

国家电力公司发输电运营部 编

# 电力工业 技术监督标准汇编

## (金属监督) 上册



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 电力工业 技术监督标准汇编

(金属监督) **上册**

---

国家电力公司发输电运营部 编

TM-65  
G342

## 内 容 提 要

为了加强电力工业技术监督工作,认真实施以质量为中心、以标准为依据、以计量为手段和建立质量、标准、计量三位一体的技术监督体系,提高发供电设备可靠性,保障电力系统安全、优质、经济运行,根据部颁《电力工业技术监督规定》(电安生[1996]430号)及其技术监督规程和管理办法等内容精神,现将截至2002年底对发供电设备健康水平与安全、质量、经济运行方面的重要参数、性能与指标进行监督、检查、调整及评价的技术监督标准、规程、规定和管理办法,分别汇编成电能质量监督、金属监督、化学监督、绝缘监督、热工监督、电测监督、环保监督、继电保护监督、节能监督等九大技术监督标准汇编,以便电力系统员工认真执行和查阅有关监督标准、规程、规定和管理办法。

本书为《电力工业技术监督标准汇编(金属监督)》(上册),主要介绍火电厂金属技术监督,锅炉压力容器安全监察及细则、监督管理办法、使用登记管理、焊工考核规则、无损检测、监察规则及其安全性、常用钢材国内外钢号对照表、焊条、焊丝、焊剂选用表,系统发电用锅炉使用登记暂行办法,电力工业无损检测人员、焊工技术,常规无损探伤应用,除氧器安全技术,锅炉汽包检验、评定及处理,金属光谱分析、汽水管道设计、高温紧固件技术、高温高压蒸汽管道蠕变监督、中温中压管道(件)安全技术,停(备)用热力设备防腐蚀、超期服役机组寿命评估、金属实验室仪器设备及建筑面积配置、金相复型技术工艺检验,锅炉及辅机设备制造质量检验大纲,锅炉原材料入厂检验,金属管道质量检验评定,低合金耐热钢蠕变孔洞检验工艺及其碳化物相分析技术,12Cr1MoV钢球化评级标准,锅炉性能、过热器和再热器、锅炉受压元件焊接接头各种性能试验,电站汽轮机热力性能、金属高温裂纹开裂和扩展速率、隔板挠度、调节控制系统、甩负荷、转速控制系统、焊接接头机械性能试验,火力发电厂锅炉、压力容器焊接工艺评定,锅炉汽包焊接修复、铸钢件补焊、钢制压力容器、异种钢、铝母线焊接技术,钢制管道对接环焊缝、T形接头角焊缝超声波、钢熔化焊角焊缝射线照相方法和质量分级,奥氏体不锈钢中 $\alpha$ -相面积含量金相测定法等,共69个标准规定。

本汇编收入截至2002年底部委和国家电力公司颁发的技术监督标准、规程、规定和管理办法,是作为全国各发电公司、电网公司、国家电力公司分公司、各省(直辖市、自治区)电力公司、发电厂、供电局、并网运行的发电企业及有关电力设备质量检测机构等电力企业领导干部、技术人员、工人和有关专业师生等认真执行技术监督标准的必备工具书。

电力工业技术监督标准汇编

(金属监督)

上 册

\*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

\*

2003年9月第一版 2003年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 75印张 1911千字

印数0001—2500册

\*

书号155083·772 定价159.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 关于出版《电力工业技术监督规定汇编》等书的通知

(安运技 [1999] 20 号)

各电力集团公司、省（市、区）电力公司，热工院，电建所，苏州热工所，有关单位：

为保障发供电设备的安全运行，原电力工业部先后制定并颁发了一系列加强技术监督工作的标准和规定，并于 1996 年颁发了《电力工业技术监督工作规定》，对技术监督的范围、主要内容及职责分工等作了明确的规定。

为了便于电力系统职工执行和查阅有关标准、规定，现委托中国电力出版社将有关技术监督的规定编成《电力工业技术监督工作规定汇编》和多个单行本（监督标准汇编），由中国电力出版社负责出版、发行。

请各单位将通知转发至有关单位，并组织好征订工作。

- 附件：1. 九大技术监督规定汇编  
2. 九大技术监督标准汇编

国家电力公司安全运行与发输电部（印）

一九九九年二月二十五日

# 目 录

|  |     |
|--|-----|
| 火力发电厂金属技术监督规程 (DL 438—2000) .....              | 1   |
| 全国地方小型火力发电厂金属技术监督规程 (SD 262—1988) .....        | 27  |
| 锅炉压力容器安全监察暂行条例 (国发 [1982] 22 号) .....          | 35  |
| 《锅炉压力容器安全监察暂行条例》实施细则 (劳人锅 [1982] 6 号) .....    | 39  |
| 进出口锅炉压力容器监督管理办法 (试行) (劳人锅 [1985] 4 号) .....    | 59  |
| 电力系统发电用锅炉使用登记暂行办法 [ (87) 水电办字第 7 号] .....      | 63  |
| 压力容器使用登记管理规则 [劳锅号 [1989] 2 号] .....            | 65  |
| 能源部电力生产用压力容器使用登记暂行办法 (能源安保 [1990] 609 号) ..... | 74  |
| 电力工业无损检测人员资格考核规则 (DL/T 675—1999) .....         | 79  |
| 焊工技术考核规程 (DL/T 679—1999) .....                 | 87  |
| 锅炉压力容器焊工考试规则 (劳人锅 [1988] 1 号) .....            | 117 |
| 常规无损探伤应用导则 (GB 5616—1985) .....                | 134 |
| 蒸汽锅炉安全技术监察规程 (劳部发 [1996] 276 号) .....          | 137 |
| 压力容器安全技术监察规程 (劳锅字 [1990] 8 号) .....            | 179 |
| 压力容器无损检测 (JB 4730—1994) .....                  | 214 |
| 在用压力容器检验规程 (劳锅字 [1990] 3 号) .....              | 298 |
| 电站压力式除氧器安全技术规定 (能源安保 [1991] 709 号) .....       | 323 |
| 电力工业锅炉压力容器安全监察规定 (电安生 [1994] 257 号) .....      | 356 |
| 电力工业锅炉压力容器监察规程 (DL 612—1996) .....             | 361 |
| 电力工业锅炉压力容器检验规程 (DL 647—1998) .....             | 401 |
| 电力锅炉压力容器安全监督管理工作规定 (国电总 [2000] 465 号) .....    | 481 |
| 在役电站锅炉汽包的检验、评定及处理规程 (DL 440—1991) .....        | 487 |
| 火力发电厂金属光谱分析导则 (电基 [1993] 15 号) .....           | 493 |
| 火力发电厂汽水管道设计技术规定 (摘录) (DLGJ 23—1981) .....      | 510 |
| 火力发电厂高温紧固件技术导则 (DL 439—1991) .....             | 549 |
| 火力发电厂高温高压蒸汽管道蠕变监督导则 (DL 441—1991) .....        | 580 |
| 火力发电厂中温中压管道 (件) 安全技术导则 (DL/T 785—2001) .....   | 587 |
| 火力发电厂停 (备) 用热力设备防锈蚀导则 (SD 223—1987) .....      | 599 |
| 火力发电厂汽水管道应力计算技术规定 (SDGJ 6—1990) .....          | 614 |
| 火电厂超期服役机组寿命评估技术导则 (DL/T 654—1998) .....        | 637 |
| 火力发电厂金属试验室仪器设备及建筑面积配置标准 (DL/T 5060—1996) ..... | 670 |
| 金相复型技术工艺导则 (DL/T 652—1998) .....               | 681 |
| 电力建设金相检验导则 [ (84) 电基火字第 146 号] .....           | 686 |
| 电力系统进口成套设备检验工作的规定 (能源外 [1992] 215 号) .....     | 716 |

|  |      |
|--|------|
| 电力工业锅炉压力容器安全性能检验大纲 (锅监委 [1995] 001 号) .....          | 721  |
| 国产大型电站锅炉及辅机设备制造质量监检大纲 .....                          | 763  |
| 锅炉压力容器常用钢材国内外钢号对照表 .....                             | 768  |
| 锅炉压力容器常用钢材焊条、焊丝、焊剂选用表 .....                          | 773  |
| 锅炉原材料入厂检验 (JB 3375—1983) .....                       | 774  |
| 低合金耐热钢蠕变孔洞检验技术工艺导则 (DL/T 551—1994) .....             | 780  |
| 低合金耐热钢碳化物相分析技术导则 (DL/T 818—2002) .....               | 786  |
| 火电厂用 12Cr1MoV 钢球化评级标准 (DL/T 773—2001) .....          | 806  |
| 电站锅炉性能试验规程 (GB 10184—1988) .....                     | 816  |
| 电站锅炉过热器和再热器试验导则 (DL 470—1992) .....                  | 907  |
| 锅炉受压元件焊接接头力学性能试验方法 (JB/T 1614—1994) .....            | 919  |
| 锅炉受压元件焊接接头金相和断口检验方法 (JB/T 2636—1994) .....           | 929  |
| 电站汽轮机热力性能验收试验规程 (GB 8117—1987) .....                 | 933  |
| 汽轮机金属高温裂纹开裂和扩展速率试验方法 (JB/T 8189—1999) .....          | 962  |
| 汽轮机调节控制系统试验导则 (DL/T 711—1999) .....                  | 969  |
| 汽轮机甩负荷试验导则 (建质 [1996] 40 号) .....                    | 992  |
| 汽轮机转速控制系统验收试验 (JB/T 4273—1999) .....                 | 997  |
| 汽轮机隔板挠度试验方法 (JB/T 4274—1999) .....                   | 1015 |
| 火力发电厂锅炉、压力容器焊接工艺评定规程 (SD 340—1989) .....             | 1019 |
| 火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则 (DL/T 734—2000) .....              | 1037 |
| 钢制压力容器焊接规程 (JB/T 4709—2000) .....                    | 1051 |
| 火力发电厂异种钢焊接技术规程 (DL/T 752—2001) .....                 | 1077 |
| 汽轮机铸钢件补焊技术导则 (DL/T 753—2001) .....                   | 1090 |
| 铝母线焊接技术规程 (DL/T 754—2001) .....                      | 1098 |
| 火力发电厂焊接热处理技术规程 (DL/T 819—2002) .....                 | 1114 |
| 焊接接头机械性能试验取样方法 (GB 2649—1989) .....                  | 1126 |
| 焊接接头冲击试验方法 (GB 2650—1989) .....                      | 1132 |
| 焊接接头拉伸试验方法 (GB 2651—1989) .....                      | 1137 |
| 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法 (GB 2652—1989) .....                   | 1141 |
| 焊接接头弯曲及压扁试验方法 (GB 2653—1989) .....                   | 1144 |
| 焊接接头及堆焊金属硬度试验方法 (GB 2654—1989) .....                 | 1150 |
| 钢制管道对接环焊缝超声波探伤方法和检验结果的分级 (GB/T 15830—1995) .....     | 1153 |
| 钢熔化焊角焊缝射线照相方法和质量分级 (DL/T 541—1994) .....             | 1166 |
| 钢熔化焊 T 形接头角焊缝超声波检验方法和质量分级 (DL/T 542—1994) .....      | 1176 |
| 奥氏体不锈钢中 $\alpha$ -相面积含量金相测定法 (GB/T 13305—1991) ..... | 1189 |
| 金属热处理工艺术语 (GB/T 7232—1999) (略)                       |      |
| 阀门铸钢件外观质量要求 (JB/T 7927—1999) (略)                     |      |
| 焊缝无损检测符号 (GB/T 14693—1993) (略)                       |      |

# 火力发电厂金属技术监督规程

DL 438—2000

## 前 言

本标准是根据原电力工业部 1996 年电力行业标准计划项目（技综 [1996] 40 号文）下达的任务，在对 DL438—1991 进行修订的基础上编写的。

本标准于 1983 年 9 月首次颁发，1991 年 9 月第 1 次修订颁发。本版是第 2 次修订。

自第 1 次修订至今已达 8 年之久，在这期间我国的电力工业有了飞速的发展，更多的大机组和新钢种投入运行，以及超期服役机组实现延寿，都给金属技术监督提出了新的要求。在这期间，从事金属技术监督工作的广大科技工作者，取得了新的科研成果和总结了新的经验，给再次修订该标准提供了重要的科学依据。

本版本主要修订如下内容：

- 原规程第 2.1 节删去，金属技术监督职责由附录呈现；
- 增加了修造企业和物资供应部门的金属技术监督有关要求；
- 在监督任务方面，增加了参与或承担新机组监造、老机组更新改造和寿命管理等方面的内容；
- 补充了设备安装前应检查的项目；
- 完善和补充了设备检修时应检查的内容，继后的检查周期也有所修改；
- 补充了根据检查结果应采取的处理措施；
- 对有关部件的损伤程度或判定的技术指标有所补充和修改；
- 在金属技术监督管理方面，增加了关于建立监督网、数据库，以及管理规范化、科学化、微机化等要求。

本标准是火力发电厂金属技术监督的主要依据，是强制性的行业标准。

本标准的附录 A 是标准的附录，附录 B~附录 F 都是提示的附录。

本标准由中华人民共和国原电力工业部提出。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会归口。

本标准承担单位：国家电力公司热工研究院。

本标准主要负责起草单位：国家电力公司热工研究院、东北电力科学研究所、浙江电力试验研究所、华北电力科学研究所、国家电力公司东北公司、西北电力试验研究所、山西电力试验研究所。

本标准主要起草人：马士林、寿玉坡、方金娥、李兵、张明坤、李蹊、孔慧霞。

本标准委托国家电力公司热工研究院负责解释。

# 中华人民共和国电力行业标准

## 火力发电厂金属技术监督规程

DL 438—2000

代替 DL 438—1991

Technical supervision codes  
for metal in thermal power plants

### 1 范围

本标准规定了火力发电厂金属技术监督的任务、措施和技术管理内容，适用于如下金属部件的监督。

- a) 工作温度大于和等于 450℃ 的高温承压金属部件（含主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道、过热器管、再热器管、联箱、阀壳和三通），以及与主蒸汽管道相联的小管道；
- b) 工作温度大于和等于 435℃ 的导汽管；
- c) 工作压力大于和等于 3.82MPa 的锅筒；
- d) 工作压力大于和等于 5.88MPa 的承压汽水管道和部件（含水冷壁管、省煤器管、联箱和主给水管道）；
- e) 300MW 及以上机组的低温再热蒸汽管道；
- f) 汽轮机大轴、叶轮、叶片和发电机大轴、护环、风扇叶；
- g) 工作温度大于和等于 400℃ 的螺栓；
- h) 工作温度大于和等于 435℃ 的汽缸、汽室、主汽门。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

|                |                     |
|----------------|---------------------|
| GB/T 3077—1988 | 合金结构钢技术条件           |
| GB/T 9222—1988 | 水管锅炉受压面元件强度计算       |
| DL 439—1991    | 火力发电厂高温紧固件技术导则      |
| DL 440—1991    | 在役电站锅炉汽包的检验、评定及处理规程 |
| DL 441—1991    | 火力发电厂蒸汽管道蠕变测量导则     |
| DL 505—1992    | 汽轮机焊接转子超声波探伤规程      |
| DL/T 551—1994  | 低合金耐热钢蠕变孔洞检验技术工艺导则  |
| DL/T 561—1995  | 火力发电厂水汽化学监督导则       |
| DL/T 586—1995  | 电力设备用户监造技术导则        |
| DL 612—1996    | 电力工业锅炉压力容器监察规程      |



|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| DL/T 616—1997      | 火力发电厂汽水管道支吊架维修调整导则          |
| DL/T 652—1998      | 金相复型技术工艺导则                  |
| DL/T 654—1998      | 火力发电厂超期服役机组寿命评估技术导则         |
| DL/T 679—1999      | 焊工技术考核规程                    |
| DL/T 714—2000      | 汽轮机叶片超声波检验技术导则              |
| DL/T 715—2000      | 火力发电厂金属材料选用导则               |
| DL/T 717—2000      | 汽轮发电机组转子中心孔检验技术导则           |
| DL/T 718—2000      | 火力发电厂铸造三通、弯头超声波探伤方法         |
| DL 5007—1992       | 电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）     |
| DL 5011—1994       | 电力建设施工及验收技术规范（汽机篇）          |
| DL 5031—1994       | 电力建设施工及验收技术规范（管道篇）          |
| DL 5047—1995       | 电力建设施工及验收技术规范（锅炉篇）          |
| DL/T 5048—1995     | 电力建设施工及验收技术规范（管道焊接接头超声波探伤篇） |
| DL/T 5054—1996     | 火力发电厂汽水管道设计技术规定             |
| JB 3375—1991       | 锅炉原材料入厂检验                   |
| JB 4730—1994       | 压力容器无损检验                    |
| SD 168—1984        | 电力基本建设火电设备维护保管规程            |
| CVDA—1984          | 压力容器缺陷评定规范                  |
| 能源电 [1992] 1069 号文 | 防止火电厂锅炉四管爆漏技术导则             |
| 锅监委 [1995] 001 号文  | 电力工业锅炉压力容器安全性能检验大纲          |
| 电安生 [1996] 430 号文  | 电力工业技术监督工作规定                |

### 3 总则

**3.1** 为保证火力发电厂金属技术监督范围内各种金属部件的运行安全和人身安全，特制定本标准。

**3.2** 金属技术监督是电力生产、建设中技术监督的重要组成部分，是保证火力发电厂安全生产的重要措施，应实现在设备设计、制造、安装、调试、试运行、运行、停用、检修、设备改造各个环节的全过程技术监督和技术管理工作中。

**3.3** 金属技术监督的目的是通过对受监部件检测和诊断，及时了解并掌握设备金属部件的质量情况和健康状况，防止由于选材不当、材质不佳、焊接缺陷、运行工况不良、应力状态不当等因素而引起的各类事故，从而减少非计划停运次数，提高设备安全运行的可靠性，延长设备的使用寿命。

**3.4** 金属技术监督在技术主管（总工程师）领导下进行，电力科学（试验）研究院（所）金属技术监督职责，可参照电安生（1996）430号文“电力工业技术监督工作规定”确定，火力发电厂等单位的金属技术监督职责见附录B。

**3.5** 金属技术监督必须贯彻“安全第一、预防为主”的方针，实行专业监督与群众监督相结合。有关电力设计、安装、调试、运行、检修、修造、物资供应和试验研究等部门均应遵守本标准。各地区可根据本标准制定适合本地区的监督制度或实施细则。

**3.6** 上网的地方电厂（热电厂）和各行业系统的自备电厂可参照本标准开展金属技术监督工作。

## 4 金属技术监督任务

- 4.1 做好受监范围内各种金属部件在制造、安装和检修中的材料质量、焊接质量、部件质量监督以及金属试验工作。
- 4.2 检查和掌握受监部件服役过程中金属组织变化、性能变化和缺陷发展情况。如发现问题，及时采取防爆、防断、防裂措施。对调峰运行的机组，其重要部件应加强监督。
- 4.3 了解受监范围内管道长期运行后应力状态，和对其支吊架全面性检查的结果。
- 4.4 参加受监金属部件事故的调查和原因分析，总结经验，提出处理对策，并督促实施。
- 4.5 参与焊工培训考核工作。
- 4.6 参与新机组的监造和老机组更新改造工作，参加带缺陷设备和超期服役机组的安全评估、寿命预测和寿命管理工作。
- 4.7 采用先进的诊断或在线监测技术，以便及时、准确地掌握和判断受监金属部件寿命损耗程度和损伤状况。
- 4.8 建立和健全金属技术监督档案。

## 5 金属材料的技术监督

- 5.1 受监范围的金属部件的材料选用或代用应按国家或 DL/T 715 的规定执行。
- 5.2 受监范围的金属材料及其部件应严格按 DL/T 586 的规定对其质量进行监造。
- 5.3 材料的质量验收应遵照如下规定：
  - a) 受监的金属材料，必须符合国家标准和行业有关标准。进口的金属材料，必须符合合同规定的有关国家的技术标准。
  - b) 受监的钢材、钢管和备品、配件，必须按合格证和质量保证书进行质量验收。合格证或质量保证书应标明钢号、化学成分、力学性能及必要的金相检验结果和热处理工艺等。数据不全的应进行补检，补检的方法、范围、数量应符合国家标准或行业有关标准。进口的金属材料，除应符合合同规定的有关国家的技术标准外，尚需有商检合格文件。
  - c) 重要的金属部件，如管子、管件、锅筒、联箱、汽轮机大轴、叶轮、发电机大轴、护环等，除应符合有关的行业标准和有关国家标准外，还必须具有部件的质量保证书。
  - d) 对受监金属材料的入厂检验，按 JB3375 的规定进行，对材料质量发生怀疑时，应按有关标准进行抽样检查。
- 5.4 凡是受监范围的合金钢材、部件，在制造、安装或检修中更换时，必须验证其钢号，防止错用。组装后还应进行一次全面复查，确认无误，才能投入运行。
- 5.5 具有质保书或经过质检合格的受监范围的钢材、钢管和备品、配件，无论是短期或长期存放，都应挂牌，标明钢种和钢号，按钢种分类存放，并做好防腐蚀措施。
- 5.6 选择代用材料应遵照如下原则进行：
  - a) 采用代用材料时，应持慎重态度，要有充分的技术依据，原则上应选择成分、性能略优者；代用材料壁厚偏薄时，必须进行强度核算，应保证在使用条件下各项性能指标均不低于设计要求。
  - b) 修造、安装中使用代用材料时，必须取得设计单位和金属技术监督工程师的认可和总工程师批准；检修中使用代用材料时，必须征得金属技术监督工程师的同意，并经总工程师批准。

c) 采用代用材料后, 必须做好技术记录, 并存档, 同时应相应修改图纸或在图纸上注明。

**5.7** 物资供应部门、各级仓库、车间和工地储存受监范围内的钢材、钢管、焊接材料和备品、配件等, 必须建立严格的质量验收和领用制度, 严防错收错发。

应根据存放地区的自然情况、气候条件、周围环境和存放时间的长短, 按 SD168 的规定和材料设备技术文件对存放的要求, 建立严格的保管制度, 做好保管工作, 防止变形、变质、腐蚀、损伤。不锈钢应单独存放, 严禁与碳钢混放或接触。

对进口钢材、钢管和备品、配件等, 进口单位应在索赔期内, 按合同规定负责进行质量验收, 并按规格、品种和进口合同号分别保管。

## **6 焊接质量的技术监督**

**6.1** 凡金属监督范围内的锅炉、汽轮机承压管道和部件的焊接工作, 必须由按 DL/T679 的要求考试合格的焊工担任。对特殊要求的部件焊接, 焊工应做焊前练习及允许性考试。

**6.2** 凡焊接受监范围内的各种管道和部件, 其焊接材料的选择、焊接工艺、焊后热处理、焊接质量检验及质量评定标准等, 均应执行 DL5007 的规定。

**6.3** 焊接材料(焊条、焊丝、钨棒、氩气、氧气、乙炔和焊剂)的质量应符合国家标准或有关标准规定的要求。焊条、焊丝等均应有制造厂的质量合格证, 凡无质量合格证或对其质量有怀疑时, 应按批号抽样检查, 合格者方可使用。钨极氩弧焊用的电极, 宜采用铈钨棒, 所用氩气纯度不低于 99.95%。

**6.4** 焊条、焊丝及其他焊接材料, 应设专库储存, 并按有关技术要求进行管理, 保证库房内湿度和温度符合要求, 防止变质锈蚀。

**6.5** 受压元件不合格焊口的处理原则, 应按 DL612 规定进行。

**6.6** 外委工作中凡属受监范围内的部件和设备的焊接, 应遵循如下原则:

- a) 承担单位必须按 6.1 的要求由考试合格的焊工担任;
- b) 委托方应及时地对焊接质量和检验技术报告进行监督检查;
- c) 焊接接头的质量检验程序、检验方法、范围和数量, 以及质量验收标准, 应严格按 DL5007 的规定进行;
- d) 工程竣工时, 受委单位应向委托单位提供完整的技术资料。

## **7 主蒸汽管道和再热蒸汽管道的技术监督**

**7.1** 主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道的设计必须符合 DL/T5054 的有关要求。

**7.2** 设计单位应向生产单位提供管道单线立体布置图。图中标明:

- a) 管道的钢号、规格、理论计算壁厚、壁厚偏差;
- b) 设计采用的持久强度、弹性模量、线膨胀系数;
- c) 支吊架位置、类型;
- d) 监察段位置;
- e) 管道的冷紧口位置及冷紧值;
- f) 管道对设备的推力、力矩;
- g) 管道最大应力值及其位置;
- h) 支吊架的安装荷重、工作荷重、支吊架热位移值等。

**7.3** 对工作温度大于 450℃的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道，应在蒸汽温度较高的直管段上设置监察段（含进口机组），监察段上要设计三组蠕变测点。监察段应选择该管系中实际壁厚最薄的同批钢管，其长度为 3000mm ~ 4000mm。

监察段上不允许开孔和安装仪表插座，也不得安装支吊架。两端进行金相组织、硬度、碳化物成分和结构分析检验。

**7.4** 累计运行时间达到或超过 10 万 h 的主蒸汽管道和高温再热蒸汽管道，其弯管为非中频弯管工艺制造，应设监察弯管。监察弯管的选择应遵照如下原则：

- a) 弯曲角度为 90°，应没有划痕；
- b) 管系计算应力最大处的弯管；
- c) 工作状态下，当弯管两端点间的热位移使其弯曲角度变小时（称为开弯）的弯管；
- d) 实测弯管外弧侧壁厚最薄的弯管；
- e) 原始不圆度值较大，且复圆速度较快的弯管；
- f) 金相组织变化明显，且蠕变损伤程度较大的弯管。

监察弯管的蠕变监督（蠕变测点的安装、蠕变测量及蠕变计算），见附录 A，监察弯管技术监督检测项目同其他弯管。新机组若设置监察弯管，可参照上述规定进行。

**7.5** 工作温度大于 450℃的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道应进行蠕变监督。蠕变测点的设计、蠕变测量周期、测量方法和计算方法等有关要求，按 DL441 规定进行。管道安装完毕，移交生产前，由施工单位会同生产单位（测量专用工具由生产单位提供）共同对各组测点进行第一次测量，做好技术记录。

**7.6** 对以下部件或管道，可装设主蒸汽管道蠕变与安全状态在线监测装置：

- a) 管道应力分布危险部位；
- b) 管壁较薄，应力较大，设计寿命较短，或运行时间较长，以及经鉴定后剩余寿命较短的管道；
- c) 有代表性的弯管或监察弯管；
- d) 300MW 及以上进口机组，且未设置蠕变测点，或设置了蠕变测点，但不合理、不起作用的管道。

**7.7** 新建、扩建、改建电厂的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道露天布置的部分，及与油管平行、交叉和可能滴水的部分，必须加包金属薄板保护层。已投产的露天布置的主蒸汽管道和高温再热蒸汽管道，应加包金属薄板保护层。露天吊架处应有防雨水渗入保护层的措施。

注：主给水管道、低温再热蒸汽管道也应同样要求。

**7.8** 主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道要保温良好，严禁裸露运行，保温材料应符合技术要求。运行中严防水、油渗入管道保温层。保温层破裂或脱落时，应及时修补。更换容重相差较大的保温材料时，不能对管道金属有腐蚀作用，并应对支吊架作相应的调整。严禁在管道上焊接保温拉钩，不得借助管道起吊重物。

**7.9** 工作温度大于 450℃的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道所用的管子、管件（含弯管、弯头、三通）及阀壳，必须具有制造厂的合格证明书，有关技术指标应符合现行国家或行业技术标准。

**7.10** 受监督的管子、管件和阀壳安装前，应做如下检查：

- a) 按设计要求校对其规格、材质及技术参数。
- b) 进行外观检查。

- c) 逐件进行光谱分析。
- d) 直管、弯管和导汽管进行硬度检查和壁厚测量。
- e) 弯管的背弧外弯面进行探伤检查。
- f) 对管子应确认下列项目应符合现行国家或行业标准：
  - 化学成分分析结果；
  - 力学性能试验结果；
  - 冲击韧性试验结果；
  - 金相分析结果。
- g) 对管件应确认下列项目应符合现行国家或行业标准：
  - 化学成分分析结果；
  - 金相分析结果；
  - 无损探伤结果。
- h) 合金钢阀壳需进行光谱分析，材质应符合设计要求。

**7.11 对管子、管件和阀壳表面要求为：**

- a) 无裂纹、缩孔、夹渣、粘砂、折叠、漏焊、重皮等缺陷；
- b) 表面光滑，不允许存在尖锐的划痕；
- c) 凹陷深度不得超过 1.5mm，凹缺最大尺寸不应大于周长的 5%，且不大于 40mm。

**7.12 管道安装完毕，施工单位应会同生产单位共同对弯管进行不圆度测量，做好记录，测量位置应有永久性标记。**

**7.13 施工单位应向生产单位提供与实际管道和部件相对应的以下资料：**

- a) 三通、阀门的型号、规格、出厂证明书及检查结果；
- b) 焊缝坡口形式、焊缝位置、焊接及热处理工艺及各项检验结果；
- c) 每段直管的外观、壁厚、金相组织（附金相照片）及硬度检查结果；
- d) 弯管的弯制及处理工艺、外观、不圆度、波浪度、几何尺寸等检验结果和外弯部位金相组织照片；
- e) 支吊架弹簧的安装高度记录及热位移值；
- f) 管道系统合金钢部件的光谱检验记录；
- g) 代用材料记录；
- h) 注明蠕变测点、监察段、三向位移指示器、焊口、冷紧口、支吊架、三通和阀门等尺寸位置的管道立体竣工图；
- i) 安装过程中异常情况处理记录。

**7.14 由于弯管受力比较复杂，为了避免运行中早期出现裂纹，用于制作弯管的管子，应采用加厚管或壁厚有足够裕度的管子弯制。弯管段上实测最小壁厚不得小于直管的理论计算壁厚。**

**7.15 弯管弯制厂家应按 DL5031 的规定，逐个检查弯管的壁厚减薄量、不圆度、波浪度、几何尺寸等，产品合格后方可供货，必须做好技术记录，并向使用单位提供技术检验证件。**

**7.16 弯管弯制后有下列情况之一时，为不合格：**

- a) 内外表面存在裂纹、分层和过烧等缺陷；
- b) 弯曲部分不圆度大于 5%（公称压力大于 8MPa）；
- c) 弯曲部分不圆度大于 7%（公称压力等于和小于 8MPa）；

d) 弯管外弧部分壁厚小于直管的理论计算壁厚。

**7.17** 管件及阀壳投入运行 5 万 h 时进行第一次检查，检查内容如下，以后检查周期一般为 5 万 h。

a) 对管件及阀壳进行外观和无损探伤检查。

b) 弯管进行壁厚、不圆度、金相组织和蠕变损伤检查。金相复型检查方法按 DL/T652 规定进行，蠕变损伤检查方法按 DL/T551 规定进行。

c) 对碳钢和钼钢焊接三通和弯头进行石墨化检查。

**7.18** 弯管发现下列情况时，应及时处理或更换：

a) 当发现 7.16 所列规定之一时；

b) 产生蠕变裂纹或严重的蠕变损伤（蠕变损伤 3 级及以上）时。

注：蠕变损伤评级按附录 C 规定进行。

**7.19** 三通有下列情况时，应及时处理或更换：

a) 发现严重缺陷时，应及时采取处理措施。如需更换，应选用锻造、热挤压、带有加强的焊制三通。

b) 已运行 20 万 h 的铸造三通，检查周期应缩短到 2 万 h，根据检查结果决定是否采取更换措施。

c) 碳钢和钼钢焊接三通，当发现石墨化达 4 级时，应予以更换。

注：石墨化评级按附录 D 规定进行。

**7.20** 弯头有下列情况时应处理或更换：

a) 已运行 20 万 h 的铸造弯头，检查周期应缩短到 2 万 h，根据检查结果决定是否采取更换措施；

b) 碳钢和钼钢弯头，以及焊接接头发现石墨化达 4 级时，应更换；

c) 发现外壁有蠕变裂纹时，应及时更换。

铸造三通、弯头采用超声波探伤方法检查时，可参照 DL/T 718 规定进行。

**7.21** 铸钢阀壳存在 7.11a) 所列缺陷时，应及时处理或更换。

**7.22** 工作温度大于 450℃ 的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道和高温导汽管的焊口应采取氩弧焊打底工艺焊接。热处理后应进行 100% 无损探伤检查。管道焊接接头超声波检验按 DL/T5048 规定的方法进行，质量评定按 DL5007 执行。对虽未超标但记录的缺陷，应确定位置、尺寸和性质，并记入技术档案。管道保温层表面应有焊缝位置的标志。

**7.23** 应定期检查管道支吊架和位移指示器的工作状况，特别要注意机组启停前后的检查，发现松脱、偏斜、卡死或损坏等现象时，及时调整修复并做好记录。

**7.24** 主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道、特别是弯管、弯头、三通、阀门和焊缝等薄弱环节，应定期进行运行中的巡视检查。对超设计使用期限的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道，更要注意检查，每值至少巡视一次。发现泄漏或其他异常情况时，必须及时处理，并做好记录。

**7.25** 主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道不得超过设计规定的温度、压力运行，如超温，则应做好记录。启动和运行中，应严格执行暖管和疏水措施，认真控制温升、温降速度，并监视管道膨胀情况。

**7.26** 应注意掌握已运行的工作温度大于 450℃ 的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道及其部件的质量情况。对情况不明的钢管、三通、弯管、弯头、阀壳和焊缝等，要结合检修分批检

查，摸清情况，消除隐患。

**7.27** 与主蒸汽管道相连的小管道，应采取如下监督检查措施：

a) 主蒸汽管道可能有积水或凝结水的部位（压力表管、疏水管附近、喷水减温器下部、较长的死管及不经常使用的联络管），大修时应重点检查内壁裂纹。

b) 小管道上的管件和阀壳应按 7.17 的规定进行检查。根据检查结果，按 7.18、7.19、7.20 和 7.21 的有关规定进行处理。

c) 对联络管、防腐管等小管道的管子、管件和阀壳，运行 10 万 h 以后，根据实际情况，尽可能全部更换。

**7.28** 工作温度大于和等于 450℃ 的碳钢、钼钢蒸汽管道，当运行时间达到或超过 10 万 h 时，应进行石墨化普查，以后的检查周期约 5 万 h。运行时间超过 20 万 h 的管道，在石墨化普查基础上，如需要可割管进行鉴定，割管部位应包括焊接接头。

运行时间较长和受力复杂的母管，是石墨化检查的重点。对石墨化倾向日趋严重的管道，除做好检查、分析、处理外，必须按规定要求做好管道运行、维修工作，防止超温、水冲击等。

**7.29** 高合金钢管（如 F11、F12 和 P91 等）主蒸汽管道异种钢焊接接头及接管座焊接接头，运行 5 万 h 时，进行无损探伤，以后检查周期为 3 万 h~5 万 h。

**7.30** 对已运行 3 万 h~4 万 h 的 300MW 及以上机组，和已运行 8 万 h~10 万 h 的 100MW 及以上机组的主蒸汽管道，再热蒸汽管道（含热段、冷段），应对管系及支吊架进行全面检查和调整。检查和调整具体实施措施按 DL/T616 的规定进行。

**7.31** 300MW 及以上机组低温再热蒸汽管道（冷段）投运后第一次大修，应做如下检查：

a) 20% 的焊口（含纵、环焊缝）进行超声波探伤检查，如发现不合格焊口，应加倍复查；

b) 弯管（含弯头）按 30% 进行不圆度检查；

c) 壁厚检测。

以后检查周期为 5 万 h。

**7.32** 对使用期限达 10 万 h，工作温度大于 450℃ 的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道，进行如下检查：

a) 管件和阀壳按 7.17 所列项目进行检查；

b) 焊缝进行外观和无损探伤检查；

c) 直管进行壁厚测量和金相检查；

d) 监察段进行硬度、金相、蠕变损伤检查。

**7.33** 对运行时间达 20 万 h、工作温度大于 450℃ 的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道，除按 7.32 所列项目进行检查外，对管件应增加硬度检验项目；对管壁较薄、应力较高的部位（尤其是弯管），还应增加金相、蠕变损伤和碳化物检查，必要时割管进行材质鉴定。材质鉴定按 DL/T 654 推荐的方法进行。

**7.34** 运行时间达 30 万 h、工作温度大于 450℃ 的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道，除按 7.33 要求检查外，必要时进行管系寿命鉴定。管系寿命鉴定可参照 DL/T 654 推荐的方法进行。

**7.35** 对已投入运行、工作温度为 540℃、工作压力为 10MPa、外径为 273mm 的 10CrMo910 钢主蒸汽管道，按如下要求进行检查：

a) 实测壁厚 20mm~23.5mm 的直管、弯管, 运行到 10 万 h 时, 应进行壁厚、硬度、金相、碳物检查, 在检查基础上决定是否需割管做材质鉴定, 继后的检查周期约 3 万 h~5 万 h;

b) 实测壁厚小于 20mm 的直管、弯管, 或发现蠕变相对变形量达到 0.5% 时, 应提前进行检查, 根据检查结果采取相应的处理措施。

**7.36** 已运行 20 万 h 的 12CrMo、15CrMo、12CrMoV 钢主蒸汽管道, 经检查符合下列条件, 直管段一般可继续运行至 30 万 h;

a) 实测最大蠕变相对变形量小于 0.75%, 或最大蠕变速度小于  $0.35 \times 10^{-5} \%/h$ ;

b) 对监察段钢中碳化物内含钼量占钢中总含量的比值, 12CrMo、15CrMo 钢不超过 85%, 12Cr1MoV 钢不超过 75%;

c) 监察段金相组织未严重球化 (即铬钼钢未达到 6 级<sup>1)</sup>, 铬钼钒钢未达到 5 级<sup>2)</sup>);

d) 未发现严重的蠕变损伤。

注: 1 铬钼钢球化评级按附录 E 规定进行。

注 2 铬钼钒钢球化评级按附录 F 规定进行。

**7.37** 已运行 20 万 h 的低合金耐热钢主蒸汽管道, 应根据蠕变损伤检查结果确定如下检查周期:

a) 发现单个孔洞, 检查周期为 4 万 h~5 万 h;

b) 发现方向性孔洞, 检查周期为 2 万 h~3 万 h;

c) 发现链状孔洞, 检查周期为 0.5 万 h~1.5 万 h。

运行达到或超过 30 万 h 的主蒸汽管道, 可参照上述规定确定检查周期, 也可参照 7.36 和 7.38 有关技术指标, 采取相应的处理措施。

**7.38** 12CrMo、15CrMo 和 12CrMoV 钢主蒸汽管道, 当出现下列情况之一时, 应进行材质鉴定:

a) 运行至 20 万 h 超过 7.36 所规定的条件之一时;

b) 运行至 30 万 h 前, 实测蠕变相对变形量达到 1% 或蠕变速度大于  $0.35 \times 10^{-5} \%/h$ 。

**7.39** 除 7.36 所列的三种钢种外, 其余合金钢主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道, 当蠕变相对变形量达 1%, 或蠕变速度大于  $1 \times 10^{-5} \%/h$  时, 应进行材质鉴定。

**7.40** 低合金耐热钢主蒸汽管道材质损伤, 经检查发现下列情况之一时, 必须及时处理或更换:

a) 自机组投入运行以后, 一直提供蠕变测量数据 (含弯管整体周向或外弧侧局部切向), 其相对蠕变变形量达到 2%;

b) 在管子的总寿命损耗率达到 60% 之前补装的蠕变测点 (含弯管整体周向或外弧侧局部切向), 其相对蠕变变形量达到 1%;

c) 多个晶粒度长的蠕变微裂纹。

**7.41** 工作温度大于 450℃ 的锅炉出口、汽轮机进口的导汽管, 根据不同的机组型号在运行 5 万 h~10 万 h 时间范围内, 进行外观和无损检查, 以后检查周期约 5 万 h。对启停次数较多、原始不圆度较大和运行后有明显复圆的弯管, 应特别注意, 发现裂纹时, 应及时更换。

## 8 受热面管子的技术监督

**8.1** 对受监范围的受热面管子, 应根据能源电 [1992] 1069 号文《防止火电厂锅炉四管爆



漏技术导则》的规定，把好在设计、监造、安装、运行、检修各个环节的技术关。

**8.2** 受热面管子安装前，应根据装箱单和图纸进行全面清点，核对制造单位出具的出厂说明书及其质量保证书是否齐全，其内容应包括技术条件编号、化学成分、力学性能（常温和高温）、供货状态及协议书中规定项目的全部检验结果。

**8.3** 受热面管子安装前应对其管子质量和制造厂焊口进行如下检查：

a) 注意检查表面有无裂纹、折叠、龟裂、压扁、砂眼和分层等缺陷。外表面缺陷深度超过管子规定厚度 10% 以上，或咬边深度大于 0.5mm 时，应采取处理措施。

b) 对受热面管子的外径和壁厚，应使用游标卡尺等工具，随机抽查。对于装配好的管排，壁厚测量应不少于组装件根数的 5%，且每根至少测量两个截面，每个截面至少测两点，测量结果应符合图纸要求。

c) 受热面管子的弯管按 10% 进行抽查，其拉伸面实测壁厚不得小于计算壁厚，压缩面不应有明显的皱褶，以及不圆度应符合有关标准要求。

d) 对制造厂焊口质量抽查应按 DL/T5047 规定进行。

e) 用于受热面的合金钢管及其手工焊焊缝，均应进行 100% 的光谱和硬度抽查分析。

**8.4** 受热面管子检修时，应进行如下检查：

a) 进行外观检查，是否存在磨损、腐蚀、刮伤、鼓包、变形（含蠕变变形）、氧化及表面裂纹等情况，并做好记录；

b) 对垢下腐蚀严重的水冷壁管，应定期进行腐蚀深度的测量；

c) 大修时，在高温过热器和高温再热器管壁温最高处，必要时割取管样进行检查。

**8.5** 为了解壁温大于 450℃ 的过热器管和再热器管材质性能变化规律，可选择具有代表性的锅炉，在壁温最高处设监察管。取样周期一般为 5 万 h。监督壁厚、管径、组织、碳化物成分和结构、脱碳层和力学性能变化。

**8.6** 对 Cr-Ni 奥氏体钢管，在制造、运输、库存、安装、运行等各个环节中应采取如下防止应力腐蚀措施：

a) Cr-Ni 奥氏体钢管弯管后应进行固溶处理。

b) Cr-Ni 奥氏体钢锅炉排管应涂防锈漆和管口密封。

c) 应采用除盐水做水压试验，严禁用生水，试验溶液应满足 DL/T561 的要求，氯离子应低于 200 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。水压试验后应及时把水放净，用压缩空气吹干。

d) 锅炉酸洗时所选择的酸洗介质和缓蚀剂均应有利于防止应力腐蚀。

**8.7** 当发现下列情况之一时，应及时更换：

a) 合金钢管外径蠕变变形大于 2.5%，碳素钢管外径蠕变变形大于 3.5%；

b) 高温过热器管和再热器管外表面氧化皮厚度超过 0.6mm，且晶界氧化裂纹深度超过 5 个晶粒；

c) 管子外表面有宏观裂纹；

d) 微观检查发现蠕变裂纹；

e) 奥氏体不锈钢管产生应力腐蚀裂纹；

f) 12Cr2MoWVTiB（钢研 102）钢管  $\sigma_b < 540\text{MPa}$ 、 $\delta_5 \leq 18\%$ ，以及碳化物明显聚集长大；

g) 管壁减薄到小于强度计算壁厚，或减薄量大于壁厚的 30%；

h) 腐蚀点深度大于壁厚的 30%；

i) 石墨化达 4 级（对碳钢和钼钢）。