

活塞杆磨削余量优化研究

■ 郑州煤矿机械集团股份有限公司 （河南 450000） 刘 程 卢 君

摘要：针对千斤顶活塞杆产能不足问题，研究不同活塞杆杆径磨削余量及加工时间的变化规律，从现有精车设备及磨削设备的加工能力入手，通过平衡车削和磨削两道工序的生产能力，探索提升活塞杆产能的方法。



千斤顶是液压支架中关键的零部件，活塞杆是长径比较大的细长件，其加工质量的好坏直接

影响液压支架动作的灵敏度和准确性。目前活塞杆磨削余量的选择往往根据已有的经验，为防止

磨削余量不够，精加工时留有较大余量，但效率较低，影响了整个零部件的加工周期，制约了千斤顶的生产产能。

基于以上原因，测定了不同长度、不同杆径和不同切削参数下的磨削余量，以精车和磨削效率与设备产能对比，优化杆类零件磨削余量和精加工参数，作为杆类精加工的指导性文件，从而提高磨削效率，减少杆类零件的加工周期，降低生产成本。

1. 不同杆径、不同长度零件的磨削加工余量

经统计，不同直径、不同长度杆类零件的磨削余量如表1所示。

表1 杆类零件理论磨削余量

直径/mm	磨削类型	热处理状态	磨削长度/mm					
			< 100	≥ 100 ~ < 250	≥ 250 ~ < 500	≥ 500 ~ < 800	≥ 800 ~ < 1 200	≥ 1 200 ~ < 2 000
			直径余量/mm					
30 ~ < 50	外圆磨	未淬硬	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6
≥ 50 ~ < 80			0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7
≥ 80 ~ < 120			0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7
≥ 120 ~ < 180			0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8
≥ 180 ~ < 260			0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9
≥ 260 ~ < 360			0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9
≥ 360 ~ < 500			0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0

表1列出的磨削余量是保证磨削质量的经验数据，但根据现有数控加工精度，磨削余量是可以继续优化的。通过控制精车精度，可以减少磨削余量，提高磨削效率。

2. 不同杆类零件最小磨削余量测定

统计所有活塞杆规格、长度范围（见表2），以确定需采集的数据。

表2 活塞杆规格及长度范围统计

直径/mm	磨削类型	热处理状态	活塞杆电镀长度范围/mm
45	外圆磨	未淬硬	149~378
60			245~946
70			222~1 005
85			798~1 000
90			235~595
105			315~1 080
120			247~1 030
140			217~1 191

在现有加工条件下，最小磨削余量的测定是磨削余量优化的基础，根据表2统计的活塞杆直径和镀铬区长度范围，按照表1杆类零件理论磨削余量进行分类，逐一进行试验，得到如表3所示的最小磨削余量。

表3 杆类零件最小磨削余量测定（单位：mm）

磨削直径	各长度范围内的最小磨削余量				现行工艺中的余量范围
	100~<250	≥250~<500	≥500~<800	≥800~<1 200	
45	0.20	0.25	—	—	0.42~0.60
60	0.20	0.25	0.30	0.45	0.42~0.60
70	0.25	0.30	0.35	0.45	0.42~0.60
85	0.25	0.30	0.35	0.45	0.44~0.63
90	0.25	0.30	0.35	—	0.44~0.63
105	0.30	0.35	0.40	0.45	0.46~0.66
120	0.30	0.35	0.40	0.45	0.46~0.66
140	0.35	0.35	0.40	0.45	0.46~0.66

由此可知，现行工艺中的磨削余量范围是保证所有杆类均能磨削出的余量，这种余量是不够精益的。同时，磨削加工余量可以在表1基础上进一步减少，从而提升磨削产能。但是减少磨削余量对精车的精度要求会提高，进而降低了精车产能。因此，有必要根据磨削产能和精车产能来确定是减少磨削余量还是增加精车进给量。

3. 确定杆类零件精车设备加工范围和理论产能

（1）杆类零件精车设备数量及加工范围如表4所示。

表4 杆类零件精车设备数量

设备名称	设备数量	加工范围	
		总长度/mm	镀铬区直径d/mm
CKS6132	4	≤900	d<120
LP40	2	≤1 500	120≤d≤140
CK6163	1	≤1 500	120≤d≤140

（2）杆类零件精车经济切削参数。涂层硬质合金车刀车削合金钢时的切削三要素如表5所示，但实际上在机床加工过程中，虽然刀具能承受理论车削速度，但是中心架及尾座顶尖的轴承无法承受，如果采用理论车削速度，则轴承更换频繁，影响生产。经过现场调研，确定工件最大转速<850r/min，最后计算出实际车削参数如表5所示。

（3）杆类零件精车理论产能。活塞杆精车镀铬区需要进行半精车和精车两次走刀，不同镀铬区直径下具体的半精车和精车速度如表6所示。通过表5所示的加工三要素，可以计算出表2所示的各种规格活塞杆最短和最长时的加工时间及总产能（见表6）。

4. 确定杆类零件磨床设备加工范围和理论产能

（1）杆类零件磨削设备数量及加工范围。目前活塞杆工区的磨削设备如表7所示，虽然M131W和MB1332B理论上可以磨削更大直径的活塞杆，但是磨削效率低，根据活塞杆工区的实际情况，确定了各自磨削的实际直径范围。

（2）杆类零件磨削经济切削参数。根据工艺师手册和现场实际情况，可以得到如表8所示的计算参数，其中M131W使用的是50mm宽砂轮，MB1332B和M1350使用的是75mm宽砂轮，工件轴向进给量为（0.5~0.8）×砂轮宽度，现场实际取0.6×砂轮宽度。

由于磨床工件转速为无级变速，经过测定和反算，得到了工件的进给速度如表8所示。

表5 杆类零件精车经济切削参数

切削深度/mm	进给量/ (mm·r ⁻¹)	理论车削速度/ (m·min ⁻¹)	实际车削速度/ (m·min ⁻¹)
0.5	0.14	193~205	120~190
1	0.18	185~200	110~180
2	0.25	168~185	100~160
4	0.4	135~160	70~135

表6 杆类零件精车理论产能

活塞杆镀铬区直径/mm	标准件镀铬区长 度范围/mm	活塞端加 工时间/ min	实际车削速度 (半精车/精车) / (m·min ⁻¹)	镀铬区加工 时间/min	辅助工时/ min	精车总时间/ min	单台产能/ 件	设备 数量	总产能/件
45	149~378	2.9	95/120	2.1~5.4	0.9~1.2	5.9~9.5	47~76	4	189~305
60	245~946	2.5	135/160	3.4~13.2	1.3~1.9	7.2~17.6	25~62	4	102~250
70	222~1 005	3.8	135/160	3.6~16.4	1.4~2.2	8.8~22.4	20~51	4/3	60~204
85	798~1 000	4.1	135/160	15.8~19.8	2.4~2.5	22.3~26.4	17~20	4/3	51~80
90	235~595	4.2	135/160	4.9~12.5	1.7~2.2	10.8~18.9	23~41	4	95~166
105	315~1 080	5.4	135/160	7.7~26.4	2.1~3.1	15.2~34.9	12~29	4/3	38~118
120	247~1 030	7.7	135/160	6.9~28.8	2.2~3.3	16.8~39.8	11~26	3	33~80
140	217~1 191	8.3	135/160	7.1~38.9	2.4~4.0	17.8~51.2	8~25	3	26~75

表7 杆类零件精车设备数量

设备名称	设备数量	加工范围	
		总长度/mm	镀铬区直径/mm
M131W	1	≤1 000	≤60
MB1332B	2	≤1 500	≤90
M1350	3	≤2 500	≤500

(3) 杆类零件磨削理论产能。通过表8所示磨削参数，可以计算出表1所示的活塞杆各直径最短和最长时的加工时间及总产能如表9所示，其中计算用磨削余量使用表3中的最小磨削余量。

5. 磨削余量和精加工参数的优化

通过对比磨削产能和精车产能，发现使用最小磨削余量计算后，小直径活塞杆磨削产能略微不足，中等直径活塞杆磨削产能

略微过剩，大直径活塞杆精车产能不足（见表10）。

结合表1测定的理论磨削余量，在最小磨削余量（见表3）基础上，需要进行如下优化：

（1）小直径（45mm、60mm）活塞杆磨削余量使用表3测定的最小磨削余量，进而提升小活塞杆磨削产能。

（2）略微增加中等直径（70mm、85mm和90mm）活塞

表8 杆类零件精车经济切削参数

活塞杆镀铬区直径/mm	粗磨				光磨			
	工件进给速度/ (m·min ⁻¹)	转速/ (r·min ⁻¹)	轴向进给量/ (mm·r ⁻¹)	磨削深度/mm	工件进给速度/ (m·min ⁻¹)	转速/ (r·min ⁻¹)	轴向进给量/ (mm·r ⁻¹)	光磨次数
45	12	85	30	0.01	20	141	15.0	2
60	12	64	30	0.01	20	106	15.0	2
70	13	59	45	0.01	25	114	22.5	2
85	13	49	45	0.01	25	94	22.5	2
90	13	46	45	0.01	25	88	22.5	2
105	14	42	45	0.015	30	91	22.5	2
120	14	37	45	0.015	30	80	22.5	2
140	14	32	45	0.015	30	68	22.5	2

表9 杆类零件精车理论产能

活塞杆镀铬区直径/mm	标准件镀铬区长度范围/mm	粗磨	精磨	辅助时间/min	总时间/min	单台产能/件	设备数量	总产能/件
		磨削时间/min	磨削时间/min					
45	149~378	0.6~1.9	0.1~0.4	0.9~1.2	1.6~3.4	131~276	1	131~276
60	245~946	1.3~11.1	0.3~1.2	1.3~1.9	2.9~14.2	31~155	1	31~155
70	222~1 005	1.0~8.5	0.2~0.8	1.4~2.2	2.6~11.5	39~171	2	78~343
85	798~1 000	4.6~10.3	0.8~0.9	2.4~2.5	7.7~13.7	32~58	2	65~116
90	235~595	1.4~5.0	0.2~0.6	1.7~2.2	3.4~7.8	57~134	2	114~268
105	315~1 080	1.6~8.5	0.3~1.1	2.1~3.1	4.1~12.6	35~110	3	106~332
120	247~1 030	1.5~9.2	0.3~1.2	2.2~3.3	4.0~13.7	32~113	3	98~341
140	217~1 191	1.8~12.5	0.3~1.6	2.4~4.0	4.5~18.0	24~101	3	74~303

表10 磨削产能和精车产能对比

序号	活塞杆镀铬区直径/mm	标准件镀铬区长度范围/mm	磨削总产能/件	精车总产能/件	磨削/精车产能比
1	45	149~378	131~276	189~305	0.70~0.91
2	60	245~946	31~155	102~250	0.31~0.62
3	70	222~1 005	85~343	60~204	1.30~1.68
4	85	798~1 000	71~116	51~80	1.28~1.45
5	90	235~595	114~268	95~166	1.21~1.61
6	105	315~1 080	106~332	38~118	2.76~2.81
7	120	247~1 030	98~341	33~80	2.91~4.25
8	140	217~1 191	74~303	26~75	2.84~4.04

杆磨削余量，且适当增大精加工参数，结合实际批量生产，保证每个工件有足够磨削余量，在表3测定的最小磨削余量基础上适当增加余量，使精车产能和磨削产

能平衡。

(3) 增大大直径（105mm、120mm和140mm）活塞杆精车进给量，提升精车产能，但会适当降低精车精度，因而在表3基础上

增加磨削余量。

优化后的磨削余量和精车加工参数如表11所示，通过在加工区进一步试验验证，优化后的磨削余量足够，优化后的结果如表

表11 优化后磨削余量和精车加工参数

活塞杆镀铬区直径/mm	各长度范围内的磨削余量/mm				精车加工参数			
	100~<250	≥250~<500	≥500~<800	≥800~<1 200	半精车速度/($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	精车速度/($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	半精车进给量/($\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$)	精车进给量/($\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$)
45	0.20	0.25	—	—	95	120	0.25	0.14
60	0.20	0.25	0.30	0.45	135	160	0.25	0.14
70	0.30	0.35	0.40	0.50	130	155	0.3	0.2
85	0.30	0.35	0.40	0.50	130	155	0.3	0.2
90	0.30	0.35	0.40	—	130	155	0.3	0.2
105	0.35	0.45	0.50	0.55	125	150	0.4	0.3
120	0.35	0.45	0.50	0.55	125	150	0.4	0.3
140	0.40	0.45	0.50	0.55	125	150	0.4	0.3

12所示，优化后的精加工参数能显著提高中、大直径活塞杆精车产能。

表12 优化后磨削产能和精车产能对比

序号	活塞杆镀铬区直径/mm	标准件镀铬区长度范围/mm	磨削总产能/件	精车总产能/件	磨削/精车产能比
1	45	149~378	131~276	189~305	0.70~0.91
2	60	245~946	31~155	102~250	0.31~0.62
3	70	222~1 005	72~318	71~224	1.01~1.42
4	85	798~1 000	60~104	61~95	0.99~1.09
5	90	235~595	105~247	111~184	0.94~1.34
6	105	315~1 080	92~311	57~151	1.62~2.06
7	120	247~1 030	85~321	49~97	1.74~3.29
8	140	217~1 191	64~287	39~91	1.65~3.13

6. 结语

- (1) 通过活塞杆精车和磨削设备产能及切削参数对比，进一步平衡了车削和磨削两道工序产能。
- (2) 小直径活塞杆使用测定的最小磨削余量，略微增加中大型活塞杆磨削余量，且适当增加活塞杆精加工进给量，提高精加工和磨削生产效率。
- (3) 制定活塞杆精车镀铬区直径公差表，为工艺人员编写工艺提供了依据。
- (4) 制定的活塞杆加工余量标准，已经在实际生产中广泛应用。

参考文献：

[1] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 北京：机械工业出版社，2012.

[2] 韩荣第. 金属切削原理与刀具[M]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2007：11-30.

[3] 唐银春，李志勇. 金属切削功率研究[J]. 制造技术与机床，2014（10）：111-114.

MW（收稿日期：20170323）

专家点评



杆类零件的工艺磨削余量受到多种加工因素的影响，磨量优化必须兼顾生产效率与加工难度，在保证产品质量的基础上，根据磨削产能和精车产能来确定是减少磨削余量还是增加精车进给量。

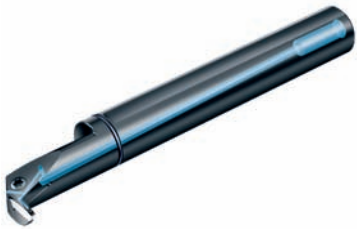
文章结合实际，求真务实，磨量优化措施中既有理论分析，又有试验数据，用事实说话，很有说服力。制定活塞杆镀铬区直径公差表和加工余量标准，在实际生产中具有很好的指导作用。

瓦尔特精密内冷整体式内孔切槽刀杆G1221-P
保证内孔切槽和槽车削加工过程安全可靠

2017年5月17日，凭借新款精密内冷内孔切槽刀杆 G1221-P，瓦尔特首次向市场推出带选装的第2个冷却孔的整体式内孔切槽刀杆。通过上压板和可封闭的轴向冷却孔进行精密内冷，使得切屑可靠地从盲孔冲出。而在加工通孔时，精密内冷可以提高切槽的寿命和效率。通过O形密封圈

确保刀杆和刀座之间的接口无泄漏、无压力损失，从而保证必要的切削液压力。这使得切槽刀杆即使在切削液压力极小的情况下也可以使用。

该内孔切槽刀杆可用于槽车削和内孔切槽。搭配新款槽型UF8，能达到最佳加工效果。该切槽刀杆的另一个优点是既可以



正装，也可以反向安装；Walter Cut切槽刀杆G1221-P的安装刀片宽度有 2mm、3mm和4mm三种，适合所有ISO工件材料组中直径 $D_{min}=16\text{mm}$ 以上的内孔切槽和深度 $T_{max}=10\text{mm}$ 以下的切槽。