



中华人民共和国国家标准

GB/T 28246—2012

高炉煤气能量回收透平膨胀机

Top gas pressure recovery turbine expander

2012-03-09 发布

2012-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国风机标准化技术委员会(SAC/TC 187)归口。

本标准起草单位:西安陕鼓动力股份有限公司、沈阳鼓风机集团股份有限公司。

本标准主要起草人:梁淑雯、梅元平、柳黎光、陈凤义、郑华、丁如义。

高炉煤气能量回收透平膨胀机

1 范围

本标准规定了轴流式高炉煤气能量回收透平膨胀机(以下简称膨胀机)的基本设计、联轴器和护罩、控制和仪表、检查与试验、保证、涂装和包装与运输的最低要求。

本标准适用于介质为高炉煤气,其粉尘含量不大于 10 mg/Nm^3 的膨胀机。

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 191 包装储运图标志

GB/T 2888 风机和罗茨鼓风机噪声测量方法

GB/T 3766 液压系统通用技术条件

GB/T 6557 挠性转子机械平衡的方法和准则

GB/T 9239.1 机械振动 衡态(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 12467.3 金属材料熔焊质量要求 第3部分:一般质量要求

GB/T 13306 标牌

GB/T 26137—2010 高炉煤气能量回收透平膨胀机热力性能试验

JB/T 1265 25 MW~200 MW 汽轮机转子体和主轴锻件技术条件

JB/T 4365 专用的润滑、轴密封和控制油系统

JB/T 6887 风机用铸铁件技术条件

JB/T 8467 锻钢件 超声波探伤方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高炉煤气能量回收透平膨胀机 top gas pressure recovery turbine expander

利用高炉煤气的绝热膨胀将其压力能和热能转化为机械能的透平机械。

3.2

工作转速 n_r working speed

在设计工况下膨胀机功率输出轴的转速。

3.3

最高连续工作转速 $n_{\max}$ max. continuous operating speed

膨胀机在规定工况范围内允许连续运行的最高转速(r/min)。一般情况下,该转速依据被驱动的耗功机械的最高连续工作转速来确定, $n_{\max} \leq 1.05 n_r$ 。

3.4

最低连续工作转速 $n_{\min}$ min. continuous operating speed

膨胀机转子在规定工况范围内允许连续运行的最低转速(r/min)。

3.5

跳闸转速 n_t trip speed

膨胀机的独立超速紧急装置动作,自动切断气源时的运行转速(r/min)。电气控制跳闸取 $n_t=1.08n_r$;机械控制跳闸 $n_t=1.10n_r$ 。

3.6

超速试验转速 n_s overspeed test speed

对膨胀机转子的安全可靠进行验证时的转速(r/min),一般取 $n_s=1.15n_r$ 。

3.7

膨胀机转子 rotor of expander

含有一定能量的高炉煤气经膨胀加速推动转子作旋转运动,将获得的机械功以旋转方式传递给耗功机械的部件。

3.8

危急遮断器 emergency breaker

当转子转速达到超速设定值时,立即能触发超速保护系统的控制或遮断的部件。

3.9

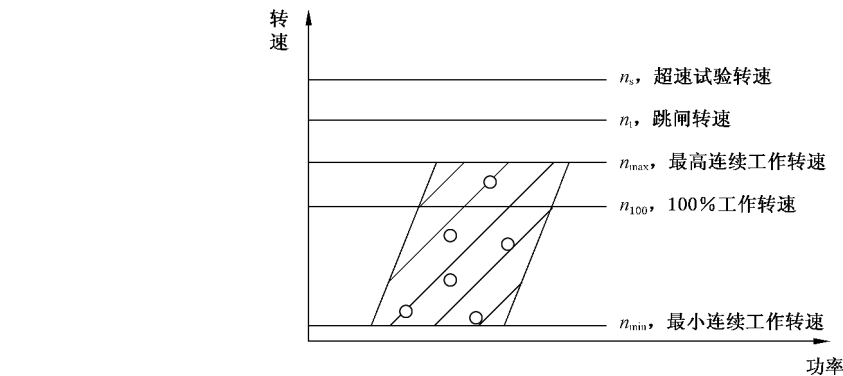
盘车装置 barring gear

膨胀机启动时提供扭矩使转子从静止进入低速运转状态,或在膨胀机热运行停机时,带动转子以低速旋转,以防止冷却不均匀造成转子弯曲变形的驱动部件。

3.10

设计运行工况 design operation condition

在设计工作转速下所对应的运行参数为设计运行工况。该工况通常是卖方提供性能保证的运行点。



说明：
○——工作点；
//——允许工作范围。

图 1 速度定义示意图

4 基本设计

4.1 通则

4.1.1 根据进气状态,膨胀机可分为湿式、干式和干湿两用膨胀机。其结构一般设计为下进气、下排气或径向进气、轴向排气的单吸双支结构,下进气、下排气双吸双支结构等。

4.2 一般要求

- 4.2.1 膨胀机的进口工况应稳定,其压力波动值应保持在 ± 10.0 kPa 范围内。
- 4.2.2 膨胀机及其辅助设备应确保在启动、停机及瞬时超负荷的情况下安全运行,在规定的使用条件下,连续工作时间应不少于三年。
- 4.2.3 静叶调节机构、轴承结构、轴端密封及油系统的设计应考虑在膨胀机及其辅助设备运行或停机期间能防止湿气、粉尘及杂质的侵入。
- 4.2.4 膨胀机应提供起吊环、吊环螺钉、顶起螺钉及导杆。在中分面上顶起螺钉接触处,应加工出凹坑或采取其他措施,以防顶起上半机壳时损坏结合表面。
- 4.2.5 膨胀机及其辅助设备的布置及结构应便于操作及维护,并留有足够的空间。
- 4.2.6 润滑、动力油系统及其相关部件应按有关规定配备有加热、冷却功能,其设计规范按表 1。

表 1 冷却系统水程设计规范

项 目		设 计 参 数
管内水速		1.5 m/s~2.5 m/s
最高允许工作压力(表压)		0.7 MPa
试验压力(1.5 倍最高允许工作压力)(表压)		1.05 MPa
最大压力降		0.1 MPa
最高进口温度		35 ℃
最高出口温度		50 ℃
最大温升		20 ℃
最小温升		10 ℃
水程污垢系数	封闭循环(净化)水	$0.85 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$
	一般冷却水	$1.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$
	碱水	$3.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$
碳钢壳体腐蚀裕度		3 mm

- 4.2.7 当对膨胀机及其配套设备的噪声有要求,需要提供消声、隔声装置时应由买卖双方协商。

4.3 铸件

膨胀机铸件的技术要求应按 JB/T 6887 规定。

4.4 焊接件

焊接零件(包括管道)的材料应具有良好的焊接性能,焊接辅料必须与母材相熔。焊接件的检查和试验应按 GB/T 12467.3 执行。

4.5 机壳

- 4.5.1 机壳一般采用水平剖分结构,铸造或钢板焊接而成。
- 4.5.2 在设计机壳厚度时,如果机壳不是耐腐蚀材料,则至少应预留有 3.2 mm 的裕度。
- 4.5.3 应对机壳和接管所构成的系统进行热应力和热平衡计算,以保证其始终处于稳定状态。
- 4.5.4 与机壳相连接的部件,连接前应进行消除应力处理。

- 4.5.5 机壳加工完成后应进行水压试验,其试验压力(表压)不低于最高工作压力的 1.5 倍。
- 4.5.6 机壳支腿应有一定的稳定性,并具有吸收(或减少)由于热膨胀而引起的机壳热变形的功能。机壳的四个支腿应设置在下机壳的中分面附近,并布置在膨胀机轴线两侧。
- 4.5.7 上下机壳之间应用预紧螺柱联结。预紧螺柱的预紧应力应不超过螺柱材料最小屈服极限的 0.75 倍。
- 4.5.8 机壳上的接管应采用法兰连接或加工出平面后用螺柱连接。
- 4.5.9 应避免采用螺栓贯通孔。当选用双头螺柱连接时,螺纹孔不应穿透机壳,其剩余母材应有足够的厚度和腐蚀裕度。

4.6 静叶承缸

- 4.6.1 双支撑结构机壳内置有水平剖分结构的静叶承缸,其两端与机壳支撑连接:
- a) 进气端与机壳之间采用止口定位,排气端沿机壳定位孔可轴向自由滑动;
 - b) 排气端另外还配备有扩压段,与机壳之间采用止口定位连接,构成排气通道。
- 4.6.2 静叶承缸与机壳之间应形成一个密闭的调节腔,进、排气室的煤气不得泄入调节腔。
- 4.6.3 在工作温度下,材料的力学性能应稳定,热变形小。

4.7 静叶调节机构

- 4.7.1 静叶调节机构为水平剖分结构,内置于由机壳和静叶承缸所形成的密闭调节腔内。在液力的驱动下,调节机构相对膨胀机主轴作圆周或轴向移动,带动曲柄转动,达到调节静叶角度。
- 4.7.2 可调静叶的套筒轴承应具有自润滑功能,不得采用润滑油。
- 4.7.3 可调静叶与静叶承缸之间的装配应保证稳固,在气流的多次冲击作用下不得出现摇摆,但在驱动力的作用下应能保持转动。
- 4.7.4 调节机构一般采用液力驱动或电力驱动。静叶应能双向灵活转动,并在明显部位设置有显示静叶旋转角度的刻度盘。
- 4.7.5 调节机构贯穿机壳处应防止粉尘侵入。

4.8 转子

4.8.1 一般要求

- 4.8.1.1 膨胀机转子由主轴、动叶和动叶锁紧块等组成。
- 4.8.1.2 膨胀机的转子可以采用挠性转子或刚性转子。在运转条件下,刚性转子的临界转速 $\geq 1.25 n_r$; 挠性转子的一阶临界转速 $\leq 0.85 n_{\min}$, 二阶临界转速 $n_{cr2} \geq 1.25 n_r$ 。
- 4.8.1.3 动叶通过沿轮毂圆周方向均匀分布的轴向叶根槽嵌镶在轮毂上,并用锁紧装置轴向定位。
- 4.8.1.4 转子需进行横向振动及扭曲振动分析计算,装配后应进行动平衡校正。

4.8.2 主轴

- 4.8.2.1 由经热处理的整体锻钢件加工而成,也可采用焊接空心轴结构:
- a) 锻钢制主轴应进行化学成分分析和力学性能检验;
 - b) 膨胀机的主轴件应符合 JB/T 1265 的规定。其超声波检查可按 JB/T 8467 执行。
- 4.8.2.2 在主轴上测量径向轴振动和轴向位移的传感环面,应与轴承相配合的轴颈同轴,其表面不得用硬物刻划符号,不得有造成表面不连续的油孔或键槽。该环面不得喷镀、涂镀或装设轴套,其最终表面粗糙度 Ra 值应为 $0.4 \mu\text{m} \sim 0.8 \mu\text{m}$ 。该环面应进行退磁处理,其电的和机械的综合跳动值应不超过最大许可峰—峰振幅值的 25% 或下列值(两值中取较大者):

a) 径向振动探头监测的传感环面: $6\ \mu\text{m}$ 。

b) 轴位移探头探测的传感环面: $13\ \mu\text{m}$ 。

4.8.2.3 经过退磁或其他方法处理的轴振动测量环面,其剩磁不得超过 $0.000\ 5\ \text{T}$ ($5\ \text{Gs}$)。

4.8.2.4 推力盘两止推表面的表面粗糙度 Ra 值应不大于 $0.4\ \mu\text{m}$,推力盘任一侧表面总的轴向圆跳动不应超过 $13\ \mu\text{m}$ 。

4.8.3 动叶

4.8.3.1 应根据叶片承受的静载荷、动载荷、温度、振动、腐蚀等因素综合考虑材料选取。

4.8.3.2 叶片的固有频率不应与最小允许转速之下 10% 起到最高连续转速之上 10% 的任何激励源频率相重合。

4.8.3.3 动叶材质应采用耐高温 ($>250\ ^\circ\text{C}$)、高强度的优质碳素结构钢或不锈钢材料制造,并进行化学成分分析、力学性能检验和裂纹检验。成型后的叶片需进行增加抗疲劳强度处理。

4.9 轴承和轴承箱

4.9.1 一般要求

4.9.1.1 在不拆卸上半机壳的情况下应能更换轴承。

4.9.1.2 当无特殊规定时,轴承应安装有温度传感元件。

4.9.2 径向轴承

在整个允许的间隙范围内,径向轴承应能提供足够的阻尼,以保证膨胀机在规定的运行转速范围内(包括临界转速)空载或负载运行时,转子的振动不超过规定的最大峰—峰振幅值。

4.9.3 止推轴承

4.9.3.1 止推轴承应采用在轴衬体上镶有轴承合金(巴氏合金)的多块瓦结构,以承受双向相等的轴向推力。当瓦块之间的厚度有较小的误差时,有自调特性的、两侧摆动的瓦块能保证每块瓦承受相等的推力载荷。

4.9.3.2 止推轴承的推力盘可与主轴为一整体,也可是可更换的分体式。分体式推力盘与主轴之间的配合应采用过盈配合。

4.9.3.3 瓦块的几何形状和尺寸精度要高,以便安装或大修时可任意选择瓦块。

4.9.3.4 止推轴承负荷应按不超过轴承最大额定负荷的 50% 选取。最大额定负荷为连续运行产生最小允许油膜厚度的负荷或瓦块上的最高温度处不超过巴氏合金蠕变或屈服强度时的负荷,取两者之中的较小值。

4.9.4 轴承箱

4.9.4.1 轴承箱一般采用分体式结构,通过一定的连接方式与机壳连为一体,以确保轴承对中的可靠性和重复性。

4.9.4.2 在轴承箱中,润滑油的泡沫应最少,回油管路截面要大,排油系统要使轴承箱中的油位和泡沫面始终低于油封。

4.9.4.3 在最不利规定运行条件下,当进油口油温低于 $49\ ^\circ\text{C}$ 时,经过轴承和轴承箱的油温升应低于 $28\ ^\circ\text{C}$,出油口最高油温不超过 $82\ ^\circ\text{C}$ 。

4.9.4.4 轴承箱上应能安装测振仪表,并在每一副轴承附近留有放置非接触式测振探头的空间和位置。当使用两个非接触式测振探头时应沿圆周方向相隔 90° 布置。

4.9.5 轴承箱内安装有油封,用以阻止润滑油外泄和外部灰尘侵入,同时阻止由轴端密封处外泄的高温气体进入轴承箱,造成润滑油老化。

4.9.6 为保证热胀过程中轴承箱与机壳同轴,轴承箱体在轴向、径向应设有导向键,以便在底座上可以定向滑动。

4.10 轴端密封

4.10.1 一般采用迷宫密封加注入一定压力氮气的充气密封,或其他型式的轴端密封。

4.10.2 密封应适宜于在启动、停车和买方规定的其他各种特殊运行工况下密封工作条件的变化。

4.10.3 为限制过量密封气体进入工作介质,密封的充气压力应与机组的内部压力进行差压控制。最高密封充气压力应大于或至少应等于机壳中的滞留压力。

4.10.4 充气密封的充气系统应能在工艺流程投产之前投入运行。

4.10.5 双向进气膨胀机的两段之间应用密封将其分开,防止互相之间产生气流干扰。

4.11 底座

为便于安装找正,底座多采用钢板焊接,底座上设有导向键和调整螺钉。

4.12 外力及外力矩

机组各管口所能承受的外力和外力矩应按公式(A.1)和公式(A.2)计算选取,并以表格的形式列表给出。

4.13 润滑油和动力油系统

4.13.1 润滑油系统

4.13.1.1 润滑油系统应符合 JB/T 4365 的规定。

4.13.1.2 膨胀机应配备保证安全停机的高位油箱。其储油量不得少于正常运行期间 3 min 的用量。

4.13.1.3 为了防止杂质流入膨胀机及其他润滑点,高位油箱下部的出油管接口应高出油箱内部底平面 25 mm。

4.13.1.4 高位油箱上排放阀和溢流管接头的内径不得小于 20 mm。

4.13.1.5 高位油箱上部应留有内径不小于 150 mm 的开孔,用于调整 and 检查。

4.13.1.6 为了保证停机时膨胀机及其辅助设备各供油点对油压的最低要求,高位油箱出油管中心距膨胀机轴线的高度不得少于 5 000 mm。

4.13.2 动力油系统

4.13.2.1 动力油系统符合 GB/T 3766 的规定。

4.13.2.2 动力油系统应设置有蓄能器。当伺服控制在 1 s 内产生全冲击时,蓄能器能将控制压力维持在 90% 的系统工作压力。在备用油泵启动过程,该压力最少应保持 15 s。

4.13.2.3 应提供压力表接头便于检查蓄能器的预充气压力。

4.14 喷射装置

4.14.1 可配备冲洗叶面和流道积灰的喷射装置,在运行中能连续或断续地向叶面和流道喷射液体进行清洗。

4.14.2 喷嘴喷射出去的液体应分布均匀,液粒细微。

- 4.14.3 机壳上应预留有安装喷射装置的凸台。
4.14.4 根据粉尘、结垢的化学成分和性质选择不同的喷射液。

4.15 盘车装置

- 4.15.1 应配备有电动或液动的盘车装置。
4.15.2 盘车装置投入运行时,应设置手动或自动啮合。
4.15.3 在启动膨胀机时,盘车装置将转子升速到某一定值后,应能自动脱开。
4.15.4 正常运行停机时,防止冷却不均匀造成转子弯曲与不平衡,启动盘车装置使转子在低转速下旋转至常温状态。

4.16 污水排放装置

- 4.16.1 机壳及管路部件中易积水处应设有排、放水装置。
4.16.2 排泄管道应带有截止阀,旁通管带有冷凝水排放器,所有排污口不得发生污水倒灌。

4.17 平衡与振动

4.17.1 平衡校正

- 4.17.1.1 膨胀机转子组装后应进行动平衡校正。刚性转子的动平衡校正可按 GB/T 9239.1 进行。
4.17.1.2 转子进行动平衡校正时,其剩余不平衡量应不超过公式(1)的计算值或质量偏心矩 $250\ \mu\text{m}$,两值中取较大值。

$$U = 6\ 350\ W/n_{\max} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

U ——剩余不平衡量,单位为克毫米($\text{g} \cdot \text{mm}$);

W ——轴颈处静载荷,单位为千克(kg);

$n_{\max}$ ——最高工作转速,单位为转每分(r/min)。

当质量偏心矩单位用 μm 表示,其计算公式为剩余不平衡量/轴颈处的静态质量载荷 $[U/1\ 000\ W]$ 。

- 4.17.1.3 动平衡校正过程中,当剩余不平衡量超过要求时,可在轮毂端面用配置调整块、调整条或调整螺钉的方法进行平衡,并用螺钉紧固。
4.17.1.4 挠性转子的平衡方法可按 GB/T 6557 进行。

4.17.2 振动测量

- 4.17.2.1 在规定工作转速范围内的任一转速下进行机械运转试验时,在靠近径向轴承的任意环面上所测得的未滤波的峰—峰振幅值不应超过公式(2)的计算值或 $25\ \mu\text{m}$ 两值中取较小值。

$$A = 25.4 \sqrt{\frac{12\ 000}{n_{\max}}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

A ——未滤波的轴振动振幅值,单位为 μm ,是真实的峰—峰振幅值。

在最高工作转速与跳闸转速之间的任意转速下运行时,其振幅值应不超过 1.5 倍最高连续转速下记录的最大振幅值。

- 4.17.2.2 主轴存在电的或机械的径向圆跳动,则在机械运转试验时,从测得的振幅信号中可以矢量地减去 $0.25A$, A 值由公式(2)计算取得。

4.18 标牌及旋转方向箭头

- 4.18.1 膨胀机标牌应为耐腐蚀材料制成,尺寸规格按 GB/T 13306 执行,包括下列内容:

- a) 产品名称;
- b) 产品编号;
- c) 产品型号;
- d) 介质;
- e) 进口流量, m^3/min ;
- f) 进口温度, $^{\circ}\text{C}$;
- g) 进口压力, MPa (绝);
- h) 出口压力, MPa (绝);
- i) 最大输出功率, kW ;
- j) 工作转速, r/min ;
- k) 制造日期;
- l) 制造厂名称。

4.18.2 在机壳易看到的位置钉旋转方向箭头。

5 联轴器和护罩

5.1 联轴器

5.1.1 膨胀机与耗功机械之间连接的联轴器可选用刚性或挠性联轴器。联轴器应能在机组中连续运转三年以上。

5.1.2 联轴器与轴的联结,应能在机组运行中承受最大连续扭矩的 175%。

5.1.3 当采用挠性联轴器时,轴向位移达到额定值的 125%时能正常连续运转。

5.2 联轴器护罩

5.2.1 联轴器及主轴的外露部分应用护罩屏蔽。

5.2.2 联轴器护罩不得妨碍两半联轴器的联接。当需要检查、维护时,护罩应易拆卸。

5.2.3 护罩整体应有足够的刚度,当承受 900 N 的静载荷时,其挠曲变形量不超过护罩无支撑长度的 0.000 5 倍。

6 控制和仪表

6.1 控制调节

6.1.1 超速保护

6.1.1.1 应安装有电气或机械式的超速保护装置。

6.1.1.2 当机组用于驱动发电机时,应该同时安装电气和机械式的超速保护装置。

6.1.1.3 当发生超速现象,超速保护装置应能立即切断气源、停机,并能自动开启旁通阀将气流导入旁通管。

6.1.2 转速控制

应设有转速控制调节装置,以保证在启动过程中按特定的升速曲线升速,并应能将转速控制在一定的范围内。

6.1.3 粉尘监测控制

在机组的进气管路上应有粉尘监测控制装置。当进口煤气中的粉尘浓度大于 20 mg/Nm^3 时,粉尘监测系统应发出报警信号。

当进口煤气中的粉尘浓度大于 30 mg/Nm^3 ,而且有继续发展趋势时,买卖双方应协商粉尘监测控制装置切断气源,并开启旁通阀将气流导入旁通管。

6.2 仪表

6.2.1 压力测量仪应适合膨胀机的工作介质。量程应使正常工作压力值处在压力表量程的 $1/2$ 处。

6.2.2 温度测量可采用温度计,也可采用热电偶和电阻式温度检测仪。

6.2.3 转速测量仪可附加远控读数装置和连续记录、打印转速功能。

6.3 控制监测

膨胀机可按表 2 设置控制监测项目。

表 2 推荐设置控制监测项目

项 目	仪表显示	报警(H)	报警(L)	停机
工作介质控制监测项目:				
进口压力	T	—	—	—
进口温度	T	(H)	—	—
出口温度	(T)	(H)	(L)	—
出口压力	T	(H)	—	—
密封介质压力	T	—	(L)	—
粉尘浓度	T	(H)	—	—
润滑油系统与动力油系统控制监测项目:				
主油箱油位	T	—	L	—
主油箱油温	(T)	H	—	—
冷却器前润滑油压	(T)	—	—	—
滤油器压差	T	(H)	—	—
进油管最远点润滑油压	T	—	L	LL
膨胀机每一个轴承温度	T	(H)	—	HH△
冷却器进口油温	T	—	—	—
冷却器出口油温	T	—	—	—
动力油压力	T	—	L	LL△
轴位移和轴振动控制监测项目:				
轴向位移	(T)	(H)	—	HH
主轴或轴承箱振动	(T)	(H)	—	HH
主轴转速	T	(H)	—	HH
注:“H”、“L”、“T”为必须设置;“—”表示不必设置;“(H)”、“(L)”、“(T)”可以根据买卖双方协商来设置。“H”表示上限报警;“L”下限报警;“T”表示仪表显示。“LL”表示下下限停机;“HH”表示上上限停机;“△”表示需买卖双方协商。				

7 检查与试验

7.1 检查

7.1.1 在规定的检查完成前,承压件不得涂漆。

7.1.2 轴承箱及辅助设备中的油箱在内外清理干净后,做煤油渗漏,在 30 min 持续时间内不得有渗漏现象。

7.2 试验

7.2.1 机械运转试验

7.2.1.1 膨胀机出厂时应进行机械运转试验。

7.2.1.2 试验前应首先调整好机械式超速保护装置的整定值。

7.2.1.3 机械运转试验可不在工作载荷的情况下进行,在最高连续工作转速下润滑油温度稳定后进行轴振动测量,其取值应包括整个工作转速范围(含达到快速切断阀动作前的转速)。

7.2.1.4 进行机械运转试验时,膨胀机在最高工作转速下运转不得少于 2 h。

7.2.1.5 可采用下述方法之一测量膨胀机的径向振动值:

- a) 在径向轴承附近,用非接触式传感器测量轴振动;
- b) 在轴承箱处用接触式传感器测量轴承箱振动。

7.2.1.6 膨胀机在规定的最高工作转速下进行机械运转试验时,测量轴承部位的均方根振动速度值不大于 4 mm/s。

7.2.1.7 机械运转试验后应对轴承进行检查、并记录所有测量值。

7.2.1.8 机械运转试验后,如不符合要求需要拆卸修整时,修整后应重新进行试验。

7.2.2 超速保护试验

电气式超速保护装置,应根据转速控制要求,并按工作转速的 1.08 倍设定超速跳闸值。

机械式超速保护装置,应首先调整好危急遮断器超速跳闸值,并至少连续三次断开危急遮断器油门进行验证,每次的转速误差要求在机械跳闸转速的 $\pm 1.5\%$ 范围内。

7.2.3 水压试验

7.2.3.1 承压件(包括辅助设备)应进行水压试验,其试验压力应为该承压件最高工作压力的 1.5 倍,但不得低于 0.14 MPa(表压)。

7.2.3.2 水压试验时间一般应持续 30 min。在此期间,壳体表面或结合处应无渗漏现象发生。对于大型壁厚铸件(壁厚超过 30 mm),可适当延长试验时间。

7.2.4 系统试验

7.2.4.1 机组在正式投运前应进行电气、仪表系统试验。

7.2.4.2 在试运行期间应做中、低负荷的甩负荷试验,并检查膨胀机的安全连锁报警和停机控制装置。

7.2.4.3 满足要求后连续运行时间不少于 72 h。

7.2.5 性能试验

性能试验应符合 GB/T 26137—2010 的规定。

7.2.6 噪声测量

噪声测量方法可按 GB/T 2888 进行。

8 保证

保证期从机组投入运行之日起为 12 个月,但不超过从卖方厂(或发货港)发货之日起 18 个月。

9 涂装和包装与运输

9.1 涂装

9.1.1 所有零、部件的不加工表面(除有特殊规定或要求外)均应涂漆;若膨胀机主、辅机及管路的外观油漆颜色无特殊要求时,应符合卖方的有关规定。加工表面应进行防护处理。

9.1.2 零件的外形应光洁平整,总装后不应有油污、划伤、碰伤等缺陷。

9.1.3 涂层必须牢固。装饰性涂层不允许有流挂、起泡、发白、失光、划伤、碰伤等缺陷,最终达到外观平整、美观,而且色泽均匀一致。

9.1.4 外露的螺柱、螺栓、螺母、垫圈均须经氧化处理。螺柱和螺栓的外露长度在把紧螺母、垫圈后应保留有(3~5)扣。

9.2 包装与运输

9.2.1 膨胀机的全部试验和检查合格、清洁处理后方可进行包装。

9.2.2 产品可采用箱包或筒包型式,但应保证多次装卸,长途运输,并应采取防潮、防振措施。

9.2.3 各种仪表及受振易损件应作专门包装,并加填料保护。

9.2.4 包装箱的设计应考虑排水流畅、通风条件良好。

9.2.5 包装箱上应明显地标出被包装物的质量、质心点位置和起吊点等标识,指示标识应符合 GB/T 191 的规定。

9.2.6 包装箱的设计应符合水路、铁路、陆路、海路等运输的有关规定。

9.3 随机技术文件

9.3.1 膨胀机及主要配套辅助设备安装使用说明书。

9.3.2 膨胀机及主要配套辅助设备合格证明书(或合格证)。

9.4 贮存

9.4.1 产品各包装件存放时应垫平放稳,离开地面高度应不少于 200 mm~300 mm。

9.4.2 室外存放时应有防雨淋、日晒及积水的保护措施。

9.4.3 产品在贮存期间应每半年(经船运第一次为三个月)开箱检查一次,并注意:

- a) 各机件保护层是否失去保护作用,装饰性涂层是否有变色、剥蚀现象,必要时应更换保护层;
- b) 包装件的标志是否有模糊不清现象,必要时应重新涂刷标志。

附 录 A
(规范性附录)
外力和外力矩

设计膨胀机机壳时,必须考虑对机壳进、出气管法兰上的管路载荷加以限定。为了保证系统安全具有最大的可靠性,管路施加给机壳进、出气管法兰上的管路载荷应尽可能地小,这与膨胀机的承载能力大小无关。作为规范,由进口和出口接管法兰作用于膨胀机上的外力和外力矩限定如下:

a) 在任何接管法兰处施加于膨胀机的总合力和总合力矩应不超过公式(A.1)的计算值。

$$F_r + 1.09M_r \leq 54.1D_c \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

F_r ——合力,单位为牛顿(N)(见图 A.1),其值按公式(A.2)计算:

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

M_r ——合力矩,单位为牛顿米(N·m)(见图 A.1),其值按公式(A.3)计算:

$$M_r = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

对于直径 ≤ 200 mm 的接管:

D_c ——标称接管直径,单位为毫米(mm)。

对于直径 > 200 mm 的接管,应使用下式计算接管的当量直径:

$$D_c = \frac{400 + D_{nom}}{3} \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

式中:

D_c ——接管的当量直径,单位为毫米(mm);

D_{nom} ——标称管径,单位为毫米(mm)。

b) 在最大连接管中心线上分解的进口和出口接管法兰处的合力和合力矩不应超过下列值:

1) 合力不超过:

$$F_c + 1.64M_c \leq 40.4D_c \quad \dots\dots\dots(A.5)$$

式中:

F_c ——分解给进口和出口的合力,单位为牛顿(N);

M_c ——进口和出口的合力矩,单位为牛顿米(N·m);

D_c ——一个圆形开口直径,单位为毫米(mm)。等于进口和出口的开口的总面积。如果当量管口直径 > 230 mm 时,使用下列 D_c 值:

$$D_c = \frac{460 + \text{当量直径}}{3}$$

2) 各合力、合力矩的分力和分力矩(见图 A.1)应不超过下列各式的计算值:

$$F_x = 16.1D_c; M_x = 24.6D_c$$

式中:

F_x —— F_c 的水平分力,其方向与膨胀机轴线平行,单位为牛顿(N);

M_x —— M_c 绕水平轴线的分力,单位为牛顿·米(N·m)。

$$F_y = 40.5D_c; M_y = 12.3D_c$$

式中:

F_y —— F_c 的垂直分力,单位为牛顿(N);

M_y —— M_c 围绕垂直轴线的分力,单位为牛顿·米(N·m);

$$F_z = 32.4D_c; M_z = 12.3D_c$$

式中：

F_z —— F_c 的水平分力,其方向与膨胀机轴线成直角,单位为牛顿(N)；

M_z —— M_c 围绕与膨胀机轴线直角的水平轴线的分力,单位为牛顿·米(N·m)。

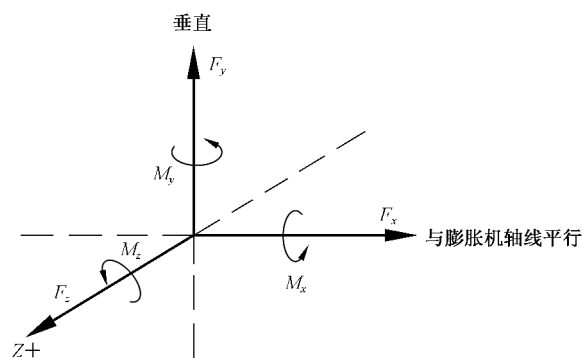


图 A.1 经修正的合力与合力矩

- c) 许用力 and 力矩的大小只与膨胀机结构有关,与连接管路、法兰和法兰螺栓连接的力和力矩无关,其值应不超过本标准所规定的许用应力。