

中小汽轮机的检修

中 小 汽 轮 机 的 检 修

金 琅 编 著

*

湖北科学技术出版社出版 新华书店湖北发行所发行
湖北英山印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 5.25印张 108千字

1986年4月第1版 1986年4月第1次印刷

印数: 1—4,000

统一书号: 15304·105 定价: 1.00元

前 言

近年来，随着我国国民经济的发展，不仅高参数大容量的汽轮发电机组不断投入运行，而且许多地方和部门，又相继兴建了大量中小型发电厂，投运了一批中小型汽轮发电机组，加上建国以来投运的中小型汽轮发电机组，使中小型汽轮发电机组一直在我国电力生产中发挥着重要的作用。为了使其长期、安全地运行，必须对其定期进行检修。本书的目的，就在于帮助从事中小汽轮机检修的青年工人和学员，尽快地掌握汽轮机的检修技术。

本书首先介绍了有关汽轮机检修的预备知识，然后分章详细叙述了关于汽轮机检修的一般项目和常遇到的特殊项目的内容、方法、质量要求和注意事项。

在本书的编写过程中，得到了黄石火力发电厂和黄石电力设备修造厂有关领导和同志们的大力支持，承蒙湖北省电力局总工程师陈先定同志对书稿进行了认真的审阅和修改，在此表示衷心的感谢。

由于本人水平所限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

金 琅

一九八五年八月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 汽轮机检修的意义.....	(1)
第二节 汽轮机的基本结构.....	(3)
第三节 检修管理和分类.....	(4)
第二章 汽轮机检修的一般项目	(7)
第一节 汽轮机大盖的拆装.....	(7)
第二节 汽轮机转子的测量.....	(16)
第三节 汽轮机通流部分间隙的测量及调整.....	(29)
第四节 轴瓦间隙、紧力的测量及调整.....	(39)
第五节 滑销系统的检修.....	(53)
第六节 汽轮机中心的测量及调整.....	(59)
第七节 联轴器中心的测量及调整.....	(68)
第八节 叶片频率的检测.....	(80)
第九节 盘车装置的检修.....	(88)
第十节 氢冷汽轮发电机轴密封的检修.....	(92)
第十一节 调速系统的检修.....	(97)
第十二节 汽轮机保护装置的检修.....	(103)
第十三节 主油泵的检修.....	(109)
第三章 汽轮机检修的特殊项目	(117)
第一节 汽轮机轴瓦的更换.....	(117)
第二节 汽轮机动叶片的换装.....	(127)
第三节 汽轮机转子的低速动平衡.....	(146)

第一章 绪 论

汽轮机是火力发电厂的主要设备之一。建国三十多年来，我国电力工业迅速发展，发电量以平均每年递增13.8%的速度上升，从世界第25位跃到第6位。与电力发展有着密切关系的汽轮机制造业，从无到有，由小到大，起到了重要作用。但是，由于我国基础差、底子薄，必须尽可能地延长发电设备的使用时间。因此，一直是实行“制造与维修并重”的方针。

另外，从我国发电设备的构成来看，到1983年底，在全国7,644万瓩的装机总容量中，水力发电装机容量只不过占30%，其余70%为火力发电装机容量。由此可见，我国发电设备，以火力发电为主。其中10万瓩以下的中小汽轮发电机组的台数又占了绝对优势。加之在近几年的改革中，打破独家办电的格局，出现了多方办电、群众办电的新形势，使运转中的中小汽轮发电机组越来越多。这样，中小汽轮机的检修，在电力生产中就相应地占有相当重要的地位。

第一节 汽轮机检修的意义

汽轮机是以优质的水蒸汽为工质的一种旋转式原动机，在火力发电厂中被用以带动汽轮发电机发电。同其它机械一

样，汽轮机在运转过程中受到多种因素的作用，可能会产生各种缺陷和故障。为了解决这些隐患，使汽轮机恢复良好的状态，对汽轮机各零部件进行清理、检查、修理和更换工作，就统称为汽轮机检修。

汽轮机检修具有如下意义：

1. 有利于安全生产。如汽轮机汽缸平面向外泄漏蒸汽，动静部分发生碰撞，轴承发生反常振动等，如不能及时加以解决，可能引起设备和人身事故，造成极大危害。

2. 有利于经济运行。汽轮机在运行中，其通汽部分，或因蒸汽品质不纯而产生结垢；或因机械相对位移，间隙发生变化，都将改变汽轮机工况，降低汽轮机热效率，增加耗汽量，造成过量的热能损失。通过检修可清除结垢，调整间隙，从而使汽轮机运行达到原设计值，提高经济效益。

3. 有利于保持出力。汽轮机如年久失修，会因部件的磨损而不能达到原有出力，通过年复一年的有计划、有目的的检修，可使其保持原设计制造要求的水平，从而防止出力下降。如出力已经下降，则可找到症结，对症检修，恢复正常出力。

4. 有利于设备改进。根据运行中存在的问题，在解体检修时，可研究和发现设备设计制造的不足之处，及时加以改正；或反映给设计、制造单位，在下一轮设计、制造中加以解决，使汽轮机设备日趋完善、先进、合理。

5. 有利于发展国民经济。通过检修，可提高汽轮机设备的完好率，确保发电机组安全运行，正常供电，这显然有利于工农业生产的发展和人民正常用电。此外，通过检修，又可延长汽轮机的使用寿命，从而减少国家更新设备的投资。

第二节 汽轮机的基本结构

汽轮机结构可分为静止和转动两大部分。静止部分包括汽缸、轴承、汽封和隔板等；转动部分（又称汽轮机转子）包括轴、叶轮、叶片和联轴器等。此外，还有盘车装置和滑销等。

1. 汽缸 汽轮机的外壳叫汽缸。它的作用是将汽轮机的通流部分与大气隔绝，使蒸汽能在其中做功。汽缸内装汽封、喷嘴室、隔板和隔板套等。

2. 轴承 轴承的作用是用来支持汽轮机转子的全部重量，确定汽轮机转子的径向位置，承担汽轮机转子转动时的轴向推力。汽轮机的轴承分支持轴承和推力轴承两大类。

3. 汽封 汽轮机的转动部分与静止部分之间必须留有一定的间隙，以防相互摩擦。汽封的作用在于，减少这些间隙的漏汽损失。汽封按其在汽轮机中所处位置可分为：轴端汽封（又称轴封）、隔板汽封和通流部分汽封三种。

4. 隔板 隔板用来固定各级喷嘴，并形成各个级之间的通流间隙。

5. 轴、叶轮 用于传递作用在叶片上蒸汽产生的扭矩，由它带动汽轮发电机转子旋转发电。

6. 联轴器 用来连接汽轮发电机组的各个转子，并把汽轮机的功率传给发电机。

7. 叶片 叶片包括动叶片和静叶片两种。动叶片是使蒸汽的热能转换成旋转机械能的重要部件。

8. 盘车装置 在汽轮机冲动转子前或停机后，为了使

汽轮机转子均匀受热和冷却，必须使汽轮机转子以一定转速连续转动，这种能使汽轮机转子转动的装置叫盘车装置。小型汽轮机采用手动盘车装置，而大、中型汽轮机广泛采用电动盘车装置。

9. 滑销系统 为了保证汽缸受热时能自由膨胀，并保持汽缸与转子中心一致，汽轮机均设有滑销系统。滑销系统主要由立销、纵销、横销和猫爪横销等组成。

第三节 检修管理和分类

为了保证汽轮机检修的质量，降低检修费用和完成检修计划，如何加强汽轮机检修的管理工作，是一项十分重要的课题。

汽轮机检修的管理工作包括许多方面，主要有如下三项内容：

1. 安排合理的检修计划，加强技术管理及设备管理；
2. 建立检修的合理组织形式，对施工班组及施工人员进行管理；
3. 不断地改进检修工艺和引进先进的检修施工技术和装备。

检修管理的目的，在于通过科学的管理，最大限度地发挥检修工人的积极性，尽可能减轻工人的劳动强度，提高工作效率，多、快、好、省地完成各项检修工作，不断提高设备的完好率，使设备能长期、安全、经济地运行。从不同的管理角度，可将汽轮机检修工作分类如下：

1. 按照汽轮机检修的性质，可以分为计划检修、临时

检修和事故检修三种。

计划检修是汽轮机按照编制的年度检修计划，将汽轮机停止正常运行，进行检修。这种检修具有预防性的作用，它有严格的计划性。

临时检修是汽轮机因设备缺陷不能维持正常运行，在计划之外申请停止运行，经上级调度部门安排后进行的临时性检修。

事故检修是汽轮机因设备损坏而突然停止运行，调度部门未经事先安排，被迫对汽轮机进行的检修。这时汽轮机或附属设备已有损坏，汽轮发电机组不得不在计划外停止发电。

临时检修，特别是事故检修，是计划之外突然发生的，所以对工农业生产影响极大，使一些部门因停电而被迫停产，造成经济损失。汽轮机检修的目的之一就是要使汽轮机实现计划检修，做到应修必修，修必修好，力争不发生事故检修，尽量避免临时检修。

2. 按照汽轮机检修任务，可以分为大修、小修和现场维修三种。

大修是揭开汽轮机汽缸大盖，对汽轮机各部件进行清理、测量、检查，并对磨损的各零件进行修理或更换，使其恢复到设计要求或出厂水平的检修。这是一种最重要的检修。

小修是不揭开汽轮机汽缸大盖，只对汽轮机及其附属设备的易损件进行检查，并对一些在运行中不能消除的设备缺陷进行消除的检修。

大修和小修都属于计划检修的性质，在年度检修计划中都必须安排出汽轮机大小修的间隔、时间和工期。

现场维修，是当汽轮机及其附属设备在运行中发生各种缺陷时，在不停止汽轮机运行的情况下进行修理，以维持汽轮机继续正常运行的检修。

对于这三种性质的检修工作，其中大修工作是比较全面和彻底地对汽轮机进行检修，而小修和维修只是进行大修工作中的局部或个别项目。因此，本书仅论述大修的各项检修工作。

关于汽轮机大修工作，水利电力部“发电厂检修规程”中，将汽轮机大修项目分为一般项目的检修和特殊项目的检修两类。一般检修项目（通常也称做标准项目）包括常修项目（即每次大修都需进行检修的项目）和不常修项目（即不一定每次都要检修的项目）。特殊项目是指一般检修项目以外，由于某种原因才安排的项目（如技术复杂、工作量大、工期长、耗用器材多、费用高，以及系统或设备结构有重大改变的项目）。

3. 按所检修汽轮机的工作压力来分，可以分为高压汽轮机检修和中、低压汽轮机检修；按所检修汽轮机的容量来分，可以分为大容量汽轮机的检修和中小汽轮机的检修。

第二章 汽轮机检修的一般项目

汽轮机大修的一般项目内容包括:

1. 拆装各类设备的零部件, 清扫并检查有无缺陷;
2. 采用金相、化学和热工等方法进行各项检测;
3. 测量并合理调整各零部件的间隙、装配及处理局部性的缺陷;

4. 对发现的重大缺陷及时申报, 列入特殊检修项目。

其中测量、调整工作是一般检修项目中的关键环节, 本章将着重叙述。

第一节 汽轮机大盖的拆装

汽轮机大修的主要工作项目之一是汽轮机本体的检修, 汽轮机本体的检修又是从汽轮机揭汽缸大盖开始的, 因此, 在检修开工时, 必须考虑尽早将汽轮机大盖揭开, 这对缩短检修工期, 保证检修质量都有好处。

一、汽缸揭盖时间的选择

对装有汽缸壁温度测点的机组, 可以利用它来控制合理的揭盖时间。一般汽缸壁温度降到 100°C 以下时, 可以进行

保温的拆除工作；汽缸壁温降到 60°C 左右时，就可以开始拆汽缸螺栓，然后揭开汽缸大盖。

如果没有温度测点，以时间来考虑，一般中压汽轮机在停机 $24\sim 48$ 小时后可以揭开汽缸大盖；高压汽轮机需经 $48\sim 72$ 小时后才能揭开汽缸大盖。

汽缸温度过高就揭大盖，容易损坏汽缸螺栓（特别是高温部位的螺栓），有时即使螺栓勉强拆下来了，但由于汽缸温度没有降下来，可能使盖揭不开。

为了缩短检修时间，可以考虑在停机前采用降压运行，或滑压停机的方法来预先冷却汽轮机，这样可以大大缩短汽缸冷却时间。在理论上，滑压停机时，温度、压力可以降到很低，停机后 24 小时就可揭开汽缸大盖，但停机时间拖得很长。操作比较多，同时锅炉需要燃油。一般滑压停机时，以 $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 的降温速度使主蒸汽温度降到 250°C 左右，这时汽缸温度仅 200°C 左右，用这种办法可以争取 $1\sim 2$ 天的检修时间。用滑压停机的方式不能进行汽轮机超速试验。为了弥补这个不足，检修中可以将危急保安器小轴拆下，单独进行超速试验。

二、汽缸结合面螺栓的拆装

为了便于拆卸汽缸水平结合面螺栓，在拆卸前 8 小时左右，可将煤油浇在螺栓的螺纹上。然后，可用机械拆装法、人工拆装法来拆装螺栓。

目前中压汽轮机的螺栓多用人工方法拆装，一般使用专用扳手，外加 $1\sim 2$ 米长的加长管，用 $2\sim 6$ 人的力量进行

拆装。不要采用大锤锤击的办法，否则难以保证各螺栓受力均匀。当人工拆卸有困难时，可用氧—乙炔焰将螺帽加热，然后再行拆卸。螺栓在旋入前必须进行仔细检查，并在螺纹上抹上一层黑铅粉。如遇螺帽难以旋紧时，要将螺帽退出查明原因。机械拆装螺栓的方法目前有多种，但都只能用于中小螺栓。有的单位也试验采用过高压汽缸水平结合面螺栓的拆装机，但因操作麻烦，且不可靠，故未能普遍推广应用。

高压汽轮机高压缸水平结合面螺栓的拆装，除去前段所述的基本方法外，还须采用热紧(或热卸)。目前采用的热紧工具主要是电气式加热器和气体式加热器两种。

电气式加热器有结构轻便、加热均匀、可同时加热几个螺栓等优点。现在应用最多的是管式电阻丝加热器，它是将电阻丝绕在高温绝缘管上，在外部再套上保护管。这种加热器由于受电阻丝、保护套管表面负荷及结构的限制，功率不可能很大，因此加热时间长，使用寿命有限，因而使用上受到一定限制。

另一种电气式加热器是双螺纹硅碳管加热器，如图2—1所示。其特点是，发热元件采用碳化硅，功率大，可达6.5瓩，因而用它紧固螺栓的时间短，如紧一个M120螺栓，只需12~20分钟。这种加热器的缺点是寿命短，易损坏。图中所示的加热管，加有保护套管，但由于螺栓加热孔不同心，加热时因保护套管周围间隙不均，易使保护套管弯曲变形。虽然由于保护套管的存在，使碳化硅棒不易碰损，但如使用中套管弯曲，可造成短路损坏。实际使用中，可不用保护套管，将碳化硅棒平稳放入加热螺栓孔内，尽可能使其位于孔中间，并用摇表检查是否接地(如碳化硅棒一接地，通电后

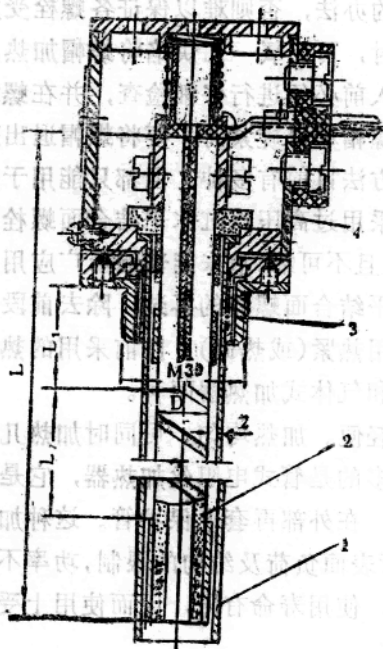


图2—1. 硅碳管加热器

- 1—外套管， 2—双螺纹硅管，
3—螺纹座， 4—壳体。

即短路)，若不接地，则可通电加热。只要做到仔细操作，碳化硅棒使用寿命将可大大延长。

气体加热器也用于拆装螺栓。但不宜采用氧—乙炔焰直接加热螺栓的办法，否则，会引起螺栓的金相组织和性能恶化。一般采用螺旋管式空气加热器，使用很方便，它的结构如图2—2所示。由不锈钢耐热钢管绕制成螺旋管，管外用氧—乙炔焰焊炬加热，管内通入压缩空气，用热空气加热螺栓。其特点是：结构简单，制作方便，结实耐用，工

作可靠。所使用的压缩空气和氧—乙炔焰，现场提供也都很方便。某厂利用这种加热器，对一台7.5万瓩汽轮机汽缸水平面结合螺栓热紧，其时间表如表2—1所示（表中所列的时间是使用两个焊炬加热螺栓到螺帽开始松动所需的时间）。由于这种方法是用氧—乙炔焰加热，所以工作时应防止被烫伤。同时还有个缺点，就是必须同时用二个大焊炬加热。这

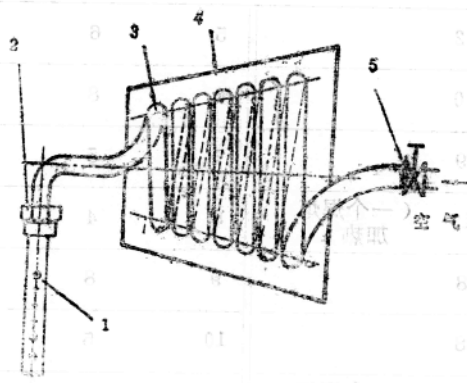


图2—2 螺旋管式空气加热器

1—加热管； 2—连接卡套； 3—螺旋管；
4—锥形外壳； 5—调节阀门。

表 2—1 汽缸螺栓热紧时间记录

M120螺栓热紧时间		M76螺栓热紧时间	
螺栓 编号	加热时间 (分)	螺栓 编号	加热时间 (分)
1	15 (从冷态开始)	1	5
2	8	2	4
3	10	3	8
4	9	4	5

(接上页)

5	12		5	6
6	10		6	8
7	9		7	5
8	13	(一个焊炬 加热)	8	4
9	8		9	8
10	8		10	5
11	13	(一个焊炬 加热)	11	4
12	—	(因故障两次 紧完)	12	6

样一来,设备较笨重,移动不够方便,因此有待进一步完善。

某热电厂改进了一种抽气器式双头螺栓加热装置,结构如图2—3所示。这克服了螺旋加热器笨重的缺点,效果也很好,但制造精度要求较高。

三、螺栓拆装的顺序

汽缸水平结合面螺栓的紧固,必须根据具体情况按一定顺序进行,以便均匀地紧固汽缸的水平结合面,形成预期的均匀紧力。汽缸螺栓拧紧的顺序,应以容易消除汽缸上下法兰面间隙为原则。而松螺栓时,应以防止法兰变形力集中到最后拆卸的一个螺栓上为原则。

目前中小汽轮机检修中,采用如下两种紧固汽缸水平结

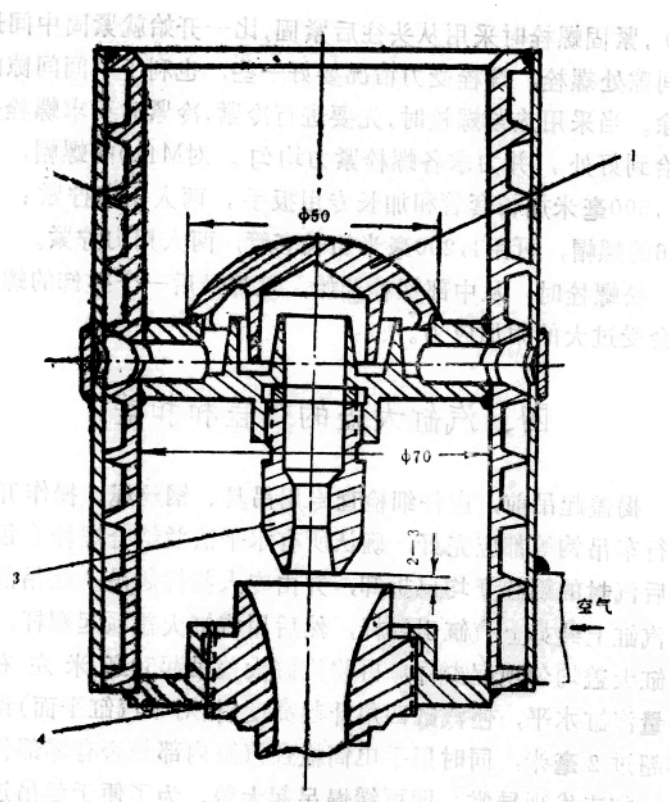


图2—3 抽气器式螺栓加热器

1—加热器；2—外壳；3—喷嘴；4—混合器。

合面螺栓的顺序：一是从汽轮机车头两侧对称往后紧固；二是从前缸与中缸（有的小机组无中缸时即后缸）垂直结合面处螺栓开始紧固，然后分别往前、后紧固螺栓。