

技 工 学 校 交 流 讲 义

汽 輪 机 安 装 工 艺 学

下 册

北京电力工人技术学校編

中 国 工 业 出 版 社

本書敘述汽輪機安裝工藝的理論與實踐，並結合施工特點，說明汽輪發電機本体、附屬機械、輔助設備以及管道的安裝等。對檢修中的幾項特殊工藝如：直軸、澆鑄軸瓦、裝拆葉片和轉子的動靜平衡等也作了介紹。

本書分兩冊出版；上冊主要內容有汽輪機安裝的一般知識和汽輪機本体安裝，下冊包括發電機安裝、調速系統、附屬機械、輔助設備和管道的安裝等。

本書適合初中或高小程度的學生作為教本，對具有同等文化程度的汽輪機安裝工人也有參考價值。

本書由北京電力工人技術學校葉之奎，廣西水電院電力技工學校張遠東，吉林火電安裝公司技工學校李青山，北京電業管理局基建公司第三工程處徐涌煒、龐德壹編寫和修訂；並經北京電業管理局基建公司張廣源、徐世萬、邢廣義、丁則誠、許其亨、熊海舟、孫雲裳等審查。

汽輪機安裝工藝學

下 冊

北京電力工人技術學校編

*

水利電力部辦公廳圖書編輯部編輯（北京阜外月坛南營房）

中國工業出版社出版（北京修綏園路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

中國工業出版社第二印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本787×1092 $\frac{1}{2}$ ·印張12 $\frac{13}{16}$ ·插頁5·字數284,000

1963年5月北京第一版·1963年5月北京第一次印刷

印數0001—3,140·定價(8-3)1.30元

*

統一書號：K15165·1651(水電-9)

目 录

第七章 发电机安装	3
第一节 发电机的检查	3
第二节 发电机的安装程序	5
第三节 发电机静子及转子的安装	5
第四节 发电机端盖的安装	21
第五节 发电机冷却装置的安装和氢冷式发电机的安装 程序及试验方法	22
第八章 调速系统安装	31
第一节 蜗母轮组传动装置介绍	31
第二节 主油泵的安装	38
第三节 调速系统及配汽机构的安装	44
第四节 保安装置的安装	54
第五节 液压调速装置的安装	60
第六节 油系统的安装	67
第九章 附属机械安装	79
第一节 离心水泵的简单构造及安装特点	79
第二节 离心水泵的解体程序	86
第三节 离心水泵的检查与调整	86
第四节 离心水泵的安装	99
第五节 几种其他类型的泵	111
第六节 水塔风机的安装	114
第十章 附属设备安装	115
第一节 凝汽器安装	115
第二节 除氧器安装	136
第三节 加热器、抽气器等设备的安装	138

第十一章	管路安装	143
第一节	管道的一般介绍	144
第二节	管道管件及附件的配制	145
第三节	管路的安装	175
第四节	管道的焊接及热处理	183
第五节	管道的保温和色标	190
第十二章	各型汽轮机安装	196
第一节	国产汽轮发电机安装特点	196
第二节	带减速机构的汽轮机安装	210
第三节	辐流式汽轮机安装	219
第四节	双缸汽轮机安装特点	239
第五节	动力列车汽轮机安装	246
第十三章	汽轮发电机组启动、试运与调整	249
第一节	启动前的准备工作	249
第二节	分部试运转	253
第三节	汽轮机启动、调整、试运	284
第四节	试运中不正常现象的消除	314
第五节	真空不良原因及消除方法	328
第十四章	汽轮机检修的特殊工艺	341
第一节	直轴	341
第二节	转子轴颈的磨光法	346
第三节	轴封的修理	350
第四节	叶片的拆装方法	355
第五节	转子的动静平衡	378
第六节	轴瓦乌金的浇铸	402

第七章 发电机安装

在施工现场中发电机的机械部分的安装，也是属于汽机工地的责任范围以内的，这是由于汽轮机和发电机是一个整体，彼此是互相关连的。安装中的电气部分则由电气工地负责。

随着设备到货及现场劳动力配备的情况不同，发电机可以和汽轮机平行作业，也可以在汽轮机装好后再进行安装。

若条件许可，发电机安装应与汽轮机平行交叉作业。此时，应在转子就位找正以后进行一次靠背轮的初步找正工作；并以找正好的转子位置为基础，在汽轮机隔板找正期间同时进行发电机的安装。

若不进行平行作业时，则要在汽轮机扣大盖以后，再进行发电机的安装。这样，上项的初步找正工作便可以省掉。

发电机安装的基本要点是以固定好了的汽轮机转子为基准，把发电机转子安置在汽轮机转子轴线的延长线上(连续的)，然后，再以发电机转子的中心为基准，来安置发电机的静子。

第一节 发电机的检查

发电机静子的开箱及基础垫板的卸开：静子开箱后，卸下基础台板，将静子置于枕木梁上，梁子应考虑到静子的重量(有的机组是解体到货的)。

发电机静子的解体清洗与内部检查：自静子上取下外皮、侧部端盖、检视窗与内部护板。用刷子扫去灰尘，再用

壓縮空氣吹淨，並加以檢查。清掃靜子與側蓋的法蘭接合面，外皮用棉紗擦淨。將側蓋與內部護板放在木垛上，將擴散管自內部護板上卸下，清洗並用抹布擦淨側蓋、內部護板與擴散管。

製造廠發貨時，發電機轉子是放在箱內的固定架子上的。吊出轉子放在方木垛上，若是轉子鐵芯或軸頸放在方木垛上，一定得墊以厚紙板。

轉子的清掃，是用抹布擦淨轉子，用刷子刷並用壓縮空氣吹淨，軸頸應用煤油加以清洗。根據對軸頸的檢查，必要時應予以打磨光潔。

發電機軸承往往是與基礎框用螺絲擰在一起的，檢查時應卸下軸承座。解体後軸承座內的零件用煤油洗淨，然後用抹布擦淨。用紅丹粉與塞尺檢查軸承球面與軸承注窩的接觸嚴密性；檢查軸承蓋的緊度，此緊度應在 $0.00 \sim 0.03$ 毫米範圍內。

後軸承座外殼的嚴密性的檢查，仍用灌入煤油的方法。檢查後軸瓦與發電機轉子軸頸的接觸情況，仍用紅丹粉檢查。初檢查是保證軸瓦的側面有間隙，不會將軸頸卡住。

靜子的絕緣檢查及通風槽等的檢查，都是會同電氣部門進行的。除上述的檢查工作外，對氫冷式發電機還需進行轉子的密封瓦、密封盤與對輪等清掃檢查。轉子上的螺絲不准有鬆動現象。

發電機的清掃檢查是一項重要的準備工作，但在安裝前還必須進行特殊工具的準備。其基礎的檢查驗收和基礎劃綫方法均與汽輪機基礎相同，一般與汽輪機基礎的驗收同時進行。

第二节 发电机的安装程序

发电机的正式安装是自台板就位开始的，它的安装主要程序，简述如下：

1. 在基础验收合格后，临时垫铁放置在基础上，然后进行台板就位及找正工作。

2. 第四轴承座的安装（一般大容量机组第四轴承座均单独与台板组合，而小型机组中该轴承座台板大部与发电机台板组合为一体的）：第四轴承的安装工作可与穿入转子的的工作同时进行。

3. 静子就位及初步找正：以汽机后轴承洼窝为准，拉钢丝使静子中心与基础中心重合。

4. 向发电机静子内穿放转子。

5. 转子就位初步依汽机转子进行对轮找中心，在找中心过程中，应保证发电机轴承座的水平，及凹窝中心不得偏斜。

6. 转子与静子找中心：调整空气间隙及磁力中心。

7. 靠背轮最后找正及连接。

8. 励磁机及冷却器的安装。

第三节 发电机静子及转子的安装

一、基础检查、台板就位及找正：

发电机静子与转子的安装之前，仍与汽轮机汽缸一样，首先要对土建基础进行检查和验收，然后进行台板就位及找正工作。检查的方法和质量与汽轮机基础要求相同。因发电机基础与汽轮机基础是联成一体而形成基础墩块，故发电机基础检查是与汽轮机基础同时进行的。详细的检查内容，在

安裝前的準備一章已經講過，這裡只簡要說明檢查的主要內容。基礎的檢查主要是基礎中心綫的正確性與標高。設備中心綫應與基礎的中心綫重合，這樣，可以保證基礎受力良好；與其它設備的相對位置的正確性，要考慮到將來設備的正常運行，以及安裝質量問題。底腳螺絲孔的位置、形狀、尺寸及深度；通過風道、管道在基礎上預留的孔洞的位置尺寸等的檢查，看其是否合乎圖紙要求。底腳螺絲的孔位置、尺寸等如不合格，會影響汽輪機與基礎連接的穩固性，首先引起設備運行時，不能使汽輪機或發電機產生的力或本身的重力很均勻地傳到基礎上，而造成受力不均的振動，以致設備不能正常運轉，減短機組的壽命。

基礎檢查按質量標準和圖紙要求認為合格後，即可劃出安放墊鐵的位置。然後在放墊鐵位置上打好麻面；麻面要求要平而紋細，目的是使墊鐵放上後平穩，吃力均勻。根據劃好的墊鐵位置來安放墊鐵，墊鐵應對稱地安放在基礎台板的內外側的周邊上，及地腳螺絲與接頭的兩側。這樣，可以使基礎框或台板受力均勻而且穩固。在地腳螺絲和接頭或焊縫兩側安放墊鐵，主要考慮到設備與基礎連接牢固，穩定性高，吃利好，使設備本身重力及由於不平衡原因產生的力能均勻地傳到基礎上，減少振動。焊接或接頭處放墊鐵也增加了強度。墊鐵之間的距離大約為300~500毫米，墊鐵高度一般不低於50毫米，而且墊鐵放在一起的數目不得超過3塊。墊鐵的安放，原則上要求一般是這樣；但應了解，每台設備隨出廠情況的不同，要求也不一樣，安裝時均應按廠家要求施工，若文件或資料不足，亦可按上述施工。

墊鐵放好後，將台板用吊車放在墊鐵上，而後用預先拉好的鋼絲并掛上測錘，按基礎中心綫找正台板位置，並用水

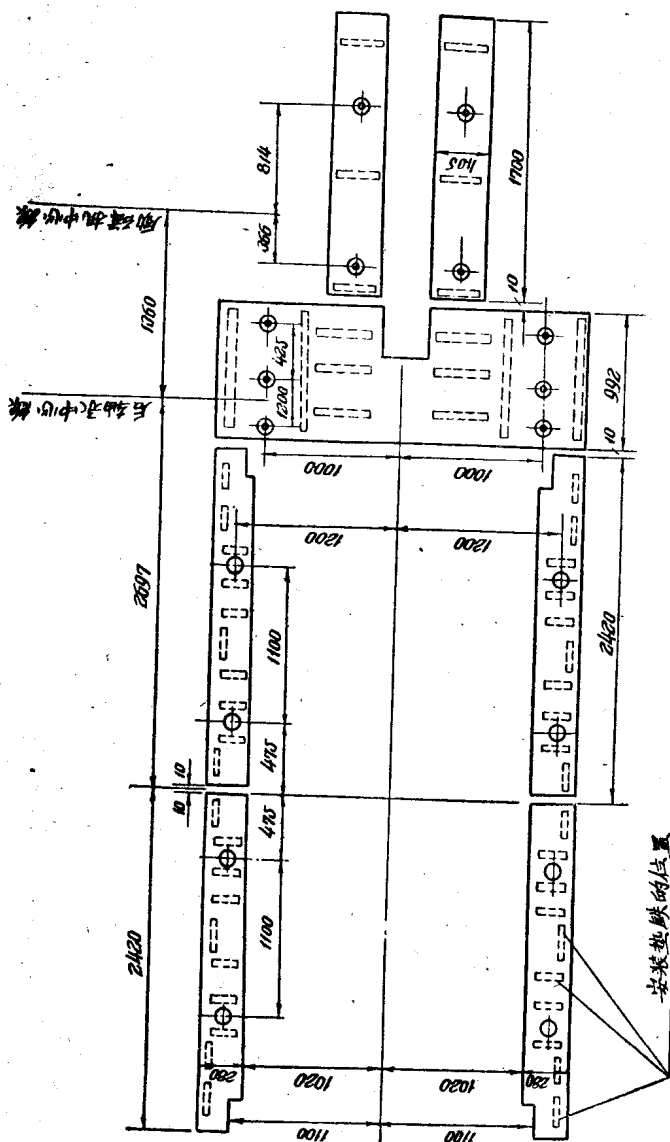


图 7-1 发电机与励磁机台板和垫铁的安放

平在高度上找台板的水平。台板的位置、标高、水平确认没有问题后，应把地脚螺栓拧紧。图 7-1 是某汽轮发电机垫铁及台板安放图。

二、发电机励磁机侧轴承座的安装

当上述工作完毕后，开始安装发电机前后两轴承座（即汽轮机侧和励磁机侧）。汽轮机侧发电机轴承座一般与汽轮机后轴承连在一起，而与汽轮机台板共同进行组合与安装找正工作。若是上述情况，当发电机台板装好后，只需组合励磁机侧轴承座（通常叫第四轴承座）。将第四轴承座与台板组合，该轴承座对大容量发电机往往是单独与台板组合的，而容量较小的发电机也有与转子组合在一起往静子内穿放的，它的目的是为了向静子内穿放转子方便。由于第四轴承座与转子组合而使得转子重心后移，故起吊转子的吊绳可以绑扎转子靠近第四轴承处，这时穿转子是很方便的。第四轴承座无论是与转子组合，还是单独安放在台板上，均需预先依找正完毕的汽轮机中心位置而用拉钢丝找发电机前后轴承座洼窝处的中心，保证发电机转子中心线是汽轮机转子中心线的延续，且与基础中心线重合（用拉钢丝挂测锤来测量）。待发电机前后轴承座中心找好后，即进行球形轴承清理，清理干净后应用红丹油及塞尺检查轴承球面与轴承洼窝接触面的严密性。红丹油的接触面应在70~75%以上，若用塞尺检查则需用0.03~0.05毫米塞尺塞不进去。综合上述，第四轴承座安装有两项主要工作：

（1）轴承洼窝中心根据转子轴颈进行找正；

（2）球形轴承检查清洗，用红丹油及塞尺检查轴承球面与轴承洼窝的严密性（该项工作也可在就位前进行）。为了防止产生轴电流损坏轴瓦，故在安装第四轴承座时应注意轴承

与基础絕緣。一般的发电机軸承座下应放絕緣垫，在安装油擋时，为了防止絕緣损坏，可以暂时用厚度相同的其他材料制成的垫片代替；同样，帶絕緣套的穩釘也可用临时鋼制絲对来代替，待全部安装完毕后，再将后軸承的絕緣装入并加以檢查。

第四軸承用拉鋼絲找正时，中心的允許公差一般为 ± 0.20 毫米。按轉子軸頸来修刮下瓦，待下瓦修刮合适后放入軸承座內。

三、轉子就位及初步找正靠背輪中心

前后軸承下瓦放入軸承座內，并用吊車起吊轉子，将其放在前后軸承上，然后进行对輪初步找正工作。

轉子的起吊就位工作，首先是將轉子清洗干淨，特別是軸頸，因軸頸要与軸瓦接触，須避免杂质，以保証接触良好。起吊工作中应注意，根据轉子重量选好鋼絲繩，鋼絲繩捆扎在轉子的重心位置，以使起吊平稳。在捆扎点应垫以木板条，以免轉子鉄芯被擦伤。

轉子就位后，在軸的伸出部分及靠近发电机靜子大盖风擋处的軸頸上，用千分表檢驗发电机的幌动度和对輪面的瓢偏度。

对轉速3000轉/分的轉子，幌动度不得大于 $0.06 \sim 0.08$ 毫米，

对轉速1500轉/分的轉子，幌动度不得大于 $0.10 \sim 0.12$ 毫米。

对輪的瓢偏度不得大于 0.04 毫米。

該部质量要求也絕大多数由厂家供給，工作时应按厂家要求施工。

檢查幌动度和瓢偏度的方法与汽輪机軸頸及推力盘端面相同。

檢查发电机幌动度和对輪瓢偏度的目的是看厂家所制造

的对輪端是否合格。若对輪合格，則进行对輪找中心才会真正有效；否則，即使中心找得对，也达不到要求。檢查幌动度是看轉子軸弯曲如何。

按汽輪机研瓦的方法与要求来进行发电机轉子軸頸与軸瓦烏金接触角度的檢查及研磨，一般要求軸頸与軸瓦烏金之接触角为 60° 左右。接触角度过大或过小都是不利的，过大时对潤滑造成的油楔不利，潤滑不好；过小时使油楔形成也会不好，并且使軸瓦承受轉子的力有集中現象，軸瓦载荷过大，寿命减短，甚至容易造成事故。

其次根据汽輪机轉子上的靠背輪，来找正发电机轉子的中心位置，即按对輪初步找发电机中心。对輪找中心可以决定后軸承左右高低。調整的方法还可以用变更发电机台板的位置，調整軸承垫块后的垫片或实在无法調整时，用修刮軸瓦烏金(但必須保証其間的接触角度和間隙)等方法，以使两靠背輪端面平行且同心。关于用靠背輪找正的方法，在汽輪机靠背輪一章中已經討論。

轉子前后的位置是考虑到轉子的热膨脹問題来决定的。

发电机主軸軸頸兩側之凸緣与軸承邊緣所形成的間隙，在运行状态下因轉子热脹关系，在按装时的状态中应很好的考虑主軸在运行中所发生向后延伸的热脹。安装中确定发电机轉子位置后，即可根据軸頸的凸緣与軸承邊緣之間的間隙值来决定軸承前后的位置，汽輪机側的間隙应較励磁机側为大。詳細数据应根据具体机組来确定。

轉子位置找正后，应将其橫向中心位置刻划在台板上，做为靜子就位找正的基准。

四、靜子就位及找正

在轉子找正位置以后，可将其吊走，放在用枕木搭好的

墩子上，如图7-2所示。在放上轉子的同时应用塞尺檢查軸承台板与垫鉄等是否接触严密，以用0.03~0.05毫米的塞尺塞不进去为合格。这是考虑到台板下垫鉄受力均匀与否及傳力的好坏而进行測量的，上項檢查方法也可用手鏈輕輕敲打的办法来进行。将軸承座与台板之間配好穩釘后，吊开第四軸承座。

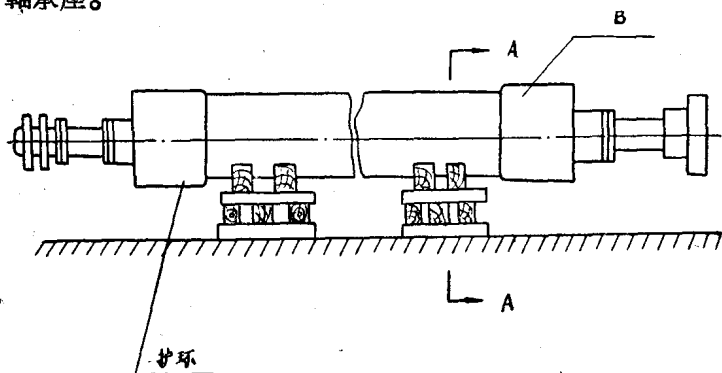


图 7-2 发电机轉子支架

靜子在起吊前应開箱清扫，其地点多在零米标高进行（若汽輪机运行平台有空地不妨碍工作亦可）。应用枕木，将其垫起約1米高以便檢查和防止受潮，然后用压缩空气清扫。对氩冷式发电机而言，还須乘此作冷却器及发电机靜子的漏水試驗及冷却器的水压試驗，并由电气工地进行导綫絕緣、綫匝固定及引出綫和其碍子的装配檢查工作。

在起吊靜子时应特別注意鋼絲繩的选择及捆扎。因为，通常发电机的靜子是安装中最重的机件，起重机的起重量就是根据它的重量而决定的，因而在綁扎靜子时，就要特別仔細，在綁扎前先行檢查繩索有无断裂和伤痕、绳头是否拴得結实。靜子捆綁完毕后，必須先将其吊离地面50毫米并以撬

棍仔細地敲打鋼絲繩以便鋼絲繩均勻地承受靜子的荷重，此時應檢查靜子承力面的正確性。

在綁扎時，可將靜子的縱橫中心綫劃在承力面的邊緣上，當起吊至安裝地點時對好台板上預先劃好的轉子中心綫，再穿上地腳螺絲并擰緊，如圖7-3和7-4所示。

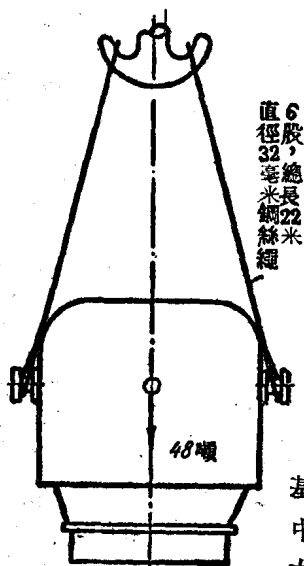


圖7-3 發電機靜子起吊綁扎法

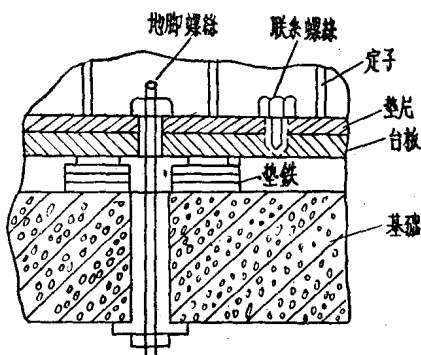


圖7-4 地腳螺絲

在對正劃綫就位以後，就可按找基礎中心時架設好的鋼絲穿過靜子的中心孔來找正靜子的中心位置，其左右側位置移動可用預先埋在基礎中的露頭支架放好千斤頂予以挪動，若上下需要移動時可調整楔形墊鐵。若非楔形墊鐵，可調整墊鐵上的墊片或調整靜子承力面與台板間預先放上的墊片。

在發電機靜子安裝時，應考慮到發電機轉子在運行時有受熱伸長的現象。在兩軸承軸頸中央每米長度約伸長1毫米，例如蘇聯“電力”制造廠出品的25000瓩發電機，轉子長度約為5米，整個轉子在運行狀態下將較靜子伸長5毫米，

轉子中心点将向励磁机側移动2.5毫米(指轉子与靜子間中心的偏差)。

若汽輪机与发电机轉子間以固定式靠背輪連接，則还应考虑到由于汽輪机軸的相对伸长而引起发电机轉子的軸向位移。对 25000 瓩的汽輪机而言，轉子伸长約为 2 毫米，故对固定式靠背輪連接的发电机，在安装时必须使靜子中央比轉子中央接近励磁机側移动总量为 4.5 毫米(发电机伸长 2.5 毫米，汽輪机伸长 2 毫米共 4.5 毫米)。

由于上述原因，安装发电机时应注意：

靜子安装与轉子在运行中磁力中心要一致（即固定繞圈中心 cc 与轉子中心 $c'c'$ 在运行中同在一直綫 cc 上。保持磁力中心相一致的原因是防止发电机电气性的猎动。

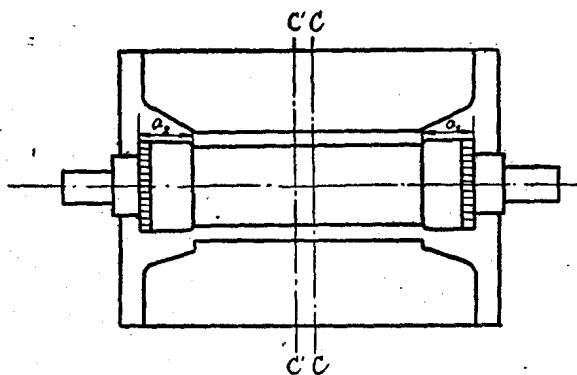


图 7-5 找磁力中心

因此，在安装时轉子中心与靜子中心应距运行状态有 x 毫米距离預先留出，即靜子預先向励磁机側移动 x 距离。轉子受热后总伸长量即为 $2x$ 毫米，而中心处伸长量仅为 x 毫米。这样，使轉子 $c'c'$ 中心与靜子中心 cc 恰恰重合在一起。

參看圖7-5。

中心距離 x 可由兩側決定轉子與靜子繞圈的距离 a_1 和 a_2 的大小來測得。

設測得的汽輪機側距離為 a_2 ；勵磁機側距離為 a_1 。

則：

$$x = \frac{a_2 - a_1}{2}.$$

若轉子在運行中向後總伸長為4毫米（該數是根據轉子兩軸頸之間的長度及受熱溫度計算得出的），則在安裝靜子時應令 $a_2 - a_1 = 4$ 毫米。這樣，在設備正常投入運轉時就能保證發電機磁力中心一致。

根據轉子的總伸長量，將靜子放在預先考慮熱膨脹因素以保證磁力中心在運行中一致的位置後，並找正發電機縱向中心，待靜子裝好後，即可進行下一道工序。

五、向靜子內安放發電機轉子

當發電機靜子作好找正工作後，初步緊上地腳螺絲，並在靜子內部作進一步的清掃，即可向靜子內安放發電機轉子。此時應保證引出綫已由電氣工地裝配合適，轉子本身也作了仔細的清掃和檢查，轉子上固定硅鋼片的螺絲釘必須每個都做好防止脫落的保險墊片。所有螺栓、螺帽必須都做到制動的措施。

當向發電機靜子內穿放或取出轉子時，應非常謹慎仔細地操作，因發電機轉子特別沉重而且它在靜子內的位置，也使起重機使用不便，所以在通過發電機靜子端面附近較小的空氣間隙將轉子穿入時，極易造成機械損壞。

在進行穿放或取出轉子時，必須遵循下列幾項條件：

- (1) 鋼絲繩不得觸及軸頸風擋處、滑環和導電綫。
- (2) 起吊轉子時，不應綁扎在轉子的綁綫上（即無磁性

环处)把它做为支点。

(3)轉子与鋼絲繩在任何情况下,皆不得触及靜子綫卷的端部。

(4)鋼絲繩拴住轉子的地方,应当用板垫起,以防止损伤轉子。

(5)当必須將鋼絲繩重綁至轉子的另一側时,不准將轉子直接擱置在靜子鉄芯上,中間可放置3~5毫米厚的胶皮布或石棉紙。

因目前机組型式很多,不同机組可能采取不同方法。下面介紹几种穿轉子的具体方法。对于35000瓩以下容量的机組,在装入或抽出轉子时,可向汽机側的轉子靠背輪上接一安有适当法兰的短軸(图7-6),以加长轉子軸。短軸的长度要从当轉子的重心吊起横移接近靜子的綫卷时(在穿轉子时)短軸的端部能从靜子中露出为原则,以便能綁扎短軸及轉子本体,如图7-6所示。

另外也可以將轉子軸頸与后軸承座組合在一起,挂在起重机的挂鈎上,用鋼絲繩綁扎后进行起吊,可以縮短短軸,或在某些情况下根本不用短軸,也可以穿放。因为按着这样装入或抽出轉子,能使整个轉子的重心后移(向軸承側),所以鋼絲繩只要綁扎一次便能將轉子向靜子內装入很深,如图7-7所示。

在采用此方法时,应先自励磁机側起,在基础台板水平面上垫以方木,然后再加断面为 20×8 厘米的扁鉄数根放在此方木上,以黃油或肥皂油涂抹。在轉子穿入及抽出时,应用千斤頂或卷揚机使軸承沿着扁鉄滑动。此时应特別注意勿使軸承歪斜,必要时可将千斤頂位置挪动或用撬杠翻动軸承,借以修正軸承位置。