超超临界机组安装焊接（下）

浙江火电建设公司 （杭州 310015） 张学锋 郭国均

（5）热电偶插座焊缝裂纹（某超临界机组），如图13所示。

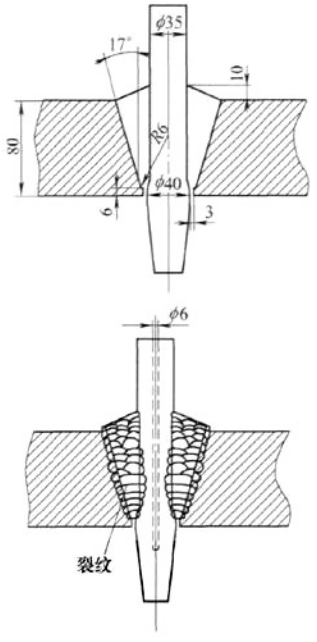


图13 主蒸汽热电偶插座结构

某火电厂在进行水压试验时，发现主蒸汽管道6只热电偶插座的角焊缝5只开裂漏水，在后续三年中对剩下的16只热电偶插座的角焊缝进行MT、UT及PT检验时，发现焊缝内部皆存在不同程度的面状缺陷，部分焊缝外表面存在线状缺陷，经打磨后发现，焊缝内部存在不同程度的层状夹渣和裂纹，如图14、图15所示。主蒸汽管道材质为SA335P91，规格为φ508mm×80mm，热电偶插座的材质为SA336F91。

原因分析：

第一，结构因素。热电偶插座是一个近似于实心的钢棒；主蒸汽管道壁厚为80mm、钝边厚度为6mm、根部圆角 R = 6mm、坡口角度17°，插座与主管道连接根部的间隙只有3mm，显然这是一个刚性相当大的焊接结构。



图14 热电偶插座焊缝裂纹

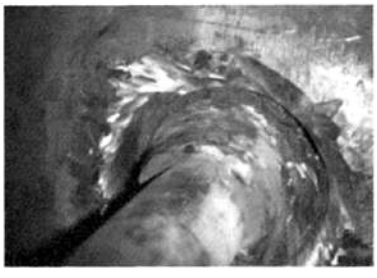


图15 热电偶插座夹渣

厂家采用的是焊条电弧焊工艺。由于管道壁厚和钝边较厚，根部间隙和坡口角度又很小，形成了一个封闭环形的凹坑状焊接区域，所以焊条电弧焊操作难度很大，并且很难焊透，易产生根部裂纹、夹渣及气孔缺陷。此设计结构为裂纹的产生和扩展创造了条件。挖开焊缝，的确发现有很多裂纹贯穿夹渣与气孔的区域。该焊接结构拘束度大，焊接完成后，焊缝内部存在很大的内应力，分别是：沿环形焊缝的周向切应力、沿环形焊缝的径向应力、沿厚度方向的应力。这三种应力皆为拉应力，叠加值最大的位置在焊缝根部，所以水压试验时发现的裂纹是先在焊缝根部产生的，然后在外力的作用

下沿着焊缝内部的薄弱点逐渐扩展并延伸到焊缝的表面；后续发现的外表面裂纹是从夹渣的尖锐缺口处，在内应力和多次膨胀差应力的共同作用下产生的。

第二，材质因素。SA335P91 是马氏体高合金耐热钢，根据其化学成分及组织其评价焊接性极差，近年来各电建单位反映 SA335P91 钢在焊接过程中，产生冷裂纹倾向明显。

第三，工艺因素。6 只中有 5 只热电偶插座角焊缝在水压时均发生了泄漏，说明裂纹的产生具有普遍性。生产厂家在焊接热电偶插座时进行了预热，但在焊接完成后没有及时进行消氢及高温回火处理，而是直接冷却至室温放置了一段时间后随管段一起进炉热处理，这是产生裂纹的重要外在因素。

处理方法：对于上述结构的焊缝裂纹，要根据裂纹的轻重程度判断，细短裂纹可采用挖补的方式处理，对于缺陷范围大的情形，应整个挖掉重焊，采用机械的方法挖，如图 16 所示；根部打底焊接时，因结构特殊不能充氩气，则可采用药芯焊丝或在实芯焊丝及坡口面上涂免充氩保护剂的方法来确保根部焊缝的质量，焊接工艺严格按 P91 钢的焊接工艺执行，焊接过程中单层焊缝宜薄，清渣要彻底，如图 17 所示。

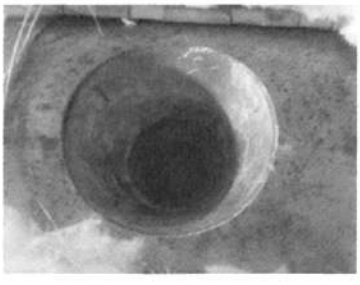


图 16　热电偶插座坡口根部



图 17　层间焊缝热电偶插座坡口根部

防范措施：对于防止管接座、热电偶插座之类结构的焊缝出现裂纹，可从以下方面去防范：①从设计上保证结构：便于焊工施焊、焊接结构刚性尽量小。②从工艺上保证：选用正确的焊材、合理的预热和热处理工艺、严格按制定的工艺参数焊接、层间清理要彻底。③从检验上保证：焊缝成形良好，并与母材圆滑过渡，采用 MT、UT、PT 中的一种方法检验，或两种或三种方法联合检验。

5. 承插式角焊缝泄漏

该类泄漏主要存在于油管路、取样管道、汽水管道。接头形式如图 18 所示。

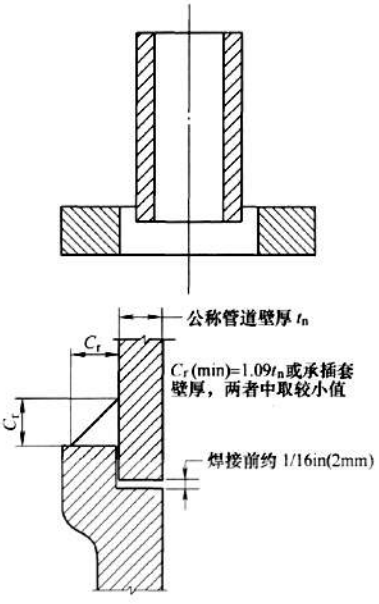


图 18　承插套接结构

管道口径小，壁薄，焊缝采用单层焊接或双层焊接接头未错开而导致的泄漏。

套接头角焊缝泄漏：该类接头焊接时应注意，焊接前组对时应预留约 2mm 的膨胀间隙，否则机组运行后由于膨胀受阻将撕裂焊缝导致焊缝泄漏。

6. 受热面（主要是水冷壁、过热器、再热器）爆管

目前超超临界机组在 168 试运行及正常发电运行时或多或少都存在受热面爆管和泄漏事件。

管内异物堵塞或管内节流孔径实际制造尺寸小于设计值，造成蒸汽流量减少，导致管子局部过热，引起爆管，示例如图 19 所示。

引起内部堵塞的异物主要有两大类，第一类为铁刨

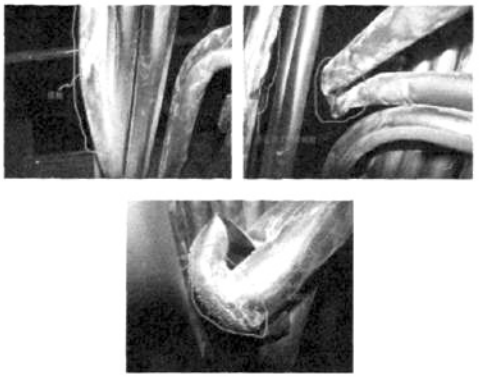


图19 胀粗及爆管

花、氧化铁等；第二类为管子内壁氧化产生的沉淀物，该沉淀物呈泥沙状。如图20所示。

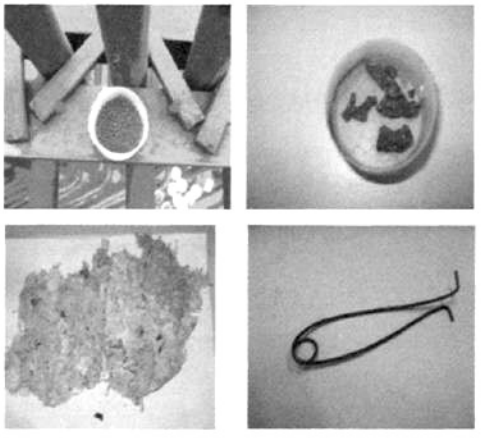


图20 异物图样

对于第一类异物，在锅炉安装前要加强对设备清洁度的检查，在现场安装过程中要防止异物落入管子（道）、集箱内，锅炉厂和现场安装单位都要制定严密的管内清洁度控制程序，严格过程检查，各项措施要严格落实到位。第二类异物产生主要有两个原因：一个是锅炉运行中出现超温或由于锅炉运行时间较长，管内壁产生氧化皮剥落；第二原因是管材本身存在问题，即管材的抗高温氧化腐蚀的能力不强，锅炉运行中产生大面积氧化物剥落。据了解，目前部分锅炉的过热器（部分管段材质为T23）存在这个现象。对于氧化物剥落的问题，一方面锅炉在运行中要严防超温，另一方面要及时了解世界上对于新型钢种的一些使用情况，发现问题及时采取应对措施。

异物堵塞一般都发生在管子的拐弯处或入口处。到目前为止发现的管内壁氧化物沉淀堵塞都发生在管排下部的转角处，对于设有节流孔径的管子一直存在爆管的现象，而又无法判断是否由节流孔径太小引起或是否有异物在节流孔处堵塞引起，可采用射线透照的方法进行检查确认。

使用氧乙炔火焰切割和焊接不当时，割伤管子或电弧击伤管子，在后续工作中又未进行检查，割伤或击伤处没有进行补焊和检验，在运行时，发生泄漏爆管。这类问题的解决一方面应加强设备的检查力度；另一方面还要加强钳工和焊工的技能水平和质量意识培训，一旦出现或发现类似问题应报告责任部门处理。

受热面管子与铁附件的连接处发生裂纹导致泄漏，如图21所示。裂纹发生情形主要有两种，一种是焊缝开裂，裂至管子；第二种是直接从焊缝与管子交界的熔合线及其附近区域发生裂纹，裂至管子。

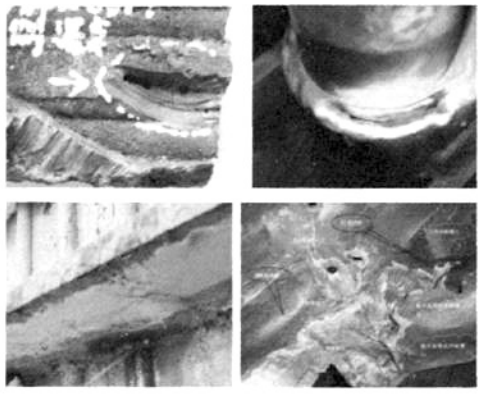


图21 管子和铁部件裂纹

究其原因主要有：结构设计不合理引起焊后存在较大的焊接残余应力、冷热交变应力、疲劳振动，以及焊接工艺制定或执行不正确、整体结构应力分布不均匀等造成的局部位置应力集中。

防范措施：

第一，从设计上保证。结构刚性尽量小，减少焊后残余应力，避免存在明显的应力集中点；考虑结构的膨胀问题，预留膨胀余量，尽可能地减少不必要的焊缝。

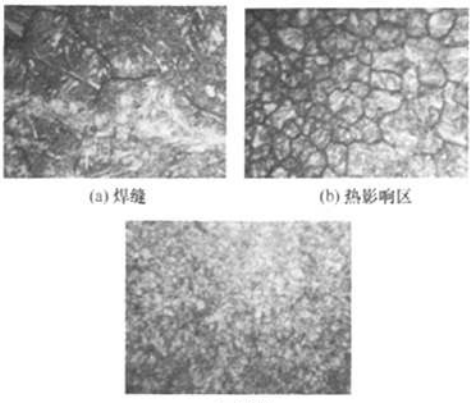
第二，从工艺上保证。选用正确的焊材、合理的预热和缓冷工艺、合理的焊接顺序。

第三，从检验上保证。尽可能地消除焊接缺陷，保证焊缝成形良好，并与母材圆滑过渡。

（4）焊缝组织变化 某电厂锅炉在水压保养期间发

现末级再热器厂家焊口泄漏，材质为SA213T91，规格为φ54mm×4.66mm，缺陷性质为焊缝熔合线处开裂。割管后对母材进行了元素化学分析，并扩大检查焊缝的金相组织分析，母材化学元素符合设计要求，但其中w_{Cu}=0.07%（标准为无）；焊缝金相组织偏大，有淬硬马氏体组织存在。

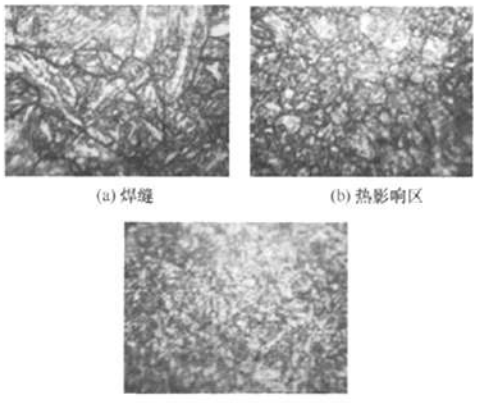
第一，硬度偏低焊缝，典型图片如图22所示。



(a) 焊缝　(b) 热影响区　(c) 母材

图 22

第二，硬度偏高焊缝，典型图片如图23所示。

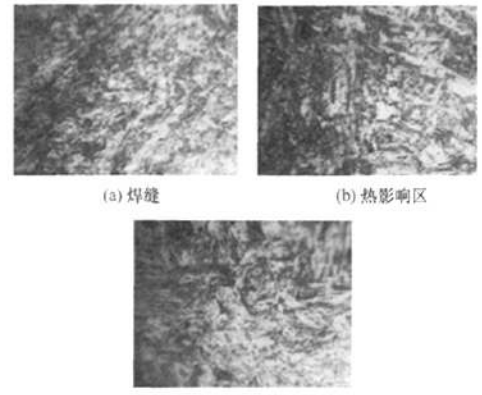


(a) 焊缝　(b) 热影响区　(c) 母材

图 23

第三，硬度正常焊缝，典型图片如图24所示。

原因分析：①裂纹为冷裂纹。②焊接过程中，焊接工艺执行不到位，特别是预热、层间温度、电压参数，焊接厚度过高导致焊速过慢，导致晶粒粗大。③个别焊缝存在焊后热处理温度超标。④焊后热处理不能消除结晶粗问题。



(a) 焊缝　(b) 热影响区　(c) 母材

图 24

整改措施：①对泄漏焊缝和硬度偏低焊缝进行换管处理，严格按照焊接工艺施焊。②硬度合格或偏高焊缝，但金相组织不合格的作割管重焊处理。③金相组织合格，但硬度偏高进行重新焊后热处理。MW

（全文完）　（20101028）

****

《金属加工（冷加工）》2011年第2期要目

五轴联动叶片加工中心发展现状及其结构特点
微细切削加工技术（上）
数控电解修磨抛光技术研究与应用
数控刀具管理系统的建设与发展
大螺距螺纹的铣削加工
三片式端面齿盘（鼠牙盘）锁紧结构研究
以车代磨研磨镗轴
槽钢切断模设计
底部多孔盒形拉深件模具设计解析
数控机床加工精度成因及综合分析
轴承镗道中心距的测量
折弯机液压系统的改进
BX100P卧式加工中心的维修
数控机床故障检修过程探讨
等牙顶宽变螺距螺杆的数控四轴铣削加工
西门子802C配超同步主轴驱动器实现刚性攻螺纹功能
在ERP中合理划分工作中心
螺栓参数化设计及零件库建立
叶形数据点的处理及样板的设计