

ICS23.140

P72

备案号:



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3145—20xx
代替 SH/T3145—2012

石油化工特殊用途汽轮机 工程技术规范

Technical specification of special purpose steam turbines
in petrochemical industry

(报批稿)

20**-**-** 发布

20**-**-** 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

前言

根据中华人民共和国工业和信息化部《关于印发 2017 年第三批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科〔2017〕106 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规范。

本规范共分 10 章和 5 个附录。

本规范的主要技术内容是：石油化工特殊用途汽轮机的性能设计、材料选用以及重要零部件的合理设计及配置等多个方面应遵循的原则；同时也提出了作为机组重要组成部分的辅助设备、辅助管道系统、控制和仪表等方面应遵循的准则；还对机组的检验、试验、包装、运输及资料准备等方面提出了要求。

本规范是在《石油化工特殊用途汽轮机工程技术规定》（SH/T 3145—2012）的基础上修订而成，修订的主要技术内容是：

- 增删了个别规范性引用文件；
- 更新了规范性引用文件的版本；
- 增加了 40 多个术语和定义；
- 增加了汽轮机应具备的能力；
- 修改和细化了对汽轮机管口允许的外力和外力矩、转子、动力学、材料、底座、仪表和控制系統、电气系統等的技术要求；
- 细化了检验和试验、包装和运输的具体要求；
- 细化了卖方资料的具体要求；
- 更新了数据表。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布和管理机构不承担识别这些专利的责任。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理，由中国石油化工集团公司机械技术中心站负责日常管理，由中石化宁波工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送日常管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位：中国石油化工集团公司机械技术中心站

通讯地址：上海市静安区南京西路 1910 号 3 楼

邮政编码：200040

电话：021 - 62086970

传真：021 - 62087902

本规范主编单位：中石化宁波工程有限公司

通讯地址：浙江省宁波市国家高新区院士路 660 号

邮政编码：315103

本规范参编单位：中石化上海工程有限公司

杭州汽轮动力集团股份有限公司

中国石化工程建设有限公司

中石化广州工程有限公司

中石化南京工程有限公司

西安陕鼓动力股份有限公司

沈阳德瓦特汽轮动力有限责任公司

本规范主要起草人员：黄水龙 莫申玉 陈 伟 陈金铨 王存智 杨立民 汪春茂 齐 博
李晓刚 吴晓玲

本规范主要审查人员：杨成炯 周家祥 岳 平 蒋 国 吴尚兵 邢桂坤 漆明贵 谢福海
丁旭东 米海波 郝玉明 支钢林 曹永军

本规范 2004 年首次发布，2012 年第 1 次修订，本次为第 2 次修订。

石油化工特殊用途汽轮机工程技术规范

1 范围

本规范规定了石油化工驱动用特殊用途汽轮机及其辅助设备在设计、制造、检验和试验等方面的最低要求。

本规范适用于石油化工特殊用途汽轮机的设计及设备采购。

本规范不适用于一般用途汽轮机。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 150 压力容器

GB/T 151 热交换器

GB/T 1348 球墨铸铁件

GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 9124.1 钢制管法兰 第1部分：PN 系列

GB/T 9124.2 钢制管法兰 第2部分：Class 系列

GB/T 9239.1 机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第1部分：规范与平衡允差的检验

GB/T 13302 钢中石墨碳显微评定方法

GB/T 13402 大直径钢制管法兰

GB/T 12241 安全阀一般要求

GB/T 12242 压力释放装置性能试验规范

GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀

GBZ 2.2—2007 工业场所所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素

GBZ/T 189.8—2007 工作场所物理因素测量 第8部分：噪声

HG/T 20592 钢制管法兰（PN 系列）

HG/T 20615 钢制管法兰（Class 系列）

SH/T 3043 石油化工企业设备和管道表面颜色和标志

SH/T 3171 石油化工挠性联轴器工程技术规范

SH/T 3180 石油化工机泵配套用油系统及其辅助设备工程技术规范

SH/T 3406 石油化工钢制管法兰技术规范

SH/T 3553 石油化工汽轮机施工及验收规范

3 术语和定义

3.1

一般用途汽轮机 general - purpose steam turbine

用于驱动通常为备用设备的卧式或立式汽轮机。

3.2

特殊用途汽轮机 special - purpose steam turbine

用于驱动通常为无备用设备和属于连续运转的关键设备的卧式汽轮机。

3.3

地脚螺栓 anchor bolts

用于连接底座到支撑结构（混凝土基础或钢结构）的螺栓。

3.4

报警点 alarm point

触发报警信号提醒采取校正措施的一个预设定的参数值。

3.5

底盘 baseplate

撬装 skid

用以支承整台汽轮机和/或被驱动设备及其他可安装其上面的辅助设备的组装钢结构。

3.6

跳闸 - 节流组合阀 combined trip and throttle valve

一种专用阀（非调速阀），可在停机状态下阻止蒸汽流向汽轮机，并有中间阀定位，以在启动或异常工况下使用。

3.7

临界转速 critical speed

转子-轴承-支承系统处于共振状态时的轴转动速度。

3.8

设计 design

制造厂的计算参数。

3.9

故障安全型 fail safe

这类部件或系统出现故障或能源供应故障时，会使设备恢复到持久安全状态（停机和/或降压）。

3.10

就地 local

（位置）安装在设备上或底座上或其附近。

3.11

最高允许转速 maximum allowable speed

制造厂设计的允许连续运行的最高转速。

3.12

最高允许温度 maximum allowable temperature

对规定的流体（蒸汽），在规定的最高运行压力下，制造厂用于设计设备（或本术语涉及的任何部件）的最高持续温度。

3.13

最高允许工作压力 maximum allowable working pressure

对规定的流体（蒸汽），在规定的最高允许温度下，制造厂用于设计设备（或本术语涉及的任何部件）的最高持续压力。

3.14

最高连续转速 maximum continuous speed

制造或被试验的汽轮机能连续运行的最高转速。

3. 15

最高排汽压力 maximum exhaust pressure

汽轮机能连续运行的最高排汽压力。

3. 16

最低允许转速 minimum allowable speed

制造厂设计的允许连续运行的最低转速。

3. 17

底座 mounting plate

用于将设备固定在混凝土基础或钢支架上的装置，可以是底盘和底板。

3. 18

正常运行点 normal operating point

汽轮机正常运行且最佳效率的工况点。该点通常是汽轮机卖方保证汽耗率的运行点。

3. 19

正常功率 normal power

正常运行点的汽轮机功率。

3. 20

正常转速 normal speed

正常运行点对应的转速。

3. 21

常开 normally open**常关 normally closed**

（手动阀）正常操作期间的状态。

3. 22

观察 observed

通知买方时间并希望其参加的检验或试验。即使买方或其代表没到现场，检验或试验也按预定时间进行。

3. 23

材料鉴别测试 positive material identification testing**PMI**

对材料进行的任何物理评估或测试，以确认已经或将要投入使用的材料与选定或指定的合金材料一致。这些评估或测试能提供足以验证合金成分的定性或定量信息。

3. 24

潜在最大功率 potential maximum power

通过配置更大的或附加的喷嘴，并可能配置更大的调节汽阀或阀组时，在规定的正常转速和蒸汽条件下，汽轮机可达到的最大功率。

3. 25

承压缸体 pressure casing

由机组的所有固定全部静止承压部件的组合体成，包括所有全部喷嘴管口、蒸汽接口和其他附件。

3. 26

表面粗糙度 roughness magnitude**Ra**

在评定长度内，从基准线测量的型面高度偏差绝对值的算术平均值。

3. 27

径向中分面 radially split

与轴中心线垂直的结合面。

3. 28

额定功率 rated power

在相应转速下规定的汽轮机最大输出功率，包含被驱动设备相关规范要求的全部裕量。

3. 29

额定转速（100%转速）rated speed （100% speed）

满足任何规定工况点要求的最高转速。

3. 30

远程 remote

位置远离设备或底座，通常在控制室。

3. 31

避开裕量 separation margin

临界转速和最接近的要求运行转速之间的裕量。

3. 32

停机 shutdown

设备用户要求停止设备运行的工况。

3. 33

低速转动 slow roll

低于正常工作速度 5%或者速度控制器允许的最小速度。

3. 34

底板 soleplate

有设备或底座需要的安装面，连接到基础的板子。

3. 35

专用工具 special tool

不在“市场上可买到的”目录之内的非工业通用类工具。

3. 36

稳定性分析 stability analysis

使用复杂特征值分析确定转子/支承系统自然频率和相应对数衰减量。

3. 37

级 stage

单个汽轮机叶栅组。

3. 38

汽耗率 steam rate

在汽轮机输出轴上测得的单位输出功率需要的蒸汽量。

3. 39

三（重）冗余 triple modular redundancy

TMR

为满足连续运行的需要，采用三台微处理器替代一台。

3. 40

跳闸 trip

自动停机，确保人员安全。

3.41

跳闸转速 trip speed

触发独立的超速危急遮断装置或停机系统动作使汽轮机停机的转速。

3.42

速关阀 trip valve

停机时阻止蒸汽流向汽轮机的专用阀门。

3.43

见证（检验和试验） witnessed (inspections and tests)

通知买方检验和试验时间，应在买方或他的代表参加下进行检验或试验，属于生产进度的控制点。

4 替代设计

卖方可以根据经验，从技术和商务角度，提供对有关各方（买方/卖方）都有利的替代设计方案。卖方提供的替代设计方案应包括详细说明、使用业绩和应用的标准规范。由买方评估决定是否采用替代方案。

5 基本设计

5.1 一般要求

5.1.1 除另有规定外，汽轮机机组（包括辅助设备）应按照使用寿命至少 20 年（不包括易损件）、不间断地连续运行至少为一个检修周期（至少为 5 年）进行设计和制造，这是机组的设计准则。除买方作出书面认可外，不应使用样机，卖方提供的产品应在卖方的设计和制造经验范围内，并且至少有两台同样或相似型号的产品在相同或相似操作条件下成功运行两年或更长时间的业绩，满足买方所有技术要求。

5.1.2 除另有规定外，被驱动机制造厂应对整个机组包括被驱动机、齿轮变速器（当有需要）、汽轮机、油系统、控制及仪表、联轴器、相关的辅助设备和管道系统等负全部责任，并负责它们之间的合理匹配，包括协助确定汽轮机的功率大小、转速、转向，提供润滑油及控制油系统以及进行轴系的动力学分析计算，如横向及扭转临界转速计算、启动力矩的计算等。被驱动机制造厂的责任还包括向汽轮机制造厂提供必要的图纸资料以及协调和指导整个机组的试验。

5.1.3 汽轮机制造厂应对整个汽轮机机组负责，包括供货范围内的所有设备和相关的辅助设备及系统。除另有规定外，汽轮机制造厂有责任向被驱动机制造厂提交进行分析计算所需的数据，如横向及扭转临界转速计算所需的数据、对润滑油及控制油的要求、对联轴器及其护罩的要求等，并对被驱动机制造厂所提供的润滑油及控制油系统进行确认。供货范围参见附录 A。

5.1.4 汽轮机及其辅助设备应适用于规定的环境条件。除另有规定外，汽轮机及其辅助设备应适用于户外启动和连续操作。

5.1.5 汽轮机宜设置盘车装置。盘车装置的形式应由买卖双方商定。

5.1.6 买方应在汽轮机数据表中规定设备的正常操作点、额定操作点和其它要求的操作点，规定进汽、排汽、抽汽/补汽的最大值和最小值等蒸汽条件，数据表格式参见附录 B。

5.1.7 汽轮机应满足汽轮机数据表上规定的所有操作条件，并能在规定的操作点下连续稳定运行。

5.1.8 汽轮机机组（包括联轴器、齿轮变速器等）的设计应保证其在脱扣转速和安全阀设定值以下安全运行。

5.1.9 汽轮机机组及辅助设备的设计应保证维修方便、快速、经济，主要部件的设计应保证拆装方便。

5.1.10 所有电气设备、仪表、元件和材料的选择与安装应符合技术文件上规定的危险场所的规定。危险场所类别、气体组别和温度组别按 GB/T 3836.1 划分。当采用其他标准时，则应得到书面认可。

5.1.11 在正常蒸汽条件时，汽轮机应满足被驱动机所有工况的功率及对应转速的要求，汽轮机可输出的轴功率至少应为被驱动机所需最大功率(包括各种机械损失)的 110%；除另有规定外，在最低进汽压力和最低进汽温度与最高排汽压力同时出现时，汽轮机在额定转速下能够至少输出被驱动机所需的最大功率。

5.1.12 除另有规定外，汽轮机应具有下列能力：

- a) 在正常蒸汽条件下以正常功率和正常转速运行，制造厂应保证这些条件下的汽耗率。
- b) 在规定的最低进汽和最高排汽同时出现时，应能在额定转速下输出额定功率。为防止机型设计过大或获得更高的运行效率，买方可规定采用正常功率或者选择适当比例的额定功率来替换上述额定功率值。
- c) 能够在最高连续转速及规定范围内的任何其他转速下连续运行。
- d) 在规定的最高进汽参数和最高或最低排汽参数下，能够以额定功率和额定转速连续运行。
- e) 在最小进汽参数和最大排汽参数及满足买方规定的转速和扭矩的情况下，能够以要求的最大扭矩值和对应的最低转速连续运行。
- f) 在规定的抽汽和/或补汽工况下连续运行。
- g) 应能在规定的最高进汽压力和温度、最高排汽压力和标准规定的蒸汽纯度极限下运行。
- h) 在最高进汽参数下不联轴运行。

5.2 汽缸及接口

5.2.1 汽缸等全部承压件应适用于在规定的蒸汽参数下，压力和温度同时达到极限数值工况。当排汽真空度降低或无负荷试验时，会导致排汽温度上升，凝汽式汽轮机排汽缸应能在不低于 150℃ 的工况下运行。

5.2.2 汽缸及其他所有承压零件应按最高允许工作压力设计。汽缸最高允许工作压力至少应为最大操作压力的 1.1 倍或安全阀的设定压力值，两者取大值。凝汽式汽轮机排汽缸最高允许工作压力至少应为表压 0.07MPa，且应按全真空设计。

5.2.3 汽缸的拉伸应力应小于或等于所用材料在最高允许工作温度下最终拉伸强度最小值的 25%或最小屈服强度的 67%。

5.2.4 铸造材料的许用拉伸应力应乘以下表中的铸造系数。

表 5.2.4-1 铸件系数

无损检测类型	铸件系数
目视、磁粉和/或液体渗透检测	0.8
局部射线检测	0.9
超声检测	0.9
100%射线检测	1.0

5.2.5 汽缸应设计成：

- a) 在最大允许工作压力（和相应温度），和承受管口最大允许载荷的恶劣工况时，设备运行无泄漏，且机组动、静部件内部不接触。
- b) 承受液压试验。
- c) 在规定蒸汽条件的压力和温度最恶劣工况下运行。

5.2.6 汽缸的腐蚀裕量应大于或等于 3mm。

5.2.7 汽缸应设轴向中分面，也可在高压段和低压段间设径向中分面。

5.2.8 汽缸的轴向和径向中分面应采用金属对金属的结合面，使用螺栓紧固密封。中分面不应采用垫片，包括线性垫材。

5.2.9 汽缸和支座应设计成具有足够的强度和刚度，使得在允许的压力、扭矩和管道力及力矩最恶劣组合作用下，所造成的联轴器端的轴端相对位置的任何变化小于 $50\ \mu\text{m}$ 。

5.2.10 喷嘴环、隔板或静叶持环应采用可更换的结构。

5.2.11 蒸汽室和汽缸应设置具有全排放能力的疏水口，疏水口最小尺寸应为 DN25。

5.2.12 汽轮机进汽、排汽、抽汽及补汽管口应为法兰连接。汽缸上的其他接管也应采用法兰连接；在得到买方同意后，公称直径小于 DN40 的管子与缸体可用螺纹连接。

5.2.13 法兰应采用 GB/T 9124.1、或 GB/T 9124.2，或 GB/T 13402，或 SH/T 3406，或 HG/T 20592，或 HG 20615 标准。采用上述标准之外的法兰应得到买方的确认。具体的法兰标准、压力等级和密封面形式应符合数据表的规定。

5.2.14 汽缸上接管的尺寸应大于或等于 DN20，不应采用 DN32、DN65、DN90、DN125、DN175 和 DN225 的管径。

5.2.15 除另有规定外，汽轮机进排汽及抽补汽管口上允许承受的外力和外力矩应大于或等于公式

5.2.3~5.2.8 的计算值，且应满足公式 5.2.1 和 5.2.2 的要求。

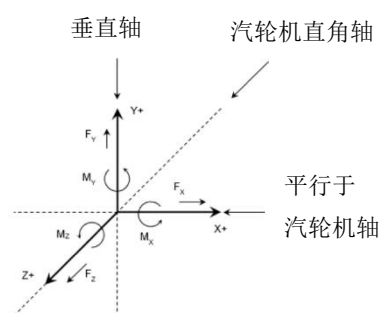


图 5.2.1 汽轮机力和力矩方向

式中：

F_r ——连接处的合力，N

$$F_r = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \dots\dots\dots (5.2.9)$$

F_c ——进汽、抽汽和排汽总合成力，N

F_x —— F_c 的轴向水平分力，N

F_y —— F_c 的垂直向上分力，N

F_z —— F_c 的轴向 90° 角水平分力，N

M_r ——连接处的合力矩，N·m

$$M_r = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \dots\dots\dots (5.2.10)$$

M_c ——进汽、抽汽合排汽总合成力矩，N·m

M_x ——环绕汽轮机轴向分力矩，N·m

M_y ——环绕垂直轴分力矩，N·m

M_z ——环绕 90° 角轴水平分力矩，N·m

$$Fr + 1.09 \cdot Mr \leq 54.1 \cdot De \dots\dots\dots (5.2.1)$$

$$Fc + 1.64 \cdot Mc \leq 40.4 \cdot Dc \dots\dots\dots (5.2.2)$$

$$Fx = 16.1 \cdot Dc \dots\dots\dots (5.2.3)$$

$$Fy = 40.5 \cdot Dc \dots\dots\dots (5.2.4)$$

$$Fz = 32.4 \cdot Dc \dots\dots\dots (5.2.5)$$

$$Mx = 24.6 \cdot Dc \dots\dots\dots (5.2.6)$$

$$My = 12.3 \cdot Dc \dots\dots\dots (5.2.7)$$

$$Mz = 12.3 \cdot Dc \dots\dots\dots (5.2.8)$$

D_e ——连接管道的等效直径，mm，管口公称直径 200mm 及以下时， $D_e=D_{nor}$ ，管口公称直径大于 200mm 时按 5.2.11 式计算

$$D_e = (406 + D_{nor}) / 3 \dots\dots\dots (5.2.11)$$

D_{nor} ——管道的公称直径，mm

D_c ——其面积等于进汽口、抽汽口和排汽总面积的圆孔直径，mm，其直径 229mm 及以下时， $D_c=D_e$ ，管口公称直径大于 200mm 时按 5.2.12 式计算

$$D_c = (457 + D_e) / 3 \dots\dots\dots (5.2.12)$$

5.2.16 通用螺栓（紧固件）宜采用公制（ISO/M 制）螺纹，当采用英制（UN/UNC 制）螺纹时，应经买方同意。

5.2.17 应设垂直顶起螺钉、对中定位销钉，并提供安装导柱。

5.3 转子

5.3.1 转子应能够短时间内在任何规定的工况下瞬时转速达到额定转速的 127% 时安全运行，且不需要立即维修。对于驱动发电机的汽轮机，转子应能在任何指定条件下的瞬时速度达到同步转速 121% 时安全运行。

5.3.2 套装转子应保证，在正常工作温度下转速小于或等于最高连续转速 121% 时，叶轮与主轴无相对位移。

5.3.3 转子应为整体锻造结构。经买方批准，在最高连续转速下叶片顶部速度小于 250m/s 或级进口蒸汽温度低于 440℃ 时可采用套装转子。套装转子的轴应是经过热处理的整段轴加工而成。

5.3.4 安装非接触式径向振动探头和轴向位移探头的位置所对应的主轴上部位，在探头两侧至少一个探头端部直径的距离上，不应有图案标识和划线标志或任何其它（如油孔或键槽等）不连续表面。这些部位不应喷镀、加轴套或电镀金属层。其表面粗糙度不应超过 $0.8 \mu m$ 。这些部位应按规定严格退磁或用其它方法处理，电跳动量和机械跳动量的组合总值不超过下列规定值：

a) 对于径向振动不超过最大允许峰—峰振幅值的 25 % 或 $6.3 \mu m$ ，取两者中之较大值；

b) 对于轴向位置探头为 $12.7 \mu m$ 。

5.3.5 旋转元件任何部位的磁通密度不得超过 $0.0003 T (3G)$ 。

5.3.6 卖方应对每列叶片采用坎贝尔图或等效图进行验证，如坎贝尔图校验不能满足要求，则在任何规定的机组运行时形成的叶片应力，应低至确保在运行范围如果出现共振时能可靠地运行，这应通过哥德曼图或其等效图进行校验。哥德曼图或坎贝尔图或这两种图应提交给买方。动叶片应在正常暖机时在共振频率下运行。

5.3.7 转子轴上应设置用于采集键相位信号的标记槽，槽的大小和深度应符合所设键相位仪表的要求。

5.3.8 在正常转速下，轴至少能够传递潜在最大功率下的扭矩。安装联轴器的轴端设计应符合 SH/T 3171 的要求。

5.3.9 对应机械驱动应用，汽轮机供货商应与被驱动设备供货商一起确定起动和运行工况下轴系可能出现的最大瞬态扭矩值。所有部件，包括联轴器和轴上附件，至少应适用于此扭矩值的 115%。对于驱动发电机，瞬态短路故障分析应确定轴系中产生的应力不应超过其低循环疲劳极限，联轴器中的扭矩不应超过联轴器的峰值扭矩额定值。

5.3.10 键的材料应与轴的材料相同。键的倒角应至少等于相邻键槽的圆角半径。

5.3.11 轴不应电镀或焊接。电镀不应用于修正制造误差。

5.3.12 除另有规定外，应以整体法兰式轴端供货。当不能提供整体法兰式轴端时，则应提供无键液压安装的联轴器轮毂。带键联轴器轮毂需要买方的批准。

5.3.13 应提供与汽轮机轴一体的或牢固装配到汽轮机轴上的转速监测用多齿发讯盘。其他转速传感器可共用该发讯盘。

5.3.14 多齿发讯盘不应用作驱动其他机械部件的齿轮。

5.3.15 多齿发讯盘的轴向宽度（径向探头监测的表面宽度）最小应为探头顶径的 1.5 倍。

5.4 动力学及临界转速

5.4.1 除共振能最大限度地被衰减掉外，在规定的运行转速、任何起动过程中的滞留转速下以及避开裕度范围内，支承系统、轴系等机组各部件均不应产生共振。从零至脱扣转速间所有不希望停留的转速、对正常运行有影响的临界转速应在技术协调会上和产品使用说明书中提交给买方。

5.4.2 应进行汽轮机轴系的横向振动分析。在规定的最低允许转速至最高连续转速范围（ $N_{ma} \sim N_{mc}$ ）内，每个振动探头处计算得出的不平衡响应峰-峰值不应超过机械运转试验振动限制 A_{vl} （25.4 μm 或公式 5.4.2 的计算值，取两者最小值）。

$$A_{vl} = 25.4 \sqrt{\frac{12000}{N_{mc}}} \dots \dots \dots (5.4.2)$$

5.4.3 除最高连续转速低于第一阶临界转速外，转子应进行稳定性分析，稳定性分析应在最高连续转速下进行。分析结果应表明机器的最终对数衰减率 δ_f 应大于 0.1，若无法满足，应有买卖双方商定可接受的对数衰减率 δ_f 。或者另有规定时，应按照规定进行稳定性试验，以测量阻尼比并确定相应的对数衰减率。

5.4.4 当有规定时，卖方应对整个轴系进行扭转振动分析。分析应考虑扭转固有频率的激励，应包括但不限于以下因素：

- a) 发电机产生的扭振激励；
- b) 一倍和两倍的电气线路频率（适用于驱动发电机）；
- c) 一倍和两倍的运行转速。

5.4.5 主要（耦合）模态应比一倍电气激振频率至少高 10% 或低 10%。

5.4.6 主要（耦合）模态与一倍机械激振频率的交叉点应比规定的运行转速范围（从最低运行转速至最高运行转速）至少高 10% 或低 10%。所有其他扭振频率与任何可能的激励频率的交叉点应比规定的运行转速范围（从最低运行转速至最高运行转速）至少高 10% 或低 10%。当计算的扭振共振频率落入规定的避开裕量范围时（买卖双方一致认为已无法将临界频率从限定的频率范围内移除），应进行稳态应力分析，以证明该共振对整个轴系没有不利影响。

5.4.7 整锻式转子、联轴器、齿轮应单独进行动平衡；套装式主轴、叶轮、联轴器、齿轮应单独进行动平衡。平衡精度应符合 GB/T 9239.1 的 G1.0 级或更高精度的要求。

5.4.8 转动部件装配时应进行多平面动平衡。每次最多装上两个主要零件后就应做一次动平衡。平衡校正只能在刚装上的那些零件上进行。每个平面（轴颈）的最大允许残留不平衡量按下式计算：

$$U_{max} = 6\,350m/n \dots \dots \dots (5.4.8)$$

式中：

U_{max} ——最大允许残留不平衡量，gmm；

m ——轴颈承受的静态质量载荷，kg；

n ——最高连续转速，r/min。

5.4.9 在高速动平衡时，当另有规定时，每个轴承支撑处应加装在线非接触式轴振动探头。

5.4.10 除另有规定外，安装合同半联轴器后的转子应按额定速度在高速平衡机上进行高速动平衡。

5.4.11 除另有规定外，基于所有速度下的最大支承刚度，在轴承盖上测量的高速动平衡的振动验收标准应取 5.4.11.1 或 5.4.11.2 的规定之小值，同时应符合 5.4.11.3 的规定。

5.4.11.1 当转速等于或低于 3000r/min 时, 振动速度小于或等于 2.5mm/s; 当转速高于 3000r/min 时, 振动速度不超过 $7400/n$ 或 1mm/s 中的较大值, 式中 n 为转速, r/min, n 取最高连续转速。

5.4.11.2 直到最高连续转速的所有转速, 支座振动速度不超过下式计算值:

$$V = 74 \times 0.2 \times W \times N/K \cdots \cdots (5.4.11)$$

式中:

V —— 振动速度, mm/s;

W —— 轴承的反作用力, N;

N —— 转速, r/min;

K —— 支座刚度, N/m。

5.4.11.3 当高速动平衡装有非接触式振动探头时, 任何时候最大允许轴振动 (1 倍滤波和跳动补偿) 不超过 25.4 μm (峰峰振幅), 操作速度范围内在轴承附近探头的最大允许轴振动不超过 12.7 μm (峰峰振幅)。

5.4.12 机组装上经动平衡后的转子进行工厂试验, 在最高连续转速或规定运行转速范围内的任何转速下, 邻近于每个径向轴承的轴上任一平面测定振动未滤波的峰峰振幅不应超过式 5.4.12 的计算值或 25.4 μm , 取两者中的较小值。在高于最高连续转速至脱扣转速的任何转速下, 振动值不超过在最高连续转速下记录振动值的 150%。

$$A = 25.4 \sqrt{\frac{12\,000}{n}} \cdots \cdots (5.4.12)$$

式中:

A —— 未滤波的振幅 (峰峰值), μm ;

n —— 最高连续转速, r/min。

5.5 轴承和轴承箱

5.5.1 通则

5.5.1.1 应采用流体动压轴承, 流体动压径向轴承和推力轴承应适合安装规定的轴承金属温度探头。

5.5.1.2 径向轴承和推力轴承的设计应满足:

a) 适用于在不损坏巴氏合金衬层的情况下以盘车速度运转。

b) 适用于短时间反转而不损坏巴氏合金衬层。

5.5.1.3 当有规定时, 径向轴承和推力轴承应适用于规定的反转运行条件。

5.5.1.4 采用磁悬浮轴承应得到批准。

5.5.1.5 作为设计标准, 最高进油温度为 50℃ 时, 推力轴承和径向轴承轴瓦温度在所有规定的工作条件下不应超过 100℃。

5.5.1.6 对于超过 43℃ 的环境条件或当入口油温度超过 50℃ 时, 应特别考虑轴承设计、油量和允许温升。

5.5.2 径向轴承

5.5.2.1 除规定采用磁悬浮轴承外, 径向轴承应为流体动压轴承, 具有钢衬浇巴氏合金的可更换的轴瓦、瓦块或衬瓦。轴瓦、瓦块或衬瓦的结构设计应便于不需要拆除上半汽缸、汽缸端部和联轴器轴毂即可进行更换。

5.5.2.2 宜选用可倾瓦径向轴承。每套径向轴承 (底部和负载最重的瓦块) 应埋两个双支温度传感元件。

5.5.3 推力轴承

5.5.3.1 除规定采用磁悬浮轴承外,推力轴承应为流体动压轴承,两侧结构均应为钢衬浇巴氏合金的可调式多瓦块型,宜设计为在两个方向具有相同的止推能力。轴承应按载荷不大于轴承极限承载量的 50% 来选择。

5.5.3.2 推力轴承的尺寸和结构设计应保证汽轮机在最不利的工况下可连续运行。

5.5.3.3 除另有规定外,应采用推力盘与轴为一体的结构,该推力盘在每个推力面上至少应留有 3mm 的附加裕量。当提供可更换的推力盘时,推力盘应热套并牢靠地固定在轴上。

5.5.3.4 推力轴承宜置于汽轮机的进汽端,并能调整转子轴向位置和推力盘与瓦块间的间隙。

5.5.3.5 每套推力轴承主推力面和副推力面瓦块内应各埋 2 个或 3 个双支温度传感元件。

5.5.4 轴承座

5.5.4.1 轴承座应有水平中分面,能在不拆除机组汽缸的情况下方便地更换轴承。

5.5.4.2 在轴穿过轴承座壳体的部位应装可更换的迷宫式或磁力式端部密封及挡油圈,不得采用唇式端部密封和填料密封。密封和挡油圈应采用无火花材料。

5.5.4.3 压力油润滑的流体动压轴承用轴承座结构应使油泡沫减少到最低限度,回油系统应保证油和油沫面低于壳体内任何转动体底部和轴端密封。在最不利的运行条件下,通过轴承和轴承座的油温升高不应超过 30℃,轴承出口油温不得超过 80℃。

5.5.4.4 每个轴承座上应安装两个径向振动探头,在推力轴承端宜安装三个轴向位移探头;每个机组应至少安装一个速度传感器。

5.5.4.5 轴承座或轴承座支架不应采用铸铁材料。

5.5.5 接地

除另有规定外,凝汽式汽轮机应在轴上至少安装一只接地电刷,当安装两个电刷时,则应安装于同一轴端以防止在轴上形成电流回路;接地电刷应易于更换。

5.6 汽封

5.6.1 除另有规定外,外汽封和级间隔板的密封应采用可更换的迷宫密封,外汽封优先选用静止式易更换的迷宫密封。

5.6.2 除另有规定外,汽轮机应配置单独的汽封真空抽汽装置。凝结水密封箱的水出口管应低于汽封冷凝器至少 900mm。

5.6.3 低于大气压力下运行的汽缸端部迷宫密封设计时应通入过热蒸汽以免空气进入。

5.6.4 所有轴封和真空系统的管线和部件尺寸设计,应按大于或等于 3 倍的设计间隙计算泄漏量考虑。

5.7 润滑油和控制油系统

5.7.1 润滑油和控制油系统应符合 SH/T 3180 的相关规定。

5.7.2 除另有规定外,汽轮机与被驱动机应共用一套润滑油和控制油系统,公用的油系统宜由被驱动机制造厂提供。

5.7.3 应提交润滑油和控制油的特性。

5.7.4 油箱应配置油雾过滤排烟风机。

5.8 材料

5.8.1 除另有规定外,宜选用附录 C 中规定的材料。卖方也可推荐被其经验证明是可靠的符合其它标准的材料,但应说明该材料相当于或优于附录 C 建议的材料,并提供两者的主要性能比较供买方批准。

5.8.2 卖方应负责最终的材料选择,应根据规定的材料等级及规定的操作条件,选择每一个零部件的材料,并在数据表上注明汽轮机主要零部件材料的具体牌号。

5.8.3 承压件均应为钢制,当最高蒸汽温度超过 410℃时应采用合金钢。

- 5.8.4 轴和轮毂应为锻钢材料。除另有规定外，喷嘴、叶片锁块、动叶片和静叶片、围带及过滤器应为含铬 11%~13%的铬钢、钛合金或镍铜合金。
- 5.8.5 铸件及材料应符合第 5.8.5.1~5.8.5.5 条的规定。
- 5.8.5.1 铸件应符合材料规定中有关孔隙率、热裂纹、缩孔、气孔、裂纹、氧化皮、气泡和类似有害缺陷的要求。铸件的表面应通过喷砂、喷丸、化学清洁或其它标准方法进行清理。铸造分型面上的飞边和浇冒口的残余物应被切除、锉平或磨平。
- 5.8.5.2 承压铸件应尽量少用芯撑。当需要使用芯撑时，芯撑应保证干净并且没有腐蚀（允许镀层），其化学成分同该铸件相容。
- 5.8.5.3 承压铸铁件只应按以下规定返修：
- a) 可焊铸钢件应依照合格的焊接工艺规程修补，焊接工艺规程应符合合适的压力容器规程。在主要修补完成后和液压试验前，修补的铸件应进行焊后热处理，以消除应力保证焊缝和母材的机械性能的连续性和后续机械加工尺寸的稳定性。
 - b) 在 GB/T 1348 的规定限制范围内，可通过封堵的方式修复。用于封堵的钻孔应仔细检测，使用液体渗透剂，保证材料所有的缺陷都已被去除。
 - c) 所有材料规范中没有涉及的修复工作，都应得到买方的认可才可实施。
- 5.8.5.4 禁止使用堵塞、焊接或组装等方法封堵成空腔。
- 5.8.5.5 球墨铸铁铸件的生产除满足相关的标准外，还应满足以下要求：
- a) 在浇铸结尾的基尔试块或 Y 型试块的厚度应不小于铸件本体关键区域的有效厚度。试块应进行抗拉强度检验、硬度检验和金相检验。显微镜下石墨颗粒的晶粒等级应符合 GB/T 13302 的规定。晶间不应有片状石墨。
 - b) 应在基尔试块或 Y 型试块上，拉伸试样附近，试块厚度的 1/3 处获取至少一组（三个试样）夏比 V 行冲击缺口试样。所有三个试样应有不少于 12J 的冲击功，并且在室温下，三个试样的冲击功平均数值不应少于 14J。
 - c) 当得到允许，非承压球墨铸铁铸件可按照 GB/T 1348 或其它国际认可的等效标准生产。
 - d) 每个钢水包的毛坯铸件样品都应进行化学分析。
 - e) 应在铸件本体可行的关键部分进行布氏硬度检验，如截面变化区域、法兰和其它易接近的位置。为了避免表面效应的影响，在做硬度检验前应去除足够多的表层材料。硬度检验也应在铸件的末端检验，在能代表浇铸开始和结束的区域检验。
- 5.8.6 除得到买方事先同意外，除了铸钢件，所有承压部件不得进行补焊。当有补焊时，其主要焊缝焊后应进行热处理。
- 5.8.7 焊接结构的汽缸，在任何厚度下都应进行焊后热处理。
- 5.9 噪声
- 5.9.1 主要噪声源应采用有效的方法控制到最小。在满足安全以及工艺流程需要的前提下，宜采用吸声、消声和减振等降噪措施，不宜采用隔声罩。当采用隔声罩时，应设置通风装置，其设计应便于机组的维护。
- 5.9.2 距机组设备任何表面 1m 处测得的总体噪声(A 声压级)不应超过表 5.9.2 规定的工作场所噪声等效声级接触限值。

表 5.9.2 工作场所噪声等效声级接触限值

日接触噪声时间	卫生限值
h	dBA

8	85
4	88
2	91
1	94
0.5	97
注：本表是根据 GBZ2.2—2007 第 11.2 条，按 GBZ/T 189.8-2007 所列公式计算所得，同时参照 SH/T3146-2004 第 4.2 条规定，按接触时间减半、噪音限制值增加 3dB 确定其噪音限制值，且无论接触噪音时间长短均不得超过 115 dB (A)。	

6 辅助设备

6.1 联轴器及护罩

6.1.1 联轴器和护罩应符合 SH/T 3171 的规定。

6.1.2 除另有规定外，联轴器及护罩应由被驱动机制造厂提供，汽轮机侧的半联轴器应由汽轮机制造厂安装。

6.2 齿轮变速器

6.2.1 齿轮变速器应符合相应规定的要求，安装在汽轮机与被驱动机之间的齿轮变速器的所有操作方式都应逐一检查。

6.2.2 齿轮变速器的额定功率应大于或等于汽轮机的额定功率，且不小于被驱动机的额定功率的 110%。

6.3 底座

6.3.1 通则

6.3.1.1 作为规定，设备应配备底盘或底板。底座指底盘和底板。

6.3.1.2 底座和其上安装的任意支座的上下表面应加工成平行状态。表面粗糙度应为 $3.2 \mu\text{m}$ 或者更好。

6.3.1.3 应按照以下要求提供底座：

- 水平（轴向和横向）顶起螺钉的尺寸应大于或等于汽轮机底座的垂直顶起螺钉的尺寸。
- 固定这些顶起螺钉的凸耳应可拆卸，或者连接在底座上至少不影响汽轮机、顶起螺钉或垫片的安装
- 应采取预防措施，防止汽轮机底脚的垂直顶起螺钉损坏填隙表面，而不会出现填隙或找平问题。
- 可以采取替代方法（例如使用液压千斤顶）抬高汽轮机以移除/插入垫片或水平移动汽轮机。
- 对于太重而无法使用顶起螺钉抬高或水平移动的汽轮机，应提出解决方案。
- 调整螺钉应有防锈处理。

6.3.1.4 汽轮机支撑应设计成能在蒸汽压力、扭矩和允许管道应力的最恶劣组合作用下引起的轴端相对位移限制在 $50 \mu\text{m}$ 以内。

6.3.1.5 汽轮机底座底部应使用环氧树脂灌浆。

- 卖方应按照相关规定的要求，对底座的所有灌浆接触面进行喷砂处理，并在这些表面上涂上与指定环氧树脂灌浆相容的底漆。
- 卖方应告知买方实际使用的底漆。宜咨询灌浆料厂家，以确保对底座进行适当的现场准备工作，以便将灌浆和灌浆底漆很好的粘合。

6.3.1.6 买方应指定用于现场安装的环氧灌浆。

6.3.1.7 底脚螺栓不应用来将设备固定在底座上。

6.3.1.8 底座应符合以下要求：

- a) 不应为安装其他设备在底座上钻孔。
- b) 底座应配有调平螺钉。每个地脚螺栓附件应设置一个调平螺钉。当设备和底座太重而无法用调平螺钉顶起时，汽轮机卖方应提供替代方法。替代方法应包含在报价书中。
- c) 被埋入灌浆的底座外侧圆角半径应至少 50mm，埋入灌浆层的边缘应当是倒角或者打磨以免灌浆开裂。
- d) 所有机械安装表面应在加工后立即进行防锈处理。
- e) 底座应伸出设备底部三个方向的外侧至少 25mm。

6.3.1.9 调整垫片应由卖方提供，应跨装在紧固螺栓和垂直顶起螺钉上，且比设备底脚每个侧边至少超出 6mm。

6.3.1.10 底脚螺栓应由买方安装。

6.3.1.11 将设备连接在底座上的紧固螺栓和所有顶起螺钉应由卖方提供，

6.3.1.12 设备的安装应符合 SH/T 3553 的要求。

6.3.1.13 灌浆底座尺寸设计应保证灌浆静载荷不超过 690kN/m^2 。

6.3.1.14 底座上底脚螺栓和底脚螺栓孔之间的直径间隙应至少为 6mm。

6.3.1.15 应在紧固螺栓和顶起螺栓位置上保留操作空间，以便使用标准套筒扳手或梅花扳手按规定的扭矩完成工作。

6.3.2 底盘

6.3.2.1 当规定使用底盘时，应明确要安装在底盘上的主要设备。

- a) 底盘应为整体的钢制构件。除非买卖双方商定，可采用分段。
- b) 分段底盘应经机加工并有销钉定位的配合表面，以确保在现场精确地进行再次装配。
- c) 由于运输方面的限制，底盘可分段制作。

6.3.2.2 底盘尺寸应延伸到所有机组内部件下方以收集和排放积液。

6.3.2.3 整体底盘周围应设有宽 75mm、深 55mm 的集液槽。集液槽应朝向被驱动设备端倾斜至少 1/120，并开有至少 DN50 的排净口，实现完全排液。

6.3.2.4 应在所有面板和结构件的连接处应采用两侧连续密封焊接，防止缝隙腐蚀。顶部与底部不允许采用间断焊接。

6.3.2.5 当有规定时，底盘设计应便于在现场安装期间使用光学的、激光或其它仪器的使用。底盘的最终设计应由买卖双方共同商定。当提供水平调整垫块或调整受力点时，水平调整垫块或调整受力点应靠近机器的支撑点，并且在安装设备和底盘与基础找平的过程中，应能很容易地进行找平。水平垫板和调整受力点应有移动式保护盖板。对于长于 6 m 的底盘，应额外提供中间支点的水平调整垫块或调整受力点。

6.3.2.6 底盘应按以下要求提供起吊附件：

- a) 应设置至少供四点起吊的附件。
- b) 底盘或设备上起吊附件的最大允许冲击应力，应按所用材料规定的最小屈服强度的三分之一进行设计。
- c) 除另有规定外，底盘应设计成带所有设备起吊（在某些情况下，把底盘设计为在起吊之前拆除重的设备可能更为实用）。
- d) 起吊带设备的底盘，不应使底盘或安装在其上的设备产生永久变形或损坏。
- e) 焊接的吊耳或耳轴应为连续焊缝，并应根据适用规范进行 100%无损检测。

- f) 使用可拆卸吊耳或商用特殊产品（如枢轴式起重吊耳）应经买方批准。
- 6.3.2.7 为方便灌浆，底盘应按以下要求设计：
- 底盘底部的结构件之间应是开式的。
 - 当底盘需要灌浆时，每个分隔段内应至少设置一个尺寸不小于 75mm，有效面积不小于 125cm² 的灌浆孔。
 - 灌浆孔应位于承重结构下允许灌浆的位置，在设备安装后，这些孔应仍便于灌浆。
 - 灌浆孔应有 13mm 高的凸缘，当裸露的灌浆区域可能会受到液体侵蚀时，则应提供厚度至少为 3mm 的金属盖。
 - 底盘每个灌浆分隔段的最高点，应设置足够的尺寸不小于 13mm 的通气孔。
- 6.3.2.8 底盘的下安装面应在同一平面内，以便于采用同一水平面的基础。当采用多段底盘时，则在各段底盘用销钉和螺栓固定在一起后，安装垫应位于同一平面。
- 6.3.2.9 除另有规定外，底盘上部的所有通道和工作区域应设置防滑金属盖板。
- 6.3.2.10 底盘的对角处应焊接两个接地夹板或垫块，材料应与底盘相同，并配有 13mm 的螺栓。
- 6.3.2.11 底盘的所有设备安装面应满足以下要求：
- 应在底盘制造完成后进行机加工。
 - 表面粗糙度应为 6.3 μm 或者更好。
 - 每个安装面的平面度应在 40 μm/m 以内。
 - 当设备安装在底盘上时，同一水平面的所有安装面平面度应在 25 μm 以内以防出现软脚。
 - 不同设备的安装面应机加工成相互平行，平行度在 50 μm 以内。
- 6.3.2.12 应记录 6.3.2.11 的公差，并将底盘自由放置在制造场任一机加工的平面上进行验证。
- 6.3.2.13 当有规定时，卖方应提供辅助底板。
- 6.3.2.14 主要设备的底盘支撑应位于设备底脚的正下方，并应垂直与底盘底部。
- 6.3.2.15 当有规定时，底盘底部应设有机加工的安装垫。底盘制作完成后，所有的安装垫应加工成一个平面。
- 6.3.3 底板和辅助底板**
- 6.3.3.1 当规定了采用底板，除了满足 6.3.1 的要求外，还应满足 6.3.3.2 至 6.3.3.5 的要求。
- 6.3.3.2 底板应为钢板，厚度足以将预期载荷从设备底脚传递到基础上，且厚度不应小于 40mm。
- 6.3.3.3 当规定采用辅助底板，应选用厚度至少 25mm 的钢板。辅助底板配合面的表面粗糙度应符合 6.3.1.3 的要求。
- 6.3.3.4 底板应足够大，可以向各个方向延伸到设备支脚之外，且应设计成地脚螺栓不会被设备的支脚覆盖。
- 6.3.3.5 重量超过 30kg 的底板应至少配备两个螺栓固定的起吊附件。每个起吊附件应设计成可以起吊底板的总重量。
- 6.4 仪表、控制和保护系统**
- 6.4.1 通则**
- 6.4.1.1 卖方应提供为保障安全和操作可靠所必需的所有仪表和控制系统，包括转速调节系统、超速停机保护系统、报警与停机系统、接地仪表、仪表盘和控制盘等。
- 6.4.1.2 卖方至少应提供机组的一次就地显示仪表、一次检测元件、一次发讯元件以及安装一次显示仪表和一次发讯元件的就地仪表盘及盘装的显示仪表。所有仪表应采用 SI 单位。安装在危险区域内的仪表应符合该危险区域的防爆要求和买方的其他相关要求。

6.4.1.3 除停机信号发讯元件外，所有仪表和控制器均应安装足够的阀门。当要在停机信号发讯元件上装设阀门，应经买方确认，且卖方应提供“铅封开”措施。

6.4.1.4 仪表和控制器的设计和制造应适合规定的区域分类。

6.4.1.5 所有导管、铠装电缆和支架的设计和安装应易于拆卸而不会损坏，并且其位置应不会妨碍轴承、汽轮机密封件或设备内件的拆卸。

6.4.2 控制系统

6.4.2.1 汽轮机调速系统应符合以下要求：

a) 调速系统应是使汽轮机输出与应用相匹配的关键系统。调速系统应包括：

- 1) 转速传感器；
- 2) 包括控制逻辑、输入和输出信号的调速器；
- 3) 执行机构；
- 4) 位置反馈传感器；
- 5) 调节汽阀。

b) 当卖方提供汽轮机调速系统，卖方应对整个调速系统承担责任。调速系统的主要功能应是通过调节汽轮机的蒸汽流量使汽轮机转速维持在设定值。

c) 汽轮机转速应由专门的调速器控制功能来控制。这个专门的调速器功能应只控制一台汽轮机。同一控制系统中可设置多个控制和逻辑功能。

d) 调速器控制功能的执行应基于电子微处理系统。调速控制系统应由卖方提供的不间断电源供电。应保护调速系统避免意外变化影响到性能或安全运行。与调速系统无关的附加控制功能不应降低跳读性能。

e) 调速范围的下限转速和上限转速应考虑被驱动设备和汽轮机的最低转速和最高转速。应选择最低转速中的最大值和最高转速中的最小值。

f) 调速系统应至少包括两个专用于转速控制的转速传感器。该转速传感器不应同超速停车系统共用。调速控制应选取两个信号中的较高值。当配置了三个探头，调速器应选取三个转速信号的中间值。任何一个转速传感器故障应仅触发警报。所有转速传感器故障应触发停机。

g) 调速器的设计，应包括但不限于以下功能：

- 1) 在调速器控制下，控制转速范围与正常运行范围相对应（一般为额定转速的 70%~105%）；
- 2) 转速设定值调整；
- 3) 远程或过程控制的转速设定值调整；
- 4) 数字式转速显示；
- 5) 各控制执行机构独立输出；
- 6) 可调升速率；
- 7) 低转控制；
- 8) 临界转速规避；
- 9) 收到来自超速停车系统和/或过程控制系统的停机命令后停机；
- 10) 人为设置最大允许转速（权限受控）用于测试超速停车系统。

h) 除另有规定外，调速系统精度应达到的要求：

- 1) 在稳态额定转速、额定功率输出和额定进汽、排汽工况下，转速不等率不应超过 0.5 %。
- 2) 在定负荷、额定转速、额定功率输出和额定进汽、排汽工况下，稳态转速变化率不应超过 0.25 %。
- 3) 最大升速率不应超过最高连续转速的 7 %。

i) 作为机械驱动，汽轮机转速应随转速设定值作线性变化。增加转速设定值应提高汽轮机转速。转速设定值信号应起到调整调速系统设定值的作用。控制范围应为：从任何指定工况所需最低转速的 95%或最高连续转速的 70%，两者中最小值至最高连续转速。控制信号的自动或手动调整，或者控制信号故障，均不应影响调速器将转速限制在最高允许转速范围内。

j) 无论汽轮机是否与被驱动设备相连，调速系统应设计成能控制汽轮机在低速转动运行。调速系统应设计成使汽轮机-驱动机组从零转速升速至低速转动运行。

k) 当有规定时，应提供多种控制组合模式（如可调单抽/补汽机组）。汽轮机卖方应明确任一控制模式的限制，以防止汽轮机运行超出机械限制。

l) 冗余等级（如双重系统）和容错等级（如三冗余系统）应满足不间断连续运行的预期要求。调速电子部件（速度传感器、电路板、线圈、位置传感器、电源等）应是冗余的，具有足够的诊断和容错能力，以允许在单个部件故障时连续运行。应提供设施，以允许更换有故障的调速器电路板或电源，而不影响调速器连续运行。

6.4.2.2 电子超速监测系统应符合以下要求：

a) 应提供一个符合相关标准要求的基于三个独立测量电路和三取二表决逻辑的超速监测系统。

b) 应提供一个多齿转速发讯盘。调速器、超速停车系统和转速表可共用该发讯盘。

c) 当有规定时，超速跳闸系统应具有加速度跳闸功能。

6.4.2.3 汽轮机超速停机（跳闸）系统应符合以下要求：

a) 应提供一套使汽轮机停机的超速跳闸系统，该系统包括但不限于下列内容：

1) 输入传感器

2) 逻辑控制装置（一个或多个，包括超速跳闸功能）

3) 电-液电磁阀

4) 速关阀/跳闸-节流组合阀

b) 超速跳闸系统在执行汽轮机停机过程中不应被任何其他系统以任何方式打断。

c) 当汽轮机卖方随汽轮机一起提供超速跳闸系统，则汽轮机卖方应对整个系统负责。当汽轮机卖方不提供超速跳闸系统，则汽轮机卖方应提供跳闸系统部件的响应时间，并对推荐的系统进行审查和评估。汽轮机超速跳闸系统应包括诊断、测试和在线维修功能。当进行在线维修或改造时，应验证被维修部件的功能。

d) 汽轮机超速跳闸系统应由买方提供的不间断电源供电。

e) 调节汽阀应配备一个关闭位置的反馈传感器。在重置系统之前，作为允许启动的条件，系统应确认调节汽阀已关闭。

f) 任何停机装置动作应导致调节汽阀、速关阀/跳闸-节流组合阀关闭，并触发逆止阀执行机构（如有）动作。调节汽阀应设计成故障关闭型，即在其执行机构失去电源或控制信号（液压、气或电）时关闭调节汽阀。

g) 超速跳闸功能应为汽轮机停机系统的一部分。超速跳闸功能可包含在停机系统逻辑控制器或专用超速逻辑控制器内。汽轮机超速跳闸系统应防止汽轮机转子转速超过汽轮机卖方提供的最高瞬时超速限制。除非被驱动设备卖方另有规定，在未耦合出现甩负荷故障情况下，系统应防止转速超过额定转速的 120%。

h) 当有规定时，排气压力小于大气压力的汽轮机，应配置有超速跳闸系统驱动的排汽真空破坏装置，具有由买卖双方商定。

i) 对于可调抽汽汽轮机，卖方应在每条抽汽管线上提供一个逆止阀，该逆止阀配置故障关闭执行机构，以协助关闭阀门。这些阀门上的执行机构应由汽轮机停机系统驱动。逆止阀和所有执

行机构的卖方（制造厂）、型号、设计、类型、数量和安装位置，应由买方和汽轮机卖方确定。逆止阀不宜安装在流向朝下的垂直管道上。

j) 对于汽轮机抽汽不可调时，每个抽汽管路应设置两个串联的逆止阀。

k) 当设置独立的机械超速紧急脱扣装置时，则通过该紧急脱扣装置应能在进汽管维持正常压力的情况下进行手动复位。

6.4.2.4 电-液电磁阀应符合以下要求：

a) 应在汽轮机的停机系统中设置三个独立的电-液电磁阀。电磁阀额定连续绝缘等级应为 H 级。

b) 电磁阀应失电停机（即故障安全型）。电磁阀应并联，并靠近速关阀或跳闸-节流组合阀。除实验隔离阀外，电子阀与宿管阀或跳闸-节流组合阀之间没有其他装置。

c) 速关油总管上的电磁阀应配置设施，允许在汽轮机运行过程中测试电磁阀功能。实施的测试应验证电磁阀有足够快的响应，以满足最高瞬时转子超速计算。监测设备或程序应确保试验所用的任何手动切断阀在试验后不会保持在错误位置，从而破坏跳闸系统的功能。

d) 电磁阀动作应由汽轮机停机系统触发。停机电磁阀系统中泄放阀的尺寸应为，泄放阀全开时，流量应很小，而不会导致停机。

e) 泄放阀和压力表应能验证操纵电磁阀正确打开和关闭。也可以使用节流孔和截止阀代替泄放阀。

6.4.2.5 速关阀 / 跳闸 - 节流组合阀

a) 按规定，应为每个蒸汽进口（包括补汽口）提供独立的速关阀或跳闸 - 节流组合阀。本节和以下章节中，“速关阀”指的是两者：独立的速关阀、跳闸 - 节流组合阀。

b) 当有规定时，应提供并联布置的双速关阀。每个速关阀应能通过全流量蒸汽。正常运行时，应关闭并联布置的双速关阀中的一个。另一个速关阀的用途是在汽轮机运行情况对常开速关阀进行测试。

c) 速关阀未能按要求关闭，是汽轮机故障的常见原因。宜按卖方提供的时间周期对速关阀进行部分行程测试。

d) 当提供并联布置的双速关阀，蒸汽管道的设计应考虑到蒸汽流经一个或两个速关阀时，产生热胀和截留能量效应。

e) 速关阀应设计成通过弹簧关闭。速关阀应通过直接的液压方式打开并保持。任何停机信号都应导致速关阀关闭。

f) 速关阀的设计应包括但不限于以下特性：

1) 阀杆和阀座表面采用耐侵蚀和耐腐蚀材料；

2) 防止蒸汽中杂质沉积在阀杆上而使阀门无法关闭；

3) 弹簧加载、蒸汽流及压力有助于阀门关闭；

4) 按阀体类型和安装位置要求，阀座上方或下方设疏水口，阀杆漏汽有接口；

5) 阀门处于最大压差时，具有复位和启动能力；

6) 当不要求冗余阀门时，速关阀有在不中断汽轮机运行（即不影响蒸汽流量）前提下进行部分行程测试的能力；这种布置应防止在部分行程试验期间阀门完全关闭，但应允许阀门在出现停机条件时完全关闭；

7) 现场更换阀门易磨损件；

8) 耐腐蚀蒸汽滤网；

9) 采用防止阀座上的阀蝶转动设计；

10) 阀杆、阀杆衬套、主阀蝶和所有滑动接触面应淬硬处理。

g) 速关阀蒸汽滤网应设计成能防止在使用中发生故障，并符合以下的要求：

- 1)滤网应在不拆卸任何进汽管道的情况下就能拆除；
- 2)滤网的有效通流面积至少应为阀门进汽口通道横截面积的 2 倍；
- 3)蒸汽滤网能承受的压差至少应为进汽压力的 25%。

h) 速关阀不应依靠汽流辅助来满足所要求的关闭时间。在机械运转试验期间，应验证阀门的关闭时间。从超速到速关阀完全关闭的时间不应超过汽轮机卖方计算的时间。计算方法应符合附录 E 的规定。

i) 当买方提供逻辑控制器时，其响应时间不应超过 100 ms。

6.4.3 仪表柜

6.4.3.1 当有规定时，应提供仪表柜。该仪表柜上应安装用于驱动设备和被驱动设备的所有仪表。此类仪表柜应根据买方的说明进行设计和制造，并应符合以下要求：

- a) 按规定，仪表柜应是独立的，位于机组基础上或规定的其他位置。仪表柜上的仪表应能被汽轮机操控点的操作员清晰可见。当仪表柜有指示灯时，应提供测试按钮。
- b) 当有规定时，应由买方指定安装在仪表柜上的仪表。

6.4.3.2 仪表柜应为加固的和自支承型的，且其顶部、底部和侧面是封闭的。正面应为至少 3mm 厚的钢板，顶部、底部和侧面至少应为符合表 6.4.3.2 规定的要求。同时应符合以下要求：

- a) 当有规定时，仪表柜应完全封闭，以最大程度地减少电气危险，并能防止篡改或便于安全清洗或避免腐蚀。
- b) 所有仪表应嵌入式安装在仪表柜正面，所有紧固件应为耐腐蚀金属。碳钢仪表柜的所有内表面和外表面应采用工业级涂层系统进行处理和防护。

表 6.4.3.2 仪表柜用钢板

材料	材料厚度 mm
无涂层	2.70
镀锌	2.75
不锈钢	3.00

6.4.3.3 仪表架和仪表柜应完成组装，并完成内部管路连接和电路接线。现场只需与买方的外部管道和电路连接即可。

6.4.3.4 当控制装置或仪表装置上需要多个接线点时，则应通过带有接线柱的公共接线盒与每个电气控制装置或仪表相连。同时应符合以下要求：

- a) 交流电和直流电的信号应分开设立接线盒。
- b) 经买方批准，当接线盒具有隔离交流电和直流电接线的内部屏障时，则可以提供一个接线盒。

6.4.3.5 按规定，每个接线盒应安装在部套上或底盘上，或散装发运。

6.4.3.6 除 6.4.3.4 的要求外，还应规定接线盒的附加信号隔离措施。

6.4.3.7 接线板、开关和仪表上的所有导线和接线柱应贴上标签，以便识别。当有规定时，除卖方标记外，还应作买方标记。仪表柜内的接线应整齐地敷设在导线管中。

6.4.3.8 仅在装运必需时，由卖方提供的控制器和仪表的内部连接管、管件或导线才应拆开。

6.4.4 仪器仪表

6.4.4.1 应提供两个电子转速表。转速表的最小量程应为最高连续转速的 0%~125%。一个转速表应就地安装，另一个转速表应供买方进行远程安装。

6.4.4.2 转速信号可来自汽轮机调速器或独立的传感器。

6.4.4.3 应提供报警 / 停机系统，当任何一个指定参数达到报警点时，该系统将触发报警，当任何一个指定参数达到停机点时，将触发汽轮机停机。

6.4.4.4 汽轮机的指示、报警及联锁停车仪表系统可按表 6.4.4.4 规定设置。

表 6.4.4.4 建议的指示、报警及联锁停车仪表系统

序号	项目	指示	报警	联锁停车
1	压力和压差	—	—	—
1.1	润滑油压力	√	L	LL
1.2	控制油压力	√	L	—
1.3	蒸汽入口压力	√	H、L	—
1.4	蒸汽排出压力	√	(H) (L)	(HH) (LL)
1.5	第一级蒸汽压力	√	—	—
1.6	抽汽、补汽压力（如有）	√	(H) (L)	(HH) (LL)
1.7	最靠近抽汽调节阀下游的蒸汽压力（如有）	√	—	—
1.8	速关油压力	√	L	—
1.9	油过滤器压差	√	H	—
2	温度	—	—	—
2.1	油冷器进口温度	√	—	—
2.2	油冷器出口温度	√	H	—
2.3	轴承（金属）温度	√	H	(HH)
2.4	蒸汽入口温度	√	L	—
2.5	蒸汽排出温度	√	H	—
2.6	抽汽、补汽及背压温度（如有）	√	—	—
2.7	汽缸上下壁温差（如需要）	(√)	(H)	—
3	液位	—	—	—
3.1	油箱液位	√	L	—
3.2	表面冷凝器液位（如有）	√	H、L	—
3.3	高位油箱液位	√	(L)	—
4	转速	√	H	HH
5	扭矩、振动和位移	—	—	—
5.1	轴振动	√	H	HH
5.2	轴位移	√	H	HH
5.3	扭矩（如有）	(√)	—	—
5.4	胀差（如需要）	(√)	(H)	—
6	流量	—	—	—
6.1	蒸汽入口流量	(√)	—	—
6.2	抽汽、补汽流量（如有）	(√)	—	—
7	备用油泵启动	√	√	—
8	手动停机	√	—	—
9	超速停机保护系统故障	√	√	—
10	调速器用转速传感器失灵	√	任何 1 个	全部
注 1：√—要求项目；H—指标为高值；L—指标为低值；HH—指标为高高值；LL—指标为低低值。 注 2：表中带括号为选择项。				

6.4.4.5除上述所列停机项目之外,应在汽轮机就地提供手动跳闸装置,以允许运行人员操作停机。

6.4.4.6任何可能导致转速不稳定或运行不安全的调速系统故障应触发汽轮机停机。

6.4.4.7任何导致失去控制油压而触发速关阀动作的机械/液压状况,也应使汽轮机停机系统跳闸。

6.4.4.8除6.4.4.4对保护汽轮机至关重要的报警和/或停机项之外,汽轮机卖方应告知买方任何报警和/或停机项。

6.4.4.9报警/停机系统应符合以下要求(某些系统也是可接受的,特别是基于传统直接作用仪器的系统,不能完全符合以下要求):

- a) 对于每个停机参数,应提供报警。报警点与正常值的偏差小于相应停机点与正常值的偏差。
- b) 任何报警参数达到报警点应触发声音或闪光警报,或按规定同时发出声光警报。应能够确定触发警报的参数。
- c) 任何停机参数达到停机点应触发汽轮机停机,并应发出声音或闪光警报,或按规定同时发出声光警报,这些警报应与报警参数相关的警报有区别。应能够确定触发停机的参数。
- d) 当报警/停机系统的任何电子元件发生故障时,应触发报警,并应与设备故障引起的报警区分开来。为此,可能需要配置冗余传感器。
- e) 当停机系统的一个电子元件出现任何故障导致系统无法识别停机条件时,设备应自动停机并发出警报。该警报应与设备故障(故障安全系统)导致的停机有所区别。
- f) 当指定了非故障安全系统时,导致系统无法识别报警条件的故障也应使所有其他报警和停机保持功能。
- g) 汽轮机运行时,应能够测试报警系统的所有部件。此类测试不应需要解除任何停机功能。
- h) 除了跳闸-节流组合阀外,应能够在汽轮机运行时测试停机系统的所有部件。与停机功能相关的部件测试,不应需要解除任何其他停机或报警功能。
- i) 不能进行完整功能测试的速关阀可以进行部分功能测试,例如部分行程试验。
- j) 当在跳闸回路中使用旁通时,则应具备防止停机系统不慎失效的方式。

6.4.4.10当有规定时,报警/停机系统应包含一个首出信号器,以指示由一个初始事件触发多个警报和/或停机的情况下,哪个参数首先达到报警值,哪个参数首先达到停机值。当该信号器不是集成控制和监控系统的一部分时,则应提供独立的信号器。

6.4.4.11当有规定时,报警/停机系统应连接一个事件记录仪,以记录报警和停机的顺序。响应时间不应大于100ms。

6.4.4.12应提供必要的阀门和开关或桥接链接(跳线)或其他经批准的通讯协议,以便所有仪器和其他部件(停机检测装置除外)能在设备运行中进行更换。

6.4.4.13当有规定时,停机检测装置应配备阀门、桥接链路或其他经批准的通讯协议,允许在设备运行时进行更换。应提供能锁定打开位置的用于停机检测装置的隔离阀。

6.4.5 就地仪表及控制盘

6.4.5.1 卖方应配置足够的仪表以满足现场开车、停车、操作、维护机组的需要。仪表应包括安装在汽轮机以及辅助设备、管道上的所有就地仪表和集中安装在控制盘上的仪表。

6.4.5.2 除另有规定外,控制盘应就地安装在机组附近,并满足危险区域等级要求。

6.4.5.3 控制盘的主要尺寸和结构及盘装仪表的布置应由买卖双方商定。

6.4.5.4 汽轮机机组就地仪表盘上至少应安装下列仪表,当就地仪表盘安装在汽轮机底座上时,则卖方可以按其标准设置仪表,但应征得买方同意:

- a) 润滑油及控制油压力表;
- b) 蒸汽压力表,包括:
 - 1) 蒸汽入口;

- 2) 多级汽轮机的第一级后;
 - 3) 排汽;
 - 4) 抽汽 (如果有);
 - 5) 轴封及泄漏;
 - 6) 轴封冷凝器的抽气器供汽 (如果有);
 - c) 转速表。
- 6.4.5.5 在油冷却器进口、出口油管道上应设置温度计。
- 6.4.5.6 油泵出口应设置压力表, 每个油过滤器上应设置压差计。
- 6.4.5.7 就地安装或就地盘上的控制器应是气动型或电动型。
- 6.4.5.8 气动仪表应符合下列规定:
- a) 气动仪表的空气信号范围应为 0.02MPa (G) ~0.1MPa (G)。信号压力宜随工艺参数的增加而相应增加;
 - b) 向气动仪表供气的气源装置应设置过滤器和流量计;
 - c) 所有变送器、控制器、传感器的性能应满足最大允许误差为量程的 $\pm 5\%$ 和滞环允许误差为量程的 $^{+0.2}_{-0} \%$ 的要求。
- 6.4.5.9 电动仪表应符合下列规定:
- a) 电子或电动仪表应防水, 并适于买方数据表给定的电气划分区域, 端子应适于导管接线;
 - b) 压力开关、液位开关、限位开关和温度开关应使用单刀双掷开关, 其容量为 5A, DC24V;
 - c) 电磁阀正常状态应为励磁型 (正常状态通电型), 应能承受湿气环境, 其线圈应为浇封型线圈。除另有规定外, 电子开关在报警和跳闸时应为断开状态。
- 6.4.5.10 压力表应符合下列规定:
- a) 经受振动的部位, 应采用充液型防振压力表;
 - b) 除另有规定外, 压力表表盘直径至少为 100mm, 除气动信号指示表的接口为 M8 阳螺纹接头外, 压力表的接头应为 M20×1.5 或 15mm 阳螺纹接头, 配奥氏体不锈钢布尔登管;
 - c) 量程为 10MPa (G) 或以上的表背面应设泄压孔;
 - d) 精度不应低于 1.0 %。
- 6.4.5.11 温度计和温度传感器应符合下列规定:
- a) 除另有规定外, 温度计应采用双金属式, 表盘直径至少为 100mm, 满量程精度不应低于 $\pm 1.5\%$;
 - b) 热电偶应为非接地型, 且应完整配齐热电偶头部、热电偶和保护套;
 - c) 承压或浸泡在液体中的一次元件应配可分开的奥氏体不锈钢保护套;
 - d) 温度传感器应为双支三线 PT100。
- 6.4.5.12 转速表应符合下列规定:
- a) 可变转速汽轮机应配脉冲式转速表, 速度指示范围为 0 至最高连续转速的 125%;
 - b) 指示精度应为全量程的 1% 以内。
- 6.4.5.13 轴振动、轴位移、轴承温度和键相位传感器等一次仪表应由卖方提供。探头引线应保证密封性。
- 6.4.5.14 卖方应为所有监控仪表提供一个或多个仪表接线箱。
- ## 6.5 电气系统
- 6.5.1 电气设备应适合规定的危险区域和供电特性。
- 6.5.2 设备上、靠近设备或相连至设备的电源和控制连接线应耐油、耐热、防潮和耐磨, 并符合 6.5.2.1 至 6.5.2.4 的规定。

6.5.2.1 电源和控制连接线当连接到汽轮机或位于汽轮机上时，或是在其他易受振动的区域，则应使用绞合导线。

6.5.2.2 测量和远程控制仪表柜的接线可以是硬导线。

6.5.2.3 电线 / 导线上的绝缘层外应有防护层。当有必要时，防护层应为阻燃、防潮、耐热热塑性和耐磨材料。

6.5.2.4 接线应适合当地的温度。

6.5.3 电机、加热器和仪表应适用于规定的电源。应在每个电源的输入侧提供指示灯用来表明电路已通电。指示灯应安装在控制仪表柜上。

6.5.4 位于设备上或任何单独仪表柜上的电气设备应符合规定的电气区域分类。电气启动和监控控制可以是交流电也可以是直流电。

6.5.5 端子排、开关和仪表上的所有导线应永久标记，以便识别。接线盒和控制仪表柜应至少有 20% 的备用端子。

6.5.6 所有的端子排、继电器、开关和其他带电部件均应配备外壳以防止意外接触，并应符合 6.5.6.1 至 6.5.6.3 的规定。

6.5.6.1 电源线应与仪表和控制信号线在壳体外隔离，在壳体内部也尽可能隔离。

6.5.6.2 在设备运行时可能需要打开的内部壳体（例如，为了报警测试或调整），应为其所有端子排和其他电压超过 50V 的裸露部件提供二次屏蔽或罩盖。

6.5.6.3 应在电气设备周围或附近提供维护空间，或符合国家电气规范第 110 条或买方批准的其他国际公认标准。

6.5.7 电气材料（包括绝缘材料）应耐腐蚀且不吸潮。当指定用于热带地区时，则应按照以下要求对材料进行处理。

6.5.7.1 应保护零件（如线圈和绕组）免受真菌侵蚀。

6.5.7.2 非油漆表面应通过电镀或其他合适的涂层来防止腐蚀。

6.5.8 不在全封闭的仪表柜或其他外壳内的控制、仪表和电源接线应采用铠装电缆，或按照规定敷设在金属导管中，并应符合 6.5.8.1 至 6.5.8.3 的规定。

6.5.8.1 电缆应由托架支承，以防止行人走动造成损坏。导管应适当支承，以避免振动造成损坏，并进行隔离和屏蔽，以防止不同系统之间的干扰。

6.5.8.2 导管两端可连接足够长度的金属挠性管（对温度元件导线连接，则应如此），以便在不拆除导管的情况下进行维护。

6.5.8.3 温度高于 60℃ 的场合，挠性管应采用 19 mm 具有四壁联锁结构的青铜软管以及外包隔热连接器的接头。

6.5.9 对于 2 区场合，金属挠性管应具有液密热固性或热塑性外护套以及经批准的配件。

6.5.10 连接到单独接线板的交流（AC）和直流（DC）电路应清楚标记，并相互隔离。

6.5.11 应在室外安装导管的低点安装疏水管。

6.5.12 当有规定时，应在室内安装导管的低点安装疏水管。

6.6 蒸汽表面冷凝器

6.6.1 凝汽式汽轮机应配置蒸汽表面冷凝器及真空系统，表面冷凝器可采用水冷或空冷。

6.6.2 蒸汽表面冷凝器应按规定标准的要求进行设计和制造。

6.7 汽封真空系统

6.7.1 除另有规定外，卖方应提供汽封真空系统，其中包括射汽抽气器和汽封冷凝器，按轴封名义间隙对应流量的三倍选型。汽封冷凝器应按 GB/T 151 或规定的其他标准设计。

6.7.2 除另有规定外，汽封冷却器应具有一钢质壳体，公称壁厚大于或等于 1.25mm、直径至少为 15mm 的黄铜或铜镍合金换热管，管侧固定在水侧管板上。不应使用 U 型管。壳侧应按全真空和 500 kPa 的表压设计。

6.7.3 蒸汽喷射器本体应选用钢质材料，有一个可更换的不锈钢蒸汽喷嘴。

6.7.4 当有规定时，汽轮机卖方应提供真空泵以代替蒸汽喷射器。

6.8 管道系统

6.8.1 通则

6.8.1.1 卖方应提供供货范围内的润滑油、控制油、冷却水、蒸汽、疏水以及仪表空气管道系统，应符合 SH/T3180 的相关要求。

6.8.1.2 同一底座内与用户连接的相同用途的水、蒸汽和空气等公用工程管道，宜设置进和/或出总管及总管截止阀。底座内的排净管线和放空管线应分类集合，引至底座边缘并配备截止阀。除另有规定外，与用户连接的接头或撬块间的接头应为法兰连接，且应布置在底座边缘。

6.8.1.3 DN25 及以下的冷却水（含排凝和放空）、疏水以及仪表空气辅助管道系统宜采用法兰连接，也可采用管螺纹连接。法兰和螺纹应符合买方的规定。

6.8.1.4 管道系统的所有管子、管件等应大于或等于 DN15，其壁厚应大于或等于 1.6mm。

6.8.1.5 当得到买方认可时，小于或等于 DN40 的管道接头可采用承插焊。

6.8.1.6 管道系统不宜采用 DN32、DN65、DN90、DN175 和 DN225 的接头、管线、阀门及配件。

6.8.1.7 机组内部的管道设计应考虑操作和维修所需要的空间。操作平台应在图中标明位置、标高及大小。

6.8.1.8 所有管道宜设置在相应机组底座的范围内，并以整体组装后的形式交付出厂。

6.8.1.9 除另有规定外，机组内的蒸汽、冷却水、润滑油等辅助管道系统应按本规范 6.7.2 条～6.7.5 条的规定并参照附录 D 选用材料。

6.8.1.10 对于碳钢和低合金钢管线，其接管的腐蚀裕量应大于或等于 1mm，对于高合金钢和有色金属可不考虑腐蚀裕量。

6.8.1.11 安全阀应符合下列规定：

- a) 为了保护机组设备本身而在设备上或在管道上设置的安全阀及安全阀组中的所有其他阀门，均应由机组卖方提供，卖方在技术报价文件中应详细列出所有安全阀清单，包括设定压力；
- b) 安全阀应符合国家现行标准 GB/T 12241、GB/T 12242、GB/T 12243 的要求以及安全阀的一年一检要求；
- c) 卖方应提供安全阀的规格尺寸和选型时用的流量、设定压力和温度，供买方确认。安全阀的设定压力应小于或等于相关设备和相关管道最高允许工作压力；
- d) 安全阀阀体以及阀内件、连接件均应采用钢制；
- e) 安全阀的进口和出口均采用法兰连接，法兰的公称压力等级和密封面形式应根据操作条件按买方在询价书上要求的标准选择，并应由买方确认。

6.8.2 润滑油和控制油管道

油系统（润滑油、控制油）的管子及管件应采用对焊或法兰的连接形式。

6.8.3 仪表管道

仪表空气参数应符合买方提供的公用工程条件。

6.8.4 蒸汽管道

6.8.4.1 蒸汽参数应符合买方提供的公用工程条件。

6.8.4.2 除另有规定外，蒸汽温度高于 260℃或蒸汽表压高于 2.8MPa 时，管法兰垫片应为缠绕垫片或带无危险填充物的金属包覆垫片。

6.8.5 冷却水管道

冷却水管道的供水和回水温度、压力、污垢系数及最大压降应按买方提供的公用工程条件。

6.9 保温及罩壳

6.9.1 汽轮机应设保温层，当规定应设置外部金属罩壳时，保温层的厚度应保证其外表面温度维持在 60℃以下。

6.9.2 保温材料中不得含有石棉。

6.9.3 汽轮机机体保温宜选用可拆卸式毯式结构。

6.10 专用工具

卖方应随机提供一套安装、组装和维修所必需的专用工具，并提供清单。

7 检验和试验

7.1 通则

7.1.1 买方应在设备询价技术文件中规定需要进行的检验和试验项目，包括需要买方见证或观察的检验和试验项目，以及卖方应提交检验报告的项目。卖方应将需要买方见证或观察的检验和试验的实施计划、详细试验程序及验收标准提前提交买方。

7.1.2 除另有规定外，买方不要求在见证试验前进行初步试验。卖方应按照其自己的准则决定是否进行初步试验。

7.1.3 在提前通知卖方后，买方代表应有权进入所有卖方和分包商正在进行设备制造、试验或检验的工厂。

7.1.4 本规范和规范性引用文件及合同技术附件或经买方审核过的数据表中没有规定的检验和试验的项目和内容，应按卖方的标准程序进行。

7.1.5 卖方应将买方的检验及试验要求告知分包商。

7.1.6 当确定了工厂检验和试验时，买卖双方应商定加工停止点和检验员见证。

7.1.7 预计试验日期应至少在试验前 30 天通知，实际日期按约定确认。卖方应至少提前 5 个工作日通知见证或观察检验或试验。

7.1.8 买方应指定卖方是否可在见证试验之前进行未经见证的机械运转预试验或性能预试验。

7.1.9 卖方应提供规定检验和试验所要用到的设备、材料和公共设施。

7.1.10 买方代表应有权评审卖方的质量控制程序。

7.2 检验

7.2.1 通则

7.2.1.1 卖方应将以下有用的数据保存至少 20 年：

- a) 必要的或规定的材料证明（如制造厂试验报告）；
- b) 证明符合规范要求的试验数据和结果；
- c) 正常制造过程或作为修补程序的一部分而进行的所有热处理的完整记录；
- d) 质量控制试验和检验结果；
- e) 所有修补的资料文件；
- f) 最终装配的维修和运行间隙；
- g) 其它买方规定的或者适用的准则和条款；

- h) 所有外购件的技术规范。
- 7.2.1.2 承压件在规定的液压试验完成前不应涂漆。
- 7.2.1.3 买方应规定以下项目：
- a) 需经表面和次表层检验的部件；
- b) 所需的检测类型（如磁粉检测、液体渗透检测、射线检测或超声检测）。
- 7.2.1.4 汽缸铸钢件应采用磁粉检测。对于各类缺陷，严重程度不应超过第 5.2.24 条规定的限值。
- 7.2.2 材料检验
- 7.2.2.1 下列部件应提供材料质量证明文件，其内容应包括材料的化学成分、力学性能及热处理状态等，这些数据应符合相应材料产品标准的规定：
- a) 汽轮机：汽缸（包括进出口接管和法兰）、隔板、轴、轮盘、平衡盘、动叶片、静叶片、轴套、持环、联轴器、汽缸螺栓和螺母等；
- b) 齿轮变速器：齿轮及轴等；
- c) 主要的辅助设备：安全阀、主汽阀、调速阀、抽汽阀、喷射器及汽封冷凝器等。
- 7.2.2.2 汽轮机主要零部件检验项目应符合表 7.2.2.2 的要求。

表 7.2.2.2 检验项目

部件	力学性能	化学成分	检测方法			提供报告
			射线 RT	磁粉或渗透 MT 或 PT	超声波 UT	
汽缸 ^a	蒸汽室 汽缸	蒸汽室 汽缸	对接焊缝 ^b	铸钢件 ^{a f} 所有焊缝 ^{c f}	锻钢件 ^a 进出接管与壳体的焊缝 ^a	√
叶轮	轮盘 动叶片 持环	轮盘 动叶片 持环	—	每个轮盘（超速试验 前后进行）	轮盘	√
静叶片	√	√	—	—	—	√
轴	√	√	—	全部 ^f	全部	√
轴承座	√ ^g	√ ^g	—	√	—	√
机壳螺栓及螺母	√	—	—	全部 ^d	全部 ^e	√
齿轮及轴（齿轮变速器）	√	√	—	—	全部	√
^a 组装汽缸应包括壳体、端盖、进出口管口及法兰。 ^b 对接焊缝应进行 100%射线检测。 ^c 连接管道吊耳与承压壳体间的焊缝也应检查。 ^d 螺栓的渗透或磁粉检测应在最终加工（螺纹加工）后进行。 ^e 直径大于 M36 的螺栓的超声检测应在螺纹加工前进行。 ^f 汽缸的检验应在液压试验之后进行，加工面的检验应在最终加工之后进行。 ^g 铸铁件不进行化学成分分析，铸铁件应进行性能试验。						

7.2.2.3 汽缸材料的检验应符合以下规定：

- a) 卖方应确定汽轮机蒸汽室和承压缸体可能容易发生蠕变损伤的高应力部位，且要在制造后对这些部位进行无损微观结构分析（表面复制测试或显微镜检查），有助于后续使用寿命评估。卖方应向买方提供一份分析报告。
 - b) 承压件重大修补前，卖方应告知买方审查并获得批准。包括但不限于以下缺陷应提前告知买方：
 - 1) 腔室补焊深度大于部件壁厚的 50%。
 - 2) 腔室任一方向的补焊长度大于 150mm。
 - 3) 维修总面积超过部件表面积的 10%。
 - c) 承压件的修补应按以下要求进行：
 - 1) 外购板件的修补应在装配前实施。
 - 2) 外购铸件或锻件的修补应在最终机加工前实施。
 - 3) 焊接汽缸的修补检查、最初或最终机加工期间发现的铸造或焊接汽缸的焊缝或母材缺陷的检查，应按表 2 进行。
 - d) 应在装配前对外购板材按照材料标准进行 100%超声检测。
 - e) 铸铁和球墨铸铁（用于汽轮机隔板）应只进行磁粉检测和液体渗透检测。
 - f) 气缸上每 7.6m 长的焊缝，应至少有 1 张 150mm 的局部射线照片。当需局部射线照片时，承压焊缝所用的每个焊接工艺规程和每台焊机均应至少拍一次。
 - g) 磁粉检测，只有主要尺寸大于 1.6mm 才应被认为是线性缺陷显示。间距小于 1.6mm 的单个缺陷指示应视为连续缺陷。
- 7.2.2.4 卖方应书面证明所有热处理（如消除应力集中或焊后热处理）已在正常制造过程中或作为返修程序的一部分正确地实施。买方检验员应可审查所有热处理的记录（时间-温度曲线）。
- 7.2.2.5 材料检验还应符合材料标准的规定。
- 7.2.2.6 对焊缝的检验和验收应按 GB/T 150 的规定进行，采用其他标准检验和验收应得到买方的同意。
- 7.2.3 外观检查
- 7.2.3.1 应对每个承压铸件的所有表面进行外观检查。不得有夹砂、气孔、结疤、裂纹、热裂或其他类似的铸造缺陷。
- 7.2.3.2 焊接完成后，应对所有的焊缝进行外观检查。不得有裂纹、咬边或其他有害缺陷。
- 7.2.3.3 应检查所有机械加工面的粗糙度。
- 7.2.3.4 机壳的内、外侧都应清理干净。
- 7.2.3.5 机械试运转过程中，不得有漏油现象。当出现时，应即时排除。
- 7.2.3.6 应按经买方审核后的图纸和买方数据表检查以下项目：
- a) 汽轮机的转向；
 - b) 所有铭牌内容；
 - c) 管口方位；
 - d) 辅助管道布置；
 - e) 辅机及备品备件等的数量。
- 7.2.4 尺寸检查
- 7.2.4.1 尺寸检查应包括下列内容：
- a) 底座尺寸，包括地脚螺栓的尺寸和位置；
 - b) 维修和装配所需的间隙值和尺寸；
 - c) 现场连接或安装所需的外形尺寸包括法兰规格、型式和位置。

7.2.4.2 汽轮机机壳的实际壁厚应符合设计的壁厚要求。

7.3 试验

7.3.1 通则

7.3.1.1 汽轮机主要的试验项目应符合表 7.3.1.1 的要求。

表 7.3.1.1 主要的试验项目

序号	项目	要求	记录和报告	备注
1	机壳液压试验	必选项	√	用户见证
2	转子动平衡试验（包括高速动平衡）	必选项	√	用户见证
3	机械运转试验，试验报告至少包括： ——超速试验记录 ——超速脱扣装置调整记录 ——调速器试验 ——轴振动和轴位移记录 ——润滑油温度和压力记录 ——盘车试验 ——手动停车试验	必选项	√	用户见证
4	转子超速试验	必选项	√	—
5	机械运转试验后的拆装检查	可选项	√	用户见证
6	性能试验	可选项	√	
7	整机试验	可选项	√	—
8	辅助设备试验	可选项	√	—
9	危急超速脱扣系统试验	必选项	√	—
10	主汽阀试验	必选项	√	—
11	备件试验	可选项	√	—
12	液压装配联轴器运转试验后轴毂配合的检查	可选项	√	—
13	噪声试验	可选项	√	当合同要求时

7.3.1.2 水压试验应符合以下规定：

a) 除另有规定外，汽轮机承压件应进行至少 1.5 倍最高允许工作压力的液压试验。最低液压试验压力不应小于 150kPa。

1) 试验液体的温度应高于试验材料无塑性转变温度。

2) 卖方应确定双层壳体结构汽轮机的液压试验程序。

b) 汽缸液压试验应按以下要求执行：

1) 当试验件在工作温度时的材料强度低于其在试验温度时的强度，则该液压试验压力应乘上一个系数，该系数等于材料在试验温度时的许用工作应力除以其在最高允许温度时的许用工作应力。

2) 数据表应列出实际液压试验的压力。

3) 试验应符合零件设计所依据的规范或标准。当规范试验压力与本标准试验压力存在差异，应以较高的压力为准。

4)用于测试奥氏体不锈钢材料的液体中氯化物含量不应超过 100 ppm。为防止因干燥而使氯化物在奥氏体不锈钢上沉积残留,试验完成后,应清除试验零件上的所有残余液体。

5)试验持续时间应足够长,以便对承压件进行彻底检查。经过至少 30 min 观察承压件或接头既无泄漏也无渗漏,则应认为液压试验合格。大型和重型承压件,可能需要买卖双方商定更长的测试时间。

6)分段机壳的试验可以接受通过一台试验泵保压来检查壳体内部封闭件渗漏完成。

c) 汽缸结合面泄漏试验

1)应按 7.3.1.2.1 的规定对汽缸结合面进行泄漏液压试验。此试验不要求按 7.3.1.2.2 的规定进行温度修正。

2)该试验应在汽缸液压试验后进行,试验时不应在汽缸结合面使用垫片,但可以使用合适的密封膏。通过不少于 30 min 的观察,当汽缸结合面既无泄漏也无渗漏时,应认为该试验合格。

3)当汽缸结合面上不使用垫片时,则汽缸结合面泄漏试验和汽缸液压试验可以同时进行。

7.3.1.3 机械运转试验应符合以下规定:

a) 进行机械运转试验前,应满足以下要求:

1)进行机械运转试验的汽轮机应使用合同规定的轴封和轴承。

2)所有油压、黏度和温度均应在被试验装置的使用说明中卖方推荐的运行值范围内。应测量每个轴承座的油流量。

3)试验台的油过滤精度不应超过 $10\ \mu\text{m}$ 。任何试验前,滤油器下游的油系统部件的清洁度应满足 SH/T 3180 的要求。

4)应检查所有接头及接口的密封性并应排除任何泄漏。

5)应检查试验时所使用的报警、保护和控制装置,并应按要求作好调整。

6)应安装合适的装置防止油在机械运转试验期间进入汽轮机,并应在整个试验期间起到作用。在机械运转试验期间油不应进入汽轮机。

7)应使用合同规定的半联轴器进行试验。当未使用合同规定的半联轴器时,试验所用的带或不带力矩模拟器(符合 SH/T 3171)的联轴器与合同规定联轴器的悬臂力矩相差不应超过 $\pm 10\%$ 。

8)试验期间,应使用合同规定的振动探头、电缆、振荡检波器和加速度传感器。

9)当得到批准,符合精度要求的车间用振荡检波器和监视器应与合同规定的探头一起使用。

10)车间的试验设备应具备连续监测、显示、记录和打印振动位移和相位、振动频谱、波特图、轴心轨迹、轴承金属温度、轴承润滑油进油压力以及进油和出油温度的能力。

11)使用 7.3.1.3.8 至 7.3.1.3.10 规定的仪器来确定的振动特性应作为机组验收合格或拒收的依据。

12)当规定了结构震动试验值,则应在试验期间使用车间仪器记录振动数据(最小值和最大值),并将其定位(时钟角)在垂直于每个轴承中心线的径向平面内(如有可能)。

13)用于试验的所有仪器应在试验前有效校准。

b) 随设备提供的控制系统应进行演示,并应按下列规定进行汽轮机的机械运转试验:

1)机组应以约 10% 最高连续转速的增量从零到最高连续转速升速运行,并以最高连续转速运行,直至轴承温度、润滑油温度及轴振动稳定。

2)转速应增速到跳闸转速并且机组应至少运行 15 min。

3)应检查并调整超速跳闸装置，直到获得的值在跳闸转速设定值的1%之内。机械超速跳闸装置应获得满足该判据的连续三次无倾向性跳闸值。

4)应测试调速器和任何其他调速装置在运行转速范围内的平稳性能。应检查空负荷运行的稳定性和对控制信号的响应特性。应记录调速器的灵敏度、转速和控制信号之间的线性响应关系。对于可调整调速器，应记录响应转速范围。

5)转速应降低到最高连续转速，机组应连续运行4h。

c) 机械运转试验期间应满足以下要求：

1)机械运转试验期间，所有被试验机组的机械运行和试验仪器的运行均应良好。所测得的未滤波振动值不应超过5.4.12的限值，并记录整个运行转速范围内的振动值。

2)当机组以最高连续转速和在试验大纲中可能已经规定的其他转速和/或负荷运行时，应获得用来确定除工频以外频率的振幅。这些振幅的频率范围应至少覆盖最高连续转速的0.05~8倍。当任何不连续的非工频振动值超过5.4.12确定的允许振动值的20%，则买卖双方应就可能包含附加试验的方案及机组的可接受性是否需要进一步试验进行协商。

3)机械运转试验应验证横向振动临界转速是否符合5.4的要求。机械运转试验期间，应确定跳闸转速以下的任何非临界阻尼临界转速，并在铭牌上印上“测试”字样。

4)在4h运转试验之前和之后，应绘制降速过程中同步振幅和相位相对转速的关系曲线图。也应绘制滤波（每转一次）和未滤波振动值。当有规定时，这些数据也应以极坐标形式给出。这些图所覆盖的转速范围应从400 r/min至规定的汽轮机超速跳闸转速。

5)不平衡响应分析的工厂验证应按照相关标准进行。

6)当有规定时，应记录买卖双方认可的所有实时振动数据，并向买方提供一份副本。

7)在4小时试验期间，润滑油进口压力和温度的变化应在汽轮机运行手册许可的运行范围。润滑油和控制油温度应分别在其最小和最大允许黏度值相对应的温度保持至少30min。在两种工况下，均应测量轴振动，尤其要检查油膜不稳定性。

8)当订购的备用转子与设备同时制造时，每根备用转子也应作符合本标准要求的机械运转试验。

9)买方应规定其他备件的试验要求。

d) 机械运转试验完成后，应满足以下要求：

1)机械运转试验完成后，应拆除、检查并重新装配液压轴承。

2)当为了排除机械或性能方面的缺陷而要求更换或维修轴承或密封，或要求打开汽缸更换或维修其他零部件时，则初次机械运转试验将被视为不合格，应在校正缺陷后进行最终的工厂试验。

7.3.1.4 工厂超速停机（跳闸）系统试验

卖方应验证超速停机（跳闸）系统的实际响应时间不超过根据最大速度漂移进行超速计算的响应时间。当卖方不提供全部超速停机（跳闸）系统部件时，应就未提供的部件响应时间进行商定并将其计入总响应时间。

7.3.1.5 速关阀试验

卖方应对整套阀门组件进行规定方向和全开至跳闸关闭的试验。应记录行程与时间和速关油压与时间的关系，或在获得买方批准的情况下，记录限位开关信号所指示的阀门关闭时间。试验的跳闸时间不应超过规定值。

7.3.2 现场试运行

7.3.2.1 用户现场安装后，在工作转速下汽轮机应至少空负荷运转4h。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/727131053065006066>