

文章编号: 0258-0926(2015)S1-0082-03; doi: 10.13832/j.jnpe.2015.S1.0082

蒸汽发生器的孔螺纹损坏原因分析及螺纹嵌套修复技术应用

刘 强, 张晓光

中核核电运行管理有限公司, 浙江海盐, 314300

摘要:从材质、拉伸和设备保养方面对秦山第二核电厂蒸汽发生器一次侧人孔螺纹损坏的原因进行分析, 对钢丝螺套的力学特性进行了探究, 采用螺纹嵌套修复技术对螺纹进行修复。试验验证结果表明, 修复后镶套螺孔的螺栓拉伸的伸长值满足要求。镶套技术在蒸汽发生器上的工程应用可为其他核电厂处理类似问题提供借鉴。

关键词: 蒸汽发生器; 一次侧人孔; 螺纹孔; 钢丝螺套; 修复

中图分类号: TL38⁺7 **文献标志码:** A

Analysis of Thread Corrosion Damage in Primary Manway of Steam Generator and Application of Thread Wire

Liu Qiang, Zhang Xiaoguang

Nuclear Power Operation Management Co. Ltd., CNNC, Haiyan, Zhejiang, 314300, China

Abstract: As the thread in the primary manway of the steam generator of Qinshan phase II nuclear power plant was damaged, the reason was analyzed in terms of material, stretching and equipment maintenance. Mechanical properties of the wire thread insert were studied and the thread is repaired by the thread wire technology. The test result shows that the stretching of the bolt installed with wire thread insert meets the requirement, and the engineering application of the thread wire technique on the steam generator can provide a reference for solving the similar problems in other nuclear power plants.

Key words: Steam generator, Primary manway, Thread hole, Wire thread insert, Repair

0 前 言

蒸汽发生器(SG)中的U型传热管是一回路压力边界的关键部件,是SG最核心的部件之一。大修期间,检修人员进入SG的一次侧人孔对U型传热管进行涡流探伤检查。

秦山第二核电厂SG一次侧人孔密封采用16颗M48mm×3mm的螺柱将内盖板、密封垫片、人孔盖板固定。2011年4月,一回路水压试验时,发现SG一次侧人孔共有8颗螺栓孔的螺纹存在螺纹缺损及锈蚀,直接影响螺纹强度及寿命,需

要加工修复。本文对秦山第二核电厂SG一次侧人孔螺纹损坏原因进行分析,并利用螺纹嵌套修复技术对螺纹进行加工修复。

1 螺纹损坏原因分析

主要从材质、拉伸工作和设备保养方面对人孔螺纹损坏原因进行分析。

1.1 材质

秦山第二核电厂SG由西班牙核电设备制造厂(ENSA)设计,使用的材质为SA-508(相当

收稿日期: 2015-03-17; 修回日期: 2015-05-24

作者简介: 刘 强(1976—),男,研究员级高级工程师,现从事核电厂机械检修管理工作

于国内牌号 20MnNiMo), 是压力容器标准用钢, 故材质没有问题。

1.2 拉伸

螺纹载荷: 因螺纹的第一牙和第二牙螺纹总计承受 58% 的力, 如果是拉伸有问题, 应该损坏前两牙, 但实际上损坏了后部螺纹, 因此排除拉伸工作不当导致螺纹损坏的可能。

1.3 设备保养

因选用了乐泰 N-5000 镍基螺纹耐咬合剂, 降低了标准卤素要求且保养方法存在不足; 螺孔用白布封堵, 油质在空气中流失严重, 水压试验时核岛没有封闭, 海边空气的影响较大; 存在保养间隔周期太长和保养效果检查不足的问题。

2 处理方案

2.1 方案选择

因相邻两螺孔边缘到边缘的间距约为 52 mm, 远大于人孔螺纹的牙高, 故螺孔扩孔, 对本体强度的影响忽略不计。据此, 有如下 2 种处理方案。

(1) 方案一: 扩孔攻丝, 更换螺栓。该方案可细分为 2 种情况: 对所有螺孔进行扩孔、攻丝, 将螺栓整体更换为大尺寸螺栓; 加工新的螺栓及人孔盖板, 并采购新的螺栓拉伸机完成开关人孔工作。

(2) 方案二: 扩孔攻丝, 加装钢丝螺套。对损坏的螺纹孔进行扩孔、攻丝, 然后加装合适尺寸的钢丝螺套, 使钢丝螺套形成的内螺纹规格与原螺孔的一致。

当螺纹镶入钢丝螺套后, 连接强度不会减小, 装了钢丝螺套的内螺纹比标准制作的内螺纹的抗拉强度提高约 50%, 破坏扭矩也相应的提高约 40%^[1]。

普通螺纹存在轴向载荷分布不均, 而螺纹套为弹性元件, 加装螺纹套后螺栓轴向载荷分布更为均匀, 有利于螺纹保护, 并增加螺纹副的强度。

加装钢丝螺套的好处有: 钢丝螺套有利于螺纹强度增加, 使得螺栓受力更均匀; 不需要加工新的螺栓; 拉伸工具可继续使用。

经过多方讨论, 确定使用螺纹套技术修复损坏的螺纹。

2.2 可行性分析

2.2.1 镶钢丝螺套前后本体螺纹受力状况 对比镶钢丝螺套前后, SG 本体上内螺纹的受力面积为:

$$A = 0.7854(d - 0.9382P)^2 \quad (1)$$

式中, A 为内螺纹的受力面积, mm^2 ; d 为内螺纹大径, mm ; P 为螺距, mm 。

镶钢丝螺套前, SG 本体上螺纹孔规格为 M48 $\text{mm} \times 3 \text{mm}$, 将数据代入式 (1), 得出内螺纹的受力面积为 1603.57mm^2 。

镶钢丝螺套后, 由于对原螺纹进行扩孔、攻丝, 本体上螺纹孔规格将发生变化, 根据钢丝螺套生产厂家的标准, 蒸发器本体上的螺纹孔规格为 STI48 $\text{mm} \times 3 \text{mm}$, 其 d 为 51.9mm , P 仍为 3mm , 代入式 (1), 得出镶钢丝螺套后, 内螺纹的受力面积为 1892.32mm^2 。

镶钢丝螺套后, SG 本体上内螺纹受力面积比改进前增大了 18%, 因此可知: 镶钢丝螺套后, SG 本体上螺纹的强度增大了 18%。

2.2.2 新组合成的螺纹连接副的强度 螺套采用因科镍 750 合金钢, 经过金相分析, 螺纹套的强度和硬度及内部成份的标准均高于设备螺纹孔的强度。由于钢丝螺套镶入了螺纹孔, 相当于增加了螺栓的直径, 根据螺纹副连接的的计算公式为:

$$D_1 = D_2 + 1.229P \quad (2)$$

式中: D_1 为钢丝螺套底孔螺纹中径, mm , D_2 为标准螺纹中径, mm 。

安装钢丝螺套之后, 螺纹连接副的受力面积增加比例为:

$$\delta = \frac{2.458D_2P + 1.510P^2}{D_2^2} \times 100\% \quad (3)$$

以现场需要修复的螺孔为例, 其规格为 M48 $\text{mm} \times 3 \text{mm}$, 查询得出螺纹中径 $D_2 = 46.051 \text{mm}$, 则 δ 为 17.24%。即受力面积增大了 17.24%, 亦即螺纹连接副的强度增大了 17.24%。

当螺纹与螺栓正常使用时, 螺孔与螺栓的接触面积并不是 100% 接触, 实际接触面积有限, 但当安装了钢丝螺套之后, 由于钢丝螺套的弹性较好, 可以对螺孔与螺栓的配合间隙进行补偿, 增大了实际接触面积, 因此, 螺纹孔与螺栓的连

接强度会进一步提高。

3 实施过程

3.1 现场模拟检验

为达到核级设备的要求,需对螺纹套进行模拟试配,以保证强度满足现场要求。

(1) 金属试验块,其材料与现场设备材质一致,用与现场加工用的可移动气动钻床同型号的钻床在试块上钻孔,孔的直径范围要求为48.651~49.048 mm,钻孔的深度与现场设备人孔的螺孔深度相同,均为85.49 mm。

(2) 在已经加工出孔的试样上,用专用工装固定气动驱动的丝锥进行攻丝,分头锥和二锥攻丝,加工后的深度与现场设备的螺纹深度一致,为82.49 mm。用铜丝刷清理内表面,用内窥镜检查表面是否光滑平整。

(3) 用专用工具将钢丝螺套顺时针拧入螺纹孔中,并敲断螺纹套的横杆,取出横杆,至此钢丝螺套安装完成。

3.2 工装设计

现场工装要满足以下几个条件:

(1) 使用受损螺纹孔附件的其他螺孔作为工装的支承点,用于紧固工装及准确定位。

(2) 所使用的加工工装具有现场可调节功能,可调节气动加工设备与需要处理的螺孔之间的位置。

3.3 设备缺陷的现场处理

3.3.1 缺陷螺纹镗孔 在工装上安装气驱动镗床,加工时平行度及同轴度偏差均 2 丝。

3.3.2 用专用丝锥进行攻丝 攻丝时要求其平行度及同轴度偏差均小于等于 2 丝对丝锥的轴线

对中情况进行调整,先用头攻进行攻丝,再用二攻进行攻丝。

3.3.3 螺孔安装钢丝螺套 先对安装前的螺纹加工的情况进行内窥镜检查并拍照留查。后用专用工具将钢丝螺套顺时针方向拧入扩孔后的螺孔,到位后将螺套的安装柄折断,并取出。

3.3.4 处理完成后的螺孔验收 为了保证精度,用通规和止规进行验证,并用螺栓进行实物验证。

4 结果验证及结论

采用测量拉伸螺栓伸长量的方式进行结果验证。伸长量反馈了螺栓在人孔盖板施加的压紧力,如果所有螺栓的伸长量均匀并一致,则体现人孔盖的压紧力均匀,密封性好。修复后的法兰螺纹已经经过了调试时的系统水压试验及首次大修的系统水压试验检验。镶套修复后的螺孔未见异常。

通过试验验证螺纹镶套对人孔密封性的影响,对比结果表明修复后镶套螺孔与正常没有受损的螺孔的螺栓拉伸的伸长值满足要求,这也保证了法兰的密封性。镶套技术在核一级设备 SG 上的工程现场应用,为其他核电厂提供了良好的借鉴。即通过应用螺纹套的方法处理缺陷,是合理可行的,并在后期福清项目的处理过程中得到了同样的验证。

参考文献:

- [1] 张志权. 钢丝螺套拉力试验[J]. 航空标准化与质量, 1977, 03: 19-23.

(责任编辑:黄可东)