《往复活塞压缩机主要零部件 曲轴》编制说明

（征求意见稿）

一 工作简况

1 任务来源

本项目是根据工业和信息化部行业标准制修订计划（工信厅科〔2015〕115号），计划编号2015-1233T-JB，项目名称“往复活塞压缩机主要零部件 曲轴”进行制定，主要起草单位：合肥通用机械研究院，计划应完成时间2017年。

2 主要工作过程

2.1 起草阶段：2015年09月～2016年05月

a）2015年09月，成立起草工作组，初步分工并安排起草进程；

b）2015年10月～2015年12月，对曲轴进行疲劳强度分析和校核，对本标准适用的曲轴典型材料疲劳性能进行测定；

c）2015年11月～2015年12月，调研现有的曲轴设计、制造、检验和验收方法，收集相关法规文献和技术资料；

d）2016年01月，整理相关研究成果，提出标准初稿；

e）2016年3、4月召开2次工作组会议，对初稿进一步修改与完善；

f）2016年05月30日完成标准的征求意见稿及编制说明。

2.2 征求意见阶段：××××年××月～××××年××月

3 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等

本标准由合肥通用机械研究院负责起草，×××××××、×××××××等单位参加起草。

主要成员：××、××、××。

所做工作：

××负责×××××××、×××××。

××、×××负责×××××××××。

××、×××负责×××××××××。

二 标准编制原则和主要内容

1 编制原则

本标准的编写严格按GB/T 1.1-2009给出的规则进行起草。编制组结合课题研究成果，依据现有压缩机曲轴材料、设计、制造、检验和验收的规定和要求，对相关内容进行研究和推敲，形成《往复活塞压缩机主要零部件 曲轴》标准编制的初稿。

2 标准主要技术内容说明

**2.1** 范围

本标准适用于石油、化工、动力及气体工业等领域的驱动电机功率不小于100kW往复活塞压缩机的曲轴，主要针对大型多列的往复压缩机。结合最新的研究成果，满足往复压缩机将来朝高转速、大负荷、复杂环境方向发展的需求。

**2.2** 曲轴结构尺寸的确定

标准给出了曲轴的典型结构图，并对关键尺寸曲柄销直径、主轴颈直径、轴颈长度、曲柄厚度给出了计算公式。这些公式已被国内外设计者广泛接受。为方便设计计算，标准中对各公式中的系数给出了推荐说明。例如：

a) 曲柄销直径计算系数：由于活塞力小、列数少，相对曲轴的受力就小，所以建议的系数取小值；

b) 主轴颈直径和曲柄厚度计算系数：考虑重合度影响，重合度为正，说明力臂短，力矩小，所以系数取小值；

d) 曲柄宽度计算系数：考虑锻造曲轴为减少其留有的加工余量，系数推荐取小值，铸造曲轴可取大值。

2.3 曲轴受力分析

正确的进行受力分析，才能确保曲轴强度校核的准确。传统的曲轴受力分析为普通解析法，更精确的是有限元静力分析法。在考虑多边界条件及扭转、共振、瞬态响应时，可采用模态叠加法或瞬态响应法。标准给出了这四种受力分析方法，供设计者根据实际需求进行选择。四中分析方法的特点如标准中定义所述，下面（尤其是3、4两种方法）再详细介绍之：

（1） 普通解析法

采用材料力学的截面应力计算公式得到截面上各危险点的正应力和切应力。

（2） 静力分析法

普通解析法略去了集中系数和尺寸系数的影响，计算精度不足。对曲轴施加载荷和约束条件，采用有限元法（软件）对曲轴进行受力分析，得到曲轴的应力分布。

（3） 模态叠加法

普通解析法仅能计算某一时刻下的曲轴受力情况，忽略了曲轴旋转运动的动态效应，特别当扭转共振发生或接近发生时，该方法计算精度不足，计算值低于真实值。首先建立考虑各种惯性质量的轴系动力学分析模型，然后利用有限单元法对轴系动力学分析模型进行了模态分析，确定轴系可能出现扭转共振的阶次和对应运转速度。再对曲轴承受的各简谐载荷分别进行谐响应分析，然后对同转速范围内不同谐频载荷的谐响应分析结果进行叠加，进而得到某一转速范围内的谐响应分析结果，依次类推，完成不同转速范围内轴系的谐响应分析，最终求得研究转速范围内轴系承受曲轴载荷时轴系节点应力、振幅随压缩机转速的变化曲线。

（4） 瞬态响应法

与模态叠加法类似，瞬态响应法适用于研究轴系在随时间变化动态载荷的作用下，各节点的应力、振幅等随时间变化的响应过程，研究轴系在不同共振程度中产生的附加应力。瞬态响应法施加的是时间历程载荷，与谐响应分析中施加的谐频载荷相比，此载荷的形式比较简单，不需要区分哪些是引起轴系共振的载荷分量，哪些是静态载荷分量，因此利用有限元软件可以更加方便快捷的进行轴系动态响应分析。

2.4 曲轴强度校核

曲轴的静强度校核是基本的要求，由于曲轴工作时处于动载荷，承受弯曲、扭转的交变应力，所以疲劳强度校核尤为重要。

为此，标准给出了曲轴的静强度和疲劳强度的校核公式，为设计校核方便，标准直接给出了典型材料疲劳强度σ-1和扭转疲劳强度τ-1以及许用的安全系数。

2.5 曲轴共振

目前，往复压缩机向着大型化、高速化发展，现有研究成果表明，往复压缩机转速越高，轴系出现共振时的可能性越大。本标准对整个驱动机压缩机系统（包括曲轴、联轴器和任何传动机构）的扭转固有频率作出了规定。希望设计的曲轴装配到压缩机后，能避开可能出现的危险共振转态。

如果系统振动无法避免，则本标准强调此时的曲轴设计应采用模态叠加法或瞬态响应法对曲轴进行受力分析，确保曲轴即使在发生共振情况下强度也能得到保证。

2.6 制造检验要求

2.6.1 表面强化处理要求

为保证曲轴的耐磨性，规定曲轴表面需进行强化处理的要求，即淬火后的表面最低硬度应不低于HRC48，单件表面硬度的一致性应不大于HRC4。不同的材料硬度要求会有不同，可由供需双方协商确定。

2.6.2 形位公差和表面粗糙度

形位公差是保证曲轴产品形状和位置精度的必要条件，主轴颈同轴度、主轴颈与曲柄销平行度、主轴颈和曲柄销圆柱度的均是控制曲轴加工质量的关键指标；主轴径、曲柄销等表面的粗糙度指标，影响着曲轴配合面的配合精度。所以本标准予以一一规定。这些要求与JB/T 9105-2013《大型往复活塞压缩机 技术条件》等行业标准的要求完全协调一致。

2.6.3 化学成分、低倍组织、金相组织

化学成分、低倍组织、金相组织依照压缩机锻件、球铁件标准给出的要求予以规定，并与其保持协调一致。

2.6.4 无损探伤

无损加测是检验曲轴内在或表面是否有缺陷的重要手段，行业中有NB/T 47013.4、JB/T 5442、NB/T 47013.3、JB/T5439、JB/T5440等标准可供使用，根据产品的应用场合及用户的需求，可协商确定采用何种标准。检验结果则是统一规定，即不得有缩孔、气孔、裂缝、氧化皮、砂眼和其他类似的有害缺陷；锻件不得有裂纹、白点、气孔、夹层和皱叠等缺陷。

2.6.5 腐蚀疲劳性能试验

考虑到压缩机运行环境、曲轴工作温度、湿度和腐蚀条件的差异，以及曲轴材料种类的多样性，标准很难涵盖所有情况下的材料疲劳性能试验，所以这部分内容不做具体规定。针对具体的曲轴材料和腐蚀环境，要求制造厂开展相应的腐蚀疲劳性能试验，试验可以参考GB/T 3075和GB/T 20120.1的规定进行。附录中给出的曲轴材料(45钢和40Cr钢)在不同温度水雾环境下的疲劳性能曲线作为参考。

金属材料在腐蚀环境中大多不存在疲劳极限，因此针对具体的曲轴设计寿命，应从疲劳性能曲线上选择对应的疲劳强度值σ-1代入6.3.2曲轴强度公式中进行安全系数校核。

三　主要试验（或验证）情况分析

本标准为基础标准，不需要进行试验或验证。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本规范的制定将有利于行业按统一的标准进行曲轴设计，以有效提升曲轴设计方法的执行力度。该标准的实施对于提升压缩机整体设计水平、提高曲轴的可靠性、减少以至避免疲劳失效事故等具有重要意义，预期可取得显著的经济和社会效益。

六、与国际、国外对比情况

本标准没有采用国际标准。

本标准修订过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准制定过程中未测试国外的样品、样机。

本标准水平为国内先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本专业领域的标准体系框架如图。

大类：

01 压缩机

01 往复压缩机

02 回转压缩机

03 其它压缩机

01活塞压缩机

02隔膜压缩机

01螺杆压缩机

02滑片压缩机

03涡旋压缩机

小类：

系列：

本标准属于压缩机标准体系“01 往复压缩机”小类的“01 活塞压缩机”系列。

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是与强制性标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性行业标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准标准发布6个月后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。