

ICS 71.120; 23.140
G 92
备案号: 65204—2018

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T 5450—2018

蒸汽浓缩工艺用离心压缩机

Centrifugal compressor for vapour compression process

2018-10-22 发布

2019-04-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本规定	3
4.1 一般规定	3
4.2 规格参数	4
4.3 通用技术要求	6
4.4 材料	10
4.5 承压机壳	11
4.6 承压机壳接口	12
4.7 转动部件	13
4.8 动力性能	13
4.9 轴承和轴承箱	14
4.10 轴端密封	15
4.11 辅助设备	15
5 检验和试验	16
5.1 通则	16
5.2 试验	17
6 油漆、标志、包装和运输	18
6.1 油漆	18
6.2 标志	19
6.3 包装和运输	19
7 随机技术文件	20
附录 A (规范性附录) 蒸汽压缩机基本数据	21
附录 B (资料性附录) 供货范围	25
附录 C (规范性附录) 离心式蒸汽压缩机的检验和试验质量控制点	27
参考文献	32
图 1 叶轮典型结构	5
图 2 离心式蒸汽压缩机主要结构型式	6
表 1 冷却水系统的设计基本条件	8
表 2 工作场所噪声职业接触限值	10
表 3 铸造质量系数	11
表 4 承压机壳的最高允许工作压力	11
表 5 检验项目和顺序	18
表 C.1 蒸汽压缩机组的检验和试验项目	27

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则制定。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国化工机械与设备标准化技术委员会（SAC/T C429）归口。

本标准起草单位：浙江中机环保科技股份有限公司、安徽丰原集团有限公司、天华化工机械及自动化研究设计院有限公司、山东中能环保科技股份有限公司、安徽泰格生物技术股份有限公司。

本标准主要起草人：马德金、王仁和、杭玉宏、柯鲁靖、马杰、王绍明、王智健、陈中碧、任大成、杨志勇、高磊、纪燕飞。

蒸汽浓缩工艺用离心压缩机

1 范围

本标准规定了蒸汽浓缩工艺用离心压缩机及其辅助设备的基本规定、检验和试验、油漆、标志、包装和运输、随机技术文件。

本标准适用于对蒸发、蒸馏、浓缩、结晶及干燥等工艺过程中产生的二次蒸汽进行再压缩并使之返回加热系统且满足于密闭系统热量循环利用的单轴高速离心式蒸汽压缩机及整体齿轮增速组装型离心式压缩机。

本标准不适用于轴流式压缩机、膨胀机-压缩机。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 150.1 压力容器 第1部分：通用要求

GB/T 150.2 压力容器 第2部分：材料

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 699 优质碳素结构钢

GB/T 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 2624.4 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第4部分：文丘里管

GB/T 3620.1 钛及钛合金牌号和化学成分

GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB 3836.3 爆炸性环境 第3部分：由增安型“e”保护的的设备

GB 3836.14 爆炸性环境 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境

GB/T 8542 透平齿轮传动装置技术条件

GB/T 8740 铸造轴承合金锭

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 11120 涡轮机油

GB/T 13306 标牌

GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 16253 承压钢铸件

GB/T 19142 出口商品包装通则

GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分

GB/T 20972.1 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第1部分：选择抗裂纹材料的一般原则

GB/T 20972.3 石油天然气工业 油气开采中用于含硫化氢环境的材料 第3部分：抗开裂耐

蚀合金和其他合金

GB/T 23892.1 滑动轴承 稳态条件下流体动压可倾瓦块止推轴承 第1部分：可倾瓦块止推轴承的计算

GB/T 25137 钛及钛合金锻件

GB/T 25295 电气设备安全设计导则

GB/T 31184 离心式压缩机制造监理技术要求

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50160 石油化工企业设计防火规范

HG/T 2121 可倾瓦径向滑动轴承技术条件

HG/T 5224 蒸汽再压缩蒸发器

HG/T 20546 (所有部分) 化工装置设备布置设计规定

HG/T 20555 离心式压缩机基础设计规定

HG/T 20615 钢制管法兰 (Class 系列)

JB/T 4365 专用的润滑、轴密封和控制油系统

NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

SH/T 3043 石油化工设备管道钢结构表面色和标志规定

SH/T 3097 石油化工静电接地设计规范

SH/T 3171 石油化工挠性联轴器工程技术规范

SY/T 6651 石油、化学和气体工业用轴流和离心压缩机及膨胀机—压缩机

3 术语和定义

HG/T 5224 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

离心式蒸汽压缩机 centrifugal vapour compressor

离心式蒸汽压缩机是由定子、转子、轴端密封、轴承/齿轮箱、驱动电机以及底座等部件组成，通过转子高速旋转使蒸汽压力提高并输送蒸汽的机器。其主要性能参数为进出口流量、进出口压力与温度、转速和效率。

定子包括承压机壳、隔板、密封、进汽室和蜗室等部件，以及传动增速齿轮箱、驱动电机以及底座等配套件。

转子由主轴、叶轮、隔套、平衡盘、轴套和推力盘等零件构成。

轴承宜采用可倾瓦式，主轴支撑在轴承上并由原动机（一般为电动机、汽轮机、内燃机等）驱动而高速旋转。

叶轮的典型型式有闭式叶轮和半开式叶轮，闭式叶轮由叶片、轮盖和轮盘组成，半开式叶轮由叶片和轮盘组成。

蒸汽从高速旋转的叶轮中心沿轴向吸入，沿着叶片之间的通道流向叶轮外缘，沿径向排出。在离心力的作用下，蒸汽在通道中压力和速度得到提升后进入扩压器，随着蒸汽流速的降低压力进一步提升，蒸汽然后进入蜗室或者下一级继续压缩，最终排放出满足工艺使用要求的再压缩蒸汽。

3.2

临界转速 critical speed

转子轴承支撑系统处于共振状态下的轴转速，单位为转每分钟（r/min）。

3.3

压缩机温升 compressor temperature-rise

压缩机出口压力对应水蒸气饱和温度与其入口压力对应水蒸气饱和温度之差，单位为开（K）。

3.4

叶轮装配结构 impeller assembly structure

压缩机叶轮与高速轴的装配组合方式，一般有拉杆、端面齿、键配合或者不带键的过盈热装等方式。

3.5

水平剖分结构 horizontally split structure

压缩机机壳的剖分面处于安装位置的水平方向且平行于叶轮轴的轴心线。

3.6

隔离裕度 isolative margin

为了防止压缩机发生共振，在转子动力学设计与计算时，对于压缩机转子处于压缩机最高连续转速和最低允许转速之间的某一工作转速，其转速与转子某一阶段临界转速应有一定的范围，即为该机隔离裕度。隔离裕度的设定范围用最高连续转速或最低允许转速的百分数表示，单位为量纲为1的量。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 承揽方应当与定做方充分沟通，明确满足离心式蒸汽压缩机设计的必要条件。

设计条件应至少涵盖下列内容：

- a) 二次蒸汽介质组分及各单一组分蒸气介质特性（包括蒸气介质分子量、黏度、腐蚀性、易燃易爆性、毒性等）；
- b) 与二次蒸汽介质有关的工艺设计参数（包括压缩机入口标态流量、入口压力、入口温度、压缩机温升以及压缩机出口蒸汽压力、出口蒸汽温度等）；
- c) 按照 HG/T 5224 有关条款的规定，通过计算明确满足二次蒸汽发生装置（如蒸发、蒸馏、浓缩、结晶、干燥等）使用再压缩蒸汽的有关参数；
- d) 蒸汽压缩机使用地及自然条件（包括区域分类、安装条件、环境温度范围、抗震设防烈度、海拔高度、风载荷、雪载荷等）；
- e) 满足蒸汽压缩机运行的公用工程条件（如系统供电的电压、频率、相位及可以提供的功率范围，润滑油和密封油的质量等级，密封系统使用缓冲气时所用气体的化学成分、压力、流量及过滤精度，仪表用空气的压力范围及流量等）；
- f) 压缩机的运行方式，包括是否配备变频器、压缩机启停机频次、单次开机最长运行时间和最短运行时间等；
- g) 设计需要的其他必要条件（如冷却水系统等）。

4.1.2 承揽方应依据 4.1.1 给定的设计条件编制与二次蒸汽发生装置配套的蒸汽压缩机详细技术方

案（应作为合同技术条款的重要依据之一）。

该方案应至少包括下列要素：

- a) 项目概况；
- b) 同类产品应用业绩或首次设计时应给出可靠性论证方案；
- c) 蒸汽压缩机组的设计概要（如引用的设计标准与规范，针对蒸汽介质特性的设计计算与工艺特点描述，主要零部件、仪表电气、安装材料等的选材或选型及合理性分析，制作加工能力及质量控制措施描述，检验和试验装置及能力描述，职业卫生危害控制措施等）；
- d) 全套系统（将二次蒸汽发生装置与蒸汽压缩机组作为一个完整的闭路系统考虑）的物料平衡及热量平衡分析与计算大纲；
- e) 蒸汽压缩机组设计参数应符合附录 A 的要求，明确满足工艺设计条件的最低技术保证措施；
- f) 蒸汽压缩机组（如合同约定包括全套闭路系统时，应包含二次蒸汽发生装置）带自控点的工艺流程图；
- g) 分工序描述上下游工艺设计接口及对应的零部件、仪表电气、安装材料一览表（包括工序编号，零部件、仪表电气、安装材料分项序号，对应的技术规格与参数、执行标准与规范、数量，标明对应的自制件或外购件及其供应商名称等）；
- h) 明确供货范围（参见附录 B）；
- i) 关键零部件的制作与组装工艺及检验和试验要求；
- j) 蒸汽压缩机组安装平台布置条件图及安装、调试、试运行与验收要求；
- k) 蒸汽压缩机组全过程检验和试验方案应符合附录 C 的要求；
- l) 承揽方与定做方的协作分工内容。

4.1.3 承揽方应履行合同供货范围内所包括的所有设备及其辅助设施的全部责任，设备应能在所有规定条件下运行。

4.1.4 蒸汽压缩机及其辅助设备的设计和制造应满足规定的环境条件下的启动，设计寿命不低于 20 a（不包括易损件），预期不间断连续运行时间不低于 5 a。

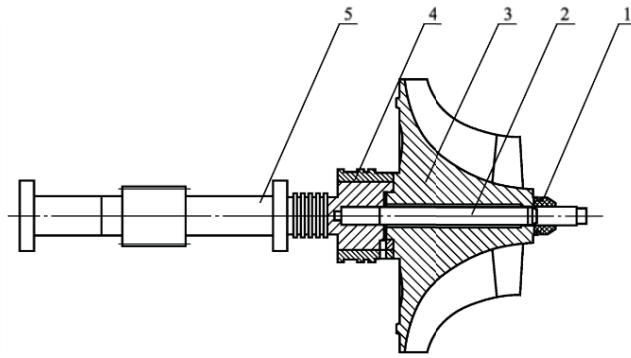
4.1.5 蒸汽压缩机组的设计和运行还应满足定做方所在地颁发的有关安全、环保、职业卫生危害等强制性规定或遵守合同约定的设计与验收准则。

4.1.6 蒸汽压缩机组的设计、制造、安装、运行和维护应满足设计的先进合理性、制造与维护的便捷性、运行的安全可靠性和投资的经济性，整套机组应配备可靠的智能化和自动化配置。

4.2 规格参数

4.2.1 为满足蒸汽浓缩工况的要求，离心式蒸汽压缩机的规格参数应至少包括下列要素：

- a) 离心式蒸汽压缩机的入口压力为二次蒸汽的饱和压力，出口压力（表压）应满足定做方的工艺要求；
- b) 离心式蒸汽压缩机入口质量流量宜不大于 180 000 kg/h；
- c) 离心式蒸汽压缩机叶轮的直径宜不大于 1 200 mm，在条件允许的情况下宜采用径向叶轮，叶轮典型结构见图 1；
- d) 每压缩 1 000 kg 二次饱和水蒸气，离心式蒸汽压缩机温升低于 8 ℃ 时其功率消耗不大于 25 kW·h，温升低于 16 ℃ 时对应的功率消耗不大于 45 kW·h；
- e) 有机溶剂蒸气或具有易燃易爆特性蒸汽的能耗应符合工艺设计的要求。

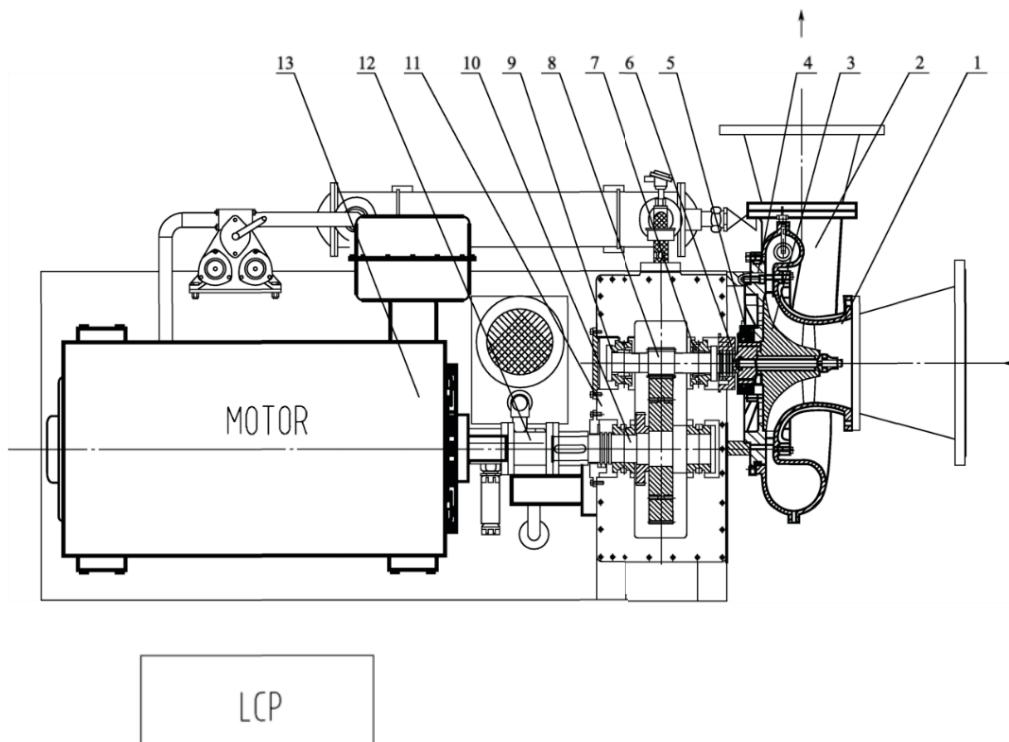


说明：

- 1——锁紧螺母；
- 2——拉杆；
- 3——叶轮；
- 4——轴套；
- 5——高速轴。

图 1 叶轮典型结构

4.2.2 离心式蒸汽压缩机主要结构型式见图 2。



说明：

- 1——叶轮罩壳承压机壳；
- 2——排气蜗壳承压机壳接口（含接管）；
- 3——压气叶轮主轴；
- 4——扩压器轴套；
- 5——轴套及密封叶轮；
- 6——高速轴油封扩压器；
- 7——轴承平衡块；
- 8——高速齿轮轴推力环；
- 9——推力盘轴承箱；
- 10——低速齿轮轴轴承；
- 11——齿轮箱箱体轴端密封；
- 12——膜片式联轴器变速齿轮箱；
- 13——驱动系统（电机）；

LCP——自控系统（仪表电气接线柜）。

图 2 离心式蒸汽压缩机主要结构型式

4.3 通用技术要求

4.3.1 经过铸造、锻造、焊接或机械加工的零部件外表面应无锈、无垢、无裂纹等缺陷；涂漆表面应保持色泽一致、涂层均匀，且应能够防止盐雾、油雾及凝露等的腐蚀；零部件及全套设备组装后的外观质量还应符合设计文件的要求。

4.3.2 蒸汽压缩机机械加工件非配合面的尺寸公差应符合 GB/T 1804 中 m 级的规定，其配合面的尺寸公差、形位公差、配合间隙等应符合设计文件的要求。

4.3.3 主要零部件（如机壳、转动系统、轴承箱等）的设计和制造应符合本标准有关条款的规定，在零件组装和现场安装时应满足精准的对中要求（如设置凸台、定位销或键等）。

4.3.4 承揽方应确定离心式蒸汽压缩机入口质量流量-压比的特性曲线，明确预期的喘振极限、预期的流量极限、正常转速、100 %转速（满足规定工况点所要求的最高转速）、额定运行点（在 100 %转速曲线上所有规定的运行点对应于最大流量的运行点）、变频电机驱动时的最高连续转速、临界转速、最低连续运行转速、入口容积流量稳定运行范围、最低入口容积流量限值等。

4.3.5 预期具有最佳效率的正常运行点工况下的性能偏差应满足下列条件：

- 离心式蒸汽压缩机设计参数应满足额定工况（100 %转速曲线）下对应的入口蒸汽压力、入口容积流量、蒸汽出口压力和运行功率；
- 在额定工况下预计喘振极限值的确定，宜采用工程经验法限定蒸汽入口容积流量，或依据防喘振线控制方程计算后调整蒸汽入口流量与蒸汽排汽压力；
- 在额定工况下，入口容积流量-压比的特性曲线从额定点到预计喘振极限值呈连续上升趋势，上升幅度宜不小于额定压力的 5 %，且在离心式蒸汽压缩机未设置旁通的情形下能够在大于喘振极限值所限定的入口容积流量的 1.1 倍的任一流量下连续稳定运行；
- 在离心式蒸汽压缩机入口法兰处测得的蒸汽入口容积流量符合设计预订值范围和满足预期具有最佳效率的正常运行点的工况条件下，蒸汽压缩机的出口压力不得有负偏差，运行功率应不超过设计预定值的 104 %。

4.3.6 承揽方应明确蒸汽压缩机最低连续运行转速和最高连续运行转速。对于变频电机驱动的离心式蒸汽压缩机，最高连续运行转速是额定转速的 105 %；对于固定转速电机驱动的离心式蒸汽压缩机，最高连续转速为该电机的同步转速。

对于最低连续运行转速应考虑下列要素：

- 在转子-轴承支撑系统运转时发生共振条件必要条件为放大系数（AF）应不小于 2.5（此时轴的旋转速度为临界转速），临界转速和相关联的放大系数（AF）由转子阻尼不平衡响应分析确定。根据转速与振幅对应的测定值或自动绘制的图谱，转子第一阶临界转速（即第一个振幅曲线上最大振幅值对应的转子转速）对应的放大系数（AF）按公式（1）计算。

$$AF = \frac{N_{cl}}{N_2 - N_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

AF——放大系数；

N_{cl} ——与中心频率对应的转子第一阶临界转速的数值，单位为转每分钟（r/min）；

N_2 ——与初始（较高的）临界振幅峰值的 0.707 倍相对应的转速的数值，单位为转每分钟（r/min）；

N_1 ——与初始（较低的）临界振幅峰值的 0.707 倍相对应的转速的数值，单位为转每分钟（r/min）。

- 如果某一临界转速的放大系数（AF）小于 2.5，转子阻尼不平衡响应分析处于临界阻尼状态，则转子第一阶临界转速为蒸汽压缩机组最低连续运行允许转速（即运行稳定范围之间的压缩机组最低入口容积流量对应的最低连续运行允许转速），可不要求设定隔离裕度（SM）。
- 如果某一临界转速的放大系数（AF）不小于 2.5，则先设定运转范围（最高连续运行转速和最低连续运行允许转速之间的转速范围值）的最低连续运行允许转速与转子某一阶临界转速的差值为隔离裕度（此种情形下的 SM 为最低连续运行转速的百分数），该值应不小于

按公式 (2) 的计算值或 16，取二者中的较小值。

$$SM = 17 \times \left(1 - \frac{1}{AF - 1.5}\right) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

SM——隔离裕度的数值，单位为量纲为 1 的量。

- d) 如果在某一具体转速上的 AF 不小于 2.5 且对应的临界转速高于最高连续转速，此种情形下的 SM（也即最高连续转速的百分数）应不小于按公式 (3) 的计算值或 26，取二者中的较小值。

$$SM = 10 + 17 \times \left(1 - \frac{1}{AF - 1.5}\right) \dots\dots\dots (3)$$

4.3.7 转子组装后机械运转试验时的振幅限值应符合下列规定：

- a) 用经过平衡后的转子装配的压缩机组，在最高连续运行转速或设计规定的运转速度范围内的任何运行速度下，在靠近每个径向轴承的任意平面上测得的未滤波的真实峰-峰振幅应不超过 25 μm 或按公式 (4) 的计算值，且以两者之间的最小值为限值。

$$A = 25.4 \times \sqrt{\frac{12\,000}{N}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

A——未滤波的振动幅值（真实的峰-峰值）的数值，单位为微米（μm）；

N——最高连续运行转速的数值，单位为转每分钟（r/min）。

- b) 在最高连续运行转速与跳闸速度之间运行时，振幅限值应不超过最高连续运行转速时显示的 12.7 μm。

4.3.8 冷却、密封气系统应按照用户提供的公用工程条件设计。

冷却系统应满足下列条件：

- a) 冷却水系统的设计基本条件应满足表 1 的要求，离心式蒸汽压缩机组应设置放空和排净设施；

表 1 冷却水系统的设计基本条件

设计指标	技术要求
冷却水在热交换器表面流速/(m/s)	1.5~2.5
最大允许工作压力(MAWP)/MPa	≥0.7
耐压试验压力(1.5 倍的 MAWP)/MPa	≥1.05
最大压降/MPa	0.10
最高入口温度/℃	30.0
最高出口温度/℃	50.0
最大温升/℃	20.0
最小温升/℃	10.0
水侧的污垢系数/(m ² ·K/kW)	0.35
壳体腐蚀裕量/mm	3.0
轴承座的最低入口温度/℃	宜高于环境自然温度
注：确立冷却水在热交换器表面流速的准则旨在最大限度减少水侧结垢；确立最小温升的准则旨在最大限度减少冷却水用量。	

- b) 采用气体冷却器时, 最小温升应不低于 8℃;
- c) 采用油冷却器时, 最小温升应不低于 4℃;
- d) 冷却系统应有完整的放空和排污设施。

4.3.9 蒸汽压缩机组润滑油和密封油系统设计时, 应至少考虑下列因素:

- a) 同一套蒸汽压缩机组宜设置一套公共润滑联合油站系统, 该系统至少包括 1 台带有入口过滤器的油泵 (常规配备 2 台泵, 保持 1 开 1 备的状态)、1 台油冷却器、1 台全流量油过滤器、1 个油压过低保护装置、油箱 (包括高位油箱)、必需的供油及回油管路和仪表自控系统, 该系统的设计宜参照 JB/T 4365 的有关规定;
- b) 每台油泵入口均装有两组润滑油过滤网和两组控制油过滤网, 其压差应不大于 0.15 MPa;
- c) 主油泵出口压力一般不宜低于 0.5 MPa 且经过减压后注入轴承内, 当主油泵的出口压力低于设计值 (如通常设定值为 0.15 MPa) 时系统报警且启动辅助油泵, 当润滑油油压低于设定的油压范围 (通常为 0.098 MPa~0.196 MPa) 时油压过低保护装置应能够有效运转且高位油箱的储油量应充分满足紧急停车的持续用油需要;
- d) 油箱的容积应保证润滑油在油箱中停留时间不低于 5 min, 且应装设液位计、油箱低液位报警开关、就地温度计及进出口管路等;
- e) 置于油泵出口处的润滑油冷却器应满足进入润滑点的油温在 35℃~45℃的要求且宜设置备用冷却器及旁路连通, 在油冷却器出口管路上装设润滑油温度检测仪且冷却器的冷却能力可以满足回流的油温为常温的要求;
- f) 润滑油的选用应综合考虑蒸汽介质的特性、温度、压力等参数且满足轴承的工作温度应不高于 60℃的要求, 对于压缩蒸汽为水蒸气 (可能含有部分有机溶剂蒸气且不具有易燃或易爆可能性) 时宜选用 L-TSE 32 汽轮机油 (A 级) (GB 11120) 和 L-TSE 46 汽轮机油 (A 级) (GB 11120), 对于蒸汽介质具有易燃易爆特性时应优先选用磷酸酯型难燃油品 (该类油中的抗磨剂不应使用二烷基二硫代磷酸锌), 润滑油和密封油的技术规格应按照 GB 11120 的规定且宜选用 L-TSE 32 汽轮机油 (A 级);
- g) 润滑联合油站系统应配备轴承温度高报警, 轴承温度高停机, 调节油压、润滑油压低报警、联锁停机, 油箱低液位报警等监控设施, 且应配置润滑油温度、油箱液位、轴承温度、调节油压、润滑油压、油冷却器温度、油过滤器压差、油泵流量、油泵出口压力等在线显示仪表 (为满足远程监控需要时, 可以将此类数据传输至计算机信息系统) 或轴承回油线视窗等观察装置。

4.3.10 蒸汽压缩机组的布置应符合 HG/T 20546 的规定。对于具有易燃易爆特性的蒸汽机组布置还应符合 GB 50016、GB 50160 的规定, 且电气设备、电气元件、仪表等应满足 GB 3836.1、GB 3836.3、GB 3836.14、GB/T 25295、SH/T 3097 的规定。

4.3.11 对于具有易燃易爆特性的蒸汽压缩机组, 应配备满足试运行、停车前及重新开车前的惰性气体 (如氮气或氦气) 置换要求的装置。

4.3.12 距离蒸汽压缩机组任意表面的 1 m 处总体噪声 (A 声压级) 应不超过表 2 的规定。

表 2 工作场所噪声职业接触限值

日接触噪声时间/h	噪声职业接触限值/dB(A)
≤8	85
≤4	88
≤2	91
≤1	94
≤0.5	97

4.3.13 蒸汽压缩机组不应在跳闸速度和允许的最大压力运行条件下发生损坏。

4.4 材料

4.4.1 承揽方应提供材料技术规格，该资料中包括零部件名称、技术规格、加工成型方式、执行的标准或规程；如无对应的标准或规程，应标明材料的化学成分、材料的物理性能、试验和复验要求等。

4.4.2 离心式蒸汽压缩机组结构材料的选用、加工成型及安装等应遵守下列基本准则：

- a) 承压机壳宜选用不锈钢铸件，铸件质量应满足 GB/T 16253 的有关规定，对表面粗糙度有要求的宜选用焊接件，材料牌号的选用应根据 4.1.1 确定的压缩介质特性选择，一般建议耐腐蚀等级不低于 316 L；
- b) 主轴（高速轴和低速轴）的选材和加工制造标准应满足 GB/T 8542 的有关规定；
- c) 叶轮一般为半开式叶轮或闭式叶轮，材料宜选用符合 GB/T 20878 规定的沉淀硬化型不锈钢（如牌号 05Cr17Ni4Cu4Nb）、奥氏体-铁素体型不锈钢（如牌号 022Cr22Ni5Mo3N）或符合 GB/T 3620.1 规定的 TC 系列钛合金牌号；
- d) 扩压器宜选用整体锻制且经过铣制加工成型，也可将叶片与轮盘分别锻制加工后采用焊接组装的双相不锈钢或钛合金；
- e) 轴套应采用与主轴材料物理性能接近的耐腐蚀合金钢；
- f) 安装底板宜采用整体铸件，如受运输条件限制（如公称长度超过 12 000 mm 或公称宽度超过 4 000 mm）也可采用分段焊接钢制构件，焊后应消除应力，材料的强度与刚度应满足设计与使用要求；
- g) 用于输送润滑油、密封油、密封冲洗和干气密封的钢管应选用符合 GB/T 13296 规定的 S30403（022Cr19Ni10）、S30408（06Cr19Ni10）、S31608（06Cr17Ni12Mo2）、S31603（022Cr17Ni12Mo2）等不锈钢材料；
- h) 输送蒸汽的管道应选用与蒸汽操作条件相适应的材料；
- i) 对于易燃易爆蒸汽介质场合应选用耐高压条件的 O 形圈。

4.4.3 蒸汽压缩机组与蒸汽介质接触的过流部件材料选用时，应遵循下列限制性条款：

- a) 当蒸汽介质中存在氯化物时，与蒸汽介质接触的过流部件材料不宜采用铝或奥氏体不锈钢；
- b) 当蒸汽介质中存在乙炔等会形成爆炸性铜化合物时，与蒸汽介质接触的过流部件材料不得采用铜或铜合金制造；
- c) 与酸性环境或湿硫化氢接触的材料应符合 GB/T 20972.1 的有关规定，选用抗开裂耐蚀合金或其他合金时还应符合 GB/T 20972.3 的有关规定；
- d) 输送有毒、易燃易爆蒸汽介质时，承压机壳、叶轮、轴、轴套、扩压器不得采用铸铁材料；

- e) 输送水蒸气且设计采用铸铁材料时，设计温度不超过 230 ℃，设计压力不超过 1.1 MPa，且不宜采用灰铸铁；
- f) 垫片、密封圈不得采用含石棉的材料。

4.4.4 叶轮、轴、轴套、扩压器、承压机壳等锻件材料应符合下列规定：

- a) 采用不锈钢和耐热钢等高合金钢锻件时，锻件应由经过炉外精炼的钢坯锻制而成；
- b) 钢锻件的级别应不低于 NB/T 47010 中Ⅲ级的规定；
- c) 对于采用钛及钛合金的半开式整体叶轮、扩压器的叶片及轮盘、设计文件规定选用的其他零部件的钛及钛合金锻件，其材料牌号和质量要求应符合 GB/T 25137 的规定；
- d) 钛及钛合金锻件的设计温度应不高于 315 ℃，用于承压壳体时应在退火状态下使用。

4.5 承压机壳

4.5.1 对于承压机壳的设计（不包括螺栓），在允许的工作温度范围内，其壳体的计算厚度应满足最高允许工作压力（MAWP）和液压试验压力的要求，材料许用应力值应满足 GB/T 150.2 的规定。对于铸造材料，其许用应力值为对应于 GB/T 150.2 规定的材料许用应力值乘以铸造质量系数，该系数见表 3。

表 3 铸造质量系数

无损检测类型	铸造质量系数
目测、磁粉、渗透检查	0.8
射线、照相法	0.9
超声波	0.9
100 %射线法	1.0

4.5.2 承压壳体的设计厚度为计算厚度与腐蚀裕量之和，且腐蚀裕量应不小于 3 mm。

4.5.3 承压机壳的最高允许工作压力应符合表 4 的规定，且应与相邻的法兰压力等级相匹配。

表 4 承压机壳的最高允许工作压力

类 型	最高允许工作压力
无超压泄放装置	应不小于蒸汽压缩机最高出口压力+10 %出入口压差，或不小于蒸汽压缩机在跳闸转速及所有恶劣的工况下可能产生的最大出口压力（表压）的 1.25 倍，两者取较大值。
有超压泄放装置	装设安全阀时，应为安全阀整定压力的 1.0 倍~1.1 倍；选用爆破片或爆破片与安全阀组合装置时，应符合 GB/T 150.1 的规定。

4.5.4 承压机壳的最高（最低）允许工作温度的确定：

- a) 承压机壳的最低允许工作温度宜按机组安装场地的历年自然环境月平均最低气温的最低值取；
- b) 承压机壳的最高允许工作温度是由机壳材料、与壳体配套的垫圈或○形圈材料的性能决定的，比较最高预期工作温度和正常工作情况下设定的机壳金属温度（或设计温度）加上 10 ℃，取两者中的较高者；
- c) 承压机壳设计温度的确定应符合 GB/T 150.1 的规定；
- d) 承压机壳以及与之连接的进出蒸汽管道宜采取保温措施。

4.5.5 对于不含腐蚀性介质的饱和水蒸气，承压机壳材料应与产生二次蒸汽装置（如蒸发器、蒸馏器或管壳式热交换器等）的材质相匹配，材料选型应取决于法兰等级。

4.5.6 对于有毒、易燃易爆介质的蒸汽，承压机壳材料应选用铸钢（对与食品、医药等加工配套的一体装置，宜选用不锈钢材质），材料牌号和质量要求应符合 GB/T 16253 的规定。

4.5.7 离心式蒸汽压缩机的机壳宜采用轴向剖分机壳，且应满足下列要求：

- a) 机壳之间不应使用垫片，应采用金属对金属的联结（接合面之间可以涂敷适宜的黏结剂），且用螺栓紧固；
- b) 轴向剖分机壳的水平结合面加工精度，在自由状态下间隙应不大于 0.08 mm；
- c) 对于处理有毒、易燃易爆介质的蒸汽，不宜采用轴向剖分结构。

4.5.8 承压机壳的螺栓联结件应满足下列要求：

- a) 对于承压机壳的连接螺栓宜采用公制螺纹，其允许拉伸应力可根据承压机壳的最高允许工作压力、液压试验压力和垫片预载荷决定螺栓有效截面积，采用预紧措施时的预紧力应小于螺栓材料最小屈服强度的 75 %；
- b) 在螺栓孔及机壳连接部分的结合面应充分设定腐蚀裕量；
- c) 在双头螺栓和螺栓孔的间隙处，不应采取填料密封；
- d) 对于轴向剖分机壳的上半部机壳，应设置吊环或吊环螺栓。

4.5.9 承压机壳的支座应垂直于底座，支座上应设置垂直方向的顶丝并配备引导孔，垂直方向的调整垫应采用不锈钢材料。

4.6 承压机壳接口

4.6.1 接口法兰应符合 HG/T 20615 的规定。

4.6.2 承压机壳上与管子连接的开孔应不小于 DN 20，不应采用 DN 32、DN 65、DN 90、DN 125、DN 175 和 DN 225 的公称管径。

4.6.3 承压机壳的辅助管线接口至少包括排气、排水、排液、水冷、冲洗、缓冲气、润滑油和密封油等，应符合以下规定：

- a) 辅助管线接口允许采用锥形管螺纹连接，焊接在机壳上的直管段长度应不超过 150 mm；
- b) 对于润滑油、密封油、干气密封的管线，应选用适宜于集渣的对焊法兰连接，其余情形的螺纹管接头应具有焊接管颈、承插焊接或滑动的法兰；
- c) 不要求与管子连接的螺孔应安装钢制实心圆头丝堵；
- d) 与螺纹连接时采用的螺纹润滑剂应与水蒸气或有机溶剂蒸气的介质相适宜，不允许采用塑料材质丝堵和螺纹密封带。

4.6.4 承压机壳的主管线接口包括蒸汽进出口、侧线接口和中间冷却接口，应符合下列规定：

- a) 接口用法兰或加工成平面后用螺栓连接；
- b) 径向剖分机壳上的进出口管线接口允许布置在端盖上，轴向剖分机壳的进出口管线接口不应布置在端盖上（应布置在机壳直筒体的外壳适宜部位）；
- c) 法兰螺栓圆与法兰孔应有足够的同心度并确保垫片位置准确，常温下最大压力等级应不低于 5 MPa；
- d) 法兰背面应为全加工面或镗面。

4.7 转动部件

4.7.1 与其他零部件接触或摩擦的经过滚压的轴表面应抛光或研磨处理，由带有电信号的径向振动探头检测的涡流传感部位的表面粗糙度 $Ra \leq 1.0 \mu\text{m}$ 。

4.7.2 由几何形状变动产生的应力集中区域（如叶轮与轮盘的相交线、轴变径处、键槽），设计时应给出适宜的限制应力集中系数的过渡圆角值。

4.7.3 转动部件的主轴、叶轮、联轴器、齿轮、平衡轮盘等部件的平衡品质分级应符合 GB/T 9239.1 的 G1 级。

4.7.4 采用推力环时，应符合下列规定：

- a) 应提供整体的推力环，除非设计时另有规定；
- b) 推力环的总厚度应至少留有 3 mm 的且用于维修更换时的再加工裕量；
- c) 推力环与轴的装配应采用加热套合方式；
- d) 推力环两端的表面粗糙度 Ra 应不大于 $0.4 \mu\text{m}$ ，任一侧推力环表面的轴向全跳动量值应不超过 $13 \mu\text{m}$ 。

4.7.5 平衡轮盘应采取热套方式安装在轴上，不应采用焊接方式固定。

4.7.6 离心式蒸汽压缩机的叶轮材料不宜采用焊接件、铆接件和铸件，应采用整体锻件，且经过铣制后的每个叶轮应标识专用的编号。

4.7.7 对于单进风的悬挂式叶轮、涡轮叶片、叶轮轴的材质、加工、结构型式等还应满足 HG/T 5224 的基本要求。

4.7.8 转动部件退磁后的残余电磁应不超过 0.0005 T 。

4.8 动力性能

4.8.1 设计计算时，应按照相关标准或规范充分分析下列要素：

- a) 转动部件-轴承系统的激振源；
- b) 通过无阻尼分析确定无阻尼临界转速；
- c) 构成转动部件-轴承-支撑系统阻尼不平衡响应的基本要素和对应的验证值；
- d) 临界转速及其相关联的放大系数；
- e) 配置滚动轴承时，分析轴承的刚度和阻尼值；
- f) 低于跳闸速度的转动部件的临界转速；
- g) I 级稳定性分析；
- h) II 级稳定性分析；
- i) 扭振分析；
- j) 振动与平衡；
- k) 其他必要的动力性能数据。

4.8.2 离心式蒸汽压缩机分析与计算模型、动力性能控制指标、验收准则等应符合 SY/T 6651 的规定；离心式蒸汽压缩机的轴功率应在额定运行工况下测试，其测定的轴功率值应不高于设计文件规定的数值。

4.9 轴承和轴承箱

4.9.1 离心式蒸汽压缩机的轴承应采用流体动压的可倾瓦径向滑动轴承和米契尔型轴承或金斯伯雷型推力轴承。

4.9.2 可倾瓦径向滑动轴承宜采用便于装配的中分面的套筒式结构，应符合下列规定：

- a) 轴承瓦的基体材料可选用符合 GB/T 699 规定的化学成分、力学性能的 U20102 (10 钢)、U20152 (15 钢) 或 U20252 (25 钢) 锻造钢坯且应经正火处理；
- b) 轴承合金可采用离心浇铸法将巴比特 (或巴氏) 合金与轴瓦基体材料进行熔合，所选用的巴比特合金化学成分及物理性能应符合 GB/T 8740 的规定；
- c) 轴承应经过精密镗孔，加工精度应符合设计文件要求；
- d) 轴承应配置防止转动的销钉和轴向定位；
- e) 轴承应满足在更换轴衬、轴瓦或外壳时无须拆卸联轴器的要求；
- f) 轴承的精度、表面粗糙度及检验方法与规则应符合 HG/T 2121 的规定。

4.9.3 可倾瓦推力轴承应为具有钢衬浇注巴比特合金的多瓦块型液压轴承，应符合下列规定：

- a) 设计计算应符合 GB/T 23892.1 的规定，且具有满足调整转子相对于承压机壳相对位置和轴承间隙的设计条件；
- b) 应设计成在两个方向具有相同的止推能力，每侧均配备具有连续压力的润滑油；
- c) 载荷应不大于轴承制造商给定的极限载荷额定值的 50 %，极限载荷额定值应取下列两种情形的最小值：连续运行无故障时出现最小允许油膜厚度下的载荷值，或者瓦块的巴比特合金最高温度区域不超过其蠕变开始点强度或屈服点强度时的载荷值；
- d) 确定尺寸时，应至少考虑叶轮转速、瓦块材料、巴比特合金及其最高允许温度、轴承瓦块的挠度、最小油膜厚度、油膜涡动、供油参数 (供油量、油黏度、油入口温度、油出口温度、油压等)。

4.9.4 轴承应安装在整体轴承箱内，且在轴穿过轴承箱之处应设置可更换的迷宫式轴端密封和挡油环，不应采用唇式密封；密封和挡油环应采用不起火花材料，且满足密封的条件。

4.9.5 轴承箱应设计成产生的泡沫最少、排油系统应使油位和泡沫面低于轴端密封；油路管线及密封油系统应参照 API Std 614-2008 中第 1 部分“一般要求”和第 2 部分“特殊用途油系统”的规定。

4.9.6 在规定的最不利条件下，通过轴承和轴承箱的油温升高应不超过 28℃，轴承出口油温应不超过 80℃ (当轴承的入口油温超过 50℃ 时，应对轴承的材质、润滑油的型号及其允许的温升做出可靠性调整)。

4.9.7 轴承座及轴承座支架不宜选用铸铁材质。

4.9.8 蒸汽压缩机两侧轴承箱的轴中心线上方应设置对中用的测试基准平面。

4.9.9 在蒸汽压缩机与驱动机之间的轴承箱上，应按照下列规定安装测量与运行监测探头：

- a) 每个轴承箱应安装 2 只互相垂直的径向位移振动探头；
- b) 每个推力轴承上应安装不少于 2 个轴位移探头；
- c) 在驱动机上应安装 1 只键相位器，对于变速齿轮箱还应在高速轴上和低速轴上分别安装 1 只；
- d) 采用变速驱动时，在驱动机上应安装不少于 2 只转速测量探头。

4.10 轴端密封

4.10.1 轴端密封的设计和型式选用应按照下列原则：

- a) 轴端密封的设计和选型应从被压缩的工艺气体介质特性、压缩比、叶轮的转速、工艺要求、运行的安全性、维护的方便性、投资与运行的经济性等方面确定适宜型式；
- b) 当被压缩的工艺气体为水蒸气或无毒蒸汽时，宜采用迷宫式密封结构，且辅助密封介质宜用外部蒸汽；
- c) 当被压缩的工艺气体为有毒、易燃易爆介质的蒸汽且采用迷宫式密封结构时，应采用充入惰性气体的辅助密封介质且惰性气体的压力不低于工艺气体的压力，如果工艺气体不允许与惰性气体混合，则可采用抽气式迷宫密封且将抽出的气体引入安全储存或配套处理的装置；
- d) 当被压缩的工艺气体为有毒、易燃易爆介质的蒸汽时，在所有规定的运行条件下（包括设备启动运行和停机），轴端密封应至少满足蒸汽压缩机安全增压及蒸汽压缩机操作压力的迅速下降、工艺气体不得由蒸汽压缩机内部向外部泄漏或设定的泄漏量限值、在蒸汽压缩机启动之前投入运行等条件，最高密封压力应不低于滞留压力，且宜从机械密封、浮环密封、干气密封等密封型式中选取适宜的轴端密封；
- e) 当被压缩的蒸汽不允许被油污染时应采用干气密封，对于使用在有毒或易燃易爆的工艺气体场合应采取隔离密封装置；
- f) 对于具有强腐蚀性的工艺气体，与该工艺气体可能接触的动环等部件应采用耐腐蚀材料或内衬非金属材料（如石墨）等；
- g) 必要时，可采取各种密封型式的有效组合方式。

4.10.2 离心式蒸汽压缩机应配备独立的密封油系统和润滑油系统，应考虑当两个系统均发生故障时的特殊保安措施，两个系统的设计应符合 JB/T 4365 的规定。

4.10.3 采用轴端油密封时，密封油的选用应符合 GB 11120 的规定，密封油的内泄漏应引入独立的排放口，且单个轴端密封的泄漏量应不大于所有轴端密封总的预期泄漏量的 70 %。

4.10.4 采用轴端干气密封时，应采用经过过滤的且高于大气压力的惰性气体，过滤精度不低于 $5\ \mu\text{m}$ 。

4.10.5 在不拆卸轴向剖分的上机壳或径向剖分的端盖的情形下，轴端密封和轴套应便于检查和更换。

4.11 辅助设备

4.11.1 驱动机的设计和选型至少应符合下列基本原则：

- a) 宜选用变频调速电机，其规格应满足规定的工艺参数（如蒸汽压缩机的启动条件、蒸汽介质的易燃易爆特性、被压缩蒸汽的最高温度及其对应的压力与流量等）；
- b) 变频调速电机额定功率的设计值应不低于在任意规定的运行情况下的 1.1 倍的蒸汽压缩机最大功率值；
- c) 启动电压宜为正常电压的 80 %，且变频电机的输出扭矩应满足蒸汽压缩机的扭矩要求；
- d) 对于被压缩的蒸汽为易燃易爆介质时，应选用增安型高压三相异步电动机，电动机的防爆性能应符合 GB 3836.1、GB 3836.3、GB 3836.14 的规定，电动机的基本要求应符合 GB/T 755 的规定。

4.11.2 联轴器和护罩的设计和选型应符合 SH/T 3171 的规定。

4.11.3 离心式蒸汽压缩机和电动机应安装在公用底座上，且至少应满足下列条件：

- a) 公用底座宜为整体钢制构件，当尺寸超大（如公称长度大于 12 m 或公称宽度超过 4 m）而不能满足装运条件且需要分块制作与组装时其配合表面应经过机械加工和配置适宜的定位装置（如销钉定位）；
- b) 公用底座与蒸汽压缩机和电动机的安装结合面应经过机械加工，其表面粗糙度应不大于 $6.3\ \mu\text{m}$ 和任意方向的 300 mm 直线范围内安装表面的平面度误差应不大于 $12\ \mu\text{m}$ ；
- c) 公用底座上应安装垂直于安装平面、平行于安装平面的相互构成 90° 的 3 个方向的调整螺钉，垂直于安装平面的调整螺钉应安装在地脚螺钉附近；
- d) 公用底座上应配置调节水平用的凸台或水平仪，且设有可拆卸的防护盖；
- e) 公用底座上应设置不少于 4 个起吊点，且配置吊耳；
- f) 当公用底座安装在混凝土基础上时，应符合 HG/T 20555 的规定。

4.11.4 自动控制系统及电气仪表的设计应至少符合下列原则：

- a) 自动控制系统应充分满足蒸汽压缩机特性数据表中控制系统部分规定的控制点设置要求，该控制点应涵盖满足启动、停机、报警和正常运行所规定的控制技术条件（如控制点类别、控制点参数限值、参数灵敏度、控制信号源种类、控制方法、控制设施、安装要求等）；
- b) 除非另有规定，所有控制装置和仪表应适应于室外安装，所有导线管、铠装电缆及其支撑件的安装位置的设计应满足方便拆卸且不妨碍蒸汽压缩机的轴承、密封及内部零部件的维护性拆卸和安装的要求；
- c) 仪器仪表、电气系统的设计应符合 JB/T 4365 的有关规定；
- d) 对于转速大于 3 000 r/min、功率大于 1 000 kW 的压缩机的振动测试宜采用 X、Y 方向位移探头及相位探头，其他情形下的机组振动、轴位移、相位、压力、液位和温度监测系统的设计参照 API Std 670-2014 的规定。

4.11.5 辅助系统和附件的设计应按照下列规定：

- a) 满足仪表用气体、控制用气体、润滑油、液压控制油、密封油、冷却水、排液口、平衡气、标准气、缓冲气、放空、放净、冲洗等用途的辅助管路系统，应包括管道、管件、阀门、法兰、垫片、螺栓和螺母及其法兰之间的跨接线（设计认为必要时，或当管路系统的流体具有易燃易爆特性而应消除静电电荷积聚时），附件应包括过滤器、压力表、差压表、温度表、流量表、变送器及其导管、调节阀、安全阀等；
- b) 辅助管路和附件的设计与布置应满足拆卸与维护的要求，且应布置在机组的底座边缘；
- c) 辅助管路的管道、管件、阀门、法兰的材质宜选用奥氏体不锈钢，且用于润滑、密封和控制的辅助管路系统（垫片除外）应采用奥氏体不锈钢；
- d) 强制润滑系统的调节阀宜采用自力式调节阀，当采用带控制器的调节阀时其控制器应满足在 100 ms 内完成其被要求的控制算法的要求；
- e) 冷却水管路系统总管的进出口管道和每一支管的进出口管道均应设置截止阀，且每一支管的出口管道上应设置流量视镜；
- f) 油管路系统应设置适宜的旁路装置；
- g) 辅助管路系统的进出口法兰应按照相同压力等级设计。

5 检验和试验**5.1 通则****5.1.1 承揽方与用户应按照 GB/T 31184 的规定，确立离心式蒸汽压缩机制造过程质量验收检验书**

面文件（以下简称：检验和试验技术协议）。

5.1.2 检验和试验技术协议中应包括：

- a) 制造过程的所有工序；
- b) 各个工序对应的零部件名称；
- c) 检验和试验的内容；
- d) 检验和试验的执行依据或标准；
- e) 质量控制点的类型（如文件见证、现场见证及停止点）；
- f) 检验和试验结论；
- g) 检验和试验人员签名及日期。

5.1.3 与文件见证有关的全部质量控制文件，承揽方应至少保存 5 a。

5.1.4 检验和试验的内容应符合附录 C 的规定。

5.1.5 附录 C 中未规定的检验和试验项目，应按照承揽方的设计文件和标准程序进行。

5.2 试验

5.2.1 制造过程试验应按照附录 C 规定的项目进行。

5.2.2 在满足规定的液压试验、超速试验、气密性试验、机械运转试验、组装后压缩机气体泄漏试验、离心式蒸汽压缩机性能试验及其他规定的应选试验项目后，用户可以向承揽方明确有关的任选试验项目。

5.2.3 试验方法包括下列主要内容：

- a) 承压壳经过加工成型并外观检验合格后再进行液压试验，试验压力为承压壳最高允许工作压力的 1.5 倍，保压时间为 30 min，试验过程无渗漏、无可见的变形和异常声响为合格；
- b) 叶轮在动平衡和静平衡判定合格后以额定转速的 115 % 的试验速度进行 1 min 的超速试验，试验后立即检查叶轮变形量，其变形量应小于叶轮直径的 0.04 %，叶轮放置 12 h 后再次检查叶轮变形量，其变形量应小于叶轮直径的 0.025 %，判定合格后再按照 NB/T 47013.5 进行渗透检测（如叶轮选用铁磁性材料，按照 NB/T 47013.4 优先选用磁粉检测，检测合格后还应做退磁处理），表面检测合格级别不低于 I 级；
- c) 当输送有毒、易燃易爆蒸汽介质时，承压壳应进行气密性试验，试验介质宜用空气或相似气体（当蒸汽介质的相对分子质量小于 12 时，该介质应使用氮气代替），试验压力应为最高允许工作压力，保压时间不低于 30 min，无泄漏；
- d) 机械运转试验之前，对必备的试验条件进行核查无误后（如：试验润滑油站的过滤精度应不大于 10 μm ，试验用仪表的数量和精度等），应按照 10 % 的增速缓慢升至最大连续转速，在此过程中观察轴承温度、润滑油温度和测量转动系统振动值，各项指标在稳定运行状态后，再升速到最大连续转速的 110 %，运行 15 min 后再将速度调减到最大连续转速并保持连续运行不少于 4 h，再次检查轴承的性能和转动系统的振动值，运转结束后检查轴承、密封器应无缺陷，若存在缺陷而更换轴承、密封器或其他部件时应重新进行该项试验；
- e) 组装后再进行压缩机气体泄漏试验，可在用户现场进行整机试验，试验介质宜用工艺蒸汽，试验压力应为最高允许工作压力，保压时间不低于 30 min，无泄漏；
- f) 离心式蒸汽压缩机性能试验，在正常转速下应至少测试喘振和流量极限点，其测试指标应符合 4.3.4 和 4.3.5 的规定；
- g) 在正常运行点（或其他规定的运行点）测试其容积流量、压力（或该机能量头），该值不允

许有负偏差，该点的对应功率值应不大于规定值的 104 %（功率测量装置的选择及测量方法宜按照扭矩法或电测法，可参照 JB/T 3165 的有关规定），喘振应符合 4.3.5 c) 的规定；

- h) 容积流量应符合 5.2.3 g) 的规定，容积流量测量装置的选择和测量方法按照 GB/T 2624.4 的规定。

5.2.4 离心式蒸汽压缩机的检验分为制造过程检验、出厂检验和型式检验。

5.2.5 制造过程检验应按照附录 C 的规定进行。

5.2.6 每台离心式蒸汽压缩机应在检验和试验项目全部合格后，承揽方按照第 7 章的规定提供全套随机文件。

5.2.7 出厂检验项目主要包括外观、材料、耐压性和气密性、容积流量和轴功率、与工艺控制点相关联的温度与压力（如蒸汽、水、油等过流部件），出厂材料检验应按照附录 C 中涉及到的文件见证点对材料质量证明文件逐一进行见证，出厂检验项目应符合表 5 的规定。

表 5 检验项目和顺序

序 号	检验项目	型式检验	出厂检验	要 求
1	外观	●	●	4.3.1, 6.1
2	材料	●	●	4.4
3	液压试验和气密性试验	●	●	5.2.3
4	汽、水、油的压力	●	●	4.1.1, 4.3.5, 4.3.8
5	容积流量	●	●	4.3.5, 5.2.3
6	轴功率	●	●	4.8.2, 5.2.3
7	汽、水、油、轴承的温度	●	●	4.3.8, 4.3.9, 4.5.4
8	噪声	●	○	4.3.12
9	振动	●	○	4.3.7
10	油耗量	●	○	4.1.2
●为应检项目；○为用户与承揽方协商检验项目。				

5.2.8 当有下列情形之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定或者定型产品转厂生产的试制与鉴定时；
- b) 因材料、结构、工艺等调整而影响产品性能时；
- c) 停产 1 a 以上恢复生产时；
- d) 制造过程的检验和试验结果与同一机型的型式检验数据有较大偏差时；
- e) 强制性规定的其他情形。

5.2.9 型式检验项目见表 5。型式检验应满足规定的参数值，若有任何一项不符合要求，则判定型式检验不合格。

6 油漆、标志、包装和运输

6.1 油漆

6.1.1 除机加工表面外，设备外表面应按照承揽方规定完成底漆和面漆，面漆颜色应符合 SH/

T 3043 的规定或用户特别约定。

6.1.2 机加工的外表面应涂敷适宜的防锈涂层。

6.1.3 主机和辅机上的法兰及配对法兰密封面上不应喷涂防锈漆。

6.1.4 设备内部应使用适宜的防锈液喷涂或清洗冲刷，防锈液应在设备缓慢转动时均匀注入，防锈液应能用溶剂清除。

6.1.5 除不锈钢材质外，与油接触的轴承座内件以及润滑油系统零部件应涂敷适宜的油溶性防锈涂层。

6.2 标志

6.2.1 应在离心式蒸汽压缩机的主机和辅机的明显位置上固定铭牌。铭牌应采用不锈钢材料制成，其型式和尺寸应符合 GB/T 13306 的规定。

6.2.2 铭牌上文字宜采用中文或中英文对照（当产品出口到国外时），计量单位应采用国际单位制。

6.2.3 主机铭牌上应包含下列内容：

- a) 规格型号与名称；
- b) 蒸汽公称容积流量 (m^3/min)；
- c) 额定排汽压力 (MPa)；
- d) 最低允许转速 (r/min)；
- e) 最高连续转速 (r/min)；
- f) 轴功率或驱动机功率 (kW)；
- g) 机组外形尺寸 (长 mm×宽 mm×高 mm)；
- h) 机组净重 (kg)；
- i) 产品编号；
- j) 出厂日期；
- k) 制造厂名称及制造厂所在地。

6.2.4 辅机（包括驱动机）铭牌按相应设备标准规定。

6.2.5 对于易安装错误需要精确复位的可拆卸部件，应做好配对安装标记。

6.2.6 离心式蒸汽压缩机的转动设备（如主机、驱动机、齿轮变速器，以及润滑系统、冷却系统的机泵等）均应有转向箭头。转向箭头可以铸造成形，或用不锈钢制作的标牌，且固定在设备的醒目之处。

6.3 包装和运输

6.3.1 包装和运输前，承揽方应做好下列工作：

- a) 所有法兰开孔处宜设置封口板，并配置密封垫和不少于 4 个螺栓；
- b) 对于不带法兰的开孔处应采用堵头加以封闭；
- c) 对机组采取恰当的防腐处理和必要的保护措施，满足机组抵达现场的 6 个月存放期内可以直接安装调试而无需采取另外的保护措施的要求。

6.3.2 运输包装的图示标志应符合 GB/T 191 的有关规定。

6.3.3 蒸汽压缩机及其辅机的包装应符合 GB/T 13384 的规定，作为出口产品还应满足 GB/T 19142 的规定。

6.3.4 运输与贮存过程中，应有符合防水、防霉、防潮、防锈、防尘、防火及防撞击的措施，并符合有关标准或规范的规定。

7 随机技术文件

7.1 随机技术文件的文字宜采用中文或满足国外用户需要的所在地的官方文字。

7.2 随机技术文件应至少包括：

- a) 产品合格证；
- b) 主要零部件材料检验合格证书；
- c) 水压试验记录；
- d) 机械运转试验记录；
- e) 转子尺寸检验和动平衡检验记录；
- f) 气封间隙检验记录；
- g) 润滑油技术条件（包括牌号、黏度等指标）；
- h) 机组安装说明书；
- i) 操作和维护保养手册；
- j) 专用工具清单；
- k) 备品备件清单；
- l) 装箱单。

附 录 A
(规范性附录)
蒸汽压缩机基本数据

A.1 蒸汽压缩机组的输入参数

每台套蒸汽压缩机组的输入参数如下：

- a) 蒸汽的组分及特性：
 - 1) 根据化工工艺装置产生二次蒸汽的工艺流程确定二次蒸汽的组分；
 - 2) 二次蒸汽在正常工艺条件下的每种蒸气的摩尔分数和质量分数的百分比（同时计算因工艺过程溶质与溶剂的组分变化或工艺变动引起的百分比调整参数）；
 - 3) 蒸汽的湿度、黏度、腐蚀性、有毒性、易燃易爆性、pH 及对应的单一组分及混合组分的气体常量、定比热容、平均摩尔定压及定容热容、平均比定压及定容热容、气体的平均体积定压和定容热容、对应压力或温度下的热力性质参数（如比体积、焓、熵及汽化潜热）；
 - 4) 蒸汽压缩机入口参数，如湿基条件或干基条件下的质量流量及体积流量、压力、温度、相对湿度、绝热指数；
 - 5) 蒸汽压缩机出口参数，如压力、温度和绝热指数。
- b) 计算并扣除系统的热量损失后，根据被压缩的二次蒸汽循环输送至化工工艺装置的温度、质量流量及体积流量的工艺必要条件，确定蒸汽压缩机的压缩系数、蒸汽压缩机组运行的功率范围、转速、多变能量头、多变效率、保证点、可调性（%）、在各种工况下预计的操作条件及其对应的参数、性能曲线。

A.2 蒸汽压缩机组的运行参数的确定

计算或经过测试确定下列运行数据：

- a) 蒸汽压缩机的转速，如最高连续转速、跳闸转速、100 %转速及最高连续转速条件下的最大轮缘线速度；
- b) 有阻尼时的横向临界转速，如一阶临界转速、二阶临界转速、三阶临界转速和四阶临界转速及其对应的振型；
- c) 机组扭转临界转速对应的参数，如一阶临界转速、二阶临界转速、三阶临界转速和四阶临界转速；
- d) 机组振动（峰-峰）试验允许值。

A.3 承压机壳

承压机壳的设计输入参数应至少包括：

- a) 材料选型的设计依据及材料牌号；
- b) 承压机壳的剖分型式；
- c) 承压机壳的计算压力、设计压力、试验压力（液压试验压力或工艺设计要求时的气密性试验

压力)、最高工作压力及设计温度、试验温度、最低设计金属温度 (参见 GB/T 150.1);

- d) 承压机壳的成型方式 (如焊接、铸造或锻造等);
- e) 承压机壳的计算厚度、设计厚度、名义厚度、最小成形厚度和腐蚀裕量;
- f) 承压机壳的最高操作温度、最低操作温度和机壳的最大允许流量;
- g) 安全阀设定压力;
- h) 加工精度、热处理 (如工艺需要) 参数、无损检测的方法及对应的合格等级。

A.4 导向叶片和隔板 (机组设计需要时)

导向叶片和隔板的设计输入参数应至少包括:

- a) 材料牌号;
- b) 导向叶片的数量;
- c) 导向叶片的外部净化参数及控制系统参数;
- d) 隔板的结构型式 (是否采用轴向剖分);
- e) 隔板级间工艺连接参数 (如最大和最小出口压力和入口压力、隔板的最大压差);
- f) 加工精度及外观质量与内在质量检测控制参数。

A.5 叶轮

叶轮的设计输入参数应至少包括:

- a) 叶轮结构型式 (如开式或闭式) 的设计依据和材料牌号;
- b) 叶轮的数量、每个叶轮的叶片数、单个叶片的成型参数 (叶轮直径、最小叶轮出口宽度);
- c) 叶轮的成型方式 (如整体锻件后铣制、铸造成型后经精加工、或叶片与轮盘为焊接组合件等);
- d) 叶轮的最小屈服强度、最大和最小硬度值;
- e) 叶轮入口处的最高马赫数;
- f) 在 100 % 转速时, 最高叶轮能量头;
- g) 加工精度、热处理 (如工艺需要) 参数、无损检测的方法及对应的合格等级。

A.6 轴

轴的设计输入参数应至少包括:

- a) 轴的结构型式 (如整体或分段组合) 和材料牌号;
- b) 轴的外观尺寸及部件配合处的尺寸 (叶轮处直径、联轴器处直径);
- c) 轴端结构方式 (如圆锥、圆柱、花键或整体法兰);
- d) 轴的力学性能指标 (如最小屈服强度、硬度和最大扭矩许用值);
- e) 加工精度、热处理 (如工艺需要) 参数、无损检测的方法及对应的合格等级。

A.7 平衡盘

平衡盘的设计输入参数应至少包括:

- a) 材料牌号、面积及装配方法;
- b) 正常间隙、正常间隙流量、2 倍正常间隙流量;

- c) 加工精度、热处理（如工艺需要）参数、无损检测的方法及对应的合格等级。

A.8 轴套

轴套的设计输入参数应至少包括：

- a) 级间密封间隙处和轴端密封处的材料牌号；
- b) 加工精度、热处理（如工艺需要）参数、无损检测的方法及对应的合格等级。

A.9 转动部件

转动部件的试验输入参数应至少包括：

- a) 部件首次组装、拆卸后再次组装的配合尺寸对比性允许偏差；
- b) 低速平衡试验值；
- c) 操作转速下的平衡试验值；
- d) 剩余平衡检查值。

A.10 轴端密封

轴端密封的设计输入参数应至少包括：

- a) 轴端密封的型式、接触型密封的附加要求及选型设计依据；
- b) 最高密封/设定出口压力、最低密封压力；
- c) 缓冲气的用途（如试车或其他情形）、气体种类、压力、每个密封点处的缓冲气流量和过滤精度数据；
- d) 密封控制方法与对应的参数。

A.11 轴承和轴承箱

轴承和轴承箱的设计输入参数应至少包括：

- a) 轴承和轴承箱的结构型式及选型设计依据；
- b) 轴承温度控制参数（如热电偶型式、报警温度、停车温度）；
- c) 轴承箱的材料牌号及力学性能指标；
- d) 轴承箱的加工精度、热处理（如工艺需要）参数、无损检测的方法及对应的合格等级。

A.12 工艺接口参数

工艺接口参数应至少包括：

- a) 管路的用途及设计参数（如材料牌号、管道及其配件的材料牌号与尺寸规格、检验与检测参数）；
- b) 管道法兰、垫片、螺栓（含螺母）的材料牌号、规格、数量、应用场合及安装要求参数；
- c) 安装底座的用途（如分部件配套供应蒸汽压缩机、电机、齿轮变速箱或包括上述各部件的整体撬装式使用）、材料牌号、尺寸及加工精度、配套的垫板或机加工的安裝垫片的尺寸；
- d) 对于易燃易爆场合的有关参数，如法兰或管线之间的跨接导线的规格及其参数、接地导线的设计参数、现场报警仪的设定参数。

A.13 压缩机组运行的公用工程条件

满足压缩机组运行的公用工程条件应至少包括：

- a) 由外部配套的电力参数（如电压、频率、相及满足机组运行的输电功率）；
- b) 机组启动前停车时的惰性气体置换参数（工艺需要时），如对应的温度、最低体积流量、压力和气体种类及质量要求参数；
- c) 仪表用气体的种类、质量参数、最大压力和最小压力值；
- d) 机组配套使用的润滑油的设计参数，如牌号、质量要求、定期检查与更换要求、日常监测数据。

附 录 B
(资料性附录)
供 货 范 围

B.1 基于化工工艺用离心式蒸汽压缩机的使用特点，该类离心式蒸汽压缩机将配套的蒸发、蒸馏、浓缩、结晶等化工装置产生的二次蒸汽，经过离心式蒸汽压缩机再压缩后，使再压缩蒸汽返回到上述化工装置中，实现热量循环再利用。蒸汽压缩机组宜与产生二次蒸汽的化工装置成套供应（当用户需要时）。

B.2 典型的蒸汽压缩机组（独立成套系统）应包括但不限于下列供货范围：

- a) 离心式蒸汽压缩机主机及辅助设备（详见 B.3）；
- b) 公用底座；
- c) 齿轮变速箱（如果需要）；
- d) 管路系统（详见 B.4）；
- e) 仪表、电气及控制系统（详见 B.5）；
- f) 地脚螺栓、螺母及垫圈；
- g) 专用工具；
- h) 备品备件（详见 B.6）；
- i) 技术资料；
- j) 服务。

B.3 蒸汽压缩机组离心式蒸汽压缩机主机及辅助设备，包括：

- a) 蒸汽压缩机主机本体；
- b) 驱动机（如常用的变频电机或固定转速感应电机）；
- c) 轴承温度探测及监视系统；
- d) 轴位移探测及监视系统；
- e) 轴振动探测及监视系统；
- f) 润滑油、密封油（气）、控制油系统；
- g) 防喘振装置（如孔板，流量、压力变送器，防喘振控制及配套的阀门、定位器、限位开关等）；
- h) 所有的联轴器及护罩；
- i) 盘车机构（如果需要）。

B.4 蒸汽压缩机组管路系统，包括：

- a) 气管路系统（从一段入口法兰起到末端出口法兰止）：
 - 1) 分离器或缓冲器、冷却器、消声器、管道、管件、调节阀和安全阀及管架；
 - 2) 压缩机界区范围内的法兰配对供货（包括螺栓、螺母及垫片）。
- b) 油管路系统：
 - 1) 主轴油泵及驱动机；
 - 2) 油冷却器、油过滤器、高位槽、脱气槽、油压调节器、油管道、管件、阀门、安全阀；
 - 3) 就地压力表和温度计。
- c) 水管路系统：

- 1) 供水和回水管道；
- 2) 视镜、管件及阀门。

B.5 蒸汽压缩机组仪表、电气及控制系统，包括：

- a) 满足工艺条件的全部仪表和远程监控用仪表与控制系统；
- b) 防喘振系统、调速系统、轴振动及轴温监测等系统的仪表与控制系统；
- c) 仪表管道及支架；
- d) 变送器；
- e) PLC 或 DCS 控制中心（必要时，与产生二次蒸汽的化工装置工艺数据包采取集中控制）。

B.6 蒸汽压缩机组备品备件，包括：

- a) 现场安装、调试及交付运行时的必备备件；
- b) 满足机组正常运行且用于日常更换的易损件；
- c) 承揽方与用户商定的关键备件，如压缩机转子和联轴器等。

附 录 C

(规范性附录)

离心式蒸汽压缩机的检验和试验质量控制点

C.1 蒸汽压缩机的检验和试验包括设计文件及本标准规定的全部项目，检验和试验质量控制点应符合表 C.1 的要求。

表 C.1 蒸汽压缩机组的检验和试验项目

序号	工序（或零件）名称	检验和试验内容	见证类型		
一	文件	1. 合同及备忘录	R		
		2. 详细技术方案	R		
		3. 外购件一览表	R		
		4. 自制件一览表	R		
		5. 设计资料及有关图样	R		
		6. 检验和试验技术协议	R		
		7. 检验和试验报告	R		
		8. 随机技术文件	R		
		9. 供货清单	R		
		10. 试车记录		W	
		11. 质保期运行记录	R		
		12. 运行验收报告	R		
二	承压机壳（包括端盖）	1. 设计资质与制造资质	R		
		2. 材料化学成分分析报告	R		
		3. 材料力学性能试验报告	R		
		4. 材料质量证明书原件（承压机壳组焊时）	R		
		5. 外观质量检查报告			
		6. 开孔、接管尺寸检查报告			
		7. 无损检测报告	R		
		8. 耐压试验过程记录			H
		9. 气密性试验过程记录			H
		10. 热处理检测报告	R		
		11. 返修记录	R		
三	承压机壳接口	1. 接管位置尺寸检查			
		2. 接管、法兰材料质量证明书	R		
		3. 螺栓、螺母、垫片合格证	R		
		4. 接管与壳体、接管与法兰的焊缝外观质量检查			
		5. 焊缝无损检测报告	R		

表 C.1 (续)

序号	工序(或零件)名称	检验和试验内容	见证类型		
四	轴	1. 接管位置尺寸检查	R		
		2. 接管、法兰材料质量证明书	R		
		3. 螺栓、螺母、垫片合格证	R		
		4. 接管与壳体、接管与法兰的焊缝外观质量检查	R		
		5. 焊缝无损检测报告	R		
		6. 热处理报告	R		
五	推力环	1. 材料化学成分分析报告	R		
		2. 材料力学性能试验报告	R		
		3. 尺寸及加工精度检查报告	R		
		4. 推力环与轴安装符合性审查			
六	平衡盘	1. 材料化学成分分析报告	R		
		2. 材料力学性能试验报告	R		
		3. 尺寸及加工精度检查报告		W	
		4. 平衡盘与轴安装符合性审查			
七	转动部件	1. 零件之间定位尺寸检查	R	W	
		2. 表面机械跳动和机械-电跳动检查	R	W	
		3. 剩余磁通量检查报告	R		
		4. 低速动平衡试验		W	
		5. 高速动平衡试验			H
八	隔板	1. 材料化学成分分析报告	R		
		2. 材料力学性能试验报告	R		
		3. 尺寸及外观检查报告	R		
九	轴承	1. 结构型式符合性审查		W	
		2. 质量证明书(含质量检验项目符合性审查)	R		
		3. 供应商资质及业绩审查	R		
十	轴承座	1. 结构型式符合性审查		W	
		2. 质量证明书	R		
		3. 尺寸及外观检查			
十一	公共底座	1. 结构型式符合性审查	R		
		2. 质量证明书			
		3. 尺寸及外观检查		W	
		4. 焊接件应力消除报告	R		

表 C.1 (续)

序号	工序 (或零件) 名称	检验和试验内容		见证类型		
十二	外购件	1. 电机、联轴器、齿轮箱等供应商资格、规格型式、质量证明书审查		R	W	
		2. 仪表、电缆、开关、接地电阻、信号线等供应商资格、型号、合格证审查		R		
十三	主机装配	1. 隔板束水平度检查		R	W	
		2. 轴承间隙检查		R	W	
		3. 密封间隙检查		R	W	
		4. 转子轴向窜动检查		R	W	
		5. 叶轮与扩压器间隙检查			W	
		6. 动静部件找正检查			W	
		7. 叶轮出口与导叶入口宽度对中检查			W	
		8. 轴承盖过盈量检查				
		9. 控制系统设施校准检测报告				
		10. 主电机跳车装置检测			W	
		11. 油路、气路、水路、汽路符合性检查			W	
		12. 干气密封检查				
		13. 排液孔、排气孔等符合性检查				
十四	机械运转试验	1. 升速				H
		2. 超速试验				H
		3. 稳定运行试验 (连续运行 4 h)	1) 轴承温度与回油温升			H
			2) 振动			H
			3) 轴位移			H
十五	机械运转后拆检	1. 迷宫密封部位				H
		2. 轴承				H
十六	热力性能试验 (如合同规定时)	1. 试验设施的符合性审查			W	
		2. 参数测量	1) 温度			H
			2) 流量			H
			3) 压力或能量头			H
			4) 轴功率			H
			5) 转速			H
十七	油路系统	1. 带控制点的工艺流程图		R		
		2. 采购一览表		R		
		3. 油过滤器管束材质检查报告		R	W	
		4. 油过滤器、油冷却器液压试验报告			W	

表 C.1 (续)

序号	工序（或零件）名称	检验和试验内容	见证类型		
十七	油路系统	5. 油箱（含高位油箱）渗漏检查		W	
		6. 油管清洁检查		W	
		7. 主辅油泵互投试验		W	
		8. 系统运转试验			H
十八	气路系统	1. 带控制点的工艺流程图	R		
		2. 采购一览表、合格证等核查	R		
		3. 无损检测报告	R		
		4. 液压试验		W	
		5. 气密性试验（工艺需要时）		W	
十九	机组总装	1. 非运行状态下对中检查		W	
		2. 联轴器护罩试验检查		W	
		3. 总装图检查		W	
		4. 转向标志、铭牌、涂装检查	R		
		5. 随机技术资料核查	R		
		6. 包装规范检查	R		
二十	现场安装、调试与验收	1. 安装基础图及机组安装手册	R		
		2. 安装基础质量检查		W	
		3. 机组水平校正及二次灌浆检查			H
		4. 机组安装质量检查		W	
		5. 手动盘车		W	
		6. 机组振动监测		W	
		7. 试运行报告	R		
		8. 联动试车及验证报告	R	W	
		9. 机组运行验收		W	
		10. 质量保证期运行报告	R		
注：表中 R、W、H 的代号含义见 C.4。					

C.2 用户应根据项目管理需要开展过程质量控制监督管理,用户与承揽方共同商定检验和试验的项目、检验和试验的内容、检验和试验的执行依据与控制点类型。

C.3 检验和试验的执行依据主要有:

- a) 设计文件及对应的施工图样;
- b) 符合 4.1.2 的蒸汽压缩机组详细技术方案;
- c) 技术标准与规范;
- d) 符合 4.1.3 的供货范围;
- e) 符合 7.2 的随机技术文件。

C.4 检验和试验质量控制点见证类型宜分为:

- a) 文件见证点 (record point, 简称 R 点);
- b) 现场见证点 (witness point, 简称 W 点);
- c) 停止见证点 (hold point, 简称 H 点)。

C.5 按照检验和试验项目内容, 承揽方应对检验和试验项目的结论逐项签字确认; 用户在开展监督检验时, 可以委托第三方有资质的专业监理单位参加检验和试验活动。

参 考 文 献

- [1] API Std 614-2008 润滑、轴密封和油控制系统及辅助设备. 第 5 版. 包括技术勘误 (Lubrication, shaft-sealing and oil-control systems and auxiliaries. Fifth edition. Incorporates errata)
 - [2] API Std 670-2014 机械保护系统 (Machinery protection systems)
 - [3] JB/T 3165 离心和轴流式鼓风机和压缩机热力性能试验
-

中 华 人 民 共 和 国
化 工 行 业 标 准
蒸 汽 浓 缩 工 艺 用 离 心 压 缩 机

HG/T 5450—2018

出版发行：化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

北京科印技术咨询服务公司海淀数码印刷分部

880mm×1230mm 1/16 印张2½ 字数68.1千字

2019年3月北京第1版第1次印刷

书号：155025·2580

购书咨询：010-64518888

售后服务：010-64518899

网址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定价：36.00 元

版权所有 违者必究