

# 矿用液压支架外缸筒加工工艺优化与分析

张涨 肖顺峰 贺建亮

山西平阳重工机械有限责任公司 山西省侯马市 043000

**摘要:** 液压支架外缸筒是液支架的主要受力部件之一。目前,井下液压支架外缸筒使用量大,加工工艺复杂,而且安全性能不高,经常出现外缸筒泄露、涨缸等故障。本文阐述了千斤顶外缸筒的重要性以及目前存在的问题,对液压支架外缸筒加工工艺做出改进,并进行简要叙述与对比分析,经过实际验证,可以有效提高加工精度与加工效率,减少故障率。

**关键词:** 液压支架; 外缸筒; 加工工艺; 加工精度

中图分类号: TH162+.1 文献标识码: A

## Optimization analysis of processing technology for outer cylinder of mining hydraulic support

**Abstract:** The outer cylinder of mining hydraulic support is one of the main stress-bearing components of hydraulic support. At present The outer cylinder of the underground hydraulic support is used in large quantities ,and the processing technology is complex. Moreover, the safety performance is not high, and faults such as outer cylinder leakage and cylinder expansion often occur. This paper expounds the importance of the jack cylinder and the existing problems at present, improves the processing technology of the outer cylinder of the hydraulic support, and makes a brief description and comparative analysis. After practical verification, it can effectively improve the processing accuracy and processing efficiency and reduce the failure rate.

**Keywords:** Hydraulic support; Outer cylinder; Processing technology; Processing accuracy

作者简介:

张涨 (1995-), 男, 硕士研究生, 助理工程师, 矿用液压支架的生产加工, [2030035630@qq.com](mailto:2030035630@qq.com)

肖顺峰 1977.2 高级技师

贺建亮, 1987.07.19. 技师

### 1 研究背景

液压支架是用于采煤工作面上保护人员及设备安全的最重要的一道屏障,与采煤机等开采设备配合使用。立柱千斤顶是液压支架的核心元件,有一套运用时间较长且技术较成熟的设计加工工艺。但在实际使用的过程中,因液压缸质量问题导致立柱千斤顶泄露的比例高达 60%,是液压支架故障的主要原因之一。

随着采矿业的发展,综采工作面的采高不断增加<sup>1</sup>,对相应液压支架的支护高度、强度、使用寿命等方面提出更高要求。立柱千斤顶液压缸是液压支

架不可或缺的一部分,是承受支护载荷的主要工作部件,同时又是故障高发的部件,所以液压支架立柱千斤顶液压油缸的加工质量是液压支架进一步发展的关键因素之一。

液压缸是一种可以通过高压液压油,将外部施加的力转化为可供人们控制、使用的机械能的执行装置,简单、可靠、稳定。其主要做直线往复运动,广泛应用于各个领域。其主要是由缸筒、活塞杆、导向套、柱头及密封件等部分组成。

液压支架在工作环境中承受恒定载荷与冲击载荷由支护板传递至活塞杆上,再由活塞杆将所受载荷传递给液压油缸内部的液压油上,使油缸内部形成高压液压油,将压力作用在外缸筒上;在承受复

杂载荷的同时，也要根据支护需求频繁做出调节支护高度的动作，工作环境最为复杂，所以经常出现外缸筒泄露等故障的发生。因此，外缸筒的加工质量、精度等因素将直接影响液压支架的使用寿命与安全性能。

早年间，受加工设备落后、加工技术不成熟等原因的限制，原有加工工序繁琐，加工时间长，且加工精度较低。外缸筒的传统加工工艺是在工作主轴的一个侧面采用工艺螺纹进行加紧，在用车床等进行加工，这种工作模式不仅加工精度不够，更为突出的弊端是在每个工件进行镗孔前为了能够对外缸筒进行固定，需要提前在外缸筒上预制一定长度的螺纹。在镗内孔时，用工艺盘与工艺螺纹进行连接，固定将要加工的工件一端，再用中心架通过已经固定好的架口，进而固定缸筒位置。在完成镗孔工作后再将这部分螺纹去除，不仅工艺流程复杂、固定方法麻烦，加工时间长，同时，下料时预留的加工余量大，造成材料严重浪费。经过多年的发展，加工设备不断迭代更新，基础设施有了长足的进步，我们结合生产设备特性，针对原有外缸筒加工工艺的弊端与社会对产品的要求，对进行工艺改进，大大简化了液压油缸外缸筒的加工工艺，提高了加工精度，降低了液压缸的故障率，为液压支架的进一步发展提供参考。

本文以平阳重工机械有限责任公司生产的大型液压支架立柱千斤顶外缸筒为例，对液压缸外缸筒的加工过程进行改进，并做出详细阐述与简要分析。该液压支架大缸缸径为 280mm，属于目前市场典型的大型缸筒，加工难度大，十分具有代表性。

2 液压油缸缸筒加工工艺

在液压缸外缸筒的生产加工过程主要分为下料、热处理、喷砂、车架位、车倒角、焊接头座与吊环座、粗镗内孔、重修架位及倒角、精镗内孔、滚压内孔、精修架位、车坡口、车止口、钻孔、去毛刺、焊缸底等阶段。本文针对加工过程中较为重要的加工步骤做出详细叙述。

液压缸外缸筒的加工工艺主要体现在内孔的加工、止口、坡口的加工以及内孔与架位之间多次反复的修正等几个工序上。

以平阳重工机械有限责任公司生产的某类型液压支架为例，设计缸筒外径为 326mm，内径为 280mm，总长为 1263±1mm。

2.1 下料

因下料过程中易产生马蹄口缺陷，以及后续加工为保障端面质量，多次切削工件两端，产生损耗等多方面的影响，下料长度必须略长于外缸筒设计长度，经验总结留有 8mm 的加工余量，下料总长为 1271mm。为降低生产成本，液压缸筒直径大多与现有钢管直径相近，液压缸筒对外表面没有要求，这里所选材料外径与设计外径相同为 326mm，材料为 27SiMn 的无缝钢管。

2.2 前期处理

前期处理主要分为热处理与喷砂两个阶段，对材料进行前期处理可以改变材料的微观结构，进而提升其物理性能，得到更好的力学性能。

2.3 粗车架位、夹头

因无缝钢管内外孔同轴度、直线度等形位公差符合加工需求，无法保证加工精度。首先，粗车夹头与架位作为初步加工的粗基准。

如下图 1 所示，为粗车架位工艺图，以内孔为基准装夹工件，一边用三爪卡盘由内侧装夹，另一侧用锥形顶盘顶内孔。车外圆装夹部分，两端部分供三爪卡盘装夹使用，中间架位部分供车床支撑架使用，防止工件掉落；若选用毛坯料因圆度不够，导致切削部分无法完全去除毛坯料面，进给量可适当增加 0~0.5mm。

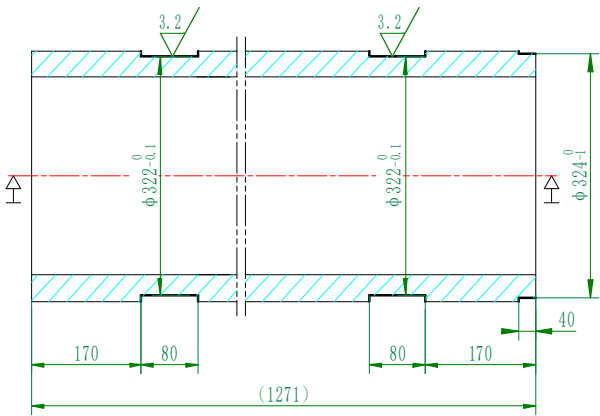


图 1 粗车架位、夹位示意图

Figure1 Process diagram of cutting frame and clamp position technology

本工序为后续加工提供加工基准，去除下料与热处理阶段所遗留的缺陷，初步优化内径与架位的同轴度、圆度，为后续加工打下基础。轴向加工余量没有减小。

2.4 车倒角（镗内孔用，根据加工需要加工）

用现有设备加工内孔，目前以双顶装夹方式为主，其装夹基准是两端面倒角的交线，如图 2 所示  $30^\circ$  与  $45^\circ$  倒角的交线。其加工时，需以现有夹位、架位为基准粗车倒角作为加工基准，为后续精镗、滚压内孔做准备。如图 2 所示为车倒角加工工艺图。首先，用车床卡盘装夹一端夹位，支撑靠近另一侧的架位，车端面，轴向进给量为 2mm，去除下料及热处理时遗留的马蹄口等缺陷，再车两倒角，作为后续镗内孔的基准。

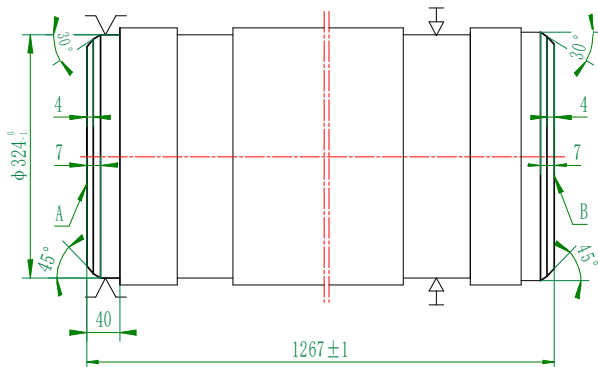


图 2 车倒角示意图

Figure 2 Process diagram of cutting chamfer technology

先车角度为  $30^\circ$  的倒角，保障宽度尺寸为 7mm，在  $30^\circ$  倒角的基础上车  $45^\circ$  倒角，保障宽度尺寸为 4mm。在工件的另一端做相同的加工工艺，最终得到如图 2 所示工件，得到加工内孔的装夹基准。再对内孔进行粗镗工序。

其次，因精镗内孔对内孔与外圆之间位置要求较高，若以粗车架位所得到的外圆为加工基准满足不了加工需求，所以先对缸筒进行回火处理，去除焊接应力；再以粗镗内孔后以内孔为基准，用车床卡盘与顶盘固定工件，重修架位、夹位以及倒角，使得内孔与架位、双倒角之间的位置精度更高，为后续内孔精加工做准备。

## 2.5 精镗内孔

如图 3 所示为精镗内孔工艺示意图，在重修双倒角，加工基准位置精度更高后，用夹具顶双倒角，固定工件，精镗内孔；最后更换刀头，进行浮动镗、内孔，内孔直径最终为 280mm。内孔精度进一步提升，内孔表面光洁度为 1.6。

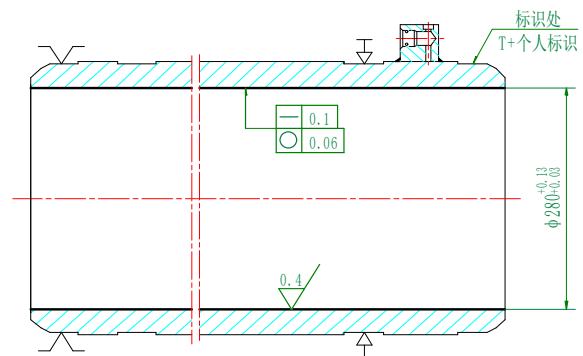


图 3 精镗内孔

Figure 3 Precision boring of inner holes

最后进行滚压内孔。装夹、找正、顶紧工件后滚压内孔，使得内孔直径精度进一步提升，达到所需的精度要求，公差范围在 0.03mm 内，内孔表面光洁度提升至 0.4，圆度 0.06mm。同时滚压内孔增加了内孔表面的硬度，在一定程度上减少锈蚀现象。完成内孔加工。

## 2.6 精车架位（滚压内孔后须重修基准）

为了保证后续焊接缸底时缸筒与缸底之间的配合精度，提高焊接质量，设计坡口（与缸底配合端）与止口（与导向套配合端）的加工精度较高，但是内孔加工时，用于固定工件的架位的精度较低，而加工车口、止口所需的装夹精度较高，因此需要再一次精车架位，提高架位的位置精度，为后续加工做准备。

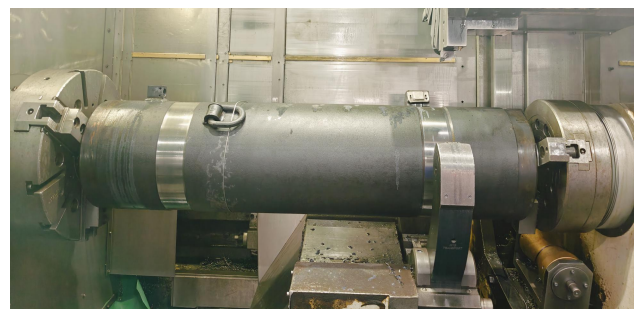


图 4 精车架位

Figure 4 Precision frame position

如上图 3 所示，精车架位是以内孔为基准，用双液压卡盘撑紧内孔，固定工件，精车架位，最终保障架位处直径为 321mm，宽度为 90mm，距端面距离为 165mm。保障精车后架位与内孔的同轴度为 0.04。注意架位处不得出现双眼皮。

以内孔为基准，精修架位，进一步提升架位与内孔间的同轴度，进给量为 0.5mm，为下一步车止口、

坡口等工序做准备。

2.7 车坡口

坡口是后续焊接工作中，缸筒与缸底之间配合位置，对焊接质量影响较大，关系到液压缸的密封效果与所能承受的压力。

首先找正夹紧，跳动度不大于 0.06mm；其次车端面，保证总长为 1266mm，误差范围在 1mm 内，减小端面跳动度，控制表面光洁度为 6.3；第三步车与端面夹角为 25° 的坡口，坡口最小直径为  $\Phi 284\text{mm}$ ，并对坡口与水平部分倒出半径为 6mm 圆角，光滑连接；第四步，车与端面夹角为 45° 内倒角，倒角宽度为 0.5mm。最终质检保证坡口与内孔之间同轴度，端面与内孔轴的垂直度。

2.8 车止口

止口是与缸底接触配合的面，事关后期二者之间的配合质量，将直接影响整个液压缸的生产质量，对加工精度要求较高。因此，在内孔与架位之间互为基准多次加工，获得较高的加工精度的基础上，开始加工止口。

如图 4 所示为车止口的工艺示意图，找正夹紧后，首先检验内孔同轴度 $\leq 0.06\text{mm}$ ，其次，完成车端面、螺纹、退刀槽以及密封面等部位，完成止口位置加工；最后，车各个倒角，退刀槽与内孔圆滑过渡，防止在装配或直接运行过程中尖棱磕伤密封面、密封圈等关键部位，同时也降低装配难度，提升装配安全性。

最终保证端面与内孔之间的垂直度等位置公差以及加工精度。保障内孔光洁度为 1.6，螺纹大径处光洁度为 3.2，其余加工面光洁度为 6.3；保证内孔与内壁的同轴度 0.06，端面与内孔间垂直度 0.05。

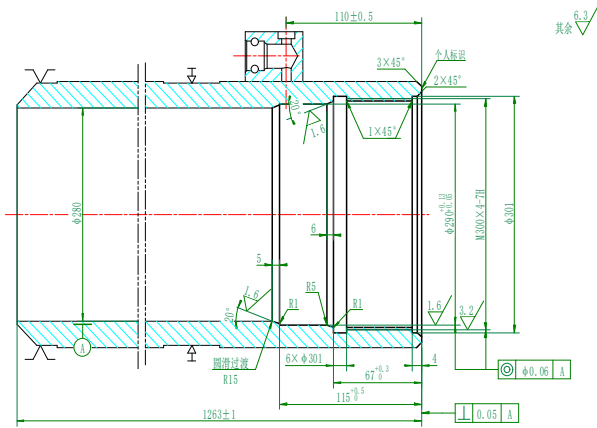


图 5 车止口工艺示意图

Figure5 Process diagram of cutting thread and sealing surface

technology

最后进行引钻孔、去毛刺、打个人标识、划线等工作，送于下一工段进行缸底焊接等工作。

3 总结

本文着重总结了加工工艺改进后，缸筒加工的全过程，以及各部位能达到的加工精度。

缸筒生产过程中，内孔的公差、光洁度、形位公差等是把控缸筒质量的关键因素。

在新的加工工艺中，将内孔与外圆架位相互作为基准，先后进行了粗车架位、粗镗内孔、重修架位及倒角、精镗内孔、滚压内孔、精修架位，等多次加工，不断提升加工精度与位置精度，最后在精度达到设计要求后车止口、车坡口，完成配合面与密封面的加工，大大提升了后续焊接缸底时止口与缸底的配合精度，降低了焊接难度与液压缸泄漏的风险。如下表 1 所示为两种加工方式关键部位加工精度对比表。由此表可以看出，改进后各关键部位加工精度明显提升。

表 1 不同加工方式关键部位加工精度对比表

Table1 Comparison of machining accuracy of key parts by different processing methods

|         | 内孔<br>(Innerhole)     | 止口螺纹<br>(Screw thread) |
|---------|-----------------------|------------------------|
| 传统加工方式  | 0.26mm                | 0.17mm                 |
| 改进后加工方式 | 0.1mm                 | 0.05mm                 |
|         | 密封面<br>(Sealing face) | 坡口<br>(Groove)         |
| 传统加工方式  | 0.14mm                | 0.32mm                 |
| 改进后加工方式 | 0.1mm                 | 0.06mm                 |

相比于旧的缸筒加工工艺，首先获得了较高的加工精度，尤其是在内孔与密封位置，提高外缸筒的加工质量，降低故障率；其次，省去预制螺纹与最后螺纹去除环节，采用车床卡盘与顶盘固定工件，降低了固定与加工难度，提高加工效率，节约工时。如下表 2 所示，传统方式完成该型号缸筒加工需要 4.45h，改进后完成加工仅需 3.66h，节约加工工时 17.75%；省去加工预制螺纹的部分，减小预留加工余量，使用传统加工工艺，加工余量为 30mm，使用改进后加工，加工余量为 6mm，工艺在一定程度上减少了原材料的浪费，降低制造成本；另外，使用双倒角定位、装夹，不用多次反复调整工件的装夹位置，内孔加工封闭完成，提高了生产安全性与简

便性。

表 2 改进前后加工性能对比  
Table2 Comparison of machining performance after improvement

|         | 加工工时 (h) | 加工余量 (mm) | 使用故障率 |
|---------|----------|-----------|-------|
| 传统加工方式  | 4.45     | 30        | 60%   |
| 改进后加工方式 | 3.66     | 6         | 8%    |

经实践证明，改进后的外缸筒加工工艺具有明显的优越性，降低制造成本，提高加工质量，缩短生产周期，降低故障率约 67. 3%，为生产单位带来可观的经济效益，为液压支架的进一步发展奠定基础。

参考文献

[1] 谢林修, 况青龙, 黄之纶. 一种液压支架千斤顶缸筒的加工工艺: CN201410282667.5[P]. 2025

[2] 王国法. 液压支架技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1999.

[3] 成大先. 机械设计手册[K]. 北京: 化学工业出版社, 1994.

[4] 赵元吉. 机械制造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社

1989.

[5] 李广昕, 侯丕佳, 刘洪成. BH30-2×90 型刨煤机链轮齿面加工工艺及误差分析[J]. 哈尔滨: 煤矿机械, 2001 (6) .

[6] 曹小光, 杨永健. 喷油器试验台夹紧液压缸活塞位置补偿器系统[J]. 广州: 机床与液压 2010, 38(4).

[7] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

[8] 付奇, 刘旭. 矿用液压支架千斤顶泄露原因与排除对策分析[J]. 广州: 润滑与密封, 2018, 34 (9): 120-123.

[9] 赵磊. 液压支架千斤顶密封泄露分析与解决措施[J]. 太原市: 机械管理开发, 2019, 34 (4): 272-273.

[10] 张荣. 综采液压支架各部件常见故障及维修研究[J]. 北京: 当代化工研究, 2019 (15) :55-56.

[11] 张桂锋. 矿用液压支架常见故障及维修措施[J]. 太原市: 机械管理开发, 2017, 32 (07): 193-194.

[12] 张彦博. 井下液压支架千斤顶泄露故障的分析及维修[J]. 太原: 山西焦煤科技, 2018, 14 (7): 54-56.