

## 团 体 标 准

T/SMA 0071-2025

### 燃气轮机发电厂金属技术监督规程

Technical supervision codes for metal in gas turbine power plants



2025-11-30 发布

2025-12-15 实施

上海市计量协会 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 一般要求 .....	2
5 专项要求 .....	4
附录 A（资料性） 燃气轮机发电厂金属技术监督的内容 .....	12
参考文献 .....	13

The logo for SMA (Shanghai Metallurgical Industry Association) features the letters 'SMA' in a bold, blue, sans-serif font. Above the letters is a stylized blue mountain range with horizontal lines, and below them is a blue horizontal line.

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海市计量协会电力专委会提出。

本文件由上海市计量协会归口管理。

本文件起草单位：国网上海市电力公司、江苏方天电力技术有限公司、华东电力试验研究院有限公司、江苏华电扬州发电有限公司、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、宁夏电力能源科技有限公司、国网河南省电力公司电力科学研究院、上海申能奉贤热电有限公司、江苏国信协联燃气热电有限公司、国网重庆市电力公司电力科学研究院、上海闵行燃气发电有限公司、上海漕泾热电有限责任公司、上海漕泾第二发电有限公司、上海申能崇明发电有限公司。

本文件主要起草人：骆国防、王舒涛、周健、陈洪涛、陆启宇、汪小峰、陈君平、李亮、王朝华、潘晓玮、周华侃、洪玮鑫、杜君莉、徐迪、汤蕾、章学兵、张毅洲、任啸、荆迪、徐帅、汪可训、王翔、戴卓强。

本文件 2025 年 11 月首次发布。

本文件首批承诺执行单位：华东电力试验研究院有限公司、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、国网重庆市电力公司电力科学研究院、上海电力股份有限公司闵行发电厂、江苏国信协联燃气热电有限公司、江苏方天电力技术有限公司、江苏华电扬州发电有限公司、宁夏电力能源科技有限公司、上海申能奉贤热电有限公司、上海闵行燃气发电有限公司。

# 燃气轮机发电厂金属技术监督规程

## 1 范围

本文件规定了燃气轮机、锅炉、汽轮机、发电机、压力容器主设备及机组范围内的油气管道、紧固件、大型铸件、钢结构等部件金属技术监督的一般要求和专项要求。

本文件适用于燃气轮机发电厂的金属技术监督。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 150 压力容器
- GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书
- GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB 13295 水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件
- GB/T 14099.8 燃气轮机 采购 第8部分：检查、试验、安装和调试
- GB/T 16507 水管锅炉
- GB/T 21447 钢质管道外腐蚀控制规范
- GB 50251 输气管道工程设计规范
- GB/T 50764 电厂动力管道设计规范
- GB 50973 联合循环机组燃气轮机施工及质量验收规范
- DL/T 297 汽轮发电机合金轴瓦超声检测
- DL/T 438 火力发电厂金属技术监督规程
- DL/T 439 火力发电厂高温紧固件技术导则
- DL/T 586 电力设备监造技术导则
- DL/T 694 高温紧固螺栓超声检测技术导则
- DL/T 715 火力发电厂金属材料选用导则
- DL/T 821 金属熔化焊对接接头射线检测技术和质量分级
- DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程
- DL/T 991 电力设备金属发射光谱分析技术导则
- DL/T 1424 电网金属技术监督规程
- DL/T 5072 发电厂保温油漆设计规程
- DL/T 5174 燃气-蒸汽联合循环发电厂设计规范
- DL/T 5190.2 电力建设施工技术规范 第2部分：锅炉机组
- DL/T 5190.3 电力建设施工技术规范 第3部分：汽轮发电机组
- DL/T 5204 发电厂油气管道设计规程
- NB/T 47013 承压设备无损检测
- NB/T 47030 锅炉用高频电阻焊螺旋翅片管技术条件

NB/T 47031 螺旋翅片管箱及模块技术条件  
JB/T 10326 在役发电机护环超声波检验技术标准  
TSG 31 工业管道安全技术规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**金属技术监督 metal technical supervision**

通过有效的检测和评价，掌握设备及部件的质量状况，并采取有效措施进行防范处理和管理的一系列活动。

[来源：DL/T 1424-2024，3.1]

#### 3.2

**水、水汽管道 water、steam pipe**

指介质压力不小于 1.6MPa 的水、水汽介质管道。

#### 3.3

**高温蒸汽管道 superheated steam pipe**

指服役温度不小于 400℃ 的碳钢蒸汽介质管道和服役温度不小于 450℃ 的合金蒸汽介质管道。

#### 3.4

**A 级检修 A Class maintenance**

对机组进行全面的检查和修理，以保持、恢复或提高设备的性能。

[来源：DL/T 438-2023，3.4]

#### 3.5

**B 级检修 B Class maintenance**

针对机组某些设备存在的问题、部分设备进行检查和修理。B 级检修根据机组设备状态评估结果，有具体地实施部分 A 级检修项目或定期滚动检修项目。

[来源：DL/T 438-2023，3.5]

#### 3.6

**等效运行小时数 (EOH) Equivalent Operating Hours**

通过加权计算，将燃气轮机启停、变载等非稳态运行工况折算为等效的基准稳态运行的小时数，是量化燃气轮机热部件寿命损耗的计量单位。

## 4 一般要求

### 4.1 金属技术监督的人员

电厂应设置金属技术监督专责工程师，建立金属技术监督网。

金属技术监督专责工程师应有从事金属监督的专业知识和经验。

监督网成员应设有金属监督的技术主管，技术主管由金属检测、焊接、锅炉、汽轮机、电气专业技术人员 and 金属材料供应部门的主管人员组成。

### 4.2 金属技术监督的任务

金属技术监督的任务包括以下内容：

- 4.2.1 通过无损检测、材料性能测试、微观组织分析、物相分析、光谱分析等对受监金属部件进行检测和诊断；根据测试数据对部件及设备进行寿命评估。
- 4.2.2 金属技术监督是全过程的监督，包括设备监造，安装监检，服役监督。
- 4.2.3 金属技术监督应按照相应的标准要求进行。
- 4.2.4 金属技术监督应关注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。
- 4.2.5 检查和掌握受监部件服役过程中金属微观组织、力学性能变化及失效规律。
- 4.2.6 参加受监金属部件的事故调查和原因分析，总结经验，提出处理措施并督促执行。
- 4.2.7 参与机组关键部件的缺陷评定和寿命评估以及寿命管理工作。
- 4.2.8 建立、健全金属技术监督档案。

### 4.3 金属技术监督管理

#### 4.3.1 燃气轮机高温部件运行检修管理监督

可参照表 1 进行监督。

表 1 燃气轮机高温部件运行管理标准

部件名称	检修间隔 (*)	修补内容	运行管理
燃烧室 火焰筒过渡段	约 8000EOH	重新涂层 焊接	每次检修估计均有修复发生, 故需准备更新部件
透平静叶	检修间隔约 900 次启停 或 22000~24000EOH	重新涂层 焊接 重新热处理	新叶片运行约 24000EOH 会出现修补, 需准备更新部件 修补叶片约 16000EOH 会出现修补 每次检修估计均有修复发生, 故需准备更新部件
透平动叶	检修间隔约 900 次启停 或 33000EOH	重新涂层 焊接 等静压恢复材料性能	根据定期检查结果判断是继续使用还是依据寿命评估结果更换

注：“\*”以先到为准。

#### 4.3.2 燃机机组金属监督管理模式

燃机机组金属监督工作的开展可根据本厂实际情况，参照以下几种模式进行：

- 4.3.2.1 委托管理。电厂不设置金属监督专门机构及人员，厂内所有金属监督工作全部委托有经验及资质的专业检验机构（公司）或其他燃气轮机电厂的金属技术监督机构进行。由厂内各专业或部门分别管理金属技术监督档案资料。
- 4.3.2.2 监督管理。电厂设金属监督专责工程师，负责组织管理金属监督工作；不专门设置金属监督试验室及相关检验人员，机组安装以及运行检修的金属监督检验试验项目以外委为主。
- 4.3.2.3 电厂自行监督。电厂设金属监督专责工程师，负责金属监督工作的规划并在有关部门的配合下实施；设置金属监督试验室，根据电厂规模配备数名金属试验员以及进行常规检验试验项目的仪器设备，特定的项目（如力学性能试验，金相试验，失效分析等）以及较大工作量的检验项目以外委为主。

#### 4.3.3 燃机机组金属监督档案管理

- 4.3.3.1 所有监督金属部件的检验、检测技术报告中应注明被检部件名称、检测方法、检测项目、检测内容、检测日期、检测结果以及需要说明的问题。报告由检测人员签字，经审核批准。

4.3.3.2 统一检验、检测报告的格式，对受监部件进行分类归档，建立数字化金属监督数据库，使金属监督规范化。技术档案包括：部件的设计、制造、修改、制造质量检验报告、产品质量证明书；安装质量检测报告；在役历次检验报告。

4.3.3.3 金属监督档案中还应包括机组或部件的运行参数（温度、压力、环境等）、累计运行时间和启停次数等。

#### 4.3.4 金属材料及焊接质量的监督管理

##### 4.3.4.1 金属材料

（1）受监的金属材料（包括焊条、焊丝）、备品、备件和监督、保管及代用材料的选用原则参照 DL/T 438 执行。

（2）燃机的重要金属部件，如透平转子、叶轮、喷嘴（I、II、III级）、动叶（I、II、III级）、复环（I、II、III级）、气缸、排气室；压气机动叶、静叶、入口可转导叶；火焰筒、过渡段以及轴瓦等，除应符合合同规定或相应的有关国家、行业、企业标准外，还应有质量证明书，对进口部件还应有报关单、出入境检验检疫合格证明书。

##### 4.3.4.2 焊接质量

焊接质量的监督参照 DL/T 438 执行。

## 5 专项要求

### 5.1 金属技术监督的内容

燃气轮机发电厂金属技术监督内容见附录 A。

### 5.2 燃气轮机金属监督

#### 5.2.1 制造阶段监督检验

制造阶段应依据 DL/T 586 及其它相关标准、法律法规的规定，对燃气轮机部件的制造质量进行监督检验。

5.2.1.1 燃气轮机监造、安装前检验应依据 GB/T 14099.8、GB 50973、DL/T 586、设备技术标准及供货技术协议进行。

5.2.1.2 监造单位和安装前检验单位应具备相应资质能力和经验，且不应与制造单位存在隶属和利害关系。

5.2.1.3 燃气轮机制造质量主要见证项目及见证方式依据 DL/T 586 确定，并根据实际情况增加透平叶片、透平喷嘴、燃烧筒、过渡段等重要热端部件的无损检测抽查。

5.2.1.4 应对燃气轮机设备跟踪监督，查阅制造单位及其委托加工单位的制造工艺、技术标准和生产计划，对发现的重大问题或重要检验、试验项目，应协助进行检测、分析，确定处理方案。如有不达标项，应监督处理，直至满足要求。

5.2.1.5 应对燃气轮机转子、压气机动叶、压气机静叶、透平动叶、透平喷嘴、气缸、燃烧室、轴承、高温螺栓和拉杆螺栓等部件进行质量见证。

5.2.1.6 制造、检验过程中使用的仪器、仪表和量具应进行规范管理，并由有资质的计量单位校验合格，在有效期内使用。

5.2.1.7 燃气轮机主要零部件材质控制和加工过程控制项目应符合 JB/T 6224 或订货技术条件的要求，相关测试报告、检验试验报告、装配记录等过程文件应齐全。

5.2.1.8 应保证燃气轮机的装配质量，包括叶片装配、转(轮盘)装配、定子装配、转子动平衡、转子吊入气缸、转子找中心通流间隙等重要工序。

5.2.1.9 燃烧室安装前应进行如下检验：

(1) 核对燃烧器的规格型号，按照图纸要求逐一编号，燃料喷嘴所使用的孔板应按图纸要求复核其型号、尺寸、方向；

(2) 燃烧室各部件应清洁、无损伤、无变形，过渡段内的涂层应完好，联焰管、燃烧器弹簧板等装配符合制要求；

(3) 天然气软管不得与支架、基础及其他相邻部件接触，并固定牢固。

5.2.1.10 透平转子、叶轮、叶片外观检验应无裂纹、无变形、表面光洁，对易出现缺陷的部位重点检查。透平叶片、喷嘴宜进行涡流检测，必要时增加射线检测。

5.2.1.11 压气机转子、叶轮、叶片等部件外观检验应无裂纹、无严重划痕、无碰磨痕印，依据检验结果设计对应的处理措施，对可疑缺陷进行表面检测，对易出现缺陷的部位重点检查。若质量证明书中未提供转子检测报告或对其提供的报告有疑问时，应进行无损检测。

5.2.1.12 各级推力瓦和轴瓦应按 DL/T 297 进行超声检测，检查是否有脱胎或其他缺陷。

5.2.1.13 燃气轮机热通道的备品备件，应核查质量证明文件、修理报告等资料，对主要部件焊缝、受力部位进行无损检测，检查制造或返修质量，防止运行中发生裂纹断裂等异常事故。

5.2.1.14 燃气轮机供货商应及时提供设备完整的技术文件，包括产品设计装配、安装、调试、使用、操作、维护说明及备品备件清单等。

## 5.2.2 服役阶段监督检验

5.2.2.1 运行期间应加强对燃气轮机火焰、排气、轮间温度、振动等运行数据的监视，防止局部过热燃烧引起的设备裂纹、涂层脱落、燃烧区位移等损坏。当发生振动超标、超速时，应停机查明原因并处理。

5.2.2.2 停机或检修期间，严格按照燃气轮机制造商的要求，对易发生疲劳损伤的金属部件和部位重点进行宏观检查 and 无损检测。定期对燃气轮机进行内窥镜（孔窥）检查，确认压气机叶片、火焰筒、透平静叶和动叶的表面状态。定期利用超声相控阵检测方法对燕尾榫型压气机一级动叶叶根进行检测。

5.2.2.3 燃气轮机超速试验时，转子大轴的温度不得低于转子材料的脆性转变温度。

5.2.2.4 燃气轮机的检修分为燃烧室检修、透平检修、整机检修三种，应按照燃气轮机制造厂的检修维护手册制定检修周期。检修主要项目如下：

### (1) 燃烧室检修

a) 燃烧室火焰筒、过渡段和燃料喷嘴外观检查，主要检查表面积碳、结垢、烧蚀、裂纹、涂层剥落等；

b) 透平第 1、2 级动、末级静叶外观检查，主要检查积垢、裂纹、烧蚀、腐蚀、表面硬伤、涂层剥落等；

c) 压气机进口可调导叶（IGV）、第 1 级动静叶、末级静叶栅和出口导叶（OGV）外观检查 and 无损检测，主要检查腐蚀、裂纹、表面损伤情况；无损检测应按 NB/T 47013 标准执行。

### (2) 透平检修

a) 透平所有动、静叶片及护环的外观检查、无损检测，按 NB/T 47013 标准执行。

b) 叶轮宏观检查，叶根槽渗透检测或超声波检测，叶轮的台阶过渡区表面检测；超声检测参照 JB/T 1581 和 NB/T 47013.3 执行，渗透检测参照 NB/T 47013.5 执行。

### (3) 整机检修

- a) 整机检修内容按 5.2.2.4.1、5.2.2.4.2 条执行。
- b) 轴颈外观检查：主要检查划痕、摩擦损伤情况。
- c) 轴瓦，渗透检测按 NB/T 47013.5 规定执行，超声波检测按 DL/T 297 规定执行。
- d) 气缸、静叶环、拉杆、联轴器螺栓的检查和检测：检测方法为外观检查、渗透检测或磁粉检测。渗透检测按 NB/T 47013.5 规定执行，磁粉检测按 NB/T 47013.4 规定执行。
- e) 大于或等于 M32 高温螺栓检测：外观检查主要检查机械损伤、裂纹，超声检测主要检查螺栓的螺纹根部裂纹，按 DL/T 694 执行；渗透检测按 NB/T 47013.5 执行；磁粉检测按照 NB/T 47013.4 执行。
- f) 大型支承件焊缝的检查和检测：检测方法为外观检查、渗透检测，渗透检测按 NB/T 47013.5 执行。

### 5.3 锅炉金属监督

#### 5.3.1 水、水汽管道

- (1) 制造、安装监督检验参照 DL/T 438 中给水管道相关条款执行。
- (2) 服役阶段的检验监督参照 DL/T 438 中给水管道相关条款执行。

#### 5.3.2 高温蒸汽管道

高温蒸汽管道的金属监督参照 DL/T 438 中主蒸汽管道、再热蒸汽管道和导汽管相关条款执行。

#### 5.3.3 受热面

##### 5.3.3.1 制造、安装监督检验

- (1) 余热锅炉各级受热面应采用全疏水型结构，便于及时疏水。
- (2) 余热锅炉尾部受热面管壁温度应高于烟气酸露点和水露点温度，否则应采取有效防腐措施，防止低温腐蚀。
- (3) 受热面模块制造、安装质量监督检验主要包括如下内容：
  - a) 应按照 GB/T 5310、DL/T 715 等标准的规定，对锅炉受热面管的材料选择结果进行审查。对低压蒸发器的选材应考虑内壁流动加速腐蚀。尾部受热面的选材应考虑低温腐蚀。
  - b) 受热面管材主要见证内容及材料代用原则参照 DL/T 438 执行。
  - c) 制造阶段受热面管端部的夹层、内壁直道、划痕类缺陷的宏观检查。
  - d) 锅炉模块组装完后，受热面管排应平整、无变形，鳍片应完整无脱焊。
  - e) 锅炉模块出厂前，预留的工地安装管子接口应密封，防止异物侵入。
  - f) 螺旋翅片管的管子与钢带应采用高频电阻焊接，焊缝熔合率、拉脱强度应符合 NB/T 47030 的条件。
  - g) 安装前的设计、制作工艺和检验等资料的见证参照 DL/T 438 执行。
  - h) 安装前，应对集箱、受热面管清洁度内窥镜检查过程进行见证。安装单位组织实施的其它检验项目参照 DL/T 438 执行。
  - i) 水压试验方案、试验过程和报告需见证。水压试验后，应确保受热面管内干燥、无积水。
  - j) 螺旋翅片管箱及模块的制造应符合 NB/T 47031 的条件。

##### 5.3.3.2 服役阶段监督检验

- (1) 锅炉运行期间，应防止发生超温、超压情况，发生超温、超压时应及时分析原因，并采取措施进行调整。对超温、超压情况应进行记录，主要记录超温幅度、次数、时间及累计时间。过热器两侧、再热器两侧出口汽温的偏差应小于 15℃。省煤器运行温度应小于饱和温度 5℃ 以上。

(2) 锅炉受热面管在运行过程中发生泄漏失效情况时,应查明失效原因,采取措施及时处理,防止损坏范围扩大。同时应对爆管泄漏事故进行原因分析,并采取针对性的措施,防止同类事故的发生。

(3) 电厂锅炉、金属专工应建立锅炉受热面管失效事件台账。

(4) 余热锅炉受热面模块检修防磨防爆检查应符合下列要求:

a) 对管段壁厚的监督,尤其是低压蒸发器出口集箱两端的弯管背弧。当管子壁厚减薄至小于 GB/T 16507.4 计算的管子最小需要厚度,应更换,更换时可考虑对材质进行升级。

b) 当管子胀粗大于 2.5% (合金钢) 或 3.5% (碳钢) 管径时,应更换。

(5) 管排平整,节距均匀,无管子出列,挡烟板、震动支架、隔音装置无变形、无脱焊。烟囱挡板的外部检查应符合下列要求:

a) 传动连杆、轴销完好。

b) 烟囱挡板开关顺畅无卡涩。

c) 实际开度与表计指示一致。

d) 烟囱挡板与连轴焊接牢固,挡板无变形、不开裂。立式余热锅炉若发现烟囱挡板关闭不严时,需对烟囱下部管件锈蚀情况进行壁厚检查。

(6) 检修阶段如进行模块更换或管子更换时,应按 5.3.3.1 条执行。

### 5.3.4 集箱

#### 5.3.4.1 制造、安装监督检验

集箱的制造、安装监督检验参照 DL/T 438 执行。

#### 5.3.4.2 服役阶段监督检验

集箱服役阶段监督检验参照 DL/T 438 执行。

### 5.3.5 汽包

#### 5.3.5.1 制造、安装监督检验

汽包的制造、安装监督检验参照 DL/T 438 执行。

#### 5.3.5.2 服役阶段监督检验

(1) 汽包的服役阶段监督检验参照 DL/T 438 执行。

(2) 检修期间应核查汽包吸附式汽水分离器汽水分离效果,若发现影响汽水分离效果的缺陷应及时修复,并加强对过热器进口管道壁厚监督检查。

### 5.3.6 支吊架

支吊架的监督检验参照 DL/T 438 执行。

## 5.4 汽轮机金属监督

### 5.4.1 制造、安装监督检验

汽轮机制造、安装监督检验参照 DL/T 438 执行。

### 5.4.2 服役阶段监督检验

5.4.2.1 汽轮机服役阶段监督检验参照 DL/T 438 执行。

5.4.2.2 对于启停频繁的机组，应适当缩短汽轮机的检修周期。对于容易发生疲劳损伤的部件或部位进行重点监督。

## 5.5 发电机金属监督

### 5.5.1 制造、安装监督检验

发电机的制造、安装监督检验参照 DL/T 438 执行。

### 5.5.2 服役阶段监督检验

发电机服役阶段监督检验参照 DL/T 438 执行。

## 5.6 压力容器金属监督

### 5.6.1 制造、安装监督检验

5.6.1.1 5.6.1.1 压力容器制造质量的技术文件见证应符合国家标准、行业标准、团体标准或企业标准：

(1) 确认母材和焊接材料的化学成分、力学性能、工艺性能。钢板、钢管、钢锻件应符合 GB/T 150 中相关条款的规定及合同规定的技术条件，进口原材料应符合合同规定的相关国家的技术法规、标准及相关技术条件。

(2) 制造商提供的理化性能复验报告，或制造商验收人员按照采购技术要求在材料制造单位进行验收，并签字确认的质量证明书。

(3) 制造商提供的压力容器图纸、强度计算书。

(4) 制造商提供的焊接及焊后热处理资料。对于首次使用的压力容器材料，制造商应提供焊接工艺评定报告。

(5) 制造商提供的焊接接头检测资料。

(6) 在制造厂进行的水压试验资料。

(7) 设计修改资料，制造缺陷的返修处理记录。

5.6.1.2 压力容器制造过程中，制造商应自行或委托有资质单位按 GB/T 150 中相关条款要求进行无损检测。

5.6.1.3 压力容器现场就位安装后，应按照 DL/T 869、NB/T 47013 的要求进行安装焊缝的检验检测。

### 5.6.2 服役阶段监督检验

5.6.2.1 压力容器使用单位应在压力容器投入使用前或者投入使用后 30 日内，向当地特种设备使用登记部门办理使用登记，建立各项安全管理制度，制定操作规程。

5.6.2.2 压力容器服役阶段，应按照 TSG 21 要求进行开展定期检验。

## 5.7 机组范围内油、气管道金属监督

### 5.7.1 制造、安装监督检验

5.7.1.1 管道系统金属材料、管件的设计选择和管径、壁厚的设计计算应符合 TSG 31、DL/T 5204 的要求。

5.7.1.2 油系统的设计、选材、安装质量、防腐等应符合 DL/T 5204、DL 5190.2、DL 5190.3、《防止电力生产事故的二十五项重点要求（2023 版）》（国能发安全〔2023〕22 号文）等相关规定。

5.7.1.3 油管路设计时不宜采用法兰连接，宜采用焊接连接方式并减少焊口，禁止使用铸铁阀门。

5.7.1.4 油管路设计时，三通应选取有大小头过渡的结构，避免采用插入式结构。

5.7.1.5 调压站出口至燃机燃料前置模块的天然气管道，应符合 TSG 31、DL/T 5174、DL/T 5204、GB 50251、DL/T 5072 的规定。

5.7.1.6 天然气管道系统用管件（弯头、弯管、三通、大小头）、阀门等附件严禁使用铸铁件，应采用锻钢件，材质与管道相同或相近。

5.7.1.7 有静电要求的管道，法兰间应设导线跨接。对于不锈钢管道导线跨接或接地引线不应与不锈钢管道直接连接，应采用不锈钢板过渡。

5.7.1.8 燃气系统使用的法兰密封垫宜采用带内钢圈的金属缠绕垫或软钢质的齿形垫，垫片内径应略大于管道法兰的内径。

5.7.1.9 球墨铸铁管，管道与管道之间、管件与管件之间使用橡胶密封圈密封时，密封圈的性能应符合输送燃气输送管的使用要求。橡胶圈应光滑、轮廓清晰，不得有影响接口密封的缺陷。

5.7.1.10 球墨铸铁管道及管件的配合尺寸公差应符合 GB 13295 的有关规定。

5.7.1.11 严禁管道从管沟内敷设使用。

5.7.1.12 安装前，应按 TSG 31 的规定，对管道钢管应进行如下验收检验：

(1) 钢管有质量证明书，质量证明书中出具的钢管质量检验项目和结果符合 GB/T 2102 的规定，质量证明书包括的内容有：

- a) 制造厂名称；
- b) 需方名称；
- c) 合同号；
- d) 产品标准号；
- e) 钢材牌号；
- f) 炉号、批号、交货状态、重量、根数（或件数）；
- g) 品种名称、规格及质量等级；
- h) 产品标准中所规定的各项检验结果（包括参考性指标）；
- i) 技术质量监督部门标记；
- j) 质量证明书签发日期或发货日期。

(2) 合金钢管道和管件应 100%光谱检验，检验按 DL/T 991 执行，结果应符合设计要求。

(3) 油管道、管件、阀门应进行 100%外观检验，检查结果应无严重的机械划伤、穿孔、裂纹、重皮、折叠等缺陷。管道弯头宜采用大曲率半径弯管，避免采用直角接头；弯管表面应平整光滑、无明显弯曲波浪或压扁，弯管两端应留有直段。

(4) 钢管内外表面外观检查应无裂纹、折叠、重皮、分层、变形或压扁等缺陷及大面积严重的锈蚀，否则，应在安装前完全清除，清除深度不应超过管道公称壁厚的负偏差，即清理处的实际剩余壁厚不应超过壁厚偏差所允许的最小值。

(5) 对质量证书内容有疑问或对钢管质量有疑问时，可按照 TSG 31 规定的产品质量要求，对钢管进行取样试验。

5.7.1.13 管道系统的安装单位应具有 TSG D3001 要求的相关资质，并办理安装许可。

5.7.1.14 安装前，应按 TSG 31 的规定，对管道附件（包括管件-弯头、弯管、三通、异径接头、封头和法兰、阀门、紧固件及其组合件）进行如下验收检验：

(1) 管道附件外观检查符合下列规定：

- a) 表面应无裂纹、重皮、折叠、分层、过烧等缺陷；
- b) 不应有超过管道壁厚负偏差的锈蚀和凹坑；
- c) 输送燃气的金属软管应进行内部检查无异常，软管与刚性管道之间连接牢固可靠，外观检查无异常，软管与设备连接无扭曲、无过度弯曲或拉伸。

(2) 紧固件螺母和螺纹外观检查应完整,无伤痕、毛刺等缺陷;金属垫片表面应无裂纹、毛刺、凹槽、径向划痕及锈斑等缺陷;合金钢螺栓及螺母应采用光谱分析方法对材质进行检验,光谱检验按 DL/T 991 执行。

(3) 燃气系统阀门应做严密性检查,隔断阀宜采用球阀。

(4) 直埋管道的防腐设计应符合 GB/T 21447 等相关标准要求,管道下沟前应对防腐层进行 100%的外观检查和全管段电火花检测试验。

5.7.1.15 现场制作的管道元件质量应符合 TSG 31 的相关规定。

5.7.1.16 DN50 及以下油管道应采用全氩弧焊焊接,其它油管道至少应采用氩弧焊打底,焊缝的坡口类型、焊口检验应按 DL/T 869 的规定执行。

5.7.1.17 油管道安装焊缝应焊透,汽轮机高压抗燃油系统的管道、管件、油箱应选用不锈钢材料并采用氩弧焊焊接。安装焊缝依据 DL/T 821 和 NB/T 47013 进行 100%的射线检测和渗透检测,检测结果应符合 DL/T 869 的规定。

5.7.1.18 安装时,油系统管道应布置整齐,避免交叉且固定牢固,防止运行中因振动而引起疲劳失效。油管道外壁与蒸汽管道保温层外表面的净距离不应小于 150mm,距离不满足要求时应加隔热板,严禁将油管道直接包在蒸汽管道保温层中,在主蒸汽管道及阀门附近的油管路上不宜设置法兰和活接头。运行中存有静止油的管道与蒸汽管道保温层外表面的净距离应大于 200mm。

5.7.1.19 油管道的支吊架安装应符合设计要求;油管道在机组各种运行工况下可沿设计预定方向自由膨胀。

5.7.1.20 管道系统安装焊接及焊缝无损检测、质量要求如下:

(1) 管道的焊接应按 TSG 31、DL/T 869 的规定执行,焊接工艺应为全氩弧焊。

(2) 管道焊缝无损检测及质量要求如下:

a) 焊缝应进行 100%的外观检验,焊缝外观质量应符合 TSG 31、DL/T 869 的规定。

b) 焊缝无损检测必须在外观质量检验合格后进行。

c) 焊缝应 100%的表面渗透检测合格,渗透检测按 NB/T 47013.5 执行, I 级合格。

d) 每道安装焊缝应 100%的射线检测或超声检测合格。射线检测或超声检测按 NB/T 47013 执行,检测比例、合格等级按 TSG 31 相关规定执行。

e) 燃气管道安装完毕后应对接口部位防腐层 100%的外观检查和 100%电火花检测试验;回填前应对接口防腐层进行电火花检测试验抽检,检测应全部合格。

f) 新安装或检修后的管道或设备应进行系统打压试验,确保燃气系统的严密性

## 5.7.2 服役阶段监督检验

5.7.2.1 机组运行过程中,应加强对油管路的巡检,有振动现象的油管道,应及时查明原因,消除振动,避免管道疲劳开裂引起油液泄漏和火灾事故。

5.7.2.2 不锈钢油管道不应采用含有氯化物的溶剂清洗,不锈钢油管道的管壁与铁素体支吊架接触部位应采用不锈钢垫片或氯离子含量不超过 500ppm ( $1\text{ppm}=1\times 10^{-6}$ ) 的非金属垫片隔离。

5.7.2.3 机组运行过程中,当油管路由于疲劳或腐蚀发生泄漏修复时,新更换管道、管件的质量和焊接工作按 5.7.1 条的相关规定执行。

5.7.2.4 管道系统全面检验的周期、项目、内容按 TSG 31 规定执行。

5.7.2.5 管道系统的改造、维修保养或维修按 TSG 31 规定执行。

5.7.2.6 首次 A 级或 B 级检修中,依据 5.7.1.18 条的规定,对机组范围内油管路与安全热源的安全距离进行排查,发现问题及时采取措施处理。

- 5.7.2.7 油管路插入式结构形式的三通焊缝、结构突变部位的焊缝，每次 A 级检修应进行宏观检查和渗透检测，渗透检测按 NB/T 47013.5 执行；对于有明显振动的管路应重点加强监督检查，并采取措施消除或减小管路振动幅度。
- 5.7.2.8 安装阶段燃油管道及氢气管道安装焊缝未进行 100%射线检测的，或管路安装焊缝质量不明的，A 级检修时，对安装焊缝 20%射线检测抽查，焊缝质量验收按 DL/T 869 规定执行；当存在超标缺陷时，应扩大抽查比例，抽查仍然存在超标缺陷的焊缝，则应对油管道安装焊缝 100%射线检测；超标缺陷焊缝应及时安排返修处理，返修时应全部割除原焊口，返修后的焊缝应按 5.7.1.20 条规定执行。
- 5.7.2.9 更换的油管路新管道、管件的质量和焊接工作按 5.7.1 条的相关规定执行。
- 5.7.2.10 加强对运行中的管路巡检，管道有振动、泄漏，管道或附件有损坏及管道表面防腐涂层有剥落时，应及时查明原因，明确安全风险，消除隐患。
- 5.7.2.11 管道系统应按 TSG 31 的规定和要求，每年至少开展一次定期在线检验，并出具检验报告。
- 5.7.2.12 电厂天然气管道系统应安排专人管理，建立相关管理、检查、记录制度。
- 5.7.2.13 新安装的燃气管道应在 24h 之内检查一次，并在通气后的第一周进行一次复查，确保管道系统燃气输送稳定安全可靠。
- 5.7.2.14 机组检修时，应对燃气轮机仓及燃料阀组件天然气系统进行气密性试验，及天然气管道进行全面检查。
- 5.7.2.15 天然气系统中设置的安全阀，应做到启闭灵敏，每年至少委托有资质的检验、校验机构检验、校验一次，压力表等其他安全附件应按规定的检验周期定期校验。
- 5.7.2.16 做好在役地下管道防腐涂层的检查与维护。正常情况下高压、次高压管道（ $0.4\text{MPa} < p \leq 4.0\text{MPa}$ ）应每 3 年一次，10 年以上的管道每 2 年一次。

## 5.8 紧固件金属监督

紧固件金属监督参照 DL/T 438 和 DL/T 439 执行，启停频繁的机组应加强联轴器螺栓的监督检查。

## 5.9 大型铸件的金属监督

大型铸件的金属监督参照 DL/T 438 执行。

## 5.10 钢结构金属监督

钢结构金属监督参照 DL/T 438 执行。启停频繁机组应加强对钢结构焊缝及紧固件的检查。

## 附录 A

(资料性)

### 燃气轮机发电厂金属技术监督的内容

#### A.1 燃气轮机

A.1.1 压气机：进口可调导叶（IGV）、压气机第一级静叶（CV1）、动叶、静叶、缸体、转子、叶轮、轴颈、连接件。

A.1.2 燃烧系统：燃烧室、预混管路、值班管路。

A.1.3 过渡段；透平：大轴、叶轮、喷嘴（I、II、III级）、动叶（I、II、III、IV级）、复环（I、II、III级）、内外环壁、气缸、排气室及高温螺栓、联轴器及螺栓、叶轮、轴颈、连接件、压气机空气滤网。

#### A.2 锅炉

水、水汽管道；高温蒸汽管道；受热面；集箱；汽包；支吊架。

#### A.3 汽轮机

汽缸、喷嘴、隔板和隔板套、轴瓦、大轴、叶轮、叶片、拉筋、主汽门、调速汽门、给水泵、小汽轮机等。

#### A.4 发电机

大轴、滑环、护环、中心环、风扇叶片，轴瓦。

#### A.5 压力容器

#### A.6 机组范围内的油、气管道

燃气轮机和汽轮机高压油管道、汽轮机注油器（机组检修换油期间宏观检查注油嘴内壁冲蚀）、调压站出口法兰至燃机燃料前置模块的燃气管道、前置模块至燃气轮机的燃气管道。

#### A.7 紧固件

紧固件金属监督部件包括大轴联轴器（含燃气轮机短轴）、汽包人孔门螺栓，工作温度不低于 400℃ 的导汽管法兰、主汽门、调节汽门、汽（气）缸螺栓等。

#### A.8 大型铸件

大型铸件主要包括汽缸、气室、主汽门、调节汽门、平衡环、阀门等部件。

#### A.9 钢结构

钢结构是在指锅炉本体的主要承重钢结构，包括大板梁、主要立柱及主要横梁。

## 参 考 文 献

- [1] GB 713 锅炉和压力容器用钢板
- [2] GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- [3] GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- [4] GB/T 5777 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测
- [5] GB/T 7233.2 铸钢件 超声检测 第2部分：高承压铸钢件
- [6] GB/T 11263 热轧H型钢和剖分T型钢
- [7] GB 13295 水及燃气用球墨铸铁管、管件和附件
- [8] GB/T 17394.1 金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法
- [9] GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定
- [10] GB/T 19869.1 钢、镍及镍合金的焊接工艺评定试验
- [11] GB/T 20410 涡轮机高温螺栓用钢
- [12] GB/T 20490 钢管无损检测 无缝和焊接钢管分层缺欠的自动超声检测
- [13] GB/T 22395 锅炉钢结构设计规范
- [14] GB/T 32270 压力管道规范 动力管道
- [15] DL/T 473 大直径三通锻件技术条件
- [16] DL/T 505 汽轮机主轴焊缝超声波检测规程
- [17] DL/T 515 电站弯管
- [18] DL/T 531 电站高温高压截止阀闸阀技术条件
- [19] DL 612 电力行业锅炉压力容器安全监督规程
- [20] DL/T 616 火力发电厂汽水管道与支吊架维修调整导则
- [21] DL 647 电力行业锅炉压力容器安全监督规程
- [22] DL/T 654 火电机组寿命评估技术导则
- [23] DL/T 695 电站钢制对焊管件
- [24] DL/T 714 汽轮机叶片超声检验技术导则
- [25] DL/T 717 汽轮发电机组转子中心孔检验技术导则
- [26] DL/T 718 火力发电厂三通及弯头超声波检测
- [27] DL/T 734 火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则
- [28] DL/T 773 火电厂用 12Cr1MoV 钢球化评级标准
- [29] DL/T 786 碳钢石墨化检验及评级标准
- [30] DL/T 787 火电厂用 15CrMo 钢珠光体球化评级标准
- [31] DL/T 819 火力发电厂焊接热处理技术规程
- [32] DL/T 820 管道焊接接头超声波检测技术规程
- [33] DL/T 850 电站配管
- [34] DL/T 868 焊接工艺评定规程
- [35] DL/T 884 火电厂金相检验与评定技术导则
- [36] DL/T 922 火力发电用钢制通用阀门订货、验收导则
- [37] DL/T 930 整锻式汽轮机转子超声检测技术导则
- [38] DL/T 925 汽轮机叶片涡流检验技术导则
- [39] DL/T 940 火力发电厂蒸汽管道寿命评估技术导则

- [40] DL/T 999 电站用 2.25Cr-1Mo 钢球化评级标准
- [41] DL/T 1105.1 电站锅炉集箱小口径接管座角焊缝无损检测技术导则 第 1 部分：通用要求
- [42] DL/T 1105.2 电站锅炉集箱小口径接管座角焊缝无损检测技术导则 第 2 部分：超声检测
- [43] DL/T 1105.4 电站锅炉集箱小口径接管座角焊缝无损检测技术导则 第 4 部分：磁记忆检测
- [44] DL/T 1113 火力发电厂管道支吊架验收规程
- [45] DL/T 2219 火力发电厂用 10Cr9Mo1VNbN 钢显微组织老化评定
- [46] DL/T 2363 金属材料微型试样室温拉伸试验规程
- [47] DL/T 5054 火力发电厂汽水管道设计规范
- [48] DL 5190.5 电力建设施工技术规范 第 5 部分：管道及系统
- [49] DL/T 5210.5 电力建设施工质量验收及评价规程 第 5 部分：管道及系统
- [50] DL/T 5210.7 电力建设施工质量验收及评价规程 第 7 部分：焊接
- [51] DL/T 5366 发电厂汽水管道应力计算技术规程
- [52] NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- [53] NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
- [54] NB/T 47038 恒力弹簧支吊架
- [55] NB/T 47039 可变弹簧支吊架
- [56] NB/T 47043 锅炉钢结构制造技术规范
- [57] NB/T 47044 电站阀门
- [58] JB/T 5263 电站阀门铸钢件技术条件
- [59] JB/T 6439 阀门受压件磁粉检测
- [60] JB/T 6902 阀门液体渗透检测
- [61] JB/T 7030 汽轮发电机 Mn18Cr18N 无磁性护环锻件技术条件
- [62] TSG D3001 压力管道安装许可规则
- [63] TSG D5001 压力管道使用等级管理规则
- [64] TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程
- [65] 《防止电力生产事故的二十五项重点要求（2023 版）》（国能发安全〔2023〕22 号文）
- [66] EN 10216-2 承压用碳钢、合金钢无缝钢管技术条件
- [67] ASME SA-106/ASME SA-106M 高温用无缝碳钢公称管
- [68] ASME SA-193/ASME SA-193M 高温用合金钢和不锈钢螺栓材料
- [69] ASME SA-194/ASME SA-194M 高温高压螺栓用碳钢和合金钢螺母
- [70] ASME SA-209/ASME SA-209M 锅炉和过热器用无缝碳钼合金钢管子
- [71] ASME SA-210/ASME SA-210M 锅炉和过热器用无缝中碳钢管子
- [72] ASME SA-213/ASME SA-213M 锅炉、过热器和换热器用无缝铁素体和奥氏体合金钢管子
- [73] ASME SA-299/ASME SA-299M 压力容器用碳锰硅钢板
- [74] ASME SA-335/ASME SA-335M 高温用无缝铁素体合金钢公称管
- [75] ASME SA-672/ASME SA-672M 中温高压用电熔化焊钢管
- [76] ASME SA-691/ASME SA-691M 高温、高压用碳素钢和合金钢电熔化焊钢管
- [77] ASTM A182/182M 高温用锻制或轧制合金钢和不锈钢法兰、锻制管件、阀门和部件
- [78] ASTM A209/A209M 锅炉和过热器用无缝碳钼合金钢管子
- [79] ASTM A213/A213M 锅炉、过热器和换热器用无缝铁素体和奥氏体合金钢管子
- [80] ASTM A234/A234M 中温与高温下使用的锻制碳素钢及合金钢管配件
- [81] ASTM A335/A335M 高温用无缝铁素体合金钢公称管
- [82] ASTM A515/515M 中温及高温压力容器用碳素钢板

- [83] ASTM A691/A691M 高温下高压装置用电熔焊碳素钢和合金钢管的标准规范
- [84] BS EN 10222 承压用钢制锻件
- [85] BS EN 10295 耐热钢铸件
- [86] DIN EN 10216-5 承压用不锈钢管技术条件
- [87] DIN EN 10216-2 承压用碳钢、合金钢无缝钢管技术条件
- [88] EN 10095 耐热钢和镍合金
- [89] EN10246-14 钢管的无损检测 第 14 部分 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管分层缺欠的超声检测
- [90] JIS G3203 高温压力容器用合金钢锻件
- [91] JIS G3463 锅炉、热交换器用不锈钢管
- [92] JIS G4107 高温用合金钢螺栓材料
- [93] JIS G5151 高温高压装置用铸钢件
- [94] ROCT 5520 锅炉和压力容器用碳素钢、低合金钢和合金钢板技术条件
- [95] ROCT 5632 耐蚀、耐热及热强合金钢牌号和技术条件
- [96] ROCT 18968 汽轮机叶片用耐蚀及热强钢棒材和扁钢
- [97] ROCT 20072 耐热钢技术条件

---

The SMA logo is a stylized blue graphic consisting of the letters 'SMA' in a bold, sans-serif font. The 'S' and 'M' are connected, and the 'A' is separate. The logo is positioned in the center of the page, below a horizontal line.