



全民节约用电 全民兴办电站

簡易感應发电機 的 制 作 與 运 行

· 撫順发电厂办电經驗介紹 ·

郭 嘉 毅 編



辽宁人民出版社

简易感应发电机的制作与运行

郭嘉毅 编

☆

辽宁人民出版社出版（沈阳市沈阳路二段宫前里2号） 沈阳市书刊出版业营业许可证文出字第1号
旅大日报印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

787×1092毫米 $\frac{1}{32}$ ·1 $\frac{1}{4}$ 印张·17,000字·印数：1—10,000 1958年11月第1版
1958年11月第1次印刷 统一书号：15090·93 定价(5)0.11元

目 录

第一章	大家都来办电	1
第二章	普通发电机有那几种	3
一、	交流同期发电机	4
二、	直流发电机	4
三、	感应发电机	4
第三章	怎样作簡易感应发电机	5
一、	定子木架	6
二、	鉄心冲片	7
三、	定子鉄心組装	8
四、	定子繞組	11
五、	轉子	14
六、	端盖	15
七、	电机总装配	16
第四章	运行和維護	17
一、	簡易感应发电机併入电力系统发电	17
二、	簡易感应发电机用电容器励磁 而不与电力系统併列运行	18
三、	試驗結論	21
四、	运行和維護中的注意事項	21

第一章 大家都來办电

自从省、市委号召电力抗旱，大搞全民办电以来，撫順发电厂在党委的领导下，开展了以挖掘設備潛力，多发少用，及土洋結合大搞发电設備为中心的办电高潮。三个月来，我厂挖掘設備潛力，发电設備超銘牌运行，提高出力达10000多瓩，开动汽动設備，减少电动机运行約1200瓩，制成土洋結合的汽輪机180瓩1台，及市委統一組織的240瓩发电机定子繞圈两套，正在进行制作100瓩发电机1台。为了更适合群众办电的要求，我們用普通材料，简单設備，作成簡易感应发电机5瓩及10瓩各1台。現在仅就簡易感应发电机制作中的过程和一些体会，介紹給大家。

在工农业大跃进中，兴建的大批小型电站，普遍采用了以感应电动机作为感应发电机运行，来代替很难买到，价格較高的同期发电机。但是在目前几个月来，感应电动机也成为很难供应的設備了，給群众办电造成不少困难。为了响应党的号召，为了使农村和街道居民的小工厂也能制作发电机，装备自己的小电站，我們起了制作簡易感应发电机的念头。

簡易感应发电机的設計和制造，一定要滿足能使用普通材料，简单的制造設備，和只需要尽可能少的电容器来励磁。目前在器材供应方面，最大的困难是矽鋼片和电容器，如果用普通洋鉄片代替矽鋼片作鉄心，由于磁阻較高，損耗系数較大，电机的励磁电流和溫升都要增加，鉄心会发热到不能容許的程度。但是就整个电机来講，励磁电流所产生的磁化力，絕大部分是消耗在空气隙中了，鉄心所需要的磁化力，只不过是較小

的一部分。电机的損耗，絕大部分是風損、磨擦損，而鐵損在电机的总損耗中，也不过是較小的一部分。所以如果全部用洋鐵片代替矽鋼片，鐵心磁化力和鐵心損失的增加即使是增加了百分之几十或者还要多，但就整个电机而言，总磁化力和总損失的增加，也不过是百分之十几或者稍多一些，只要我們能够适当的增加導綫匝数，注意鐵片間的絕緣，加强鐵心的散熱，采用較薄的鐵片等措施，就可以作出性能很好的感应发电机来。同容量的感应发电机較之同容量的感应电动机，电流要小一些，因为电机本身的損耗是通过軸来自机械功率，而非通过电源綫路来自电气功率的。所以導綫匝数的增加，可以用縮小導綫截面的办法来解决，而不致于增加導綫电流密度，感应发电机軸的强度，不需要象感应电动机的那样高，所以軸的强度，用不着考虑增加。

定子外壳的制作，在电机制造厂中，都是用鑄鐵作成的，考虑到小工厂沒有鑄造設備，同时为了节省鋼鉄起見，小型电机的外壳，可以采用木結構为主，再用鉄条及螺絲加固。

感应发电机用以励磁的电容器，現在很难买到。我們虽然也用土法作出一些电容器来，但因为沒有电容器紙，而以普通复写用的薄頁紙代替，所以体积龐大，成本很高，不合算。撫順市东捷造纸厂已接受市委布置的試制电容器紙的任务，但是目前尙未制成。感应发电机如果不用电容器，併入电力系统，由系統供給励磁电流，会增加了系統的无功負載，所以簡易感应发电机必須要比普通的感应发电机有較小的励磁电流，从而只需要少量的电容器，或当併入电力系统时，只由系統供給較小的无功負載，这样才能显示出簡易感应发电机在現阶段有更多的优越性。励磁电流的減少，也是采用降低磁通密度的办法来完成的，在解决用洋鐵片代替矽鋼片的問題时，就同时解决了

它。

根据已完成的5瓩簡易发电机运行情况証明，木壳有足够的机械强度，电容器可以节省一半，在长时期的滿載运行中，鉄心温度正常。

此次試制，为了提前作出，定子和轉子鉄心冲片是請沈阳实业电机厂（5瓩机）和撫順电机厂（10瓩机），代为冲压的，当然，用手搬的小型压力也可以冲压，我厂自制的100瓩发电机鉄心就是这样作成的。轉子导体是用銅条穿入后，用銅焊接的，当然最好还是研究用土法鑄鋁来作，这样省工、省料、快，技术方面較之用銅焊也不一定复杂，迫于時間，我們沒有試驗这种做法。

材料的使用是參照定型产品鼠籠式感应电动机A0—51—4和A0—61—4的資料，和庫里有啥用啥的原則确定的。所以材料使用不尽合适，尤其在洋鉄片方面，如果能使用較薄的，和未鍍鋅的鉄皮，会更好的降低鉄心温度。

在党和领导上的关怀鼓舞下，在各兄弟单位的支援下，簡易感应发电机的設計和制作，第一台5瓩机只用了20天，第二台10瓩机只用了14天，而且大部分工作是利用业余时间，如果进一步加强組織的話，時間可以大大縮短。根据制造中摸索的經驗，这种簡易型式的电机，可以作成20到30瓩的容量。

第二章 普通發電機有那幾種

在水利电力出版社58年7月出版的“农村感应发电机”和辽宁人民出版社58年10月出版的“怎样把感应电动机改成发电机”的小册子中，已經比較詳尽的介紹了发电机的原理，和感应发电机的运行和維護事項，这里只簡單的提一下。

一 交流同期发电机

这是最广泛使用的发电机，世界上各国生产的电力，几乎全部都是用这种发电机发出来的，运行可靠，生产出来的电力质量良好，并且能够作成大功率，高效率的发电机，所以不论在技术性能，单位投资，及单位成本上，都是最好的。

发电机的转子，就是个旋转的电磁铁，由单独的励磁机，发出直流电，通过转子滑环给转子励磁。定子铁心套在转子外面，定子线圈分布其上，转子产生的旋转磁场与定子导线相割切，于是在定子线圈上便感应出交流电压来，接入负载后便产生了电流。电压的调整，是依靠增减转子电流的办法来控制的。

二 直流发电机

这是在工业上最先使用的发电机，但是由于受到电压和容量的限制，除了一些特殊用途和小功率发电外，已经很少作为发电机来使用了。

发电机的磁场是个固定的电磁石，由本身发出的直流电或其他直流电源励磁。发电机的电枢是放在固定磁场中旋转的，与磁场相割切的结果，就感应出交流电压来，通过整流子的整流作用，经过炭刷引出来的电压便是直流电压，接入负载后便产生了电流。电压的调整是依靠增减磁场电流的办法来控制的。

三 感应发电机

感应发电机的构造和感应电动机完全相同。最常用的是三相鼠笼型感应电动机，在它的定子铁心上，均匀分布着三相线圈，通入交流三相电源后，就产生了旋转磁场。转子安放在定子铁心内，四周穿入铜棒，两端再焊接起来，也可以用铝铸

成。由于轉子导体受到定子产生的旋轉磁場的割切，于是便感应出电流，並且也按着同一方向旋轉起来，这样就成了电动机作用。如果用原动机把感应电动机带动起来，使之超过定子所产生的旋轉磁場的轉速，則轉子感应电势的方向改变了，轉子电流的有功分量也改变了方向，电磁力矩的方向和轉子轉向相反，这样就成了发电机作用。

如果感应发电机孤立的运行而不和电力系统併列，励磁电流不能从电力系統中取得，就必须与电容器並联以使感应发电机励磁。

由于感应发电机結構簡單，堅固，价格低廉，而不需要較多的附屬設備，特别是当原动机逸速时，能够承受較大的离心力的作用，所以在小型电站里，並且对电力供应的質量要求不高时，能够得到推广。一般說来，容量超过30瓩的发电机，使用感应发电机就不再适合了。

孤立运行的感应发电机的电压，对于轉速的变化极为敏銳，因此当負荷变化，原动机轉速变化时，电压波动較大。当負荷突然增加时，电压可能低得不能維持而消失，当負荷突然減少时，电压升高，又可能将設備絕緣击穿。因此負荷变化应尽量要求平稳，原动机轉速应尽量保持恒定，並当負荷变化时，随时增減並联运行的电容器組数，以保持电压的稳定。功率較大的动力負荷，不宜由孤立运行的感应发电机供电。

条件許可的話，即使备有电容器，也应该与电力系统併列运行。电容器应全部投入，以改善功率因数。

第三章 怎樣作簡易感應發電機

发电机的轉速愈高，用料愈省，定子和轉子間的空气隙愈

小，励磁电流也就愈小，因此我們选用了每分鐘1500轉的轉速和 0.4 公厘（5 瓩机）及 0.5 公厘（10 瓩机）的空气隙。但是轉速高，机組稍有不平衡，运转时就会震动，空气隙小，定子和轉子間位置稍有偏移，就会摩擦鉄心。因此在电机结构上必須坚固，运行平稳，並且定子鉄心和轉子鉄心必須在同心圓上。在结构上，我們是采用正方形，木質必須坚硬，經過干燥，煮蜡，並有鉄框及螺絲加固。固定子鉄心和轉子鉄心間相互位置的几个圓弧圓面，必須在車床上同时車鑲，以保証各处空气隙均等。轉子最后要找靜平衡，这样就可以滿足了以上的要求。

一 定子木架

要选用于燥的硬木，我們是拔了两根架鉄絲网用的柞木杆子来作的。先剖成荒料，干燥了十小时，再放到蜡里又煮了五小时，捞出后又干燥了几个小时，木材发现了显著的收縮。按制造图作成两个正方木框和四条木筋。

定子鉄框是用 5 公厘厚的扁鉄焊接的，在四边中央，焊上四块 12 公厘厚的鉄块，以便車削止口。鉄框上先鑽出木螺絲眼和固定风扇导板的小螺絲眼，其他螺絲眼及加工面要上到木架后再加工。鉄框必須打平，用木螺絲紧固于木框上。为防止木螺絲松动，木螺絲要先醃上漆片，然后再旋入木框，連同木框一起，把中部的四个 $\phi 14$ 孔鑽出。

四条木筋里側先挖好槽，再鑲入定子鉄心垫板（見装配图件号 27）。槽的深度，系根据两个对面鉄心垫板間的距离要比定子鉄心直徑小 5 公厘而定。用木螺絲醃漆片把鉄心垫板固定后，然后与木框組合，成为一个定子木架。組合时，四个角的木筋必須向外撑紧，並临时将四个端盖固定螺絲（装配图件

号③)旋紧，然后鑽四角的四个 $\phi 14$ 孔，穿入紧固螺絲（件号26），上好螺帽，並与定子鉄框点焊，鋸掉多余的螺絲头，作完后就可以把端盖固定螺絲松开。

定子鉄框止口及平面，和定子鉄心垫板內弧，是固定定子鉄心和轉子鉄心位置的关键，不得稍有偏移，所以必須在車床上卡好后，同时車削。为防止車削时木架顫动起見，必須用鉄夾板将前后方框同时夾住，或用长螺絲和鉄压板，将前面方框也牢固的固定在車床卡盘上。木架前后兩側的四个边框要切去一些，使成弧形，以免妨碍定子端綫，一側鉄框的四个边框也要切去一些使成弧形，以便从这一側安放定子鉄心，在同一側，定子鉄心垫板的端头，也要車成喇叭口，以便于导入定子鉄心。

二 鉄心冲片

最好用0.35公厘厚的黑鉄皮（即沒有鍍鋅的薄鉄板）来代替矽鋼片作定子和轉子的鉄心，但庫里只有0.5和0.6公厘厚的鍍鋅鉄板，我們只好拿它来作。因为鋅不导磁，反而有較高的导电率，徒然增加鉄心厚度，有害无益，鉄片愈厚，鉄心損失愈大，运行中溫度愈高，所以最好采用0.35公厘厚的黑鉄皮。整張鉄板冲压前，先裁成长条，其长度和寬度，要留出冲剪的加工余量，即比定子鉄心直徑多5~7公厘。冲片上压出定子轉子的槽沟和內外圓，冲片的边緣如有毛刺，則应打磨光，再放到稀盐酸中浸蝕，尽量把鋅皮去掉，然后放入清水中洗淨烘干。

鉄心冲片間的絕緣，最好在冲片上塗刷一层矽鋼片漆（编号0052），然后在溫度125°C烘焙約30分鐘，或205°C烘焙十余分鐘，漆膜厚度应在0.012~0.02公厘之間。我們庫里沒有

矽鋼片漆，是用絕緣清烘漆（編號 5051—1）代用的，5 瓩机的定子和轉子鉄心冲片各冲了 174 張，有几張冲坏了，实际用了 171 張。鍍鋅鉄板的規格是 0.5 公厘厚，在未浸盐酸前，实际用卡尺測量，結果因为鋅膜有厚有薄，平均为 0.55 公厘厚，鉄心浸酸，涂漆，及組装后，鉄心厚度为 107 公厘。

三 定子鉄心組装

定子鉄心的組装，就是要把一片片的鉄心冲片整齐的重迭压紧，並打好卡子，使成为一个整体（图一）。我們是采用了因陋就簡的方法来組装的，先找一块比較厚的鉄板，燒四个孔，穿入固定端盖用的长螺絲，如果鉄板剛性不够，可以在上面再放一块厚鉄板，尺寸及形状不拘，只須大約等于定子鉄心直徑即可（我們作 5 瓩机时是用举重用的鉄餅子墊上的，作 10 瓩机时是用两块磚头墊上的）。上面放一个木圓板，要鉋平，厚約 25 公厘，直徑略小于定子卡盘，四周开八个缺口，以便不妨碍打入卡条，上面再放定子卡盘，凸边向下，在上面再一

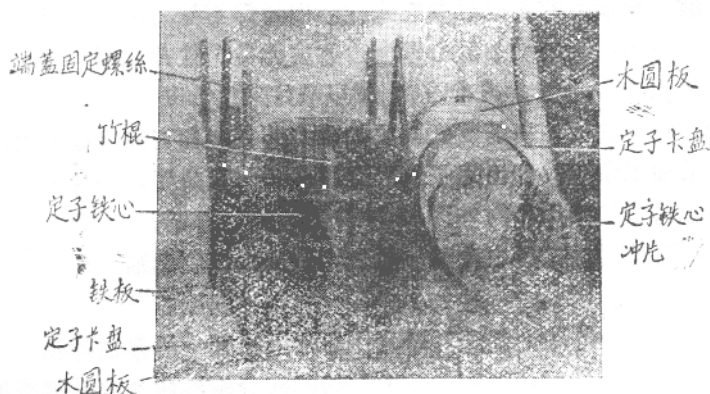


图1. 10瓩机定子鉄心冲片組装

張張重迭上定子鉄心冲片，重迭时，冲片的缺口記号必須也重迭在一起，每張冲片的光面，都向下或是都向上，这样迭起来的一迭鉄心，各片的冲压方向一致，才能組装得紧密。冲片迭到10公厘高左右后，在四角的四个槽中插入四根竹棍，以保持各个冲片都上下对正。竹棍截面預先削成定子槽的形状，长度約小于鉄心压紧后的預計厚度，即5瓩机是107公厘长，10瓩机是162公厘长，然后繼續一片一片将鉄心迭上，随时用三角板的两个直角边，校驗鉄片是否叠得和底板垂直，防止扭歪。鉄片重迭大約四分之三以后，高度即将超过竹棍的长度，再插入四根竹棍，把鉄心繼續叠完，压上卡盘，凸边向上，再盖上厚木板，压上鉄板和两根角鋼，角鋼两端各有一孔，套入从下面穿上来的四个螺絲，旋好螺帽，逐个拧紧。第一次压紧后，鉄心厚度不見得正好达到預計厚度，应把螺絲松开，增減鉄片張数，同时測量鉄心是否組装得垂直，並校正后再行压紧。最后在鉄心四周打上卡条，5瓩机共六条，10瓩机共八条，都是用厚1~15公厘，寬15公厘左右的鉄条弯成的。卡条的两端，鈎住上下两个卡盘的凸緣，以使鉄心不会松开。卡条的位置，須注意不要影响把鉄心安放到定子木架中。松开螺絲，取出鉄心，用电焊将卡条的两端与卡盘点焊住。

鉄心的組装必須紧密，否則运行中鉄片顫动，发出噪音並且摩擦生热。鉄心組装后必須端正，如稍有扭歪，可用鉄錘打正。

組装完了的鉄心，要用半圓銼将槽縫及不齐处銼平，以便装入定子綫圈。須注意不要过分銼平，以防冲片各边相連，造成短路，而引起局部发热，損伤綫圈絕緣。

車削后的定子鉄心垫板的內弧，只比定子鉄心冲片直徑大0.15公厘，但由于鉄心冲片組装后，难免稍有參差不齐，所以

实际上組裝後的定子鐵心的直徑，要大於定子鐵心墊板的內弧，因此放不進去。我們是用四根 $\phi \frac{3}{8}$ " 的鐵棍，一端彎成小鉤，鉤住鐵心卡盤的凸邊，一端套好螺紋，分別穿入定子鐵框各 $\phi 14$ 孔中，依次旋緊螺帽，把鐵心緊緊的拉入定子木架中。最後抽出 $\phi \frac{3}{8}$ " 鐵棍，換為端蓋固定螺絲，並與鐵心兩端、卡盤及定子鐵框內側點焊住，準備下入定子繞圈。

也可以先把定子繞圈下入鐵心，乾燥，上漆後，再把鐵心裝入定子木架，然後再將端蓋固定螺絲與鐵心及定子鐵框點焊住（圖二）。但是這樣在裝入鐵心時和把螺絲點焊時，須特別謹慎，否則極易損傷繞圈。

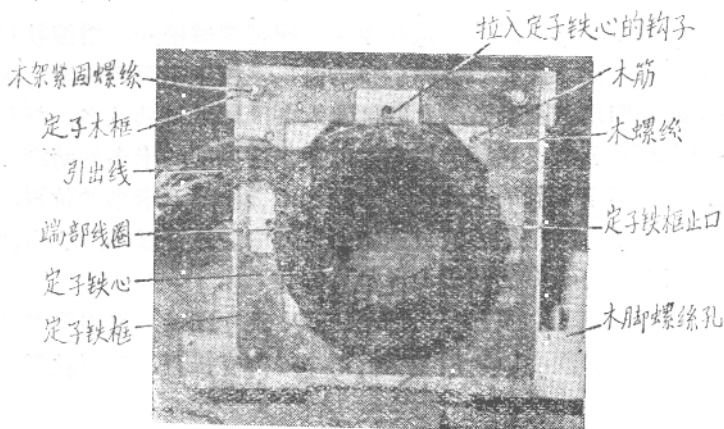


圖2. 10瓩機定子鐵心正在裝入木框

定子鐵心沖片的組裝，也可以在定子木架中一片一片放入，然後壓緊焊牢，但在定子鐵心墊板上必須車削出止口及壓緊鐵心的鍵槽，在壓緊時，支持力不應作用在定子木架上，而

应作用在鉄心垫板上，以防鉄心垫板木螺絲松断。

四 定子繞組

5 瓩机是采用单层双平面同心繞組，4/Y 結綫，4 极，36 槽，每极每相 3 槽，繞組节距分别为 7，9，11（实际上繞組节距等于极距 9），导綫是使用直径为 1.45 的双紗包銅綫，每槽 38 根，槽絕緣是用 0.2 公厘厚的青壳紙两层，0.18 公厘厚的黄蜡布一层，其安放順序是黄蜡布放在中間。最下层的青壳紙两端，即槽口出綫部分，貼上一块白布带，以防下綫后青壳紙脹裂。

10 瓩机是采用双层迭繞組，4/Y 結綫，36 槽，每极每相 3 槽，繞組节距为 7，每个元件为 13 匝，用直径 1.45 的双紗包銅綫两根併列，每槽內导体数为 $2 \times (13 + 13) = 52$ 根，槽絕緣材料与 5 瓩机相同。

綫圈先在木型上纏好綫型（图三），每个元件先用綫繩扎住，以防銅綫松散，待往槽內下綫时再解开。引出綫套棉紗管，10 瓩机元件鼻部包白布带半重迭一层，每个元件的端綫部分，在下綫前弯好形。

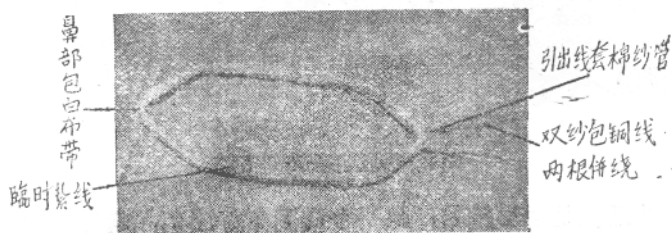


图3. 10瓩机定子繞組元件

下綫前，先將綫槽內檢查清掃干淨，不得有毛刺和鉄屑，各槽均放好槽絕緣，正在下綫的槽縫，每側墊一硬紙條，遮住槽口內槽絕緣的紙邊，以免下綫時紙邊擋着槽口，妨碍下綫。導綫一根根的依次從槽縫放入，必須排列整齊，即使稍有交叉，在敷設最后几匝導綫時，就會擠不進去，並且交叉處的銅綫，受壓很大，易將綫皮擠破，造成層間短路故障，燒損电机。每放入十来根后，就用小錘輕打鉄壓板，把綫排緊。鉄壓板的截面很象鉄軌形，腰部很細，可以伸入槽縫中，底部扁平，以壓緊槽內導綫。綫圈的端綫也不允許交叉，歪扭，應隨時歸攏打齊，否則同樣會擠破綫皮，並使端綫凸起，在拆裝轉子時，容易擦傷導綫（圖四）。

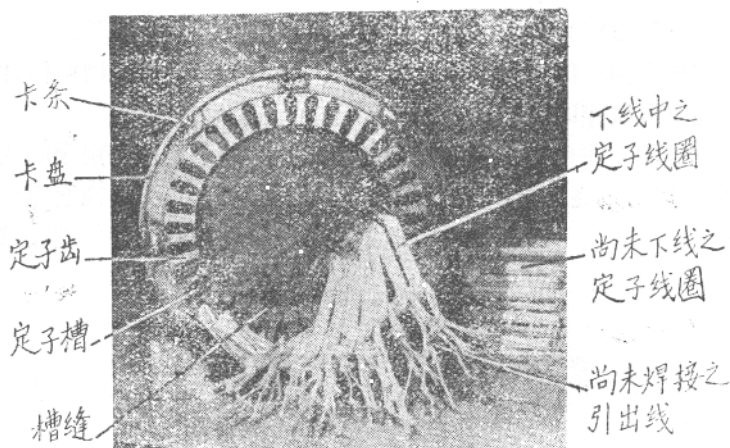


圖4. 10極定子綫圈下綫

5 極機是單層繞組，每一個綫圈下好綫后，就可以把槽口上墊的硬紙抽出，把槽絕緣折迭好，打入槽楔。10 極機是雙層繞組，上下層綫圈間墊以 0.4 紅鋼紙一層，兩個綫圈都放入

后，就可把槽絕緣折迭好，打入槽楔。槽楔用干燥的竹子削成，长度比槽长5~10公厘，槽楔必須紧固，以防运行中松动，损伤綫圈。端綫部分，各不同相的綫圈間，要墊以黃蜡布一层。

綫圈全部下好后，將綫头接好並且焊錫，包好絕緣，即可进行干燥。溫度保持 $80^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ ，約10余小时，絕緣电阻上升穩定后，即可上絕緣漆。

我們第一次作5瓩机时，由于木头沒有充分干燥好，所以在干燥綫圈后，木头又收縮，致使定子鉄心墊板的內徑脹大，鉄心松动，于是不得不又把鉄心取出，在四块定子鉄心墊板下面，墊上了同样厚度的洋鉄片，以增加对定子鉄心的紧力。

綫圈浸漬是使用的瀝青絕緣漆（編号 5031—1）用汽油稀釋后使用，当然也可以用其他編号的瀝青絕緣漆，但要根据制造厂家的規定方法稀釋及烘干。絕緣漆倒入平底盘中，把定子橫架其上，乘热把絕緣漆向綫圈各处及槽沟內澆注，使之充分浸漬，滲入，然后繼續干燥数小时，溫度保持 $60^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，最后趁热在綫圈表面再噴或刷一层瀝青絕緣漆或灰磁漆（編号 5173），不要稀釋。如果因日久原漆粘度过大，可用汽油稀釋后使用，上完漆后不需要干燥。

在装入轉子前，应以500伏搖表对定子綫圈进行絕緣电阻測定，每相綫圈对鉄心及各相綫圈間的絕緣电阻值应在0.5兆欧以上。然后对每相綫圈与鉄心及各相綫圈間，进行交流1000伏的耐压試驗，持續一分鐘，应无閃絡或击穿現象。条件許可时，应測量三相电阻值是否平衡，否則应檢查接綫有无錯誤或接头是否未焊牢。

五 轉 子

轉子鉄心冲片刷漆干燥后，一片片应按同一順序迭齐在軸孔部分穿入紧固螺絲把鉄心压紧，各槽內穿入轉子銅条，各銅条截面应較轉子槽孔稍小，长度应較压紧后的鉄心厚度多20公厘，即5瓩机应为130公厘，10瓩机应为185公厘。如作轉子銅条的銅板較厚，而轉子銅条較薄时，为減輕加工量起見，可将銅板燒热后拍扁，再行加工。轉子銅条均插入槽中后，盖上轉子端环，並与各銅条鎖紧。10瓩机的轉子冲片系利用双鼠籠的冲模冲压的，外圈槽孔插入 $\phi 3.5$ 公厘的黃銅焊条，两端向圓心弯曲，將鉄片鎖紧，並与內圈銅条接触，用銅焊將各銅条与短路环焊牢，同时焊上风翅，风翅也由銅板割成，尖端要薄些，可将风翅燒紅后用錘打薄后再行加工，焊完后就可以拆下鉄心夹紧螺絲。

轉子軸車削时，須在嵌装滾珠及对輪或皮帶輪处，預留1公厘的加工余量，待軸压入轉子鉄心后，連同轉子鉄心表面一同精銓和磨光。

必須注意如果先将軸压入轉子鉄心，后焊风翅时，由于火焰燒烤的关系，軸会发生弯曲，軸压入轉子鉄心时，最好使用千斤頂平稳压入，如用大錘打进，軸也会发生弯曲和变形。

焊接时，附着在轉子上的焊药及銅渣，必須清除干净。

电机轉速很高，轉子作得不够規矩，稍有偏重，运行时就会振动，因此轉子一定要找靜平衡，找出轉子对軸中心綫而言，那一个方向偏重，然后在偏重的方面鋸去一些，或是在它的对面多加一些重量，使之保持平衡。我們是采用在偏重的方面鋸去一些风翅外緣的办法。找靜平衡的方法很多，我們是把轉子軸，架放在两根加工很平放置水平的軌道上(图五)，輕推