

18V32/40曲轴主轴颈磨削跳动控制

■ 中车资阳机车有限公司（四川 641301） 丑洋洋 朱万奇

摘要：本文结合在试制18V32/40曲轴过程中主轴颈跳动大的问题，从工艺、工装等方面分析原因，通过在主轴颈半精磨及精磨工序中改进，解决曲轴跳动大的问题。

1. 问题来源

在2011年底，车间试制18V32/40曲轴（见图1）时遇到难题：在主轴颈半精磨削工序时，在机床上反映出主轴颈跳动不断变大，无法控制。为了掌握该轴的实际跳动状况，对比磨床上与检测平台上检测的跳动值。具体数据如表1所示。

2. 影响跳动的原因分析

（1）曲轴自身特点。18V32/40曲轴是曲轴事业部目前为止生产的最大的成品曲轴。曲轴材质为34CrNiMo6V，长达6.735m，重5.375t，主轴颈直径为320mm，连杆颈直径为290mm，偏心半径为200mm。在精磨主轴颈工序中技术要求很高，要求用万向节带动曲轴旋转，检测控制各拐挠度在0.01mm

以内，各轴颈跳动在0.02mm以内。

主轴颈和连杆颈的过渡联接组合内圆弧 R （主轴颈内 R 为 $R35\text{mm}$ 和 $R10\text{mm}$ 组成的过渡圆弧 R ，连杆颈内 R 为 $R29\text{mm}$ 和 $R8\text{mm}$ 组成的过渡圆弧 R ），使联接处的厚度变薄，导致曲轴的刚性变小、柔性变大。整支曲轴长度为7m，长径比达到21.8，是一支非常容易变形的柔性轴，轴颈磨削过程中对它的挠度控制和跳动控制则是最大的难点。

（2）加工设备的原因。主轴颈磨削工序在上海主轴颈磨床上完成，其型号为MK81125/10M。由于该机床本身存在很多缺陷，使用时间不长，对机床的性能都不了解，且从未加工过此类大型曲轴，存在很多未知因素等。这

就导致当质量问题出现时不敢确认该问题是否由机床因素引起。只能做选择题，排除其他因素后才能判断，使加工效率变低，造成加工瓶颈。

（3）工装的问题。中心支架的原因。中心支架的下支撑架是一关键因素，下支撑架的主要作用为支撑轴颈避免曲轴下沉。由于18V32/40曲轴很长、比较重，在磨削过程中更加容易下沉，故下支撑架刚性更为重要。如图2所示，下支架为间隙配合的套类件，存在0.01~0.02mm的间隙误差，所以在磨削的过程中，中心支架可能会因曲轴的旋转运动而不断晃动，该随机误差使轴在支架上不稳定，造成跳动超差。

支撑尼龙块的原因。最初采用厂家带来的厚度为50mm的支

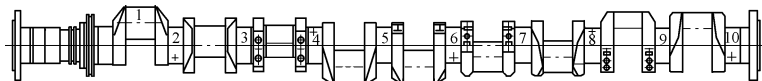


图1 18V32/40曲轴结构

表1 18V32/40曲轴主轴颈为 $\phi 322\text{mm}$ 时检测的跳动值（单位：mm）

	01	1	3	5	7	9	10
上海主轴颈磨床	0.02	0.03	0.05	0.05	0.03	0.025	0.03
检测平台	0.09	0.28	0.42	0.58	0.55	0.31	0.11

备注：跳动方式为花跳，且高低点跳动方向一致



图2 下支架结构

撑尼龙块，因尼龙块强度低，易产生弹性变形，故可能造成主轴颈跳动超差。

3. 改进措施

(1) 工装的改进。主要是针对中心支架和支撑尼龙块。

中心支架：为了避免中心支架晃动，在下支撑架处设计安装一压紧螺栓，增强了支架的稳定性，减小了因支架刚性对曲轴跳动的影响，如图3所示。每一次在调整中心支架时，需松开压紧螺栓，当支架调整好，加工前要锁紧压紧螺栓。

支撑尼龙块：在精磨18V32/40曲轴主轴颈时，根据中心支架的支撑范围，在确保有支撑余量的前提下，将尼龙块的支撑厚度由50mm改为35mm，具体如图4、图5所示。改进后减小了支撑尼龙块的弹性变形，进而减小了因支撑尼龙块变形对轴颈跳动超差产生的影响。

(2) 支撑点和支撑方式的选择。支撑点和支撑方式的选择尤为重要，在半精磨及精磨18V32/40曲轴时，为了增加曲轴在磨削过程中的刚性及稳定性，采用了7个中心点支撑的支撑方

式，如图6所示。

(3) 磨削工艺的改进。轴颈磨削顺序的变化：采用如图6所示的支撑方式后，在半精磨18V32/40曲轴过程中分别采用了3种不同的磨削顺序。

采用传统的先磨削中间支撑轴颈再磨削两端支撑轴颈后磨削其余支撑轴颈，从磨床上及检测平台上检测的跳动值均很大，效果不好，检测数据如表2所示。

采用其他厂的磨削方式，先磨削两端支撑轴颈逐渐往中间磨削，从磨床上及检测平台上检测的效果看更不理想，跳动更大，具体数据如表3所示。

考虑到7点支撑各支架有相互干涉，采用了先磨削支架5，依次支架7、支架3、支架9、支架10、支架1、支架01的磨削顺序后，从磨床上及检测平台上检测的跳动值来看在一次次变好，如表4和表5所示。所以，在精磨18V32/40主轴颈时，采用了第3种磨削顺序，磨削的跳动值满足了工艺要求。

轴颈磨削方式的变化：在18V32/40半精磨主轴颈时，同其他中小型曲轴一样，定心磨削（定心磨削是指采用顶尖装夹曲轴，并用拨盘驱动曲轴旋转进行主轴颈磨削）所有支架位置至跳动在0.015mm以内后，就进行

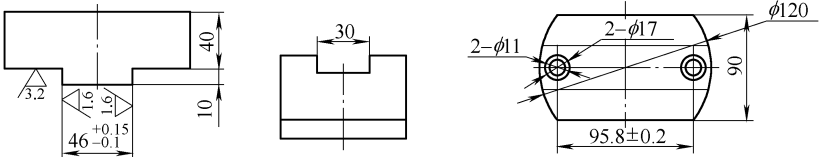


图4 改进前的上海磨床支撑尼龙块

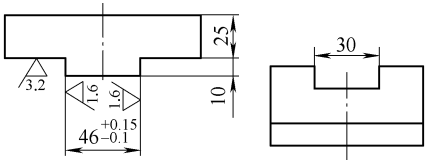


图5 改进后的上海磨床支撑尼龙块

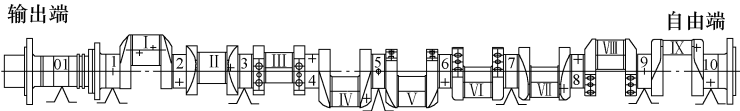


图6 18V32/40曲轴精磨主轴颈支撑位置

表2 18V32/40曲轴主轴颈为φ322mm时检测的跳动值 (单位: mm)

	01	1	3	5	7	9	10
上海主轴颈磨床	0.02	0.03	0.05	0.05	0.03	0.025	0.03
检测平台	0.09	0.28	0.42	0.58	0.55	0.31	0.11

备注：跳动方式为花跳，且高低点跳动方向一致

表3 18V32/40曲轴主轴颈为φ321.8mm时检测的跳动值 (单位: mm)

	01	1	3	5	7	9	10
上海主轴颈磨床	0.02	0.04	0.06	0.06	0.04	0.035	0.035
检测平台	0.10	0.35	0.48	0.62	0.60	0.39	0.13

备注：跳动方式为花跳，且高低点跳动方向一致



(a) 改进前 (b) 改进后
图3 下支撑架改进对比图
1. 安装的压紧螺栓 2. 原定位销

无心磨削（无心磨削是指采用万向节联接曲轴并驱动曲轴旋转，进行主轴颈磨削，曲轴完全处于自然状态下），加工余量尽量留大，保证在加工过程中出现异常后有挽救的余地。在无心磨削前，先用百分表进行水平找正和垂直找正。但是，在磨削过程中发现，随磨削时间增加，倒磨次数增多，轴颈跳动变大。因为随磨削时间增加，磨削量增多，轴颈会不断减小，进而轴颈会不断下降，此时，又由于未磨削轴颈支架会干涉曲轴的下降，可能造成各轴颈中心不一致，随着该误差的累积增大，故出现跳动不断变大的现象。

在精磨主轴颈时增大定心磨削磨量，即先定心磨削至轴颈余量为0.35mm后，再进行无心磨削。用定心磨削时，因连杆颈已精磨完，为保证连杆颈位置度不发生大的变化，影响曲轴的质量，所以在定心磨削时必须找两端轴颈的跳动，并保证其跳动在0.05mm以内，且两端轴颈跳动方向一致。如果两端轴颈跳动过大，要精修中心孔，实践证明，此方式加工的曲轴能保证连杆颈的精度要求。改变工艺后增大定心磨削磨量的目的是去量，减少在无心磨削时的倒磨余量，减少因曲轴下降支架干涉的累积误差，进而使曲轴在旋转的过程中晃动变小，达到跳动减小的目的。

一次磨削量的变化：在试制半精磨主轴颈时，定心磨削以0.2mm/次的磨削量进行磨削，无心磨削以0.12~0.15mm/次的磨削量进行磨削。为了减少因每次磨削量大对曲轴变形的影响，

保证曲轴的跳动，在精磨主轴颈时，定心磨削时以最大0.1mm/次的磨削量进行磨削，无心磨削时以0.05~0.07mm/次的磨削量进行磨削。在所有直径余量剩0.1mm后进行开挡，然后分两次以0.05mm/次的磨削量磨到工艺规定尺寸。为了确保在每次磨削时轴颈必须磨圆，在实际磨削时该磨量会有所变化。

倒磨次数的变化：半精磨主轴颈时，磨削余量为2mm，共倒磨11~12次（根据第一次磨圆的余量决定，余量大倒磨的次数多），其中定心磨削倒磨2次，无心磨削倒磨9~10次。无心磨削倒磨期间，在余量为0.1mm之前，倒磨量为0.12~0.15mm/次，在余量为0.1mm时，倒磨量为0.1mm/次。精磨主轴颈时，磨削余量为1mm，共倒磨13~14次，其中定心磨削倒磨7~8次（根据第一次磨圆的余量决定），无心磨削需倒磨6次。无心磨削倒磨期

间，在余量为0.1mm之前，倒磨量为0.05~0.07mm/次，在余量为0.1mm时，倒磨量为0.05mm/次，分两次磨完。在每次倒磨后下次倒磨前均要用百分表找正每个支架处轴颈的位置，确保每个支架轴颈的中心线基本在一条直线上，同时用拐挡表检测各支点的挠度在0.01mm内，如果挠度大需重新调整支架，确保挠度值。由此可见，工艺改变后，倒磨次数明显增加，倒磨量减少。这主要是为了减小曲轴的下降量，使每个支架处轴颈下降误差减小，进而使曲轴中心基本保持一致，从而保证曲轴的跳动值。改变工艺后，检测的主轴颈跳动得到了明显的改善，具体数据如表6所示。因此，在今后的制造中，将半精磨主轴颈时的工艺改为精磨时的工艺。

参考文献：

[1] 卢秉恒. 机械制造技术基础[M]. 3版. 北京：机械工业出版社，2008.

表4 18V32/40曲轴主轴颈为 $\phi 321.5\text{mm}$ 时检测的跳动值（单位：mm）

	01	1	3	5	7	9	10
上海主轴颈磨床	0.02	0.022	0.035	0.035	0.025	0.025	0.03
检测平台	0.07	0.13	0.22	0.27	0.23	0.15	0.09

备注：跳动方式为花跳，且高低点跳动方向一致

表5 18V32/40曲轴主轴颈为 $\phi 321\text{mm}$ 时检测的跳动值（单位：mm）

	01	1	3	5	7	9	10
上海主轴颈磨床	0.01	0.012	0.02	0.02	0.015	0.012	0.015
检测平台	0.04	0.08	0.13	0.16	0.12	0.08	0.04

备注：跳动方式为花跳，且高低点跳动方向一致

表6 精磨主轴颈后检测的跳动值（单位：mm）

	01	1	3	5	7	9	10
上海主轴颈磨床	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
检测平台	0.03	0.05	0.07	0.10	0.07	0.05	0.02

备注：该跳动方式已为正常

MW（收稿日期：20160922）