

全国火力发电工人通用培训教材



汽轮机设备检修

中级工

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书为全国火力发电工人通用培训教材之一。

全书共分4篇15章，主要内容包括：汽轮机本体转子及静止部套的检修工艺；汽轮机调节系统的特性及典型调节系统；调节保安系统典型元件的检修；典型油泵的检修；水泵的检修工艺及典型故障的处理；特种阀门及主要辅机（如加热器、凝汽器）的检修。为便于培训和考核，各章之后均附有复习题。

本书可作为汽轮机检修中级工的培训教材，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽轮机设备检修：中级工/山西省电力工业局编. -北京：中国电力出版社，1997（重印）

全国火力发电工人通用培训教材

ISBN 7-80125-187-3

I. 汽… I. 山… II. 汽轮发电机-检修-技术培训-教材
N. TM311.7

中国版本图书馆CIP数据核字 (96) 第18189号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 邮政编码 100044)

北京市京东印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1997年5月第一版 1997年10月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 10.125印张 219千字 1插页

印数 5131—11200册 定价 13.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前 言

由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》，发行、使用已历时 10 余年。其间，《学徒工初级工》各分册分别重印 5 至 9 次，《中级工》各分册分别重印 4 至 7 次，发行量很大，深受全国电力系统广大读者的欢迎，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的要求，取得了显著的社会效益。为此，这两套培训丛书在全国电力普及读物评优中，荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

10 余年来，由于改革开放的不断深入发展，我国的电力工业有了很大的发展，现已普遍进入大机组、大电网、高参数、超高参数、高电压、超高电压和高度自动化的发展阶段，对电业生产人员的素质提出了更高的要求。继 1991 年 12 月原能源部颁发的《电力工人技术等级标准》之后，1995 年 9 月电力工业部、劳动部又颁发了《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》。因此有必要根据电力生产的新情况和电力工人技术等级标准的新要求，对上述两套培训教材进行修订并增补高级工培训教材。经山西省电力工业局和中国电力出版社通力合作，并在全国电力工人技术教育研究所的支持下，现编写、出版了这套《全国火力发电工人通用培训教材》。本套丛书的内容覆盖了火力发电 16 个专业对初、中、高级工的技术要求，每个专业分初级工、中级工、高级工三个分册出版，共计 48 个分册；每一分册中又

际水平出发，进行设计、编写的。为了使教材更具有针对性，更加实用，我们做了大量的前期工作，对电力系统的人员结构、整体素质进行过调查和认真分析。这套培训教材不仅适用于具有初中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的电力生产人员，而且对于现场的工程技术人员，也是有参考价值的。另一方面，这套培训教材以培养工人实际能力为重点，以提高工人操作技能为主线，教材中所提供的“知识”是为“技能”服务的，因而增强了教材的实用性，使经过培训的工人能较快运用所学的知识和掌握的技能，指导或改进所从事的生产实践。

此外，这套培训教材图文并茂，通俗易懂，好学好用，特别适合于工人学习。

当然，《全国火力发电工人通用培训教材》所反映的是普遍适用的主要内容。各单位在使用过程中，只要结合本单位的设备、工艺特点和人员素质的实际情况，在内容上做适当的补充和调整，便可有针对性地对本单位职工开展培训。

《全国火力发电工人通用培训教材》是《全国电力工人公用类培训教材》的延伸，两套培训教材要配合使用。这些培训教材的出版，必将对我国电力职工培训工作的有效开展和“九五”期间电力职工素质的提高，产生积极而深远的影响。

中国电力企业联合会教育培训部

1996年12月

目 录

序 前 言

第一篇 汽轮机本体检修

第一章 高温合金钢螺栓的拆装及检修	1
第一节 高温合金钢螺栓的拆装工艺	1
第二节 高温合金钢螺栓的检修工艺	4
复习题	7
第二章 汽轮机静止部件检修	9
第一节 汽缸的保温与化妆板	9
第二节 滑销系统的检修	12
第三节 汽缸揭缸、翻缸及扣缸	21
第四节 喷嘴组的检修	26
第五节 隔板及隔板套的检修	29
复习题	37
第三章 汽封	40
第一节 汽封的工作原理及结构特点	40
第二节 汽封的检修	45
第三节 汽封间隙的测量与调整	48
复习题	57
第四章 轴承	59
第一节 支持轴承的检修	59

第二节	推力轴承的检修	72
第三节	密封瓦的检修	76
复习题	.....	79
第五章	转子	82
第一节	套装转子的检修	82
第二节	转子的测量	100
第三节	轴颈及推力盘检修	110
第四节	转子弯曲、断裂的常见原因及处理方法	114
第五节	转子按联轴器找中心	117
第六节	叶片的检修	120
复习题	.....	123

第二篇 汽轮机调节系统检修

第六章	调节系统的特性	127
第一节	静态特性	128
第二节	速度变动率	130
第三节	迟缓率	133
复习题	.....	141
第七章	中间再热式汽轮机的调节	144
第一节	中间再热式汽轮机的调节特点	144
第二节	典型调节系统	146
复习题	.....	154
第八章	调节保安系统典型元件检修	155
第一节	调速器	155
第二节	中间放大机构	161
第三节	保安部套检修及试验调整	175
复习题	.....	184
第九章	油系统主要设备检修	186

第一节	冷油器	186
第二节	蓄能器	190
第三节	油氢差压阀和平衡阀	193
复习题	.....	195
第十章	油泵	196
第一节	主油泵	196
第二节	立式油泵	201
第三节	其他油泵检修	204
第四节	射油器	207
复习题	.....	208

第三篇 水 泵 检 修

第十一章	离心式水泵检修	210
第一节	水泵的拆卸	210
第二节	静止部件的检修	213
第三节	转子部件的检修	217
第四节	转子的试装	222
第五节	水泵的总装与调整	224
第六节	水泵按联轴器找正	227
复习题	.....	233
第十二章	典型故障的处理	237
第一节	振动的处理	237
第二节	直轴工作	242
复习题	.....	250

第四篇 汽轮机辅机检修

第十三章	阀门检修	253
------	------------	-----

第一节	阀门密封面的研磨与修复	253
第二节	阀杆及其连接件的检修	257
第三节	阀门自密封结构的检修	261
复习题	.....	264
第十四章	特种阀门的检修	267
第一节	安全阀的选型及检修	267
第二节	抽汽止回阀的检修	271
第三节	高压排汽止回阀的检修	277
第四节	调节阀的结构与检修	279
复习题	.....	285
第十五章	主要辅机的检修	289
第一节	表面式加热器的常见故障及检修	289
第二节	凝汽器的检修	294
第三节	凝汽器的换管工艺	298
复习题	.....	303
后记	.....	李振生

第一篇 汽轮机本体检修

第一章 高温合金钢螺栓 的拆装及检修

第一节 高温合金钢螺栓的拆装工艺

一、拆装螺栓的一般注意事项

拆装螺栓一般应注意以下事项：

(1) 解体时，对于汽缸螺栓应等调节级处壁温降到 80°C 以下，对于各种阀门应等阀体温度降到 100°C 以下，才允许拆卸结合面螺栓。过早地松开，不仅会因温度高时螺纹硬度低，易产生螺纹咬死现象，而且在过高温下打开汽缸大盖或门盖也会使内部各部件受冷空气急骤冷却而引起变形。

(2) 拆卸螺栓前几小时，应将煤油浇到螺纹间浸软螺纹间的锈垢和氧化物，可减少螺纹咬死的程度。

(3) M52 以上的大螺栓、螺帽及特殊厚度的垫圈应按号配合，在拆卸前做好清晰的编号。

(4) 在检修过程中，如需临时扣汽缸盖紧螺栓时，实践证明在螺纹上抹少许干黄油对保护螺纹、防止咬死是有好处的。但在汽缸最后正式组合时，应用煤油将干黄油洗净、擦干，再抹上干黑铅粉或二硫化钼粉，否则干黄油在高温下碳化，易使螺纹咬死。就是黑铅粉或二硫化钼粉，也不宜抹得过多，应用压缩空气吹去多余的粉末，以免堆积在螺纹间，造

成卡涩。

(5) 在起吊汽缸大盖、门盖时或在检修过程中，难免偶然碰伤栽在汽缸或阀门下法兰上的螺栓丝扣。因此每次戴帽前，应细致检查螺栓的丝扣，并用手轻快地拧到底。若遇到卡涩现象，必须认真查找原因，不得用手锤敲振或用扳手强行拧紧。

二、螺栓的冷紧

人工冷紧螺栓的方法一般是用套管接长扳子来紧。由于锤击方法很难控制紧力，且锤击方向不正确还会对螺栓施加很大的冲击力，在螺栓中会引起较大的弯矩及扭矩，极易造成螺栓断裂，因此尽可能避免使用锤击法。若由于检修场所的限制等原因不得不采用时，必须采取措施防止紧力过大。人工拧紧方法劳动强度大、工效低，有条件应设法使用机械方法。目前使用的机械工具主要有风动扳手和油压拉伸器两种。

三、螺栓的热紧

对于 M52 以上的螺栓，在冷紧之后还需要进行热紧。首先在需要热紧的所有螺栓的螺帽上标好所需的热紧弧长，然后在螺栓中心孔安放螺栓加热器进行加热。螺杆加热的部分应是相对于法兰厚度的部分，加热时尽可能不使螺纹部分直接受热。待螺杆受热伸长后，用轻型扳子将螺帽旋转到标记的位置。不应在螺杆伸长量未达到要求就使用过大的力矩硬扳，更不应用大锤敲击法硬拧紧到规定的弧长。因为这时螺扣温度较高，硬度降低，若在较大的接触应力下旋转，容易在螺扣间拉出毛刺，出现咬扣现象。

四、螺栓的松紧顺序

汽缸法兰螺栓松紧的顺序是以容易消除汽缸上下法兰间间隙为原则；松螺栓的顺序应以防止消除汽缸上下法兰间隙

所引起的法兰变形的力量集中到最后拆卸的一个螺栓上为原则。

高压缸合理的松紧螺栓顺序如图 1-1 所示。在拧紧螺

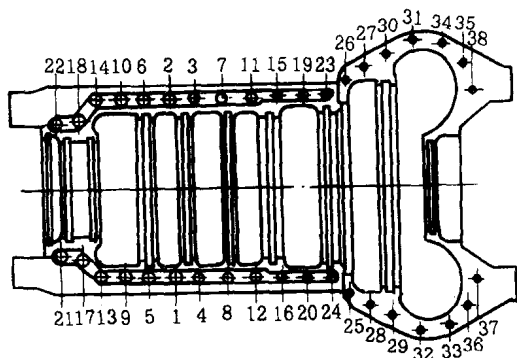


图 1-1 高压缸合理的松紧螺栓顺序

栓时，从汽缸中部垂弧值最大处开始，对称地向前后拧紧，将法兰间隙赶向汽缸前后的自由端。假如采用相反的顺序，先将汽缸前后螺栓紧固，间隙集中于中部，将形成弓形间隙，往往不能将间隙消除而产生泄漏。另外在汽缸法兰螺栓冷紧时，先紧的中部螺栓的紧力往往在相邻螺栓紧固后，分担了消除法兰间隙的力量后而使其紧力减小，因此冷紧工作最少要依次重复拧紧一遍才能使各螺栓紧力均匀。

松螺栓时，也是先从间隙最大的中部螺栓开始，使间隙逐步恢复。若将顺序反过来，最后拆卸间隙最大处的螺栓，那么在最后松的一个螺栓上，除原来的预紧力外，还附加上在拧紧螺栓时各螺栓共同消除法兰间隙的全部作用力，这样就会使热松螺栓的时间成倍延长，严重时会使螺栓因过载而损坏。

低压缸合理的松紧螺栓顺序见图 1-2。

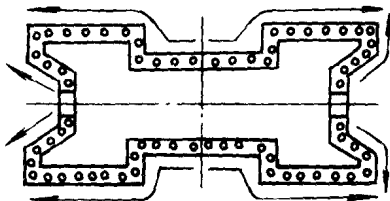


图 1-2 双排汽口低压缸松紧螺栓顺序

热紧法兰大螺栓的顺序和冷紧时相同，一般是在法兰两侧对称地同时进行。如果数个加热器同时热紧螺栓，应按紧螺栓的顺序加热，并按一定的时间间隔（5~10min）逐个投入加热器。这样可消除因热紧过程螺栓对法兰结合面的压延作用而产生的间隙。

第二节 高温合金钢螺栓 的检修工艺

高温合金钢螺栓的直径大，比较笨重，对于这种特殊的大螺栓的检修应予以特别的重视。检修中除应遵守一般的注意事项外，还应按下述工艺过程进行。

一、螺栓的清理

螺栓的正常检修工作主要是清理修锉丝扣，清理时先用钢丝刷和煤油清洗螺栓上的锈垢，再用细锉刀及刀型油石修理螺杆螺纹底部的伤痕和毛刺。清理好的螺栓必须带螺帽检查。螺帽应能用手轻快地拧到底，发现有卡涩或拧不动时，不许用加大力矩的方法强拧，特别是细扣大螺栓，必须退出螺

帽重新检查修整螺纹。若是螺帽丝扣损坏，应用丝锥修理。

二、螺纹咬死后的处理

当螺纹咬死时不应用过大的力矩硬扳，因为这样往往使螺纹上拉起的毛刺越拉越多，不仅无法松下螺帽，而且使螺杆损坏更加严重。应按下述方法处理。

若螺栓在热状态，应等螺栓温度降到室温后，向螺丝内浇入少许润滑油，用适当的力矩来回活动螺帽，并同时用手锤敲振。也可适当加热螺丝，逐渐使螺纹内的毛刺圆滑后将螺帽卸出。当无法卸下螺帽时，可请熟练的气焊工用割把割下螺帽保护螺杆。切割螺帽可按图 1-3 所示部位进行。首先

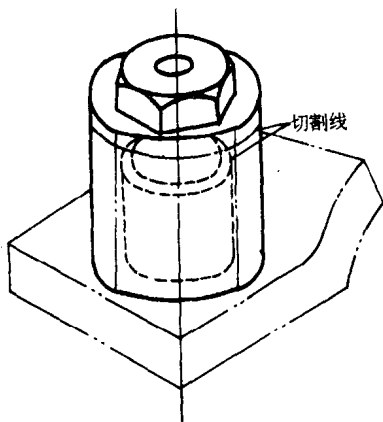


图 1-3 螺帽切割的部位

将两侧面割开，再割水平的切口，螺帽即可脱开。割切时不应过急，应一层层将其熔化开。严防误伤螺杆的螺纹。

螺杆损坏需更换，而螺杆锈死无法卸出时，可用割把在距法兰面约 10mm 的部位割断螺杆，按图 1-4 钻两透孔，再用割把割通两孔，将螺杆割为两半，然后用手锤和扁铲将两部分向中部敲打，使螺纹脱开便可取出。

三、螺栓损坏原因及防止措施

1. 螺纹咬死的原因及防止方法

(1) 松紧及检修工艺不当，清理得不干净，有毛刺、伤

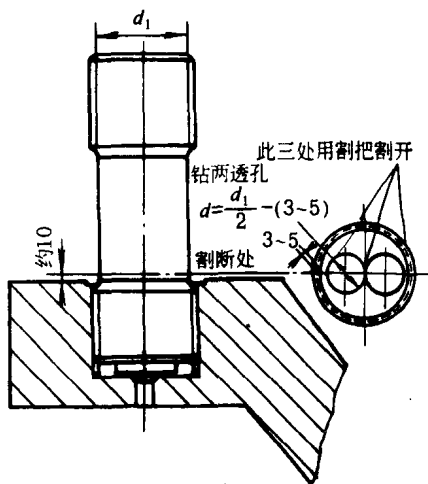


图 1-4 钻孔取锈死螺杆示意图

痕，粗糙度大，或螺栓加热器功率小，加热时间过长，螺纹部分温度过高而胀住。

(2) 螺栓长期在高温下工作，表面产生高温氧化物。松螺帽时，由于氧化物撕拉，极易在螺纹表面上拉出毛刺。因此在加热松螺帽时，当螺帽端面与法兰之间出现间隙后，应使螺纹间的挤压力消失再旋开螺帽。

(3) 螺纹加工质量不好，粗糙度大，间隙过小。

2. 螺栓断裂原因及防止方法

高温螺栓断裂原因是复杂的，是由多方因素造成的，有些是互为因果的，一般认为有以下几方面原因：

(1) 采用氧-乙炔火焰直接加热螺栓，因受热不均，局部过热而产生裂纹。

(2) 材质不合格或加工时热处理工艺不当。

(3) 螺栓在长期高温下工作使冲击韧性和塑性降低，产生热脆，受冲击作用时断裂。

(4) 由于螺栓的螺纹底部加工圆角过小或是尖角，使螺栓产生应力集中。

(5) 螺杆与法兰平面不垂直，螺帽端面与法兰平面不平行，使螺栓受过大的附加弯应力。

(6) 螺栓的应力过大，包括初紧应力和法兰螺栓温差过大的附加温度应力。

复 习 题

一、填空题

1. 大螺栓的拧紧程序都是先行_____紧，然后进行_____紧。
2. 热紧螺栓加热时，要尽可能不使_____部分直接受热。
3. 热紧螺栓时，不能用过大的_____硬扳，更不能用_____敲击的办法将螺栓紧到规定的弧长，否则因螺栓温度高时，硬度降低而可能产生毛刺咬扣。

二、问答题

1. 造成螺纹咬死的原因有哪几方面？
2. 汽缸螺栓的拉紧工作，至少要依次重复拧一遍，才能使各螺栓紧力均匀，为什么？
3. 应当按什么原则，确定松紧汽缸结合面螺栓的顺序？
4. 汽缸高温螺栓断裂的原因有哪些方面？
5. 造成汽缸螺栓偏斜的原因有哪些？
6. 用大锤锤击法冷紧汽缸结合面大螺栓有什么不良后

果？

7. 热松汽缸结合面螺栓时，应先从哪部分开始？

三、判断题(在题末括号内作记号：“√”表示对，“×”表示错)

1. 松开高压缸法兰结合面螺栓时，应按照从前后向中间
的顺序进行。()

2. 在汽缸温度已降至具备拆卸高压缸结合面大螺栓的
条件时，可用煤油浸浇螺纹，以便拆卸。()

3. 有的汽缸结合面销子本身就是承受拉力的螺栓，对于
这样的销子螺栓，在拆卸汽缸结合面螺栓时，一定要最后拆
除。()

4. 拆卸汽缸高温合金螺栓时，调节级处汽缸壁温应低于
80℃。()

5. 在高温下工作的螺栓产生应力松弛，即螺栓在初紧力
作用下，弹性变形逐渐地部分转化为塑性变形，使应力逐渐
降低，所以螺栓的初紧应力越大越好。()

第二章 汽轮机静止部件检修

汽轮机的静止部件，是相对于汽轮机的转动部件而言的静止不动的部分。它包括汽缸、隔板、汽封、盘车装置及轴承等。对这些静止部件的检修，首先要求其转动部件不摩擦，其次要求严密不漏，第三是通流部分要清洁、光滑。静止部件的检修是汽轮机检修中十分重要的一个环节。

第一节 汽缸的保温与化妆板

为了减少汽缸热损失，保护人身及设备的安全，根据汽缸内部工作温度的高低不同，对汽缸均包以不同厚度的保温层。汽缸温度高的保温层厚。为了减小上下缸温差，同一汽缸的下缸保温层又较上缸为厚。保温层的外部再装上化妆板，使整个汽轮机清洁、整齐、美观。

对汽缸保温有两点要求。一是当周围空气温度为 25°C 时，保温层表面的最高温度不得超过 50°C ；二是汽轮机在任何工况下，调节级上下缸之间的温差不应超过 50°C 。

一、拆化妆板及保温层

当调节级处上缸的温度下降至 100°C 以下时，才允许进行拆除保温工作，以免使汽缸产生较大的温差形成永久变形。在拆化妆板与保温层前，先要检查露在化妆板外面的连接管路和仪表接线是否妨碍化妆板的起吊。要拆走机组上所装的仪表，如轴承温度表、转速表、振动表等。拆保温层前应用