

1958年发电厂事故資料汇编

汽机部分

水利电力部生产司編

(内部参考資料)

水利电力出版社

323
.52.058
2-2 >

1958年发电厂事故资料汇编

汽机部分

水利电力部生产司编

*

2064 R 455

水利电力出版社出版 (北京西便门大街二里沟)

北京市书刊出版业营业许可登记证字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 内部发行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 * 2 $\frac{1}{2}$ 印张 * 62千字

1959年5月北京第1版

1959年5月北京第1次印刷(0001—6,170册)

统一书号: 15143·1642 定价(第9类)0.33元

前 言

安全发供电是电力工业的长期生产方针，几年来各发电厂在运行中积累了不少反事故工作的经验，使电业事故逐年下降，安全基础不断地巩固和提高，对保证完成国家的生产和建设任务起了一定的作用。

从去年工农业大跃进以来，电力负荷飞跃上涨，新的发供电设备大量投入生产，新工人的人数也大量增长了。为了提高安全生产，加强人员培训，有必要在全国电业生产单位中交流实际事故资料，以便吸取其他单位事故教训，进一步提高安全思想认识，加强反事故工作，防止类似性质事故的重复发生，因此，特组织各生产单位编写1958年发电厂事故资料，汇编成册，作为内部资料，供工作参考和学习之用。

为了便于不同工作岗位人员的工作参考和学习，本汇编特分成锅炉、汽机和电气事故三本小册子发行。在电力工业高速发展的新形势下，安全发电更有重要的意义，组织反事故工作更要求深入细致，同时对提高现有生产工人和技术人员的业务水平也有迫切的需要，特别是对于新工人必须提高他们的安全思想认识，让他们学会掌握异常运行和处理事故的知識。因此，希望各发电厂认真组织有关人员学习和认真分析这些事故资料，并结合本单位的具体情况，提出改进安全的措施，列入反事故工作，加以执行。

这次组织各单位编写事故资料的时间比较短促，大多数单位都尽了最大的努力在较短的时间内编写完成。水利电力出版社也抓紧了编辑和排印工作，使这几本小册子能很快地印出来。但是由于编写和审稿都比较匆促，因而有一些事故在分析上可能有不妥善的地方，在文字方面也注意得不够，希望读者随时提出意见，并在今后编写事故资料时共同努力改进。

水利电力部生产司

1959年4月

目 录

I	汽机叶片、叶輪损坏和汽封磨損	4
	一、齐齐哈尔发电厂#4輻流式汽輪机叶輪损坏事故	4
	二、哈尔滨发电厂#5汽輪机叶輪损坏事故	16
	三、青岛电业局第一发电厂#5机运行中汽封被磨事故	23
II	軸承燒坏和油系統事故	24
	一、撫順发电厂#7机推力軸承燒坏事故	24
	二、长治发电厂主油泵进口真空破坏造成缺油燒毀 4 个 軸瓦事故	29
	三、貴阳电厂第二机房值班員操作不当造成#1汽輪机主油泵 断油燒坏主軸承事故	32
	四、田家庵发电厂 #10 机油系統失火事故	35
	五、汉口电厂#502机因油管漏油起火被迫停机	38
III	轉子大軸弯曲	40
	一、邯鄲热电厂#1机高压轉子大軸弯曲事故	40
IV	調速系統	45
	一、望亭发电厂誤按#1汽輪发电机消防脫扣器事故	45
	二、牡丹江发电厂汽輪机調速器飞錘在运行中甩出的事故	50
	三、韓庄发电厂#1机速閉器誤动作	54
	四、第五列車电站調速器失灵, 司机处理不当造成的全 厂停电事故	56
V	真空降落和循环水系統事故	59
	一、辽源发电厂#3汽輪机真空下降引起停机事故	59
	二、吉林热电厂汽机循环水管爆破事故	60
	三、大連二厂 AII-25-2 汽輪机銅管腐蝕真空下降被迫 停机事故	66

四、望亭发电厂循环水泵房进水滤网洞穿，凝汽器虹吸 破坏被迫停机事故	67
五、天津第一发电厂冷却水泵真空下降被迫停机事故	68
六、洛阳热电厂#1汽轮机循环水管伸缩节破裂事故	70
七、天生港电厂循环水门破裂影响#2机损坏以及全市 停电严重事故	71
八、峰峰发电厂#7汽轮机在倒循环水时造成真空下降被 迫停机的故障	76
九、下关发电厂汽机冷凝器出水管虹吸破坏的重大缺陷	81
十、成都热电厂新装汽轮机真空下降事故	84
VI 复水系统	88
一、牡丹江发电厂汽轮机打不出复水的停机事故	88
VII 其他	90
一、列车电业局第九列车站汽机车间动力盘被雨水浸入致使凝 结水泵电源中断造成停机事故	90

I 汽机叶片、叶輪损坏和汽封磨損

一、齐齐哈尔发电厂*4輻流式汽輪机

叶輪损坏事故

(一)設備规范及簡要特性

型式 容克斯型，单缸，輻流，反动再生式。

最大連續出力 2,800瓩。

經濟出力 2,000瓩。

主蒸汽压力 13.5大气压。

主蒸汽温度 335°C。

真空 730公厘水銀柱 (出力 2,000 瓩循环水温度 18°C 时)。

轉数 3,000轉/分。

日本三菱工厂1929年5月出品。全机共有輻流反动叶片39級，其中单数級(1、3、5……39)組成左側轉子；双数級組成右側轉子。兩側轉子除各与发电机轉子用对輪直接連接外，左側尚帶有調速机及主油泵，右側連有励磁机。

蒸汽通路除1个总的节流式調速汽門外，当負荷超过經濟出力时，一部分蒸汽可手动調整，由蒸汽室經過負荷汽門直接到第18、19級叶片中間。此外在第24級叶片后还有一級不調整抽汽。

(二)事故发生經過及主要损坏情况

1958年2月26日，我厂五台机組全部投入統系运行。14时55分，*4机司机檢查机組各部运行正常，負荷約2,500瓩。13时0分該机突然发出“蓬”的一声，接着发生“达达”

声音，同时机组产生强烈振动（事故后检查发现因振动而使油箱小盖脱落，油自油箱内溅出，许多水银温度表振断，仪表指针被振掉，汽机下部房顶灰皮被振下等现象。可以证明当时振动是很强烈的）。司机当即手打危急保安器，进行紧急停机，并通知配电盘解列。从发生事故到机组转速下降至零共有2分钟。

解体后，检查发现两侧叶轮自第25级至39级都已损坏，其中尤以33至38级叶轮损坏最为严重。叶片大部散脱，补强环受磨过热熔断，左侧破碎，叶轮大部插入右侧叶轮间。断裂的补强环及叶轮碎片飞出后，掉入凝汽器内将铜管打漏。第31级叶轮连同招环自轮盘槽内脱出插入对侧第30、32级叶轮间。第39级叶轮除槽内尚余280公厘左右之招环外，整个叶轮自槽内脱出，套于第38级叶轮之上。第1级至第24级叶轮也互相摩擦，但较轻微，其中第5级叶轮自膨胀环上部鞣口处松弛，用手已能转动。右侧轴封和汽封盘已磨损，左侧轴头锥形接合面上有象电焊疤痕10余处，右侧轴头上也有，但较轻微。左侧轮盘外圈背部被磨，导汽管抽汽管被打坏，两侧汽机侧轴瓦上瓦被磨损，右侧发电机转子轴在汽机侧轴承处发生弯曲，在汽机的短轴上测量弯曲度约为0.045公厘/100公厘。

两侧转子损坏情况见图1-1及图1-2。

（三）事故原因分析

这次事故的损坏情况比较严重。引起事故发生的最先损坏部分可能已被破坏不易发现，因此，分析此次事故的原因，只能根据司机对当时的回忆及事故后残存的叶轮进行分析。

据司机记忆事故发生时，首先听到叶轮内部发生“蓬”的声音，然后机组继续发生振动。从此现象以及事故后叶轮损坏最严重，初步分析事故起因是由叶轮故障而引起的，并非

其它部分故障后引起叶輪损坏。事故前，机組振动不大，“蓬”的一声发生的很突然，在此声音前又无叶輪摩擦声，从此現象分析可能是运行中叶輪突然脫圈，脫圈后造成机組振动，因两侧叶輪間隙較小(約2公厘)，使叶輪互相摩擦损坏，损坏过程中振动繼續增大。

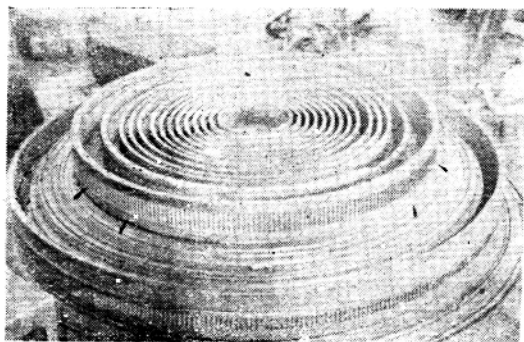


图 1-1 损坏之左侧轉子
箭头所指系第31級輪盘槽

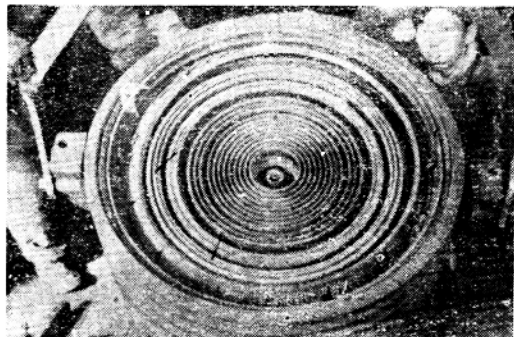


图 1-2 损坏之右侧轉子
箭头所指系左侧第31級叶輪脫圈插入第30、32級叶輪間。最外圈是左侧第39級叶輪脫圈后套在右侧轉子上。

究竟那一級葉輪首先脫圈呢？從損壞後葉輪看出：

1. 第31級葉輪連同擋環自輪盤槽脫出，插入對側第30、32級葉輪間。此級葉輪表面摩擦較輕，葉片未損壞。

2. 第39級葉輪，除輪盤槽內尚余280公厘長的擋環外（葉輪周長約2,500公厘），全部葉輪連同大部分擋環自輪盤槽內脫出。靠近擋環通汽道的葉片（該級共有4個通氣道）有部分被由葉輪內部飛出的碎片刮壞，其餘葉片及補強環均較完整（如圖1-3及圖1-4）。

3. 其餘各級損壞的葉輪，有的是大部或全部擋環仍留在槽內，葉輪在膨脹環處被磨斷；或是葉輪在一段

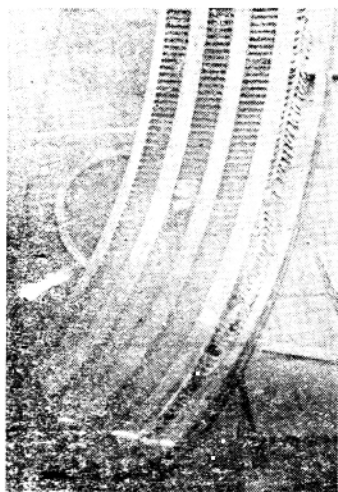


圖1-3 損壞之第39級葉輪

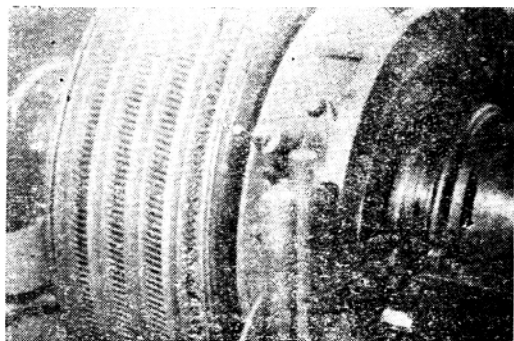


圖1-4 損壞之第39級葉輪套于右側轉子上

叶片处被磨断，輪盘上尚余一段或数段叶片及补强环。

从上述损坏情况初步分析認為，首先脫圈的可能是第31級或是第39級。第39級叶輪是全部叶輪最外一圈，直徑最大，并最重，脫圈后落于附近第38級叶輪上随同右側轉子一同旋轉是会造成机組强烈的振动的，使整个叶輪各級摩擦损坏，与实际設備损坏情况相符。并且事故发生时，有很多从第33級到第38級叶輪上磨坏的大小单个或成段叶片，以及較长之补强环飞出落于凝汽器內（图 1-5），而第39級叶輪目

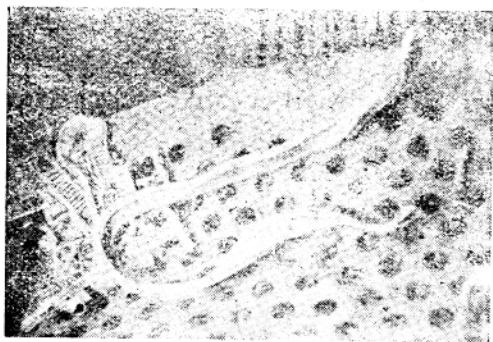


图1-5 落于凝汽器內部分损坏叶輪碎片及断裂的补强环

前只在一段叶片上有部分损坏，如此級叶輪不在內部各級损坏前首先自輪盘槽脫出，則将被碎片打得破烂不堪。以上是第39級叶輪可能首先脫圈的証据。但从輪盘槽內尚余的一段掐环来看，結合仍較牢固，其余槽內与捻条及掐环之結合面仍較完整，这些現象又說明此級叶輪如不受振动不易脫出。对第31級叶輪說，叶輪已連同全部掐环自輪盘槽內脫出，叶輪插入对側第30級和32級叶輪間，除第31級外側补强环与右側輪盘相磨外，其它各部均完整。第31級补强环內側面上，有

很多汽封盘磨损时产生的金属灰堆积物。以上现象分析，認為該級叶輪可能在机組劇烈振動，左側汽封盤軸封磨損前已脫圈，并卡在第30級和第32級叶輪間，与右側同向旋轉（叶輪構造見圖1-6）。当仔細檢查摺环及輪盤槽時又发现：

1. 与其它各級現存摺环相比較，此級摺环全圈外側接合面已严重腐蝕，表面上原有加工刀紋已變平，并有腐蝕麻點，外側接合面原有兩個不同尺寸加工面已腐蝕成一個面，

只有表面上尚能看出一道分界痕迹（圖1-7），摺环內側捻條的滾花中已生銹，凸起的邊緣已腐蝕變平。以上現象可以說明摺环与輪盤槽間之緊力已腐蝕松馳。

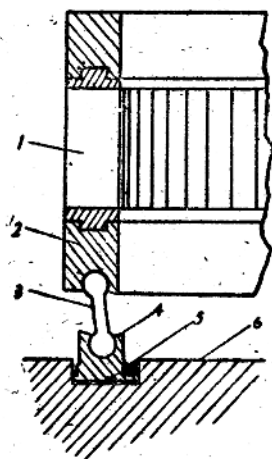


圖 1-6 叶輪構造

1—叶片；2—補強环；3—膨脹环；
4—摺环；5—捻條；6—輪盤。

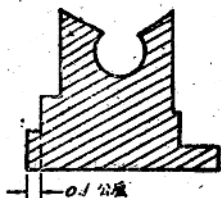


圖 1-7 摺环構造

第31級叶輪摺环虛線部分
已腐蝕變平。

2. 輪盤槽內浮銹甚少，特別是捻條接縫下面，由于捻條間有3公厘左右的空隙，应有較多之浮銹，而从此槽表面已不易从浮銹判明何处是接縫，但仔細檢查槽內表面，却有腐蝕痕迹。有腐蝕而銹少，是由于此級叶輪曾于槽內滑動將銹

磨掉的緣故。

从第31級以上現象綜合判断，此級先脫圈的可能較第39級為多，但第31級叶輪半徑較小，并較輕，脫圈后造成机組振動較小。而此次事故時，振動極為劇烈，引起此現象之原因可能是第31級叶輪先脫圈后引起机組振動，同時造成第39級脫圈造成更大振動，机組振動使叶輪摩擦而損壞。

至于第31級叶輪摺环結合松馳原因，經分析可能是制造時摺环外側与根槽配合公差过大，捻条捻合后摺环外側仍未能与根槽緊密接觸，因而汽水能进入槽內产生腐蝕。此時叶輪仅靠內側捻条所产生的單面緊力固定，运行中捻条因腐蝕及摺环輪盘膨脹变化，捻条緊力逐漸松馳，在蒸汽作用下這級叶輪摺环在槽內滑动最后脫圈。

(四)事故对策

此次事故虽与制造、安装有一定关系，但我們認為如果在过去檢修中能及时檢查发现，采取有效措施保持摺环与輪盘間仍如新装時或运行初期之緊力，此次事故是可以避免的。因此，这次事故对策的重点：是如何在檢修时发现根部結合不緊的叶輪以及如何改进恢复叶輪根部的結合，防止叶輪脫圈。现将我厂所采取的方法及在五台机执行时发现的問題簡述如下。

1. 檢查叶輪与輪盘結合是否緊密：

(1) 用小鎚敲击各級叶輪，从音頻有无突变，是否发哑判断結合情况；*4机第5級叶輪事故后，自膨脹环上部鞄口处松馳，用手已能将叶輪轉动。在敲击時，发现声音已变哑；处理*2机第32級自槽內歪出缺陷時，在自輪盘拔取叶輪过程，膨脹环鞄口也曾受力，重装后敲击声音也变哑；各机在更換捻条后，敲击声音也不如过去清脆；新換*4机叶

輪共有10級徑向敲擊聲音已發啞。從上述各種聲音變啞情況來看，完好葉輪的聲音較好，不正常葉輪的聲音會變啞，但聲音變啞測量方法不夠精密，影響變啞之因素也很多，因此只能作檢查結合程度之一項參考試驗，應根據其它方法綜合加以判斷。

(2)各級葉輪用扁錘沿輻向在端面打上記號(見圖1-8)，下次檢查根據記號判斷葉輪在槽內曾否滑動；在事故後，各機均將葉輪分成六等分，沿直線方向打上記號。對此方法，我們認為費事不多，如果葉輪已在輪盤槽內滑動

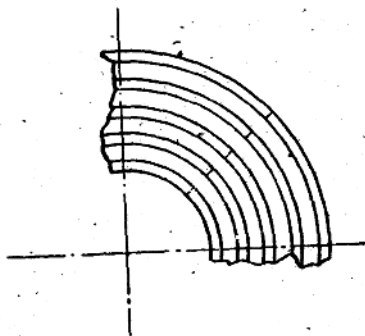


圖1-8 葉輪端部作記號

而未脫圈是可以用此措施發現的。但又考慮，如葉輪已在槽內滑動，則葉輪與輪盤間緊力已很小，運行中極易造成脫圈，能否等下次檢修時發現殊成問題。

(3)測量各級葉輪相對高度(測量方法如圖1-9)。用平尺放在最外級葉輪幾個對稱方向，分別測量 A 、 B_1 、 B_2 、 B_3 ……各數值，同時用探尺測量 C_1 、 C_2 、 C_3 ……等數值。葉輪端面較平整，測量前又可使銹垢清除，所以 A 、 B_1 、 B_2 、 B_3 ……等尺寸均可測得較精密。在測取 C_1 、 C_2 、 C_3 ……等尺寸時，因輪盤上銹垢不易清除，將嚴重影響數值之準確，因此測量“ C ”尺寸，只有在條件可能時進行。通過一次測量及與歷次檢查測量數值相比較，可以有效判斷葉輪是否已出槽；葉輪是否歪斜；輪盤是否變形等。如同一葉輪前後兩次“ B ”“ C ”尺寸變

化，而“*A*”尺寸未变，可能是叶輪出槽；同一叶輪各处“*B*”尺寸相差过多，可能是叶輪自槽內歪出；几級叶輪各处“*B*”尺寸均改变，而“*A*”“*C*”尺寸未变，可能是某一部分輪盘变形。我厂利用此种方法曾发现下列叶輪存在严重隱形缺陷：

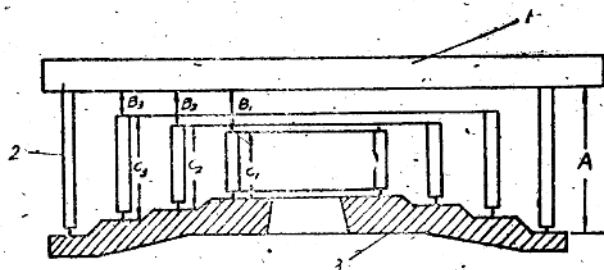


图 1-9 用平尺测量叶輪高度

1—平尺；2—叶輪；3—輪盘。

A. 同一叶輪各位置“*B*”尺寸不同，相差較大，經檢查是叶輪已从輪盘槽內歪出。在測量各級叶輪“*B*”尺寸时，由于叶輪端面已腐蝕不平，各級叶輪安裝輾合各处尺寸将有些差异，因此同一叶輪各处“*B*”尺寸相差在0.10公厘数值以內是可能的，但如相差过多，将有其它問題。我厂*2机第32級叶輪各处“*B*”值相差1.6公厘；*5机第28級叶輪也相差1.0公厘，均是叶輪自輪盘槽內歪出。

在处理*2机第32級叶輪时，原估計这級捻条已松，准备取下捻条后将叶輪用压板压回槽內，然后重捻上捻条。实际进行时，发现在叶輪有几处捻条結合已不紧，但用压板压叶輪时却压不动，为了找原因又决定将叶輪从槽內拔出，采取了如图1-10所示工具，全圈用32个5/8"圓鋼作的拉具。前几次拔时工具数較少，也較細，将工具刃处拔坏，但叶輪仍不

动。考虑是否不繼續拔了，但又觉得如果沒拔过結合还好，一拔之后还不如未拔之前，最后还决定将叶輪拔出。便增多了工具数，并加粗了工具。又考虑用此工具拔叶輪时，叶輪受力集中在膨脹环上輓口几点，可能会使上下膨脹环輓口变形，临时又加装了2个百分表(如图1-11)以監視膨脹环处变形。操作时发现加力后膨脹环处曾拉长0.10公厘，外力去掉后仍能复原，最后“蓬”的一声，叶輪终于松动拔出。后发现槽內存有铁锈，清扫后将叶輪从新压回槽內，捻上捻条，但用小鎚敲击声音已变哑，在使用百分表監視膨脹环处拉伸变形时，每次工具加力后要用鋼棒敲击叶輪各处，以使各处結合松动。敲击时需将百分表取下，重装后指示不尽相同，因此，此种測量只能監視工具每次加力前后膨脹环之变形。

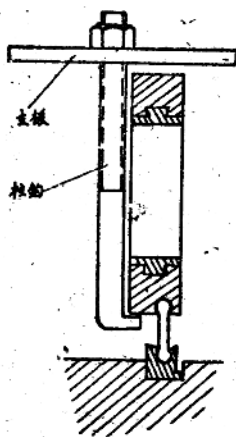


图 1-10 拔叶輪工具

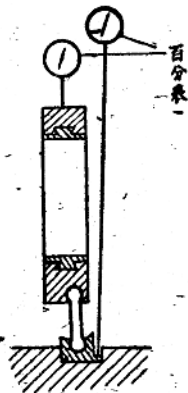


图 1-11 用百分表監視
膨脹环变形

以后在处理*5机第28级叶輪时，当取下捻条用压板压叶輪时，由原来相差0.10公厘压成相差0.38公厘，当时考虑此数值已不大，叶輪指环已大部回槽，且*2机拔出后，因膨胀环处受力装复后敲击声音反而变哑，因此决定不再拔出叶輪。

此两级叶輪歪出之原因，初步分析可能是捻条接合較松，蒸汽进入槽内产生鉄锈，将叶輪頂歪。*5机第28级叶輪可被压回之0.62公厘，可能是歪出后运行中受振动繼續歪出。另外，此两级叶輪均位于右侧轉子輪盘变截面处，是否和构造有关还是偶合，对此問題未能作仔細分析。

B. 几級叶輪“B”尺寸前后两次改变，但“A”“C”尺寸未变，可能是輪盘变形。*4机新换之叶輪前后两次几段“B”尺寸相差0.20公厘，但“A”“C”尺寸却未变，据檢查在組装时輪盘受力已变形。

2. 加固叶輪与輪盘結合：

(1) 檢查更換捻条：*4机用之捻条成份經化驗为C 0.1%，Si 0.03%，Mn 0.09%，S 0.013%，P 0.028% 是特殊低炭鋼材。使用此种材料之理由，一方面材質較軟，便于捻合；另外不易生銹腐蝕，当汽輪机运行时間較长，捻条終要腐蝕，且捻时系手工操作，可能个别捻条捻接不良。因此，檢查重点为腐蝕过重及捻接松弛。方法除觀察表面腐蝕情况外，还用小刀起捻条接头，如有問題即进行更換。

起捻条时，是用特制歪头小錘，施工时因有的叶輪較高，敲击小錘时又不敢用力过大，以免将槽内滚花錘坏；小錘头又窄，結果工具經常断头。換用之捻条由于找不到与原成份相同之鋼材，只能用優質10号鋼代替。先按原捻条尺寸鉋成捻条后，再經900~920°C退火处理。捻时是用2磅手錘

及扁錘敲捻，据我厂黄厂长记忆，过去三菱公司来人修理捻条时，是一錘捻成尽量不打第二錘。考虑此种作法是一錘后捻条可能受力超过屈服点，产生永久变形，如再受力，捻条则将破坏。因此，我们在施工时，仍尽量按此作法，并事先经过试捻。在捻捻条时，輪盘背部加一千斤頂，以減輕輪盘振动，增加冲捻力。

在更換各机捻条时，发现捻条构造逐步改进，出厂較早之设备捻条較薄，用扁錘錘捻后，錘尖下面捻条已很薄；制造較晚之设备，除捻条加厚外，捻条与指环結合面还有一道小沟，捻条捻合后将起防止松脱之作用。

(2)为防止捻条脱槽，在叶輪槽边缘冲出小坑(如图1-12)，原槽内已有滚花是起防止捻条脱出之作用的。上述措施是滚花已被腐蝕后代替滚花之作用，原考虑冲坑应在无捻条輪盘侧，但施工时发现有些叶輪将輪盘擋住无法施工，只能在有捻条侧冲坑。

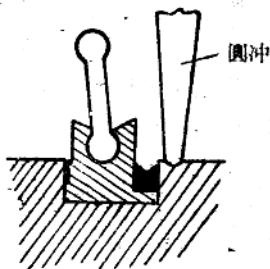


图 1-12 輪盘冲坑

坑在布置时捻条头冲 2 个坑中間间隔冲 2~3 个坑。在*2机施工时，发现輪盘材料較硬，一冲就掉渣，未能进行。

*4机叶輪损坏事故是我厂有史以来损坏设备最严重的一次；这次事故給党和国家造成了极其巨大的损失。事故后，我厂在黑龙江省电业局协助下，对事故原因、对策作了初步研究，并在其余四台机上按照对策进行了叶輪檢查和修理，也发现了一些严重隱形缺陷，但我厂在这方面經驗不多，技术水平不高，分析又不細致，如何彻底防止叶輪脫圈还存在很