JB46-315双点双动压力机主传动杠杆轴断裂修复设计

陕西重型汽车有限公司汽车装备制造厂 （西安 710200） 李红兴

1. 问题的提出

JB46－315双点双动压力机为集团公司下属的某一子公司生产重型汽车油箱的重点设备。该压力机于2009年5月发生一侧主传动杠杆轴断裂事故，导致设备停机。该子公司寻求设备生产厂家修复未果，于当年7月委托我厂进行该杠杆轴修复，以期尽快修复设备，保障生产。

2. 杠杆轴的结构

该杠杆轴的结构如图1所示（端杠板空间相位角度在修理加工时以现场实际测量角度为准）。

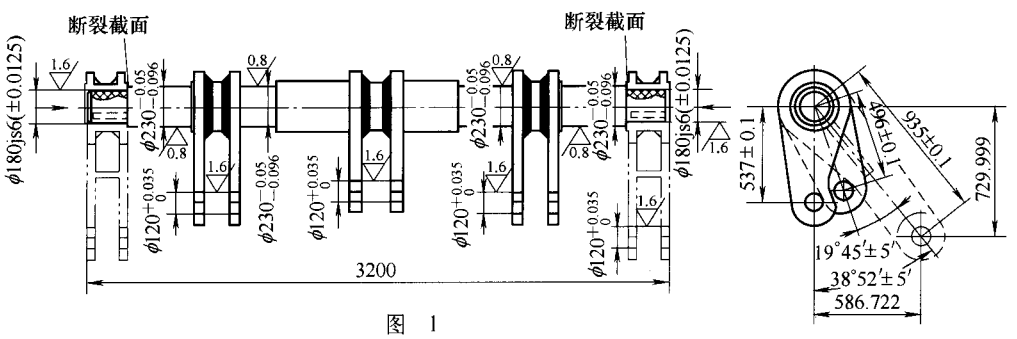

图 1

此设备共装配两件同一杠杆轴，对称分布，共同驱动压力机内外滑块进行压边引伸工作。杠杆轴总长3 260mm，中间三处端杠杆与轴焊接，而两端杠杆与轴装配后，端面处配钻铰2个φ30mm圆柱销孔，用2个φ30mm圆柱销周向固定定位，然后两端面各钻攻2个M16螺纹孔，装配压板，进行轴向固定，为可拆卸机构。杠杆轴拆卸后，一件经外观检查基本完好；另一件杠杆轴两端与端杠板装配后，从轴径φ180～φ230mm轴径台阶处断裂。

经检查两端端杠板与φ180mm轴径外端面圆周处焊接，而随机附带的图样没有标注焊接。经询问设备使用单位，曾委托一公司进行大修，为该设备大修时进行了轴端焊接。

3. 修复方案的选择

为了尽快修复设备，恢复生产，经讨论后提出以下方案：一是更换新轴。经备件采购部门与设备生产厂家咨询沟通，由于该型号设备厂家已停产，没有现成备件，而该轴需订做，生产周期长约一年，价格大约25万元，且生产厂家不保证新做杠杆轴装配后的工作效果。二是修理旧轴，主要问题是能不能重新制作两端轴头，把两端断裂的轴头与杠杆轴联接起来，但怎么联接，联接后能不能满足设备的正常工作还需要进一步考虑。

（1）键联接 设计两端轴头，杠杆轴断裂处铣平断面，镗孔，保证两端孔与支承轴径同轴度≤0.05mm，但随之而来的问题是两端轴孔键槽怎么加工？有人提出，杠杆轴置于龙门式镗铣床工作台，V形铁支承，用侧铣头安装键槽刨刀，刨削键槽前钻削让刀孔，初看此方案可以一试，但键槽加工后，轴头与键联接后，轴向怎么定位，能否径向装横销，但大家对联接效果很是怀疑，原因在于加工键槽对轴的联接强度有很大影响。

（2）轴头焊接 对两端轴头进行键联接后，为了保证联接的可靠性，能否对两端轴头联接处进

行焊接。查图，杠杆轴材料为45钢，热处理调质，焊接工艺性差，易产生裂纹，且焊接后，焊缝以公司现有的设备无法加工。

（3）螺纹联接　联接轴侧ϕ230mm内孔处加工一内螺纹，联接轴轴头加工成外螺纹。联接轴头加工成外螺纹，简单易行，工艺尚可。但杠杆轴两端轴径内孔加工内螺纹，工厂现有设备没有加工能力，只能放弃。且螺纹联接有松动的可能，杠杆轴两端轴头端板联接外滑块，模具引伸时进行压边，若联接松动，引起后果很严重。

（4）过盈联接　经多次讨论方案，提出了轴头过盈联接，即通过过盈配合的方案把杠杆轴的断裂轴头与杠杆轴本体联接在一起，优点是定位好，联接可靠。过盈联接结构如图2所示：

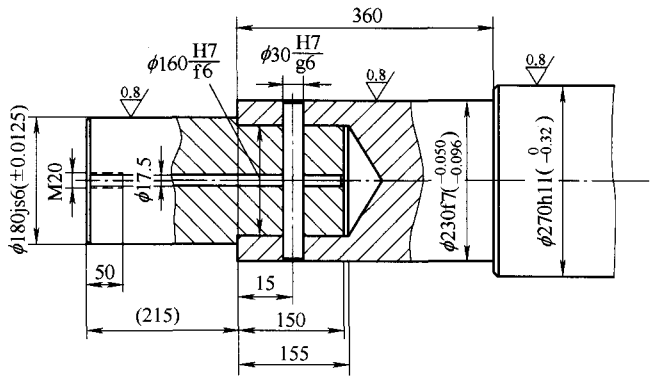

图　2

过盈量的选择，笔者根据工作经验及相关公差配合要求，轴径处配合选取H7/t6，过盈量0.094～0.159mm，这种配合过盈较大，适用于钢对铸铁零件做永久性配合，不用键可传递力矩，需用热胀或冷缩来装配。

过盈联接是利用两个被联接件本身的过盈配合实现联接，靠配合面之间的摩擦力或摩擦力矩传递载荷。过盈联接的特点：结构简单，对中性好，联接零件无键槽削弱强度，联接强度高，在冲击和振动载荷下也能可靠的工作，加工方便。加工时要求配合表面加工精度较高，但配合边缘处应力集中较大。

4. 机械加工工艺拟制

（1）轴头加工及设计　由于轴头与杠杆轴孔为过盈联接，轴头必须设计通气孔且轴端倒圆角应利于装配，其工艺为：下料→粗车→调质T235→精车→外圆磨，配合轴头处配磨，过盈量取0.16mm。设计轴头结构如图3所示。

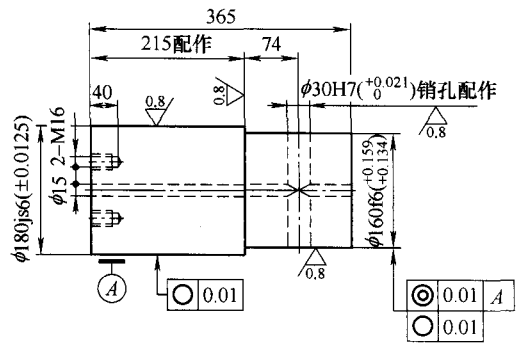

图　3

（2）杠杆轴修理　杠杆轴以V形铁安装于龙门式工作台上，找正两端ϕ230mm轴径Z、Y方向轴径直线度＜0.05mm，以保证两端轴径同轴度＜0.05mm；检查中间两处ϕ230mm轴径Z、Y方向直线度，以确定该轴是否弯曲、变形。经检查，四处ϕ230mm轴径方向处平行度＜0.05mm，然后用龙门铣侧铣头铣平ϕ230mm与ϕ180mm轴径台阶处断口，保证断面平直与中心线垂直度＜0.05mm，轴向尺寸不做进刀。镗削两端联接孔成ϕ160H7尺寸，测量实际尺寸，两处轴头ϕ160mm尺寸与此两孔配磨。保证过盈量0.16mm。

（3）杠杆轴热装过盈计算及试验

计算轴头冷缩装配温度T_1

$$T_1=2\delta/\alpha_1 d$$

式中，δ为最大过盈量，δ=0.16mm；d为被包容件的外径，d=160mm；α_1为被包容件材料钢冷却时线膨胀系数，$\alpha_1=-8.5\times10^{-6}$（1/℃）。

计算后得$T_1=-235.3$℃。

冷冻时间的计算

$$t=a'\delta'+(6\sim8)\ \text{min}$$

式中，a'为与材料有关的综合系数用液态氮冷却，零件材料为钢a'=1.2（min/mm）；δ'为被冷冻零件的特征尺寸，即零件的最大端面半径，取δ'=90mm。

经过计算t=116min，取t=120min。

经计算，要保证－0.16mm过盈，轴头需冷却至－265.3℃（环境温度按30℃）方能保证安全可靠装配。但经过现场及外协单位调查，均不能提供相应的冷冻条件。

计算杠杆轴内孔加热温度T

$$T=(\sigma+\delta)/\alpha d+T_0$$

式中，d为配合公称直径，d=160mm；α为加热零件材料线膨胀系数(1/℃)，$\alpha=11\times10^{-6}$；σ为配合尺寸最大过盈量，σ=0.16mm；δ为所需热装间隙，取$\delta=2\sigma$=0.32mm；T_0为室温和热装操作时由于距离等因素，而影响的安全温度，T_0=50℃。

经过计算得 T=323℃。

加热时间的确定：按零件厚10mm需加热10min估算，厚度值按零件轴向和径向尺寸小者计算，厚度按40mm，加热时间约40min。

为了保证装配正常进行，工艺先做一假轴与套配合过盈0.16mm，基本直径尺寸ϕ160mm、长100mm，进行装配试验。试件轴及试件套如图4所示，试件根据现场装配条件，试装效果良好。

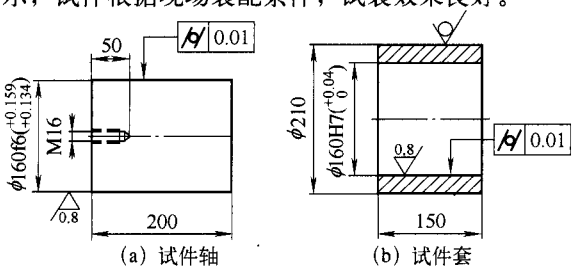

图 4

由于现场只有冰柜，只能冷却至－15℃，装配现场实际温度35℃，加热杠杆轴内孔设施只有乙炔火焰(现场不能提供相应规格感应加热器，我认为以后类似装配应选用塑料挤出机料筒加热器进行温度控制为佳)，现场不可能提供一个大型加热炉进行杠杆轴预热，无其他加热装置选用。于是，根据杠杆轴的实际结构，装配时现场采取乙炔火焰均匀加热ϕ230mm轴径外圆大约30min，用百分表测内孔（测前以配合轴头为准，校正百分表尺寸对零），内孔胀大（不含过盈量）0.30～0.40mm后，工件竖放，装配轴头，轴向贴实，装配时动作要迅速，注意安全。

（4）左右端杠板位置、相位确定 把另一个完好杠杆轴置放于龙门式工作台上，用前述所示方法找正，通过移动机床Z，Y坐标，测量端杠板与其相邻的端杠板空间位置，即图5所示中的38° 52′ 实际角度大小，分别记录数据并比较差异。接着把装配好的杠杆轴安装于工作台，找正，装配两端端杠板，调整相邻端杠板相位角度38° 52′ 。实际大小与另一件杠杆轴的实测角度大小保持一致，固定端杠板。加工端面2个ϕ30H7轴向定位销孔，装配柱销，以确定端杠板空间位置。为了保证轴头联接安全性，联接配合轴径ϕ160mm处作横销孔，装配ϕ30mm横销。

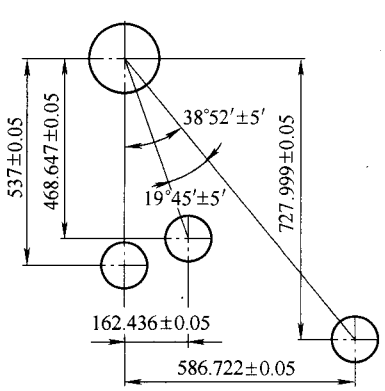

图 5

5. 断裂原因分析

经过此工艺修复后，此杠杆轴与另一杠杆轴经过装配，于2009年10月运转，现已稳定工作至今，工作时动作平稳，安全可靠，未发现任何异常。

现在，回过头分析一下，那杠杆轴起初为什么发生断裂，其联接处断裂轴径ϕ160mm，需承受多大的力矩导致轴头断裂，是疲劳断裂还是过载扭断；经问询机床从投产至2008年5月，机床运行正常，杠杆轴传动机构从没拆卸。此压力机因为其他故障曾委托另一单位大修，对杠杆轴进行拆卸，装配后对外侧端杠板端面焊接，轴径配合处涂胶。我们拆卸断轴头时，铣掉焊缝，去掉轴向联接销后，用160t油压机压拆断轴头未能松动，最后采取切削方法去掉断轴头，然后以端杠杆另一孔为基准，重镗ϕ180mm孔见光，保证两端孔距偏差一致性（935±0.02）mm，ϕ180mm处配合轴径配合尺寸控制在－0.01～+0.03mm范围内。根据修理时对图1右视图端杠板相位角测量及断轴修理后的使用效果，本人判定引起杠杆轴断裂的根本原因为上次大修装配时，拆卸两端杠板，装配时不能保证两端杠板同中间杠板相位角一致，导致压力机两侧杠杆轴工作时载荷不均匀，运动不协调，同步性不能保证，因此两处端杠杆扭曲别劲，导致轴径承受弯矩扭矩不均匀引发裂纹断裂。

6. 结语

此设备的稳定运行证明了过盈联接修复断轴的工艺设计是合理可靠的。在设备的修配中，运用此类经验，对类似的设备有很好的借鉴作用。现场过盈装配时，尽可能感应式加热器进行热装，因火焰加热操作性不好，加热温度难以控制。**MW**

（收稿日期：20111223）