



王金田 编著

汽轮机 检修工艺

TK26A

W27

050605

汽轮机检修工艺

王金田 编著



水利电力出版社

汽轮机检修工艺

王金田 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 11.5印张 304千字 1插图

1991年2月第一版 1991年2月北京第一次印刷

印数0001—4040册

ISBN 7-120-01172-3/TK·292

定价9.50元

DZ18/14

内 容 提 要

本书重点阐述单缸汽轮机和多缸汽轮机的检修工艺，如转动部件的测量、轴承和轴瓦的修配、油系统的漏油消除、转子找平衡，以及直轴和叶片换装的工艺。由于这些工艺各厂各家做法不一，效果因而不同。作者根据自己四十余年工作经验和见闻，对上述不同方法作出比较，提出自己的看法，谅必能引起读者的广泛兴趣。

本书供火力发电厂汽轮机专业的广大技术人员和技术工人参考。



前 言

本书主要从理论到实践叙述在安装机组(包括200MW以上大机组)时,如何正确地加强检修工艺,以达到提高检修质量、加强薄弱环节、延长检修间隔、确保汽轮机组运行的经济性与安全可靠性的目的。本书可供汽轮机检修专业工人培训与技术人员、设计制造人员的参考与探讨。

这本汽轮机检修工艺书,主要有以下特点:

(1)理论深入浅出,应用数学公式不多,主要是从检修工艺上纠正一些错误的检修方法,论述比较全面,能在现场具体地有效地采用,取得质量较为满意的效果。

(2)论述工艺标准和作者的见解,供运行、设计与制造单位探讨。如对国产100MW及300MW汽轮机主轴推力瓦瓦面烧毁的原因,提出瓦面型线不正确、进油压力低及从设计上应考虑有油室的理论根据;全部大小机组都应装弯轴指示器;100MW以上机组应改用测轴颈振动装置;大型国产汽轮机转子质心附近应有加平衡块的位置;推荐实测汽封间隙,等等。

(3)推荐洋为中用。对国外机组的优点,应从设计制造上吸收并变为我们自己的;对在装机组的薄弱环节,应设法通过大修进行改进。如在消除漏油方面,建议在装机组的轴承箱加上涂层,靠近轴承箱油挡一侧的瓦体油挡改为乌金密封环,轴承箱去掉排烟器改为微量负压等。

(4)普及工艺技术。推荐间隙为零的活销油挡;普及合像水平仪使用方法;推荐用带垂弧的假轴找汽封中心;如何在大修中轮换备用汽封、备用油挡,以便提高检修质量,缩短检修工期,等等。

(5)总结新工艺并加以推广。

本书经任景业、周良产和王理珊等三位高级工程师审核校正

与推荐，特此表示感谢！

由于本人经验有限，有些工艺问题的叙述，难免有不妥之处，敬希广大专业同志们提出指正。

编著者

1989年4月

目 录

前言

第一章 转动机械测量工艺及齿轮检修	1
第一节 百分表使用方法及注意事项	1
第二节 测量瓢偏	3
第三节 测量弯曲度	7
第四节 测量轴(杆)的晃度与椭圆度	17
第五节 测量轴(杆)的轴向窜动	19
第六节 齿轮检修及间隙测量	21
第七节 靠背轮找中心	29
第八节 测量转子或轴(杆)的自然垂弧	48
第九节 测量端面晃度(或跳动度)	51
第十节 测量汽轮机内部动静部分轴向最小间隙	52
第二章 消除叶轮与转子不平衡的工艺	55
第一节 叶轮与转子找静不平衡工艺	55
第二节 转子找动平衡工艺	71
第三章 消除汽轮发电机油系统漏油的工艺	116
第一节 消除汽轮发电机漏油的必要性与目的性	116
第二节 国外机组在防火、消除漏油方面的特点	119
第三节 消除漏油方面的几项建议和措施	122
第四章 支持轴承和推力轴承的工作原理、技术要求与检修工艺	142
第一节 轴承工作原理	142
第二节 径向主轴承(轴瓦)	148
第三节 推力轴承	187
第四节 氢冷发电机密封瓦	219
第五章 汽轮机弯轴的原因分析与防止措施	233
第一节 一般发生弯轴的时间	233

第二节	弯轴原因与易被摩擦弯曲的部位	234
第三节	防止弯轴的措施	252
第六章	汽轮机直轴检修工艺	264
第一节	直轴方法概述	264
第二节	直轴	277
第三节	对直轴中几个问题的探讨	289
第四节	直轴实例	291
第七章	测量水平方法与注意事项	296
第一节	水平仪的种类	296
第二节	水平仪的使用方法	298
第三节	水平仪维护和使用注意事项	303
第八章	叶片更换工艺	305
第一节	概述	305
第二节	更换叶片的准备工作	307
第三节	叶片的拆卸	313
第四节	组装叶片的一般要求	316
第五节	叶片组装工作	318
第六节	整级叶片安装后的工作	328
第七节	对个别叶片的更换	329
第九章	利用调整垂弧的假轴找汽封中心和大修全部 更换汽封圈的方法	331
第一节	汽封的种类与优缺点	331
第二节	影响汽封间隙的因素	335
第三节	对汽封间隙合理配置的分析	335
第四节	调整汽封中心应注意的事项	340
附录		
附录 1	秒表法查图图表	342
附录 2	军粮城发电厂-球型轴承改为球面垫块轴承参考图	342
附录 3	国外机组油系统设计、清扫、净化与BBC油系统防火 的规定	343
参考文献		358

一、使用方法与注意事项

百分表的使用方法如下:

(1) 百分表的行程有大有小, 目前使用的全行程有3mm、5mm及10mm的。为了防止测量时表杆顶死或全部放松也满足不了要求, 建议不要采用3mm行程的, 最好都采用10mm行程的。

(2) 百分表要轻拿轻放, 经常保持清洁, 使用前用干布或干棉纱将表杆擦干净。切忌用油布或油棉纱擦拭表杆; 更不要在表杆上浇任何类油, 防止表杆卡涩。

架设百分表时应注意下列事项:

(1) 测量前架设百分表, 应使百分表表杆指示在中间位置, 如10mm的百分表应指在5mm左右。防止测量时出现顶死或全松的现象, 使读数产生错误。

(2) 测量平面瓢偏时, 百分表应架设得使表杆垂直于被测的平面, 并尽可能架设在靠外边的边缘。

(3) 测量弯曲、晃动与椭圆时, 百分表应架设得使表杆通过被测轴杆的中心, 防止发生误差。

(4) 被测量的平面或圆弧面有凹坑不平时, 可将表杆帽头拆下换一个平的或弯曲面的触头, 以消除凹坑产生误差的现象。

(5) 如架设百分表需卡住表杆外套时, 既要使百分表固定好, 又不能卡得过紧, 防止表杆卡住。用手推、放表杆, 表杆应出入自如, 没有任何卡涩现象。

(6) 架设百分表前, 应检查表针有无缺陷, 有缺陷时应消除后再使用。表杆帽头应拧紧。

(7) 表杆应灵活不卡。检查是否有卡涩现象的方法是用手推入表杆快放与缓慢放松, 其指示数字应一致。

(8) 用百分表测量设备, 往往有不能够直接看到表盘数字的地方, 要借助小镜子反光后读出, 汽轮机靠背轮找中心时就是这样。但要注意: 镜子反光的读数与直接看到的左、右恰好相反, 不要读错。“9”与“6”更要注意辨认。

(9) 被测量的工件应在完全冷却状态下进行, 以免产生误差。汽轮机主轴在热状态下常常是弯曲的, 随着温度下降弯曲度要减小, 所以热态测量的数字不足为凭。

第二节 测 量 瓢 偏

一、瓢 偏 定 义

瓢偏是指一个盘面的轮缘与中心轴的不垂直度, 即相隔 180° 不垂直度相差的最大值。 a_1 、 a_2 、 a_3 分别为叶轮或靠背轮与轴的不垂直度如图1-2所示。

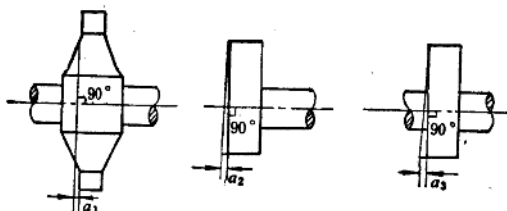


图 1-2 叶轮或靠背轮与轴的不垂直度示意

二、测量瓢偏应注意的事项

测量瓢偏应注意的事项如下:

(1) 测瓢偏要在圆盘对面相隔 180° 处装两块百分表, 目的是消除轴向窜动。如只用一块百分表, 当有轴向窜动时, 将产生误差。

如某靠背轮端面的瓢偏值为“ a ”, 用一只百分表指在端面轮缘一点上, 百分表开始指示为 5.00mm , 盘转 180° 以后, 如主轴没有轴向位移, 如图1-3(a)所示, 则百分表应指示为 $(5.00 - a)$ 。若有轴向位移量 b (b 可以为正数, 也可以为负数), 则测表计指示为 $(5.00 - a + b)$ 。 $(5.00 - a + b)$ 与 5.00 之差不等于“ a ”。所以用一只百分表测量是不正确的。

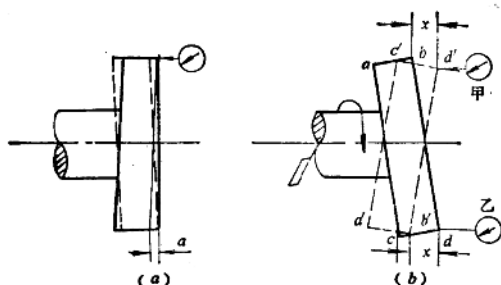


图 1-3 用百分表测量靠背轮瓢偏的示意
(a)用一块百分表测量; (b)用两块百分表测量

(2) 百分表应尽可能架设在轮缘的最外边。因为如果表杆指在靠里边, 其瓢偏数据会偏小。若指在中心便看不出有瓢偏。

(3) 从瓢偏的定义看, 瓢偏是指轮缘与中心轴的不垂直度, 是在轮沿某点与相隔 180° 处相差尺寸的最大值。所以瓢偏的数值应从相对 180° 处的数值去找。不要从测得的数据中任意找一个最大值, 再任意找一个最小值, 求最大值与最小值之差, 那是错误的。因为平面可能有变形, 轴向位移也不一定相等。

(4) 圆周分点分得越多、找得越精确。但是点太多, 工作费时间, 也烦琐。太少了不准确, 工作显得粗糙, 有问题发现不了。一般采取 $6 \sim 8$ 点。

三、瓢偏的计算方法

如有一个端面, 分8点进行测量, 在端面水平直径两端各架一只百分表, 假设1、5两对应点瓢偏最大, 找出1-5两点之差数 A 与5-1两点的差数 B , 则瓢偏数值 x 应为 $(A-B)/2$ 。如表1-1, $A=5.00-5.00=0.00$, $B=(5.00+x)-(5.00-x)$

$$=2x, \text{ 则瓢偏} = \frac{A-B}{2} = x.$$

表 1-1

测 瓢 偏 记 录

(单位: mm)

方 位	表 计		计 算
	甲	乙	差值(甲-乙)
0°	5.00	5.00	0.00
180°	5.00+x	5.00-x	2x

上面举例是按轴向没有位移讲的, 若架好百分表(均指示 5.00)以后, 盘转180°时产生轴向位移, 其数值为“b”, 则:

甲表数值为: $5.00+x+b=A$

乙表数值为: $5.00-x+b=B$

$$\text{瓢偏} = \frac{A-B}{2} = \frac{(5.00+x+b)-(5.00-x+b)}{2} = \frac{2x}{2} = x$$

所得瓢偏值与没有轴向位移的数值相同。一般说来, 转轴盘动后, 都会产生轴向位移, 这就是一定要在相隔180°的轮缘上架设两只百分表的道理。

为什么 $A-B$ 还要用2除呢? 从图1-3(b)可以看出, 用两块百分表测量靠背轮的瓢偏是正确的。靠背轮的瓢偏为 x , 开始架设两只百分表时, 不知道瓢偏值是多少, 为了方便起见, 设两只百分表指示均为5.00, 其实指示多少也没有关系。只要保证在盘转过程中, 表杆既不顶死也不完全放松就可以。甲表原指示5.00, 盘转180°以后, 甲表跳杆缩进去一个 x 值, 指示为 $5.00+x$; 乙表指示也是5.00, 盘转180°以后, 乙表跳杆伸长一个 x 值, 即为 $5.00-x$ 。这两只表的变化一正、一负都变化了一个瓢偏数值。甲、乙两表数值之差, 便是两倍瓢偏数值, 所以应该用2除。

四、测瓢偏记录及工艺说明

测量瓢偏记录如表1-2所示。

测瓢偏的工艺说明见表1-3。

(单位: mm)

表 1-2 量 偏 值 记 录

方 位	项 目			备 注
	百分表指示数值		差 值 甲—乙	
	甲	乙		
1—4				1. “1” 为(靠背轮某字头) 朝上方位; 2. 盘转方向(顺或逆)时针; 3. 数字 1、2、3 …… 6 编 排方向为(顺或逆)时针。
2—5				
3—6				
4—1				
5—2				
6—3				

表1-5附图

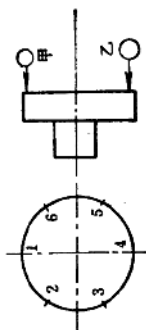


表1-2附图

表 1-3

测 瓢 偏 工 艺 说 明

序 号	工 艺	注 意 事 项
1	在盘面轮缘选择一固定方位为“1”	固定方位可选有键方位, 有固定字头方位, 或某飞锤飞出的方位。每次测量都按此固定位置, 便于比较
2	将盘面圆周反(或顺)时针方向分为 8 (或 6) 等分, 并写上粉笔字	等分要分得均匀
3	在相对 180° 的轮缘平面上架设两个百分表	表杆必须垂直平面, 并使百分表指示约在全行程的中间位置
4	盘转一个等分, 记录甲、乙两表的指示数字。陆续按等分进行盘转并做好记录	(1) 盘面未盘动前不能作记录。 (2) 盘转要慢不能有振动。 (3) 盘转等分要均匀。 (4) 不准倒盘
5	计算(甲表—乙表)数值之差并选择相对应数值(如 1—5 与 5—1, 2—6 与 6—2, 3—7 与 7—3, 4—8 与 8—4)之差的最大值除以 2 便得出最大瓢偏值	差值栏中(甲—乙)时, 都要(甲—乙), 不可相反。若(乙—甲)时都作(乙—甲)也不得相反。否则, 计算数值是错误的
6	盘转两周, 计算出两次的瓢偏值, 瓢偏数值以两次平均为准	两次误差, 不应大于 0.015mm

第三节 测 量 弯 曲 度

一、何谓一条轴(杆)的弯曲度

一条轴(杆), 因本身质量及装配零件质量的影响, 水平放置后要产生一个自然垂弧, 中心线垂弧的水平投影应为一条连续的平滑曲线。在这样轴(杆)的任何部位, 架设百分表, 使表杆通过轴的中心, 盘转轴(杆)后, 百分表不会出现弯曲的摆动, 这样的轴(杆)叫不弯曲轴。

一条轴(杆)水平架设, 总会因自重产生垂弧的, 这是自然

垂弧，不是弯曲。自然垂弧的大小与转子质量的大小、轴的长短、粗细、刚度的大小都有关系。例如，DG270/140给水泵转子的自然垂弧约在0.55~0.75mm左右。

凡轴（杆）中心线垂弧的水平投影不是一个连续平滑曲线时，这条轴（杆）便有弯曲。在某一横断面弯曲数值的大小即该断面中心线偏离连续平滑曲线的数值。如图1-4所示，轴的最大弯曲度，即某一断面中心线偏离连续平滑曲线数值最大的一点。

从弯曲度的定义看，弯曲度应为百分表杆跳动数值的 $\frac{1}{2}$ 。

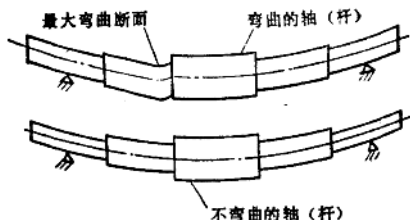


图 1-4 轴的最大弯曲断面

我们所谈的弯曲，指的是永久性弯曲，不是指弹性弯曲。永久性弯曲是应力消除后仍然存在的弯曲；弹性弯曲是当应力消除以后，弯曲即消失。

二、轴（杆）产生弯曲的原因分析

1. 轴（杆）产生弯曲的原因

（1）制造过程中（锻造加工与热处理等）内部应力没有消除好，运行中由于时效作用或振动，应力消失，便出现了弯曲。

（2）大轴锻造时由于材质不均匀，材质膨胀系数不一致，热态运行中会产生热态弯曲。这种情况虽然不多，但肯定是有。这种弯曲属于弹性弯曲，冷态测量时找不到什么地方有弯曲，只有热态下才存在弯曲。

(3) 机组发生故障，使轴产生永久性弯曲。

2. 局部摩擦的危险性

(1) 局部摩擦可能使轴产生永久性弯曲。机组启动、停机或运行时，因油膜振荡或膨胀不均匀等原因产生较强振动时，轴的某一部位发生局部摩擦，由于局部摩擦，热胀凸起，使摩擦更严重，被摩的部位越凸起，凸起的局部产生越大的热膨胀力，在凸起的对面因被压缩产生大小相等的反压缩应力。一旦机组停止运行，当反压缩应力总和超过局部被摩部位的材料弹性极限时，局部被摩部位的纤维就会被反压缩应力压短，冷却后恢复不了原有状态，而在被摩擦的对面凸起，如图 1-5 所示。汽轮机主轴被摩擦弯曲，都属于这种情况。

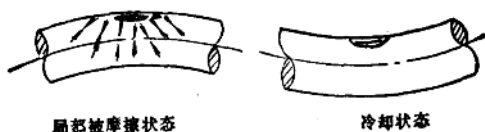


图 1-5 轴被摩擦产生永久性弯曲

(2) 机组其他故障，使主轴局部产生很大应力，此应力若超出局部材料弹性极限，也会产生永久性弯曲。如天津某电厂锅炉风机叶轮故障飞出，使主轴局部产生很大的永久性弯曲。

3. 弹性弯曲和永久性弯曲

弹性弯曲与永久性的弯曲是两种弯曲，但是两者没有不可逾越的界限。在某种条件下，弹性弯曲可以过渡到永久性弯曲；在直轴的条件下，永久性弯曲也可变成弹性弯曲。例如，一根较长的直钢管，将其两端水平固定在墙上，经 1~2a (年) 后，由于自重产生垂弧，若长年不去转动它，直的钢管就可能过渡成永久性弯曲的钢管，这就是弹性弯曲变成永久性弯曲。弹性弯曲的轴所受的应力没有超过其弹性极限，但时间久了也会向永久性弯曲过渡，所以小轴 (杆) 应该垂直吊起来存放。