

地脚品质与机床水平调节

祖慧勇等（文字资料）

1、背景介绍

地脚是机床与底面机床之间的连接和支撑机构，其功能主要是机床水调节和地面隔震两个方面。机床地脚本身也是有设计技术指标的，以 80 地脚为例，其技术指标如下：

1.1 地脚参考指标（规格 80）

外形尺寸：长*宽*高（mm）	185*120*76
重（kg）	6
传动螺纹	M16
套筒扳手规格（mm）	22
最大承重载荷（kN）	220
调节范围（mm）	5
每圈调节量（mm）	0.22
每调节 10kN 需要扭矩（N*M）	3.3
最大承受扭矩（N*M）	85
支撑弹性	4200N/ μ

尽管有技术指标，但我们在生产和品质管控中，没有仔细核查技术指标的落实情况。我们在机床安装和使用中的不少问题，其实都与地脚有关系，但没有引起大家的注意。比如：

- 1) 调节扭力太大，调节费力，不得不借助于千斤顶。
- 2) 总感觉地面不平或高度调节范围小，不得不使用 U 型垫片。
- 3) 水平调节完成后，移动机床 X/Y 轴，机床水平会发生变化，水平尺变化 1~2 格甚至更多。
- 4) 机床在运动过程中，地脚会松动，甚至机床发生位移变化。
- 5) 地脚破损。

机床地脚作为最基础的机床附件，看起来非常简单，各个环节都没有引起重视。使用中的各类问题可能都习以为常，很少有人去深究问题的根源和解决办法。恰恰就是这么一个小小的附件，让我们的机床性能大幅下降，引起了各种各样的问题。

经过我们分析归纳，我们发现了与地脚有关 14 个问题，5 个问题与现有地脚的制造品质有关，核心原因是设计无要求、生产无管控，导致地脚质量波动极大；9 个问题与使用方法有关，使用中过于随意、不规范。

2、地脚品质和使用中存在的问题

2.1 个别地脚的制造品质存在的问题

表 1 个别地脚质量缺陷汇总

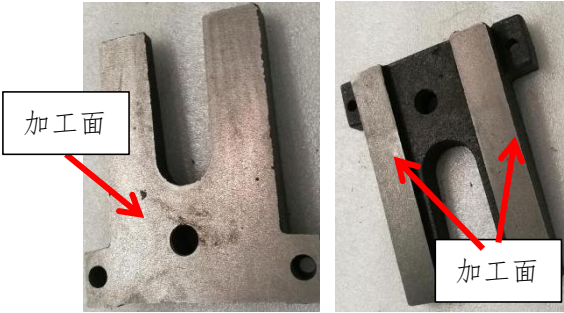
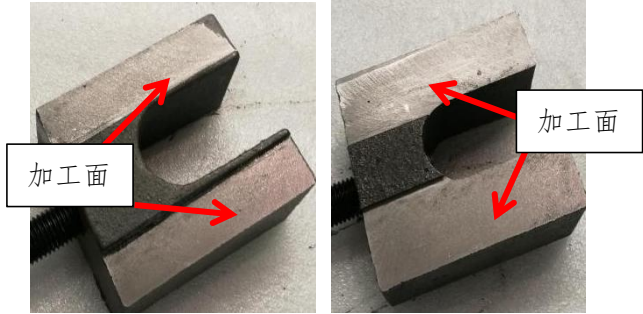
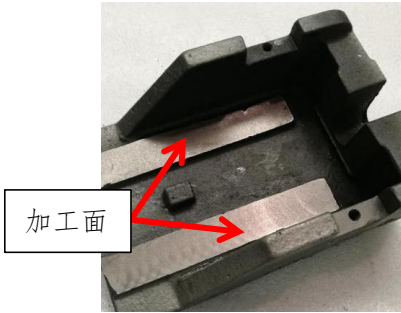
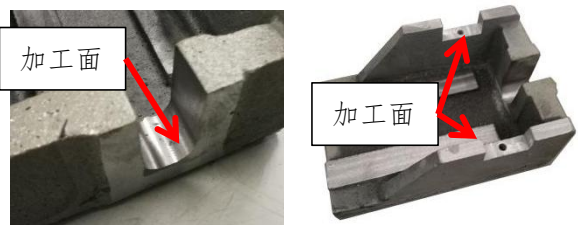
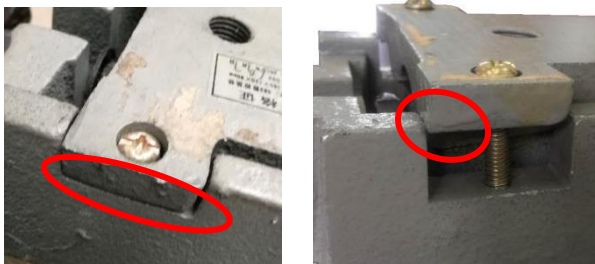

序	个别地脚质	示意图	说明
---	-------	-----	----

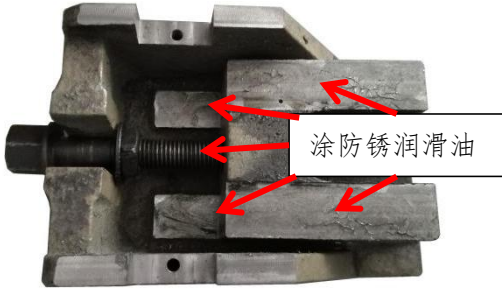
号	量缺陷		
1	底座上的U型卡槽深度不够,导致调节螺栓与卡槽发生干涉		圈起部分为干涉导致的磨擦痕迹,调节费力
2	个别零件尺寸偏差过大		两处尺寸偏差2mm以上,使零件间接触面积小,不稳定
3	不同地脚之间,总体高度偏差过大		地脚调节范围5mm,高度差达到3mm以上,使用中不得不使用垫片进行弥补
4	螺钉长度不合适		导致调节高度时拉断地脚顶板或拉穿螺钉孔
4	地脚零接触面粗糙		接触面积小且不规则,调节费力,稳定性差
5	地脚底部平整度差		凸起高度2mm以上,支撑不稳定

对于现有地脚的制造缺陷,比较经济实用的解决办法是对问题零件进行改善再加工,改善主要包括表2中所列出的7个方面。

表2 地脚制造缺陷的改进

序号	描述	示意图
----	----	-----

<p>1</p>	<p>加工顶板上下接触面</p>	
<p>2</p>	<p>加工楔块上下接触面</p>	
<p>3</p>	<p>加工底座上与楔块配合的接触面</p>	
<p>4</p>	<p>个别地脚需要加工底座的卡槽部位，以免顶板或调节螺栓与底座干涉，影响地脚的调节范围</p>	
<p>5</p>	<p>检查并确保： 1) 调节到最低点时，顶板凸耳与底座卡槽不接触； 2) 调节到最高点时，顶板凸耳不脱出卡槽；</p>	
<p>6</p>	<p>检查底座地面平整程度，如有明显翘曲或凸起，则需要打平或加工</p>	


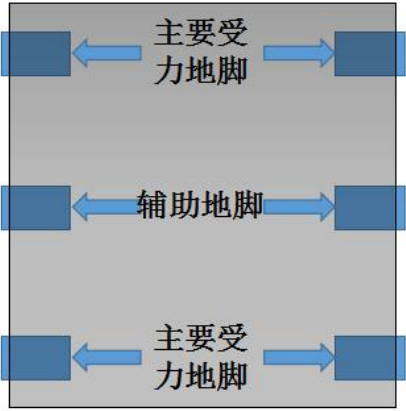
7	<p>组装时，在地脚接触面之间涂抹防锈油</p>	
---	--------------------------	--

2.2 地脚使用中存在的问题

表3 地脚使用问题汇总

序号	存在的使 用问题	示意图	说明
1	<p>选择机床 就位地面 不规范</p>		<p>骑跨地面接缝安 装，地面高度差过 大，支撑不稳定</p>
2	<p>地脚下面 夹、垫其它 物品</p>		<p>地脚下面不允许夹 垫任何物品，如有 必要，可以在机床 与地脚之间用专用 的U型垫片</p>
3	<p>地脚局部 受力导致 顶板断裂</p>		<p>必须使地脚顶板全 部支撑面受力，避 免局部受力、断裂</p>
4	<p>支撑盘与 机床的固 定螺栓没 有紧固</p>		<p>水平调整结束，请 锁紧紧固螺栓</p>

5	调整螺栓两边的垫片没有放在两边	 <p>错误：两个垫片</p> <p>正确：两侧各一</p>	两个垫片应在卡槽内外两侧各一个
6	移动机床过程中，地脚未拆除	 <p>固定螺钉弯曲、折断，影响支撑盘正常动作</p>	移动机床时，必须拆除全部地脚螺栓

7	未检查顶板或固定螺钉的位置是否合适	 <p>调节到最低点时：顶板凸耳与底座卡槽不接触，固定螺钉不高出顶板</p> <p>调节到最高点时：顶板凸耳不脱出卡槽，固定螺钉不影响调节范围</p>	<p>解决办法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、安装时去掉两个固定螺钉，对使用功能没有任何不利的影响，同时能够避免上述问题。 2、在存储、运输中，应安装两颗固定螺钉，避免零部件丢失。
8	地脚受力分配不合理	 <p>主要受力地脚</p> <p>辅助地脚</p> <p>主要受力地脚</p>	对于配置6个地脚的机床，有4个为主要受力地脚，而中间两个为辅助地脚，调节水平时，以主要受力地脚为主，不允许辅助地脚受力大于主要受力地脚。

9	机床定位后，长时间没有再次调整机床水平		橡胶蠕变周期为 2 周。初次调节水平之后，必须在 2 周后再再次微调机床水平
---	---------------------	---	--

3、地脚改进之后的效果对比

经过实践，我们对现有的地脚进行了改进加工，并且规范地脚的使用方法，是机床的性能有了较大幅度的改善。主要包括以下几个方面：

3.1 提升了地脚的减振效果，磨削加工的崩边量减少 20%。

表 4 玻璃加工实验数据

玻璃打孔测试崩边量占有率统计数据

地脚状态	磨头规格	崩边范围 (mm)							
		<0.15	0.15-0.2	0.2-0.25	0.25-0.3	0.3-0.35	0.35-0.4	0.4-0.45	>0.45
原始地脚	D6*D1*1.5A*200#	0%	0%	0%	0%	0%	37.50%	22.50%	70%
改进地脚	同一批次刀具	0%	25%	35%	12.50%	20%	2.50%	5%	0%
	同一把刀具	0%	2.50%	27.50%	47.50%	17.50%	2.50%	2.50%	0%

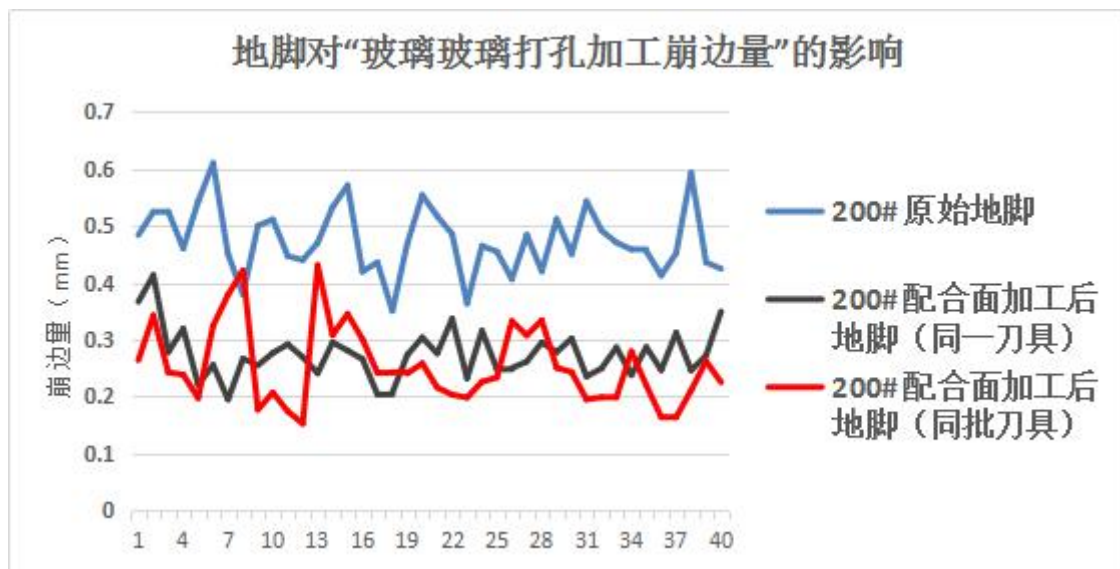


图 1 地脚对“玻璃玻璃打孔加工崩边量”的影响

3.2 运动冲击时，机床底座 XYZ 向的变化量减小（表 5）。

机床各轴在运动的过程中产生的惯性，会对整个机床产生一定的冲击，这种冲击的力量

最终要靠地脚传递给地面。这就要求地脚必须要具备足够的支撑刚性和抓地力，否则，对加工效果会有一些的影响，机床也有可能发生微小的位移。



图 2 检测示意图

表 5 机床运动状态下，机床底座的变化量

机床型号	JDLVM550T-A12S	机床编号	1508913	
(1) 测试 XY 在 (00) (600,-400) 直线运动，换向时床身的瞬间变化， 测量位置 (测量位置：右前/左后)				
运动坐标点	原始地脚		改进后地脚	
Dx	0.01	0.006	0.004	0.003
Dy	0.003	0.006	0.001	0.004
Dz	0.003	0.002	0.002	0.002
测试 XY 寸动瞬间底座的平移变化， 测量位置 (右前/左后) mm				
X 寸动: Dx	±0.01	±0.005	±0.006	±0.004
Y 寸动: Dy	±0.004	±0.006	±0.002	±0.002

3.3 提升了支撑刚性

机床台面运动到不同位置时，机床重心会发生一定的变化，这种重心的变化，会使到各个地脚的支撑力发生变化，这种力的变化会压缩地脚及减震橡胶，进而影响到机床水平度。从表 6 中可以看出，当机床重心变化时，使用改进后的地脚比原始地脚，床身的底面在高度方向的变化量大幅减小。

表 6 机床重心发生变化时的床身底面的高度变化

机床型号	JDLVM550T-A12S	机床编号	1508913
机床台面往复运动，测试床身底面的高度变化 测量位置 (测量位置右前/左后)			

运动坐标点	原始地脚		改进后地脚	
XY:(0, 0)~(550 , 400):Dz	0.022	0.02	0.01	0.008
XY:(0, 0)~(0,400):Dz	0.016	0.014	0.006	0.005
XY:(0 , 0)~(550, 0):Dz	0.006	0.004	0.004	0.002

3.4 机床水平的稳定性提升（监控中）

之所以如此关注机床水平的变化，是因为机床水平的变化对机床精度有一定的影响，从表 7 中不难看出，随着机床水平度的变化，机床运动的圆度、垂直度均有较大变化。表 8 说明地脚经过改进后，机床动态水平稳定性得到了提高。改进后的地脚比原始地脚，水平度的变化速度也的确减慢了（表 9 是 1 个多月的监控记录）。

表 7 机床水平对圆度、垂直度的影响

JDLVM550T_A12S-1508913					
	机床水平度		XY 平面 圆度 (um)	X/Y 垂直度 (um)	
	左右 (mm)	前后 (mm)			
调整其中一个地脚，改变机床水平度	0	0	11.3	-26.6	
	0.02	0.03	10.8	-22.7	
	0.04	0.05	10.4	-18.2	
	0.06	0.07	10.3	-14.5	
	0.10	0.11	9.7	-6.3	
	0.26	0.26	8.8	0.3	
	用球感仪检测圆度、垂直度	0.0	0	11.3	-29.3
		0.02	0.03	11.9	-33.5
		0.04	0.06	11.6	-37.8
		0.06	0.08	12.4	-40.2
0.10		0.11	13.4	-46.1	
	0.26	0.26	13.6	-48	
极差			4.8	48.3	

表 8 地脚改进前后，对机床动态水平稳定性的影响

机床坐标 (mm)		水平尺读数								
		机床型号：JD BMV700-A12S 设备编号：1506747				机床型号：JD BMV700-A12S 设备编号：				
		原始地脚 (mm)		改进后地脚 (mm)		原始地脚 (mm)		改进后地脚 (mm)		
X	Y	X 向	Y 向	X 向	Y 向	X 向	Y 向	X 向	Y 向	
350	-250									
0	-250									
700	-250									
350	0									
350	-500									

表 9 地脚改进前后，对机床动态水平稳定性的影响

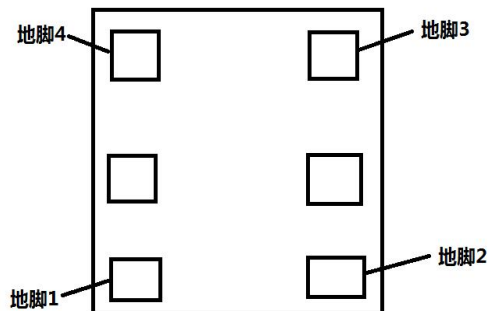
机床型号	机床坐标 (mm)		水平尺读数 (mm)								
			初次调整值		1 周后		2 周后		3 周后		
	X	Y	X 向	Y 向	X 向	Y 向	X 向	Y 向	X 向	Y 向	
JD BMV700-A12S	350	-250									
JD BMV700-A12S											
JD BMV700-A12S											
JD BMV700-A12S											
JD BMV700-A12S											

4、基于球杆仪的精密水平调整方法

调整机床水平时，常规的方法是用气泡水平仪，通过调整地脚，监控气泡位置。如果气泡位置落在中心，即可确认机床水平调整完成。这种方法的缺点是，如果机床工作台面运动或横梁运动，机床的重心会出现变化。这样，水平仪的气泡是会动的。应用中，我们把机床运动到中间位置，平衡各方面参数。在精密机床安装调试中，我们采用了一种基于球杆仪的水平调整方法，这种方法可以更好的平衡重心引起的形变，提升机床的圆度和 XY 的垂直度。

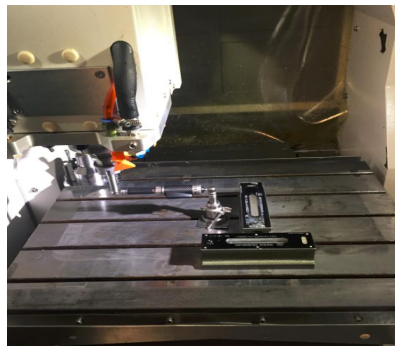
调整的基本流程是：

- (1) 机床地脚位置编号。



地脚示意图

- (2) 先用气泡水平仪把机床调整到水平。
- (3) 用球杆仪检测圆度和垂直度。



球杆仪测试图

(4) 根据球杆仪数据分析垂直度（正值或者负值），然后进行调试。调节的规律是 A、1、3 地脚升高时，垂直度都往正值方向变化，升的越高数值变化越大；反之，则数值相反。

B、2、4地脚升高时，垂直度都往负值方向变化，升的越高数值变化越大；反之，则数值相反。

(5) 调整的实例数据。

(补充实际调整的数据案例)

(补充)