



電力工業技工學校教材試用本

汽 輪 機 檢 修

下 冊

沈陽電力技工學校編

電力工業出版社

內 容 提 要

本書扼要地介紹了汽輪機檢修的基本知識，其中包括准备工作、檢修方法和校整工作等。

下冊的內容是着重介紹汽輪機找中心、轉子找平衡和輔助設備的檢修工作等。

本書可作為電力工業技工學校汽輪機檢修專業的教材，也可作為汽輪機檢修工人的參考資料。

汽 輪 機 檢 修 下 冊

沈陽電力技工學校編

*

646R163

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082號

電力工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 4 $\frac{1}{2}$ 印張 * 86千字 * 定價(第10類)0.60元

1957年8月北京第1版

1957年8月北京第1次印刷(0001—3,100冊)

目 录

第九章 汽輪机的振动	3
第一节 振动的危害性和測定方法	3
第二节 可能引起振动的原因	4
第十章 找中心	7
第一节 找中心的意义	7
第二节 汽缸和軸承接合面找水平的方法	12
第三节 用鋼絲找中心的方法	13
第四节 測量轉子位置的方法	17
第五节 轉子根据靠背輪找中心	20
第六节 三軸瓦汽輪發电机靠背輪找中心的方法	27
第十一章 汽輪机轉子找平衡	31
第一节 轉子不平衡的現象及其平衡法的基本原理	31
第二节 轉子找靜平衡	34
第三节 試加重量周移法找动平衡	38
第十二章 蝸母輪組	58
第一节 蝸母輪組損坏的原因	58
第二节 蝸母輪組的間隙和串动	64
第三节 蝸母輪的安裝	66
第十三章 調速系統和危急保安器	69

第一节	调速系統	69
第二节	危急保安器	77
第十四章	油系統	81
第一节	油系統运行时的失常現象	82
第二节	主油泵	84
第三节	汽动輔助油泵	88
第四节	油系統的清洗	90
第十五章	凝汽器和空气抽出器	99
第一节	凝汽器	99
第二节	空气抽出器	107
第十六章	水泵和管閥系統	109
第一节	水泵	109
第二节	管路系統的修理	120
第十七章	汽輪机檢修后的起動和試运轉	137

第九章 汽輪机的振动

第一节 振动的危害性和測定方法

对汽輪机的主要要求之一，是要平稳地运行，即不应有不容許的振动。振动会使汽輪机的正常运行受到破坏，并使部件受到严重磨損。由于振动而在軸承內引起的不平衡力，將加速軸瓦內部表面的磨損，并使蝸母輪組不能正常工作。

振动的危害性很大，可能引起汽輪發電机組产生下列現象：

1. 材料疲乏，促使机器另件損坏。
2. 螺絲帽及其他連接部分松弛。
3. 基础台板澆制的水泥和基础离开。
4. 使基础和牆壁产生裂紋。
5. 軸承受热并急速磨損。
6. 轉子和固定部分摩擦。
7. 發電机轉子綫槽內的充填物松弛。

轉子振动的大小可根据每一軸承的振动值来确定。用振动表在軸承的三个方向进行測量：朝橫方向測量，即在和机器水平面 中心綫成垂直 的方向；朝縱方向測量（軸向），即机器中心綫方向；朝垂直方向測量，即在垂直平面中和中心綫相垂直的方向（圖145）。

在評價机器的状态时，必須就上述三个方向来进行測

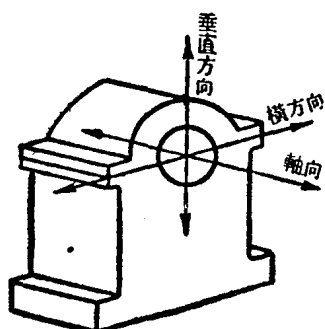


圖 145 軸承的振動

振動標準，振幅
(公厘) 表 20

轉數/分	振 動 的 評 價			
	伏	良好	合格	不合格
1500	0.03	0.07	0.12	0.20
3000	0.02	0.04	0.07	0.12
5000	0.01	0.02	0.04	0.07

量，并根据其最大振動數值按照表20來評價其振動情況。

測量振動時，必須在軸承的一定位置上進行，因為在散佈振動波形的系統中心或機件通常和軸承中心綫不對稱，而且軸承座各點上的振動值又相差很大。在測量垂直方向的振動時，一般應用的辦法，是把振動表安置在軸頸中央軸承蓋子圓周的最高點上進行測量的。測量水平方向的振動，可把振動表小心地壓到軸承外殼上，在軸中心綫的水平上加以測量。

安裝後進行鑑定性的振動測量時，振動情況不得低於表20中的“良好”標準。凡振動情況較壞的汽輪機，都應停機並消除振動現象。振動值必須記入記錄表內。

第二節 可能引起振動的原因

汽輪發電機的振動可分兩種：一種是電氣振動，另一種是機械振動。

電氣振動：當汽輪機單獨開動沒有振動時，然後把發

表 21

总 因	特 征	可能引起振动的不良因素	应如何处理
I. 質量或力的不平衡性	汽輪机或發電机的整体發生同等同样的振动 振动的週波数和轉速相符合	1. 軸弯曲。由于軸和汽封銅片發生强烈的摩擦、汽輪机內进水、起動时暖机不均匀以及制造时軸的热处理不良等 2. 軸或轉子的另件位置移动。例如叶片尾部加工不良，在运行时可能依半徑方向往外移动 3. 叶片不均等或一側腐蝕 4. 叶片掛有不均衡的水锈 5. 靠背輪或其他另件不平衡 6. 平衡重量或其位置不对 7. 起動前轉子受热不均 8. 發電机轉子的繞圈移动	1. 直軸 2. 加以檢查和修補 3. 把被腐蝕的叶片加以更換 4. 清扫叶片 5. 找这些另件的平衡 6. 应重新作平衡 7. 停机再重新起動 8. 把繞圈固定后，重新找平衡
II. 軸的安裝不良	振动为不定性的，空轉时輕，增加負荷时大，和汽輪机的温度变化有关系	1. 靠背輪的安裝不对 2. 汽輪机和發電机的中心不合 3. 因汽温变化的关系，使汽管变形，頂着汽輪机的汽缸(大蓋)	1—3 檢查并進行适当的補修
III. 基础不坚固或基础和基础的連接的强度不够	是机房鄰近部分的共振現象。汽輪發電机整体振动，在各种負荷的情况下都是一样	1. 基座的灌漿不良，或者是基座的巩固强度不够 2. 基础部分的强度不够。例如發電机軸承的基础部分强度不够，轉子稍有不平衡，便会引起剧烈的共振	1—2 檢查并進行适当的補修
IV. 因为轉子固定部分松弛或因廢坏而發生活動	部分振动現象。主要在活动的部分，有时听到尖銳的敲打或騾乱的声音	1. 軸瓦的軸間隙太大 2. 蝸母絲和蝸母輪裝得不对 3. 齿靠背輪的齿磨損太大 4. 球面形軸承的凹窩因磨損而扩大 5. 紧靠背輪的螺絲松弛	1. 补錫上瓦的合金或更換新瓦 2—8 詳加檢查并進行适当的補修

續表

原 因	特 征	可能引起振动的不良因素	应如何处理
		6. 汽輪机轉子部分松动 7. 發電机轉子的綫圈松动 8. 輪盤和軸之間紧固不够或松动	
V. 汽輪机内部有摩擦情形	發生振动不正常, 而且集中在某一部分; 騒音和轉速符合, 在起動或停止时可能会听到金屬的弦声	1. 动静叶片相接触 2. 半徑方向的間隙不够或者調整得不勻 3. 隔板弯曲或發生延伸槽性現象, 或是輪盤变形 4. 推力軸承不良或裝置时不合適	1. 赶快停机檢查推力軸瓦和动静叶片 2. 檢查半徑方向的間隙并搞清原因, 进行适当的补修 3. 須由專家來檢查和处理 4. 檢 視 推 力 軸 瓦, 校正各处的間隙, 并进行适当的补修
VI. 汽封不良	局部振动, 汽封部分的軸或盖發熱	1. 汽封的間隙不够或安裝不良 2. 炭精汽封的直徑不够 3. 水封生銹过多	1. 停机进行适当的补修 2. 按样板作适当的調整 3. 清扫水封, 并使用凝結水
VII. 潤滑油系統不良	輕微振动, 汽輪發電机在运行中有騒音	1. 油膜不正常, 給油不足或完全停止 2. 潤滑油不合格 3. 油温过低	1. 立即停机查明原因, 并进行适当的处理 2. 停机換油, 并时常化驗油質 3. 起動前把油加熱
VIII. 安裝不良	待蒸汽过热到一定的程度时, 才發生振动	1. 汽管因汽温关系变形 2. 轉子安裝得不对	1. 改裝蒸汽管 2. 校正轉子的位置
IX. 蒸汽温度过高	仅在汽温到相当高的程度时發生振动	1. 汽温过高, 超出汽輪机設計范围以外	1. 不許可汽温高过允許的范围

电机連結上去，再开到規定轉速时，也不振动。但是只要一合上励磁电路，發电机發电后，便發生振动，这种振动便可以判明是由于电气部分的故障所引起的，我們叫它为电气的振动。

电气振动發生的原因，多半由于發电机的轉子和靜子間的空气間隙(上下或左右)超过規定的差度(同期發电机空气間隙的差度，不得大过平均間隙的5%)，或因部分轉子綫圈間短路的关系，發生磁場不均匀的現象，引起振动。

除了因电气部分的故障所引起的振动外，其他原因所引起的振动，都可称为机械性的振动。

可能引起机械振动的原因很多。振动的原因和檢查的方法如表21。

当汽輪机發生振动时，可參照表21仔細地查明振动的原因，并采取相应的措施，消除振动。

第十章 找 中 心

第一节 找中心的意义

汽輪机找中心的目的如下：

1. 机組轉动部分的几何中心綫，要和它相对的靜止部分的窪窩中心綫相符合。

2. 任何一种靠背輪所連接的轉子，必須保証机組能够可靠地运行，并使它振动最小。

中心找得正确不但能保証汽輪机平穩可靠地运行，并

且能減少因轉子振動和軸承內部摩擦所引起的機械損失。通過找中心工作，可以規定通汽部分、端部軸封和隔板汽封的正確間隙。

汽輪機運行的安全性和它是否能平穩地運行有很大的關係。汽輪機振動是由不平衡力而引起的，汽輪機中心找得不好，運行時就產生不平衡力。這種不平衡力發生的原因如下：

1. 汽輪機轉子的軸中心綫和隔板的窪窩中心綫不相合。由於這些中心綫的不相合，蒸汽傳給葉片和葉輪的作用力分布就不勻稱，因此引起轉子的振動。

2. 靠背輪和軸中心綫不相合。從一個轉子傳給另一個轉子的圓周切綫方向的力，相對於轉動中心綫就不能平衡，因此可能引起轉子及其軸承的振動。

3. 轉子軸頭在軸瓦內歪斜。由於軸頭的歪斜，軸瓦整個表面上受力就不勻衡，因此引起很大的振動，並使軸瓦單側磨損。由於軸瓦的單側磨損，將進一步使汽輪機的中心情況變壞。

4. 固定在汽輪機汽缸內的靜止部分、端部軸封或隔板軸封的另件，和轉動部分摩擦而使轉子產生不平衡力，這種不平衡力，除引起振動外，還會造成嚴重的事故。

汽輪機轉子中心不正，容易造成轉子和軸封摩擦或將軸封片磨損，從而增大軸封間隙。同時，長時間的局部發生摩擦，易引起主軸彎曲。因為在發生摩擦的地方，軸的材料開始受熱，使該部的金屬組織發生局部延伸，結果軸向摩擦一側，亦即向受熱大的一側彎曲。

軸封間隙增大，增加了漏汽損失，因此降低了效率。同時從間隙里漏出的蒸汽穿過汽檔和油檔，竄入軸承里面。蒸汽大量進入軸承，會使潤滑油變質，嚴重影響軸承的潤滑工作，並使和油接觸的另件（特別是調速系統的另件）生銹。

軸封間隙增大還會造成軸向推力增加的危險。

汽輪機組轉子中心校得不好，會引起靠背輪處的歪曲。

這時如果是爪式靠背輪，則工作爪面不是全面接觸，接觸到的只是工作爪面的一部分。由於這些爪面部分上單位面積壓力的增高，可能把爪面上的潤滑油擠壓出來，而使爪的工作面發生局部的磨損。這時必須把爪面重新仔細銼平修刮，並使機組中心重新校正。

如果是彈簧式靠背輪，則靠背輪處的歪曲使彈簧發生額外的應力，有時會造成彈簧的斷裂。

根據上面所述，就可以看出中心綫找得正確與否，對汽輪機的安全經濟運行有着極大的影響。所以對汽輪機組轉子找中心的工作必須予以嚴密的注意。

汽輪機找中心的方法有下列幾種：

（1）找汽缸和軸承座接合面縱橫方向的水平，在某些情況下並須確定必要的斜度。

（2）用鋼絲找中心，檢查汽缸窪窩和軸瓦座彼此間的中心位置。

（3）檢查轉子的位置——根據軸頸確定各轉子應有的軸頸揚度。

（4）在下列情況之一時，必須進行用轉子的軸找轉子

在汽缸內的中心，即檢查轉子在汽缸窪窩內的位置。

1. 檢查靠背輪，發現中心不正；
2. 軸封有摩擦現象或新換汽封片；
3. 更換新的軸瓦以後，或軸瓦有很嚴重的磨損時；
4. 隔板拆裝或換新隔板汽封片時；
5. 更換新的轉子後。

(5) 汽缸滑銷系統有磨損時，用靠背輪找中心，檢查各轉子軸心是否相合。這一方法在每次大修中都必须進行。

(6) 檢查轉子在軸瓦上的位置，用橋規測量軸和軸承座法蘭盤接合面相對的輻向間隙和軸端與軸承座的軸向位置。

上述第(1)(2)(4)種用水平、鋼絲、轉子軸找中心的方法，對雙汽缸串列式汽輪機必須全部進行；如系單汽缸汽輪機，則須在下列情況時才全部進行：

- (1) 靠背輪的中心不正很顯著；
- (2) 轉子在汽缸內的位置有顯著的變化；
- (3) 地基發生平均的下沉；
- (4) 軸承或汽缸底座和地基有裂縫；
- (5) 軸承座有一部分拆裝過；
- (6) 汽輪機發生某種特殊振動。

在找汽輪機中心工作中應注意下列事項：

(1) 軸在運行時，由於油膜發生的軸心位移(圖 146)使軸中心 O 向上移動，又由於軸轉動，使軸心向左偏，最後到 O' 的位置。即軸心向垂直方向移動 a ，水平方向移動 b 。 a 、 b 的數值決定於轉子重量、油的粘度、油溫和轉速

等条件。一般來說， $a=0.06$ 公厘， b 的最大值 $=0.04$ 公厘。 a 和 b 还没有精确的数值。

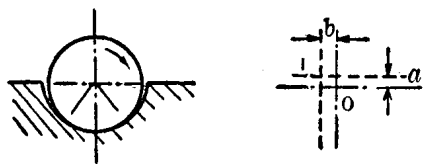


圖 146 运行时軸中心的位移

(2) 由于运行时軸承座和汽缸的受热膨脹不等，影响了軸中心的位置。

1. 軸承座接合面和汽缸窪窩中心在同一水平綫上时，如圖 147 甲所示，由于軸承座和汽缸上下膨脹相等，中心無相对变化，故軸封間隙 $a=b=c=d$ 。

2. 軸承座接合面低于汽缸窪窩中心 h 公厘(圖 147 乙)，汽缸向上膨脹大，因此运行时，軸中心相对下移，所以在找中心时，軸封間隙 d 应大于 b ，一般 $d-b=0.2$ 公厘(最大值)。

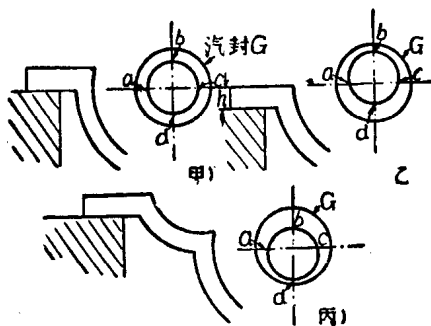


圖 147 运行时汽缸和軸中心位置的关系

3. 軸承座接合面高于汽缸窪窩中心 h 公厘，軸承座上膨脹大，軸心在运行时向上移，所以找中心时，軸封間隙 b 应大于 d (圖 147 丙)。AEG 厂制造的汽輪机属于此型，AEG 厂汽輪机 $b-d$ 的数值規定为 0.2 公厘。此数并包括了由于真空关系使汽缸后部下沉的数值。

第二节 汽缸和軸承接合面找水平的方法

(1) 找縱方向的水平：如圖 148 所示，大平尺 P 通过墊尺 N ，先后放在汽缸和軸承座接合面上，墊尺下加墊片 R ，使大平尺真正在汽缸中心綫的平行面上 (因为制造上的关系，汽缸接合面不一定在汽缸中心綫上)。然后用精密的水平仪 L ，分別求出接合面的水平程度。

找縱方向水平是先找高压側，而依次找前、中軸承座，然后找低压側，再次找后、中軸承座。找縱水平的目

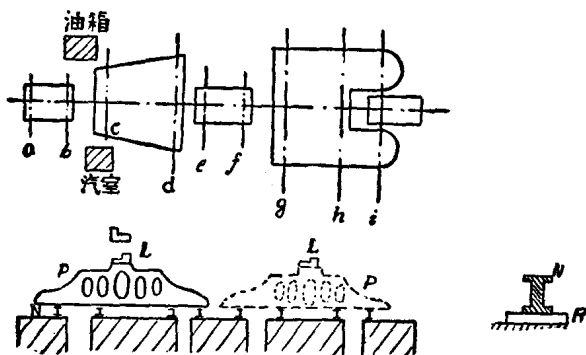


圖 148 汽缸和軸承座接合面找水平
 N —墊尺； R —墊片； P —大平尺； L —水平仪。

的是要达到如圖 148 所示的五个接合面通过同一几何中心綫上。

(2)找橫方向的水平: 用大平尺直接擱在接合面上, 如圖 148 所示。求出 $a, b, c, d, e, f, g, h, i$ 的斜度。表 22 是 12 000 瓩汽輪發电机橫方向水平的允許誤差。

12 000 瓩汽輪發电机橫方向水平允許誤差表 表 22

Кукa 式水平仪	a	b	c	d	e	f	g	h	i
油箱側斜度 格	3	2.5	2	2	3	3	—	—	—
汽室側斜度 格	3	2.5	1	1	3	3	—	—	—
差数 $a-b, c-d, e-f$	1		1		1				

(3)找水平时应注意的事項:

1. 水平仪每測一处讀出刻度后, 必須在原处轉 180° 再讀一次, 然后取兩数的平均值。

2. 水平仪測了兩次后, 大平尺也应在原处轉 180° , 再如(1)測二次, 总計有四个讀数。所記錄的水平揚度实际是这四个讀数的平均值。

3. 使用大平尺和垫尺, 兩面須力求正直平行。

第三节 用鋼絲找中心的方法

用鋼絲找中心的目的, 是使汽缸和軸承座的中心位于同一垂直平面上, 使轉子放在軸瓦上的中心綫要和經過汽缸窪窩中心的垂直面相重合。它的找法如下:

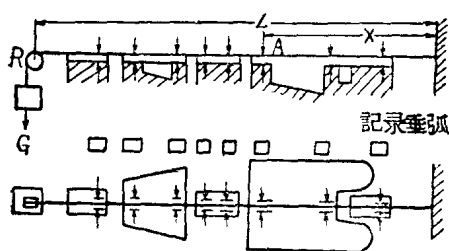


圖 149 用鋼絲找中心

鋼絲的一端經過滑輪懸以重錘，另一端予以固定（圖 149）。滑輪用以調整鋼絲的位置。鋼絲的粗細和所懸重錘的大小，

有一定的關係；普通重錘 G 的重量應等於拉斷鋼絲所需重量的 75%。常用的鋼絲極限強度如表 23 所示。

常用的鋼絲極限強度表

表 23

鋼絲直徑 (公厘)	1.291	1.165	0.912	0.767	0.640	0.456	0.255	0.165
極限強度 公斤/公分 ²	22,500	24,800	25,200	26,000	26,190	26,400	33,500	52,500

1. 鋼絲的垂弧：鋼絲本身因有重量，所以無論拉力多大，一定會產生一定程度的垂弧，其垂度雖小，但測量鋼絲的中心時必須加以考慮。鋼絲的垂弧可由預先繪好的曲綫圖查出，否則可用下面的公式計算：

$$f_A = \frac{p \cdot X \cdot (L - X)}{2G}$$

式中 f_A 為 A 點的垂弧(公厘)；

p 為每一公尺鋼絲的重量(克/公尺)；

X 為鋼絲固定點到 A 的距离(公尺)；

L 為固定點到滑輪 R 中心的距离(公尺)；

G 為拉鋼絲的重錘重量(公斤)。

鋼絲最大垂弧

$$f_m = \frac{pl^2}{2G}, \text{ 其中 } l = \frac{l}{2} \text{ 公尺.}$$

在用鋼絲找中心以前，各測量點的垂弧均須預先計算好并記錄在圖的一定位置上，如圖 149 的方框。

2. 用鋼絲找中心，一方面考慮垂弧的誤差，另一方面還要測量汽缸窪窩實際中心和幾何中心間的誤差，如圖 150 所示。在找汽缸任何部分的中心時，必須考慮到 m 值。

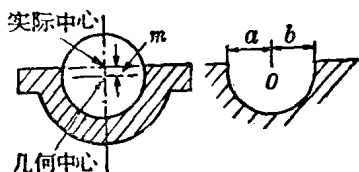


圖 150 汽缸窪窩實際中心和幾何中心的誤差

3. 取得了 1, 2 兩項的數值以後，即可確定汽缸的中心基準。裝機時是用低壓汽缸前後軸封窪窩中心為基準，檢修時則一般取高壓前軸封窪窩到低壓後軸封窪窩為基準。

4. 確定了軸封窪窩的中心基準後，即測量其他軸封和軸瓦窪窩中心。

鋼絲至窪窩兩邊水平距離的容許公差為 0.08—0.10 公厘（即 a, b 的差等於 0.08 到 0.10 公厘）。

軸滾式汽輪機軸封片的間隙為 0.25 公厘，所以這裡容許有 0.08—0.10 公厘的公差，絕不會有影響的。

測量時，把內徑千分尺帶有螺頭的一端貼放在軸封窪窩的 A 點上，他端沿鋼絲附近的 cd 弧作上下移動（如圖 151），擰螺絲頭以增減千分尺的長度，使它和鋼絲稍為接