

如何正确測量軸流式汽輪機 通汽部分の間隙

王金田編著

水利电力出版社

內 容 提 要

汽輪機通汽部分的間隙过大，直接影响汽輪机的效率，但过小了在高轉速热膨脹的情况下，又易引起轉动部分和固定部分摩擦碰击，往往造成重大事故。本書介紹一般常用的軸流式汽輪機通汽部分間隙的正确測量方法，文字通俗，适于現場技工閱讀。

如何正确測量軸流式汽輪機 通汽部分的間隙

王 金 田 編 著

*

1838 R600

水利电力出版社出版 (北京西郊科學館二里路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第106号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

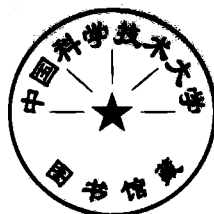
*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * $\frac{7}{8}$ 印張 * 16千字

1959年1月北京第1版

1959年1月北京第1次印刷(0001—4,100册)

統一書号: 15143·1444 定价(第9类)0.09元



目 录

第一章 軸流式汽輪机通汽部分間隙測量的重要意义.....	2
第二章 目前測量汽輪机通汽部分間隙工作中 存在的問題.....	3
第三章 几种測量的方法.....	6
第四章 关于工具使用的問題.....	21

即可
頁音
內請
决又
, 这
重,
自人
以接
骨減
塞
起用
形變

]
]

第一章 軸流式汽輪機通汽部分間隙

測量的重要意義

汽輪機與通汽部分間隙，如動靜葉片之間，軸汽封、隔板汽封以及平衡盤汽封等動靜部分之間的間隙，每次大檢修照例要進行測量。如果在更換通汽部分中的機件，或為了經濟或安全調整通汽部分間隙以後，測量軸流式汽輪機通汽部分的間隙尤為重要。汽輪機檢修質量的好壞，主要關鍵在於間隙、緊力及中心調整的如何，而通汽部分間隙是比較重要的部分。間隙的正確與否，直接關係到設備的安全與經濟。如隔板汽封間隙過大，就會有過多的沒有作功的蒸汽沿軸流到隔板的後邊，既會減低汽機的內效率，也會使葉輪承受不應有的軸向推力，甚至會造成燒毀推力瓦的事故；如軸汽封間隙過大，後軸封會滲入排汽缸內更多的蒸汽，影響效率的降低，前軸封除漏出過多的蒸汽，影響效率的降低以外，還會加速透平油的劣化；如果軸封的間隙過小，會招致汽封片與主軸的摩擦事故，嚴重的還會造成主軸彎曲，致使汽機停用的時間大大地加長，甚至直接影響廠礦的生產。汽輪機轉子永久彎曲的形成，一般是由於間隙不正確而引起摩擦造成的，特別在起動通過臨界速度時尤為危險。平衡盤汽封間隙過小，也易於造成摩擦事故，過大漏汽過多，除不經濟以外，也會使平衡盤的工作能力減小，加重推力軸承的負荷，推力軸承容易因為過負荷而燒毀。葉輪與噴咀或隔板動靜部分的間隙尤為重要，間隙正確合格，既經濟又安全，如果由於檢查疏忽大意，不能及時發現問題，及時予以消除，使動靜部分發生摩擦，常常會嚴重的損壞設備，造成嚴重

的事故。

除以上的重要意义以外，認真对待檢修工作中的測量工作，摸清設備的耗損率，进一步掌握運轉性能，預先做好檢修准备工作以提高檢修的質量与計劃性，也有着决定性的意义。

第二章 目前測量汽輪机通汽部分 間隙工作中存在的問題

对汽輪机通汽部分間隙的要求是很严格的，測量工作又是这样的重要，但是在檢修工作中，有些工作人員对这项工作做的是不够好的，究其原因，概括有下列三种原因。

一、从思想上不够重視

有些人認為檢修和測量工作作用不大，从思想上就不重視，所以，有时出了事故，还不知道是什么毛病引起的。例如某电厂，由于后軸封的間隙过小，檢修后升速到1,400轉/分，汽机就抖动起来，声音大变。待停机后檢查，发现后軸封处主軸已被磨变色，造成永久弯曲达0.21公厘，又不得不进行直軸工作。又如某厂反动式汽輪机，在運轉中由于突然发生振动，被迫停机檢查，发现平衡盤汽封間隙小于推力軸的間隙，是因帶負荷突然解列，轉子突然往前牽动而被磨的。幸而摩擦的不严重，否則是不堪設想的。由这两个例子可以看出，怕麻煩或疏忽大意对待这项工作的危害性。

二、測量方法不正确

測量工作中，有一些是錯誤的。一般測量通汽部分間隙，是將轉子推向最后，茲举两个例子加以說明：

1. 測量通汽部分間隙時，轉子一律推向最後不正確 有些舊式B.B.C.汽輪機轉子位移向前時，平衡盤汽封間隙為最小，那麼測量這部分間隙轉子就應推向前方，否則就會發生問題(圖2-1)。這種汽輪機平衡盤汽封間隙的標準為0.15~0.25公厘，某廠該機當轉子推向最後時，平衡盤汽封最小間隙為0.2公厘，而推力軸承的間隙為0.35公厘左右，幸虧該機帶負荷後轉子位移是向後的，若是位移向前的勢必要闖大禍。

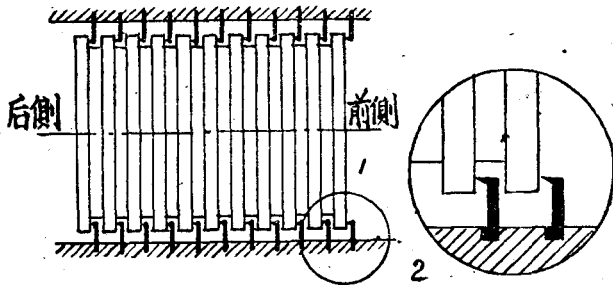


圖2-1 平衡盤汽封
1—平衡盤；2—汽封片。

2. 舊的“蒸汽竄動”方法不夠正確 更換隔板或調正噴咀間隙之後，以及作必要性的檢查時，為了確認轉子葉輪與隔板或噴咀最小間隙的數值，以確定能否合乎標準保證安全運行，常常採用“蒸汽竄動”的方法進行檢查。這個方法是用天平將轉子盤轉，同時將轉子向一方推動，一面用聽針針察聲音，等聽到聲音時為止。這種方法是不夠正確的，不正確的主要因素是葉輪的剛性不夠，等明確地聽到声响以後，即有部分接觸摩擦，而非點接觸，由於葉輪受軸向推力而彎曲變形，測量出的數值是不正確的。至於相差數值的多少，決定於軸向推力速度及大小和葉輪的剛度。例如某廠AK7汽輪機，每次大檢修揭蓋檢查時，常常發現第一道葉輪的葉片根部(隔金處)，有亮晶晶的摩擦痕

迹，第一叶輪与噴咀的間隙，在下汽缸接合面兩側的数值为5.0公厘左右(制造厂标准为3.0公厘)，这可能是因为上缸噴咀与叶片的間隙由于汽缸变形而過小的緣故，于是就測量其蒸汽竽動間隙。將轉子放在運轉位置，盖好上缸，拆去推力軸承，用撬棍將轉子撥向前方，松开撬棍，从軸头千分表指示位移为1.6公厘。这个数字当然比3.0公厘小的多，但是比一般最小标准1.3公厘还大0.3公厘，不应有摩擦的可能。后来采用“电接触”測量的方法准确的測出，其間隙不过0.5公厘左右，这1.0~1.1公厘的誤差，是由叶輪彈性变形而引起的(图2-2)。因此說旧的方法不可靠，应采用“电接触”方法进行測量。

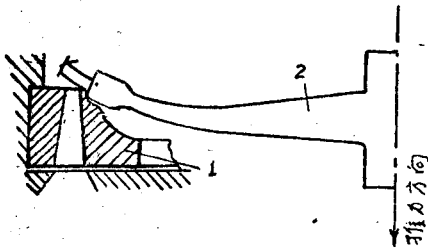


图2-2 叶輪彈性弯曲变形情况
1—噴咀或隔板；2—叶輪。

3. 其他的方法問題也不少，如軸汽封間隙如何測量，隔板汽封間隙如何測量，有无簡便的方法，有无詳細測量的方法，什么地方應該注意，什么地方的操作應該禁止等。这些方面如

果方法不正确，測量出来的記錄也就不正确，因此一定要掌握正确的測量方法。

三、工具問題

有时由于工具不应手，也会造成測量的不正确或困难。例如汽封采用压鉛絲以后如何正确測量，往往由于沒有工具或工具不适用而測量不准确。又如用楔形塞尺測量叶片間隙，測量后再用千分游标卡尺或千分表工具間接測量，都会发生很大的

誤差，如果工具不加以改進，是无法提高效率的。

由于以上几种原因，致使测量的記錄就很不可靠，甚至有时难以相信。在这里提出几种测量的方法和工具的使用，供有关人员参考。

第三章 几种测量的方法

一、用“电接触”法测量蒸汽窜动間隙

1.方法 用电接触法在天津某厂AK7汽輪机曾采用过兩次，效果良好。测量誤差在0.03公厘以內。方法如下（见图3-1）：

(1) 拆开靠背輪联接螺絲，將轉子放在运轉位置，拆去軸汽封(如有活动式的隔板汽封也应去掉)以及其他可能因誤碰而导电的零件。

(2) 將千分表稳固地裝在軸头上，并記錄下千分表的数值。以这个数值作为測量中心位置(或标基准点)，然后拆下推力軸承。

(3) 用鉄馬分別將兩端軸徑吊起，將适当大小的牛皮紙(一层)放在軸头与瓦烏金之間，作为絕緣物。

(4) 盖上缸，打上定位銷釘，并紧上几个大螺絲，使通汽部分动靜的相对位置与修前靜止状态相符合。

(5) 接电池与小电灯泡，一端联接在轉子軸上，另一端联接在汽缸上。注意这时灯泡应不亮。电池为一般手电筒所用的电池兩节，灯泡也是手电筒用的灯泡。

(6) 將轉子推向前，注意推动轉子的工具，不要使汽缸与轉子直接导电，应在适当接触点垫以木片或紙片以絕緣。推动

轉子可採用螺絲千斤頂的辦法，注意推動時要慢，當燈泡亮了，即表示汽缸內部動靜部分已經接觸了，應立即停止推動，記錄千分表的數值。燈泡的亮度應為紅火，紅火表示動靜部分剛剛接觸，同時也是點接觸，如很亮，應退移一點，防止葉輪彎曲產生誤差。然後將轉子推向後方，當燈泡亮了，即表示向後推動靜部分已經接觸了，再次記錄千分表數值，最後將轉子推回到中間原有位置。

根據這三個數字，即可計算出葉輪前側及後側的最小間隙數值。例如：原有轉子數的運轉位置(基準點)千分表指示為5.30公厘；

將轉子推向前接觸時，千分表指示為8.25公厘；

將轉子推向後接觸時千分表指示為1.10公厘；

轉子葉輪葉片前側最小間隙為 $8.25 - 5.30 = 2.95$ 公厘；

轉子葉輪葉片後側最小間隙為 $5.30 - 1.10 = 4.20$ 公厘。

(7) 將轉子盤轉(運轉方向) 90° ， 180° 及 270° 分別再測量三次，取其最小的數值為標準。因為葉輪有瓢偏度，葉片裝的也可能有不平齊的地方，這樣測量可以消除由於這些原因所產

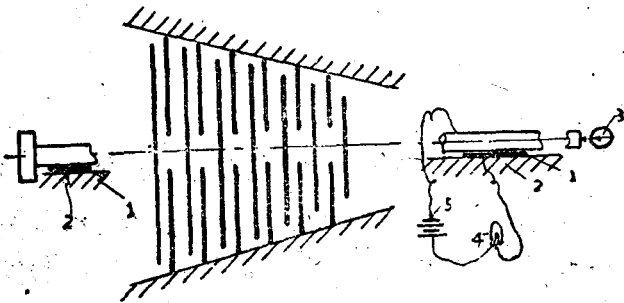


圖3-1 電接觸法示意圖

1—絕緣；2—下軸承；3—千分表；4—燈泡；5—干電池。

生的誤差。

(8)最后將轉子推到中間位置，吊起上缸。至此工作即告結束。

2. 工作中注意事項

(1)为了便于檢查，轉子第一次測量的位置应为靠背輪字头朝上位置。

(2)電池与灯泡联接好了以后，应試驗指示是否正确，即將轉子与汽缸短路(搭联一下)，如灯泡立即亮了，即表示指示正确，綫头接触良好不松。

(3)盖上缸以前，应確認汽缸中及轉子上无金屬杂物，必要时应用壓縮空气吹淨。

(4)轉子軸向移动，应时时注意千分表的变化，推力轉子扭轉螺絲用力要均匀，要慢，不能用猛力。

(5)千分表安裝牢固可靠，跳杆动作灵活、正确，沒有卡澀的現象。千分表应为帶分公厘小指示，和公絲大指針和刻度可以測量10公厘的百分刻度表。裝好后即不能碰动，轉子在中間位置时，千分表的指示也应大約在中間位置。特別注意轉子向前推动时千分表沒有頂死的現象，向后推动时，跳得与轴头沒有脫离的現象。

(6)轉子不回到中間原有位置，禁止盤动轉子或吊上缸盖。

二、轉子位置不正确对測量通汽部分間隙的影响

除了如旧式B.B.C.一类反动式汽輪机，測量平衡盤汽封間隙时，应將轉子推向最前的位置(推力軸承不拆开时)以外，一般測量通汽部分間隙时，应將轉子推到运轉位置。又运轉位置因机組型式不同或設計不同而不一致。冲击式的无疑地应推

向最后方，反动式的就不一定。有的运转时，转子位移向后，有的向前。一般规定为推向最后是不够正确的。

这里特别应注意下列几个问题

1. 推力轴承外壳与瓦座间由于松旷现象产生误差 有的推力轴承是综合式的，瓦壳球面与瓦座及前瓦盖因检修不良或变形可能有松旷的现象，这种松旷现象也可能上下不一致。若下半松旷的多，当前瓦盖去掉再将转子推向一方时，转子移动比正常运转就多了，势必使间隙产生误差。

即使不是综合球面形瓦的推力轴承，上下瓦与瓦座或前瓦盖应有一定的等力（轴间的），若下半等力小或没有等力甚至松旷，误差自然就产生了。至于产生的大小也视具体情况而异。

2. 由于推力轴承上瓦的螺丝没有扭紧产生误差 为了工作方便，常常拆去前瓦瓦盖，但若因推力轴承上瓦螺丝没有扭紧而转子推向一方时，推力盘势必倾斜，使之产生过多的位移，一般可能产生0.1~0.4公厘的误差，其数值大小也随设备结构而不同（以前球为支持点的活动块瓦较为显著）。

3. 由于推力轴承上瓦拆下而产生的误差 这种情况较第“2”类所产生的误差尤为厉害，在这种情况下，如将转子推向一方，推力盘因受力而倾斜的程度更形严重（见图3-2），特别是钢球支持活动瓦块的推力瓦，误差可高达1.0公厘左右。因为钢球是活动的，受压力后自行调整而挤向一方。其他类型的可能好些，但误差肯定会有。例如华北地区某冲击式汽轮机，推力轴承是综合式的，活动瓦块，钢球支持，测量时将上瓦拆开将转子推向后，测量的结果，动叶片前方的间隙比前一年的记录均大1.0公厘左右，动叶片后方均小1.0公厘，装好上瓦后即恢复正常。

由以上三种情况看，測量通汽部分間隙时，推力軸承的上瓦及前瓦盖均不应打开。

4. 根据一般技术标准来看，測量通汽部分間隙时，轉子应推向最后位置（推力軸承不拆时），这样死板的規定問題，如果轉子運轉位置是推向前方的，測量間隙时反而推向后，不但沒有意义而且是錯誤的，无形中使記錄間隙在叶片前側增大了一个推力軸承間隙。前面所举的某机在紧急停机时摩了平衡盤汽封，就是教条地执行了标准中規定的錯誤，因此如改为“推向運轉位置”是恰当的。平衡盤或其他汽封，应“推向保証最小間隙数值的方向”，請大家商討。

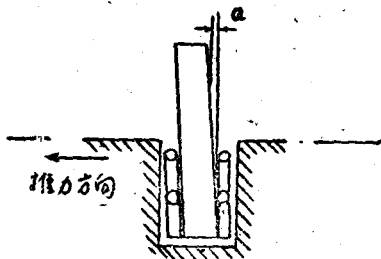


图3-2 鋼球支持活动块推力軸承推
力盘变形情况
a—轉子多移动的距离。

三、汽封間隙測量

軸流式冷封(軸冷封、隔板冷封及平衡盤冷封)，有些現場对这些測量工作是不够重視的。茲提出以下几点意見，供現場工作人員共同商討。

1. 固定式、鋸齒型可分为上下兩半塊的軸汽封 一般只用薄片塞尺測量下半兩側的間隙，至多再測量下半汽封底部的間隙，至于上半，就很少有人过問了。

(1) 只檢驗各汽封是否在規定标准范围以內：除用兩片最大与最小极限塞尺片測量下半的汽封片以外，还可以采用貼紙条的方法。可在軸上貼上不同厚度的紙块，紙上涂以紅丹油。貼时不必用膠水或漿糊，用薄薄一层紅丹油即可。例如間隙標

准最小为0.15公厘，最大为0.4公厘，就找0.15及0.4公厘厚度合适的較好的紙片貼在軸上，然后裝好汽封，將轉子盤轉1~2轉，打开檢驗，那道汽封片相对的位置有划的印，即証明該汽封片的間隙小于該紙片的厚度。如0.15公厘的紙片均通过，0.4公厘的紙片均有划印，即証明間隙正常；如0.15公厘的紙片有划印，即应找出汽封片什么地方有紅丹油印，应进行部分輕微的修刮；如0.4公厘的紙片也都通过，証明汽封片的間隙过大了。这种檢驗方法有下列一些优点：

I.能檢驗任何部位的汽封片，不論上部还是下部；

II.節約時間，正确可靠。

缺点：不能确知每道汽封間隙的确实数值，因此这种方法，只适用作檢驗工作及对正常軸汽封片的測量。

(2)測上半軸汽封最小的間隙：为了安全起見，确知上半頂部最小間隙是有比較的，特別新配汽封片的汽封尤为重要。这种方法很簡便，即裝好汽封上下兩半，將兩只千分表指示靠近汽封瓦兩側軸上的頂部，另一只千分表指示上半汽封瓦的頂部(图3-3)，用鉄馬將該端轉子的軸吊起，吊到上半瓦千分表动作0.02~0.03公厘后为止。如軸上的兩只千分表分別动作0.20及0.22公厘，汽封瓦盖千分表动作0.03公厘，則頂部最小間隙为：

$$\frac{0.20+0.22}{2} - 0.03 = 0.18 \text{ 公厘。}$$

如果为了更精确起見，可將上半瓦的千分表移向甲端或乙端进行第二次測量，如測量結果与千分表在中部基本一致，另一端就沒有測量的必要了。如相差很多，証明兩端間隙不均匀，必須調查清楚，如甲端的指示为0.03公厘时，則甲端的最小間隙为：

$0.20 - 0.03 = 0.17$ 公厘(基本与 0.18 公厘一致)。
如甲端的指示为 0.17 公厘时, 则甲端的最小間隙应为:

$$0.20 - 0.17 = 0.03 \text{ 公厘(过小应調查原因)}.$$

根据这个数字推算, 乙端最小間隙应为:

$$0.18 + (0.18 - 0.03) = 0.33 \text{ 公厘}.$$

此时必須測量乙端是不是 0.33 公厘, 如不正确, 应找出測量錯誤的原因所在, 不可忽視。

(3) 薄片塞尺

法: 一般只适于檢查下半汽封片的間隙, 塞时松紧适度, 过紧过松都不准确。这种方法的优点是: 能确知下半汽封片每道的确实数值。

缺点:

- I. 費時間;
- II. 不能測量上半汽封片。

(4) 压鉛絲法: 一般測量上半汽封片时, 鉛絲在上半軸上均匀地每 45° 摆一条, 共三条。鉛絲不可过多或过粗, 否則会使上半瓦因受压变形或压合不严, 产生誤差。

(5) 用假軸測量: 这种方法是以前軸代替轉子的位置, 將汽封上下瓦裝好, 假軸上裝一帶有公厘指針的千分表。这只千分表可隨一絲杠沿軸移动, 以便能測量每道汽封片, 但应严格注意假軸在兩瓦处的外徑应与軸徑一致。

每道汽封片, 可分为 10 点測量(图 3-4), 逐道測量后, 可与塞尺測量点相对照, 即可計算出各点的間隙。例如: 用塞尺

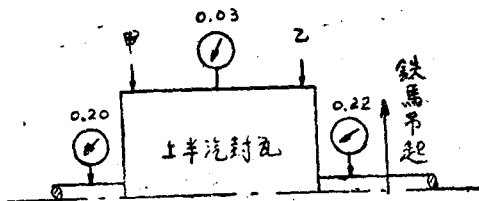


图 3-3 測量軸汽封上部最小間隙

采用这种方法的优点是：能够精确测量每道汽封片各处的間隙。

缺点：比較麻煩，費時間。因而除汽机发生較大的故障或其他情况檢查变形等外，一般可以不必采用。

(6) 汽封上半瓦与上缸連接在一起的設備：間隙測量除采用压鉛絲的方法以外，还可以采用假軸进行測量的方法，方法同前不贅述。

2. 活动式(彈簧的)軸汽封測量 这种汽封不同于固定式的，如采用塞尺測量，用力大了就很准确，也不能采用压鉛絲法。如系上下兩半瓦，还可以采用假軸測量的方法。如果是三半的，則无法用塞尺找个測量点作为比較的标准，那么可以測量1~6或5~10的(图3-4)直徑作为比較的标准，再用假軸校对中心。根据汽封处軸徑的尺寸，即可計算出不同部位的間隙。

由假軸校对中心的測量方法，应注意下列事項：

(1) 盖上缸，將靠汽封部位的螺絲紧好(該处接合面的填料也应涂好，使与安裝后裝置一致)。因为有的汽封当上缸紧螺絲时变形，不涂填料或不紧螺絲測量結果，均不真实。

(2) 千分表应安裝牢固，应用帶有公厘指針的表，跳杆头应換裝一个如图3-4所示的鋼头(应淬火)，这样可以避免跳杆头部过窄，造成杆头与汽封片脫离的現象。

(3) 如千分表为10公厘的，开始安裝时，应使指針指示在5.0公厘左右，以免跳杆工作时頂死或脫开。

(4) 5~10点或1~6点(图3-4)的直徑的測量(最外边的一道)应在上缸紧好螺絲后进行；例如：

(1) 5~10点直徑 = 300.30公厘；

(2) 軸徑或汽封套外徑 = 300.00公厘；

(3) 千分表找中心記錄如下表：

(單位: 公厘)

道 數	中 心 位 置									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5.05	5.02	4.95	5.03	5.00	4.90	4.98	5.01	4.96	5.0
2										

(4) 第一道 1~10 各点(半徑)的間隙为:

(單位: 公厘)

道 數	間 隙 位 置									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.10	0.13	0.20	0.12	0.15	0.25	0.17	0.14	0.19	0.15
2										

3. 隔板汽封測量 下隔板汽封的測量, 可採用薄片塞尺法。上半可以採用壓鉛絲的方法。鉛絲採用 1.0 公厘左右直徑的軟鉛絲, 不可過粗或過硬, 以免影響使上半隔板托上去, 產生誤差。

此外最可靠的方法是採用假軸找中心的方法, 上下兩半進行:

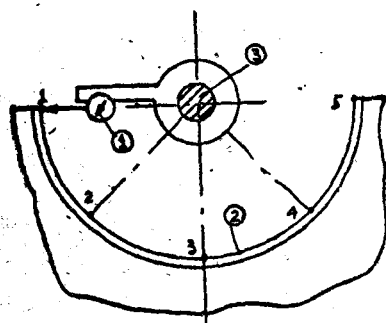


圖 3-5 假軸測隔板汽封

1—千分表; 2—汽封片; 3—假軸。

(1) 用假軸千分表測量下半定間隙 (固定式汽封片): 下半汽封半徑方向間隙也可以五點進行測量 (圖 3-5), 在安放假軸以前, 先測量好各輪殼外徑以及該位置下半汽封片的內徑 (1~5 點, 圖 3-5), 如輪殼外徑同的, 只測量一