

270353

基本馆藏

丰满发电厂生产经验丛书



水力机械设备的检修与调整

丰满发电厂編

水利电力出版社

丰满发电厂生产經驗丛书

水力机械设备的检修与調整

丰满发电厂編

水利电力出版社

內 容 提 要

本书是丰满发电厂生产經驗丛书之一。本书共分发电机的机械部分、水輪机部分、調速系統和10大气压力的空气压缩机的改进等四章。书中对发电机組軸綫的檢查和校正，以及支架撓度的測定等分別作了簡述；对水輪机的气蝕与振动現象作了分析，并提出了防止这些現象的措施；最后，还扼要的說明了調速器和压油装置故障的原因和檢修方法。

本书可供各水电站、水电科学院(所)、設計院的工程技術人員参考；且还可供有关机械制造部門的設計人員参考。

水力机械设备的檢修与調整

丰满发电厂編

*

27138712

水利电力出版社出版(北京西郊科学馆二里内)

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

787×1092毫米开本*2½印張*55千字*定价(第9类)0.28元

1960年3月北京第1版

1960年3月北京第1次印刷(0001—1,900册)

目 录

第一章 发电机的机械部分	3
第一节 轉子及靜子	3
第二节 推力軸承	4
第三节 导軸承	9
第四节 机組軸綫檢查及校正	13
第五节 机組导軸承的中心調整	28
第六节 发电机的輔助設備	30
第二章 水輪机部分	32
第一节 水輪机的气蝕与振动	32
第二节 导水机构	43
第三节 水輪机导軸承及其輔助設備	50
第三章 調速系統	53
第一节 調速器	53
第二节 压油裝置	66
第四章 40大气压力的空气压缩机改进	69

第一章 发电机的机械部分

第一节 轉子及靜子

大型水輪发电机的轉子由輪轂、輪輻、輪环(即磁軛)及磁极組成。此外还装有風扇和制動环。按照一般結構,对机組飞輪效应(CTD¹)起決定作用的是磁极和輪环(約占总飞輪效应的90~94%)。在受离心力及冲击力的作用下,各构件联結部分的螺釘、螺栓、銷釘或鍵等,都有可能松动甚至损坏。这些現象产生的原因:大都归咎于装配工作质量的不高、并經常是伴随着机組异常运行而出現的(如超速运行、冲击震动)。丰满

厂的几台 CB- $\frac{850}{190}$ -48 型水輪发电机在投入运行后的不长时

間內,曾发现过磁极的“T”形尾鍵松动(在檢修規程內規定:机組安装后的第一次檢修时,需将磁极鍵打紧一次)。有一台发电机(五号机)的轉子由于安装质量不良,运行一段時間后的檢修檢查中發現輪环迭片下陷3~4毫米,穿心螺杆松动,甚至輪輻的固定鍵也松动(轉子、輪环与輪輻在結構上要求必須紧固,并有相当大的預应力,以防止在逸速状态下輪环与輪輻脱离)。一切产生在轉子体上的缺陷,都认为是危险的,因为它可能导致整个机組的严重破坏,所以在定期的檢查工作中,必須十分細致地去进行这项工作。

同样,靜子机座及軸承支架的結構檢查工作也是十分重要的。在一般情况下,往往有人認為檢查螺釘、螺栓、焊縫等不会发现什么问题,但是并非那样,例如丰满厂曾发现四号发电机靜子机座筋鉄焊縫开裂、机座接縫松动等現象。这些現象为

运行工作提供了教训，証明机組經常在震动情况下运行，可能会造成机件結構的松动。

定期檢查測定上部支架的撓度及測定其接縫的間隙，是檢查上部支架結構的有效方法。撓度的測定方法：是用起重機吊一重塊如图 1，并在其重塊上裝設一个千分表，先将机組轉子的全部荷重落在推力軸承上，千分表上有一讀数，然后将轉子頂起，千分表上又有一讀数，此千分表之变动值即为支架的撓度。

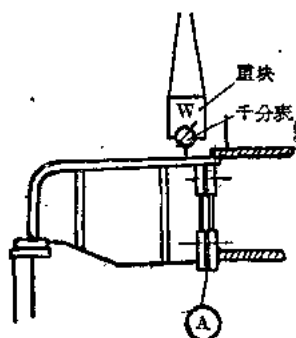


图 1 发电机支架撓度測定示意图

將逐次測定結果作比較，以分析支架結構变化的情况。

近来也曾采用过电气的測量方法：即所謂应变仪法。

在推力軸承負担轉子重量的情况下，用塞尺檢查(图 1)“A”处，以判別其下側接縫板螺栓是否松动或伸长。根据一般經驗，其接合板間隙面积应不超过总接触面的十分之一。

第二节 推力軸承

悬吊式机組的推力軸承是极重要的部件，其一般結構如图 2 所示。在檢修之前，应詳細地了解其运行情况，如軸瓦温度、油的质量等。在檢修时，要檢查軸承絕緣情况（一般規定用1000伏搖表測定其絕緣电阻值为0.3~1兆欧以上），根据存在的缺陷采取有效的措施。

一、鏡板与軸瓦的修理

鏡板是整个机組中表面光洁度最高的(▽▽▽_{1.0})零件，如发现其表面有磨损痕迹即須进行研磨。研磨工作必須这样进行：

磨具是用一平台 ($\phi 200 \sim 300$) 如图 3 所示, 底部包好洁淨毛毡, 在毛毡上涂抹一层用煤油調和好的研磨剂 (如苏联 ГОИ 研磨膏)。将鏡板表面擦淨后, 用磨具在其表面順回轉方向研磨, 在研磨工作中必須保持清洁, 避免落灰并随时清洗擦淨鏡板表面, 研磨后立即擦淨, 涂抹一层不含水分的黃油, 再复盖一层描圖紙, 存放于空气干燥 (温度在 $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$) 的地方。

对軸瓦表面的质量要求: 是很明显地看到

其接触点分布是均匀的, 一般要求在每平方厘米内有 $3 \sim 5$ 点。根据实际經驗, 大部分軸瓦在中間一段磨損較严重 (图 4)。这一段也就是軸瓦的支持中心, 由于在荷重情况下, 軸瓦产生彈性变形的結果。所以在“檢修規程”中規定軸瓦的中段应較平面稍低 (約 $0.015 \sim 0.02$ 毫米), 也需要根据推力軸瓦結構强度确定。对图 4 情况的修理, 是在其磨平部分刮一遍花紋, 使这些不深的刀痕 (約 0.01 毫米) 能集貯潤滑油, 以改善其摩擦。

在檢修中鏡板和軸瓦仅作輕微的修理时, 軸瓦缸重螺釘的高度仍可保持不变。分解軸瓦后对軸瓦托盘 (有些設備缸重螺

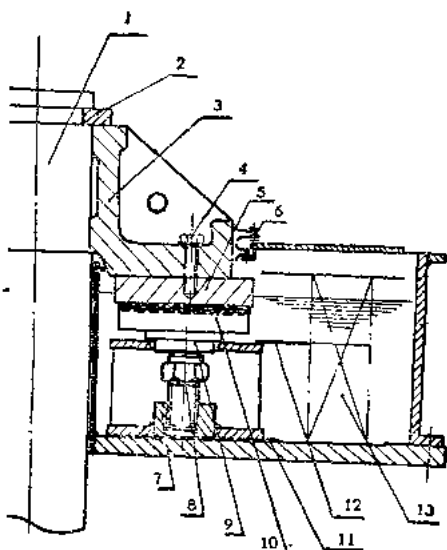


图 2 推力轴承断面图

1—发电机轉軸; 2—卡环; 3—推力头; 4—結合螺釘; 5—鏡板; 6—密封圈; 7—軸承支架; 8—缸重螺釘; 9—托盘; 10—扇形軸瓦; 11—底板絕緣; 12—絕緣板; 13—冷却器。

釘直接頂在軸瓦背面上)与扛重螺钉的接触球面, 应进行檢查和妥善地保护, 因为这是非常重要的接触表面。

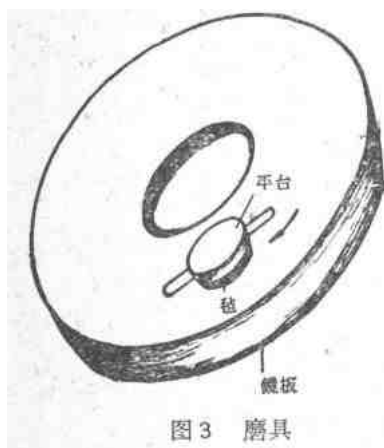


图3 磨具

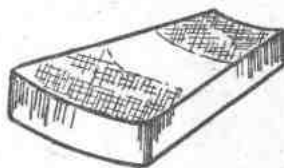


图4 推力軸瓦磨損情况

鏡板的背面有时候会产生严重的损坏現象(图5), 斑痕累累, 并且存在着大量的锈痕, 其原因是推力头的表面不平整(在安装时曾用砂輪打磨过), 故配合后其凸出点将鏡板背面压坏, 由于机組运行中的强大推力荷重及振动, 使接触面产生蠕变, 促使浸入的潤滑油迅速酸化, 金属表面产生大量氧化物。

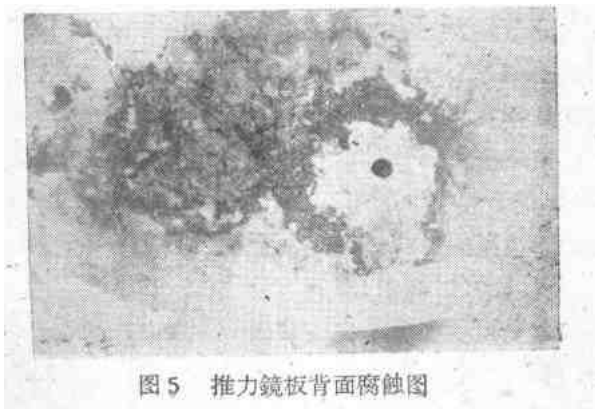


图5 推力鏡板背面腐蝕图

因此不得不在檢修中，將鏡板和推力頭平面重新進行加工（推力頭的平面修刮將在本書第四節敘述），鏡板背面用車床將斑痕車削後用磨床磨平，表面光潔度達 $\nabla\nabla\nabla$ ，其加工後的不平行度要求不大於0.05毫米（此數值不必嚴格，因在推力頭修刮時會得到補償）。

二、推力軸承的絕緣問題

規定推力軸承的絕緣電阻應為0.3~1兆歐以上。但是有時會發現其絕緣不合規定，其原因有：

- 1) 推力軸承支架底板絕緣受潮；
- 2) 軸瓦測溫裝置引綫絕緣不良等。

經驗指出：油箱內水分是絕緣電阻值降低的主要原因。因為推力軸承油箱內的冷卻水管有一部分是高於靜止油面的，在這種情況下，水管內部的充水會在管壁上凝結大量水分，而且這些水分沉積在油箱底平面，故使底板絕緣物受潮。從結構上來說，底板絕緣高出於油箱底平面的軸承是比較好些。

三、推力軸承扛重螺釘打緊與運行中分擔荷重的關係

推力軸承扛重螺釘的打緊工作是十分重要的，必須在機組軸綫校正後認真進行（本書第四節對機組軸綫校正有詳細敘述）。因為如果扛重螺釘的緊度不一，則機組推力荷重在每塊軸瓦上的分布也不均衡。極可能產生軸瓦過載而損壞。

扛重螺釘打緊的方法：以水輪機導軸承處設置的Y及X兩方向的千分表為

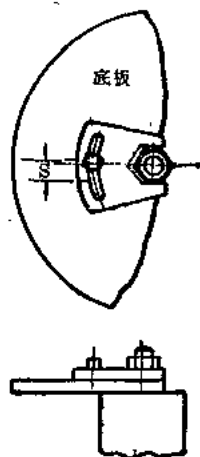


圖6 推力軸瓦扛重螺釘鎖鏡板移動距離的測定

監視工具(根据轉軸的現有弯曲值及其弯向,計算出將推力軸瓦調平后轉軸的位置,也就是千分表应指的讀数。然后每打一遍依据千分表的讀数,来監視应该打紧某方向的某个螺釘,并用電話指揮。直到达到要求值为止),用同重量的錘,使一样的力气并順着一定方向輪流打紧。每打一遍后記錄各螺釘鎖錠板之移动值“ S ”如图 6,一般这项工作要打十几遍以上。因此最好由三人輪流每人打一遍,这样可基本上保持落錘力量的均衡,直至符合千分表的要求值,并移动值 S 在几遍之內不再变动或变动极小时,方可停止該項工作。表 1 是丰满厂 8 号机的軸瓦扛重螺釘打紧記錄与該机組运行后的軸瓦温度作比較分析,就可以知道軸承温度可以反映出軸瓦的受載情况。經驗証明:軸

表 1 軸瓦扛重螺釘打紧記錄“ S ”值

瓦 号 次 数	1	2	3	4	5	6	7	8
ΔS (毫米)	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3.3	7.1	2.8	4.0	4.0	1.5	2.5	2.9
2	2.5	6.0	1.0	6.1	7.0	3.0	4.3	2.5
3	3.3	7.2	4.0	1.9	1.0	2.5	6.8	4.8
4	4.0	7.5	5.0	8.5	2.0	18.2	14.2	4.7
5	2.2	3.5	1.8	4.5	3.5	1.3	2.0	1.5
6	5.5	2.0	0.2	2.5	1.7	3.0	4.5	3.0
7	2.0	1.5	1.0	1.5	2.8	0.8	1.5	1.5
8	0.8	0.5	0	1.5	1.5	1.8	3.0	0.3
9	0.4	1.0	0.8	0.5	0.4	0.7	2.8	0
10	1.1	0.8	0.2	0.5	0.4	0.8	0.3	0.5
11	0.6	0.5	0.2	0.2	1.9	0	1.4	0.7
12	0.1	0.2	0.8	0.3	0	0.2	0.2	0.5
13	0	0.5	0	0.5	0	0	0	0
运行后瓦温($^{\circ}\text{C}$)	54	53	56	54	51	51.5	52.5	55

瓦温差可以允许不大于 10°C 。但是轴瓦测温电阻必须经过校验，并且考虑其误差值在内。

四、推力轴承甩油

在丰满厂的几台新发电机的推力轴承上，曾发生过运行时甩油，不仅增加了油的消耗，而且影响了设备清洁，甚至甩油飞溅到励磁机线卷，损害电机的绝缘强度。其原因是推力头与镜板的结合平面间不平(图2)，在其缝隙内浸入润滑油，在机组运行中由于接合面间的蠕动，而产生“呼吸作用”，致使油从结合螺钉4向外压出，受推力头3回轉之离心作用而甩出。解决甩油的根本办法是处理镜板5，与推力头3之结合平面。曾经用图7所示方法，在结合螺钉孔内加装一条 $\Phi 5$ 的圆胶皮圈，有效地防止了甩油。

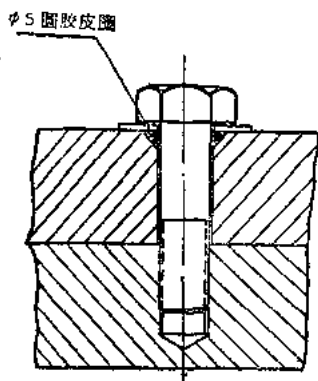


图7 加装圆胶皮圈

第三节 导 轴 承

大型水轮发电机导轴承的结构一般分为套筒式和分块式两类。兹就其运行情况作比较：

套筒式——结构上为一整体，间隙调整较困难，零件较重，检修不便，供油装置复杂，增加检修工作量，且润滑较不可靠，油质变化较快。但其支持部分较分块式为坚固，轴瓦间隙调整后不易改变。

分块式——结构上分块式轴瓦的间隙调整较容易，零件较轻便于检修，供油简单可靠。但是其轴瓦扛重螺钉是一弱点，间隙调整好后容易改变。

現代最广泛采用的是分块式导軸瓦。

一、分块式导軸承的檢修

由于結構簡單，因此檢修工作就比較容易。在拆下油箱之后就就可測量軸瓦間隙。其方法在大型发电机是这样的：将每块軸瓦背側用二个螺絲千斤頂頂住，如图 8 所示。然后用塞尺測量其間隙值“ δ ”。但是應該注意在安装螺絲千斤頂时，必須保持轉軸不产生偏移。因此往往需要在轉軸的适当位置(如法兰)預先安装 Y, X 方向二个千分表作監視。還應該指出：由于軸瓦在运行中受压力的結果，扛重螺釘球面会将其背側頂压出一个直徑不大(約 3~5 毫米)而深度为 2~3 毫米的凹坑，并且其位置也不在軸瓦凹槽之中心，故必須在測量前将軸瓦依轉軸方向用手推靠扛重螺釘，这样測出的結果才是真正的运行間隙(扛重螺釘是 35 号鋼制成的，其圓头表面是經過了表面硬化处理达 $R_c 61^\circ$ 故不会变形)。

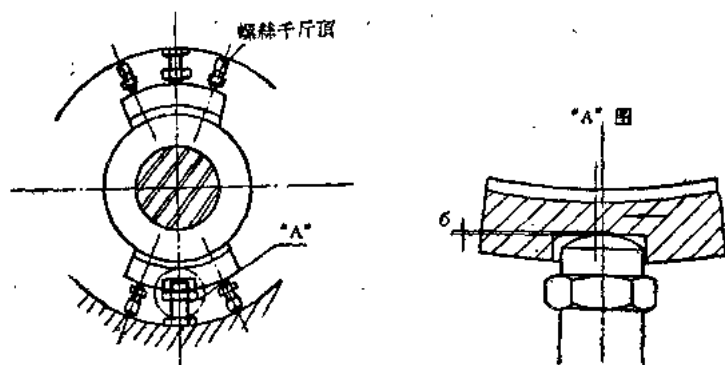


图 8 发电机导軸承間隙測量示意图

分块式导軸瓦的合金表面，在一般情况下很少会出现磨損現象，在軸領上(图 9)带有导油孔的軸承，却往往使导油孔回轉的水平綫上的軸瓦表面被磨損，分析其主要原因是因为导油

孔邊緣粗糙和油內含顆粒性雜質。

經驗証明：經仔細修理過導油孔邊緣的軸領也會出現磨損，故在每次檢修時對油箱的清掃工作必須予以重視。

二、導軸承損壞實例

在幾台不同型式的機組中，曾經發生過導軸承損壞事故有：

1. 缺乏潤滑，軸瓦合金熔化——屬於值班人員的過失，在起動時（一台廠用 1500 千伏安的機組）未仔細檢查油箱油面。

2. 軸電流燒壞了軸瓦絕緣，軸瓦表面被燒損——屬於安裝人員的過失，在裝配時破壞了軸瓦絕緣壓板上的一個螺釘的絕緣套。

3. 由於運行中發電機事故所產生的橫向冲击力，而使分塊導軸瓦的扛重螺釘損壞——屬於製造工藝上的粗糙，扛重螺釘螺紋配合間隙太大。

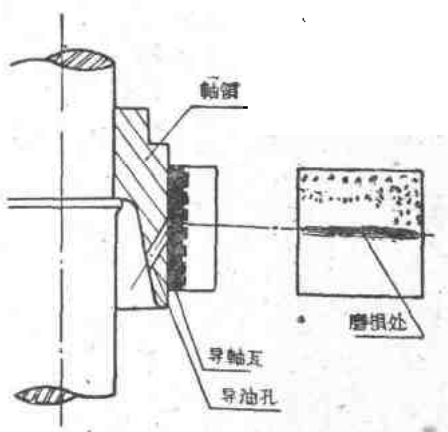


圖 9 發電機導軸瓦磨損情況

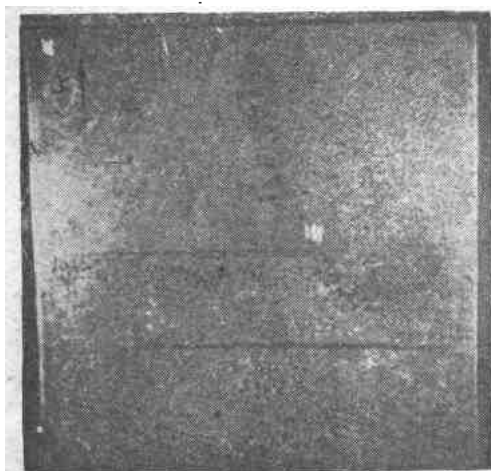


圖 10 軸電流嚙傷的導軸瓦

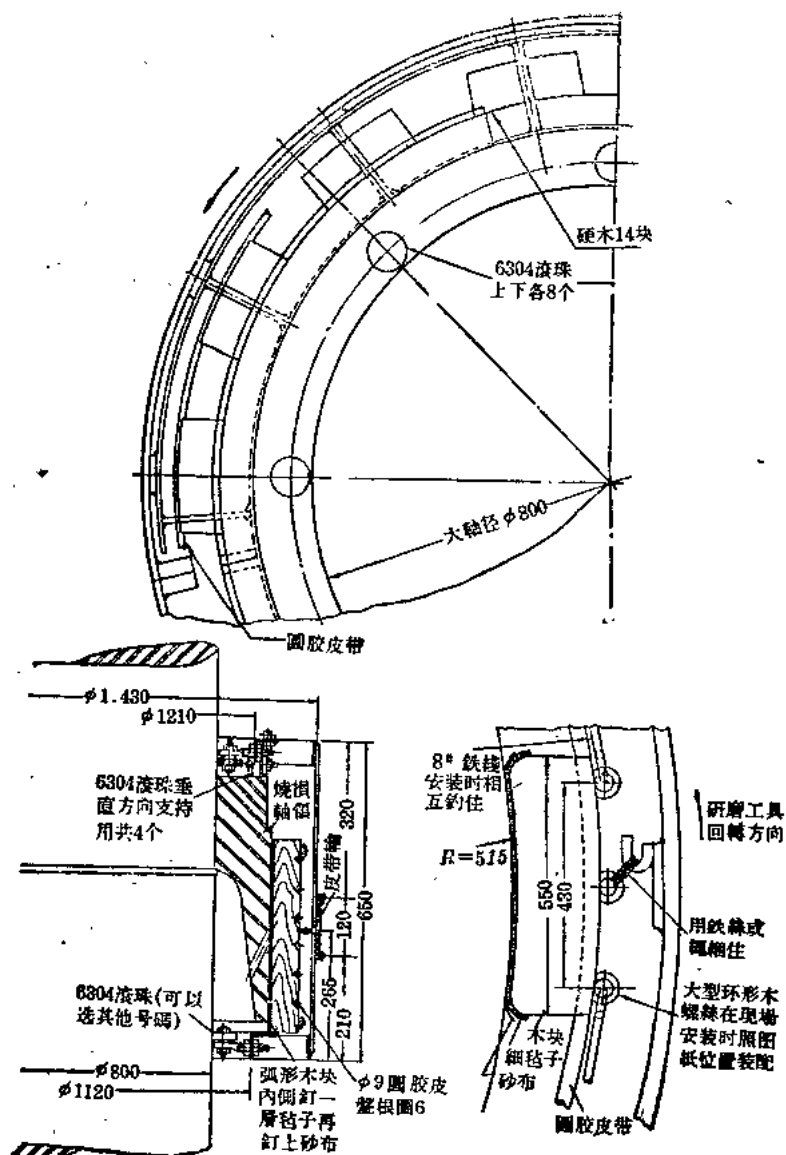


图 11 发电机轴颈研磨工具

其中最严重的是軸电流的燬坏在二号机組上曾发生过。不仅是上部导軸承，而且下部导軸承作为軸电流的回路也严重地遭到破坏。被軸电流嚙伤的块式导軸瓦如图10所示。軸領表面的修复工作是比较困难的，軸領直徑在1米以上，而且是发电机轉子体不可拆卸的一部分。当时采用了一套机械研磨工具（如用鑄鉄套加金剛砂，人工研磨則要延长修复時間10倍以上），其构造如图11所示。龙形回轉架在足够强度的情况下要求尽量輕便。这些回轉架由縱向及橫向共20个滾珠軸承所支持，木块的內側弧面应与軸領相符，內側面釘上細毛毡和粗砂布。木块周圍等分排列，用若干根橡胶带細紧使其具有一定的压力。橡胶带的多少和松紧程度，要根据回轉的速度和电动机容量的大小来决定，过紧可能不轉动，过松則木块在回轉时会因受离心力而脫离軸領表面。木块与木块之間两端用鉄綫鎖挂，木块組和龙形回轉架是独立的两部分，木块組用鉄綫挂在回轉架上，当回轉架轉动时，木块組也隨之轉动。

研磨分三个阶段：第一阶段是粗磨，可用粗砂布（也可以用油石）經常澆注煤油，以增加研磨效果，并且要定时檢查砂布，及时更換，这样直到损伤表面完全磨去为止。第二阶段是細磨，在木块的毛毡上涂抹用煤油稀釋的金剛砂进行研磨。第三阶段是精磨，用煤油稀釋“ТОИ”研磨膏进行研磨，直到表面光洁度达到▽▽▽为止。

第四节 机組軸綫檢查及校正

除安装机組或檢修机組吊轉子外，在运行机組的摆度增大，并且通过一系列的軸承中心調整及其他工作尚不能奏效时，确认为机組軸綫已发生了变更，才需要进行檢查对推力軸承的不垂直，及轉軸法兰的曲折进行校正。但是这项工作是比较

較重要的，並且在校正盤車測量時，機組轉子部分的檢修工作是不能同時進行的。檢查的方法有下列二種：

1) 掛綫法——經驗證明，用作檢查轉軸法蘭曲折較為適宜；

2) 盤車法——廣泛應用於機組軸綫檢查。但推力頭與轉軸配合有間隙的結構情況下，不完全適用。

1. 掛綫法 在相距 90° 的四個位置上挂上鋼絲，其上端固定在發電機輪轂上，下端延長至水輪機軸頸處，系一重錘並浸沒在油(透平油)桶內(圖12)。

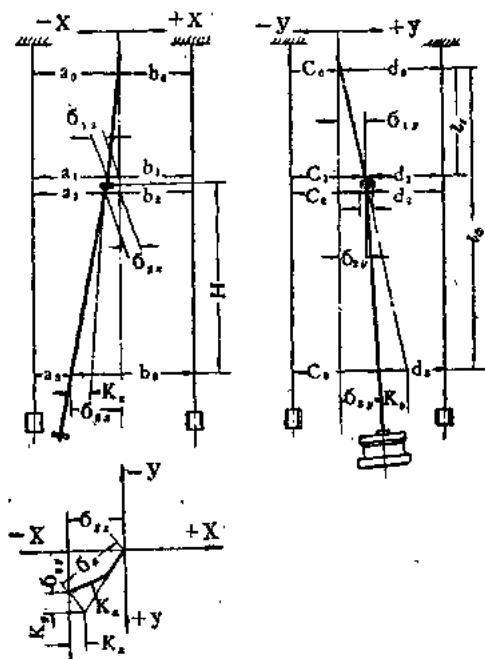


圖 12 掛綫法測量轉軸彎曲示意图

所用重錘的重量按下式計算：