

ICS 23.140

J 72

备案号: 19349—2007



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 6443.4—2006/API 617: 2002第4部分

代替JB/T 6443—2002

石油、化学和气体工业用 轴流、离心压缩机及膨胀机-压缩机 第4部分: 膨胀机-压缩机

Axial and centrifugal compressors and expander-compressors for
petroleum, chemical, and gas industry services—

Part4: Expander-compressors

(API STANDARD 617, CHAPTER 4, SEVEVTH EDITION, 2002, IDT)

2006-11-27 发布

2007-05-01 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	163
1 总则	164
1.1 适用范围	164
1.2 术语和定义	164
2 基本设计	164
2.1 通则	164
2.2 材料	164
2.3 机壳	164
2.4 进口导叶、可变管嘴及隔热层	165
2.5 转动元件	165
2.6 动力学	166
2.7 轴承和轴承箱	168
2.8 膨胀机压缩机轴封	168
2.9 齿轮	169
2.10 润滑油和密封油系统	169
2.11 铭牌和转向箭头	169
3 辅助设备	169
3.1 驱动器	169
3.2 联轴器和护罩	169
3.3 安装底板	169
3.4 控制器和仪器仪表	170
3.5 管路和管路附件	171
3.6 专用工具	171
4 检查、试验和装运准备	171
4.1 通则	171
4.2 检查	171
4.3 试验	171
4.4 装运准备	174
5 卖方资料	174
5.1 通则	174
5.2 报价书	174
5.3 合同资料	174
附录 4A (规范性附录) 典型数据表	176
附录 4B (规范性附录) 膨胀机-压缩机卖方图样和资料要求	183
附录 4C (规范性附录) 膨胀机-压缩机名词术语	191
附录 4D (规范性附录) 检查员的检验单	193
附录 4E (规范性附录) 外力和外力矩	198
附录 4F (资料性附录) 活性磁力轴承的应用准则	201
附录 4G (规范性附录) 润滑和密封系统	206
图 4.2-1 推力自动平衡系统	166
图 4.C-1 示出关键部件名词示语的典型膨胀机-压缩机剖视图	192
图 4.E-1 修正的外力和外力矩组合合力	198
图 4.G-1 用于膨胀机-压缩机的典型润滑系统	206

前 言

本部分为 JB/T 6443 的第 4 部分，对应于《API 617 的第 4 部分：膨胀机-压缩机》。

为了便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

——用“HRC”，代替作为洛氏硬度单位“Rc”；

——用“r/min”，代替作为转速单位的“rpm”。

本部分的附录 4A、附录 4B、附录 4C、附录 4D、附录 4E、附录 4G 均为规范性附录，附录 4F 为资料性附录。

石油、化学和气体工业用轴流、离心压缩机及膨胀机-压缩机

第 4 部分：膨胀机-压缩机

1 总则

1.1 适用范围

本部分连同本标准第 1 部分，共同规定了工艺过程空气或气体膨胀机-压缩机的最低要求。本部分仅适用于膨胀机和压缩机（简称膨胀机-压缩机）有公用轴的机组。

本部分不适用有单独输出轴的膨胀机（如驱动发电机）。

温度在 300℃（570°F）以上的热气体膨胀机不包括在本标准之内。

1.2 术语和定义

本部分中所用名词术语的定义在本标准第 1 部分中已经给出。表示膨胀机-压缩机名词术语的剖视图列入附录 4C。

2 基本设计

2.1 通则

膨胀机-压缩机应按照本标准第 1 部分 2.1 及以下的附加要求。

2.1.1 性能

2.1.1.1 膨胀机正常工况点上的预测效率至少应达到 98%；在正常工况下压缩机的功率消耗应不大于膨胀机所得功率的 106%，但也不得少于膨胀机所得功率的 96%。

注：由于压缩机所消耗的功率取决于膨胀机所得到的功率，这便决定了压缩机的转速。上面的公差要求仅是一种限制，若超出了该限制，就要更换硬件，以达到合理的正常转速要求。

2.1.1.2 压缩机的压头-流量特性曲线应从额定点到喘振点连续地上升。在无旁通时，压缩机应适于在至少大于报价书中所给预测喘振流量 10% 的任一流量下按预测性能曲线连续运行。

注：正常运行期间，压缩机通常采用的是气流绕周旁通。

2.2 材料

材料应按照本标准第 1 部分 2.2 的要求。典型材料表请见附录 1D。

2.3 机壳

机壳应按照本标准第 1 部分 2.3 的要求和下列附加要求。

2.3.1 承压机壳

● 2.3.1.1 买方应规定系统卸压阀的整定值。机壳的最大允许工作压力至少应等于卸压阀的整定压力。

2.3.1.1.1 如果对卸压阀的整定值未作规定，则膨胀机机壳的最大允许工作压力应至少是最大规定进口压力（表压）的 1.1 倍。

2.3.1.1.2 如果对卸压阀的整定值未作规定，则膨胀机-压缩机中的压缩机机壳的最大允许工作压力至少应是最大规定出口压力（表压）的 1.25 倍，但不小于本标准第 1 部分中所规定的最大出口压力。

注：系统压力防护装置应由买方供给。

2.3.1.2 应将垂直剖分机壳上常采用的 O 形环、衬垫或其他密封装置限定在机加工的槽里，O 形环、衬垫等密封装置应由适于规定使用条件的材料制作。

2.3.1.3 应设置有起吊机壳和拆卸中心部件的机构。

2.3.2 承压机壳接管

承压机壳接管应符合本标准第1部分2.3.2的要求。

2.3.2.1 通则

2.3.2.1.1 承压机壳上管路连接的管道和法兰，其通径应为 $DN15$ (NPS1/2) 或更大 (请见本标准第1部分2.3.2.1.3)。

2.3.2.2 主要工艺流程接管

主要工程流程接管应按照本标准第1部分2.3.2.2的要求。

2.3.2.3 辅助接管

辅助接管应按照本标准第1部分2.3.2.3规定和下列要求。

2.3.2.3.1 如果现场不适宜采用承插焊接法兰连接或进行机加工和螺柱联接，则可以在如下情况时采用螺管连接：

- a) 材料不可焊接，如铸铁；
- b) 为了便于维护（拆卸和组装）。

螺管连接的开口应按照本标准第1部分2.3.2.3.5中的规定。

2.3.3 承压机壳的支承结构

注1：膨胀机-压缩机没有联轴器，因此，对于机壳支承结构没有特殊要求。膨胀机-压缩机一般要求膨胀机安装在中心线上，而压缩机仅用螺栓松散地固定或去掉螺栓，允许压缩机同管道一起随热胀冷缩浮动。

注2：膨胀机-压缩机的安装表面不要求高精度的加工。

2.3.4 外力和外力矩

2.3.4.1 膨胀机-压缩机的设计应使各管口法兰上所能承受的外力和外力矩符合附录4E中式(4.E-1a)或式(4.E-1b)和式(4.E-2)所计算的结果。

注：由于没有联轴器，管道力不影响膨胀机-压缩机的对中。

2.3.4.2 卖方应以表格形式提供各管道法兰的允许外力和外力矩。

2.4 进口导叶、可变管嘴及隔热层

2.4.1 膨胀机应设置有可变进口导叶、可变管嘴及隔热层。

注：可变进口导叶允许在机组的设计范围内，能量头能有效地转换为速度。

2.4.2 进口导叶尺寸大小的确定应保证在最小规定进口压力和最大规定进口温度下，膨胀机通过至少110%的最大规定质量流量。

2.4.3 起动装置应适于规定的所有运行条件，包括最大进口压力、最大流量和最小出口压力。

注：可变进口导叶用于流量和压力控制。为了运行平滑过渡，管嘴的精确控制是必要的。

2.4.4 进口导叶及其执行机构应能在所有流量条件下随最大进口压力关闭。

注：在限制出口流量的条件下，常用可调管嘴控制膨胀机的出口压力。以最小泄漏快速关闭进口导叶，对于管嘴是十分必要的，但是，进口导叶不是紧密的截流装置。

2.4.5 进口导叶可以涂层以减小摩擦。

2.4.6 对于有毒、易燃或易爆炸性的工艺过程气体，进口导叶联动装置穿过机壳或外壳处应严密封。

2.4.7 当有要求时，在冷态膨胀过程流体通道与轴承腔之间应设置一隔热层。隔热层应由具有良好隔热性能的材料制作。关于典型隔热层材料，请见本标准附录1D。

2.5 转动元件

2.5.1 通则

2.5.1.1 转动元件应按照本标准第1部分和本部分下列各条的要求。

2.5.1.2 各个叶轮和轴应清晰地标上独特的识别号。该识别号应钉在维护时不易损伤且易看得到的地方。

2.5.2 轴套

第4版 0.5

本标准第4版第0.5版

2.5.2.1 除非买方认可其他形式的轴保护, 否则, 在迷宫轴封位置处应配备可更换的部件。轴承、隔套或衬套应由规定用途中的耐腐蚀材料制作。

2.5.3 轴

2.5.3.1 轴应该为整体或永久结合的多件结构, 并且可以是空心轴。

注 1: 有许多膨胀机采用多件结构的空心轴, 其空心轴按 ANSI/AWS-C6.1 规定用诸如摩擦焊接方法连结在一起。

注 2: 由于这些件是永久性连接, 截流工艺过程气体不是什么问题。

2.5.3.2 轴上的所有焊缝应进行超声波检测或射线照相检测。精加工后, 焊缝应用磁粉检测或液体渗透剂检测方法检查。材料检查方法见本标准第 1 部分 4.2.2.1; 验收标准见本标准第 1 部分 4.2.2.1.1。

2.5.3.3 对于最大线速度 (跳闸转速) 在 95m/s (315ft/s) 以上的沉淀硬化不锈钢轴, 卖方应在轴颈处喷涂涂层或者覆盖层, 以防止金属丝起毛。

注: 镀铬、熔焊涂层、快速氧烧 (HVOF) 快速液烧 (HVLf) 和渗碳已是成功地用来防止金属丝起毛的几个方法。

2.5.4 叶轮

有关叶轮要求, 请见本标准第 1 部分 2.5.10。

2.5.5 推力平衡

2.5.5.1 如果要求限制止推轴承上的轴向负荷, 就应该设置平衡腔、平衡管线或平衡孔。

2.5.5.2 当设置外部平衡管线时, 平衡管线应确定好尺寸并用法兰进行连接, 并且要解决好两倍于初始设计迷宫间隙时平衡盘气体的泄漏问题不要超出止推轴承的额定负荷值。如果有买方的接管要接到平衡管线上, 则接管的尺寸规格应在数据表上注明。

2.5.5.3 应提供一个自动推力平衡阀。这一阀门在用推力压力 (磁力轴承电流等) 测量时将推力负荷中的变化作反应, 通过向该机器内部的平衡腔中注入或由平衡腔排出, 主动地保持止推轴承上一个低的推力负荷。关于典型自动推力平衡阀示意图, 请见图 4.2-1。

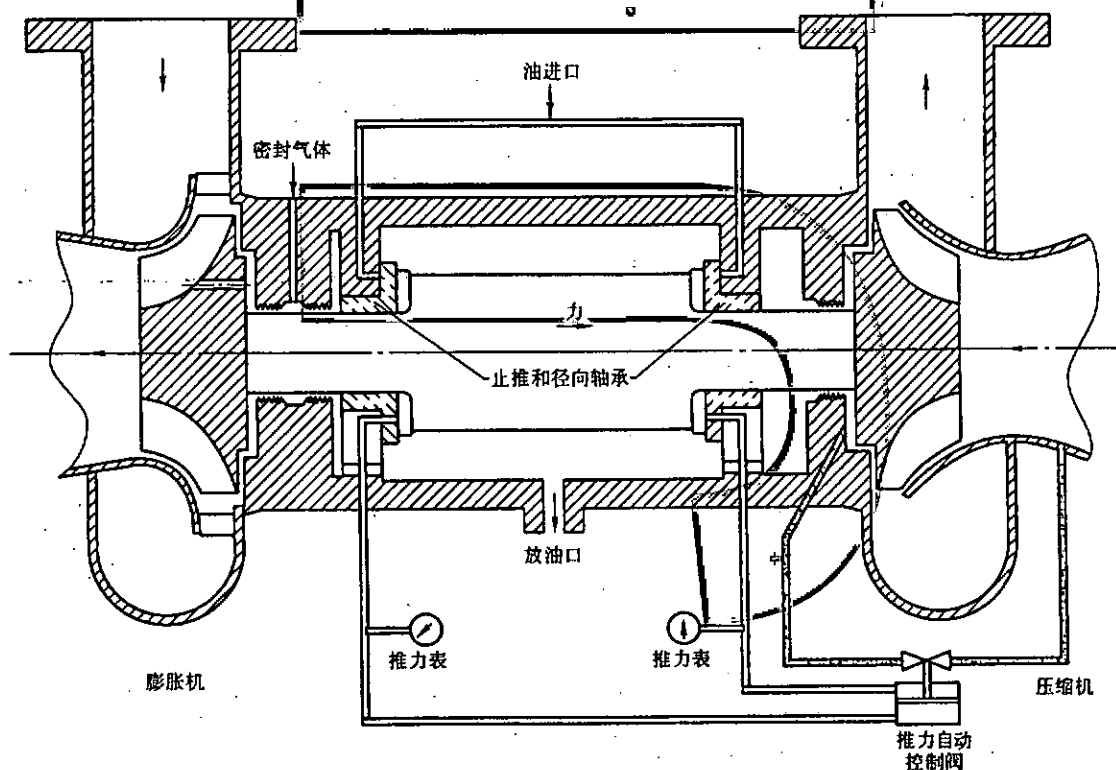


图 4.2-1 推力自动平衡系统

2.6 动力学

动力学应按照本标准第 1 部分 2.6 的要求。

2.6.1 振动平衡

2.6.1.1 2.6.1.2~2.6.1.5 中所叙述的平衡方法仅适用于要求转子可拆卸和重装的单轴膨胀机-压缩机。其他类型的膨胀机-压缩机应遵照本标准第1部分中2.6.8的规定。

注：低温膨胀机-压缩机一般是要求安装在机壳内的可拆卸和重装的单轴转子。该机型要求压缩机或膨胀机的部件可以分别更换，而不需要对整个转子再重新进行平衡校正。

2.6.1.2 膨胀机叶轮、压缩机叶轮和轴应用指数平衡法进行平衡校正。平衡校正前，部件的所有机加工工序必须完成。平衡过程中，叶轮应用一根心轴支承。最好选用两个平衡校正平面，但对长度—直径（ L/D ）比为0.2或0.2以下的部件，可以采用单平衡校正平面。各部件应该平衡得在各平衡平面内的残余不平衡量不超过下面表达式所确定的最大值：

注：关于指数平衡方法的资料，请参见API出版物684。

在国际单位制中：

$$U = 6350 (W/N), \text{ 或 } U = 1.27 (W) \quad (4.2-1a)$$

在英制单位中：

$$U = 4 (W/N), \text{ 或 } U = 0.0008 (W) \quad (4.2-1b)$$

式中：

U ——残余不平衡，单位为 $g \cdot mm$ ($oz \cdot in$)。

W ——按比例分配给平衡校正平面的部件重量，单位为 kg (lb)，两个平衡校正平面按比例分配的重量之和等于所有部件的总重量。

N ——最大连续运行转速，单位为 r/min 。

2.6.1.3 在对压缩机和膨胀机叶轮开始进行指数平衡校正之前，应按下列步骤检查叶轮和心轴之间配合的整体性。

- 在轴上的任意 0° 位置安装叶轮。记录该组件的不平衡读数。
- 拆开并重新在轴的原 0° 位置处安装叶轮。记录不平衡读数。
- 项目 b) 的读数应在 a) 的读数的 20% 之内。如果不在该范围之内，则必须检查心轴的配合是否良好，是脏物或其他别的什么原因影响了配合的整体性。

2.6.1.4 使用同一根心轴，将两个叶轮用指数平衡法平衡校正到 2.6.1.2 所规定的精度等级。该程序进行完之后，叶轮应处于平衡状态，而不需要再重新进行平衡校正。

2.6.1.5 应按下列步骤对安装了两个叶轮的转子进行指数平衡校正：

- 在轴上安装膨胀机叶轮和压缩机叶轮。两个叶轮的位置应按轴上的两个任意 0° 位置作标记。
- 在轴上标识适宜的平衡校正平面。利用叶轮进行指数平衡校正到 2.6.1.2 规定的精度等级。

注：在指数平衡过程中，两个叶轮要被看作一个件转动。

● 2.6.1.6 当有规定时，转子应组装并进行平衡校正验证。任意组装部件的残余不平衡量应不超过下列表达式所确定的最大值：

在国际单位制中：

$$U = 25400 (W/N), \text{ 或 } U = 12.7 (W) \quad (4.2-2a)$$

在英制单位中：

$$U = 40 (W/N), \text{ 或 } U = 0.008 (W) \quad (4.2-2b)$$

式中：

U ——残余不平衡量，单位为 $g \cdot mm$ ($oz \cdot in$)。

W ——按比例分配给平衡校正平面的部件重量,单位为 kg (lb),两个平衡校正平面按比例分配的重量之和等于所有部件的总重量。

N ——最大连续运行转速,单位为 r/min。

装配的转子未能符合这些准则时,应对部件重复进行平衡校正,而不是修整组件的平衡精度。

● 2.6.1.7 残余不平衡方法:

当有规定时,残余不平衡校正应在组装的转子上进行。在组件平衡或组件平衡校正完成之后及组装的转子从平衡机上拆下之前,进行残余不平衡校正。

注:关于残余不平衡校正方法的说明,请参见附录 1B。

2.7 轴承和轴承箱

2.7.1 通则

2.7.1.1 除非另有规定,应提供液体动压径向轴承和止推轴承。

注:典型的膨胀机-压缩机的轴承是径向轴承和止推轴承装在一起的单个组件。

● 2.7.1.2 当有规定时,应按附录 4F 供给磁力轴承。

2.7.1.3 由于轴承一般同工艺过程气体相接触,因此,轴承材料的选择标准应包括同工艺气体的相容性以及强度、导热系数、热膨胀率等正常因素。

2.7.2 液体动压径向轴承

2.7.2.1 应使用圆瓦式或瓦块式轴承。轴承应经精密机加工。所使用的材料应是钢、黄铜、青铜、铝、铜合金或其他合适的材料。

注:在轴承速度小于 60m/s (200ft/s) 时,膨胀机-压缩机一般使用浇铸巴氏合金的圆瓦轴承。在速度高于 90m/s (300ft/s) 时,一般将使用浇铸巴氏合金的瓦块式轴承。当速度界于两者之间时,轴承型式既可以是圆瓦轴承,也可以是瓦块式轴承,这取决于转速、油流量要求及转子动力学诸因素。

2.7.2.2 轴承设计应抑制流体动力的不稳定性并在整个允许间隙范围内能提供足够的阻尼,以便使设备在规定的工况范围(包括任一临界频率)内加载或卸载运行时,转子的振动振幅不超过最大规定振幅(见本标准第 1 部分 2.6.8.8)

2.7.2.3 除非另有规定,液体动压径向轴承应按 API 670 的规定配有轴承金属温度传感器。

2.7.3 液体动压止推轴承

液体动压止推轴承应符合本标准第 1 部分 2.7.3 要求和下列规定。

2.7.3.1 液体动压止推轴承应该是精密机加工的、连续面或成扇形面的设计。连续面设计应有开槽,例如螺旋开槽以便油的分布均匀。扇形面设计可以是固定式的或可倾瓦块式的。所使用的材料就是钢、青铜、铝、铜合金或适于应用的其他材料。止推轴承的设计应能在两个轴向上承受相等的轴向推力。液体动压止推轴承应对各侧连续加压润滑。

注:典型的膨胀机-压缩机推力轴承应由黄铜或青铜制作,设计有一锥形台肩或螺旋槽面,并且不衬巴氏合金。

2.7.3.2 膨胀机-压缩机应配备推力自动平衡阀,以便把规定条件的轴承负荷减小到最低限度,减小的预期负荷应不多于轴承极限容量的 50% (见附录 4C)。

注:该装置通常是一台可以直接操作的阀门,利用由止推轴承油膜中得到的压力油进行调节。

2.7.4 轴承箱

2.7.4.1 轴承箱应按照本标准第 1 部分 2.7.4 的规定和下列要求:

2.7.4.2 转子支承系统零件(轴承、轴承箱、轴承壳体和轴承托架)应可以从配对机壳上拆离。

注:膨胀机轴承箱按正常方法加压。

2.8 膨胀机压缩机轴封

2.8.1 通则

轴封应遵照本标准第 1 部分 2.8 的规定和下列要求:

注 1:膨胀机-压缩机没有轴端密封,但对于工艺过程气体和轴承箱之间的内部密封可使用相同的密封型式。

2.8.1.1 在规定的运行工况范围内,包括起动和停车,为限制工艺气体泄漏到轴承箱内,应提供轴封。密封应适合于在起动、停车或稳定状态及所规定的其他任何特殊运行工况时,对密封工作条件所规定的变化。

2.8.1.2 在膨胀机内使用的轴封可以是间隙密封(见本标准第1部分的2.8.2)或自调式干气体密封(见本标准第1部分的2.8.4)。

2.9 齿轮

齿轮不适用于膨胀机-压缩机。

2.10 润滑油和密封油系统

当有要求时,应供给加压的油系统,在合适的压力下向机组供油。供油系统应按照 API 614 第1部分和第2部分以及修改后的本部分的附录 4G 执行。

2.11 铭牌和转向箭头

2.11.1 铭牌和转向箭头应按照本标准第1部分 2.11 和本章 2.11 的规定。

注:对于膨胀机-压缩机,一般不提供转向箭头。

2.11.2 下列内容应清晰地打印或刻在铭牌上:

- 卖方名称;
- 产品序号;
- 规格、型式和型号;
- 设计功率
- 额定转速,单位为 r/min;
- 跳闸转速,单位为 r/min;
- 买方项目号或其他参考号;
- 各机壳最大允许工作压力;
- 各机壳最高和最低工作温度;
- 各机壳的水压试验压力;
- 最大和最小允许转速;
- 最大允许转速时的横向临界转速,直至并包括下一阶临界转速(见本标准第2部分的2.11.2.1)。

3 辅助设备

3.1 驱动机

注:膨胀机-压缩机装置没有单独的驱动机。

3.2 联轴器和护罩

注:膨胀机-压缩机没有联轴器和护罩。

3.3 安装底板

3.3.1 安装底板按本标准第1部分 3.3.1 和 3.3.2 的规定和下列要求:

注:膨胀机不使用基础底板。

3.3.1.1 除非供给转动设备例如发电机的外部连接件,否则就需要提供顶丝和其他的找平装置。

3.3.2 通则:

膨胀机-压缩机应按照本标准第1部分 3.3 和下面要求供给底座:

注:膨胀机-压缩机没有联轴器;因此,含有对中垫片。本标准第1部分的各条款有关机加工表面等要求不适用于膨胀机。

3.3.3 底座:

底座应按照本标准第1部分 3.2.3 的要求。

3.3.4 底板和垫板:

底板和垫板不适用于膨胀机-压缩机（请见 2.3.3）。

3.3.5 控制器和仪器仪表：

控制器和仪器仪表应按照本标准第 1 部分 3.4 的规定和下列要求：

3.4 控制器和仪器仪表

控制器和仪器仪表应按照本标准第 1 部分 3.4 规定。

3.4.1 通则

3.4.1.1 除非下面另有规定或修改，仪器仪表和安装应符合 API 670 要求。

3.4.2 振动、位移及轴承温度检测器

3.4.2.1 除非另有规定，振动传感器应按照 API 670 提供、安装和校正。

● 3.4.2.2 当有规定时，轴向位移探头应按照 API 670 供给和校正。

注：膨胀机-压缩机通常使用推力自动控制系统而不是使用轴向探头的报警/停车功能。

● 3.4.2.3 当有规定时，振动监测器应按照 API 670 供应和校正。

3.4.2.4 除非另有规定，液体动压径向轴承应按 API 670 配有轴承金属温度传感器。买方可规定监测器的型式。

● 3.4.2.5 当有规定时，液体动压止推轴承应按 API 670 配有轴承金属温度传感器。买方可规定所要求监测器的型式。

3.4.2.6 当规定配置磁力止推轴承和磁力径向轴承时，轴承应按附录 4F 配有轴承温度传感器。

● 3.4.2.7 当有规定时，轴承温度监测器应按照 API 670 供应和校正。

3.4.3 超速停车系统

3.4.3.1 通则：

3.4.3.1.1 除非另有规定，应提供单一线路的超速停车系统。

注：膨胀机-压缩机应设计有超速保护装置。超速现象主要产生自压缩机进气气流中断或启动时压缩机进气压力过低。管路系统，包括所有阀门和与此相关联的控制系统的设计，要确保不会出现压缩机进气气流中断或进气压力过低的现象。由于该系统不会产生超速条件，所以单一线路超速检测和跳闸系统是标准型的。

● 3.4.3.1.2 当有规定时，应供给三线两路（two-out-of-three）逻辑电路超速停车系统。

3.4.3.1.3 卖方应设计由下列部件组成的超速停车系统：

a) 电子超速电路（转速传感器和逻辑控制器）；

b) 膨胀机进口跳闸阀；

c) 电磁阀。

注：由于使用膨胀机的工艺过程有很大的不同，所以膨胀机进口跳闸阀由买方自备是很正常的。

3.4.3.2 电子超速检测电路：

3.4.3.2.1 除非另有规定，应供给由转速传感器和逻辑控制器组成的电子超速检测电路。组件应按照 API 670 安装。该电路设计应包括：

a) 无论传感器或逻辑控制器哪个失效将导致停车；

b) 超速电路中的所有设定值，应通过控制存取来保护；

c) 它应能接受频率发生器的输入信号以核实跳闸转速设定值；

d) 能为转速指示器提供输出信号。

3.4.3.2.2 除非另有规定，为了传感转速，应有磁性音频发生器。

3.4.3.2.3 为了传感转速，轴上应钻孔或开槽。孔或槽面可以供超速系统和转速传感器使用。

3.4.3.3 膨胀机跳闸阀：

3.4.3.3.1 除非另有规定，卖方应提供膨胀机进口跳闸阀。当卖方的停车系统检测到膨胀机超速时，该阀将自动关闭。通过设计，膨胀机-压缩机壳体应在发生不可控制的超速事件时可以分离。

注：由于使用膨胀机的工艺过程变化很大，所以膨胀机进口跳闸阀和电磁阀由买方自备是很正常的。膨胀机进口跳

闸阀并不是用来控制膨胀机的机构。跳闸阀既可以全开，也可以全闭（已跳闸）。流量和转速的控制由膨胀机可变进口管嘴、压缩机最小流量阀或其他方法进行。在跳闸阀的上游安装隔离阀是最常见的结构型式，在隔离阀和跳闸阀之间带有降压管路，以便使跳闸阀在线路充压时不能打开。跳闸阀关闭时意味着隔离阀关闭。

3.4.3.3.2 膨胀机进口跳闸阀的设计应包括，但不局限下列情况：

- a) 按照商定，膨胀机应有限时快速关闭能力，所限时间一般为 0.5s 或更少。
- b) 要有一个由失效保护弹簧承载的执行机构、气体执行机构或空气执行机构。如果气体或空气供给系统的设计能允许气体或空气压力损失，则为跳闸阀提供两个全行程关闭容量的容积瓶。执行机构的扭转能力应足以使其在有冰结成时关闭该阀。为克服结冰所出现的摩擦，应考虑增加密封装置如弹性密封圈。
- c) 为保持阀杆填料处于非冷冻的温度下，阀帽应加长。
- d) 跳闸阀要有防止冰、水混合和其他固体物质阻止阀门关闭的特殊特性。

3.4.3.3.3 电磁阀：

为了使跳闸阀工作，应配备电动螺线管操作阀。除非另有规定，电磁阀应去推动跳闸阀跳闸。

注 1：螺线管可以产生相当高的电流。当要求电磁阀的电流超过超速停车系统中继电器的电流额定值时，要使用干预继电器。

注 2：买方要给电子超速停车系统用不间断电源供电。

3.4.3.4 常备粗滤器：

3.4.3.4.1 当有规定时，卖方应配备安装在移动式卷筒滚轮上的常备粗滤器，其有效自由气流面积应至少是膨胀机进口跳闸阀横截面积的两倍。

注：卷筒滚轮通常由用户自备。粗滤器应有高压报警开关并显示压差。粗滤器应安装在跳闸阀的上游。

●3.4.3.4.2 当有规定时，应供给常备粗滤器的卷筒滚轮和压差计。

●3.4.3.5 卖方应设计有靠近膨胀机进口跳闸阀安装的就地手动跳闸机构。手动跳闸机构可关闭跳闸阀和可变进口管嘴。当有规定时，卖方应供给就地手动跳闸机构。

3.4.3.6 当膨胀机进口跳闸阀由买方自备时，卖方应审查该选择并对有关尺寸大小、安装位置和关闭时间要求等提出推荐性意见。

3.5 管路和管路附件

所供给的管路和管路附件应符合本标准第 1 部分 3.5 的规定和下列要求：

3.5.1 通则

3.5.1.1 卖方应供给安装底座界限之内的所有管路系统，包括管路附件。管路应在底座边缘应以接管连接法兰而终止。买方仅自备设备分组之间和安装底座之外设施之间的内部连接管路。

3.5.1.2 当规定有底板时，买方应规定由卖方供货的管路系统的范围。

3.6 专用工具

专用工具应按本标准第 1 部分 3.6 规定供应。

4 检查、试验和装运准备

检查、试验和装运准备应按照本标准第 1 部分第 4 章的规定和下列要求。

4.1 通则

检查、试验和装运准备的一般要求应按本标准第 1 部分 4 章的规定。关于检查员的检验单可见附录 4D。

4.2 检查

检查要求应按本标准第 1 部分的要求。

4.3 试验

除了本标准第 1 部分 4.3 的要求外，压缩机应按照本部分 4.3.1 和 4.3.2 作试验。可能规定的其他试

验在 4.3.3 中叙述。

4.3.1 通则

4.3.1.1 除了本标准第 1 部分 4.3 的要求外,膨胀机-压缩机应按照本部分 4.3.3 和 4.3.4 试验。可能规定的其他任选试验在 4.3.5 中叙述。

4.3.1.2 在各观察机械运转试验或性能试验完成之后,应立即把试验期间所作的运行记录数据副本提供给目击者。

4.3.2 叶轮振动试验

4.3.2.1 对以前从未制造过的和需进行试验的新设计的叶轮,应进行振动试验以核实叶片和盘的固有自振频率是否同设计期间计算的预测值范围相一致。

4.3.2.2 如果没有对计算值进行试验确认,那么实际自振频率就应根据运行转速范围、功率等级及买卖双方共同商定的纠正措施进行评价。

4.3.2.3 如果必须对叶轮进行改进以调整其自振频率时,应对改进后的叶轮重新进行振动试验,以验证本次改进是否成功。

4.3.3 机械运转试验

4.3.3.1 进行机械运转试验前,必须满足 4.3.3.1.1~4.3.3.1.11 的要求。

4.3.3.1.1 除非另有商定,作机械运转试验时,机器中必须用合同轴封和轴承。

注 1: 由于运行条件和试验条件的温度不同,可以要求对叶轮密封进行试验。在某些情况下,试验时,压缩机叶轮可由另外经试验的、重量、重心和惯性矩与实际叶轮相近的叶轮来代替。

注 2: 当机械运转试验时压缩机内的温度会引起实际叶轮损伤,或者膨胀机不能在试车台上产生足够功率达到所期望的转速时,因试验轮产生的热量较小和消耗的功率较小,从而消除了这个问题。

4.3.3.1.2 当供应油润滑轴承或密封时,所有油的压力、粘度和温度应在所试验的具体设备的卖方说明书所推荐的操作范围之内。

4.3.3.1.3 过滤器下游的油系统组件,在作任何试验之前,应符合 API 614 对清洁度的要求。

4.3.3.1.4 如果使用磁力轴承,应确定送冷却空气到轴承腔,并按制造厂的说明书检查磁力轴承的悬浮力和转动灵活度,并演练磁力轴承的控制组件。

4.3.3.1.5 应检查所有接合面和接管的紧密度,并应修正任何泄漏现象。

4.3.3.1.6 试验期间使用的所有报警、保护和控制装置均应进行检查,并按要求进行调试。

4.3.3.1.7 试验时所用的所有仪器仪表,都应进行有效校正。

4.3.3.1.8 在机械运转试验期间应安装防止油进入机器内的设施。这些设施在整个试验期间都应该在工作。

4.3.3.1.9 试验时应使用全部合同振动探头、传感器和振荡器—解调器。

4.3.3.1.10 工厂试验设施应具有连续监测、显示、记录和打印振动位移和相位、振动频谱、波德曲线图和轴轨迹的能力。

4.3.3.1.11 用 4.3.3.1.9 和 4.3.3.1.10 中所规定的仪器仪表确定的振动特性,应是该机器被验收或拒绝的依据(见本标准第 1 部分 2.6.8.8)。

4.3.3.2 设备的机械运转试验应按 4.3.3.2.1~4.3.3.2.4 的规定进行。

4.3.3.2.1 设备应以大约 25% 的速度递增梯度从零运行到最高连续转速,直至轴承温度、润滑油温度(如应用的话)和轴振动振幅稳定为止。

注: 设备要避免在临界转速附近下运行。

4.3.3.2.2 设备应在最高连续转速下连续运转 4h。

4.3.3.2.3 将转速增大到跳闸转速,并在此转速下设备应最少运转 15min。

4.3.3.2.4 机组应允许跳闸并逐渐停止运转。

4.3.3.3 当进行机械运转试验时,应符合 4.3.3.3.1~4.3.3.3.6 的要求。

4.3.3.3.1 机械运转试验期间,参与试验的所有设备和仪器仪表都应进行机械运行,其工作表现应是满意的。所测得的未滤波的振动振幅值不应超过本标准第1部分2.6.8.8的极限值,并应在整个运行转速范围内进行记录。任何其他试验验收准则均应相互商定,并列入试验议事日程。

4.3.3.3.2 当设备在最高连续转速或试验议事日程上已规定的其他转速或负荷下运行时,应采集振动数据以确定同步频率之外的振幅。采集的数据应覆盖0.25~8倍最高连续转速。如果数据是离散的、非同步的振动振幅,并超过了本标准第1部分的2.6.8.8规定的允许振动振幅的20%,或者 $6.5\mu\text{m}$ (0.25密耳),取两者中的较大者,买卖双方应共同商定要求其他附加试验和确定设备的可验收性。

4.3.3.3.3 机械运转试验时应检查横向临界转速是否符合本标准第1部分2.6.2的要求。低于跳闸转速的任何非临界阻尼的临界转速,应在机械运动试验期间确定并打印在铭牌上,后面接着打印“试验”字样。

4.3.3.3.4 不平衡响应分析的工厂验证应按照本标准第1部分2.6.3的规定进行。

●4.3.3.3.5 在有规定时,买方和卖方所商定的所有实时振动数据,应加以记录,并向买方提供副本。

4.3.3.3.6 当定货有备用机械中心部件并要求同时制造时,也应按照本标准的要求,对其进行机械运转试验。

4.3.3.4 除非另有规定,在完成机械运转试验之后,应该符合4.3.3.4.1~4.3.3.4.4的要求。

4.3.3.4.1 在完成机械运转试验之后,液体动压轴承应该拆卸、检查并重新组装。

●4.3.3.4.2 当有规定时,在成功的运转试验之后,轴封应拆下进行检查。

注:某些密封型式(例如盒式密封)的拆卸和检查可能要求要送回到密封生产厂进行。

4.3.3.4.3 为纠正机组的机械性能或气动性能,如果要求更换或改进轴承或密封或要拆开壳体更换或改进其他零件时,则初次试验将不被接受。当这些更换或改进完成之后,应作最终工厂试验。

4.3.3.4.4 如果发现轴承或工艺气体密封表面上有小的划伤和刮痕时,则这些件的外观修理不应成为要求再次进行运转试验的理由。

4.3.4 组装后机器的气密性试验

4.3.4.1 机械运转试验完成后,对用于有毒或易燃气体机组的组装机壳,应进行气密性试验。

注:该试验是为了检查机壳接合面的整体性。

4.3.4.2 应加压到膨胀机或压缩机机壳最大允许工作压力,并在此压力下最少保持30min,用肥皂泡或其他方法检查有无气体泄漏现象。当没有观察到机壳或机壳接合面有气体泄漏时,则认为该试验是满意的。

4.3.5 任选试验

当有规定时,应该进行本标准第1部分4.3.6或本标准第1部分4.3.8.1~4.3.8.4所叙述的工厂试验。试验前,买卖双方应相互商定试验细节。

●4.3.5.1 性能试验

4.3.5.1.1 膨胀机应在正常 U/C 比下进行性能试验。

其中:

U ——膨胀机轮缘线速度;

C ——相当于通过该机器的焓降梯度。

在峰值各侧应取足够的点以形成该膨胀机效率抛物曲线。所测得的效率应至少是预测值的98%。

注1:膨胀机的 U/C 比是影响机器性能的最重要的参数。典型的膨胀机的 U/C 比(无量纲数)的设计峰值在0.7以上。

注2:当膨胀机 U/C 比和 Q/N 比(Q 是膨胀机出口容积流量, N 是正常转速)不能同时满足时,则数据必须进行修正。

4.3.5.1.2 压缩机应在正常 Q/N 比下进行性能试验。

其中:

Q ——压缩机进口容积流量;

N ——压缩机的正常转速。

在各侧最少应取五个点以形成压缩机能量头、效率—流量关系曲线。应确定喘振点，并在性能试验能量头曲线上标明所观察到的喘振点。性能试验应按照 ASME PTC 10 进行。

在正常流量下，压缩机的出口能量头应不少于预测能量头的 98%。压缩机所耗功率应不大于由膨胀机上可得到功率的 106%，但也不得少于由膨胀机上可得到功率的 96%。

注：有关说明，参见所应用的试验规范。ASME PTC 10: 1997 可能不适用于低压比的压缩机。若要选用适合的试验规范，请见 PTC 10-1997 的 1.2.2。

4.3.5.1.3 这些公差应包括在所有试验公差之内。

注：两种性能试验规范都要涉及到仪器仪表和计算方法的不精确度的规定。试验的不精确度已经包括在上面的公差之内，因此不要进一步增加。

4.3.5.1.4 除非另有规定，应只用合同机械中的一个中心段进行性能试验。

●4.3.5.2 试验后机器内部检查

机械运转试验合格后，机器应被拆卸、检查并重新组装。买方应规定 4.3.4 所要求的气密性试验是在试验后检查之前进行还是在之后进行。

注：膨胀机—压缩机内部的试验后检查应在已证明机械重新组装和机壳接合面整体性情况下按整机装运来评价。

●4.3.5.3 备件试验

备件，例如备用中心段、轴承和密封，应按规定进行机械试验。

注：备用中心段的机械试验在 4.3.3.3.6 中是强制性的。

4.4 装运准备

装运准备应按照本标准第 1 部分 4.4 和下列要求进行。

4.4.1 当购买某一备用机构中心段时，应作好在无采暖的室内至少存贮三年期限的准备。

5 卖方资料

卖方的资料应按照本标准第 1 部分第 5 章和下列规定执行。

5.1 通则

卖方提供的资料在附录 4B 及本标准第 1 部分第 5 章中已作了规定。卖方应完成附录 4B 中的图样和资料表格并按询价书或订单上注明的地址寄送。表格应详细列出图样和资料按定货时商定的发送日程表以及买方所要求的份数。

5.2 报价书

5.2.1 技术资料

技术资料应按照本标准第 1 部分 5.2.3 和下列规定：

5.2.1.1 曲线

5.2.1.1.1 压缩机和膨胀机应提交性能曲线。这些曲线应包含运行图，并标明工况范围。所有曲线应标有“预测”。

5.2.1.1.2 膨胀机-压缩机所提供的预测性能曲线应该包括：

- 膨胀机功率-流量关系曲线；
- 压缩机功率-流量关系曲线；
- 压缩机能量头和压缩比与 70% 到 110% 正常转速范围内至少四条转速线上的流量关系曲线；
- 膨胀机 UIC 与效率关系曲线。

压缩机曲线应标明整个运行工况范围。

5.3 合同资料

合同资料应按照本标准第 1 部分 5.3 和下列增加的规定：

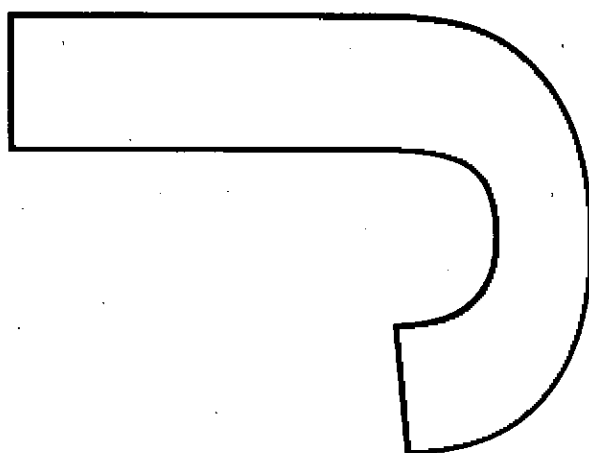
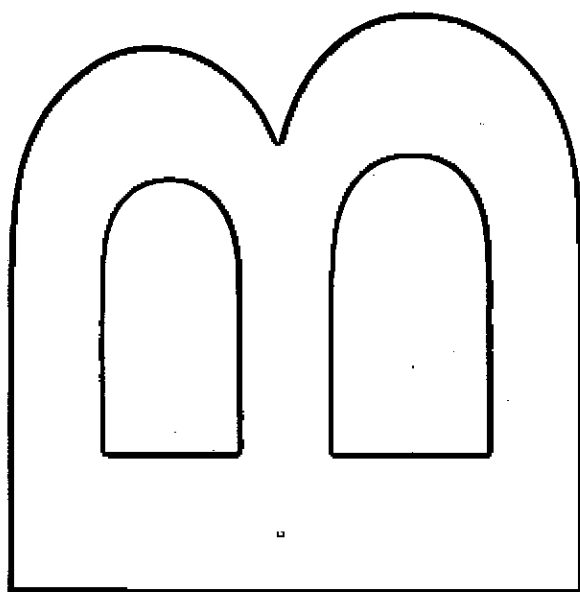
5.3.1 通则

5.3.2 图样和技术资料

5.3.2.1 曲线:

曲线应按本标准第1部分 5.3.2.1 和下列规定执行。

5.3.2.2 如果规定进行性能试验,当试验完成后,卖方应提供试验资料和曲线。膨胀机的试验性能曲线应包括膨胀机 U/C -效率关系曲线(见 4.3.5.1.1)。压缩机的性能曲线应给出能量头和效率与流量的关系曲线。压缩机性能曲线上应标明喘振点。



附 录 4A
(规范性附录)
典型数据表

透平膨胀机/压缩机 数据表 (API 617-第 7 版第 4 部分) 英制单位		作业号 _____ 项目号 _____ 订货单号 _____ 技术规范号 _____ 修订版次 _____ 日期 _____ 页次 1 总页 6 编制 _____													
1	用于 ☐ 报价 ☐ 订购 ☐ 制造														
2	用户 _____ 需要量 _____														
3	制造厂 _____ 型号 _____														
4	注: 资料完成														
5	注: 资料完成: ☐ 由买方 ☐ 由制造厂 ☐ 任一方, 如买方不完成则由卖方														
6	运 行 条 件														
7	(每套机组全部数据)														
8	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">正常情况</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">A 情况</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">B 情况</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">膨胀机</th> <th style="text-align: center;">压缩机</th> <th style="text-align: center;">膨胀机</th> <th style="text-align: center;">压缩机</th> <th style="text-align: center;">膨胀机</th> <th style="text-align: center;">压缩机</th> </tr> </table>			正常情况		A 情况		B 情况		膨胀机	压缩机	膨胀机	压缩机	膨胀机	压缩机
正常情况		A 情况		B 情况											
膨胀机	压缩机	膨胀机	压缩机	膨胀机	压缩机										
9	进口条件														
10	☐ 标 ft ³ /d/标 ft ³ /min (14.7PSI60°F 干)														
11	☐ 重量流量 (lb/min) (膨胀机: 湿/干; 压缩机: 湿/干)														
12	☐ 压力 (PSIA)														
13	☐ 温度 (°F)														
14	☐ 分子量														
15	☐														
16	☐														
17	出口条件														
18	☐ 压力 (PSI), 绝对压力														
19	☐ 温度 (°F)														
20	☐ 液体重量百分率 (%)														
21	☐ 气体 (马力)														
22	☐ 转速 (r/min)														
23	☐ 绝热/多变效率 (膨胀机/压缩机) (%)														
24	☐														
25	☐														
26	☐ 保持情况 (检查一种情况)														
27															
28	可变进口导叶工艺过程控制信号源: .														
29	型式: ☐ 电子 量程: _____ mA														
30	☐ 气动 _____ PSIG														
31															
32															
33															
34															
35	机壳接管														
36	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">接管</th> <th style="text-align: center;">☐ 规格 NPS/额定值</th> <th style="text-align: center;">☐ 端面</th> <th style="text-align: center;">☐ 位置</th> <th style="text-align: center;">☐ 法兰连接 或 螺柱连接</th> <th style="text-align: center;">☐ 配对法兰 及衬垫 由卖方提供</th> <th style="text-align: center;">☐ 气体 速度 ft/s</th> </tr> </table>			接管	☐ 规格 NPS/额定值	☐ 端面	☐ 位置	☐ 法兰连接 或 螺柱连接	☐ 配对法兰 及衬垫 由卖方提供	☐ 气体 速度 ft/s					
接管	☐ 规格 NPS/额定值	☐ 端面	☐ 位置	☐ 法兰连接 或 螺柱连接	☐ 配对法兰 及衬垫 由卖方提供	☐ 气体 速度 ft/s									
37															
38															
39	膨胀机进口														
40	膨胀机出口														
41															
42	压缩机进口														
43	压缩机出口														
44	备注: _____														
45	_____														
46	_____														
47	_____														
48	_____														

透平膨胀机/压缩机 数据表 (API 617-第 7 版第 4 部分) 英制单位			运行条件 (续)						作业号 _____ 项目号 _____ 修订版次 _____ 日期 _____ 页次 2 总页 6 编制 _____	
气体分析:			正常		A 情况		B 情况		密封气体	备注
○ 摩尔 (%)	○ 重量 (%)		膨胀机	压缩机	膨胀机	压缩机	膨胀机	压缩机		
分子重										
5	氮	4.000								
6	氢	2.016								
7	氮	28.016								
8	水蒸气	18.06								
9	二氧化碳	44.010								
10	硫化氢	34.076								
11	甲烷	16.042								
12	乙烯	28.052								
13	乙烷	30.068								
14	丙烯	42.078								
15	丙烷	44.094								
16	异丁烷	58.120								
17	正丁烷	58.120								
18	异戊烷	72.146								
19	正戊烷	72.146								
20	正己烷									
21										
22										
23										
24										
25	总计									
26	平均分子量									
27	现场数据:		气压计 _____ PSIA		适用规范:					
28	○ 标高 _____ ft				○ 卖方标准					
29	○ 环境温度范围:				○ API 617 第 7 版					
30	正常 _____ °F				○ 其他 _____					
31	最高 _____ °F				噪声规范:					
32	最低 _____ °F				○ 卖方标准					
33	地点:				○ 买方技术规范					
34	○ 室内		○ 室外		○ 见技术规范					
35	○ 有采暖		○ 顶棚下		隔音罩 ○ 要 ○ 不要					
36	○ 无采暖		○ 部分侧墙		涂漆:					
37	○ 地区分类		NEC _____ IEC _____		○ 卖方标准					
38	级 _____ 组 _____ 分类 _____				○ 其他 _____					
39	区域 _____ 组 _____ 温度类别 _____				装运准备					
40	异常条件: ○ 粉尘 ○ 烟雾				○ 国内包装					
41	○ 要求防寒		○ 要求防湿热		○ 出口包装 (MIL-P 116J 方法 II)					
42	○ 其他 _____				○ 特殊 _____					
43					交货:					
44	备注: _____				○ FCA 工厂 ○ 人作业现场 (仅国内)					
45					○ 其他: _____					
46					备用转子组件:					
47					○ 木制运输包装箱					
48					○ 金属运输集装箱带清洗设备					
49										

透平膨胀机/压缩机 数据表 (API 617-第 7 版第 4 部分) 英制单位			作业号: _____ 项目号: _____ 修订版次: _____ 日期: _____ 页次: 3 总页: 6 编制: _____	
结 构 特 点				
☐ 转速: 最高连续转速 _____ r/min 跳闸转速 _____ r/min 轮缘速度: 膨胀机 _____ ft/s 在最高连续转速 压缩机 _____ ft/s 在最高连续转速			☐ 叶轮: 膨胀机 _____ 压缩机 _____ ☐ 直径 (in) _____ ☐ 型式 (开, 闭) _____ ☐ 制造型式 _____	
☐ 横向临界转速 (有阻尼) 第一阶临界转速 _____ r/min 弯曲方式 _____ ☐ 未加阻尼的临界转速图 ☐ 整个转子动力分析			☐ 膨胀机轮材料 _____ ☐ 屈服强度 (kPSI) 最大 _____ 最小 _____ (TYP) ☐ 硬度 _____ (布氏) (HRC) ☐ 压缩机轮材料 _____ ☒ 屈服强度 (kPSI) 最大 _____ 最小 _____ (TYP) ☐ 硬度 _____ (布氏) (HRC) (TYP)	
☐ 机壳: 型号 _____				
☐ 机壳剖分				
☐ 材料			☐ 轴: ☐ 材料 _____	
☐ ASTM A-351 CF8 ☐ ASTM A-352 LC3 ☐ ASTM A-352 LCC ☐ ASTM A-216 WCB ☐ _____			轴端: ☐ 锥形 ☐ 圆柱形 ☐ 屈服强度 PSI _____ ☐ 轴硬度 (布氏) (HRC) _____	
☐ 设计压力 (PSIG) _____ ☐ 最高设计温度 (°F) _____ ☐ 最低设计温度 (°F) _____ ☐ 目视检查 ☐ 摆动钟冲击试验 ☐ 磁粉检测 ☐ 液体渗透剂检测 ☐ 关键区 X 射线照相 ☐ _____ ☐ _____			☐ 轴封: ☐ 单口缓冲迷宫密封 ☐ 双口缓冲迷宫密封 ☐ 三口缓冲迷宫密封 放气压力 _____ PSIG ☐ 干气密封: ☐ 缓冲气型式 _____ ☐ 缓冲气供给压力 _____ PSIG ☐ 其他 _____	
☐ 水压试验 ☐ 1.5×设计 _____ ☐ _____			密封气体要求: ☐ 型式 _____ ☐ 最小供气压力 _____ PSIG ☐ 最大供气压力 _____ PSIG ☐ 最低供气压力 _____ °F ☐ 最高供气压力 _____ °F ☐ 正常流量 _____ 标 ft ³ /min 在 _____ PSI Δp 下 ☐ 最大流量 _____ 标 ft ³ /min 在 _____ PSI Δp 下	
☐ 机壳泄漏试验 ☐ 1.0×设计 _____ ☐ _____ ☐ 100% 氮气 ☐ 氮气/氦气混合 (90/10) ☐ 100% 氦气 注: 水压试验之后进行泄漏试验, 使用肥皂泡法			☐ 注: 买方提供第 2 页上密封气体成分。	

透平膨胀机/压缩机 数据表 (API 617-第 7 版第 4 部分) 英制单位		作业号 _____ 项目号 _____ 修订版次 _____ 日期 _____ 页次 4 总页 6 编制 _____
结构特点 (续)		
1		
2	轴承	
3	径向:	止推:
4	☐ 型式:	☐ 型式:
5	☐ 套筒轴承	☐ 锥形台止推轴承
6	☐ 可倾瓦轴承	☐ 可倾瓦止推轴承
7	☐ 活性磁力轴承	☐ 活性磁力止推轴承
8	☐ 其他 _____	☐ 其他 _____
9	☐ 材料:	☐ 制造厂:
10	☐ 铝 (衬巴氏合金)	润滑: ☐ 满溢润滑 ☐ 直接群众工作油 ☐ 无
11	☐ 黄铜/青铜 (衬巴氏合金)	推力盘: ☐ 整体 ☐ 分开
12	☐ 碳钢 (衬巴氏合金)	振动探测器:
13	☐ 其他 _____	型式: ☐ 涡流 ☐ 感应 ☐ _____
14	☐ 轴径 (in) _____	☐ 制造厂 _____
15	☐ 制造厂 _____	☐ 型号 _____
16	轴承温度装置:	☐ 位置和数量:
17	☐ 型式	☐ 各轴颈轴承上数目 _____ 总数
18	☐ 热电偶 型式: _____	☐ 如要求, 振荡—解调器供给由:
19	☐ 电阻温度探测器	☐ 卖方 ☐ 型号 _____
20	☐ 电阻材料 _____ ☐ _____ Ω	☐ 买方 ☐ 型号 _____
21	☐ 位置/数量	☐ 机器振动保护逻辑装置:
22	☐ 单双元件 (主要和备用) _____ 各轴承	☐ 振动监视器 ☐ 数据系统
23	☐ 温度保护逻辑装置	☐ 可编程逻辑控制器 ☐ 其他 _____
24	☐ 温度监视器 ☐ 数控系统	☐ 逻辑装置提供由: ☐ 卖方 ☐ 买方
25	☐ 可编程逻辑控制器 ☐ 其他 _____	☐ 振动保护逻辑装置位置:
26	☐ 逻辑装置提供由: ☐ 卖方 ☐ 买方	☐ 就地控制盘 ☐ 远程控制盘
27	☐ 温度保护逻辑装置:	☐ 主控制室 ☐ _____
28	☐ 就地控制盘 ☐ 远程控制盘	☐ 振动幅度显示
29	☐ 主控制室 ☐ 其他 _____	☐ 振动监视器 ☐ 型号 _____
30	☐ 轴承温度显示型式:	☐ 字母数字显示器
31	☐ 温度监视器 ☐ 型号 _____	☐ 人机接口/目视显示装置
32	☐ 字母数字显示器	☐ 显示装置提供由: ☐ 卖方 ☐ 买方
33	☐ 人机接口/目视显示装置	☐ 温度显示装置的位置:
34	☐ 买方	☐ 就地控制盘 ☐ 远程控制盘
35	☐ 其他 _____	☐ 主控制室 ☐ 其他 _____
36	☐ 显示装置提供由: ☐ 卖方 ☐ 买方	☐ 主相位器 ☐ 要 ☐ 不要
37	☐ 温度显示装置的位置:	如需要, 磁力轴承控制柜
38	☐ 就地控制盘 ☐ 远程控制盘	☐ 不间断电源供给由: ☐ 卖方 ☐ 买方
39	☐ 主控制室 ☐ 其他 _____	☐ 控制柜的位置:
40		☐ 就地盘 ☐ 远程盘
41	转速探头:	☐ 主控制室 ☐ _____
42	☐ 型式: ☐ 电磁的 ☐ 涡流的	☐ 来自机器滑道的电缆长度
43	☐ 数量 _____	至控制柜 _____ ft
44		☐ 电源和信号电缆:
45	☐ 机器保护逻辑装置:	☐ 供给由买方 ☐ 供给由卖方
46	☐ 开关 ☐ 转速监视器 ☐ _____	☐ 通信协议
47	☐ 转速显示的位置:	☐ MODBUS ☐ 其他 _____
48	☐ 就地盘 ☐ 远程显示器	☐ 功率消耗: _____ kW

透平膨胀机/压缩机 数据表 (API 617-第 7 版第 4 部分) 英制单位				作业号 _____ 项目号 _____ 修订版次 _____ 日期 _____ 页次 5 总页 6 编制 _____	
1	☐ 其他接管			☐ 允许管路力和力矩:	
2	用途	数量	规格	型式	☐ 1.85×NEMA SM23
3	润滑油进口				☐ 3×NEMA SM23
4	润滑油出口				☐ 其他
5	密封气进口				机壳排放口:
6	密封气出口				
7	膨胀机/压缩机机壳排放口				☐ 法兰连接 ☐ 法兰连接和歧管连接
8	中间排气				
9	推力压力				
10	膨胀机/压缩机叶轮压力				
11					
12					
13					
14					
15					
辅助设备					
17	☐ 膨胀机进口断流阀:				
18	☐ 型式				
19	☐ 蝶阀 ☐ 规格: _____ ☐ 额定值: _____ ☐ 允许压力降: _____ PSID				
20	☐ 其他: _____				
21	☐ 设计压力 _____ PSIG ☐ 设计温度 (最低/最高) _____ / _____ °F				
22	☐ 材料:				
23	☐ 不锈钢 ☐ 低温碳钢 ☐ 碳钢 ☐ 其他: _____				
24	☐ 断流阀供给由: _____ ☐ 卖方 ☐ 买方				
25	☐ 进口栏网和短管:				
26	进口栏网	膨胀机	压缩机	用于进口栏网:	
27	型式: (锥形、篮形、其他)			规格	
28	规格 (直径) (in)			额定值	
29	网孔规格			端面	
30	压力降 (PSID)			设计压力 (PSIG)	
31	材料:			设计温度 (最小/最大) (°F)	
32	不锈钢	☐	☐	设计温度 (最小/最大) (°F)	
33	其他	☐	☐	材料:	
34	进口栏网供应由			不锈钢	☐ ☐
35	☐ 卖方			低温碳钢	☐ ☐
36	☐ 买方			碳钢	☐ ☐
37				其他:	
38				短管结构:	
39				中分/焊接的	☐ ☐
40				焊接颈部/对焊	☐ ☐
41				承插焊接的	☐ ☐
42				管子技术规格: _____	
43					
44	☐ 压缩机防喘振系统				
45	控制器: ☐ 比例积分微分控制器 ☐ 其他: _____				
46	☐ 循环阀 型式: _____ 材料: _____ 噪声限制: ☐ 卖方标准 ☐ 特殊 _____				
47	☐ 设计压力: _____ PSIG ☐ 设计温度 (最低/最高) _____ / _____ °F				
48	☐ 进口流量装置 型式: _____ ☐ 供给由: _____				
49	☐ 压缩机进口流量变送器 ☐ 压缩机差压变送器				

透平膨胀机/压缩机 数据表 (API 617-第 7 版第 4 部分) 英制单位				作业号 _____ 项目号 _____ 修订版次 _____ 日期 _____ 页次 6 总页 6 编制 _____
1	工厂检查和试验			
2	润滑油进口	要求	观察	见证
3	净度试验	○	○	○
4	水压试验	○	○	○
5	低速平衡 (ISO1940 2.5)	○	○	○
6	叶轮超速 (最高连续转速的 115%)	○	○	○
7	叶轮共振试验	○	○	○
8	机械运转试验	○	○	○
9	○ 主 ○ 备用			
10	○ 合同探头 ○ 工厂探头			
11	改变润滑与密封油压力和温度	○	○	○
12				
13	极坐标形式振动数据	○	○	○
14	磁带记录振动数据	○	○	○
15	磁带数据给买方	○	○	○
16	性能试验 (空气)	○	○	○
17	整机试验	○	○	○
18	氮气/氢气壳体泄漏试验	○	○	○
19	声级试验	○	○	○
20	全功率试验	○	○	○
21		○	○	○
22		○	○	○
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38	备注:			
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				

附 录 4B
(规范性附录)
膨胀机-压缩机卖方
图样和资料要求

API 617

第4部分 附录B

立方图样和资料要求

作业号 _____ 项目号 _____

页次 总页 页编制

日期 修订

[illegible]

^a 报价的图样和资料不必确认或待填。

^b 买方应该按所给术语, 在本栏中填写材料及期望提交的时间范围。

^c 投标者应完成这两栏，以反映实际的发送时间表，报价应包括本表格。

^d 这些项目通常只在说明手册中提供。

如果由卖方供给。

如果规定。

API 617

第 4 部分 附录 B

卖方图样和资料要求

作业号_____项目号_____

页次_____总页_____页编制_____

日期_____修 订_____

注 1: 在必须满足日程表的装运日期的地方, 在卖方收到订单后应着手制造, 不要等待买方对图样的批准。

注 2: 卖方应发送所有图样和资料到下列地址:

注 3: 所有图样和资料应示出工程项目、采购单号和项目号以及装置位置和单位。除上面规定的份数外, 应随装运提交一套现场安装所必须的图样和说明书。

注 4: 请见随后的所要求项目的说明。

注 5: 在作最终付款之前, 应该收到分发日程表上指出的全部资料。

注 6: 如果典型图、示意图、材料单用于报价, 它们应作标记, 示出所预期的重量和尺寸以反映实际设备所报价的范围。

示语:

S——装运前的周数。

F——确认定单后的周数。

D——收到审核图样后的周数。

卖方

日期

签字

卖方参考号

(签字确认收到全部资料)

API 617

第4部分 附录B

卖方图样和资料要求

作业号_____项目号_____
 页次_____总页_____页编制_____
 日期_____修 订_____

说 明

1. 外形尺寸确认后的外形图和连接件表, 包括:

- 所用客户各种连接件的尺寸、规格和位置;
- 大致的总体和搬运重量;
- 外型尺寸和维护及拆卸间隙;
- 轴中心线高度;
- 用于机组或滑道安装机组的底板尺寸(如提供的话), 调整用螺栓孔的直径、数目和位置及螺栓必须穿过的部件的厚度;
- 基础详情;
- 对于进口和出口管嘴所允许的外力和外力矩;
- 重心和起吊点;
- 轴端分开和对中数据;
- 转动方向;
- 当要求时, 冬季运行防寒准备、热带气候条件下防湿热准备或噪声衰减细节;
- 示出组装的机器和大型部件及辅助设备的示意图。

2. 主要设备的剖视图和件号。

3. 转子装配图和件号。

4. 止推轴承装配图和件号。

5. 轴颈轴承装配图和材质单。

6. 联轴器装配图和材质单。

7. 润滑油示意图和材质单, 包括:

- 各供油点上的油流量、温度和压力;
- 压力和温度的控制、报警设定值;
- 总的热量负荷;
- 公用工程条件, 包括电、水、空气和蒸汽;
- 管子、阀门和孔口尺寸;
- 仪器仪表, 安全装置、控制线路和配线图。

8. 润滑油平面布置图和接管表。

9. 润滑油部件图和数据, 包括:

- 泵和驱动机;
- 冷却器、过滤器和油箱;
- 仪器仪表。

10. 密封系统示意图和材质单中, 包括:

- 各供油/气点上油或气的流量、温度和压力;
- 压力和温度的控制、报警和停车设定值;
- 如果要求, 用于冷却器的总热量负荷;
- 公用工程要求, 包括电、水、空气和蒸汽;
- 管子、阀门和孔口尺寸;
- 仪器仪表、安全装置、控制线路和配线图;
- 过滤要求;

API 617

第4部分 附录B

卖方图样和资料要求

作业号_____项目号_____
 页次_____总页_____页编制_____
 日期_____修 订_____

- h) 高位油箱在机器中心线之上的高度。
11. 密封系统平面布置图和接管表。
 12. 密封系统部件图和数据, 包括:
 - a) 泵和驱动机;
 - b) 冷却器、过滤器和油箱;
 - c) 仪器仪表。
 13. 密封装配图和件号。
 14. 电气和仪器仪表平面布置图及接管表:
 - a) 振动报警和停车极限;
 - b) 轴承温度报警和停车极限;
 - c) 润滑油温报警和停车极限;
 - d) 润滑油压报警和停车极限;
 - e) 润滑油压报警和停车极限;
 - f) 机器出口压力与温度报警和停车极限;
 - g) 密封、压力、温度、流量报警和停车极限。
 15. 电气和仪器仪表布置图及接管表。
 16. 缓冲气系统示意图和材质单。
 17. 缓冲气系统平面布置图和接管表。
 18. 缓冲气系统部件图和数据, 包括:
 - a) 控制装置;
 - b) 压力和过滤精度要求。
 19. 随报价书待填的供货数据表。
 20. 卖方应随报价书以表格形式提供的各管嘴的允许外力和外力矩。
 21. 预测的噪声级、声压和声功率级。
 22. 在报价书中列出 ASTM、AISI、ASME 或 SAE 标准号标识的主要部件的化学性能。
 23. 当有规定时, 横向临界分析报告还应包括稳定性分析。
 24. 扭振分析报告。
 25. 在平衡后要求拆卸的机器上进行振动分析, 以便机器组装。
 26. 性能数据和曲线, 足够的性能数据以使买方能恰当地设计控制系统和防止喘振。
 27. 提供审查的超速试验前后各叶轮尺寸。
 28. 机械运转试验报告包括:
 - a) 未滤波的振动;
 - b) 示出滤波的和未滤波的同步振动及送话器角度的绘图;
 - c) 为规定时, 数据应以极坐标形式提供;
 - d) 当规定时, 应作所有实时振动数据的磁带记录;
 - e) 在各探头上的电和机械径向跳动。

在完成各见证机械或性能试验后, 试验期间记录的工作日志和数据的副本应立即给见证人。
 29. 联轴器选择和额定功率。
 30. 起动和正常维护需要的推荐备件清单。

API 617

第4部分 附录B

卖方图样和资料要求

作业号_____项目号_____

页次_____总页_____页编制_____

日期_____修 订_____

31. 提供用于维护的专用工具清单。
32. 卖方应提供买方在设备抵达工作现场后起动之前, 为保持设备的整体性存放准备工作所必要的说明书。
33. 在数据表上所规定的现场条件下用于起动、运行和空闲期间风雨防护说明。
34. 公用工程条件清单: 下列各项的数量、过滤精度和供给压力:
 - a) 蒸汽;
 - b) 水;
 - c) 电;
 - d) 空气;
 - e) 气体;
 - f) 润滑油和密封油 (数量和供给压力);
 - g) 热负荷;
 - h) 辅助驱动机的功率额定值和运行功率要求。
35. 同询价书中所规定的条件相类似的已经安装或正在运行的, 且机型相类似的机器的清单。
36. 为保护设备的整体性, 起动、停车或操作时的限制条件, 包括避开自振频率造成的所有转速。
37. 需要买方接受的替代设计的部件清单。
38. 包括暴露于 H_2S 的材料硬度在内的压缩机的结构材料的综述。
39. 如果应用的话, 密封气体最大流量 (喷射或引出) 和额定的或预期的内密封油泄漏率。当供给自调式干密封时, 应在运行工况范围内的最大密封压力下给出预期的密封气消耗量、最小密封气供给量和一次放空量。
40. 当供给级间冷却器时, 卖方应提供:
 - a) 表示冷却系统详情的图样;
 - b) 用于买方热量和材料平衡的数据;
 - c) 分离和抽出冷凝水的装置详情;
 - d) 卖方考虑的有关管路支承和膨胀的建议。
41. 仪器仪表和控制器工作的图样、详图、说明以及辅助设备的牌号、材料和型式。卖方还应包括要提供的报警与停车设定值的整套说明。
42. 正常流量特性时, 进口和任何侧进口所要求的直接管的最少长度。
43. 各压缩机最大和最小允许密封压力。
44. 有关压缩机和机组规定的试验项目 (包括性能试验) 制造厂能力的声明。应包括各任选试验项目的细节。
45. 应提供压缩机和膨胀机的预测性能曲线, 包括:
 - a) 膨胀机功率—流量关系曲线;
 - b) 压缩机功率—流量关系曲线;
 - c) 压缩机能量头和比, 取自正常转速线 70%~110% 的四条转速线;
 - d) 膨胀机速度/流量—效率关系曲线。
 如果要求进行性能试验, 则应提供性能曲线和有关数据
46. 对叶轮背靠背布置的压缩机, 卖方应提供表示止推轴承工作侧或非工作侧上预期负荷曲线和机壳内低压段到高压段任意组合的压差关系曲线。

API 617

第 4 部分 附录 B

卖方图样和资料要求

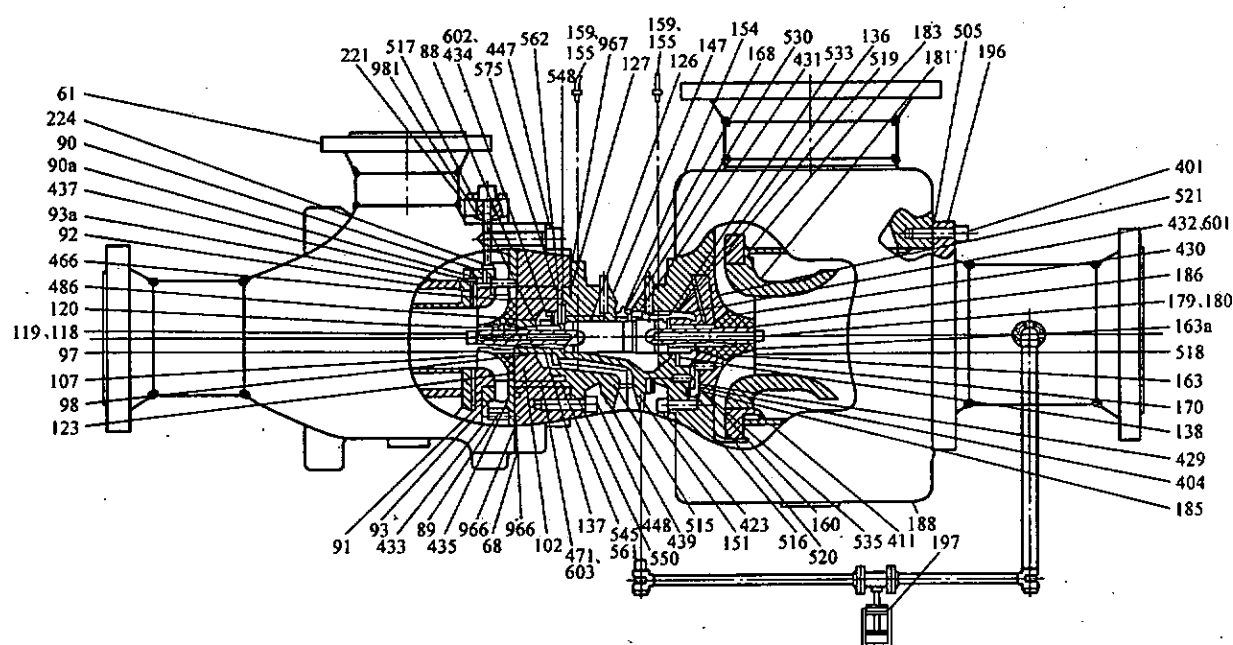
作业号_____项目号_____

页次_____总页_____页编制_____

日期_____修 订_____

47. 卖方应根据设计间隙和额定条件的两倍设计间隙给出平衡盘泄漏量。
 48. 当有规定时, 卖方应提供平衡盘压差—推力负荷关系曲线。
 49. 卖方应提供生产和交货日程表。
 50. 在首次运转试验之前至少六个月, 卖方应提交包括机械运转试验和所有任选试验验收标准的详细方法。
 51. 卖方应提交进度报告。
 52. 设备正确安装所需要的所有资料, 应编辑成手册, 在不晚于最终认定图样时必须发出。
 53. 包含所有操作与维护说明书的手册, 在已成功地完成所有的规定试验之后不迟于两周供给。
 54. 卖方应在工厂试验完成 30 天之内提供一技术资料手册, 包括:
 - a) 材料合格证;
 - b) 材料单上所有项目的采购技术规范;
 - c) 已满足确认的技术规范要求的试验数据;
 - d) 热处理数据;
 - e) 质量试验和检查结果;
 - f) 机械运转试验数据记录;
 - g) 最终装配后的维护和运行间隙。
- 请求卖方至少保存好这些资料五年, 以用于买方备查。

附 录 4C
(规范性附录)
膨胀机-压缩机名词术语



图解

位号	名 称	位号	名 称
61	膨胀机机壳	151	轴承箱排放口
68	迷宫密封外壳	154	测速计传感插件
88	管嘴盖板	155, 159	振动拾音器和锁定螺母
89	管嘴组和凸轮辊	160	压缩机密封
90	管嘴调节环	163	压缩机密封插件
90a	管嘴夹紧圈	163a	压缩机密封插件—垫片
91	管嘴固定圈	168	测速计拾音器
92	管嘴固定圈—垫片	170	压缩机轮
93	活塞环	179, 180	固定螺钉和固定垫圈
93a	密封圈	181	压缩机导流机构
97	隔热板壁插件	183	压缩机导流机构垫片
98	隔热板壁插件—垫片	185	压缩机轮背面密封
102	隔热板壁	186	轴键(压缩机)
107	膨胀机轮	188	压缩机机壳
118,119	固定螺钉和固定垫圈	196	压缩机进口隔套
120	轴键(膨胀机)	197	自动推力平衡组件
123	膨胀机轮背面密封	221	执行机构支架组件
126	轴	224	管嘴执行机构杆
127	轴承推力垫圈(膨胀机)	401-486	螺钉
136	轴承推力垫圈(压缩机)	505-575	O 形环
137	轴承—驱动	601-603	垫圈
138	轴承—载荷	966-981	Raco(拉科)密封
147	轴承箱		

图 4.C-1 示出关键部件名词示语的典型膨胀机-压缩机剖视图

附 录 4D
(规范性附录)
检查员的检验单

项 目	API 617		审核	观察	见证	检查人	状态
	条款	部分					
概况							
合同审查—报价书中列出的试验和检查	2.2.1.4	1					
一般试验要求	4.1.1	1					
	4.1.3	1					
	4.1.4	1					
	4.1.4.1	1					
	4.1.6	1					
	4.1.7	1					
	4.2.1	1					
	4.2.1.2	1					
	4.2.1.3	1					
清洁度	4.2.1.4	1					
硬度	4.2.1.5	1					
壳体支承安装表面	2.3.3	4					
铭牌	2.11.2	4					
转向箭头	2.11.1	4					
材料检查							
材料检查	4.2.2.1	1					
铸件	2.2.2.1	1					
低温冲击	2.2.1.1.5.5	1					
锻件	2.2.3.2	1					
焊接	2.2.4.1	1					
承压机壳	2.3.1	1					
承压件材料检查	2.3.1.12	1					
转动元件							
叶轮	2.5.10.4	1					
	2.5.10.5	1					
	2.5.10.6	1					
	4.3.3.1	1					
超速	2.5.10.7	1					
	4.3.3.1	1					
平衡	2.6.8	1					
	2.6.8.8	1					
	附录 B						
径向跳动	2.6.8.9	1					
	2.6.8.10	1					
辅助设备							
轴端密封	4.3.5	1					
	附录 D						

项 目	API 617		审核	观察	见证	检查人	状态
	条款	部分					
润滑与密封系统	2.10.3 API 614	1					
驱动机	3.1	1					
汽轮机	3.1.4 API 612	1					
电动机	3.1.5 API 541	1					
燃气轮机	3.1.7 API 616	1					
单独齿轮装置	3.1.8 API 613	1					
联轴器和护罩	3.2 API 671	1					
仪器仪表	3.4.3	1					
	3.4.4	1					
	API 614						
	API 670						
报警和停车	3.4.5 API 614	1					
电气系统	3.4.6 API 614	1					
	2.1.14	1					
管路	3.5.1 API 614	1					
专用工具	3.6.1	1					
	3.6.2	1					
试验							
试验数据记录	4.3.1.2	4					
核实自振频率的叶轮摆动 试验	4.3.2	4					
水压试验							
水压试验	4.3.2.1	1					
	4.3.2.2	1					
	4.3.2.3	1					
超速试验							
叶轮超速试验	4.3.3.1	1					
机械运转试验							
不平衡响应校验	2.6.3.1	1					

项 目	API 617		审核	观察	见证	检查人	状态
	条款	部分					
振动记录	2.6.3.1.1	1					
	4.3.6.1.1	1					
	4.3.6.1.2	1					
	4.3.6.1.3	1					
试验中使用的合同轴封	4.3.6.1.4	1					
油流量压力和温度	4.3.1.1.2	4					
油系统清洁度	4.3.1.1.3	4					
检查报警保护控制装置 控制装置	4.3.1.1.6	4					
磁力轴承检查	4.3.3.1.4	4					
接管泄漏检查	4.3.1.1.5	4					
振动等级	4.3.1.1.11	4					
进行转速试验	4.3.1.2.1	4					
跳闸转速下试验	4.3.1.2.3	4					
4h 运转	4.3.1.2.2	4					
密封流量数据	4.3.3.1.2	4					
试验中使用的合同轴封	4.3.3.1.1	4					
试验仪器仪表检查	4.3.3.1.7	4					
改变润滑和密封油流量	4.3.6.1.5	1					
振动等级	4.3.3.3.1	4					
	4.3.3.3.2	4					
核实横向临界转速	4.3.3.3.3	4					
核实不平衡响应分析	4.3.3.3.4	4					
备用中心段试验	4.3.3.3.6	4					
试验后轴承检查	4.3.3.4.1	4					
试验后密封检查	4.3.3.4.2	4					
组装的压缩机气密性试验	4.3.4.1	4					
	4.3.4.2	4					
任选试验	4.3.5	4					
性能试验	4.3.5.1	4					
	4.3.5.1.1	4					
	4.3.5.1.2	4					
	4.3.5.1.3	4					
	4.3.5.1.4	4					
试验后检查	4.3.5.2	4					
氢气试验	4.3.8.2	1					
声级试验	4.3.8.3	1					
辅助设备试验	4.3.8.4	1					
试验后压缩机	4.3.8.5	1					

项 目	API 617		审核	观察	见证	检查人	状态
	条款	部分					
内部检查							
全压/满负荷/全速试验	4.3.8.6	1					
液压联轴器装配的试验后检查	4.3.8.7	1					
备件试验	4.3.8.8	1					
	4.3.5.3	4					
装运准备							
设备准备	4.4.1	1					
	4.4.2	1					
油漆	4.4.3.1	1					
外部机加工表面涂层	4.4.3.2	1					
轴承箱、油系统、辅助设备和管路防护	4.4.3.4	1					
开口加盖板和防护	4.4.3.5	1					
	4.4.3.6	1					
	4.4.3.7	1					
起吊点标识	4.4.3.8	1					
设备标记加标签、装箱单	4.4.3.9	1					
备用转子准备存贮	4.4.3.10	1					
准备装运的外露轴	4.4.3.12	1					
辅助管路连接加标签和打印	4.4.4	1					
	4.4.5	1					
随设备装运的安装说明书	4.4.6	1					

附录 4E
(规范性附录)
外力和外力矩

E.1 概论

E.1.1 API 617 标准 1988 年 4 月, 1979 年 11 月, 1973 年 10 月的版本涉及到进出口连接法兰可承受的外力和外力矩计算方法采用 NEMA 标准, 并规定用公式中的常数乘以 1.85。经验已证明对“1.85 乘 NEMA”尚无一致的解释。在通常情况下, 该方程式用于膨胀机—压缩机要注明所有常数确定的方法, 并且阐明 NEMA 计算中排气管口的当量值是压缩机管口的最大值, 但对于进气管口就未必如此。

E.1.2 对于低压力机械 (例如轴流压缩机、悬臂式压缩机或者依赖机壳的紧密径向和轴流间隙设计为开式叶轮的压缩机或机械) 进行机械设计时, 卖方应标出最大允许外力和外力矩。

注: 对于这种配置形式常常要求 0.2 乘以 NEMA。

E.2 方程式

设计膨胀机—压缩机壳体时, 必须考虑限定机壳进出气接管法兰的管路负荷。为了保证系统具有最大的可靠性, 管道施加给进出气接管法兰上的负荷要尽可能地小, 这与膨胀机—压缩机的承载能力无关。作为标准, 对于单级膨胀机—压缩机, 进、出口接管作用在膨胀机或压缩机上的外力和外力矩由下列情况限定:

- a) 在任何连接法兰处施加于压缩机的总合力和总合力矩不应超过方程式 (4.E-1a) 或式 (4.E-1b) 的计算值。

在国际单位制中:

$$F_r + 1.09M_r \leq 54.1D_e \quad (4.E-1a)$$

在英制单位中:

$$3F_r + M_r \leq 927D_e \quad (4.E-1b)$$

式中:

F_r ——合力, 单位为 N (lb) (见图 4.E-1);

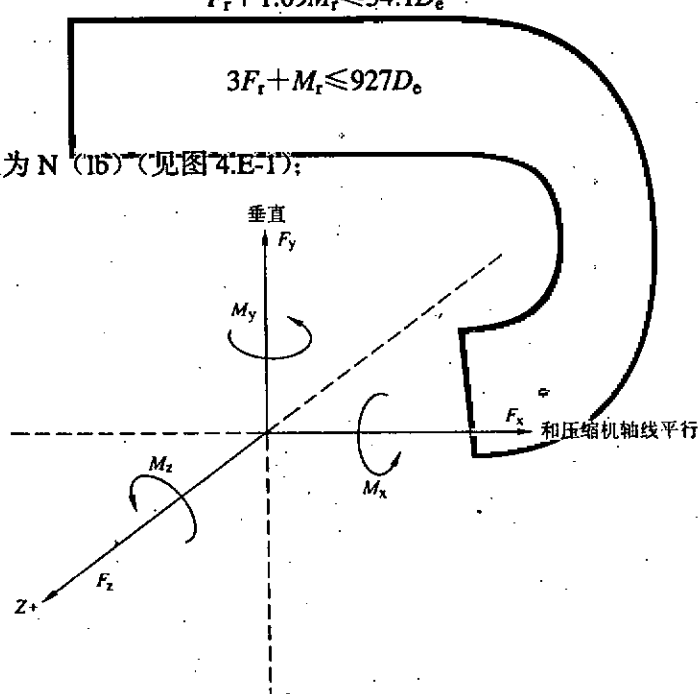


图 4.E-1 修正的外力和外力矩组合合力

M_r ——合力矩, 单位为 $N \cdot m$ ($ft \cdot lb$) (见图 4.E-1)。

对于直径最大到 200mm (8in) 的接管:

$$M_r = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}; \quad (4.E-2)$$

D_c ——标称的连接管直径, 单位为 mm (in)。

对于直径大于 200mm (8in) 的接管, 应使用下式计算当量接管直径:

在国际单位制中:

$$D_c = \frac{400 + D_{\text{标称}}}{3} \quad (\text{mm}) \quad (4.E-3a)$$

英制单位是:

$$D_c = \frac{16 + D_{\text{标称}}}{3} \quad (\text{in}) \quad (4.E-3b)$$

式中:

D_c ——校正的当量直径, 单位为 mm (in);

$D_{\text{标称}}$ ——标称的接管管径, 单位为 mm (in)。

b) 在最大接管中心线上分解的进口、抽加气口和出口接管的合力和力矩应不超过下列值:

1) 合力:

在国际单位制中:

$$F_c + 1.64M_c \leq 40.4D_c \quad (4.E-4a)$$

英制单位是:

$$2F_c + M_c \leq 462D_c \quad (4.E-4b)$$

式中:

F_c ——进口、抽加气口和出口合力, 单位为 N (lb);

M_c ——进口、抽加气口和出口力的合力矩, 产生自力的力矩合成力矩, 单位为 $N \cdot m$ ($ft \cdot lb$);

D_c ——一个圆形开口的直径, 单位为 mm (in), 等于进口、抽加气口和出口的开口总面积。

如果当量接管管嘴直径大于 230mm (9in), 使用等于下列 D_c 值:

在国际单位制中:

$$D_c = \frac{(460 + \text{当量直径})}{3} \quad (\text{mm})$$

英制单位中:

$$D_c = \frac{(18 + \text{当量直径})}{3} \quad (\text{in})$$

2) 这些合力和力矩的各自分力和分力矩 (图 4.E-1) 应不超过下列值:

在国际单位制中:

$$F_x = 16.1D_c$$

$$F_y = 40.5D_c$$

$$F_z = 32.4D_c$$

$$M_x = 24.6D_c$$

$$M_y = 12.3D_c$$

$$M_z = 12.3D_c$$

英制单位是:

$$F_x = 92D_c$$

$$F_y = 231D_c$$

$$F_z = 185D_c$$

$$M_x = 462D_c$$

$$M_y = 231D_c$$

$$M_z = 231D_c$$

式中:

F_x ——与压缩机轴平行的 F_c 的水平分力, 单位为 N (lb);

F_y —— F_c 的垂直分力, 单位为 N (lb);

F_z ——与压缩机轴成直角的 F_c 水平分力, 单位为 N (lb);

M_x ——围绕水平轴线 M_c 分力矩, 单位为 N·m (ft·lb);

M_y ——围绕垂直轴线 M_c 分力矩, 单位为 N·m (ft·lb);

M_z ——围绕与压缩机轴成直角的水平轴线 M_c 的分力矩, 单位为 N·m (ft·lb)。

c) 允许力和力矩的大小只同透平膨胀机的结构有关, 而与连接管路、法兰与法兰连接的力和力矩无关, 其值应不超过应用规程和管理机构所规定的允许应力。

买卖双方共同商议可以增加负载, 但是应尽量减小预期的工作载荷。

附录 4F

(资料性附录)

活性磁力轴承的应用准则

F.1 概述

F.1.1 适用范围

本标准描述用于高速膨胀机-压缩机的活性磁力轴承系统采购的技术性能准则。

注：在膨胀机-压缩机系统(通常称为涡轮膨胀机)中可以使用磁力轴承有多种原因，最值得注意的是即使该涡轮膨胀机在运行中严重损伤也会消除低温工艺过程系统中油污染和卡住的可能性。

F.1.2 术语定义

F.1.2.1 磁力轴承是使用磁力支承一个转动机器的轴的装置，特别是不用使用润滑油。

F.1.2.2 活性磁力轴承是该磁力由一控制系统主动地控制的磁力轴承。大多数转动设备使用活性磁力轴承间“被动”磁力轴承不同，被动磁力轴承使用永久磁铁但不是主动控制。

F.1.2.3 径向磁力轴承，同轴向相反，以径向方向支承轴，它一般由每个轴承上四块扇形体组成。

F.1.2.4 叠片组由一系统紧密叠加在一起但由一薄的电氧化层分开的铁基材料薄的磁欠薄片组成。叠片组的用途是降低涡流损失和在磁力轴承和转子中发热。转子叠片组一般同该径向轴承系统一同提供，二者用于磁力轴承本身和用于某些型式的转子位置传感器，例如感应位置传感器。轴向磁力轴承一般不采用转子叠片组，剖分是由于较小的涡流生成(由于有利的极的取向性)，部分是由于在这种设计中所涉及的机械难度，特别用在高转速用途上。

F.1.2.5 A级放大器配置系指在磁力轴承控制系统中连接放大器的方法。多数有磁力轴承的转动设备，采用A级放大器配置。在这种配置中，没有任何其他力作用在它上面的浮动转子将有上下两个轴承加载到它们的能力的50%。如果施加一个外部负荷(例如，作用在转子质量上的一个重力)则上部轴承将增大它的力和下部轴承将减小它的力以致该系统保持处于平衡和该转子保持位于该轴承中心。这种方法允许该轴承系统以该材料的磁化曲线的更为线性部分运行，从而增强控制能力。

F.1.2.6 扇形体是由一个或多个边线的线圈组成的径向磁力轴承的扇形块，以致扇形体中线圈的磁力作用一致。一般来说，两块扇形体，就位相隔180°，构成一个径向轴线。

F.1.2.7 轴向磁力轴承以轴向方向支承该轴。它一般由两块相对着的轴承构成(提供和作用响应)，每个由一个或多个环形线圈激励。

F.1.2.8 一个轴线指的是该磁力轴承可以施加双向力的具体位置的方向。典型的膨胀机-压缩机将由一个五轴活性磁力轴承系统支承。这五个轴是在膨胀机端两个径向，压缩机端两个径向及一个轴向轴。

F.1.2.9 辅助轴承系统(也称作“后备轴承”，“捕获轴承”或“惯性滑行轴承”)用于三种用途：

- a) 当对磁力轴承系统供电中断时，提供支承；
- b) 在瞬态超过该磁力轴承容量的推敲情况下，帮助防止转子和定子损伤；
- c) 在磁力轴承系统失效情况下，允许转子慢慢停下，不损伤转子或定子。

辅助轴承在设计上被认为是消耗品。因而它们的工作寿命取决于该轴承所安装的机器的运行历史情况。

F.1.2.10 悬浮系指激活电流到轴承以便该转子悬置在具体轴承悬浮的磁力轴承之内。转子的悬浮通常系指同时激活所有轴。

F.1.2.11 去悬浮出现在转子正在运行中，辅助轴承系统受到触及时，这一接触可以纯粹是径向的，纯粹轴向的，或者这两者的组合。它可以是该磁力轴承系统过载的结果，或者是由于该系统中一个或多个

轴电气上去激励。

F.1.2.12 着陆表面或着陆套系指在去悬浮期间接触该辅助轴承表面的转子上的表面。

F.1.2.13 转子位置传感器提供在油润滑的机械中一般要由涡流探头提供的振动数据。这些信号还提供给控制电子装置正确定位该轴在轴承间隙中所必要的资料。

F.1.2.14 就地电子装置是磁力轴承系统所要求的，没有包括在控制系统柜内，因而就位在或靠近机器滑道的任何电气部件。

F.1.2.15 跟踪滤波器提供由控制电路作用之处除去 1 倍不平衡力的工具。这防止放大器对这些力响应。这就允许转子围绕它的质量中心更靠近地运行，并可能最大地降低传送到定子的不平衡力。

F.1.2.16 自动推力平衡器是由于过程负荷和机器内的压力降低由轴向磁力轴承承受的整个轴承的系统。实际上，这一系统使用轴向轴承气流作为推力负荷的指示物控制一个阀门，该阀门改变转子上叶轮之一后面一腔室内气体的注入或排出，从而试图平衡轴向气流。

F.1.3 参考文献

在本标准出版时有效的下列标准、规程和技术规范，按这里所规定的范围，应构成本标准的一部分。在询价之后出现的标准、规程和技术规范的变化可适用性应该由买卖双方共同商定。

——EN 55011 1 组 A 级；

——EN 61000-6-2。

F.2 基本设计

F.2.1 本标准所包含的设备（包括辅助设备，应该被设计和制造最低使用寿命 20 年并不间断运行至少五年。

F.2.2 典型的供货范围：

- a) 轴承和传感器转子叠片组（每个轴两个）；
- b) 径向磁力轴承定子组件（每台机器两个）；
- c) 轴向磁力轴承定子组件（每台机器两个）；
- d) 径向和轴向位置传感器及任何相关联的电子部件；
- e) 用于径向和轴向负荷的辅助轴承，包括阻尼机构和筒式组件；
- f) 转速探头（每个轴承筒两个）；
- g) 控制柜（一般每台机器一个）；
- h) 技术文件。

F.2.3 卖方应供给适于瞬时暴露于烃液体（直至几分钟）的“液体特征”轴承和传感器设计。

F.2.4 所有部件应适于在工厂运转和试验期间及在现场条件二者下运行。

F.2.5 全部引线（电源、传感器、转速和温度）应在定子端和连接端二者上加标记。标识在打算工作的环境中应该耐久并能承受同安装和拆除相关联的搬运。

F.2.6 定子绕组的电气绝缘应是 H 级（180℃）。整个轴承组件应确定在 F 级（155℃）。

F.2.7 为在平衡机上转动组装的轴组件，在转子上必须提供足够的区域。在用于作平衡的表面和为确定转子位置由传感器使用的表面间的总指示的径向跳动，将不超过 5μm（0.0002in）。

F.2.8 转子着陆表面或着陆套，应或者可修理的或可更换的，不会引起整个转子系统的更换。

F.3 径向磁力轴承系统

F.3.1 径向轴承的负荷能力应设计有足够力的能力，以防止从零到最大的所有转速下转子和定子的任何部分（包括辅助轴承之间的接触）。

F.3.2 该装置应能从零至跳闸转速连续地运转，具有稳定的气体动力特性，各叶轮上侧负荷相当于该膨胀机-压缩机在计划的正常运行点上产生的总扭矩的 4%。由这一扭转得来的力被看作作用在各轮的外

径上。

F.3.3 两个可取下和可更换的温度传感器，应安装在该径向轴承的各上部。一个将用于过温检测和另一个用于安装的备用。

F.3.4 径向位置传感器应就位得尽可能靠近该径向磁力轴承。

F.4 轴向磁力轴承系统

F.4.1 轴向磁力轴承系统的负荷能力，应确定得在所有已知运行条件下运行，不接触辅助轴承。如果使用一自动推力平衡器控制，该磁力轴承应不少于使用自动推力平衡系统所预期的最大剩余推力的2倍。

F.4.2 应提供两个轴向位置传感器。它们应一起使用，以提供线性化的轴向位置信号以及转子到定子差动膨胀信息。

F.4.3 在各轴向轴承里，应安装两个可取下的并可更换的温度传感器。一个将用于过温度保护和另一个用于安装的备用。

F.5 辅助轴承系统

F.5.1 辅助轴承应提供，定位在磁力径向轴承外和轴封内的各轴端。

注：用于高速膨胀机-压缩机的典型辅助轴承使用以面对面布置安装的软安装角接触滚动轴承。在许多情况下，在钢座圈下使用陶瓷轴承。当辅助轴承被强制使用时，为提供润滑，一般采用于油膜润滑剂。其他型式辅助轴承可以并已经成功使用，这取决于用途。

F.5.2 如果要求，辅助轴承应提供一阻尼机构以防止在慢行停下期间有害的涡流。阻尼系统应由卖方提供并应是证明过的设计。

F.5.3 轴承应提供有卖方推荐的干膜润滑剂。这种润滑剂应同打算使用的环境（工厂试验和现场两者）相容并且应不会不利地影响邻近的部件。

F.5.4 轴承组件的径向和轴向刚性，必须足以承受等于该磁力轴承全部容量（加上动能）的突然冲击负荷，不允许转子和定子的任何部位之间接触。

F.5.5 辅助轴承下面的可更换滑行套是期望的，但在设计条件禁止它们使用的地方，就不要求。

F.5.6 辅助轴承系统应被设计支持得住以最高连续转速到零速在正常气体动力制动和正常过程诱发推力负荷（它不要大于止推轴承额定负荷能力）下至少两次去悬浮。

注：要承认滚动元件轴承尚没有被设计有这种应用。和对于这些条件下它们使用的工作寿命的预测，只有有限的关系存在。尽管如此，在检查和要求更换之前，该辅助轴承系统能支持得住最小工作周期，是必不可少的。

F.5.7 该辅助轴承系统应被设计支持得住由超过该磁力轴承容量的工艺过程失常条件所引起的至少10次瞬态接触。对于这些瞬态接触，假设超载量值超过磁力轴承力容量25%，持续时间小于0.2s，该转子尚没有完全去悬浮（即该磁力轴承系统正共享该负荷）。

F.6 监视与控制

F.6.1 通则

F.6.1.1 该控制系统应由装有放大器、控制电子装置和对于所有磁力和轴承的运行和安全所必要的其他设备的一个封闭物组成。该控制系统应对磁力轴承、辅助轴承和控制柜提供报警和停车保护逻辑电路。

F.6.1.2 如果规定，为同买方的控制计算机相连接，应该提供一电子通信线路。来自控制柜的所有输入和输出以及所有报警和跳闸状态，应可以以数字型式在该通信线路上传送。

F.6.1.3 为了检查辅助轴承上磨损情况，该磁力轴承控制系统应该有径向和轴向两者移动该转子的能力。这一检查在膨胀机-压缩机工作中但未运转下应是可能的（即进行这一检查将不要求拆卸）。

F.6.1.4 控制系统应不发射或接收 EMF 信号，并应符合 EN55011 标准 1 组 A 级和 EN61000-6-2 的规定。

F.6.1.5 除非对于已知的用途考虑不同的配置更优越,放大器应按 A 级运行配置。

F.6.2 外壳

F.6.2.1 除非另有规定,外壳应被设计得底部进线,并应适合于所规定的区域分类和场地。

F.6.2.2 为放大器冷却要求,通常要求空气冷却。控制柜应提供有多个冷却风扇。单个风扇的失效应不会引起超高温度停车出现。如果使用水冷,必须作好准备防止水冷凝带来的一些问题。

F.6.3 转子位置传感器

F.6.3.1 传感器应是卖方的标准设计,带有可演示的操作经验。

F.6.3.2 传感器部件和组件,应同轴承箱内的环境相容。

F.6.4 就地电子装置

F.6.4.1 应把就地电子装置的使用减小到最低限度。

F.6.4.1.1 如果要求,应提供就地电子装置。就地电子装置要适用于规定的危险区域和规定的环境温度和湿度范围。

F.6.5 功率输入滤波器

F.6.5.1 如必要,卖方在控制柜电源上应提供 EMF 滤波器,以避免磁力轴承功率放大器对输入功率的污染。

F.6.6 人机接口

应提供卖方的标准人机接口。应使用英语:

F.6.7 不间断电源/电池后备系统

F.6.7.1 如果客户的不间断电源不作使用,应提供卖方的标准不间断电源/电池后备系统。它应在正常电源失去下允许悬浮最少 5min。

F.6.7.2 卖方的监视系统应监视卖方所供给的电池的状态。对于低和低-低电池情况。应提供报警和停车信号。

F.6.8 电缆线路

F.6.8.1 卖方应对轴承动力和传感器连接规定电缆线路要求。为按安装长度调节所需要的任何电气或电子部件,应该包括在卖方的供货范围之内。

注:在膨胀机-压缩机和控制柜之间的电缆距离很长(100m~300m 或 300ft~1000ft)的系统上,为确保正常工作,必须对于电气补偿和所使用的电缆型式给予特殊考虑。对于电缆长度几乎总是短于现场电缆长度的工厂试验,电气补偿也是必要的。

F.7 工厂试验

F.7.1 所有电子部件装运之前应有 24h 的通电。

F.7.2 组装的轴承动力线圈的绝缘电阻,在用一个 500V 直流绝缘电阻表试验时,应该大于 50M Ω 。

F.7.3 装运之前,应该在功能上测试该磁力轴承控制系统。

F.7.4 在所有新的轴承设计上,应进行静负荷能力试验。

F.7.5 应使用卖方提供的电缆进行静负荷和动负荷试验。总之,这将在现场上所使用的同一根电缆。卖方应允许在他的设计中的任何特殊调谐调节。

F.7.6 在卖方设施上的动态试验(机械运转试验)应构成该磁力轴承系统的工厂验收。该验收准则如下:

对于任何已知悬浮轴,相对于该辅助轴承中心的最大允许转子运动是该辅助轴承在那个轴中最小径向间隙的 0.3 倍。这一运动可以是各种成分例如整个轴振动,机壳变形、空气动力负载等任何一个或全部的结果。但是,在任何单个轴中组合的总的全部运动,当用轴位置传感器测量时,一定不超过辅助轴承在那个轴的最小间隙的 0.3 倍。这一准则取代本标准早先对油轴承机器所规定的所有其他振动验收准则。

注 1:当受到高振动等级时,磁力轴承没有巴氏合金衬里的表面使之疲劳(像高度加载的油膜轴承那样)。事实

上,在磁力轴承装备的机器上的传送的力,通过允许该轴围绕它的惯性轴转动减小到最低程度。

注 2: 这一准则有点像组合来自油润滑的机器上使用的典型涡流探头的交流和直流分量。实际上,磁力轴承装备的转子必须在靠在由辅助轴承提供的间隙空间的中心运行以避免接触。如果稳态力或内部不对中引起该转子由这一定心的位置位移(即“直流”分量),则允许更小的振动(即“交流”分量)。

注 3: 实例: 假设该转子到辅助轴承的最小径向间隙是 $250\mu\text{m}$ (0.010in), 这个值的 30% 是 $75\mu\text{m}$ (0.003in)。这代表了对这一具体轴(径向或轴向)相对于该辅助轴承间隙的中心所允许的最大轴移动。因此,如果该轴在这一轴线上同中心相偏差 $50\mu\text{m}$ (0.002in) 运行时,则所允许的最大允许整个振动级将是 $25\mu\text{m}$ (0.001in), 零至峰值。注意,这个值只用于一个轴,并且不要以矢量方法加到正交轴上。

F.7.7 对于新的,未证明的设计来说,在工厂试验期间应进行去悬浮试验,以确认辅助轴承可以接受用于打算的用途。去悬浮试验应构成该辅助轴承系统的工厂验收。它应显现该辅助轴承系统可以满足下列要求。

当在最高连续转速下运行膨胀机—压缩机时,在径向和轴向负荷不小于现场中该设备正常运行期间所预期的径向和轴向负荷下,所有轴应去悬浮 3s 期间,然后重新悬浮。然后将停止该机器并将以电气方法检查内部间隙。如果这些间隙始终可以接受,第二次去悬浮试验将进行,同上面一样。在第二次试验之后,膨胀机—压缩机将拆开并作检查。显示有不可接受的任何件应被更换。但是,工厂去悬浮试验的验收是依据第二次去悬浮的成功完成,没有损伤辅助轴承机构之外的磁力轴承零件。对于辅助轴承或着陆表面的损伤不构成该去悬浮试验的失败。

注 1: 辅助轴承和着陆表面被看作后备系统并且是使用后果的消耗品。最终试验之后,在这些件适合于同该设备装运的同时,替换这些件不构成该试验的失败,也不要由于这些件的更换要求试验重运行。

注 2: 在实际现场使用中,制动扭矩大体上高于工厂试验期间制动扭矩,因而该转子在一跳闸信号之后在现场上将会更快地放慢。工厂去悬浮试验不意味着重复这一条件,而是宁可提供一种均匀的试验方法。它将证明该系统几乎在瞬间加速到全速并支承该转子,不损伤该磁力轴承的能力。从计算中已经发现,在最高连续转速下 3s 将大致匹配或超过在以实际现场制动扭矩条件下,该辅助轴承将要达到的最高温度。

F.8 现场试验

F.8.1 现场试验应由在正常规定的运行条件下试运行该装置作运转组成。在这些条件下,除了现场运行的最大允许转子运动是最上径向间隙的 0.4 倍,对于工厂试验按要求替换 0.3 倍外,最大允许转子运动应符合 4F.7.6 中的规定。

注: 当同油润滑的轴承相对比,磁力轴承有着很多优点,但以每单位面积负荷来看,磁力轴承还相当弱。由于现场功率等级基本高于大多数工厂试验并很少的变量被控制,有理由期待现场转子运行将大于在控制的低功率工厂试验期间所取得的运动。

F.8.2 在现场转子运动超过该辅助轴承径向间隙的 40% 的情况下,如上所述,买方和卖方应审查该数据,并应共同商议为改正这种情况所要采取的必要行动(如有的话)。

附录 4G
(规范性附录)
润滑和密封系统

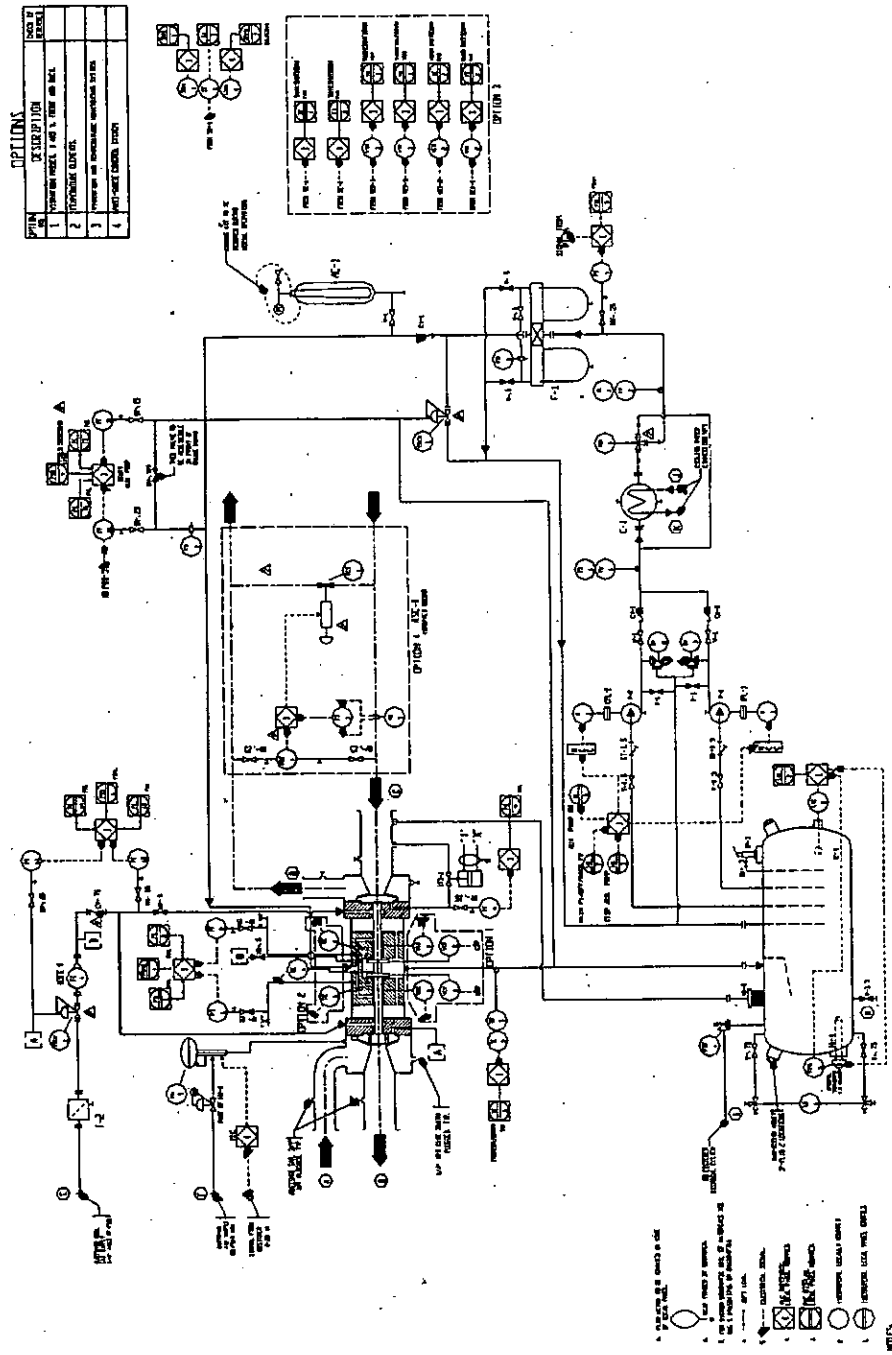


图 4.G-1 用于膨胀机-压缩机的典型润滑系统