

ICS 27.100  
F 23  
备案号: 17639-2006

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

**DL/T 616 — 2006**

代替 DL/T 616 — 1997

---

## 火 力 发 电 厂 汽水管道与支吊架维修调整导则

**Maintenance & adjusting guide for thermal power plant  
Steam-water piping and support-hangers**

2006-05-06 发布

2006-10-01 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 管道系统.....	1
4 支吊架.....	5
5 技术管理.....	10
附录 A (资料性附录) 运行后管道材料修正后的许用应力示例 .....	13
附录 B (资料性附录) 立体图示例 .....	15
附录 C (资料性附录) 管件检测项目表 .....	16
附录 D (资料性附录) 计算原始数据和应力分析结果示例 .....	17
附录 E (资料性附录) 管件 (包括阀件) 检查记录示例.....	20
附录 F (资料性附录) 支吊架检查项目示例.....	21

## 前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业[2005] 739 号文）的安排，对（DL/T 616—1997）《火力发电厂汽水管道与支吊架维修调整导则》进行修订的。

本标准与 DL/T 616—1997 相比主要有如下变化：

- 补充、协调和更新了相关标准；
- 增加了对高温高压管道系统中经常采用的内径控制管的技术要求；
- 增加了对应力分析、振动分析、寿命分析的基本要求；
- 增加了对弹簧选择计算、疏放水坡度计算、支吊架偏装计算的内容；
- 补充了对保温材料的技术要求等；
- 对于原有条文个别处按照相关标准和合理要求进行了修改。

本标准与（DL 438）《火力发电厂金属技术监督规程》、（DL/T 441）《火力发电厂高温高压蒸汽管道蠕变监督规程》、（DL/T 869）《火力发电厂焊接技术规程》分别从管系受力、元件材质与焊接三个方面对火力发电厂主要管道进行科学的寿命管理，对于实施运行后期汽水管道的应力分析和安全性预测提供了基本依据。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 为资料性附录。

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委员会归口和解释。

本标准起草单位：辽宁电力勘测设计院、西北电力试验研究院、西安热工研究院。

本标准主要起草人：刘忠泽、姜求志、许忠厚、陈彬、仇天强、杨百勋、康豫军。

本标准自实施之日起，代替 DL/T 616—1997。本次修订为第一次修订。

# 火 力 发 电 厂

## 汽水管道与支吊架维修调整导则

### 1 范围

本标准规定了对火力发电厂汽水管道与支吊架的检查、维修、调整、改造的基本技术要求，也规定了汽水管道与支吊架异常问题的处理办法和基本程序。

本标准适用于火力发电厂汽水管道与支吊架的检查、调整、维修和改造，其他管道与支吊架可以参照本标准执行。本标准不适用于核电站一回路管道、非钢制管道、内衬管道以及其他专门用途的管道。

### 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 150	钢制压力容器
GB/T 1239.2	冷卷圆柱螺旋压缩弹簧技术条件
GB/T 1239.4	热卷圆柱螺旋压缩弹簧技术条件
GB/T 1239.6	圆柱螺旋弹簧设计计算
GB 3087	低中压锅炉用无缝钢管
GB/T 4272	设备及管道保温技术通则
GB 5310	高压锅炉用无缝钢管
GB/T 8163	输送流体用无缝钢管
GB/T 8174	设备及管道保温效果的测试与评价
GB/T 12459	钢制对焊无缝管件
GB/T 13793	直缝电焊钢管
GB/T 17116	管道支吊架
DL 612	电力工业锅炉压力容器监察规程
DL/T 695	电站钢制对焊管件
DL/T 850	电站配管
DL/T 869	火力发电厂焊接技术规程
DL/T 5031	电力建设施工及验收技术规范（管道篇）
DL/T 5054	火力发电厂汽水管道设计技术规定
DL/T 5072	火力发电厂保温油漆设计规程
JB/T 3595	电站阀门 一般要求
JB/T 4704	非金属软垫片
JB/T 4705	缠绕垫片
JB/T 4706	金属包垫片

### 3 管道系统

#### 3.1 一般规定

3.1.1 按 DL/T 5054 的要求,对设计已选定的管子和附件的材料进行核对,如果进行换管改造,应确定材质是否符合如下要求:

- a) 应按 GB 5310 的规定,选用中温中压及以上参数的较重要管道。
- b) 应按 GB 3087 的规定,选用低中压参数的锅炉钢管。
- c) 当选用压力小于 1.6MPa 及以下的管道时,可以采用焊接钢管,并符合 GB/T 13793 的要求,普通输送流体应符合 GB/T 8163 的规定。其他类别的管子不应使用在电厂汽水管道上。
- d) 当采用国外生产的管道时,应按照生产国相关的标准执行,或按制造单位制造时所执行的标准,但技术性能不应低于我国标准的规定。
- e) 在检查和维修时,应详细核对管子类别。如果发现问题,应书面呈报,并及时协调处理。

3.1.2 对内径控制管,应按设计图纸、合同规定和制造厂保证的标准值检查内径和壁厚的偏差。对于外径控制管应按照订货标准执行。

3.1.3 应按 DL/T 869 的要求,检查管子和管件之间的焊接对口的内错边量应符合 DL/T 869 的要求,管子加工坡口切割后的剩余壁厚应不小于对应设计参数的最小壁厚。

3.1.4 应按 DL/T 5054 和 DL/T 695 的规定检查管道附件,管道附件的材料宜与所连接管子的材料相一致,压力等级应不低于管道设计参数所确定的压力等级。如果需要验算,应按照 DL/T 5054 进行。重要管道管件的主要指标和检验要求应符合 DL/T 695 的规定,一般低压管道管件可按照 GB 12459 的规定。阀门应符合 JB/T 3595 的规定。

3.1.5 应按 DL/T 5031 的规定进行管道系统改造。管道系统中的压力容器(如扩容器、加热器、分汽缸等),应符合 GB 150、DL 612 及其相关标准的要求;电站主蒸汽管道、高低温再热蒸汽管道、高压给水管道和其他重要的电站汽水管道应按 DL/T 850 的要求,采用工厂化配制。应将管道系统的制造、检验、安装、焊接、组合、改造等记录整理归档备查。

3.1.6 在原设计管道系统上敷设新的管道,除新管道的管子横断面主型心惯性矩与原管道横断面主型心惯性矩之比小于 1/20 的管系外,应将新管道与原管道连在一起,重新进行应力分析,应力分析完全合格后,方可实施改造工作。改造的管道系统(包括支吊架),应按照本标准的规定进行调整。

3.1.7 当更换安全阀、泄放阀或者动力控制阀时,宜采用与原设计相同型号的产品,如改变型号或排汽管道尺寸,应重新计算阀门泄放时的排汽反作用力和力矩,并将该力和力矩作为偶然荷载加到连接管道上,重新进行应力分析,确认合格后,再按照新的计算结果进行管道和支吊架的调整和改造。

3.1.8 严禁利用管道作为其他重物起吊的支撑点,也不得在管道或支吊架上增加设计时没有考虑的永久性或临时性荷载。

3.1.9 当改变支吊架的位置、类型、荷载或增加约束时,应全面进行包括应力分析在内的管道设计计算,运行后管道材料修正后的许用应力参见附录 A。

3.1.10 厂房或设备基础发生异常沉降或经受地震后,应对管道系统进行测量与记录,收集主设备沉降或地震响应状况资料,确定管道系统端点附加位移值以及地震响应谱。重新进行应力分析,必要时可进行管道动力分析,并提出经过优化的处理措施。

## 3.2 管道系统的膨胀

3.2.1 新机组投运之前,应取得完整的管道设计和安装记录,首次升温,应及时检查管道各处位移与设计计算值的吻合程度,并做好记录。根据管道的实际情况,包括实际采用管子的偏差状况、保温材料的使用容重和结构等因素,进行初步应力分析。除限位装置、刚性支吊架与固定支架外,应保证管道系统自由膨胀。两相邻管道保温外表面之间的距离,足以保证管道的冷位移和热位移均不受阻碍。相邻管道及管道与设备也应保证管道冷位移和热位移不受阻碍。

3.2.2 新机组首次启动前和启动后,蒸汽参数达到额定值 8h,以及停机后管道壁温降至接近环境温度时,应各记录一次各个支吊架的三向热位移数值。

3.2.3 机组大修停机后,待管道壁温降至接近环境温度时,以及重新启动待蒸汽参数达到额定值 8h 后,

应各记录一次各个支吊架的三向位移值。

3.2.4 当高温管道热位移较大时，在测量方便处装设热位移指示器，并应在检查和维修中核对。

3.2.5 各支吊架的实际热位移值与设计计算值应该相符。若不相符合，应查明原因，纠正后应予以重新核算，并且归档备案。

### 3.3 管道系统的推力与力矩

3.3.1 当与管道连接的设备出现变形或非正常的位移时，应分析管道的推力与力矩对设备的影响。

3.3.2 管道与设备接口焊缝或其他可视部位焊缝出现裂纹，应查出出现裂纹的原因，并对附近的支吊架进行检查，必要时按实际情况进行管道推力与力矩核算。

3.3.3 应检查固定支吊架与生根结构的焊接情况，如果混凝土支墩或生根的钢件发生损坏，应分析原因，并及时处理。

3.3.4 当限位装置出现异常变形或开裂时（特别是在锅炉或汽轮机接口附近的限位装置），应立即进行处理。

3.3.5 当发现法兰结合面出现泄漏时，除检查法兰的安装质量外，还应考虑管道系统推力与力矩的影响。密封件的质量和回弹性应符合 JB/T 4704、JB/T 4705、JB/T 4706 的要求。

### 3.4 管道系统的冲击与振动

3.4.1 当管道发生明显振动、水锤或汽锤现象，应及时对管道系统进行目测检查，并记录发生振动、水锤或汽锤的时间、工况，支吊架零部件是否损坏及管道是否变形。并通过简体的振动固有频率计算和流动瞬态计算分析原因，采取措施。

管道出现较大振幅的振（晃）动，应进行强度核算、静力分析，必要时通过流动瞬态计算分析原因，检查支吊架安装是否符合设计要求。严禁用强制约束的办法来掩饰振动，使振动表象转移到内部损伤。常用的消振方法为：

- a) 在进行应力分析的基础上，用增设减振器或改变支吊架安装方向的方法来消振，并应对支吊架进行认真调整；
- b) 通过动力分析，用增设减振器或改变支吊架安装方向的方法来消振，减振器的安装方向应充分考虑该管道的正常热位移。

3.4.2 因汽、液两相不稳定流动以及脉动冲击现象而引起的管道，不宜用强制约束的办法来限制振动，应在进行必要的强度核算和流动瞬态计算的基础上，结合管道系统结构布置或者选用适当组件的办法综合考虑。

### 3.5 管道和支吊架缺陷

3.5.1 当管道某一焊口或部件发现裂纹等缺陷，应进行如下工作：

- a) 按 DL/T 695 和 DL/T 869，分析焊接及管材质量，分析管子和管件是否符合标准、强度是否满足要求；
- b) 检查裂纹或焊口相邻近的支吊架状态，并测定其位移方向和位移量；
- c) 根据管道的实际状况进行应力分析，然后进行损坏原因的综合分析，并采取措施纠正。

3.5.2 支吊架管部、根部或连接件有变形过大、出现裂纹等异常时，应按 GB 17116.1 和 DL/T 5054 进行校核计算，强度不足时应进行补强。

3.5.3 对蒸汽管道做水压试验时，应将弹簧支吊架和恒力支吊架进行锁定。如无法锁定或锁定后其承载能力不足时，应对部分支吊架进行临时加固或增设临时支吊架，加固或增设的支吊架要经过计算校核。

### 3.6 管道系统应力分析

3.6.1 应力分析所采用的软件，应符合火力发电厂汽水管道应力计算的规定。

3.6.2 在进行应力分析时，应绘制计算图，图纸的内容深度参见附录 B 的要求。

3.6.3 应力分析软件应有如下功能：

- a) 可以计算下列工况：初期冷态工况、初期热态工况、偶然荷载工况、水压试验工况、风载或地震工况。

- b) 输出内容中至少包括下列项目：上述各种工况的一次应力、一次应力与二次应力之和的综合应力、判断各种应力是否合格、管道在各种工况下对设备及限制点的推力和力矩。
- c) 各个支吊点、约束点和阻尼器点上的冷、热位移；计算输入的原始数据。
- d) 当采用内径控制管时，计算输入的原始数据应按相应标准或者合同规定的各项偏差所折算的公称外径和公称壁厚计算。
- e) 当管道运行已经超过 1 万 h，采用的许用应力应进行损耗折算，参见附录 C 提供的格式，取用折减后的许用应力数值。
- f) 保温材料的容重和导热系数不宜采用无条件给出的容重和导热系数进行计算，对于软性保温材料，应取用包扎后真实的使用容重和相对应的导热系数。

### 3.6.4 应力分析结果，至少应包括下列内容：

- a) 原始条件表，包括：计算参数、管道及元件的材质及计算单位重量，元件和焊接接头处的应力增强系数，阻尼器接点处的位移和附加力。
- b) 应力分析表，参见附录 D 填写对端点的推力和力矩表，计算冷、热位移表及支吊架明细表。

## 3.7 管道保温

3.7.1 保温材料导热系数和容重应符合 GB 4272、GB 8174、DL/T 5072 的规定。

3.7.2 检修时，局部拆除的保温应按原设计的材料与结构恢复。使用代用材料其邻近支吊架工作荷载变化超过 $\pm 8\%$ 时，应进行应力分析并对支吊架荷载重新调整。

3.7.3 大范围更换保温，宜使用与原设计导热系数、容重和结构相同或相近的保温材料。否则，应重新进行应力分析，核算管道的应力、推力和力矩以及支吊架的荷载、位移和弹簧型号、弹簧压缩度，再根据计算结果选用支吊架。

3.7.4 大范围地拆除保温之前，应将弹簧支吊架、恒力支吊架暂时锁定，保温恢复后应解除锁定。

3.7.5 严禁主蒸汽管道、高低温再热蒸汽管道、高压给水管道或其他重要管道的任何部位因保温脱落而裸露运行。不应将弹簧、吊杆、滑动与导向装置的活动部分包在保温层内。

## 3.8 管道系统的改造与检修

3.8.1 当更换管子、管件或保温材料在重量、尺寸、布置或材质等方面与原设计不同时，应根据实际数据重新进行应力分析，检查管道系统的安全和对设备或接点的推力、力矩和位移。管子、管件应按 3.1 条的分类原则采用和检验。

对于重新更换的管件（包括阀件），应参照附录 E 所规定的格式填写好检查记录，如为重新采购的管件，应按 DL/T 695 所规定的检验项目和要求，进行全面验收，否则不允许使用在电站管道上。

3.8.2 当局部换管时，应根据管道系统的实际状况，重新按照折减后的许用应力进行应力分析、管件强度计算与支吊架更换和载荷调整。

3.8.3 更换管件（包括阀件）前，应对作业部位两侧的管子进行定尺寸、定位置的临时约束，待作业全部结束后，方可解除约束。

3.8.4 支吊架的更换，按照 DL/T 5031 的有关规定施工。在进行选型计算的基础上，所绘制的支吊架修改图纸，应包括：符合强度、刚度要求的零部件型号，吊点安装位置，偏装要求和尺寸，整定弹簧安装荷载、工作荷载、安装高度、工作高度、弹簧压缩值，减振器和阻尼器安装方向，考虑坡度影响的安装标高和满足冷、热位移的连接件余头尺寸。

3.8.5 管道支吊点的定位与设计的偏差值不应超过 20mm；着力点的定位与设计的偏差值，不应引起根部所依附的钢结构或承载结构超过设计规定的应力水平。

3.8.6 根据 GB/T 17116.1 和 DL/T 5054 的原则确定，支吊点与着力点需要偏装时，计算根部着力点对于管部支吊点的偏装值为水平冷位移值与 1/2 热位移值之代数和。利用根部偏装，就既定的坐标方向而言，偏装方向与上述计算值的符号方向一致；反之，进行管部偏装，偏装方向与上述计算值的符号方向相反。当吊架的拉杆在各种工况下，刚性吊架摆角超过  $3^\circ$ 、弹性吊架摆角超过  $4^\circ$  时，应查明原因，并

进行处理。

3.8.7 与管道直接接触的支吊架管部,其材料应按管道的设计参数选用,接触面不应损伤管道表面。应保证管部与管道之间在预定约束方向,不发生相对滑动或转动。

3.8.8 与管道直接焊接的管道零部件,其材料应与管道材料相同或同类。支吊架的焊接与检验,应按照 DL/T 869 的规定进行。

3.8.9 支吊架的根部宜采用钩挂或螺栓的连接方式与钢结构连接。当必须与钢结构焊接时,应采用保证结构安全的措施。

3.8.10 改造或更换管道时,应根据火力发电厂汽水管道应力计算的规定和 DL/T 5054 规定的原则实施冷紧,当管道系统应力水平较低、端点推力和力矩符合与之相连设备的要求时,可以不进行冷紧。如需冷紧,则在空间三个方向不同管段上用下料值保证冷紧值。

3.8.11 管道应具有疏水或放水坡度,水平管道安装应按 DL/T 5054 的规定执行。安装坡度应保证管道在冷态、热态(疏水态)时不小于规定的最小坡度值。管道安装坡度计算见下式:

a) 冷态:

$$i_l = i_0 + \frac{\Delta_{oz}^M - \Delta_{oz}^Q}{L_{M-Q}} \quad (1)$$

式中:

$i_l$  ——冷态时管道安装坡度;

$i_0$  ——规定的坡度最小值,按 DL/T 5054 确定;

$\Delta_{oz}^Q$  ——按照管道坡向,起点的垂直方向(z向)的冷位移,mm;

$\Delta_{oz}^M$  ——按照管道坡向,后面一点的垂直方向(z向)的冷位移,mm;

$L_{M-Q}$  ——所计算的起点到后面一点(末点)的管道长度,mm。

b) 疏水态:

$$i_s = i_0 + \frac{(\Delta_{oz}^M + A\Delta_{oz}^M) - (\Delta_{oz}^Q + A\Delta_{oz}^Q)}{L_{M-Q}} \quad (2)$$

$$A = \frac{\alpha_s(t_s - 20)}{\alpha_l(t_l - 20)} \quad (3)$$

式中:

$i_s$  ——疏水态时管道安装坡度;

$\Delta_{oz}^Q$  ——按照管道坡向,起点的垂直方向(z向)的热位移,mm;

$\Delta_{oz}^M$  ——按照管道坡向,后面一点的垂直方向(z向)的热位移,mm;

$t_s$  ——蒸汽管道疏水态的温度,℃;

$t_l$  ——管道的设计计算温度,℃;

$\alpha_s$  ——对应管道疏水温度时材料的线胀系数,  $10^{-6}/^\circ\text{C}$ ;

$\alpha_l$  ——对应管道设计温度时材料的线胀系数,  $10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。

在一根水平管道(包括水平拐弯的管道)上每两点之间根据公式(1)和公式(2)计算出冷态和热态所需要的最小坡度,两者取大值作为这两点之间应保证的最小坡度,如一条水平管道上有五个计算吊点,应计算出4组冷、热态共8个最小值,取它们的最大值作为该条水平管段应保证的最小坡度。所确定的安装坡度应不小于保证的最小坡度。

## 4 支吊架

### 4.1 一般规定



4.1.1 支吊架的检查、维修与调整除遵守本标准外，还应符合 GB/T 17116.1 的规定。

4.1.2 管道支吊架应尽可能采用标准件和标准设计，当不能套用标准时，也应进行分析设计绘制图纸后加工配制。

4.1.3 支吊架日常维护的检查以目测为主，当发现异常时，进行针对性检查。在大修和认为有必要时，进行全面检查。

4.1.4 支吊架调整主要包括：支吊架的荷载分配、弹簧状态、紧固螺栓的受力情况、恒力吊架的指针数值、减振器抗振力与阻尼器行程分配等。

4.1.5 大范围更换保温与大数量更换支吊架后，在弹性支吊架锁定装置未解除前，应对全部支吊架进行检查与初调，使所有吊杆受力合理，符合设计预定值。

4.1.6 支吊架的冷态调整，应在机组投运前进行，保证各个支吊架弹簧指针处于冷态标识点上、恒力吊架指针处于安装位置、固定支架和各种限位装置稳定牢固、减振器和阻尼器的安装状态指针处于起始点、管道冷位移值与设计值接近。

4.1.7 管道冲管前，应拆除弹性支吊架的锁定装置，冲管时对所有支吊架进行一次目测检查，出现问题应及时处理。

4.1.8 支吊架全部调整结束后，锁紧螺母均应锁紧。应逐个检查弹性支吊架（包括恒力支吊架）的锁定装置是否均已解除。

4.1.9 汽水管道首次试投运时，在蒸汽温度达到额定值 8h 后，应对所有支吊架进行目测检查，对弹性支吊架荷载标尺或转体位置、振动器及阻尼器行程、刚性支吊架和限位支吊架状态进行记录。发现异常应分析原因，并进行调整和处理。

4.1.10 主蒸汽管道、高低温再热蒸汽管道、高压给水管道的支吊架，每年应在热态时逐个目测一次，并记入档案。检查项目应包括但不限于下列内容：

- a) 弹簧支吊架是否过度压缩、偏斜或失载；
- b) 恒力弹簧支吊架转体位移指示是否越限；
- c) 支吊架的水平位移是否异常；
- d) 固定支吊架是否连接牢固；
- e) 限位装置状态是否异常；
- f) 减振器及阻尼器位移是否异常等。

4.1.11 一般汽水管道，大修时应应对重要支吊架进行检查，检查项目至少应包括下列内容：

- a) 承受安全阀、泄压阀排汽反力的液压阻尼器的油系统与行程；
- b) 承受安全阀、泄压阀排汽反力的刚性支吊架间隙；
- c) 限位装置、固定支架结构状态是否正常；
- d) 大荷载刚性支吊架结构状态是否正常等。

其他支吊架可进行目测观察，发现问题应及时处理；观察与处理情况应记录存档。

4.1.12 主蒸汽管道、高低温再热蒸汽管道、高压给水管道的支吊架投运后 3 万 h 到 4 万 h 及以后每次大修时，应对管道和所有支吊架的管部、根部、连接件、弹簧组件、减振器与阻尼器进行一次全面检查，做好记录。全面检查的项目参见附录 F。

4.1.13 其他管道，根据日常目测和抽样检测的结果，确定是否对支吊架进行全面检查。当管道已经运行了 8 万 h 后，即使未发现明显问题，也应计划安排一次支吊架的全面检查。支吊架全面检查的项目至少应包括下列内容：

- a) 承载结构与根部钢结构是否有明显变形，支吊架受力焊缝是否有宏观裂纹；
- b) 变力弹簧支吊架的荷载标尺指示或恒力弹簧支吊架的转体位置是否正常；
- c) 支吊架活动部件是否卡死、损坏或异常；
- d) 吊杆及连接配件是否损坏或异常；

- e) 刚性支吊架结构状态是否损坏或异常;
- f) 限位装置、固定支架结构状态是否损坏或异常;
- g) 减振器、阻尼器的油系统与行程是否正常;
- h) 管部、根部、连接件是否有明显变形, 主要受力焊缝是否有宏观裂纹。

## 4.2 变力弹簧支吊架

4.2.1 新选用的变力弹簧支吊架应采用整定弹簧。支吊架弹簧技术性能应达到 GB 17116.1 的要求。订购的弹簧应按 GB/T 17116.1 进行检查、验收和出厂试验。

4.2.2 更换支吊架的弹簧时, 应根据 DL/T 5054 规定的方法计算, 计算公式如下。

a) 单个弹簧吸收的最大热位移按下式计算:

1) 热位移向上时

$$\Delta z' = \frac{c'}{c' + 1} \lambda_{\max} \quad (4)$$

式中:

$\Delta z'$  ——单个弹簧吸收的最大热位移值, mm;

$c'$  ——初选的荷载变化系数;

$\lambda_{\max}$  ——弹簧最大允许荷载下的变形量, mm。

2) 热位移向下时

$$\Delta z' = \frac{c'}{c' + 1} \lambda_{\max} \quad (5)$$

b) 弹簧串联数按下式计算 (计算

$$\Delta z_t \quad (6)$$

式中:

$n$  ——弹簧串联数;

$\Delta z_t$  ——支吊点处管道的垂直热位移, mm。

c) 热态吊零管

1) 弹簧型号选择计算:

热位移向上时

$$P_{op} \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\max} - \Delta z'} \leq P_{\max} \quad (7)$$

热位移向下时

$$P_{op} \leq P_{\max} \quad (8)$$

式中:

$P_{op}$  ——弹簧的工作荷载, N;

$P_{\max}$  ——弹簧的最大允许荷载, N。

2) 弹簧荷载变化系数核算:

$$c = \frac{\Delta z}{n K P_{op}} \leq [C] \quad (9)$$

或者

$$c = \frac{|P_{cr} - P_{op}|}{P_{op}} \leq [C] \quad (10)$$

式中:

$c$ ——实际荷载变化系数，荷载变化系数 =  $\frac{\text{管道垂直位移 (mm)} \times \text{弹簧刚度 (N/mm)}}{\text{工作荷载 (N)}} \times 100\%$ ；

$[C]$ ——允许荷载变化系数；

$P_{er}$ ——弹簧的安装荷载，N；

$K$ ——弹簧系数，mm/N。

3) 工作高度计算：

$$H_{op} = H_0 - KP_{op} \quad (11)$$

式中：

$H_{op}$ ——弹簧的工作高度，mm；

$H_0$ ——弹簧的自由高度，mm。

4) 安装高度计算：

$$H_{er} = H_{op} \pm \frac{\Delta z}{n} \quad (12)$$

式中：

$H_{er}$ ——弹簧的安装高度，mm。

热位移向上时取“-”号，热位移向下时取“+”号。

5) 安装荷载计算：

$$P_{er} = P_{op} \pm \frac{\Delta z}{nK} \quad (13)$$

热位移向上时取“+”号，热位移向下时取“-”号。

d) 冷态吊零管道。

1) 弹簧型号选择计算：

热位移向上时

$$P_{er} \leq P_{max} \quad (14)$$

热位移向下时

$$P_{er} \frac{\lambda_{max}}{\lambda_{max} - \Delta z'} \leq P_{max} \quad (15)$$

2) 弹簧荷载变化系数核算：

$$c = \frac{\Delta z}{nKP_{er} \pm \Delta z} \leq [C] \quad (16)$$

热位移向上时取“-”号，热位移向下时取“+”号。

3) 安装高度计算：

$$H_{er} = H_0 - KP_{er} \quad (17)$$

4) 工作高度计算：

$$H_{op} = H_{er} \pm \frac{\Delta z}{n} \quad (18)$$

热位移向上取“+”号，热位移向下取“-”号。

5) 工作荷载计算：

$$P_{op} = P_{er} \pm \frac{\Delta z}{nK} \quad (19)$$

热位移向上取“-”号，热位移向下取“+”号。

4.2.3 当支吊架荷载发生变化时，应按 DL/T 5054 的规定，重新核定支吊架的强度。需要时应更换或加固。

4.2.4 弹簧组件的标牌，应安置在便于观察的方位。吊杆螺纹旋入长度应适当，吊杆的最上方或横担下方的螺纹长度应留有调整的裕度。

4.2.5 安装荷载的调整应通过花篮螺丝或松紧螺母来进行，必要时可用吊杆最上方或横担下方的螺纹做辅助调整。不宜用吊杆连接附件的螺纹调整。

4.2.6 在管道可能出现的所有工况下，拉杆的偏斜角度应限定在规定范围之内。不能满足时，应调整偏装值或者增加拉杆活动部分的长度来实现。

4.2.7 串联弹簧吊架应采用同样荷载范围的弹簧，调整时宜考虑各个弹簧的整定指示值，当不能完全满足时，首先检查所用弹簧是否满足 GB/T 1239.2、GB/T 1239.4、GB/T 1239.6 的技术指标，如均已满足，则以下方弹簧的荷载为准进行调整。

4.2.8 并联弹簧支吊架，应采用规格号相同、实际刚度相近的弹簧。左侧荷载  $P_I$  与右侧荷载  $P_{II}$  可能不同，当  $|P_I - P_{II}| > 0.05 (P_I + P_{II})$  时，检查所用弹簧是否满足 GB1239 的技术指标，如均已满足，则对偏离设计值大的一侧弹簧支吊架进行荷载调整。

### 4.3 恒力支吊架

4.3.1 恒力支吊架的荷载离差，应符合 GB/T 17116.1 的规定，在恒力支吊架上下位移的整个行程范围内的荷载离差（包括摩擦力）应不大于 6%。其规定荷载离差计算按式（20）计算，即

$$\text{规定荷载离差} = \frac{\text{向下位移时荷载的最大读数} - \text{向上位移时荷载的最小读数}}{\text{向下位移时荷载的最大读数} + \text{向上位移时荷载的最小读数}} \times 100\% \quad (20)$$

4.3.2 恒力支吊架的荷载偏差应符合 JB/T 8130.1 的规定，规定荷载偏差值不大于 5%。规定荷载偏差计算式为

$$\text{规定荷载偏差} = \left| \frac{\text{标准荷载} - \text{拔销时的实测荷载}}{\text{标准荷载}} \right| \times 100\% \quad (21)$$

4.3.3 恒力支吊架的公称位移量应比计算位移量大 20%，且至少大 20mm，计算位移量应计算由于水平位移引起拉杆长度的增加。恒力支吊架上应有荷载调整装置，其负荷调整量为  $\pm 10\%$ 。恒力支吊架组件上应有荷载和位移标识，并且预先设定“冷态”和“热态”标志。恒力支吊架组件应有安装和水压试验用的锁定装置，锁定时应能承受 2 倍的支吊架最大荷载。

4.3.4 更换恒力支吊架，订购时应要求支吊架生产厂逐个提供实测的规定荷载偏差、规定荷载离差和超载三项试验数据。

4.3.5 带有转体上下限位器的恒力弹簧支吊架，应留出位移行程值的 5% 为冷态的起始状态，以防管道系统长期运行后管道应力松弛所致管线塑性变形，造成冷态时转体与限位器相碰。

### 4.4 刚性支吊装置

4.4.1 刚性支吊装置包括刚性支吊架、限位装置和导向装置。投运后的管道需要增设刚性支吊装置，或要变更刚性支吊装置的位置和约束类型时，应重新进行应力分析和设计。

4.4.2 刚性吊架的安装定位、安装工序应严格按设计图纸及技术要求进行，以防运行中出现支吊架脱空或超载。

4.4.3 刚性吊架的冷、热态均不允许脱空。出现脱空现象应做好记录、分析原因，并提出纠正措施。

4.4.4 承受排汽反力的刚性支吊架，应按设计要求进行安装。对排汽安全阀附近的限位装置严格按照规定进行冷、热态间隙调整，以保证既不限制位移又能够承担排汽反力。

4.4.5 滑动支架的工作面应平整，无卡涩、无脱空或管部滑动底板越限。

4.4.6 对于带聚四氟乙烯板的滑动支架或导向装置，其管部的滑动底板在冷、热态均应覆盖聚四氟乙烯

板。聚四氟乙烯板应使用黏结剂或埋头螺钉固定在钢制的滑板上。

4.4.7 限位装置的安装定位、安装工序应严格按设计图纸及技术要求进行调整。限位装置上的拉环、耳子、定位销、包箍等不应采用普通支吊架上使用的部件，其转动或滑动部分均应控制公差，制成动配合形式，并应保证加工精度。定期检查其结构和受力状态，发现损坏或异常，应分析原因，及时采取措施纠正，并做好记录。

4.4.8 导向装置在预定的约束方向或限位装置在不预定的约束方向，应考虑管道与管部的热膨胀，热膨胀后的最终间隙一般应有 2mm~3mm。

4.4.9 固定支架安装定位、安装工序应严格按照设计图纸及技术要求进行。定期检查其结构和受力状态，发现螺栓松动、主要受力焊缝产生裂纹或其他异常，应分析原因，及时采取有效措施予以纠正，并做好记录。

#### 4.5 减振器与阻尼器

4.5.1 投产后的管道需要增设减振器与阻尼器时，可根据管道动力分析或者简化的动力分析确定减振器与阻尼器的型号，在应力分析中，应考虑减振器与阻尼器在规定工况下对管道和设备的影响。减振器与阻尼器同生根结构的连接件上的拉环、耳子、定位销、包箍等不应采用普通支吊架上使用的部件，其转动或滑动部分均应控制公差，制成动配合形式，并应保证加工精度。

4.5.2 减振器与阻尼器的安装方向应考虑热位移的影响，其最大工作行程应比管道在减振器与阻尼器处的热位移矢量大 20%，且至少大 20mm。

4.5.3 补装减振器与阻尼器，应使冷、热态均有足够的位移裕度，充分考虑管道热位移对于减振器与阻尼器的影响，以防由于管道位移超限损坏减振器与阻尼器。补装减振器与阻尼器后，应进行热态调整，以保证减振器与阻尼器的标定行程大于因管道位移在减振器与阻尼器上的轴向分量，并使减振器与阻尼器无附加力作用在热态管道上。

4.5.4 减振器与阻尼器应在管道处于冷态时安装。安装前应核对图纸尺寸与管线实际位置，如管线实际位置偏差过大，应对安装尺寸适当修正。

4.5.5 每次大修要对减振器与阻尼器逐个进行检查与维护，维护内容按生产厂的规定进行。对液压阻尼器，要及时补油，及时更换密封垫及老化的工作液，并定期检查油壶液位及动作行程。机械式减振器与阻尼器应定期检查其是否动作灵活。

4.5.6 用于承受排汽反力的阻尼器应经常检查，在安全阀动作后应及时检查。检查是否漏油、液位及动作行程是否正常，发现问题时，把检查结果记入技术档案，并及时处理。

4.5.7 管道出现水锤、汽锤冲击后，应对出现冲击部分的所有减振器与阻尼器进行一次全面检查，发现问题时，把检查结果记入技术档案，并及时处理。

### 5 技术管理

#### 5.1 技术管理内容

- a) 建立基础档案、运行管理档案及维修档案（包括设计资料、施工移交资料、运行维护历史记录、事故报告及处理记录、定期检查和正常监视记录等）。
- b) 及时分析主蒸汽管道、高低温再热蒸汽管道及高压给水管道的存在的主要问题。发现问题及时处理，并以书面形式作好记录。
- c) 对于所有技术资料的内容、执行标准和技术指标，必须符合本标准或相关标准。
- d) 按照本标准进行管道和支吊架的检验、改造、维修、调整。

#### 5.2 应由有经验或经过培训的人员承担的工作项目

- a) 管道与支吊装置（包括减振器、阻尼器、限位装置）的目视观察、检查、测量和记录；
- b) 管道与支吊架装置（包括减振器、阻尼器、限位装置）的维修、调整和更换；
- c) 管子、管件（包括阀件）、支吊架（特别是减振器、阻尼器、弹簧、保温材料）的采购、验收和

入库;

d) 在原有管道上增加敷设管道、附件和支吊装置 (包括减振器、阻尼器、限位装置)。

### 5.3 档案

#### 5.3.1 设计档案内容

- a) 全部管道和支吊架图纸、设计修改通知单和竣工图。
- b) 标志焊缝位置、管线尺寸、管道坡度、支吊架型式、连接详图的轴测投影图 (或者工厂配管图纸)。
- c) 包括管道设计参数与工作参数、材质 (包括: 钢号、规格及材料的力学和物理参数)、管径、壁厚、管子生产标准和制造厂的管道技术条件。
- d) 管道应力分析计算图、成果表 (包括: 应力和应力幅度的安全判别, 应力表, 推力和力矩表; 位移表; 水压试验工况, 偶然荷载工况, 风载或地震工况)。
- e) 系统流程图。
- f) 支吊架详图。
- g) 支吊架调整详图和表格。
- h) 任何曾经对管道系统 (包括管子、管件、阀件、支吊架和各种附件等) 的修改记录。
- i) 材料证明记录、管件和阀件出厂资料、检验记录。
- j) 管道与设备连接处设备生产厂提供的允许推力和力矩。
- k) 管道保温设计的保温结构与保温材料的物理参数。

#### 5.3.2 安装移交的资料内容

- a) 主蒸汽、高低温再热蒸汽、高压给水及其他重要管道立体竣工图。
- b) 施工修改的内容记录及详图; 施工移交时的验收记录。
- c) 施工所采用的管子、管件、支吊架的生产标准及制造厂 (或配管厂) 出厂记录和接收记录。
- d) 主要部件的金属检验, 管道冷紧、支吊架偏装作业情况与安装变更记录; 支吊架的安装标高记录。
- e) 标注位移指示器、焊口、支吊架实际位置及尺寸。
- f) 安装时实际采用的保温结构和保温材料的物理参数。
- g) 管道系统 (包括支吊架) 的焊接工艺和施焊记录以及焊缝检验记录。
- h) 管道支吊架产品质量证明书及随箱资料, 支吊架安装、检查及调整记录。
- i) 位移指示器安装记录。

#### 5.3.3 运行阶段的技术档案内容

- a) 简明的吊点分布单线立体图及管道系统尺寸分段图 (参见附录 B)。
- b) 管道和支吊架相关记录表 (参见附录 D、附录 E 和附录 F)。
- c) 同一管系不同保温结构标志与尺寸图。
- d) 运行小时数、启停时间与次数记录表。
- e) 支吊架检查记录与位移指示器检查记录。
- f) 管道系统全程运行情况记录, 特别是超温超压运行记录。
- g) 支吊架的全面检查与管道系统异常的专题技术报告。
- h) 管道与支吊架的检查、维修和改造报告、检验报告、事故分析报告以及各个阶段的处理记录。

附 录 A  
(资料性附录)

运行后管道材料修正后的许用应力示例

A.1 运行后, 管道材料在计算中应该采用的修正后的许用应力计算格式见表 A.1~表 A.3。

表 A.1 运 行 条 件

设计温度	℃	540	设计压力	MPa	14
材料		A335P91	壁厚	mm	50
持久强度幂指数		8	设计许用应力	MPa	97.9

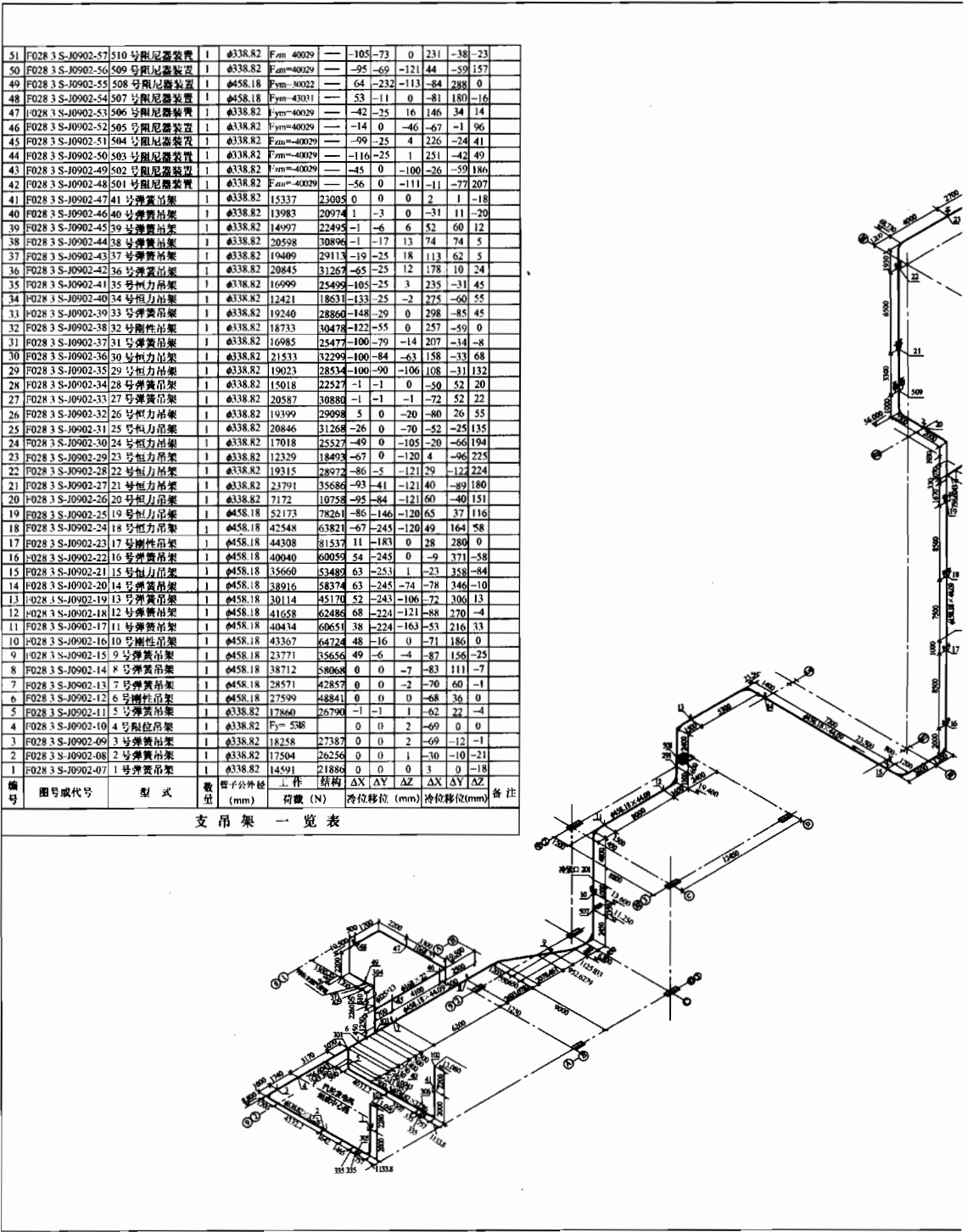
表 A.2 计 算 过 程

项 号	运行时间 h	运行温度 ℃	标准许用应力 MPa	时间系数	折算应力 MPa	累计时间 h
1	3000	538	98.2	0.126058	126.83	3000
2	4000	537	98.2	0.164175	114.27	7000
3	2000	536	98.2	0.080122	110.84	9000
4	1360	535	98.2	0.053225	109.00	10360
5	2500	534	98.2	0.148306	104.98	12860
6	3600	533	98.2	0.190160	101.28	16460
7	2000	532	98.2	0.111932	99.56	18460
8	1500	531	98.2	0.088983	98.36	19960
9	1000	530	98.2	0.080035	97.39	20960
10	500	529	98.2	0.061343	96.69	21460
11	400	528	98.2	0.093065	95.72	21860
12	300	527	98.2	0.053660	95.20	22160
13	200	545	96.17	0.010261	95.10	22360
14	100	340	141.30	0.000276	95.10	22460
15	20	440	125.91	0.000119	95.10	22480

表 A.3 计 算 结 果

项 号	计 算 项 目	单 位	结 果
1	有效运行数据组数:	组	15
2	累计运行小时数:	h	22480
3	运行出现的最高温度:	℃	580
4	运行出现的最低温度:	℃	340
5	折减后的许用应力:	MPa	95.10

B.1 应力分析计算图





录 B  
性附录)  
图 示 例

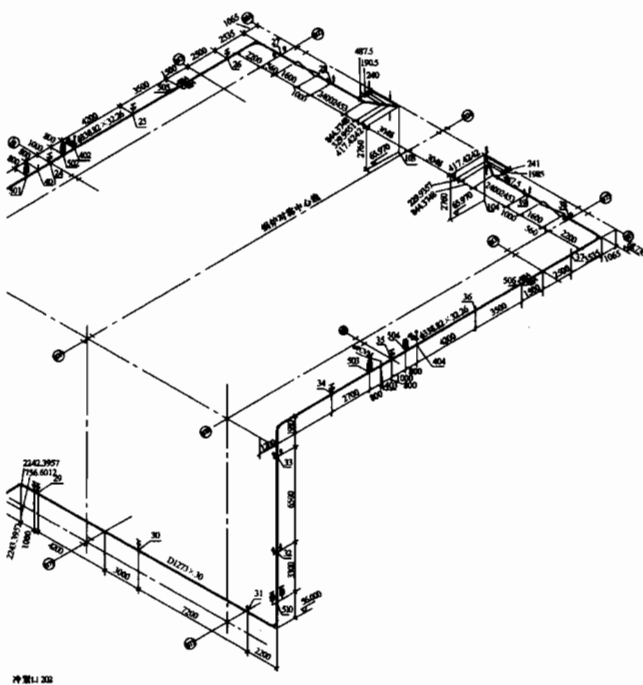


图 B.1 示例

坐标: X 向为由固定端指向扩建端;  
Y 向为由①排指向②排;  
Z 向为垂直向上。

注1: 本图管线尺寸为设计尺寸, 仅供管道静力计算使用。

注2: 在管道应力计算成果表:

每个直管段上取五个应力计算点, 每个弯管段上取六个应力计算点。

注3: 本设计所用管材为 ASTM A335P91, 按内径控制管道供货, 规格为最小内径×最小壁厚。  
但静力计算时以公称外径×公称壁厚为准。

104	-1955	-2203	-2169	2993	-50452	-4997968	843	-28105	-9101	1336	23547
103	-1343	-3861	-26710	47925	-3602	7778	581	1471	-26795	-27014	16736
102	7488	-3329	-4004	-14204	-22195	4687	3043	2825	-375	3869	12935
101	-5045	-61	-7002	-787	15537	31	1622	-3821	-787	-13553	16964
管端 编号	FX	FY	FZ	MX	MY	FZ	FX	FY	FZ	MX	MY
	力(N)			力(N·m)			力(N)			力(N·m)	

管道端点推力和力矩表

104	22.750	57.750	-3.630	0	0	0
103	-22.750	57.750	-3.630	0	0	0
102	3.600	0.000	-2.300	0	0	0
101	3.600	0.000	-2.300	0	0	0
端 号	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
	端点附加位移(mm)			端点附加位移(mm)		

管道端点附加位移表

7	5	303	10139	0	1.500	1.200	21.073	114.996	合格
6	5	10101	10102	6	1.000	1.200	18.167	59.709	合格
5	5	10102	103	0	1.000	1.200	13.982	59.709	合格
4	5	10054	10055	6	1.000	1.200	26.357	114.996	合格
3	5	507	10	5	1.000	1.200	42.386	114.996	合格
2	5	10016	10017	0	1.000	1.200	27.012	114.996	合格
1	5	506	37	5	1.000	1.200	103.250	114.996	合格
7	3	303	10139	0	2.000	1.000	150.910	284.556	合格
6	3	10136	10137	6	1.043	1.000	30.296	183.789	合格
5	3	10137	104	5	1.000	1.000	25.285	183.789	合格
4	3	10060	10061	2	1.088	1.000	55.443	284.556	合格
3	3	10059	10060	5	1.000	1.000	69.318	284.556	合格
2	3	10080	10081	4	1.088	1.000	63.030	284.556	合格
1	3	302	10104	0	3.000	1.000	144.987	284.556	合格
7	1	303	10139	0	1.500	1.000	21.073	95.830	合格
6	1	10101	10102	6	1.000	1.000	17.923	49.757	合格
5	1	10102	103	0	1.000	1.000	13.982	49.757	合格
4	1	10054	10055	6	1.000	1.000	26.357	95.830	合格
3	1	7	8	5	1.000	1.000	37.685	95.830	合格
2	1	10016	10017	0	1.000	1.000	27.012	95.830	合格
1	1	10012	301	5	2.250	1.000	41.782	95.830	合格
管 种	工 况	单元编号	单元编号	单元编号	应力等级	应力等级	计算应力	计算应力	结论
		节点编号	节点编号	节点编号	系数	修正系数	(MPa)	(MPa)	

管道应力计算结果表

7	φ68.00×2.00	A335P91	17.45	546	208.006	157.402	14.592	157.000	67.796
6	φ67.00×6.00	A335P22	17.45	546	206.143	156.029	14.389	103.395	49.761
5	φ67.00×7.00	A335P22	17.45	546	206.143	156.029	14.389	103.395	49.761
4	φ68.18×5.50	A335P91	17.45	546	213.008	154.656	13.026	141.299	95.834
3	φ68.18×4.00	A335P91	17.45	546	213.008	154.656	13.026	141.299	95.834
2	φ66.03×4.00	A335P91	17.45	546	213.008	154.656	13.026	141.299	95.834
1	φ68.82×3.20	A335P91	17.45	546	213.008	154.656	13.026	141.299	95.834
管 号	管子规格	材 料	厚度δ <sub>1</sub> (mm)	厚度δ <sub>2</sub> (mm)	E20 计算参数	E20 计算参数	σ <sub>1</sub> (MPa)	σ <sub>2</sub> (MPa)	σ <sub>3</sub> (MPa)

材 料 参 数 表

工程	施工图	设计 阶段
批准		
审核		
校核		
设计		
CAD制图		
年 月 日	比例	图号

证书编号:

附 录 C  
(资料性附录)  
管件检测项目表

C.1 管件检验项目见表 C.1。

表 C.1 管 件 检 验 项 目

序 号	检 验 项 目	关键项	重要项	一般项	备 注
1	材质	▲			
2	金相组织	▲			合金钢管件
3	硬度		▲		合金钢管件
4	最小壁厚	▲			
5	内外表面质量		▲		
6	无损检验	▲			
7	几 何 尺 寸	外径		▲	
		内径	▲		
		弯头 $A$ 、 $\alpha$ 、 $c$ 值		▲	
		弯头角度、弯曲半径 $R$	▲		
		三通肩部壁厚	▲		
		三通肩部外壁过渡半径	▲		
		三通支管高度 $M$		▲	
		三通主管半长度 $C$		▲	
		三通支管中心距		▲	
		异径管长度 $L$		▲	
		异径管中心偏移		▲	
		坡口形式		▲	
		端面偏差		▲	
		中心偏差		▲	
		封(堵)头长度 $L$ 、 $L_1$		▲	
		端面不圆度	▲		
		端面以外其他部位不圆度		▲	

## 附录 D

### (资料性附录)

#### 计算原始数据和应力分析结果示例

##### D.1 检测管道的原始条件说明。

某蒸汽管道，总计 27 个约束点，其中，导向支架、刚性吊架、弹簧吊架、恒作用力吊架以及限位支吊架共计 25 个。该管道的设计压力为 10.0252MPa ( $194\text{kgf/cm}^2$ )；设计温度为 549 摄氏度。管道系统采用“双—单—双”连接方式，即锅炉过热器联箱由两侧分两根管道引出，然后合并一跟管道引至汽轮机侧，再分成两根管道进入汽轮机。全部采用内径控制管。管子材料为日本管材 AS 4500，其遵循的日本标准为 JIS G5458—1988，基本上等同于美国 ASTM A335P91 管材。

##### D.2 修改前荷载与位移计算结果见表 D.1。

表 D.1 修改前荷载与位移计算结果

点号	编 号	型 式	安装荷载 kN	工 作 荷载 kN	X 位移 mm	Y 位移 mm	Z 位移 mm
2	无	刚性吊架	411.4	411.4	0	0	0
432	无	刚性吊架	526.4	526.4	0	0	0
425	无	刚性吊架	114.2	114.2	1	0	0
415	无	刚性吊架	27.7	114.9	1	0	0
410	无	刚性吊架	114.2	114.2	1	0	0
440	无	刚性吊架	114.2	114.2	2	0	0
20	MS0	弹簧吊架	40.9	40.9	-25	24	42
24	MS02	刚性吊架	70.5	70.5	86	-74	0
387	MS05	刚性吊架	70.5	70.5	83	-64	0
375	MS04	刚性吊架	70.5	70.5	172	-91	0
45	MS03	双拉杆弹簧吊架	1772.4	1734.4	55	2	209
75	MS06	弹簧吊架	788.7	786.3	13	0	349
85	MS08	弹簧吊架	1318.6	1029.2	25	41	474
100	MS09	刚性吊架	2082	847.7	585	8	0
110	MS10	限位支吊架	16.1	22.7	0	-35	583
145	MS10	双吊立式恒力吊架	1613	1613	-14	-158	323
148	MS11	限位支吊架	244.6	188.9	0	-215	0
160	MS13	恒力吊架	1224.9	1224.9	-26	-495	-107
170	MS14	恒力吊架	949.6	949.6	-77	-623	-55
180	MS15	双拉杆恒力吊架	6870	6870	-177	-612	-9
185	MS16	限位支吊架	590.3	2239.6	0	-123	-600
190	MS16A	恒力吊架	320.1	320.1	30	-144	-524
191	MS16B	恒力吊架	1145.9	1145.9	87	-145	-402
215	MS17	弹簧吊架	594.8	594.8	-18	-194	105
245	MS18	弹簧吊架	577.2	577.2	-8	-197	109

## D.3 修改前应力分析结果见表 D.2。

表 D.2 修改前应力分析结果

MPa

序号	应力类型	核点所在管段起点	管段终点	应力增强系数	计算应力	许用应力	合格判断
1	1	405	440	1.68	489	880	合格
2	1	10072	255	1	573	880	合格
3	1	160	170	1	570	880	合格
4	1	10045	10046	1	506.5	880	合格
5	3	405	440	2.25	1616.5	2751.6	合格
6	3	10029	405	2.25	2761.9	2751.6	不合格
7	3	195	10064	2.25	3601.8	2751.6	不合格
8	3	10062	230	1	2605.9	2751.6	合格
9	3	10046	160	1	3396.7	2751.6	不合格
10	3	160	170	1	3033.4	2751.6	不合格
11	3	148	10045	1	2443.6	2751.6	合格
12	3	10045	10046	1	3427.2	2751.6	不合格
13	3	10039	10040	1	985.2	2751.6	合格

## D.4 修改后的荷载与位移计算结果见表 D.3。

表 D.3 修改后的荷载与位移计算结果

点号	编号	型式	安装荷载 kN	工作荷载 kN	X 位移 mm	Y 位移 mm	Z 位移 mm
2	无	刚性吊架	524.6	1049.4	-1	0	0
432	无	刚性吊架	200.5	630	-3	0	0
425	无	刚性吊架	325.4	195.8	-3	0	0
415	无	刚性吊架	47.8	402.8	-3	0	0
410	无	刚性吊架	821.8	265.9	-2	0	0
440	无	刚性吊架	433.4	1935.4	-1	0	0
20	MS01	弹簧吊架	849.8	700	-38	25	5
24	MS02	刚性吊架	492.6	617.3	-17	-87	0
387	MS05	刚性吊架	436.1	171.9	-6	-63	0
375	MS04	刚性吊架	866.1	1135.1	15	-118	0
45	MS03	双拉杆弹簧吊架	1881.4	1600	-85	9	46
75	MS06	弹簧吊架	557.2	800	-11	-20	138
76	加添	限位控制	71.4	760.6	0	-13	151
85	MS08	改为恒力吊架	1200	1200	-37	40	199
100	MS09	刚性吊架	2058.9	2363	161	-129	0
110	MS10	取消限位					
145	MS10	双吊立式恒力吊架	1200	1200	-266	-158	-125
148	MS11	改为阻尼器					
160	MS13	恒力吊架	1600	1600	-281	-250	-167

表 D.3 (续)

点号	编号	型式	安装荷载 kN	工作荷载 kN	X 位移 mm	Y 位移 mm	Z 位移 mm
170	MS14	恒力吊架	1400	1400	-243	-229	-113
180	MS15	双拉杆恒力吊架	800	800	-208	-186	-66
185	MS16	限位支吊架 (预计取消)					
190	MS16A	恒力吊架	400	400	-171	-131	-18
191	MS16B	恒力吊架	900	900	-133	-72	30
215	MS17	弹簧吊架	627.6	900	-57	-52	45
245	MS18	弹簧吊架	522.6	800	-60	-47	44

D.5 修改后应力分析结果见表 D.4。

表 D.4 修改后应力分析结果

MPa

序号	应力类型	核点所在管段起点	管段终点	应力增强系数	计算应力	许用应力	合格判断
1	1	2	5	1.688	466	880	合格
2	1	10073	255	1	679.7	880	合格
3	1	160	170	1	814.3	880	合格
4	1	10046	10047	1	646.4	880	合格
5	3	405	440	2.25	1112.6	2751.6	合格
6	3	45	60	2.25	2009.9	2751.6	合格
7	3	148	10046	1	1248	2751.6	合格
8	3	10046	10047	1	1254.5	2751.6	合格

附 录 E  
(资料性附录)  
管件 (包括阀件) 检查记录示例

E.1 管件检查项目见表 E.1。

表 E.1 管 件 检 查 项 目

序号	名称	规格和参数	长度 mm	安装位置	检测记录	处理意见
1	闸阀	PN10, DN300	400	1 号炉出口	良好	
2	截止阀	PN4, DN350	300	2 号机主闸阀旁路	良好	
3	流量测量装置	PN20, DN300	F0	主蒸汽管道锅炉出口段	良好	
4	节流孔板	PN20, DN300	220	高压旁路管道	良好	
5	过滤装置	PN20, DN300	360	3 号柱和 4 号柱之间工业水管道	良好	
6	流动指示器	PN20, DN300	260	4 号柱和 5 号柱之间工业水管道	良好	
7	热压三通	PN20, DN300× DN200	800	4 号柱和 6 号柱之间主蒸汽管道	肩部和腹部出现裂纹	经过分析,属于制造质量问题,建议更换
8	中频弯管	PN20, DN300	R=1370	4 号柱和 7 号柱之间主蒸汽管道	良好	
9	椭球形封头	PN20, DN300	190	4 号柱和 8 号柱之间主蒸汽管道	良好	
10	异径管	PN20, DN300× DN450	560	4 号柱和 9 号柱之间主蒸汽管道	良好	
11	止回阀	PN20, DN300	290	4 号柱和 10 号柱之间主蒸汽管道	良好	

附 录 F  
(资料性附录)  
支吊架检查项目示例

F.1 支吊架检查项目见表 F.1。

表 F.1 支吊架检查项目

序号	标号	部件编号	型式	行程指示器设计值 mm (刻度)			工作状态	结论	备注
				最大值	热态	冷态			
1	M1	VS80H-17	弹吊	80	20.4	39.4	热态 20; 冷态 40	良好	单杆
2	M2	VS80H-16	弹吊	80	55.8	71.8	热态 54; 冷态 78	良好	单杆
3	M3	VS120H-17	弹吊	120	57	8	热态 58; 冷态 90	调整	单杆
4	MV01		阻尼器				行程无阻	良好	良好
5	M4	CHS120-42H	恒吊	120	54 (4.5)	108	热态 (4.5); 冷态 (9)	良好	水平式
6	M5	CSS120-41H	恒吊				热态 (5.3); 冷态 (8.1)	良好	水平式
7	MV02		阻尼器				行程无阻	良好	良好
8	M6	VS120C-18H	联合吊架				热态 43; 冷态 95	良好	双叉
9	M7	CSS120-39H	恒吊				热态 (4.5); 冷态 (8.2)	良好	水平式
10	M03		阻尼器				拉向炉内侧	良好	良好
11	M8		刚吊				双杆合单杆组合	良好	良好
12	MV04		阻尼器				斜拉向钢架	良好	良好
13	M9	CSS130-39H	恒吊	130	104 (8)	13 (1)	热态 (7.8); 冷态 (2)	良好	双吊
14	O9		导向				冷态: 居中	良好	合理
15	M10	CSS240-51H	恒吊	240	202 (8.4)	24 (1)	热态 (8.2); 冷态 (2)	良好	单杆
16	MV06		阻尼器				良好	良好	向炉内侧斜拉
17	M11	CSS190-48H	恒吊	190	155 (8.2)	13 (1)	热态 (8.3); 冷态 (2)	良好	工作正常
18	MV07		阻尼器				行程无阻	良好	良好
19	M12	CSS140-39H	恒吊	140	112 ((8)	14 (1)	热态 (8); 冷态 (1)	良好	水平式单杆
20	M13	CSS150-47H	恒吊	150	120 (8)	15 (1)	热态 (8); 冷态 (1)	良好	水平式单杆
21	MV08		阻尼器				行程无阻	良好	向外拉
22	MV09		阻尼器				行程无阻	良好	向内拉
23	M14	CSS120-40H	恒吊	120	89 (7.4)	12 (1)	热态 (7.5); 冷态 (1)	良好	水平式
24	M15		刚吊				良好	良好	单杆

表 F.1 (续)

序号	标号	部件编号	型式	行程指示器设计值 mm (刻度)			工作状况	结论	备注
				最大值	热态	冷态			
25	MV10		阻尼器				行程无阻	良好	水平式单杆
26	M16	CSS100-41H	恒吊	100	32 (3.2)	10 (1)	热态 (3); 冷态 (2)	良好	水平式单杆
27	M17	CSS080-34H	恒吊	80	61 (7.6)	72 (9)	热态 (7.5); 冷态 (9)	良好	单吊水平式
28	M18	CSS080-30H	恒吊	80	52 (6.5)	72 (9)	热态 (6.5); 冷态 (8.5)	良好	单吊水平式
29	M19	CSS100-39H	恒吊	100	61 (6.1)	90 (9)	热态 (6); 冷态 (7)	良好	单吊水平式
30	MV11		限位				对汽轮机中心线的定位	良好	良好
31	M20	CSS080-30H	恒吊	80	51 (6.4)	72 (9)	热态 (6.5); 冷态 (8.5)	良好	装分叉管上
32	M21	VS-80C-20L	弹吊	80	49	46	热态 47; 冷态 35	良好	良好
33	M22	VS-80C-20L	弹吊	80	49	46	热态 52; 冷态 40	良好	良好
注: 括号外数字表示位移行程值的 mm 数, 括号内数字表示位移行程值的刻度数。									