

ICS 27.100

F 23

备案号: 15338-2005

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 939 — 2005

火力发电厂锅炉受热面管监督检验 技 术 导 则

Guide for boiler tube monitoring and inspection
in fossil fuel power plant

2005-02-14 发布

2005-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	· II
1 范围	· 1
2 规范性引用文件	· 1
3 总则	· 1
4 制造质量监督检验	· 2
5 安装质量监督检验	· 3
6 在役锅炉受热面管监督检验	· 4

前 言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于确认 1999 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔2000〕22 号文）制订的。

火力发电厂锅炉水冷壁、过热器、再热器和省煤器管失效是影响火力发电厂设备安全、可靠和经济运行的主要原因之一，每年因锅炉受热面管失效引起的经济损失巨大。因此，从行业的技术规程到技术标准，都规定了应对受热面管进行过程检验的原则、要求；本标准在总结国内外防止锅炉受热面管失效经验的基础上，规定了对受热面管在制造、安装、运行、修理改造的全过程进行监督检验的内容和要求。本标准从检验范围、内容、方法等方面完善和细化了 DL 612 和 DL 438 对锅炉受热面管的监督和检验要求。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准负责起草单位：西安热工研究院有限公司。

本标准起草人：梁昌乾、贺鸿、柳晓、马剑民、黄瑾、王亮。

火力发电厂锅炉受热面管监督检验技术导则

1 范围

本标准规定了火力发电厂锅炉水冷壁、过热器、再热器和省煤器管（以下简称受热面管）在设备制造、安装、在役三个阶段监督检验工作的内容和技术要求。

本标准适用于额定蒸汽压力不小于 9.8MPa 的电站锅炉，额定蒸汽压力小于 9.8MPa 的电站锅炉可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 5310 高压锅炉用无缝钢管
DL 438 火力发电厂金属技术监督规程
DL 612 电力工业锅炉压力容器监察规程
DL/T 715 火力发电厂金属材料选用导则
DL/T 794 火力发电厂锅炉化学清洗导则
DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程
DL/T 5047 电力建设施工及验收技术规范（锅炉机组篇）
JB/T 1611 锅炉管子制造技术条件
JB/T 3375 锅炉原材料入厂检验
JB/T 5255 焊制鳍片（屏）技术条件
SD 223 火力发电厂停（备）用热力设备防锈蚀导则
能源电〔1992〕1069 号 防止火电厂锅炉四管爆漏技术导则

3 总则

3.1 锅炉受热面管材料

3.1.1 锅炉受热面管的设计、制造、安装、调试、运行和检修应符合 DL 438、DL 612 及能源电〔1992〕1069 号文的有关规定。

3.1.2 材料的监督检验应按 DL 438、DL 612 的规定执行。

3.1.3 材料选用应按 DL/T 715 的规定执行，并符合 DL 612 的要求，材料质量应符合 GB 5310 的要求。材料应符合设计选用标准的规定，进口材料应符合合同规定的技术条件及有关国家的技术标准。

对于首次用于锅炉受热面管的钢材，制造单位应提供焊接工艺评定报告、热加工的工艺资料及有关运行业绩的资料。

3.1.4 锅炉受热面管所用钢材应有质量证明文件，并按相关标准规定进行复验。

3.1.5 对于运行中壁温大于 450℃ 的锅炉受热面管，应结合机组大修计划，割管检查管子壁厚、管径、力学性能、金相组织、脱碳层。必要时，可进行碳化物成分和结构等分析。

3.2 焊接

锅炉受热面管的焊接应按 DL/T 869 的规定进行。

3.3 技术档案

3.3.1 使用单位应建立锅炉受热面管技术档案。

3.3.2 锅炉受热面管技术档案应包括原材料、制造、安装、运行、停（备）用、修理改造等阶段的有关内容。

4 制造质量监督检验

4.1 锅炉受热面管的设计、制造应符合技术法规的要求、JB/T 1611 及合同规定的技术条件。

4.2 锅炉受热面管设计和制造的技术资料应满足 DL 612 的要求，至少应提供以下技术资料 and 文件，内容符合国家、行业标准：

- a) 锅炉竣工图包括总图、承压部件图、热膨胀图等；
- b) 强度计算书；
- c) 锅炉质量证明书；
- d) 锅炉设计说明书和使用说明书；
- e) 热力计算书或汇总表；
- f) 水循环计算书或汇总表；
- g) 汽水阻力计算书；
- h) 设计修改技术资料、制造缺陷返修处理记录；
- i) 过热器和再热器壁温计算书；
- j) 汽水系统图。

4.3 锅炉受热面管制造前应按照 JB/T 3375 进行入厂检验并做好记录。锅炉用钢管均应进行 100% 无损探伤，如钢管生产厂已进行了 100% 无损探伤检查，锅炉制造厂对每批钢管应至少抽查 5%。

4.4 用合金钢制成的锅炉受热面管及其焊缝，制造后应逐根、逐条进行光谱检验并做好记录。

4.5 锅炉受热面管及其与承压元（部）件的连接焊缝，均应进行 100% 射线或超声波探伤，对于超临界压力锅炉受热面管应进行不少于 50% 的射线探伤。应有焊接质量检验报告，至少应包括焊接工艺评定试验报告、焊工合格证、焊接试样试验报告、焊缝返修报告、无损检测报告、热处理报告及水压试验报告。

4.6 异种钢焊接应在制造厂内进行，并应有焊接工艺评定和焊接记录等资料（包括接头型式、焊接方式、焊接材料、焊前预热、焊后热处理等）。

4.7 弯曲半径小于 1.5 倍管子公称外径的小半径弯管宜采用热弯工艺；若采用冷弯工艺时，弯制后应进行回火热处理；奥氏体不锈钢弯管后应进行固溶处理。

4.8 膜式水冷壁的鳍片应选用与水冷壁管同类的材料。鳍片焊缝质量符合 JB/T 5255 要求且无漏焊、假焊；扁钢与管子连接处焊缝咬边深度不得大于 0.5mm，且连续咬边长度不大于 100mm。

4.9 蛇形管应进行通球试验和超压水压试验，通球直径符合 JB/T 1611 的要求；通球应有试验记录。

4.10 锅炉受热面管在出厂前，内部不得有锈蚀、杂物和积水，管接头、管口必须有严密的密封；油漆和包装符合 JB/T 1611；出厂时应用专用框架运输。

4.11 锅炉受热面管组装前，应在安装工地进行监督检验，检验应有记录。重点检查设备设计和制造竣工等方面的综合资料、图纸和外观质量、外形尺寸；检验项目以材质检验、外观检查和壁厚测量为主，必要时可采用硬度测定、金相检验及无损检测抽检。

4.12 监督检验时，锅炉受热面管应符合以下要求：

- a) 受热面做外观检查，不允许存在裂纹、撞伤、折皱、压扁、分层、腐蚀，腐蚀坑处的实际壁厚不小于强度计算的最小需要壁厚。
- b) 抽查各种直管段管子壁厚，不同材质和不同规格的管子各抽测 10 根，每根两点，应符合图纸尺寸要求，壁厚负公差在允许范围内。
- c) 不同规格、不同弯曲半径的弯头各抽测 10 根，弯管的不圆度、背弧壁厚应符合制造技术条件和

强度要求。

- d) 应按 DL/T 5047 的有关规定进行通球试验。
- e) 螺旋管圈水冷壁悬吊装置与水冷壁管的连接焊缝应无漏焊、裂纹及咬边超标等缺陷。
- f) 管排平整，部件外形尺寸符合图纸要求，吊卡结构、防磨装置、密封部件质量良好。
- g) 抽查内螺纹管 3~5 段剖开检查，应符合技术条件；如安装工地不具备条件时，可在制造厂进行。
- h) 液态排渣炉水冷壁的销钉高度和密度应符合图纸要求，销钉焊缝无裂纹和咬边等超标缺陷。
- i) 抽查合金钢管及其焊缝的光谱复查报告，应符合有关技术标准。
- j) 抽查合金钢管及其焊缝硬度，不同规格、材质的管子各抽查 10 根，每根管子的焊缝、热影响区、母材各抽查 1 组。
- k) 焊缝做外观检查，外形尺寸及表面质量应符合技术要求和设计要求。
- l) 焊缝质量应做无损检测抽查，在制造厂已做 100% 无损检测的，则按不同受热面的焊缝数量抽查 5/1000。
- m) 各种受热面在出厂前应按规定进行水压试验，试验结果应符合 DL 612 要求及产品设计要求。

5 安装质量监督检验

5.1 受热面管的安装必须符合合同规定的技术条件，执行 DL/T 5047、DL/T 869 等有关规程、规范和标准的规定。

5.2 锅炉受热面管安装后应提供以下技术资料 and 文件：

- a) 锅炉受热面组合、安装和找正记录及验收签证；受热面的清理和吹扫、安装通球记录及验收签证；缺陷处理记录；受压部件的设计变更通知单；材质证明书及复验报告。
- b) 有关安装的设计变更通知单、设备修改通知单、材料代用通知单及设计单位证明。
- c) 安装焊接工艺评定报告，热处理报告，焊接和热处理作业指导书。
- d) 现场组合、安装焊缝的检验记录和检验报告，以及缺陷处理报告。

5.3 监督检验时，受热面管应符合以下要求：

- a) 管子应无锈蚀及明显变形，无裂纹、重皮及引弧坑等缺陷；施工临时铁件应全部割除，并打磨圆滑，未伤及母材；机械损伤深度应不超过管子壁厚负偏差值且无尖锐棱角。
- b) 过热器、再热器管排应安装平整，节距均匀，偏差不大于 5mm，管排平整度不大于 20mm，管卡安装牢固，安装位置符合图纸要求。
- c) 悬吊式受热面与烟道底部管间膨胀间距应符合图纸要求。
- d) 各受热面与包覆管（或炉墙）间距应符合图纸要求，无“烟气走廊”。
- e) 水冷壁和包覆管安装平整，水平偏差在 $\pm 5\text{mm}$ 以内，垂直偏差在 $\pm 10\text{mm}$ 以内；与刚性梁的固定连接点和活动连接点的施工符合图纸要求，与水冷壁、包覆管连接的内绑带安装正确，无漏焊、错焊，膨胀预留间隙符合要求。
- f) 防磨板与管子应接触良好，无漏焊，固定牢靠，阻流板安装正确，符合设计要求。
- g) 水冷壁、包覆管鳍片的安装焊缝应符合 4.8 的要求。
- h) 抽查安装焊缝外观质量，比例为 1%~2%，应无裂纹，咬边、错口及偏折度符合 DL/T 869 的要求；安装焊缝内部质量用射线探伤抽查并符合 DL/T 869 的要求，抽查比例为 1%。
- i) 炉顶管间距应均匀，平整度偏差不大于 $\pm 5\text{mm}$ ；边排管与水冷壁、包覆管的间距应符合图纸要求；顶棚管吊攀、炉顶密封铁件应按图纸要求安装齐全，无漏焊。

5.4 受热面管安装后，应按照 DL 612 的规定进行水压试验。

5.5 试运行中，应记录锅炉受热面管的投运时间，累计运行时间，事故、故障记录，超温、超压情况。

6 在役锅炉受热面管监督检验

6.1 锅炉运行应符合运行规程及化学、热工技术监督规程，锅炉受热面管壁温度在设计允许范围内；锅炉受热面管各部位应膨胀通畅。

6.2 锅炉启停过程应检查并记录膨胀指示器位置，指示器指示位置应在设计允许范围内。

6.3 锅炉长期停用时，应按照 SD 223 要求进行停炉保护。

6.4 锅炉受热面管在运行中失效时，应查明失效原因。

6.5 应建立技术档案，记录锅炉投运时间、累计运行时间，启停次数，事故、超温、超压情况，受热面管损坏及缺陷处理，受热面管重大技术改造及变更的图纸、资料，技术改造（或变更）方案及审批文件、设计图纸、计算资料及施工技术方案、质量检验和验收签证等。

6.6 大修中的锅炉受热面管监督检验。

6.6.1 锅炉受热面管壁厚度应无明显减薄，必要时应测量剩余壁厚；剩余壁厚应满足强度计算所确定的最小需要壁厚。一般情况下，对于水冷壁、省煤器、低温段过热器和再热器管，壁厚减薄量不应超过设计壁厚的 30%；对于高温段过热器管，壁厚减薄量不应超过设计壁厚的 20%。

6.6.2 锅炉受热面管的胀粗量不应超过 DL 438 的规定。

6.6.3 检修时更换的管子应符合第 4 章的要求；对其焊缝应进行 100% 的射线或超声波探伤。

6.6.4 水冷壁管。

a) 燃烧器周围和热负荷较高区域的检查：

- 1) 管壁的冲刷磨损和腐蚀程度；
- 2) 管子应无明显变形和鼓包；
- 3) 对液态排渣炉或有卫燃带的锅炉，应检查卫燃带及销钉的损坏程度；
- 4) 定点监测管壁厚度及胀粗情况，一般分三层标高，每层四周墙各若干点；
- 5) 对可能出现传热恶化的部位和直流锅炉中汽水分界线发生波动的部位，应检查有无热疲劳裂纹产生。

b) 冷灰斗区域管子的检查：

- 1) 应无落焦碰伤，管壁应无明显减薄；
- 2) 检查液态排渣炉渣口及炉底耐火层应无损坏及析铁；
- 3) 定点监测斜坡及冷灰斗弯管外弧处的管壁厚度。

c) 所有人孔、看火孔周围的水冷壁管应无拉裂、鼓包、明显磨损和变形等异常情况。

d) 折焰角区域水冷壁管外观检查：

- 1) 管子应无明显胀粗、鼓包；
- 2) 管壁应无明显减薄；
- 3) 屏式再热器冷却定位管相邻水冷壁应无明显变形、磨损现象；
- 4) 定点监测斜坡及弯管外弧处壁厚及管子胀粗情况。

e) 检查吹灰器辐射区域水冷壁的损伤情况，应无裂纹、明显磨损。

f) 防渣管检查：

- 1) 检查管子两端应无疲劳裂纹，必要时进行表面探伤；
- 2) 管子应无明显胀粗、鼓包；
- 3) 管子应无明显飞灰磨损；
- 4) 定点监测管子壁厚及胀粗量。

g) 水冷壁鳍片检查：

- 1) 鳍片与管子的焊缝应无开裂；
- 2) 重点应对组装的片间连接、与包覆管连接、直流炉分段引出、引入管处的嵌装短鳍片、燃烧

器处短鳍片等部位的焊缝进行 100% 外观检查。

- h) 对锅炉水冷壁热负荷最高处设置的监视段（一般在燃烧器上方 1m~1.5m）割管检查，检查内壁结垢、腐蚀情况和向、背火侧垢量，并计算结垢速率，对垢样做成分分析。根据腐蚀程度决定是否扩大检查范围；当内壁结垢量超过 DL/T 794 规定时，应进行受热面化学清洗工作；监视管割管长度不少于 0.5m。
- i) 水冷壁拉钩及管卡：
 - 1) 外观检查应完好，无损坏和脱落；
 - 2) 膨胀间隙足够，无卡涩；
 - 3) 管排平整，间距均匀。
- j) 循环流化床锅炉：
 - 1) 进料口、布风板水冷壁、膜式水冷壁、冷渣器水管应无明显磨损、腐蚀等情况；
 - 2) 锅炉旋风分离器进出口处水冷壁管应无明显的飞灰磨损；
 - 3) 炉膛下部敷设的高温耐磨、耐火材料与光管水冷壁过渡区域的管壁应无明显磨损。

6.6.5 省煤器管。

- a) 检查管排平整度及其间距，应不存在烟气走廊及杂物，重点检查管排、弯头的磨损情况。
- b) 外壁应无明显腐蚀减薄。
- c) 省煤器上下管卡及阻流板附近的管子应无明显磨损。
- d) 阻流板、防磨瓦等防磨装置应无脱落、歪斜或明显磨损。
- e) 支吊架、管卡等固定装置应无烧损、脱落。
- f) 鳍片省煤器管鳍片表面焊缝应无裂纹、咬边等超标缺陷。
- g) 悬吊管应无明显磨损，吊耳角焊缝应无裂纹。
- h) 对已运行 5 万 h 的省煤器进行割管，检查管内结垢、腐蚀情况，重点检查进口水平段氧腐蚀、结垢量；如存在均匀腐蚀，应测定剩余壁厚；如存在深度大于 0.5mm 的点腐蚀时，应增加抽检比例。

6.6.6 过热器管。

- a) 低温过热器管排间距应均匀，不存在烟气走廊；重点检查后部弯头、上部管子表面及烟气走廊附近管子的磨损情况。
- b) 低温过热器防磨板、阻流板接触良好，无明显磨损、移位、脱焊等现象。
- c) 吹灰器附近的包覆管表面应无明显冲蚀减薄；包覆过热器管及人孔附近的弯头应无明显磨损。
- d) 顶棚过热器管应无明显变形和外壁腐蚀情况；顶棚管下垂变形严重时，应检查膨胀和悬吊结构。
- e) 对循环流化床锅炉过热器受热面，进行过热、腐蚀及磨损情况检查，必要时测量管子壁厚。
- f) 对高温过热器、屏式过热器做外观检查，管排应平整，间距应均匀；管子及下弯头应无明显磨损和腐蚀、无鼓包，外壁氧化层厚度不大于 0.6mm，管子胀粗不超过 DL 438 的规定。
- g) 定位管应无明显磨损和变形。
- h) 高温过热器弯头与烟道的间距应符合设计要求，管子表面应无明显磨损。
- i) 过热器管穿炉顶部分与顶棚管应无碰磨，与高冠密封结构焊接的密封焊缝应无裂纹。
- j) 定点检测高温过热器出口段管子外径及壁厚。
- k) 按照 DL 612 的要求对低温过热器割管取样，检查结垢、腐蚀情况。
- l) 按照 DL 612 的要求定期对高温过热器割管进行检查；检查结果应符合 DL 438 的要求。
- m) 运行时间达到 5 万 h 后，应结合机组检修安排，对低合金钢高温过热器管内壁氧化层厚度进行抽查；当氧化层厚度超过 0.3mm 时，应对管子材质进行状态评估。
- n) 运行时间达 8 万 h 后，应对与奥氏体不锈钢连接的异种钢接头进行外观检查，并按 10% 比例进行无损检测抽查，必要时割管做金相检查。

o) 立式过热器下部弯头内应无明显氧化产物沉积；对于材质为奥氏体不锈钢的过热器管，在运行 3 万 h~5 万 h 后可采用无损检测方法检查过热器下部弯头的氧化产物沉积情况，必要时应割管检测腐蚀产物沉积量，并对垢样进行分析。

p) 应根据运行中高温过热器的超温情况，抽查管子炉外部分管段的胀粗及金相组织。

6.6.7 再热器。

a) 墙式再热器管子应无磨损、腐蚀、鼓包或胀粗，必要时，应在减薄部位选点测量壁厚。

b) 屏式再热器冷却定位管、自夹管应无明显磨损和变形；屏式再热器弯头与烟道的间距应符合设计要求。

c) 高温再热器、屏式再热器管排应平整。

d) 高温再热器迎流面及其下弯头应无明显变形、鼓包等情况，磨损、腐蚀减薄量符合 6.6.1 的要求；应在下弯头外弧选点测量壁厚。

e) 定点测量高温再热器出口管子的胀粗情况。

f) 应根据运行中高温再热器的超温情况，抽查管排炉顶不受热部分管段的胀粗及金相组织情况。

g) 高温再热器管夹、梳形板应无烧损、移位、脱落，管子间无明显碰磨情况。

h) 高温再热器管穿炉顶部分与顶棚管应无碰磨，与高冠密封结构焊接的密封焊缝应无裂纹。

i) 吹灰器辐射区域部位的管子应无开裂、无明显冲蚀减薄。

j) 按照 DL 612 要求定期对高温再热器割管进行检查；检查结果应符合 DL 438 的要求。

k) 运行时间达到 5 万 h 后，应结合机组检修安排，对低合金钢高温再热器管内壁的氧化层厚度进行抽查；当氧化层厚度超过 0.3mm 时，应对管子材质进行状态评估。

l) 运行 5 万 h 后，应对与奥氏体不锈钢连接的异种钢接头进行外观检查，并做 10% 比例无损检测抽查，必要时割管做金相检查。

m) 立式再热器下部弯头内部的腐蚀产物沉积应符合 6.6.6 中 o) 的规定。

6.7 锅炉受热面管检修后应按照 DL 612 的规定进行水压试验。
