

汽轮机汽缸渗漏综合治理研究与实践

刘大富

江西铜业集团公司贵溪冶炼厂 江西贵溪

【摘要】 汽轮机在运行过程中，由于设计、制造、安装、运行工况等原因，造成的汽缸渗漏是最为常见的设备问题，汽缸结合面的严密性直接影响机组的安全稳定运行，检修处理汽缸的结合面使其达到严密，是汽缸检修的重要工作，在处理结合面漏汽的过程中，要仔细分析形成的原因，综合的运用各种方法，以达到结合面严密的要求。通过实践研究采用改进汽缸结合面的密封材料，选用膨化四氟带用于汽缸轴封结合面的密封材料，最终彻底解决机组气缸蒸汽渗漏问题，取得非常好的效果。

【关键词】 汽轮机；结合面；蒸汽渗漏；密封；膨化四氟

【收稿日期】 2022 年 11 月 10 日 **【出刊日期】** 2022 年 12 月 21 日 **【DOI】** 10.12208/j.ijme.20220061

Research and practice of comprehensive treatment of steam turbine cylinder leakage

Dafu Liu

Guixi Smelter, Jiangxi Copper Corporation, Guixi, Jiangxi

【Abstract】 During the operation of steam turbine, the leakage of cylinder caused by design, manufacture, installation and operating conditions is the most common equipment problem. The tightness of cylinder joint surface directly affects the safe and stable operation of the unit. It is an important work for cylinder maintenance to maintain the joint surface tightly. In the process of dealing with the leakage of cylinder joint surface, the causes of formation should be carefully analyzed and various comprehensive methods should be used. To meet the requirements of tight joint surface. In this paper, through practical research, the sealing material of improving cylinder joint surface is used, and expanded tetrafluoro belt is selected as the sealing material of cylinder shaft seal joint surface. Finally, the problem of steam leakage in cylinder of unit is thoroughly solved and very good effect is achieved.

【Keywords】 Steam turbine; Joint surface; Steam leakage; Seal up; Expanded Teflon

1 引言

汽轮机也称蒸汽透平发动机，是一种旋转式蒸汽动力装置，高温高压蒸汽穿过固定喷嘴成为加速的气流后喷射到叶片上，使装有叶片排的转子旋转，同时对外做功。汽轮机是现代火力发电厂的主要设备，也常用于冶金工业、化学工业、舰船动力装置中。

江铜贵冶动力车间 1#蒸汽透平机组（见图 1）是利用工厂余热蒸汽发电的原动机机组，为德国德进口设备，其型号及基本参数（见表 1）。汽轮机组的安全稳定运行直接影响到工厂的经济效益。但是由于设计制造上的缺陷，至 2014 年安装运行以来，机组汽缸蒸汽渗漏一直成为困扰设备安全稳定运行的难题。

因机组蒸汽渗漏问题贵冶维修人员多次与德国设备厂家进行了交涉，最后制造厂商更换了机组汽缸，但是机组气缸结合面螺栓连接处以及汽缸轴封位置仍然存在渗漏，国内专家也多次来贵冶主持检修，始终都没能处理好汽缸连接螺栓处及机组汽缸轴封位置结合面渗漏问题。为不影响开机产生的工厂经济效益，该机组长期带病运行，存在重大安全风险，甚至严重时，机组汽缸中分面轴封处蒸汽进入到机组齿轮油箱，造成润滑油乳化、污染（杂质），污染油质造成齿轮啮合面磨损等一系列问题，严重威胁到机组运行及操作人员安全，成为重大安全隐患，因此贵冶每年要进行多次检修，造成检修费、备件材料费居高不下，生

产运行成本大增。



图 1 1#蒸汽透平机组

表 1 透平机的主要技术参数

型 号	GTW17+gear+DIG150 1/4 W	投运时间	2014 年 9 月
额定功率	3720KW	制造厂家	德莱赛兰
入口蒸汽压力	43bar	排气压力	17bar
入口蒸汽温度	254.7 °C	排气温度	204.3°C
入口蒸汽流量	59.6t/h	汽轮机转速	9500rpm
发电机容量	4650kVA	发电机转速	1500rpm

2 机组渗漏的原因分析

机组渗漏问题，往往并不是某一个单独的原因造成，根据现场渗漏情况和多次检修经验综合分析，机组渗漏是由多方面造成的，主要分析如下：

2.1 机组汽缸设计制造上的先天的不足

贵冶 1#蒸汽透平机组是由特殊铸钢材料铸造加工而成，汽缸出厂后需要经过时效处理，即需要存放一定时间，使汽缸在铸造过程中所产生的内应力完全消除。如果时效时间短，内应力不能完全消除，那么加工好的汽缸在以后的运行中可能还会变形^[1]。由于种种原因，设备出厂后时效处理不够，致使设备安装运行以来，机组汽缸中分面在高温、高压状态运行时出现局部变形，汽缸结合面难以密封，局部一直存在蒸汽渗漏现象。长期的蒸汽渗漏已造成汽缸中分面有局部冲刷。



图 2 汽缸中分面局部冲刷

2.2 汽缸中分面联结螺栓预紧力失效，不能达到标准

汽缸联结螺栓是经过特殊处理的耐高温、高压、高强度螺栓，螺栓联结的预紧力有严格要求，如果汽缸的螺栓材质不达标，螺栓在长时间的运行当中，在热应力和汽缸膨胀力的作用下被拉长，发生塑性变形，紧力就会不足^[2]。另外，机组的起停或负荷变化时产生的热应力和高温也会造成螺栓的应力失效，而汽缸中分面的严密性主要靠螺栓的紧力来实现。机组安装运行以来，为解决渗漏问题频繁检修拆卸螺栓，且螺栓已使用多年，螺栓预紧力难以达到标准要求，从而造成汽缸发生蒸汽渗漏。



图 3 汽缸中分面螺栓部位渗漏

2.3 汽缸中分面轴封密封座金属膨胀环密封失效，密封座与汽缸中分面装配精度难以达标

机组汽缸的轴密封采用的是带密封座嵌装碳环

密封形式，密封座与汽缸中分面密封是采用金属膨胀环密封，见图 3、4。由于多次的拆装，加上汽缸内高温、高压蒸汽的长期冲刷，轴封座膨胀环损伤，密封作用逐渐失效，密封座与汽缸中分面出现渗漏。

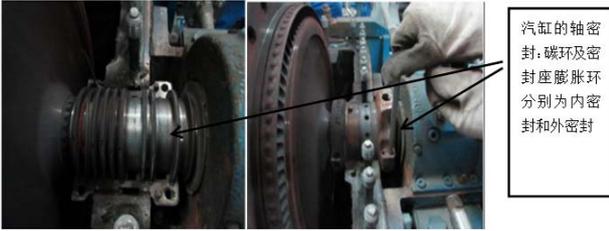


图 4 汽缸中分面轴封

另外该机组为德国进口设备且为整体组装，汽缸轴封座与汽缸中分面装配缺失原有的装配数据，而气封装配间隙要求非常高，如装配不到位很容易造成蒸汽渗漏。在轴封的金属膨胀环密封失效后，现场检修人员只能根据经验，以此选用的密封材料难以保证其装配精度。即使更换新轴封的金属膨胀环密封，仍然出现渗漏。

3 汽轮机汽缸渗漏综合处理实践

3.1 局部补焊，人工研磨，消除汽缸中分面变形量及蒸汽冲刷沟痕，保证密封面装配精度

用长平板尺和塞尺检查汽缸结合面的变形情况，对变形量较大部位或冲刷的沟痕，选用适当的焊条进行堆补焊，焊前预热汽缸至 150℃，然后在室温下进行分段退焊或跳焊^[3]（见图 5）。焊后用石棉布覆盖保温缓慢冷却，待冷却室温后进行打磨修刮，研刮使焊道和结合面在同一平面内，然后用平尺或是合上上下下缸体进行检测，并涂以红丹进行研刮，直到消除间隙，最终通过对汽缸中分面研磨，使汽缸上下缸体在自由状态下中分面接触间隙不大于 0.03mm，并在螺栓加预紧力的作用下中分面接触间隙不大于 0.01mm（见图 6），这样基本可以确保气缸中分面装配精度^[4]。从而解决机组汽缸设计制造上的先天的不足造成渗漏问题。



图 5 汽缸中分面局部补焊



图 6 检查汽缸中分面密封情况

3.2 更换老旧螺栓，利用力矩扳手多次均匀紧固，保证汽缸连接螺杆预紧力

利用力矩扳手按标准分多次均匀安装螺栓，并在原螺栓渗漏位置利用高压堵漏材料进行封堵（见图 8）。另外，把机组汽缸中分面容易渗漏部位螺栓更换新成的螺栓，并适当的加大螺栓的预紧力^[5]（见图 7）。这样可以解决中分面局部螺栓部位渗漏问题。



图 7 均匀安装螺栓



图 8 用高压堵漏材料进行封堵

3.3 改进汽缸结合面轴封密封材质

温度对金属材料力学性能影响很大，尤其在高温下载荷持续时间对力学性能影响更大，这种影响所造成的现象称为塑性变形即“蠕变现象”。原汽缸中分面轴封的密封为两道金属膨胀环，由于安装检修精度要求非常高：“膨胀环过大会造成汽缸中分面渗漏，

膨胀环过小会造成气封背部漏气,且安装检修时极易造成膨胀环损坏”。另外由于膨胀环尺寸精度问题,重新加工膨胀环难度也非常大。所以改进膨胀环材质是解决轴封蒸汽渗漏的重要措施。贵冶检修人员采用涂抹耐高温密封脂,在密封座的背部填充透平专用耐高温密封脂,以弥补由于多次拆装及汽缸内高温、高压蒸汽的长期冲刷造成金属膨胀环密封失效问题,高温密封脂能做到将中分面全部微量凹陷填平,并在接合面间的密封脂被螺纹紧固后,构成与间隙相同的薄膜,可以形成有效密封,但是由于汽缸内长期高温、高压蒸汽作用,密封脂强度不够,汽缸在运行一段时间后出现渗漏,效果不佳。另外检修人员还尝试在密封座背部加铜皮、铅丝等固体柔性密封垫片,以增加密封材料的强度。固体垫片的防渗漏是靠垫片的压缩后产生的弹性变形,但是固体垫片(铜皮、铅丝)的变形量难以计算,且安装很不方便,尝试后仍然会出现蒸汽渗漏情况。因此,检修人员在经过多次的研究分析得出,在选用轴封金属膨胀环密封材料时仅考虑常温短时静载下力学性能是不够的,它需要通过对汽缸及轴承座材质、形状、以及运行介质状态的分析,计算出在实际工况下的膨胀量(变形量)^[6],从而选用一种能够耐高温、高压、耐蠕变性的一种柔性材料。经多次实践,选用膨化四氟带材料,它具有良好的柔韧性、压缩回弹性、耐蠕变性、耐高温性及优异的耐腐蚀性、抗老化性、自润滑性等特点,膨化四氟带厚度可以压缩在 0.10mm 以下,这正是机组汽缸需要的轴封密封材料要求最小的密封间隙,完全符合选用的要求。安装时,事先将 1.5mm 厚的膨化四氟带进行预压成 0.10mm 左右厚密封条,用以敷设在汽缸轴封原有金属膨胀环上(见图 9),既解决了汽缸本体及轴封座膨胀量问题,又解决了安装精度问题,而且符合工况运行条件。其密封效果非常好。经过对密封材质的改进研究,最终找到了合适的材料,彻底解决了汽缸轴封渗漏难题。

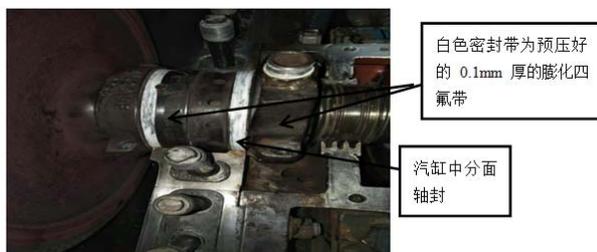


图 9 汽缸中分面轴封密封安装

4 结语

(1) 通过对机组渗漏原因的综合分析,对机组汽缸中分面的研磨、补焊;在汽缸中分面联结螺栓渗漏位置利用高压堵漏材料封堵及更换新螺栓;改进汽缸轴封背部密封的材料等以上三项“对症下药”有效措施,最终彻底解决贵冶 1#蒸汽透平机组汽缸渗漏的历史难题。

(2) 保证了机组长周期安全稳定运行,消除重大设备及人员安全隐患并取得了良好的经济效益。

(3) 选用的膨化四氟带材料作为蒸汽透平机组汽缸轴封密封材料,其密封性能卓越,费用经济且便于取材,对综合治理气缸蒸汽渗漏问题取得良好的效果,为企业直接或间接的挽回了重大经济损失,具有一定的推广意义。

参考文献

- [1] 王勇.CB25 型汽轮机汽缸中分面渗漏原因分析及处理[J]. 化工管理.2013,(16).73-73,75.
- [2] 肖增弘,王强,孟召军,等.对防止低压内缸中分面漏汽措施的探索[J].沈阳工程学院学报(自然科学版).2010,(2).114-117.
- [3] 肖真.汽轮机汽缸结合面变形分析及激光熔覆修复[J].石油化工设备.2017,(3).51-56.
- [4] 张立维.高中压汽缸结合面漏汽原因分析及处理 [J].科技风,2012,(21):103..
- [5] 郭文强,刘少佳.N1.25-2.5 型汽轮机汽缸中分面渗漏原因分析及处理[J].科技创新与应用.2015,(36).147-147.
- [6] 魏翠.汽轮机汽缸结合面漏汽原因及处理措施[J].中国高新区.2018,(9).

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS