

汽轮机的运行

下 册

苏联 H·K·巴达什科夫著

張仲方 柳椿生 譯

中国工业出版社

“汽輪机的运行”上册已由水利电力出版社于1960年翻譯出版。下册包括原文第三第四两篇。

第三篇全面扼要介紹汽輪机設備的檢修組織、主要檢修項目、檢修工艺和檢修中应注意的問題；詳細介紹轉子找平衡和找中心的方法；第四篇着重介紹汽輪机运行中常出現的事故并分析其原因，为了便于說明問題，本篇中列有多幅事故照片实例。

本书不仅可作为动力学院及工业大学汽輪机专业的参考教材，也可供火电厂从事运行和檢修的工程技术人员在实际工作中参考。

Н.К. БОДАШКОВ
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1955

* * *
汽 輪 机 的 运 行

下 册

張仲方 柳椿生 譯

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京阜外月坛南營房)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印張 $8 \frac{1}{4}$ ·字数195,000

1963年6月北京第一版·1963年6月北京第一次印刷

印数0001—2,250·定价(10-5)1.00元

*

統一书号: 15165·2192(水电-299)

目 录

第三篇 检修组织和检修工作的进行

第五章 检修组织.....	3
5-1. 设备的磨损和检修的主要任务	3
5-2. 大修的准备	12
第六章 大修和小修工作的进行.....	18
6-1. 大修停机	18
6-2. 汽轮机转子、联轴器和叶轮的检修	20
6-3. 汽轮机动叶片的检修。叶片的振动特性	23
6-4. 汽轮机汽缸、隔板、端轴封的检修	33
6-5. 轴承的检修	36
6-6. 蜗母轮传动装置、主油泵、调速系统及配汽装置的检修	38
6-7. 检修汽轮机的油系统	39
6-8. 凝汽装置和辅助设备的检修	40
6-9. 组装机及检修后的试运行、交接和投入运行	44
6-10. 预防性计划小修和检查	46
第七章 汽轮机的主要标准检修项目	51
7-1. 转子的检查	51
7-2. 转子的直轴	53
7-3. 转子的静平衡	54
7-4. 转子的动平衡	59
7-5. 根据联轴器检查和校正转子的中心	69
7-6. 从轴上取下和往轴上套装带有紧力的部件	72
7-7. 汽轮机振动的消除、振动的原因和测定	73
7-8. 汽轮机通流部分和轴封内轴向间隙的检查	84

第四篇 汽轮机的事故

第八章 汽轮机事故的原因	89
8-1. 汽轮机设备无事故运行的基本条件	89
8-2. 事故原因分类及其特征	90
8-3. 发电厂中事故原因的调查组织工作	91
8-4. 汽轮机事故的分类	95
第九章 汽轮机和凝汽器典型事故概述	96
9-1. 叶片装置	96
9-2. 大轴	99
9-3. 叶轮	101
9-4. 隔板	104
9-5. 推力轴承	105

9-6.主軸承	108
9-7.主齒輪油泵	109
9-8.蝸母傳動裝置	109
9-9.汽輪機的端部軸封	112
9-10.調速系統、保護裝置、球形汽門和閘門	114
9-11.汽輪機油系統的事故	115
9-12.汽輪機的汽缸	116
9-13.基礎	116
9-14.以淡水作循環水的凝汽設備的事故、凝汽器漏進大量生水	117
附錄	120

第三篇 检修組織和检修工作的进行

第五章 檢 修 組 織

5-1. 设备的磨損和檢修的主要任务

汽輪机设备的各个部件和零件在运行过程中会不断发生磨損和积垢。

即使汽輪机设备的运行条件完全符合于設計要求，它的部件的磨損程度还是在逐漸增加，有一些零件磨損得快一些，而另外一些比較慢些。

在許多情况下，磨損較严重的零件会引起有关部件的连接部分的工作恶化。如果不及时檢修，零件就会受到过度的磨損而损坏，并因而引起事故。

如果设备的运行条件不符合于設計要求，部件和零件的磨損会大大地加速。

汽輪机设备部件和零件的磨損有下列几种主要类型：

1. 互相磨擦的零件間的机械磨損，例如轉子的軸頸与軸瓦，推力盘与推力瓦块，蝸母杆与蝸母輪，彈性联轴器，离心式調速器的部件，調速器連杆的鉸接部分，鎖鍵与鍵槽，前軸承座与底座間的滑动的接触面等等。

2. 腐蝕损坏，例如当蒸汽漏入停用的汽輪机內部后，在隔板、大軸、叶片和軸封上引起的腐蝕，在湿蒸汽內运行的各級叶片的腐蝕，油內有水时在离心式調速器和危急保安器的彈簧上引起的腐蝕，凝汽器管板的腐蝕等等。

3. 由于汽流內含有的水珠和杂质的机械作用在表面上所引起的蝕損，例如由湿蒸汽內凝結出的水珠对末級叶片的入口边缘所造成的侵蝕，蒸汽內带有的盐类对噴嘴出口边缘和速度級动叶片入口边缘的摩擦，高压汽水閥門和閘門的工作面，以及給水泵軸套上的蝕損等等。

4. 空蝕损坏，例如在离心式泵的动輪上所发生的损坏。当金属表面上形成了压力低于临界值的空洞时，原来在这些空洞內的蒸汽就因而凝結，液体瞬間把空洞充滿，这样就产生了空蝕的現象。

形成空洞时，金属的表面受到了从液体內析出的水珠的撞击。当液体重新充滿空洞时，金属的表面受到了水力冲击，同时也受到了化学的与电化学的损坏。

5. 摩擦腐蝕，发生在鋼件受应力的接触部分，例如汽輪机軸在推力盘軸套下的部分。

摩擦腐蝕的現象是金属表面上受到氧气的破坏并产生表面裂紋。产生的原因是由于在表面之間存在着微小的彈性相对移动，因而引起了表面层的磨損，同时也发生了氧化。表面晶体的疲劳损坏首先引起了表面上晶間裂紋的发展，以后就扩大成了目力可見的裂紋，并使零件在所受应力的作用下损坏。

6. 零件的疲劳损坏，当零件处在接近于疲劳极限的交变应力影响下时，特别是处在共振条件下时，疲劳损坏就会引起零件断裂，例如叶片、軸等的振动损坏。

7. 由于应力的松弛和蠕变所产生的残余变形，例如蒸汽管道和汽輪机高压汽缸接合面上的紧固螺栓，調速汽門的彈簧等零件上发生的变形。

8. 鑄鉄的“热”损坏，鑄鉄在高温下工作后发生蠕脹，因而丧失了它的机械强度（見本

书 104 頁)。

有些因素会显著地降低零件的可靠性，例如表面的腐蝕損坏会显著地降低零件的疲劳强度。

例如，极限强度为 98 公斤/毫米² 的鎳鉻合金鋼的疲劳极限，当表面上发生了腐蝕損伤时，将按下列数字降低(表 5-1)。

表 5-1 表面受到腐蝕損伤时疲劳极限的降低

試 驗 条 件	疲 劳 极 限	
	公斤/毫米 ²	%
在空气中試驗	49	0
試样經過 10 天腐蝕	32	39
試样在 4 公斤/毫米 ² 的应力下腐蝕	27	49
試样在 6 公斤/毫米 ² 的应力下腐蝕	22	57
試样在 8 公斤/毫米 ² 的应力下腐蝕	19	63

为了监督設備部件的状态，它們的积垢和磨損的程度，以及为了清扫設備和更換磨損的部件，必須在运行中对設備进行定期的檢查和修理。

檢修的主要任务、进行檢修的組織、分場的檢修人員

汽机分場檢修工作的主要任务，是要通过及时的、預防性的更換磨損的零件和清扫結垢等工作，保証汽輪机設備在尽可能长的时期內能可靠地、不間断地运行，并且保持着最大可能的經濟性。

每次檢修时，應該进行：

技术檢查，以便确定各个部件和零件的状态；更換磨損的零件或者把它們修好；确定并消除引起过度的磨損、損坏、中心偏斜和事故的原因。对于受到磨損的零件，應該采取措施，延长它們的使用寿命。

汽輪机設備的檢修分为大修与小修，大修时要揭开汽缸盖进行全部的檢查，小修时仅对設備的个别部件进行部分的檢查。

大修时應該把汽輪机的主要元件完全修好，必要时还要更換叶片、隔板等。大修时必须进行的工作項目包括：檢視，清扫，查明所有零件的状态和它們的磨損程度，更換磨損的零件，消除引起零件磨損的原因，檢查及調整間隙。

小修的任务是：通过檢視、清扫、調整、試驗以及更換磨損了的零件等工作，把設備保持在能够保証安全經濟运行的良好的状态下。

为了执行檢修工作，在分場內組成了負責檢修工作的小組，由汽机分場檢修副主任領導。

属于檢修副主任管理範圍內的还有：

1) 分場內部的檢修鉗工間，根据厂內所装机器設備的情况，装有一定数目的机床設備。

在分場的鉗工間內通常應該裝有：

钻床，輕型的和重型的鑄床，牛头刨床，砂輪机，鍛造炉，淬火炉，鉄砧，装有老虎鉗的鉗工台。

2)分場內的工具間，备有安装和檢修用工具，測量用的工具和起重設備。

3)分場仓库，在仓库內应当备有常用的各种垫料和填料，各个部件上用的紧固件和容易磨損的零件。

分場內檢修人員的編制决定于分場內設備的組成情况以及厂內檢修工作的总的組織形式。

目前比較普遍的情况是由发电厂本厂的人員进行所有的檢修工作，只有在进行个别的特別复杂的工作时才由汽輪机制造厂或者由电力系統的中心檢修組織派人来指导。

但是，最先进的进行檢修的組織，應該认为是把汽輪机大修的所有的都交給中心檢修組織的人員进行，而由发电厂本厂的人員担任設備清扫与小修的工作。

这种最恰当的組織形式目前都只能局部地实现，因为在短短的夏季內，在各发电厂內同时要进行的大修的次数很多，而中心檢修組織內檢修人員的数目都有限。

集中檢修的优点在于能够达到下述目的，而这些目的只有把檢修工作集中起来进行时才能实现：

- 1)把檢修方法統一起来，并提到較高的技术水平上；
- 2)提高人員的水平；
- 3)使用特殊的工具和設備进行檢修工作，这些設備不是各个个别的厂所能制造的；
- 4)大量减少檢修人員的总額。

如果檢修工作基本上是由汽机分場本身的人員担任，只是特殊的檢修工作才由中心檢修組織派人来参加，分場內的檢修人員自然要增加了。

檢修人員的組織系統見图3-1。

由电厂本身的力量进行大修工作时，檢修人員必須熟悉汽輪机設備的下列各主要部件：

- 1)調速系統与配汽裝置；
- 2)汽缸、轉子、軸封、軸承；
- 3)油系統；
- 4)凝汽器和热交換器；
- 5)离心式泵；
- 6)閘門、管道附件。

此外，在分場內还應該有：吊車駕駛員，起重工，焊工，工具工，木工，泥瓦工以及輔助人員。

由于汽輪机設備的高度的复杂性和重要性，要求高度精确地完成工作，固定的檢修人員应当尽可能是熟练的、級別高的人員。

檢修人員的任务應該安排得使在一年的各个季节都有工作可做。

檢修工作可以安排如下：

如果大修工作只是在夏季进行，則在这段时期內檢修人員的負担将最重。

一般在十月初大修工作都已做完，这时候分場內就进行秋冬高峰負荷的准备工作。准备工作包括：

1)把所有在大修中使用过的安装用工具，起重工具及其他工具进行检修，保持在良好的状态，以便在秋冬高峰负荷期间有必要打开或修理任何部件时都可以立即取出使用。

2)修理及预先装配大修时需用的容易磨损的或准备更换的零件。

在冬季可以进行计划小修，泵类的大修，改进设备的维护工作，进行工具和特殊检修设备的修理和准备。

在春季可以进行桥式吊车的检修，做好设备作炎夏运行的准备，检修辅助设备并为主要设备的大修作好准备工作。

汽轮机大修的准备工作应当在停机大修前1~2个月内完成。

分场检修技术计划的根据

实行年度计划内规定的各项设备预防性计划检修制度，是正确组织分场内检修工作的根据。

只有在这个条件下，检查与修理工作才有可能完成它们的主要任务，达到防止发生事故和故障，保证设备能够精确地按照负荷曲线的要求在最经济的状态下运行的目的。

不要等待设备磨损到接近极限时才进行检修，因为这时候随时会发生紧急的事故停机。

设备停机的检修间隔，停机的日数和检修的项目应该根据苏联技术管理法规中关于电站部所属发电厂设备的现行检修标准(见表5-2)及其他适用的规定订出。

在决定汽轮机停机检修的间隔时间时，应该对整个设备以及各个部件都加以考虑。应该考虑下列各项：运行和检修的资料，过去一年设备上发生的事故和障碍，包括其它同类的设备的资料；零件工作时间的长短，它们的实际的磨损程度以及设备的每一部件的磨损的发展情况；部件在构造上的特点；各个部件联合进行清扫、检查、试验与修理的必要性和可能性。

允许的磨损程度应该从该零件本身的可靠性，同时也需要从它的磨损对于和它联结的零件以及整个部件的影响来考虑。

在年度的停机、试验与检修的计划内，应当包括为了把设备保持在良好的状态，保证长期安全经济运行而必须进行的一切工作。

必须列入下列各方面的工作：

- 1)清扫凝汽器、冷油器、空气冷却器；
- 2)凝汽器水侧严密性的检查，以及这方面的改进工作；
- 3)凝汽器空气侧的严密性试验；
- 4)汽轮机的危急保安器试验；
- 5)调速系统和配汽装置动作正确性的试验；
- 6)后列各部件的局部检查和小修：蜗母轮组，联轴器，推力轴承和主轴承，错油门，伺服马达，调速系统连杆，主汽门和调速汽门，离心式调速器，汽轮机的端轴封，末级叶片，管道附件；
- 7)揭开汽缸盖，把汽轮机全部解体，进行内部检查和大修；
- 8)冲洗汽轮机通流部分上的盐垢。

对于后列辅助设备也应当订出大修与小修的停机日期：离心式水泵（循环水泵、凝结

水泵、給水泵等), 驅動用的小汽輪机, 減压減温裝置, 加熱器, 蒸發器, 除氧器, 抽气器, 凝結水疏水裝置及閥門和管道附件。

應該訂出檢查备用設備是否在良好状态的周期。

对于每台主要設備和輔助設備, 应分別訂出典型的停机修理、試驗或檢查的日程表, 并要考虑到为了进行清扫、修理或試驗工作而必須降低負荷或停用的時間。

根据典型的停机和檢查試驗的日程計劃, 訂出汽机分場年度的主要設備与輔助設備的停机計劃, 并且應該和鍋爐分場及其它分場的設備檢修計劃配合起来。

設備停用的次数應該是为了把这設備維持在良好状态所必需的最低限度的次数。因此, 各个部件的必要的檢查、清扫、檢修与試驗工作的日期, 是应相互配合起来的。

設備停用的日数决定于各次停机时准备进行的工作的項目和內容; 并考虑設備停用日数的現行标准(表5-2)。

根据現行的規定, 設備每年大修1次, 小修2~3次。

对于能够滿足保証長期安全运行条件的汽輪机的大修間隔時間, 允許延長到两年或两年以上。

表 5-2 汽輪机組年度檢修停用期限标准(日数)

I、蒸汽压力在40表大气压以下

汽輪机組 的 容 量 (千瓩)	單 汽 缸			雙 汽 缸			三 汽 缸		
	大 修	小 修	停用总日数	大 修	小 修	停用总日数	大 修	小 修	停用总日数
51~100	11~12	7	18~19	13~14	8	21~22	17~18	9	26~27
26~50	10~11	6	16~17	11~12	7	18~19	12~13	8	20~21
12~25	9~10	6	15~16	10~11	7	17~18	11~12	7	18~19
12以下	7~9	5	12~14	8~10	6	14~16	—	—	—

II、蒸汽压力为40表大气压及以上(或蒸汽压力为40表大气压以下的辐流式汽輪机)

汽輪机組 的 容 量 (千瓩)	單 汽 缸			雙 汽 缸			三 汽 缸		
	大 修	小 修	停用总日数	大 修	小 修	停用总日数	大 修	小 修	停用总日数
101~150	—	—	—	18~20	12	30~32	—	—	—
51~100	13~14	7	20~21	15~16	8	23~24	—	—	—
26~50	12~13	6	18~19	13~14	7	20~21	15~16	8	23~24
12~25	11~12	6	17~18	12~13	7	19~20	13~14	7	21~22
12以下	9~11	5	14~16	11~12	6	17~18	—	—	—

註: 对于蒸汽压力为40表大气压及以上的辐流式汽輪机和带有兩級調整抽汽的或減速齒輪的汽輪机, 大修停用日数的标准可以照表内所列的日数增加1天, 对于背压式汽輪机, 應該減少1天。

如果汽輪机或发电机需要进行标准項目以外的較大的工作时, 可以增加檢修停用日数。

小修每年进行2~3次, 大修每年进行1次。

如果把汽輪机两次大修間的間隔時間延長到2年, 实际运行小时数不应超过18000小时; 汽輪机延長大修間隔時, 年度小修停用的总日数应符合下表的規定:

Ⅲ、大修間隔延長到2年時，年度小修停用日數

汽 輪 機 組 的 容 量 (千瓩)	汽 缸 數 目		
	單 缸	雙 缸	三 缸
51~100	10	11	12
26~50	8	10	11
12~25	8	10	10
12以下	7	8	—

這樣，對於汽輪機的計劃預防性檢查、檢修和檢驗工作，建議採取以下的週期：

1)每2~3月停機作16~24小時的小修，因為按照技術管理法規，汽輪機每運行2000小時就必須試驗危急保安器；

2)每1~2年對整台設備進行大修1次。

表5-3內介紹了汽輪機進行計劃預防性檢修的日程安排的例子。

表 5-3 汽輪機停機檢修日程安排舉例

月 份	一 月				二 月				三 月				四 月				五 月				六 月			
第 几 周	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
停 用 小 時 數					24												24							
月 份	七 月				八 月				九 月				十 月				十 一 月				十 二 月			
第 几 周	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
停 用 小 時 數	250																24							

註： 1.七月份內如果條件許可準備進行大修；
 2.五月份和十一月份的停機(節日)如果對於用戶沒有妨礙時將要延長；
 3.在24小時的停用時間內將完成下列工作：凝汽器的小修和清掃；檢驗危急保安器和主汽門；檢視蝸母輪組；檢視錯油門、伺服馬達、汽門、推力軸承、末級葉片；清掃冷油器和空氣冷卻器；泵類和管道附件的小修；
 4.如果每2年進行1次大修時，第1年中有1次小修的停用時間應該延長到3~5天。

在表內還給了各次停機時需要進行的各部件的檢查與修理工作的內容的例子。

除了每年應當編制的設備的停機、檢查、試驗與修理的年度計劃以外，在汽機分場內還應該提前編制在3~5年內進行的比較大型的檢修工作的規劃。這個規劃應當每年根據不同的情況修改一次。

這種遠景規劃之所以必要，是由於部件的磨損是隨著時間而增加的；有必要及時訂購备件，有些备件，例如汽輪機的葉片的製造需要較長的時間；對於汽輪機的設備的某些特殊的大修項目，例如重新校正汽缸的中心綫的工作等，有必要提前進行充分的準備工作。

減少設備檢修停用時間

可以通過以下兩個途徑來減少設備檢修停用的時間：

減少停機檢修的次數及縮短每次檢修的停用時間。隨著檢修方法的改進和設備維護水平的提高，設備頻繁停用檢修的狀況減少了，按照一部分發電廠內的先進的汽機分場的經

驗，計劃停機檢修的間隔和停用的時間應該每年進行修改，使得停機的次數和停用的時間降至技術上可能的最低限度。

減少停機檢修次數

減少停機檢修的次數只有在提高運行維護水平，並且同時又提高檢修質量的條件下才可能實現。

為了減少停機檢修的次數和減少停用的時間，在小修中必須：清洗髒污的凝汽器、冷油器和空氣冷卻器；清洗積有鹽垢的通流部分；防止透平油迅速老化；不讓汽輪機在振動大的或其他不正常的情況下運行，即使是短時間的運行也不允許；保證有可能不停機清洗凝汽器和冷油器；保證可以不停機用濕蒸汽沖洗葉片；提高調速系統內容易磨損的零件的耐磨性能；不提升轉速進行危急保安器的校驗工作。

小修的周期應當限制每3~4個月進行一次。

減少停機大修的次數具有重要的意義，因為大修時要揭開汽缸蓋、吊起轉子以及進行揭開汽缸蓋後必須做的很多測量、檢查等工作，需要費掉很長的時間。

所以目前已經不是在考慮每年進行一次大修，而是每2年進行一次大修的問題。

延長汽輪機大修的間隔有以下一些優點：

- 1)不用投資而挖掘了額外的汽輪機的出力；
- 2)減少了同時在進行大修的汽輪機的數目，因而就有可能充分保證進行中的大修得到中心檢修組織的指導；
- 3)減少了大修的次數，因而就減少了工具、起重設備和材料的消耗以及緊固件的損耗；
- 4)減少每年的檢修費用。

只有在同時提高檢修質量並且又提高運行維護水平的條件下，才有可能延長汽輪機設備的大修間隔。

準備要延長汽輪機的大修間隔時，必須：

- 1.查閱以往幾年在維修和發現的事故和缺陷的記錄。
任何不可靠的部件都應該改進到能夠確保安全的狀態。
- 2.檢查整個機組的以及各部件的技術狀態，零件磨損的發展狀況，汽輪機振動的數值和振動的變化狀況，透平油的質量以及它老化的情況；油系統的狀況。
- 3.檢查有關設備運行維護的規程和運行的組織，嚴格防止在大修以後發生以下一些運行方法：

- 1)在轉子有熱彎曲的狀態下起動汽輪機；
- 2)在靜止狀態下為汽輪機加熱；
- 3)汽輪機超負荷和突然甩掉或增加負荷；
- 4)在較大的振動數值下運行；
- 5)降低轉速運行；
- 6)由於汽輪機通流部分內結了鹽垢，使監視段壓力超過了最大允許數值；
- 7)在新蒸汽的汽壓和汽溫、抽氣的汽溫及真空不正常或不穩定的狀況下運行。
- 4.保證在整個運行期間把汽輪機的運行情況精確地記錄下來，並且由技術人員經常進

行仔細的分析。

5. 为了准备延长下一次大修的間隔，在編制这一次大修的项目时，就应当具体的列入为保证延长汽輪机不进行大修的运行周期所必須进行的工作。

将汽輪机改为每2年进行一次大修后，需要将大修后第一年內的小修的停用日数延长到3~5昼夜，以便对整台机組进行比較完全的小修。

縮短檢修停用時間

为了縮短檢修停用時間可以采取下列措施：

1. 减少在停用的汽輪机上进行的工作项目。因而可以减少汽輪机檢修时所需要的檢修人員，并减少停用的日数；此外还可以使技術人員能够把精力集中到主要的工作上来，因而可以提高檢修的质量。

为了减少与汽輪机檢修同时进行的项目，可以把所有需要更換的零件的装配工作在停机以前就做好，使主要設備和輔助設備不在同一時間进行檢修。

为了有可能在汽輪机运行时进行它的輔助設備的檢修，必須备有檢修备用的設備，并使这設備停用檢修的時間最大限度的减少。例如凝結水泵的檢修，一般是采取更換备件的办法来修理的，就可以采取預先修好了再装上去的办法；給水泵的檢修可以采取換用整个装好了的备用轉子的办法。

与汽輪机不同时进行檢修的輔助設備，可以包括全部具有足够备用容量的，并且有組装好了的备用部件的輔助設備，例如：循环水泵和凝結水泵，抽气器，油泵，一部分閥門、管道附件，冷油器等。

2. 汽輪机停机以前可以采取降低新蒸汽压力以利用湿蒸汽来冷却汽輪机的措施。

在停机前預先将汽輪机冷却，可以将高压汽輪机停机后冷却的時間縮短几小时以至几十小时。

汽輪机在大修以前的預先冷却，可以利用装在汽輪机前的噴水减温装置（这种装置是在冲洗汽輪机內积結的盐垢时降低汽温用的）（見“汽輪机的运行”中譯本上册126頁）。

在汽輪机停机以前，在很小的負荷下，降低汽輪机前新蒸汽的压力，直到所有的調速汽門完全打开为止，同时通过加水装置向主蒸汽管內加水，把蒸汽温度降低到飽和温度。在降低了蒸汽温度的状态下連續运行1~2小时以后，可以把負荷完全去掉并停机，停机前不再提高蒸汽的温度。

这样做除了能够很快地把汽輪机冷却以外，还能够把叶片上結的盐垢清洗掉，使停机后清扫叶片所需的工作量大为減輕。

3. 正确地使用吊車以及分場內搬运零件的机械化装置。

檢修时能否正确地使用吊車与設備檢修停用的時間有很大的关系。

在整个檢修期間应当把吊車充分地利用起来，而每項工作使用吊車的時間应尽可能地縮短，即仅利用它来起吊以及在分場的範圍內搬运。

起吊大零件所用的起吊設備應該預先进行檢查。

为了縮短檢修中吊車荷重的時間以及增加搬运重物件的机械化程度，需要在檢修时把最重的零件安排放置在汽輪机附近；进行軸承等的檢修工作时，应使用專門的装置代替吊車来把轉子稍微吊起（图5-1）；使用取出隔板的專門装置（图5-2）和取出隔板前先把它在汽

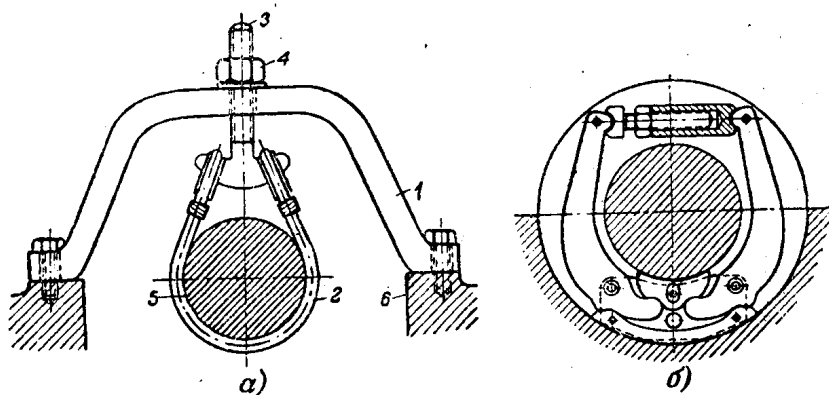


图 5-1 稍微吊起轉子的裝置

1—架子；2—鋼絲繩；3—帶有螺絲杆的吊鉤；4—螺帽；5—汽輪機軸；6—軸承座。

缸內压动的裝置；采用能同时搬运几件零件（例如几块隔板）的籠子；采用装有滾珠軸承和橡皮輪子的小車子在分場內搬运零件；采用伸梁吊車作为就地升降重物的設備，把零件吊落到凝汽器层及重新把它們吊回到汽輪机层。

4. 采用快速的檢修方法。

快速檢修的目的是要在保証檢修质量和保証檢修后設備能够可靠地运行的条件下大量縮短設備停用的時間。

应当采用合理的檢修方法和能够提高劳动生产率、减少劳动强度的新技术来进行快速檢修。对于每項特殊的工作，应当訂出进行快速檢修的具体的措施。

应当研究采用下列能够大量縮短檢修工期和提高檢修质量的措施：

把磨損的零件換新以代替在現場进行修理；預先把备件配准；在專門的組装台上拆、装和檢查个别部件；恰当地使用吊車；装設固定的起重設備，如装有抓子和滑車的單軌起重機来拆裝凝汽器水室的大盖，修理空气冷却器和濾水网；分場內零件搬运的机械化；使用預先准备好了的和檢查过的工具、索具和材料；按照工艺指示图表、进度計劃和其他指导性資料精确地进行工作；对于劳动量大的工作，例如零件的搬运、扩管等，采用机械化方法；采用化学的方法来冲洗汽輪机和清洗凝汽器；仔細控制完成各項工作的过程。在小組之間或個人之間在完成工作的质量和縮短工时（以小时或分钟計算）方面組織劳动竞赛。

对于每項大的工作，需要編制作業計劃图表，詳細地訂出小組和个人的按照小时計算的工作进度。

对每項工作都应預先写出工作任务单。

应当經常組織提高人員水平的工作，特別是派人到制造厂和先进的发电厂內去学习。

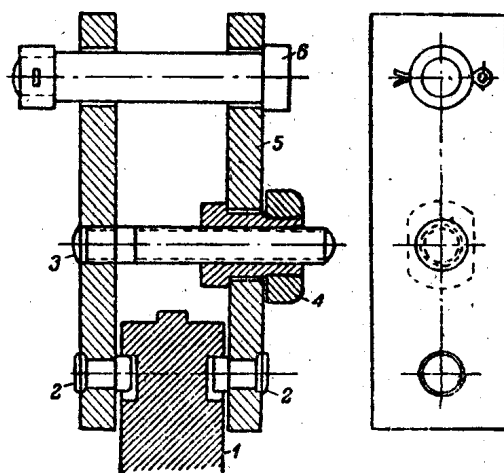


图 5-2 取出隔板的裝置

1—隔板；2—放入隔板沟槽內的銷子；3—螺絲；4—特殊的螺帽；5—鋼压板；6—系鋼絲繩的小軸。

5-2. 大 修 的 准 备

檢修的准备工作对于檢修的工期和质量具有决定性的影响。

准备工作包括:

确定在停下的汽輪机組上应当进行的工作項目;

制訂整个机組和每个部件的檢修工作的合理的工作程序;

精确地作出使用吊車的計劃和組織好起重和搬运工作;

仔細地作出每个部件和所有裝置的檢修进度表;

在各个檢修班組人員的配备方面,正确地選擇水平比較高的鉗工;

精确地按照每天要进行的工作的需要,及时准备和檢查工具、索具、各种用具和材料;

事先檢驗和装配好各个备件和閥門等附件;

作出安装場地的使用計劃并布置好工作地点。

本年度的大修工作全部結束以后(一般在九月份內),就應該着手准备在下一年內即将进行的設備大修工作。

这时候就應該編制明年的設備檢修进度計劃;确定大修項目和停用時間,确定需要的备件、工具、用具和材料;提出要中心檢修組織的人員参加檢修的申請。

汽輪机設備的典型的大修进度計劃

每次大修的工作項目內包括: 1) 每年檢修中变动不大的全面地檢查設備的各种項目; 2) 汽輪机某些部件的特殊的檢修項目。

因此,作为大修工作的一切組織准备的基础,应当有一个仔細地考虑过的全面檢查設備的进度計劃,每年根据工作需要,在若干部件上需要額外进行的特殊的大修項目。

編制全面檢查設備的典型的进度計劃与編制安装計劃相似,即:

作出設備的各个部件的揭盖、解体、檢查、清扫、測量間隙和尺寸、校中心、更換磨損的零件及重新組装起来的工艺程序。在这里应当考虑到制造厂的指示說明,規定的材料,关于檢修各个部件的有关的上級机关的規定和定額性的文件,先进发电厂的經驗和最新的工作方法等。

每个作业应当根据确定的人員的水平和專門化程度訂出工时定額。

應該为每个作业作出工艺导則,并确定必需的檢修和測量用工具、索具、材料和备件。

这些資料应当系統化起来,作成設備的每一个部件的檢修工艺图表。

根据工艺图表上的資料編制檢修工作的进度計劃; 1) 对于每个部件和每个大修的作业項目應該詳細地作出进度; 2) 对于整台机組应当按照輪廓的分段和作业来編制。

据以編制整个机組檢修进度計劃的并且还需要为它們分別編制詳細作业計劃的輪廓分段、部件和作业可以分为:

1. 准备工作——拆除外罩、护板和聯絡管道,准备場地。

2. 調速系統和配汽裝置: 油泵、油系統的閥門和附件、錯油門、伺服馬达、油管、調速器連杆、配汽裝置、調速汽門、离心式調速器、保护装置、危急保安器等。

3. 汽輪机的汽缸、轉子、叶片、隔板、軸封、联軸器、軸承及校正中心的工作。
4. 油系統——油箱、冷油器和油管。
5. 凝汽器、空气冷却器、热交换器和水管。
6. 离心式泵类：輔助油泵、循环水泵、凝結水泵、給水泵等。
7. 汽、水閥門及管道附件等。

編制大修的进度計劃时，特別应当注意合理安排需要使用吊車来进行的各項工作的程序，因为如果吊車使用得不恰当就会妨碍工作的进行。

大修工作进度表應該附有：

- 1) 每个部件进行解体、清扫、修理和装合工作时，需要的工具、用具、索具、材料和备品的目录；
- 2) 每个部件进行解体、檢查、清扫、測量間隙、記錄零件的状况、檢修和組装工作的工艺导則；
- 3) 每个部件和大的作业所进行的工作的工艺图表。

汽輪机設備大修工作的項目

大修工作的項目是随着汽輪机使用年份的增长而增加的。

在保持設備安全运行和文明生产的条件下，由于以下一些情况，檢修的項目还是会随着使用的年份而增加：

1. 由于零件的自然磨損，逐漸需要进行下述各項檢修工作：
 - 1) 更換調速系統的零件，隔板軸封和汽缸的端軸封，推力瓦块，配汽机构的零件（門杆、套筒、門心、門座），調速系統的錯油門、彈簧，蝸母輪組，主軸瓦；
 - 2) 校正轉子的中心，修理联軸器；
 - 3) 汽缸有变形时重新校正汽缸的中心綫；
 - 4) 更換鎖鍵和配准軸承座与底座間的支持平面；
 - 5) 更換最后几級受到冲蚀的动叶片（对于用鍍鋼制成的叶片，一般約每运行 40000 ~ 60000 小时，便需要更換一次）；
 - 6) 更換鑄鉄的隔板（由于鑄鉄的蠕脹），主油泵的軸套；
 - 7) 如果叶輪在軸上的配合松动，重新安装叶輪；
 - 8) 更換凝汽器、冷油器和抽气器的冷却器的管子（每运行 40000 ~ 100000 小时后）；
 - 9) 更換汽輪机中間几級上的受到振动損坏的叶片（每运行 80000 ~ 100000 小时后）。
2. 要进行消除陸續发现的机組結構上的缺陷的工作，这些缺陷可能引起了：油內进水（通过端軸封）；軸承座发生歪斜；蝸母輪組磨損过快；振动；軸承温度升高；隔板弯曲；叶片由于振动特性不好发生裂紋或断裂等等。
3. 由于采用了合理化建議或改进設備的措施，如：加装在运行中冲洗汽輪机或清扫凝汽器的装置；利用从端軸封泄出的蒸汽来加热凝結水；改进汽門杆汽封的結構；加装自动化装置（軸封供汽自动調节，再循环，輔助油泵的自启动）；加装信号装置（油箱內的油位，軸承温度，轉子軸向位移）；改变調速系統的靜态特性；消除不能維持空轉的缺陷；消除凝結水的过冷却；改进油系統；調整叶片的頻率等。

4. 工作的項目也会因为采用新的、更加完善的監視設備状态的方法和檢修的方法而发

生变化，如：磁力試驗，叶片振动特性的研究和它們的調整，叶輪和轉子的各种校正平衡方法的采用，去掉汽輪机上的結垢，用松弛应力的方法来直軸等。

5. 由于要完成反事故通报及安全技术工作方面所要求的工作。

因此，大修項目內将包括：1) 逐年变动不大的全面的檢查工作；2) 所有部件和零件的小修；3) 随着汽輪机运行時間增加而磨損的部件的特殊大修項目；4) 安全技术方面的合理化工作。

与汽輪机大修同时进行的輔助设备的檢修工作項目应当尽量压缩。

大修工作的进度計劃

在定期大修工作前应当及时地在停机前一个月就編出进行檢修作业的进度計劃。

为了确定汽輪机设备檢修工作的項目，应当編制设备在过去一年內历次停机和缺陷产生的一覽表，在表內应从上次結束时起，按照日期排列，列出曾經发生过的各次停机和所有发生了的缺陷和事故，編制时应当查閱运行日志、小修記錄簿、技术报告、事故报告及其它有关資料。

从一覽表內可以找出过去一年內设备上发生的毛病的特点，它們的发展和重复发生的特点，因而对于編制檢修的項目表是非常有用的。

对于檢修的准备工作，檢修項目表是一个必要的文件。

在檢修項目表內应当列入下列內容：设备的全面的檢查和所有部件的例行的修理工作；对部件所規定的大修工作；运行中发现的缺陷的消除；下一次大修所要求的在这一次大修中进行的准备工作；改进工程、合理化建議、反事故与技术保安措施等。

此外，在項目表內还应该附入在将汽輪机解体和檢查的过程中所必需进行的一些工作。

作业計劃进度表是根据典型的全面檢查計劃进度表和列入項目表的其它檢修項目編制的。編制时应使所有的工作安排在批准的停用時間內进行。

檢修工期一般是定得很紧的，为了在所給的工期內能够完成所有的檢修工作，包括在檢修完毕后对汽輪机进行的檢查和試驗，所有的工作必須按日按时地仔細地計劃好，为此可采用平行作业的方法以及在个别状况下采用两班作业的办法。

对于每个部件的檢修以及每項大的作业，应该編制单独的进度計劃，并且要准确地符合于整套设备的总的进度計劃。

如果在某些部件上需要进行比較大量的工作，例如更換某几列叶片或更換凝汽器銅管时，那末对于这些部件或这部分工作就应編出詳細的进度計劃，从而把工作适当地組織起来，以免影响整个檢修工作在規定的期限內完成。

所有的輔助设备的檢修都应该在汽輪机本身修完以前結束，并且經過試运行。

每个班組的工作，以及在某些主要的部分上甚至是每个鉗工的工作，都应该按小时訂出計劃，包括工作的項目，工作开始和完毕的時間。

作业进度計劃应在分場檢修人員的會議上作出，并經发电厂的总工程师批准。

进度計劃表应当悬挂在分場內容易見到的地方。檢修期間每天应该标上实际完成的工作进度和质量。

进度計劃編得是否仔細，影响到整个檢修作业的組織工作的效果，发給工人的工作任

务单的正确性，以及计划的能否超额或提前完成。

大修中的劳动组织

汽机分场的主任和检修副主任，作为分场内所有检修工作的直接负责人，对于一切检修维护工作的组织负有直接的责任。

分场主任应该经常在准备或者在执行所有的工作，并且能够随时给副主任以必要的指示或者代替他，分场主任应该亲自对于分场内的工作进行技术监督。

检修中的一些特别重要的作业应该在分场主任的直接督察下进行。这些工作包括：起吊和放回转子和汽缸盖，校正转子的中心，用千分表测量轴的弯曲度，测量轴封、通流部分、油泵和蜗母轮组的间隙；测量轴承盖的紧力和轴的间隙，转子超速；检查轴的水平位置；调整危急保安器。

分场主任在汽轮机解体后必须亲自检视所有的零件，并且和副主任在一起确定零件检修的项目和检修的方法。

一切特殊项目，如直轴、配装蜗母轮组、检验叶片的振动特性等，应该在汽机分场主任的监督和检查下进行。汽轮机大修后的起吊，包括冲动转子、低速暖机、升速、试验危急保安器、检查热膨胀等应该在分场主任的参加和监督下进行。

分场检修副主任对于检修的及时性，检修的项目，检修的质量和工期，修编和贯彻检修规程，采用新的检修方法以及测量的准确性等负责。在这些方面，他和分场主任负有同样的责任。

分场的技师长对于检修的质量和工期，检修班组的正确的组成和检修人员的安排，保证人员能有完好的工具、索具、用具和材料，正确地使用检修场地和合理地使用吊车，精确地和正确地测量间隙和尺寸并填入记录格式等负责。

检修班组长对于他的班组内完成的工作的工期和质量，人员的安排，为本班组准备好工具、设备及材料等负责。

每个钳工对于完成分配给他的工作的工期和质量，零件的清洗和把部件组装起来的正确性，仔细地爱护地使用工具、设备和材料负责。

如果由中心检修组织的人员来担任特殊的检修工作（更换叶片、重装叶轮、直轴等），中心检修组织应该对于他们的人员所完成的工作的质量负责。分场主任则应及时准备好外来人员的工作场地，准备好一切必需的设备和材料，以及为了在发电厂要求的工期内完成工作配备需要的辅助人员等负责。

由中心检修组织派来的人员所作的工作应由分场主任验收，他有责任检查整个工作的过程。

如果由中心检修组织来完成整套汽轮机的检修工作时，检修组织的负责人应该领导整个检修工作。

检修工作所需的平均计划人数，是以检修工作计划需要的总的工时数被规定的汽轮机停用的日数和每个工人每天平均工作的小时数（应考虑一定的请假百分数）的乘积来除而得。

班组的数目和它们之间的工作的分配是根据计划进行的工作项目来安排的，分配给每个班组的工作应当这样来选择，使得他们对于设备的各个部件的检修能够从开始一直掌握