

汽輪機制造中的 技術檢查

上海汽輪機廠技術檢查科編

水利電力出版社

26
33

內 容 提 要

本書敘述有关国产 750~12,000 瓩汽輪机制造中的技术檢查問題。分別敘述了汽輪机主要部件如叶片、噴咀、叶輪、主軸、汽缸、隔板等的加工檢查，裝配檢查，部套試驗，制造中發現的質量問題及其补救办法，以及出厂前試車檢查。

本書供汽輪机制造部門設計和工艺技術人員和技术檢查人員使用，亦可供火力发电厂汽輪机安裝和檢修人員使用。



汽輪机制造中的技术檢查

上海汽輪机厂技术檢查科編

*

2031R.442

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 2 $\frac{1}{16}$ 印張 * 53千字

1959年4月北京第1版

1959年4月北京第1次印刷(0001—3,080册)

統一書号：15143·1616 定价(第10类)0.38元

前 言

1958年10月，为了配合全国汽轮机制造厂现场会议的召开，我厂根据第一机械工业部第三局技术处对本届会议精神的指示，并吸取了在上海电机厂召开类似会议的經驗，責成厂内有关科室即行整理补充較詳細的技术資料，为此我科遂于极短促的时间內，根据平时的工作經驗，編制了汽轮机主要部件的加工檢查，装配与試驗檢查以及我厂在汽轮机制造过程中所发现的主要質量問題及其补救办法，供汽轮机制造部門参考。由于時間仓促，难免有不够詳尽甚至欠妥当的地方，希各地讀者及时提出批評和幫助。

上海汽轮机厂技术檢查科

目 录

第一章 主要部件的加工檢查	3
第二章 装配檢查	16
甲、部套装配檢查	16
乙、轉子装配	21
丙、总装配檢查	26
丁、附录	33
第三章 部套試驗	35
第四章 出厂前試車檢查	41
第五章 汽輪机制造过程中发现的質量問題及其补救办法	50

第一章 主要部件的加工檢查

一、叶片檢驗

1. T形叶片檢驗

(1) 兩側寬度用靠表或分厘卡測量，兩側面平行度允許誤差 $0.02/100$ 。

(2) 根據上面兩側面加工另外的兩側面及兩端面，用角尺檢驗垂直度。兩側面垂直度最大離縫不超過 0.02 。兩端面垂直度最大離縫不超過 0.05 。

(3) 8 ± 0.04 按卡板或分厘卡來測量。

(4) 10 ± 0.05 用小靠表以 A 、 B 為基準測量 C 、 D 靠表的零位用標準塊校準，如圖 1 所示。

(5) A 、 B 二肩的高低，與中心綫是否垂直以及根部的型綫用放大儀來測量。注意其圓角接綫。 A 、 B 二肩的高低允許誤差 0.01 。

(6) 用靠表測量葉根頸部與葉片中心的偏心，葉根頸部的偏心允許誤差為 0.1 。

(7) 將葉片放在專用工具上，用靠表測量葉片的兩端斜度。

厚度 A 允許誤差為 ± 0.03 。

厚度 B 允許誤差為 ± 0.08 。

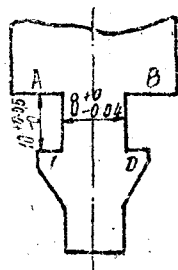


圖 1

(8) 內弧形綫按型綫样板測量，型綫離縫允許誤差 $0.03 \sim 0.05$ 。

(9) 汽道型綫按型綫样板測量，型綫離縫允許誤差 $0.05 \sim 0.08$ 。

(10) 背弧型綫按型綫样板測量，型綫離縫允許誤差 $0.05 \sim 0.08$ 。

(11)材料檢驗：①火花檢驗，②用磁粉檢驗裂縫。

2. 插入式叶片檢驗

(1)兩側寬度用靠表或分厘卡測量，二側面平行度允許誤差 0.02/100。

(2)根據上面兩側面加工另外的兩側面及兩端面，用角尺檢驗垂直度。

兩側面垂直度最大離縫不超過0.02。

兩端面垂直度最大離縫不超過0.05。

(3) 11 ± 0.015 按卡板或分厘卡測量。

(4) 16 ± 0.015 按卡板或分厘卡測量。

(5) A、B二肩之高低，與中心綫是否垂直以及根部的型綫，用放大儀來測量。

A、B二肩高低允許誤差0.01。

(6)用靠表測量葉根頸部與葉片中心的偏心，葉根頸部的偏心允許誤差為0.1。

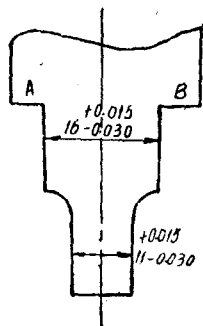


圖 2

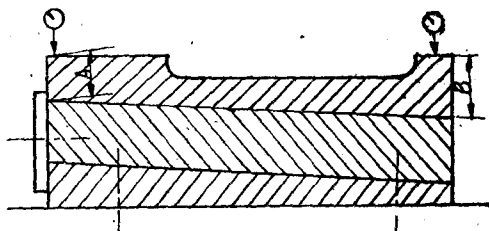


圖 3

(7)將葉片放在專用工具上，用靠表測量葉片的兩端厚度。

厚度 A 允許誤差 ± 0.015 。

厚度 B 允許誤差 ± 0.015 。

(8)內弧型綫按型綫样板測量，型綫離縫允許誤差 0.03~0.05。

(9) 汽道型綫按型綫样板測量，型綫離縫允許誤差 $0.05 \sim 0.08$ 。

(10) 背弧型綫按型綫样板測量，型綫離縫允許誤差 $0.05 \sim 0.08$ 。

(11) 用靠表測量叶片頂部的減重孔是否偏斜。

減重孔 A 、 B 二值的偏差 0.1 。

減重孔上、下、左、右的傾斜不超過 $0.25/100$ 。

(12) 材料檢驗：① 火花檢驗，② 用磁粉檢驗裂縫。

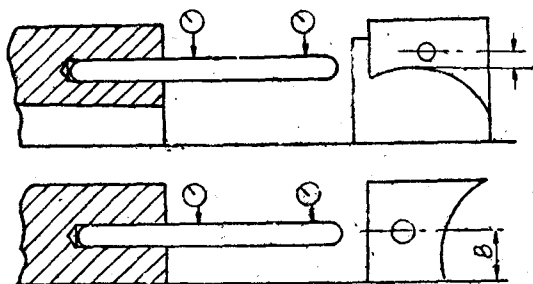


圖 4

二、噴咀檢驗

1. 噴咀環外圓用靠表來測量，靠表的數值用量棒校準。
2. 內圓可根據外圓測量之值，用分厘卡測量徑向厚度。
3. 二肩格厚度及肩格高低用分厘卡及深度分厘卡測量，注意出汽邊應留 0.5 公厘的裕量。
4. 噴咀內弧按型綫样板來測量，型綫離縫允許誤差 0.1 。
5. 噴咀汽道按型綫样板來測量。
6. 背弧型綫在加工時放拂余量，根據內弧拂准，其內背弧離縫允許誤差 < 0.1 。
7. 用靠表裝于測量噴咀汽道寬度尺寸的專用量具上，將噴咀背弧靠住該量具來測量。

三、叶輪檢驗

1. 輪孔及緊圈孔用內徑分厘卡測量，輪孔的橢圓度及錐度不超過0.03，緊圈孔橢圓度 <0.015 ，二緊圈孔不同心度 <0.005 。

2. 叶輪 R 型綫按樣板測量，型綫間縫允許誤差 0.3。

3. 輪槽按卡板測量，割槽完畢後在車床上校調，輪面晃度不超過0.15。

4. 叶輪輪緣厚度及輪壳厚度用外徑分厘卡測量。

5. 叶輪外圓用靠表測量，靠表數值可用樣棒校準（靠表裝在測量工具上）。

6. 叶輪鍵槽用專用靠表測量，鍵槽的偏心及傾斜允許誤差 0.01。

7. 材料檢驗：

(1) 機械性能及化學成分檢驗。

(2) 磨孔前內孔作酸蝕試驗。

(3) 抽作內應力試驗。

(4) 精加工後作磁粉及超音波試驗。

(5) 在加工過程中要嚴格控制材料編號。

四、主軸檢驗

1. 各擋外圓均用外徑分厘卡測量，外圓的橢圓度及錐度不超過0.01。

2. 各擋長度在機床上用樣棒控制，下車後可用鋼皮尺檢驗。

3. 在機床上將中心架松去，用靠表測量主軸晃度，二軸承擋的晃度不超過0.01，中間晃度不超過0.015。

4. 檢驗主軸鍵槽偏心及傾斜，偏心不超過0.01，傾斜不超過0.01。

5. 推拔頭用退拔樣柱測量，大小頭接觸要均勻，接觸面要在3/4以上。

6. 材料檢驗：

- (1) 机械性能及化学成分檢驗。
- (2) 抽作内应力試驗。
- (3) 精加工后，作磁粉及超音波試驗。
- (4) 在加工过程中要严格控制材料编号。

五、汽缸檢驗

1. 根据上、下半汽缸相对拂的結果，用着色法檢驗上、下半汽缸的接触是否均匀，要求为 $8 \sim 10/25 \times 25$ 公厘²。
2. 在机床上檢驗汽缸水平中分面与垂直中分面的垂直度及上半汽缸同心度，垂直度允差 $0.02/600$ ，偏心率允差 0.025 。
3. 汽缸軸向开擋，用直尺及内外徑分厘卡分段測量，各段相加即得。
4. 汽封槽用样板測量。
5. 材料檢驗：
 - (1) 机械性能及化学成分檢驗。
 - (2) 在加工过程中控制炉号。

六、隔板檢驗

1. 根据出汽边汽叶片高低及汽道节圓車准平面及外圓，其偏差允許 0.5 ，注意出汽边的 0.5 公厘加工裕量(电焊隔板)。
2. 上、下半隔板的汽叶相接处，檢驗是否有高低，上、下半汽叶相接处其高低不平允許誤差为 1.5 公厘。
3. 用外徑分厘卡測量隔板厚度，汽封槽用样板測量。
4. 用搖表測量汽叶喉部寬度尺寸及用卡尺測量喉部高度尺寸，其喉部面积允許誤差为总出汽面积的 3% 。

七、轉向导叶环檢驗

1. 用卡板測量叶根槽子，观其有何变形。
2. 根据叶片出汽面高低及节圓車准平面及内外圓，其偏差允許 0.2 。

3. 用靠表測量外圓，靠表可用樣棒校準。
4. 根據外圓所測得數值，用分厘卡測量司必克內徑。

八、蒸汽室檢驗

1. 噴咀槽用卡板測量。
2. 噴咀槽直徑在機床上測量。
3. 擴散形汽咀內徑用分厘卡測量。
4. 蒸汽室司必克平面，根據噴咀平面及噴咀節圓加工，可用靠表及划針盤測量。
5. 材料檢驗：
 - (1) 機械性能及化學成分檢驗。
 - (2) 管道焊接處用 X 光檢驗焊縫。

九、主要小零件檢驗項目

1. 錯油門室筒

- (1) 擦孔裕量不可有深的刻紋。
- (2) 內孔光潔度。
- (3) 油門尺寸應符合要求。
- (4) 缺口高低。
- (5) 油門處不可有倒角。

2. 錯油門活塞

- (1) 光潔度。
- (2) 控制油門的尺寸應符合圖紙要求。
- (3) 缺口高低。
- (4) 油門處不可有倒角。
- (5) 彎曲校調。

3. 軸承(澆鉛)

- (1) 孔和燕尾槽尺寸及中分面。
- (2) 鉛的厚度，是否澆牢，有無砂眼氣孔。
- (3) 銑盛油槽時看脫鉛情況。

(4) 螺釘与孔配合情况。

4. 齒輪

(1) 炉号与编号, 有无中央試驗室报告, 齿面硬度。

(2) 缺口是否錾准。

(3) 錐孔接触情况。

(4) 齿頂与边缘倒角情况。

5. 联軸器外壳

(1) 缺口是否錾准, 应注意其方向。

(2) 螺釘孔。

联軸器装配:

(1) 清洁情况。

(2) 螺釘配合情况。

(3) 倒角情况。

(4) 順序号的编排与记录。

6. 噴咀

(1) 材料及調質处理。

(2) 光洁度(特别是凡而綫处)。

(3) 孔的尺寸, 外圆紧配尺寸。

(4) 凡而綫的形綫及內孔角度。

(5) 倒角去毛头。

7. 哈夫連接器

(1) 接合紧配处用卡板检查。

(2) 接合紧配处里外光洁度。

(3) 套入式外圆公差要灵活(如90415)。螺紋旋紧式二端螺紋不可太紧、旋动要灵活、調得轉、二端面平行度。

(4) 去淨毛头倒角。

8. 油缸

(1) 內孔光洁度。

(2) 尺寸符合图紙, 內孔不得太松。

(3) 內孔不得有砂眼。

9. 油缸活塞

- (1) 外圓光潔度及尺寸。
- (2) 尺寸公差符合規定，注意 45° 倒角。
- (3) 內外圓的同心度。

10. 短軸(例如：油泵軸及其轉動軸)：

- (1) 外圓光潔度。
- (2) 軸的外圓尺寸及公差。
- (3) 注意鍵槽方向。
- (4) 倒角去毛頭。
- (5) 若有退拔頭，須照樣柱檢驗。

11. 長心軸(例如：汽輪泵軸)：

- (1) 外圓光潔度及其尺寸與公差。
- (2) 注意鍵槽方向及尺寸。
- (3) 校調。
- (4) 有退拔頭照樣柱檢驗。
- (5) 長度各槽尺寸按自由公差。
- (6) 去毛頭尖刺倒角。

12. 軸承套(例如：油泵、調速等軸承)：

- (1) 外圓一般均屬緊配，不可車小。
- (2) 內圓須光潔。
- (3) 油槽必須合圖，并倒圓角。
- (4) 有推力面的則其肩格可厚不可薄。
- (5) 清潔無毛刺。

13. 閘門心杆

- (1) 鍍鉻前直徑要合規定，拉厚槽按圖倒好圓角。
- (2) 鍍鉻後校調，量外圓，以免磨不出，并檢查所鍍的鉻是否有剝落。
- (3) 光潔度要合乎要求，尤其凡而綫處。
- (4) 注意各檔尺寸及公差和凡而綫的型綫。
- (5) 校調及大小頭同心度。

- (6) 頂針孔完工后割去，应光滑无毛刺。
- (7) 如有凡而綫，則应注意尺寸及光洁度。

14. 汽門套筒

- (1) 擦孔裕量，不可有深的刻紋。
- (2) 內孔光洁度。
- (3) 注意車制时內外圓同心度。
- (4) 一般光洁度应符合尺寸及公差要求。
- (5) 有凡而綫則需注意其尺寸及光洁度。

15. 汽封

- (1) 注意是否照配。
- (2) 注意頸部尺寸及端面(基准面)到第一齒尖的尺寸。
- (3) 光洁度及尺寸公差合乎規定。
- (4) 高低齒的次序。
- (5) 材料砂眼及疏松情况。

16. 油动机座架(101.33、01.01或01.22):

- (1) 尺寸合乎公差要求。
- (2) 二头中心須同心，注意調头車。
- (3) 一只一面有平面(备装旋轉油动机)，則需測中心至平面的距离。

十、齒輪的技术檢查

1. 精車

- (1) 內孔直徑：按照圖紙尺寸，再放磨余量0.20~0.50公厘。
- (2) 外圓直徑：按圖紙尺寸，放磨余量0.6~0.8公厘。

2. 滾齒

- (1) 公法綫长度：測量公法綫长度时，应注意放磨余量及热处理过程中的变形情况，一般每面放磨余量0.2~0.3公厘，磨余量过少，将使热处理后因变形而不能磨出，或者留有黑疤而勉强使用。磨余量过多，将使渗碳后的碳层全部被磨去，而齿表面硬

度不能达到设计要求，磨余过多也会使磨齿增加了很多工时。齿表面的磨量过多还会使齿表面容易产生发裂，而影响齿轮的寿命（精滚的齿轮不在此例）。

（2）齿斜度：适用于斜齿轮，每批中抽查一、二只误差，以放磨余量的一半为限，一般应以机床上加工时检查为主。

3. 热处理

（1）检查热处理过程：热处理过程即加热、保温、冷却及时间，装炉方法、数量等对热处理件的机械性能影响最大，故需加以严格控制，并作记录以备后查。

（2）渗碳层深度及机械性能：用含有5%硝酸酒精溶液，酸浸试棒端面，一、二分钟后，再测量黑色圈宽度，即为渗碳层深度，用这种方法，误差值约为 ± 0.15 公厘左右。试棒端面必须用0号细砂皮磨光，表面不能有较粗的刀痕，特别是试棒的边缘更需光洁。

在必要的情况下，还可将齿轮的轮缘，在不影响齿轮的强度和尽量少影响外观的地方，用砂轮磨去2公厘，然后再用硝酸酒精进行试验，得出较正确的渗碳层深度。

渗碳的深度可以根据齿轮的用途而适当控制，一般以与设计要求误差 $\pm 25\%$ 算为合格，过深的碳层，经淬火后，使齿表面过份硬脆，受不住较大冲击力而裂开。太浅的渗碳层，则亦会使齿轮表面很软，容易磨损，影响齿轮使用寿命。

齿表面的硬度，一般用锉刀，进行硬度比较，在必要的情况下才用手敲硬度计试验，或用回跳硬度计检查，但后者的准确性亦不够理想。

（3）齿变形：对于不易变形的齿轮，可以忽略，但对于齿环或齿轮外径很大，齿轮断面很薄或热处理时装炉不良……等，齿轮易变形的情况下，必须用校调工具、考表进行检查齿允许变形的最大量，以能磨出为限。

4. 磨齿

（1）内孔直径：孔的精度，在很大程度上决定于齿轮的精

度，故应較严格的控制。一般根据設計要求再放松30%驗收。

(2) 測量外圓直徑及外徑跳動量

檢 查 名 稱	容許偏差	外徑尺寸	~50	50~120	120~260	260
外 徑 的 偏 差			-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
外 徑 的 跳 動 量			0.05	0.08	0.10	0.14

注：表中数字仅供参考。

一般外徑尺寸均按圖紙公差再放松30%驗收。

(3) 公法綫長度：公法綫長度一般为了保証嚙合間隙，所以只許小不能大。否則齒輪在運轉中發熱膨脹，不能保持間隙，容易咬壞；內齒輪亦同理。公法綫誤差的範圍，亦按設計要求可小30%作為標準。

(4) 基節：一般要求比較高的齒輪，如主動輪相鄰二齒最大不得超過0.01公厘，一周最大不得超過0.015公厘，其餘精度較差，可以適當的控制。

(5) 輪緣晃度、節圓和孔的偏心率

齒 輪 直 徑	40~100公厘	100~200公厘	200~400公厘
基準面對孔的垂直度	0.02	0.04	0.06

注：表中数字仅供参考。

表中数字系基準面和孔的垂直度，非基準面其要求可較差。節圓和孔的偏心最大也不能超過0.04公厘，具體的可以根据齒輪的精度及外徑的大小來決定。

(6) 齒斜度(適用於斜齒輪)：齒的斜度誤差是很小的，一般应在機床切削時檢查。

(7) 齒輪的表面光潔度：齒輪內孔表面及基面、齒面，要求甚高，必須嚴格控制，不得有毛刺、發裂或尖角的存在，特別是齒表面精度必須符合設計要求，否則將加速齒面的磨損及嚴重影響。

齒輪的壽命。

一、二級精度的齒輪，必須進行記錄，待裝配後，填好幾份，作為技術證明。

十一、彈簧的技術檢查

1. 彈簧鋼絲材料進廠檢查 鋼絲進廠可用20~30倍的放大鏡檢查，表面需光滑無巢孔、裂紋、斑疤、折迭銹及氧化皮、陰綫及其他肉眼可以看得出的缺陷。否則將影響彈簧的抗蝕性、疲勞強度和增加盤制彈簧時的廢品率。主要用途的彈簧鋼絲，其表面必須經拋光處理。

成批的鋼絲，可抽查其金相組織，熱軋鋼絲還應檢查其表面脫炭的情況，如對表面情況有懷疑時，可抽幾段鋼絲進行熱蝕試驗，以便能更正確的判斷缺陷的嚴重性。

鋼絲材料的化學成分，可用火花鑑別法或快速点滴試驗法檢查。

2. 抽查有效圈數、總圈數及未圈數 圈數普通視為一絕對的數值而無公差，但在實際製造中，不可能達到這樣的要求，故可視彈簧的用途而適當控制，一級要求較高，二級可以允許誤差 $\frac{1}{4}$ 圈。

3. 測量鋼絲直徑的誤差 彈力與鋼絲直徑的四次方成正比變化，故直徑的誤差對於彈簧力影響最大。彈簧鋼絲直徑的公差（僅供參考）： $\phi 0.5$ 公厘時 $\pm 5\%$ ， $\phi 4$ 公厘時 $\pm 1\%$ ， $\phi 10$ 公厘時 $\pm 0.7\%$ 即鋼絲直徑愈大，公差愈小。由於考慮到彈簧熱盤及熱處理時的氧化皮損失，故盤制前鋼絲直徑一般應以上限公差為宜，鋼絲的橢圓度，不應超過直徑公差之半，非主要用途的鋼絲，可帶有不超过直徑公差的橢圓度。

4. 測量彈簧外徑、內徑 彈力與圈徑三次方成反比變化，故圈徑的誤差對於彈力影響也很大。圈徑的公差，可依旋繞比和圈距從 $\pm 1\% \sim \pm 5\%$ 之間，一般常取平均值為 $\pm 3\%$ ，較大的公差適用於較大的旋繞比和較大的圈距。

二級彈簧

彈簧變形 m/m	5~9.9	10~14.9	15~19.9	20~24.9	25~29.9	30~34.9	35~39.9	40~44.9	45~49.9	50~54.9
直徑公差 m/m	±0.1	±0.15	±0.28	±0.3	±0.4	±0.5	±0.6	±0.7	±0.8	±0.9

注：表中數字僅供參考。

5. 疲勞試驗 疲勞試驗對彈簧來講是指壓扁試驗，拉彈簧是指超負荷的拉長試驗，通過這樣試驗以後，可保證重要的彈簧在使用階段不會再有永久變形產生而影響彈簧強度。

疲勞試驗必須與彈簧的實際工作情況相切合，壓緊時間有6小時、12小時、24小時不等。負荷除去後，彈簧不允許有彎曲、裂紋，次要的彈簧不作以上試驗，只作數次拉長或壓扁即行。

6. 自由長度 當彈簧壓縮量和彈簧長度的比率愈小，則長度的差對於彈簧力的影響愈大。彈簧的長度，可依旋繞比和圈距從±1%到±5%之間，一般平均值可取±3%，較大的公差適用於較大的旋繞比和較大的圈距。

彈簧壓縮量 (公厘)	5~9.9	10~14.9	15~19.9	20~24.9	25~29.9	30~34.9	35~39.9	40~44.9	45~49.9	50~54.9
長度公差 (公厘)	±0.3	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.7	±1.9	±2.2	±2.4
彈簧壓縮量 (公厘)	55~59.9	60~64.9	65~69.9	70~74.9	75~79.9	80~84.9	85~89.9	90~94.9	95~99.9	100~
長度公差 (公厘)	±2.6	±2.8	±3.0	±3.3	±3.5	±3.7	±3.9	±4.2	±4.5	

注：表中數字僅供參考(適用二級彈簧)。

在測量自由長度前，彈簧必須作初壓縮或初拉伸試驗，經過3~6次試壓或試拉後，長度減少停止，始能測得正確的自由長度。初壓縮的程度，可以根據彈簧的最大工作長度來決定，不一定全部把彈簧壓緊。

7. 彈簧的垂直度 彈簧的二端面應互相平行並垂直於中心軸，否則彈簧的受力將集中於一邊，這是絕對不能允許的。