

汽輪机的安装和校修

歐世瀚編著



科學技術出版社

汽輪机的安裝和校修

歐世瀚編著

科學技術出版社

內 容 提 要

本書敘述汽輪機的安裝和校修的詳細步驟、工作方法和各部件的作用原理，對於安裝和校修中的一切問題和重點，有系統性的扼要簡明敘述，其中安裝公差標準、經驗數據、各種間隙及重要問題和必要說明，則力求詳盡，務使讀者能很容易掌握汽輪機的安裝工作，而領會這個工作過程中的精神和要點後，進而推廣到全面工作方面去，解決實際工作要求和工作方法。

書中特別在第三章對使讀者徹底理解汽輪機找中心工作的意義、要求、步驟和作法；在第五章對汽輪機的热膨脹；第七章對主軸承和推力軸承；第十章對調速器的構造作用、特性、安裝、校驗和其在併列電網中負荷的分配作用等方面，詳述無遺。其他各章對汽輪機的其他部件的安裝和安裝中會碰到的問題，也作扼要簡明敘述。

汽 輪 機 的 安 裝 和 校 修

編 著 者 歐 世 瀚

*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可證出〇七九號

大東印刷廠印刷 新華書店上海發行所經售

*

統一編號：15119·240

(原大東版印3,000冊)

開本850×1168 耗1/32·印張6 1/4·數字144,000

一九五六年六月新一版

一九五六年六月第一次印刷·印數1—2,500

定價：(10)一元一角

前 言

本書內容係搜集蘇聯英、美、德、捷、加等國(各種書刊、製造廠家說明及蘇聯專家報告等),和在國內(各電廠先進經驗及各種書刊雜誌等)的先進資料,結合本人多年實際工作的體會,融會編寫而成。書中闡述汽輪機的安裝和校修的詳細步驟和工作方法及各部件的作用原理,對於安裝和校修中的一切問題和重點,作了系統性的扼要簡明的敘述。其中安裝公差標準和經驗數據及各種間隙和必要的說明,則力求詳明,務使讀者能夠很容易地掌握汽輪機的安裝工作,並領會這個工作過程中的精神和要點,用來推廣到全面工作方面去。書中文字力求簡便,使文化程度較低的技術工人也易明白道理;但以能解決具體工作上的問題為限,用詞淺近,偏重實用,儘量避免高深理論。

本書係供中級以上技術工人、工長及中初級技術人員之用。他們在工場上或其他書本中對機器的構造已有一定的認識,看了這書之後,希望可以幫助他們掌握汽輪機的安裝工程,使能把一部汽輪機安裝完成,除特殊情況外,沒有不可以解決的問題。同時,書中搜集各種安裝資料比較完全,所以技師及較高級的技術人員也可作為安裝資料手冊之用,中等技術學校及技工訓練班員生在研讀汽輪機安裝業務方面,也是很好的參考資料。

本書着重單汽缸汽輪機的敘述,共十三章:第一章係簡述汽輪機安裝的步驟和要求,使讀者先有一個籠統的概念。

第二章係簡述基礎和底腳澆灌的必要知識。使讀者了解與汽輪機

安裝有關的土木工程方面的一般要求。

第三章以後各章，按類分述汽輪機安裝和校修工作的方法，及主要的構造和理論說明，使讀者從掌握整個安裝的關鍵問題和工作精神後，進而解決安裝中的實際工作要求和工作的方法。其中第三章詳述汽輪機的找中心，使讀者徹底理解找中心工作的意義要求、步驟和作法；第五章對汽輪機的熱膨脹，第七章主軸承及推力軸承的裝修，第十章對調速器的構造作用、特性、安裝、和校驗及其在併列電網中負荷的分配作用都有詳盡敘述。其他各章對汽輪機的其他部件（如蝸母輪組、主油泵、隔板、軸封、靠背輪、轉子、危急保險器、凝汽器、管路和機件吊裝等）的安裝，及在安裝中會碰到的問題，也都敘述不遺，扼要簡明。

汽輪發電機的安裝和校正工作，困難及重點是在汽輪機本身。故本書僅論述汽輪機本身及與本身有關的附件的安裝和校正。其他間接附件及機件的安裝和校正因與本體安裝影響不大，且較易進行，可迎刃而解，本書概不論述。

本書係初稿，更兼本人學識經驗均不足，難免有不少缺點和錯誤，尚祈讀者多多指正和充實。

歐世瀚識

目 錄

第 一 章	汽輪機裝修概述	1
第 二 章	基礎建築及底脚部分的澆灌	4
	第一節 基礎建築	4
	第二節 底脚部分的澆灌	5
第 三 章	汽輪發電機的找中心	8
	第一節 機座或底座面的找水平和對正中心線位置	8
	第二節 找汽缸及軸承座接合面的水平	11
	第三節 用鋼絲找中心的方法	14
	第四節 測量轉子位置及汽輪發電機裝法的確定	20
	第五節 用靠背輪校正中心	26
	第六節 三軸承汽輪發電機靠背輪找中心法	43
	第七節 減速齒輪式汽輪發電機找中心法	48
	第八節 汽輪機找中心工作應注意的幾個事項	54
第 四 章	汽輪機機件的吊裝	61
第 五 章	汽輪機的熱膨脹	69
	第一節 差別膨脹	69
	第二節 滑銷系統	80
第 六 章	隔板與軸封	86
	第一節 隔板	86
	第二節 軸封	90

	第三節 隔板汽封·····	98
第七章	汽輪機軸承·····	101
	第一節 主軸承·····	101
	第二節 推力軸承·····	113
第八章	蝸母輪組、主油泵及靠背輪·····	123
	第一節 蝸母輪組·····	123
	第二節 主油泵·····	129
	第三節 靠背輪·····	130
第九章	汽輪機的轉子·····	134
	第一節 概述·····	134
	第二節 動輪盤的安裝·····	135
	第三節 工作葉片的安裝·····	138
	第四節 轉子的間隙·····	140
第十章	汽輪機調速機構·····	145
	第一節 概說·····	145
	第二節 調速器的特性·····	154
	第三節 並聯運用中各汽機負荷的分配·····	159
	第四節 調速器的安裝及校驗·····	162
第十一章	危急保險器·····	177
第十二章	凝汽器·····	181
第十三章	管路之安裝·····	186
	第一節 管路的裝配·····	186
	第二節 彎管方法·····	190

第一章 汽輪機裝修概述

汽輪機的安裝，首先要在工作上確立處處細緻精密的思想。因此，在使用工具上要較精密的；在技術上要較熟練的；在工作上要謹慎從事；在校驗標準上較一般機械要求要高；在思考上要周密，而運行中種種條件，如冷縮熱脹的移動等方面都須考慮周到。最後目的就是使汽輪發電機在運行情況下達到：

1. 各連接的轉軸符合標準的同中心；
2. 符合標準的水平揚度；
3. 轉動部分和固定部分有最適當的間隙；
4. 轉子對靜子的中心正確；
5. 各部分的受力作用最適當，儘量消除不平衡力的發生；
6. 軸承磨損儘量減少，軸承溫度在安全範圍之內；
7. 運轉穩定，振幅最小；
8. 保安設備裝置可靠。調速機構靈敏確實。

若能如此，不僅汽輪發電機在運行時毛病可以減少，而且可使檢修工作得以簡易。這是汽輪發電廠安裝工程最重要的一環，應予特別注意。

要達到上面的要求，必須注意下述的安裝工作中一般需要做到的
一些較主要的步驟：

1. 澆築基礎混凝土，並預留底腳螺絲孔洞。
2. 基礎混凝土凝結後，打平基礎面，裝入底座，對正機房中線位置。

3. 找出機座和底座面的水平。

4. 裝上下汽缸及軸承座，並找出汽缸及軸承座接合面的水平。多缸汽輪機多在此時即定出汽缸及軸承座接合面應有的揚度。

5. 用鋼絲對正中心(有個別單汽缸汽輪機安裝時可省去這步工作)。

6. 檢查及整修軸瓦及軸頸，放入轉子。若軸瓦面接觸不好，則用刮刀修正；軸頸面如若粗糙不平，則可用細級油石琢磨光滑，軸頸及軸瓦的表面上，其粗度的總高度不得超過 0.01 公厘。在轉子中心校正以後，不許再修刷軸瓦的接觸面。

7. 測量轉子位置及決定汽輪發電機的裝法，校正汽輪機轉子的輻向間隙，如汽封、油封、軸瓦窪窩等，和測定轉子軸頸水平，確定各轉子應有的軸頸斜度，軸頸斜度(揚度)的容許誤差為 0.10 公厘/1000 公厘。並根據轉子斜度找出汽缸對轉子的中心。

8. 幾種測定：動輪盤對軸心垂直度的測定，轉子彎曲度的測定，靠背輪接合面對軸心的垂直度及靠背輪周緣偏心度的測定等。

9. 用靠背輪校正中心(轉軸與另一轉軸的中心)。做此工作前，應暫把上汽缸及其附件放到下汽缸上。

10. 在校正靠背輪後，根據轉子可能有的變動，最後還須找一次汽缸對轉子的中心。

11. 校正汽輪機滑銷系統(此項工作可在第五步後接着進行)。

12. 對準發電機轉子及勵磁機轉子中心。轉子對靜子中心容許偏差不得超過 10% (指上下左右氣隙差)。

13. 底座及底腳螺絲澆灌水泥砂漿。

14. 校正推力軸承及轉子軸向的間隙。

15. 校正主軸瓦的間隙及裝校軸承蓋。

16. 上緊各軸承座機座地腳螺絲後，複驗轉子水平及按靠背輪再作

一次機組轉子的中心檢查。一切無問題後，裝上各軸承座與底座的穩釘。

17. 蓋合上部汽缸(汽缸大蓋)，上緊接合螺絲。
18. 安裝調速器主油泵以及和它們相聯繫的機構。
19. 安裝凝汽器(此工作可放在靠背輪校中心之前進行)。
20. 安裝附屬設備及管路。
21. 安裝保熱設備。

機件安裝時，可將汽缸裝於樓面，凝汽器裝在汽缸排汽端正下方的樓下基礎中。目前採用這種佈置方式的動力廠也不少，如捷克斯可達(Skoda) 1000 仟瓦；A. E. G. 廠 2000 仟瓦及 260 仟瓦型汽輪機等皆是。這種凝汽器的安裝步驟，須先將凝汽器及排汽筒放入它的適當位置後，才裝汽缸。否則，在汽缸裝上後，便不易工作了。在某種情形下，如凝汽器交貨延期，汽缸已經裝好後，那只有使凝汽器在輪機的下方滑進了。但工作費力費時，甚至有時還須重新工作。至於它們的最後校正，則在汽輪機找正中心以後。

總之，汽輪機的安裝程序，視型式及構造不同而各異。最好遵照製造廠家的說明去做，上面這一套不過是一個例子，以供一般參考。實際安裝時須由安裝工程師結合機器的具體情況，訂出更適當的步驟。有時視情況的需要還可增減一些步驟或變更一下安裝的次序。

轉子的平衡假若有問題，則在安裝之前先做一次動平衡試驗。在設備儀器缺乏的環境下，做動平衡試驗若有困難，則做靜平衡試驗。但是靜平衡究竟沒有動平衡的可靠。

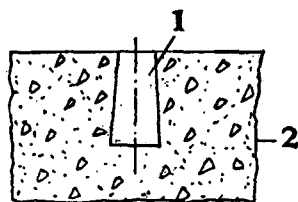
以上所述是汽輪機安裝工作的概況。至於檢修工作，其順序則往往與安裝時相反；工作方法則與安裝的相同；檢修項目須視運轉情況及汽輪機內部情況而決定。不過，一般較大的檢修，進行靠背輪的找中心，測定轉子軸頸揚度、汽缸水平、檢查推力軸承和輪葉的間隙和用橋規(如圖(83)所示方法)測定主軸承的間隙等，都是需要做的。

第二章 基礎建築及底腳部分的澆灌

第一節 基礎建築

目前汽輪發電機基礎的建築，一般是用鋼筋混凝土；也有單用水泥混凝土或鋼架結構的。如英國 B. T. H. 廠交通式 2500 千瓦汽輪發電機的底座成一整塊，而汽輪發電機安裝在地面的一層，基礎是用一整塊式的混凝土築成。就防止震動言，混凝土的基礎勝於鋼架結構；就凝汽器（汽輪機裝於樓層的）及輔助設備的裝置地位言，則鋼架結構勝於混凝土。機器的基礎一般與廠房的基礎分離因此可以節省經費，及防止機器的振動與廠房起共振作用。機器與廠房分離的基礎事先並須考慮到當任一方下沉時，與汽輪機連接的管路的可撓性，以免諸管類因受過分應力而損壞，基礎與機房地面分離的間隙約為 10—15 公厘。

機器底座與基礎混凝土的連接須用底腳螺絲，因此在澆灌基礎混凝土時，應預先留出底腳螺絲孔洞，孔洞為截頭圓錐或截頭正四角錐形，如圖 1 底部截面較頂部略大。以待安裝汽輪機時插入底腳螺絲，而灌以水泥砂漿，使其互相團結。底腳螺絲的尾部製成叉形或彎形或加一鐵板。底腳螺絲的安裝，蘇聯先進方法有一種固定架裝法，就是在打水泥前，首先按着基準點，支好固定架，然後再把底腳螺絲



1. 底腳螺絲孔洞 2. 基礎

圖 1 底腳螺絲孔洞

鐸在固定架上，打水泥時把底腳螺絲澆灌在基礎之內，這樣不管機械振動力多大，底腳螺絲也不致振鬆，安裝地腳螺絲是一件細緻的技術工作，底腳螺絲的中心線、中心位置、標高及垂直度，必須完全合乎技術標準，才能保證機器的順利安裝。

基礎的建築須適當考慮附屬設備及管路之裝置空間和操作空間，尤其是電纜出口、循環水管、電機風道等的位置。

基礎強度的計算，除能耐機器負載外，並須留有足夠的富裕力量，以防衝擊。又汽輪發電機常因不適當的同步、電機短路或細屑水分侵入輪葉而可能引起激烈的震動，因振動而引起的過分內應力，必要有足夠抗拒力量的基礎。因此基礎之地質甚為重要，在建築之前，必須先行鑽探，能有天然岩石地盤，內壓強度在 100—150 公噸/平方公尺，係最優良的地質。較差之地質，當地基上之計算靜壓力或基礎之振幅大於許可值時，則用樁加強之。若無岩石地質，則必須挖至老土，因新土上不能建築基礎。如單用水泥混凝土整塊式的基礎，有時嫌固結力不夠，所以最好攪用稀疏的鋼筋，這對應力的分佈能起很大的改善作用。

基礎混凝土重量的設計，一般約為機器全重的 2.5 倍才能在實用上有良好結果。基礎和機器之公共重心與基礎底部之中心，須力求在同一鉛垂線上。基礎下面的基準點應低於所有附屬設備及機房等基礎下面的基準點。

基礎之設計和施工，屬於土木工程，由土木工程人員執行；但有關電機性質之資料，電機人員須時加聯繫和注意。

第二節 底腳部分的澆灌

在汽輪發電機底板及軸承座放妥後，在校正了位置（同時考慮汽輪機各基本零件的相對位置，及對鍋爐和房屋位置是否正確），及汽輪機

打好了水平之後，當我們確信在機組的最後安裝前，僅須上下移動，而水平方向絕不須移動時，就可以將底板或軸承座底腳進行澆灌水泥砂漿，使其固定。但待整個汽輪發電機的中心和水平找正後，再用水泥砂漿固定，有更多的好處。因後者可備安裝過程中任何需要的更改。若汽輪機底座與發電機並不相連，在校正汽輪機的位置並打好了水平以後，有人先澆灌汽輪機部分；也有人先將底腳螺絲孔洞灌漿，而底座與基礎間之澆灌，則俟整個中心及水平找妥後才進行。

底腳部分澆灌工作，須有機電安裝負責人員監督，土木人員參加施工，細緻的進行。有時甚至由機電人員執行施工，因此，這裏將施工工作中應注意的幾點概述如下：

1. 底板澆製高度，應保持在底板厚度之 $\frac{1}{4}$ — $\frac{3}{4}$ 範圍內。底腳螺絲孔內不得有積水雜物，模板應固牢可靠，不許有裂縫，如圖 2 模板與底板邊緣保持 100—150 公厘的距離，模板高度應比混凝土水平高 20—30 公厘。

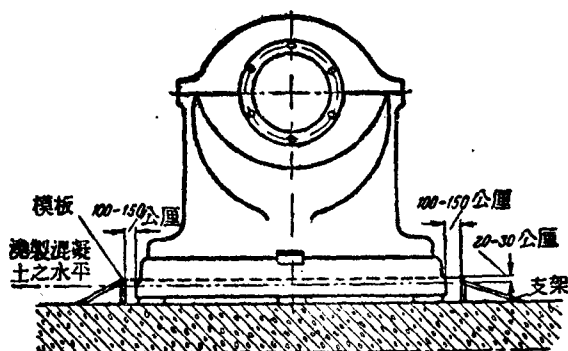


圖 2 底腳部分的澆灌

2. 澆灌層厚度若在 30—40 公厘之間，應採用 1:2，或者 1:2 ½ 的水泥砂漿，砂子可以用一般的，但必須清潔，並可攪入大至 4 公厘的砂粒。

若澆灌層厚度大於 40—50 公厘，可以使用適當比例之混凝土，石子的尺寸可以在 10—25 公厘之間。總之，要選擇砂和石子的配合比，使能得到最大混凝土的堅實度。這樣可以減低混凝土的凝結收縮性。1:1 或 1:1½ 的水泥砂漿，有相當大的收縮性，這對底脚和基座之緊密接合不利，所以絕對不可使用。一般 1:2 或 1:2½ 的水泥砂漿，其強度在實用上已足敷需要；但同時我們更應注意到施工中的質量。

3. 在澆灌以前，應將基礎的舊混凝土表面清刷及加濕。特別要注意在安裝中，被不慎落在混凝土面上的機油、火油等所侵入的薄層一定要鑿掉，並將欲灌混凝土之平台潑上一薄層純水泥的水泥漿。

4. 澆灌時可從任何一段開始，連續不斷的進行，不可在幾個地方同時澆灌，因為這樣製作，會使內部發生空隙，在各處接頭的地方也不會得到嚴密的接合。往裏擠送及壓光水泥砂漿，是用各種樣式的搗實工具及簡單的鐵棒來進行的，最好能採用壓縮的辦法。

5. 澆灌速度要快，必須一次作成，新澆的水泥砂漿一定緊接着未曾凝結的舊岔，在這裏不能使用震動辦法。對於標準溫度的凝結，在 10—18 天的期間內要避免任何震動。若凝結溫度降低，天數還要延長，一般的經過 6—7 天的時間，便可以承受平均的靜荷重。

第三章 汽輪發電機的找中心

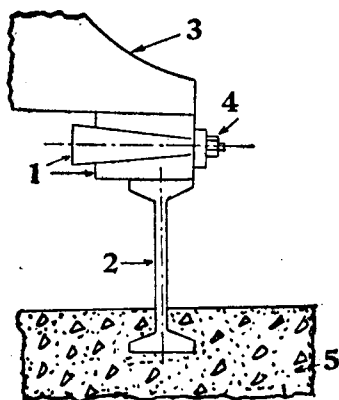
汽輪機的安裝可按下列順序找出它的中心：

第一節 機座或底座面的找水平和對正中心線位置

在基礎(機墩)的混凝土凝固可用後,或基礎的鋼架結構完成後,即可進行機座或底座的安放。在放入機座或底座前,先把基礎面的突出的水泥錘平,然後做汽輪機找中心的第一步工作—在底座或機座平面上進行找正水平和對正它的中心線位置。

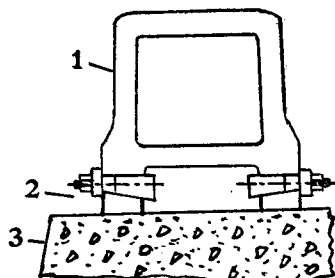
機座或底座下面各角及中部先放上加過工的墊鐵,墊鐵厚度約25—50公厘(個別情形可使用80公厘),寬度約80—100公厘,長度約150—200公厘。並將底腳螺絲放入預先留下的與其相對應的孔洞內。

爲了校正底座水平時調整高低



甲. 放在工字橫梁上的楔形墊鐵

1. 楔鐵 2. 橫梁 3. 機座
4. 擰此螺絲可擠動楔鐵上下移



乙. 直接放在基礎上的楔形墊鐵

1. 機座 2. 楔形墊鐵 3. 基礎

圖 3 在楔形墊鐵上的調整

的方便,使工作進行迅速起見,很多採用楔形墊鐵如圖 3,或支撐螺絲如圖 4。楔形墊鐵必須先行加工。支撐螺絲頭下放置墊鐵,其上對着的底座板,先鑽出支撐螺絲的套孔。

墊鐵放好,於是拖入機座或底板於其上,並對準機座或底座與機房及鍋爐的相對縱橫方向的中心線位置。中心線位置的對準,可用拉鋼絲法進行。

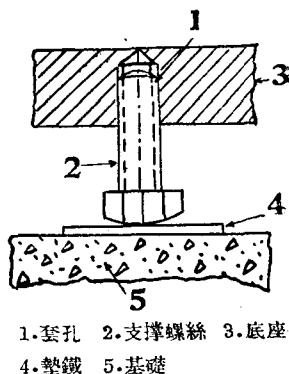


圖 4 在支撐螺絲上的調整

在機座或底座找水平之前,先檢查它的水平表面是否平滑,有粗毛銹積的地方則用砂布或銼刀修磨光平。然後將水平尺放在機座或底座的平面上,觀察其水平程度。倘使不能達成水平,則變更墊鐵的厚度,或調整楔形墊鐵的螺絲(若有支撐螺絲則調整支撐螺絲)。不只一個機座的汽輪機,它的機座相互間的水平(或高度配置),用適當長度的安裝大平尺跨放在兩機座上,方法參看圖 8,然後在大平尺上放上水平尺,觀察其水平。機座或底座找水平時容許偏差限度為 $0.2-0.3/1000$ 公厘/公厘。

假若兩個相鄰的機座在水平面上的高度並不一致,則應用附加的墊鐵來測定,如圖 5 所示。 D 是附加墊鐵,放在凝汽器的法蘭盤上。 A 、 B 是兩個機座, C 的距離用內徑千分尺測量。

先找出縱向水平,然後再找橫向水平。

如果機座或底座平面已達成了正確的水平,則可將座下的墊鐵按每 300—1000 公厘的間隔一一放入,最好採用 300—600 公厘的間隔,小型的間隔較小,大型的間隔可較大。所有放入的墊鐵應能達到用鎚子輕輕打入的嚴密程度,同時在機座面上先放好水平尺,觀察在放入墊

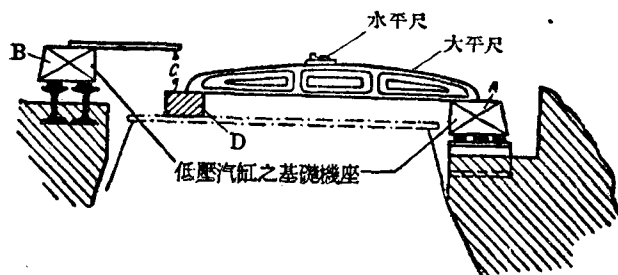


圖 5 高度不一致的兩機座的水平測定

鐵過程中是否影響到水平狀態的變動。墊鐵上的負荷不得超過25—40公斤/平方公分。在選擇墊鐵的安放位置時，以愈近負重的地方愈佳，且應該考慮到每根底腳螺絲的兩側必須放有墊鐵，否則，在擰緊底腳螺絲時，底座將變形；又應注意墊鐵負重必須平均分担，不可有不受力的墊鐵，尤其底腳螺絲旁的墊鐵更不應不受力。墊鐵與機座或底板的接觸面應嚴密，用0.03—0.05公厘的塞尺檢查，應插不進去。安裝好後的墊鐵，塊與塊及底板間應用點鉚，使其固定。

在安裝調整工作中，必須注意機座或底座的底腳螺絲孔是否與基礎上預留的相對應的螺絲孔洞符合。因為若非這樣，那就不能保證底腳螺絲不發生歪斜安裝的現象。

在機座或底座的位置和水平正確後，若確信在汽輪機組的最後安裝前，僅須上下移動，而水平方向沒有什麼移動時，此時即可在地腳螺絲孔洞內灌入水泥砂漿，但灌漿後必須有充分時間使之凝固，才可令螺絲受力。否則容易鬆脫，必須重新工作。在這時進行灌底腳螺絲孔洞的水泥砂漿，可有較長的凝固時間，作為在校正汽缸水平時，須要做的擰緊底腳螺絲工作的準備。