生產焊接是主要問題。一般鋁的焊接有以下三種方法：

(A) 冷接；

(B) 鑲焊；

(C) 點焊。

在開始的時候，由各廠自己去找方法。各廠研究和採用的方法，只有 A、B 兩種。

最初我們了解久新電機廠和永泰和電機廠是用特殊的點焊方法焊接細鋁綫，但估計在粗一些的鋁綫上就不能應用；後來新安電機廠從電焊公司所屬大南廠搞到了一些鋁電纜鑲焊條和熔劑，並按照它的說明書焊成了鋁銅接頭，結果，因為風焊的火頭溫度太高，把出綫的絕緣燒壞了。因此再研究試用高溫烙鐵（800 瓦）來焊接，得到比風焊為好的效果，絕緣也沒有損壞。在用烙鐵焊接的同時，還試用了一般焊錫，覺得比鑲焊條更好焊。

为了这个问题，我们去请教大南厂，大南厂的答复如下：

(A) 根据电缆研究室的试验结果，用特制焊条焊接的电缆拉断强度比用普通焊锡条好，例如 50 平方公厘 19 股绞线用特制焊条焊接后的拉断力为 400 公斤，而用普通焊锡焊接时，拉断力则不到 300 公斤。

(B) 普通焊条中，锡和铝的电位差较大；而在特制焊条中加有锌和镉作媒介，可以减少这种缺陷。

(C) 特制焊条的熔渣虽较多，但这种熔渣是水溶性的，可以用毛刷蘸水或酒精刷洗，干燥后，外面再加镀普通焊锡，可以增加保护作用和外觀光洁。

(D) 铜线可用松香，不必用特制焊剂。

(E) 铜线上的焊锡，应该要厚一些。

后来经过大家现场讨论，得出以下的焊接工艺：

(A) 铝线绞圈采用每组连续，这样可以减少铝和铝的焊接工序。

(B) 铝与铝的焊接方法如下：

(1) 单根铝线焊接：将铝线外包绝缘漆层刮清（约 15 公厘长），并用乙炔把二端顶接焊成一直线。

(2) 每根铝线焊接：将铝线外包绝缘漆层刮清（约 15 公厘长），并用细铜线把它扎牢后修齐它的顶端（不可以用绞紧的方法），用乙炔将其焊在一起。

(3) 揩去灰尘，包扎黄蜡布或套上黄蜡管。

(C) 铝与铜的焊接方法如下（焊料、焊剂暂用大南电焊材料厂出品的铝电缆镉焊熔剂和镉焊条）：

(1) 电动机出线端一律采用铜线。在焊接过程中必须先將铜线与铝线独立焊接做成预制接头。然后将预制接头的铝线的

一端与电机的鋁綫焊接，这样做是为了銅鋁焊接处熔剂余渣容易去掉，防止腐蝕。

(2) 銅綫截成需要尺寸，刮去表面絕緣約 50 公厘長，清洁銅綫的表面，涂上焊錫（一般的焊錫代用）。

(3) 將鋁綫截成 200 公厘長，并將表面絕緣漆刮去，要刮得絕對清洁，不能留下余漆（刮去表面絕緣漆約 25 公厘長）。

(4) 和預先涂好錫的銅綫用細銅絲扎牢。

(5) 涂上已溶化的鋁電纜鐵焊熔剂（熔剂在使用前用酒精調成糊狀）。

(6) 用噴灯或双电热絲烙鉄加热，使熔剂热到冒白烟为止，（目的是破除氧化层）。

(7) 此时將鋁電纜鐵焊条熔在焊接处，使銅鋁接头处充满焊料，不能有空隙（如一次不能全部涂滿，可再加熔剂再焊），同时注意是否焊透。

(8) 趁上述焊料未硬化前再涂上一层普通焊錫，这样可保持焊料不起电解作用。

(9) 焊好的接头必須用清水或酒精洗清，因焊料与熔剂受空气接触后，能將鋁綫腐蝕。

(10) 待洗清的接头干燥后，涂上一层稀釋的瀝青（厚厚的一层），使空气不与焊接处接触，以免使焊接处腐蝕和脫錫。

(11) 待漆膜干后，包扎黃蜡布双叠一层或套黃蜡管二层。

2. 接头的各种試驗

准备鋁銅接头試样給以通电、化学腐蝕等考驗，从測量到的接头間电阻来檢查接头有无損坏。

(A) 試样：取直徑 1.68 公厘長 100 公厘的漆包鋁綫三根和

直徑 1.68 公厘長 110 公厘的銅綫六根，焊接成一根中段為鋁綫、兩端為銅綫的導體，它的總長為 280 公厘，如圖 1 所示。鋁銅綫焊接處是先用細銅綫扎牢後，再行鐵焊；並且在二根銅綫出頭處，還焊有二只銅接頭。

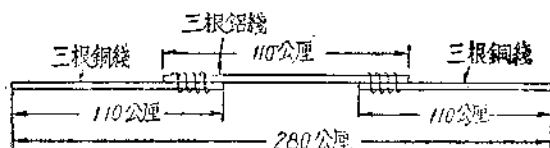


圖 1

試樣共有六根，分別編以 1、2、3、4、5 和 6 號。

在每根鋁綫和焊接處，都塗有瀝青，並包以二層雙疊黃蜡布。

(B) 焊接方法：採用上面所講的鐵焊連接。

(C) 試驗方法：從下述四方面進行：

(1) 沖擊電流試驗：取試樣 1 和 2 二根在室溫下，按額定電流每平方公厘 3 安培之七倍起動電流（共 140 安培）斷續沖擊，斷續時間每次相隔 5 秒鐘，在空氣中和含量為 1% 的酸鹼溶液中分別試驗之，並且每隔 100~200 次測量一次直流電阻，它們的記錄如下：

(甲) 在空气中(电阻用毫欧作单位)

试样编号	未冲击前在 室温 21°C 时的电阻	冲击 100 次 后在室温 25°C 时的电阻	冲击 200 次 室温为 25°C 时的电阻	冲击 300 次 室温为 25°C 时的电阻	冲击 400 次 后室温为 25°C 时的电阻	冲击 500 次 后室温为 25°C 时的电阻	冲击 600 次 室温为 25°C 时的电阻	冲击 800 次 后室温为 18°C 时的电阻
1	0.910	0.887	0.862	0.908	0.894	0.888	0.850	0.897
2	0.932	0.902	0.922	0.900	0.908	0.892	0.892	0.930

铂丝线在冲击 200 次后的温度为 110°C

(乙) 在酸碱溶液中(电阻用毫欧作单位)

试样编号	溶 液	未冲击时在室 温为 18°C 时 的电阻	冲击 100 次后 室温为 19.5°C 时的电阻	冲击 200 次后 室温为 19.5°C 时的电阻	冲击 400 次后 室温为 20°C 时的电阻	冲击 600 次后 室温为 23°C 时的电阻	冲击 800 次后 室温为 24°C 时的电阻
1	在酸液中	0.897	0.861	0.879	0.857	0.872	0.878
2	在碱液中	0.930	0.895	0.888	0.895	0.905	0.895

(2) 抗热試驗:取試样 3、4、5 和 6 共四根,在恒温箱中加热到 105°C ,并且延續 5~10 分鐘后取出,放在空气中自行冷却。每次热冷周期共为 15 分鐘。在冷却后的直流电阻为:

試样	未加热时 在室温 21°C 时的 电阻	热 冷 5 次后 21°C 时 的电阻	热 冷 10 次后 23°C 时 的电阻	热 冷 20 次后 25°C 时 的电阻	热 冷 30 次后 25°C 时 的电阻	热 冷 40 次后 25°C 时 的电阻	热 冷 50 次后 25°C 时 的电阻	热 冷 60 次后 19.5°C 时的电阻	热 冷 80 次后 23°C 时 的电阻	热 冷 100 次后 25°C 时 的电阻
3	0.903	0.933	0.880	0.857	0.861	0.849	0.841	0.849	0.855	0.873
4	0.931	0.936	0.867	0.895	0.859	0.856	0.858	0.851	0.880	0.883
5	0.903	0.950	0.851	0.850	0.840	0.837	0.841	0.841	0.838	0.845
6	0.917	0.942	0.859	0.849	0.859	0.846	0.842	0.848	0.853	0.847

(3) 抗电流抗热試驗：試样 3、4、5 和 6，在作抗热試驗以后，立即进行抗电流抗热試驗。

試驗是在恒温箱中加热到 105°C ，同时还通以 20 安培（以每平方公厘 3 安培計算而得）交流电流，在相隔 5~10 分鐘后，取出試驗，并且放在四种不同的冷却液中进行冷却。其中試样 3 是始終放在 1% 的酸溶液內冷却；試样 4 是放在 1% 的碱溶液內冷却；試样 5 是放在 1% 鹽水中冷却；而試样 6 是在水中冷却。

每次試驗周期为 15 分鐘，在冷却时，仍旧通以 20 安培交流电。

在每隔数次热冷試驗后的直流电阻如下：

試 样	冷 却 环 境	未加热时 在 25°C 时的电阻	热 冷 5 次后在 25.5°C 时的电阻	热 冷 25 次后在 23.5°C 时的电阻	热 冷 45 次后在 23.5°C 时的电阻	热 冷 55 次后在 23°C 时的电阻	热 冷 75 次后在 25°C 时的电阻
		毫 欧					
3	酸液	0.873	0.837	0.865	0.894	0.890	0.918
4	碱液	0.883	0.866	0.876	0.874	0.897	0.913
5	鹽水	0.845	0.838	0.851	0.901	0.890	0.914
6	水	0.847	0.845	0.847	0.851	0.873	0.887

(4) 抗張試驗：取試样 6 和另外二根不同扎綫焊接的鋁銅导綫（这二根鋁銅导綫的編号为 7 和 8，并且采用二根直徑 1.68 公厘、長度 110 公厘的鋁綫和同直徑的二根銅綫相焊接，它的焊接方法除了不用銅綫外，都和上列六根試驗相同）进行拉力試驗，其結果如下：

(甲) 6 号試样（即三根 $\phi 1.68$ 公厘鋁綫和三根 $\phi 1.68$ 公厘

銅綫焊在一起的試样): 它的每一个焊接头, 都进行一次拉力試驗, 并且分別在 72.5 公斤和 85 公斤时拉断。至于鋁綫的拉断地位是在鋁銅焊接处附近。

(乙) 7 号試样 (即二根 $\phi 1.68$ 公厘鋁綫和二根 $\phi 1.68$ 公厘銅綫焊在一起的試样): 在它的二个接头上, 都进行一次試驗, 并且分別在 50 公斤和 61.5 公斤时拉断。至于鋁綫的拉断地位也是在鋁銅焊接处附近。

(丙) 8 号試样 (即二根 $\phi 1.68$ 公厘鋁綫和二根同直徑的銅綫焊在一起的試样): 在它的二个接头上, 都进行一次試驗, 并且分別在 53 公斤和 64 公斤时拉断。至于拉断地位也在鋁銅焊接处附近。

3. 鋁導綫的拉伸問題

鋁的彈性限度要比銅低, 通常只有 5 公斤/平方公厘左右, 所以在繞制过程中的拉伸問題就有研究一下的必要。我們是選擇了直徑比較細的鋁綫 $\phi 1.12$ 公厘来进行試驗, 試驗分二方面进行:

(A) 用手繞綫机进行繞綫——公司所屬大部分工厂, 都是采用这个繞綫方法。試驗結果, 并未发现有拉伸現象。

(B) 用电动繞綫机进行繞綫——这种繞綫方法的拉力, 要比手繞时大得多。

用电阻法比較时, 发现鋁綫在未曾加工前, 其直流电阻为 1.985 欧 (室温为 21°C); 而在加工以后, 其直流电阻在同一室温下, 增加到 2.061 欧, 于是, 鋁綫的延伸率为

$$1 - \frac{L_2}{L_1} = 1 - \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = 1 - \sqrt{\frac{2.061}{1.985}} = 1.90\%,$$

式中 L_1 ——在繞綫以前的鋁綫長； L_2 ——在繞綫后的鋁綫長；
 R_1 ——在繞綫以前的鋁綫直流电阻； R_2 ——在繞綫后的鋁綫直流电阻。

4. 小 結

根据上面的几种試驗，我們可以得出下列几个結論：

(A) 用上述方法焊接的鋁銅導綫，在經過冲击电流 1600 次（其中 800 次是在空气中；800 次是在酸碱溶液中）和冷热試驗 200 次后，除了浸在碱溶液內的黃蜡布受到浸潤外，始終沒有見到扎綫松动、焊接裂开和接触不良的現象；由此可以說明，这种焊接方法在正常情况下，是可以忍耐温度变化和長时期的直接起动冲击，不会引起脱焊和裂开的故障。

(B) 涂有瀝青并且外面包扎黃蜡布的鋁銅接头，对于酸碱溶液的作用較小，在短时期內不会发现腐蝕現象。

(C) 鋁綫在受到高温以后，其机械强度就要显著下降。这可以从上述三根鋁銅焊接綫的拉力試驗中，断裂都在焊接附近看出；所以在焊接时，希望温度愈低愈好。

(D) 由 (A) (B) (C) 三段小結可以看出，采用鑲焊熔剂和電纜鑲焊条將鍍錫銅綫和鋁綫焊在一起，并且在涂好瀝清后，外面加包二层双叠黃蜡布的方法，在目前情况下是比較可靠的。

(E) 試制鋁綫在繞綫时，无严重的拉伸現象出現；估計是因鋁綫冷拉的緣故。

(F) 鋁綫在經過几次曲折后，于焊接处常发现焊錫裂开的現象；所以不用細銅綫扎紧之鋁銅接头，在使用时是不大可靠的。

(G) 由于这次試驗時間不長，采用这种焊接方法的鋁銅接

头对于潮湿空气的影响，我們还不能得出一个肯定的結論。最近准备用硅有机漆絕緣繼續进行試驗，使接綫耐潮湿的情况能进一步明确。

三 鋁綫感应电动机的模样試制

1. 設計所采用的措施

鋁綫电动机的模样試制，为了發揮各厂技术人員的独立思考，我們采用了分散設計，集中审查的办法，从而加速了試制的进行，能在“五一”之前試制出来，完成光荣任务。鋁綫部分統一采用高强度漆包綫交給中国电工厂加工。同时由于各厂分头設計，設計思想各有不同。有的适当放大了定子槽形，并略微增加了長度，如 55 匝 4 极、14 匝 6 极等；有的为了維持槽形不变，电負荷 A 减少，以致長度加了很多，如 0.2 匝、0.6 匝等；有的减少槽数以减少絕緣，如 1.7 匝 4 极。虽然限于当时具体情况无法統一設計思想，但也可以从試制記錄看出在不同設計情况下的性能指标。

2. 設計和試驗資料的汇总

10 种模样电机的主要尺寸和参数以及試驗記錄分析，汇总如表 1 及表 2。

3. 試制結果的分析比較

設計采用的气隙磁通密度为原来 1957 年改型設計的 88~102%，而电負荷只有原来的 71~100%。一般都把电負荷改小

得多,电流密度为原来的 59~80%,平均比鋁銅导电比 61% 高,相对地电流密度增加。

試驗結果 $\cos \phi$ 比原来低 6% 到高 3.6%, 平均与原来差不多。效率 η 比原来低 3.6% 到高 2.5%, 平均比原来低。定子銅損是原来的 103~134%, 普遍增加, 但从温升来看除久昌的 1.7 瓩的一只因定子銅損增加 34% 而达 67.5 度外, 都比较低。估計是因为用鋁导綫后, 綫的散热面积增大, 对温升有利。

总结这次試驗, 各厂以大跃进的精神进行設計和学习焊接, 短时期内解决问题, 生产出电机来。在設計上大家沒有充分考虑, 故設計思想不一致, 材料耗用指标差别很大, 性能指标也如此。焊接方面新安先学到焊接方法, 后来通过現場交流座談, 先到大南电焊材料厂去学习, 再到電綫研究所去請教, 逐步提高和推广, 前后不出一个月, 各厂都能进行焊接。但工艺考虑尚不够周到: 如直接与銅電綫焊接沒有全部采用預制接头等等。

四 鋁綫感应电动机的初步設計及其經濟效果

1. 設計的中心思想和所采取的措施

这次鋁綫电动机的設計, 公司提出二項要求, 并在 57 年上海地方厂統一設計的基础上加以修改。这二項要求是: (1) 机座尺寸容量配合采用原来的 J、JO 技术条件一样; (2) 力能指标也采用原来的 J、JO 技术条件。从模样試制的記錄和設計数据中导出我們的設計思想:

(A) 采用鋁綫的感应电动机的范围确定为 J 型 5 至 9 号机

座及 J0 型 5 至 7 号机座，都包括 2 至 8 极（5 号八极除外），共計 58 个规格。因为在这些范围内現有設計都用單紗漆包綫和双紗包綫，在改用高强度漆包鋁綫后絕緣可以减少。5 号八极及 4 号以下机座原来用漆包綫，如改用鋁綫須增加很多鉄片，經濟上太不合算。8 号以上的 J0 型电机原設計采用 B 級絕緣，沒有适当的鋁綫材料供应，因此也不考慮。

(B) 槽絕緣改用聚酯薄膜青壳紙（相当于美 Mylar 薄膜），5 至 7 号机座用 0.23 公厘，8 及 9 号机座用 0.3 公厘厚度，但仍作 A 級絕緣办理。这样做法使耐压加强，提高質量，同时进一步减少槽絕緣節約鉄皮。聚酯薄膜国内尚未生产，拟先向国外訂購使用一定时期，再要求国内塑料厂生产自給。材料成本增加不多。

(C) 綫負載 A ：由于（1）1957 年設計 A 已很低，不宜再繼續降低而加大起动电流；（2）用鋁綫占槽面积已比銅綫多，若增加 A 值，槽形过分改大，影响磁密亦不恰当；（3）高强度漆包鋁綫亦国内新产品，不增加 A ，維持較低温升水平，亦有利于电机的寿命；因此綫負載 A 值基本上全部照原設計不变。

(D) 气隙磁密 B_0 一般下降約 3~5%。这样可弥补因定子槽形改大所引起的齿及轆磁密增加，和轉子改用鑄鋁，槽形增大的鉄磁密增加。在这种情况下鉄心放長了 5%，对功率因数、起动电流、效率均有一定的帮助。同时因磁路不高度飽和，产品質量容易均匀，長期使用后之單边磁拉力也不致过大。

(E) 电流密度 J 一般按鋁銅导电率折合后均提高 5% 左右。使槽形增加不致过大。估計由于鉄心放長和电密增加，將使定子繞組損耗增加 7% 左右，但对效率影响不大。个别槽滿率特別低的，則將 J 仍照原值，使保持較高之效率。