



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

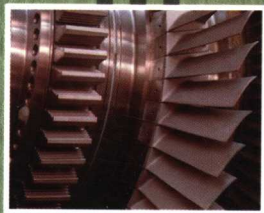
汽轮发电机

大修难点分析与实例

QILUNFADIANJI

DAXIU NANDIAN FENXI YU SHILI

郝常骥 编著



汽轮发电机 大修难点分析与实例

郝常骥 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

随着电力工业的高速发展,占主力地位的大型发电设备的安全、可靠稳定运行,成为重中之重。汽轮发电机是火力发电设备不可缺少的重要组成部分,而汽轮发电机的检修有其独特的要求。因而作者将多年来在现场的实际工作中积累的经验,以平实、简洁的语言结合实例整理成书,供广大同行参考。

本书共分六章,主要内容包括转子的抽出与装人、定子绕组的局部更换、定子铁心的检修、消除漏氢、护环的拆卸与安装、法国313MW汽轮发电机转子全换绝缘的大修等。

本书可供从事汽轮发电机运行、检修的技术人员、管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽轮发电机大修难点分析与实例/郝常骥编著. —北京:
中国电力出版社, 2006
ISBN 7-5083-4054-X

I. 汽… II. 郝… III. 汽轮发电机—维修
IV. TM311.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 001226 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
航远印刷有限公司印刷
各地新华书店经售

*

2006 年 5 月第一版 2006 年 5 月北京第一次印刷
787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 6.875 印张 147 千字
印数 0001—3000 册 定价 11.00 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

当前,在电力工业中,确保占主力地位的大型发电设备的安全、稳定可靠地运行,是十分重要的事情。为实现这一目标,广大电力行业的生产、运行人员时时刻刻都在兢兢业业、戮力以求;而从事维护、检修部门的员工也在孜孜不倦、全力以赴。

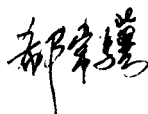
就设备检修而言,关键在于保证检修质量,使修后的设备能经得住运行的考验。也就是说,在发电厂现场可能的条件下,要使已消耗、磨损,甚至部分损伤的设备,通过修理、改善、补充,达到修旧如新,恢复原有技术水平,满足电网的需求。

汽轮发电机是火力发电设备不可缺少的重要组成部分。汽轮发电机的检修有其独特的要求。确保汽轮发电机的检修质量,需要依靠多方面的知识,需要精湛熟练的技艺,更需要一丝不苟的敬业精神。

检修的技艺靠实践中的摸索、磨炼,逐渐积累。同时,信息的及时沟通,经验教训的交流传播也十分必要。

目前,市面上有关汽轮发电机专业检修的书籍,出版尚不够多。为促进交流,作者不揣浅陋,愿将在现场工作时参加现场大修中学到的、体会到的一些点滴收获整理出来,供同行参考、借鉴。有关大修标准项目的诸多内容已集中反映

在《国产 200MW 汽轮发电机检修工艺规程》。有关大修中的一些难点问题及实例，现分六章叙述于本书。书中的观点和做法，限于作者水平，定会有不当、谬误之处，恳请读者不吝予以指正。



2005.11.27



前言

第一章 转子的抽出与装入 1

第一节 概述	1
1. 一般要求	1
2. 基本要领	4
第二节 常用抽转子方法	5
1. 单吊车——膛内小车法	5
2. 单吊车——双小车法	7
3. 单吊车——接长轴法	10
4. 双吊车——接长轴法	11
第三节 法国进口机组的抽转子方法	13
1. 法国 CEM 产 313MW 机组 (1976 年 5 月出厂)	13
2. 法国 ALSTHOM 产 620MW 机组 (1982 年出厂)	14
第四节 转子的吊出、运输和存放	17
第五节 抽、装转子的工作要点	18
1. 明确施工方法, 编制工艺措施, 开展培训活动	18
2. 对起重设备、器材及专用工具全面清点、检查、检验和修理	19
3. 完成抽转子前解体拆除的所有工作	19
4. 明确施工人员的分工和职责, 实行施工过程的统一指挥	20

第二章 定子绕组的局部更换 21

第一节 定子绕组及其有关更换的注意事项	21
1. 定子绕组在发电机中的重要地位和其所处环境	21
2. 需要局部更换定子绕组的情况	22
3. 定子线棒更换应遵循的基本原则	23
4. 检验定子线棒更换质量的试验项目	25
第二节 QFSN-200-2 型发电机定子绕组的局部更换	25

1. 查明故障线棒位置	26
2. 拆除位于上层的故障线棒	27
3. 抬出位于上层的非故障线棒	31
4. 拆除位于下层的故障线棒	32
5. 做好新线棒 (包括备品线棒、抬出的非故障线棒)	
下线的准备工作	32
6. 嵌入下层线棒	33
7. 嵌入上层线棒	34
8. 打紧槽楔	35
9. 焊接接头	36
10. 恢复接头绝缘	37
11. 安装绝缘引水管	38
12. 定子水回路整体水压试验	39
13. 内冷水系统循环	40
14. 定子绕组绝缘试验	40
第三章 定子铁心的检修	41
第一节 定子铁心可靠运行的关键	41
第二节 定子铁心损坏的类型	42
1. 铁心松弛	42
2. 铁齿叠片折断	43
3. 铁心过热	45
4. 铁心被接地弧光烧损	45
5. 铁心背部定位筋断裂	46
第三节 损坏铁心的修理	50
1. 对铁心松动缺陷的处理	50
2. 对铁心过热缺陷的处理	51
3. 对铁心烧熔处的处理	54
4. 损伤严重的边段铁心的整段更换	55
第四节 铁心修理实例	55
1. JR 厂 TB-60-2 型发电机铁齿叠片折断	55
2. QH 厂 SQF-100-2 型发电机铁心烧熔	57

3. 苏制 TBB-220-2EY3 型发电机铁齿普遍松动	58
第四章 消除漏氢	62
第一节 氢冷发电机的优越性和特殊性	62
1. 氢冷发电机的优越性	62
2. 氢冷发电机的特殊性	63
第二节 漏氢后果	64
第三节 漏氢量的允许标准及其测试计算方法	65
1. 漏氢量的允许标准	65
2. 漏氢率的计算	66
3. 漏氢量的计算	68
第四节 查漏找漏的方法 (以国产水氢氢 200MW 汽轮发电机为例)	71
1. 运行中查漏	72
2. 定子各结合面	74
3. 氢气冷却器及气管路	74
4. 定子水回路	76
5. 密封瓦及密封瓦座	80
6. 密封油系统	82
7. 转子	87
第五章 护环的拆卸与安装	90
第一节 护环的作用及其结构特点	90
1. 护环的作用	90
2. 护环的结构	92
3. 护环的材质	95
4. 护环绝缘	97
第二节 护环需要拆卸的情况	97
1. 有必要考虑拆卸护环的情况	98
2. 拆卸护环时必需的准备	98
第三节 拆、装护环的基本工艺要领	101
1. 拆卸护环时的基本要领	101

2. 套装护环时的基本要领	103
第四节 国产 200MW 机组转子护环的拆装	105
第五节 法国 313MW 机组转子护环的拆装	109
1. 护环结构及特点	109
2. 拆护环前的准备工作	112
3. 拆卸护环的施工	116
4. 套装护环——中心环	119
第六章 法国 313MW 汽轮发电机转子全换绝缘的大修	124
第一节 转子结构特点	128
1. 转轴	128
2. 转子绕组	129
3. 转子绕组绝缘	134
4. 阻尼绕组	140
5. 转子槽楔	142
6. 转子端部的支撑部件	144
7. 护环——中心环	148
第二节 转子解体	148
1. 拆风扇	148
2. 拆护环——中心环	150
3. 退出槽楔	150
4. 拆阻尼条	154
5. 拆端部绝缘罩及槽内顶部绝缘垫	155
6. 抬出线圈导线	157
第三节 转子绕组导线的修整	163
1. 导线清理及导线端头的校正	163
2. 导线端头处烧损缺陷统计	165
3. 匝间短路成因浅析	173
4. 导线直线部分粘贴匝间垫条	174
5. 端部导线匝间垫条的配置	178
第四节 转子绕组导线回装及绝缘恢复	181
1. 转子线圈回装的准备工作	182

2. 下线施工	185
3. 冷压与烘压	193
4. 回装端部与槽部的绝缘部件	202
第五节 回装阻尼条与打入槽楔	204
1. 回装阻尼条	204
2. 打入槽楔	205
3. 回装护环—中心环	206
结束语	206
参考文献	207

第一章

转子的抽出与装入

在发电机大修过程中,从定子膛内抽出转子(大修初期)和装入转子(大修末期)是大修标准项目中必不可少的施工内容,也是施工量比较繁重的一项工序。做好这项工作,可为设备分解,进行下一步分项检查、试验、处理,打下良好的基础,也可为完成设备回装,进行最后整体调试创造必要的条件。因此,完成这项工作,一方面要确保设备在起吊、运送过程中平稳无损;另一方面还要确保施工人员的人身安全。

完成这项工作的关键在于工艺措施是否正确;施工前的各项准备工作是否充分。

同一型号的发电机,虽然采用的工艺方法相同或类似,但由于准备工作完成的不一样,抽、装转子所花费的时间往往相差很大。而如果采用的工艺措施不当,抽、装转子的工作不仅事倍功半,而且还可能损伤设备。

第一节 概 述

1. 一般要求

抽出和装入转子,实质上是一个起吊和运送重物的过

程。在起吊、降落、支持、移动工序中，每一步工序都应以转子的实际重量为基数，再充分顾及必要的安全裕度，以之作为起吊的重量。现将几种型号的发电机转子重量的比较列于表 1-1。

表 1-1 发电机转子重量比较表

制造厂	苏·3C			中·北重
发电机型号	T2-25-2	TB-50-2	TBΦ-120-2	QF-25-2
容量 (MW)	25	50	120	25
转子冷却方式	空冷	氢外冷, 0.01MPa	氢外冷, 0.25MPa	空冷
转子重 (t)	17.5	30.9	30.8	16

制造厂	中·哈电				法·CEM	苏·X313	法·ALSTHOM
发电机型号	TQN-100-2	QFSN-200-2	QFSN-300-2	QFSN-600-2YH	WT23S-083AF3	TTB-2003	T264/640
容量 (MW)	100	200	300	600	313	210	620
转子冷却方式	氢内冷	氢内冷, 0.3MPa	氢内冷, 0.3MPa	氢内冷, 0.4MPa	氢内冷, 0.3MPa	氢内冷, 0.4MPa	氢内冷, 0.3MPa
转子重 (t)	29.3	44.4	55	65	53	48.1	75

但是，发电机转子并不是一般的重物，它具有独自的冷却方式和构造上的特点，它还具备把机械能通过电磁感应转化成电能的特殊功能（和定子配合一起）。因此，对转子的抽装、运送又提出了进一步的要求。

(1) 一般来讲，制造厂在供给主机时，总是随机提供抽、装转子的专用工具。这些专用工具在安装工程中都已使用。大修前应对这些工具进行清点，损坏、锈蚀的必须修复，并试用良好。缺失的工具必须补齐、完整。和这些专用工具配合使用的其他起重器材，如吊车、卷扬机、滑轮、倒

链、钢丝绳扣、卡扣、千斤顶等，都必须在大修开工前试验合格，取得合格证明。吊车大、小钩的升降和行走应动作灵活，控制稳、准；制动装置应确保完好。起吊用的钢丝绳的负载能力应和被吊物重量相适应，并留有足够的安全裕度。特别是起吊转子本体用的两根主要钢丝绳扣必须长度相等，端扣编插合格，保管完整无损。

(2) 转子的轴颈、滑环（集电环）在整个起吊、降落、运送过程中均不得与受力的钢丝绳接触。转子上有可能触碰钢丝绳的部位，应用绝缘纸板、木条衬垫防护。受力的钢丝绳更不得触碰定子绕组端部的表面。

在转子移动的过程中，转子槽楔风斗、护环、中心环、风扇、滑环、定子绕组端部固定件、绝缘引水管均不得承受任何方向的作用力。更不得利用护环、滑环、风扇作为受力点。

(3) 在抽、装转子过程中，不允许将转子直接停放在定子铁心表面上。而且，不论采用何种方法，在整个抽、装转子过程中，均应使转子两极面大齿的轴线始终处于垂直位置。移动转子时，应使转子本体处于水平状态平稳缓行，避免突然启停。在倒换起吊工具时，当需要暂时将转子落下时，用于承载转子轴柄的支持钢梁必须足够坚固，并安放牢靠。

(4) 在施工现场，必须保证有充足的照明。

(5) 为防止转子与上述不允许触碰的部件接触，在移动转子的过程中可利用透光法，即转子一端用灯光照亮气隙，另一端设专人不间断地检查四周气隙是否均匀。需要注意的是，进入定子膛的施工人員需穿软底鞋和无纽扣的工作服；身上不得携带金属用具及部件。

2. 基本要领

下面以抽出转子为例叙述施工基本要领。装入转子时，工序流程相反，施工方法大体相同。

(1) 抽出转子的施工要领，概括如下：

1) 改变转子原有的固定支持方式，将转子两端用可移动的支持点替代。然后逐步向励磁机侧（以下简称励侧）方向顺轴向移动，直到把转子的重心移动到定子膛外。

2) 用吊车将转子平稳地吊运到预先划定的检修场地。

(2) 为了实现转子支持点的转换，发电机原有的两端固定的轴承必须拆除。就励侧而言，需要在励侧轴柄上另行装设专用的行车，配合临时敷设的一段轨道，供此端的支持点移动用。不过对于小型机组，励侧原有轴承可不拆除而加以改装，用以代替行车，作为滑行的支持点（见后述）。

就汽轮机侧（简称汽侧）而言，使用的移动支持点因机组结构和制造厂设计思想不同而异。有的可在汽侧轴柄上加装膛内小车，有的使用滑块，有的在接长的假轴上，再用吊车吊住此假轴来支持移动（详见后述）。

(3) 转子两侧都具备可移动的支持点后，要实现转子（向励侧）顺轴向移动，需借助倒链对转子励侧轴端施加牵引力，将转子重心牵拉到定子膛外。

(4) 最后一步工序，把转子平稳地吊运到计划检修的场地，是一项纯起重施工项目，应万无一失地确保定子膛、定子端部、转子表面及其部件无任何损伤。此工作的关键在于转子表面必须妥善防护，防止被起吊钢丝绳着力刮伤；起吊钢丝绳缠绕在转子上的着力点必须对称、找准；转子被吊起后绝不能偏斜、失控。

第二节 常用抽转子方法

1. 单吊车——膛内小车法

(1) 设施配置及安装。所谓膛内小车，是指在转子移动前装在转子汽侧轴柄上的带滚轮的车架，如图 1-1 所示。该小车底部有两个滚轮，轮外缘呈弧形，与定子膛内圆完全吻合。转子移动时，它可在膛内滚动，形成汽侧一个可移动的支持点。在轴柄上安装时，应尽量靠近汽侧护环，并且垫上 1.5 ~ 2.0mm 的钢纸后，用卡箍与轴柄紧紧地扣合在一起。

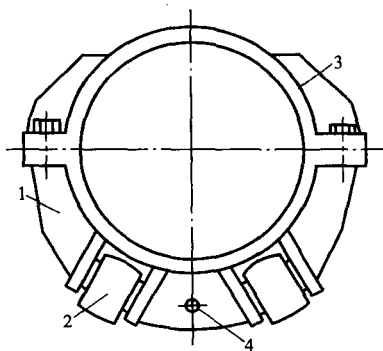


图 1-1 抽转子用膛内小车

1—加强筋；2—滚轮；3—卡箍；4—吊孔

与膛内小车相对应，在定子膛下半圆表面上铺设弧形钢板

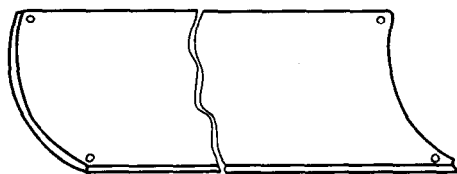


图 1-2 承载膛内小车的弧形钢板

板（图 1-2）。该弧形钢板的宽度应大于两滚轮弧长，但其长度等于定子铁心即可，约 4 ~ 5mm 厚，其弧形应与定子铁心内圆完全吻合。安装时，可先从励侧定转子气隙下方送入一长度、宽度不小于弧

形钢板，厚度约为2~3mm的胶皮软板。再从励侧，通过胶皮板上方、转子下方的空隙间送入弧形钢板，并且逐步将后者推送至汽侧定子铁心的边端。最后用8号镀锌铁线穿过弧形钢板四角的圆孔，将其固定在定子铁心下半圆弧面上。

在励侧，拆开轴承，在轴瓦与轴颈间垫好1mm厚纸板后，重新扣合，紧固轴承盖。同时，将座式轴承座下面的绝缘垫片和铁垫片拆除。然后更换为两根顺轴向安放的厚5~8mm的钢带。最后，将励侧的轴承座直接放在钢带上，作为转子移动时，励侧的支持点。

为保证转子移动时，顺轴向外移有足够的滑行距离，在励侧的机组平台上还需沿轴向铺设一段轨道，保持该轨道与轴承座下所垫钢带处于同一水平面。在钢带与轨道表面还可涂抹少许黄干油，以减少滑行时的摩擦阻力。

在励侧延伸外端，还应安装牵拉轴承座的倒链和钢丝绳。

(2) 操作步骤。

1) 用吊车吊起汽侧轴端，撤走汽侧轴承下瓦（上瓦已拆走）。

2) 令吊住汽侧轴端的吊车与牵拉励侧轴承座的倒链一起操作，使转子缓缓向励侧方向移动，如图1-3所示。

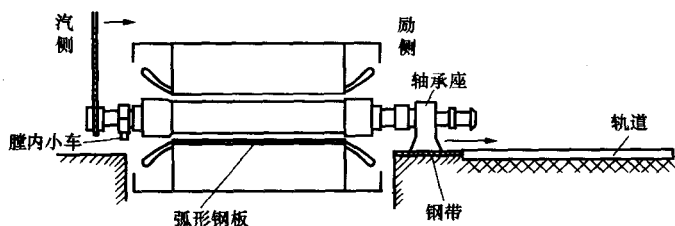


图1-3 移动转子的起始位置

3) 当转子移动到汽侧吊绳将要碰到定子机座端面时, 停止移动。汽侧吊钩下落, 将膛内小车落在已铺好的弧形钢板上。拆除汽侧吊绳。

4) 用励侧倒链继续牵拉轴承座, 移动转子, 直到转子重心完全移到定子膛外为止。

5) 再用吊车—吊绳吊住转子重心位置, 继续向外平移。待转子全部抽出定子膛后, 将其吊往检修场地。

这一方法适用于转子重量较轻、长度较短的小容量发电机, 例如 12~25MW 机组。

2. 单吊车——双小车法

对于容量较大的 100MW 及以上 (或 50MW、4 极) 的发电机需应用单吊车—双小车法抽装转子。

(1) 设施配置及安装所谓双小车就是指膛内小车和膛外小车。膛内小车用于在膛内支持汽端移动, 如图 1-1 所示。膛外小车则用于装在励端, 作为在膛外支持励端移动的支持点, 其构造如图 1-4 所示。 L 表示轮距。也可以设计成四个车轮, 以增加稳定性。为方便起见, 也可将车盘和卡箍做成装配式。

配合膛内小车, 如前所述, 在定子铁心膛内下半圆表面铺设弧形钢板。在钢板之下先垫胶皮软板。不同的是, 此时使用的弧形钢板应增加厚度至 8~10mm。膛内小车可安装在汽侧风扇座环外侧。安装

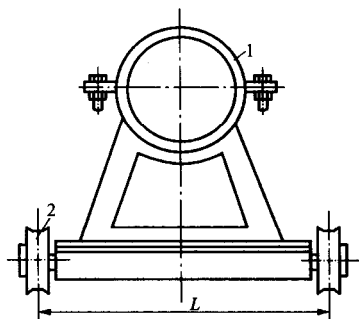


图 1-4 膛外小车

1—卡箍; 2—车轮