

简述

高精度冷拔钢管

工艺与设备

杨海波

高精度冷拔管是将热轧无缝钢管或直缝焊管通过大型液压拔机进行塑性变形生产的一种精密冷加工工艺产品，它特别适用于液压、气动缸筒。

高精度冷拔钢管工艺与设备是北京科技大学课题组历经 12 年开发成功的一项新技术成果。这项技术可完全取代传统的镗孔——珩磨等效率低、金属利用率低的切削加工方法来生产液压、气动缸筒。与传统的切削加工缸筒方法相比，新技术有以下优点：(1) 金属利用率由 45%~60% 提高到 95% 以上；(2) 成品率接近 100%；(3) 材料强度提高 40%~60%；(4) 生产效率一般提高 100 倍以上。

到目前为止，这项技术已在全国 7 个省市推广应用，建立了 11 条精密管生产线，取得了良好的经济效益和社会效益。

用拉拔方法代替镗滚切削方法是缸体管生产中的革命性变革

液压机械的生产能力是国家工业实力和水平的重要标志。液压机械的发展受到液压缸体制造困难的限制。传统的液压缸体生产是镗滚联合的切削方法，这种加工缸

筒的方法有以下缺点：

1) **生产率低** 例如，对于 $\Phi 100$ mm 的一根 4m 油缸，需要镗 4 小时，而用拉拔的方法生产，以每根拉拔两个道次计，只要 2.5 分钟，生产效率提高 100 倍。

2) **废品率高** 在镗滚加工时，无法避免滚压头导向走偏，对于薄壁细长的汽车吊用液压缸筒，由于工件放在机床上因自重造成挠度，废品率可达 50%。若改用拉拔方法生产，则一般不会造成废品。

3) **镗滚方法加工的材料收得率低** 这是因为大量金属被掏掉，材料利用率只有 45%~60%。用拉拔方法加工金属不但不会被切削掉，反而使管子得到约 30% 的延伸。

4) **用镗滚方法加工不能改善材料性能** 切削和滚压并不能提高材料的强度。拉拔属于压延的方法，它能使材料发生强化。

高精度冷拔管技术的研究开发

北京科技大学是在消化吸收了国内、国外各类拔机的技术特点的基础上，研究开发了包括“倒锥”配模“等径拔管”工艺和高刚性、预应力框架式拔机等生产精密钢管

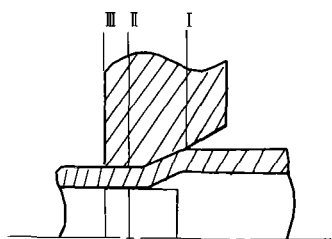


图1 普通拉拔管示意

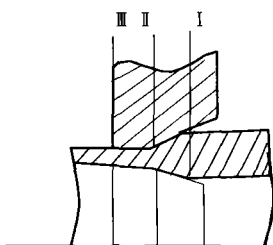


图2 倒拔锥变形方案

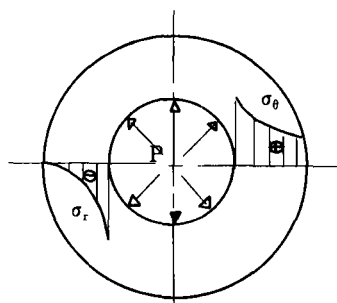


图3 受内压缸筒应力分布

的配套技术。在设备结构和变形工艺方面均不同于国内外现有的各类拔机。

1. 变形方案

普通拔制变形工艺是：①通过减径实现减壁。②每一道次的减壁量通常只有1mm左右。③按老式拔管法不能加大减壁量。④特别是拔制后的管材易出现横裂和纵裂现象。产生这些缺陷的主要原因是拔后存在较高的残余应力。图1所示为普通变形方式下钢管变形情况。在减径减壁区入口Ⅰ截面，出口Ⅱ截面及定径区出口Ⅲ截面处，管壁产生不同方向弯曲变化。此外强制减径过程中，也将导致不均匀变形。冷拔后这些变形产生的附加应力即为残余应力存在于管内。

针对缸体管受力特点，为了克服普通冷拔变形的上述缺点和进一步提高产品精度，现又开发了“倒锥”配模等径拔管变形方案。如图2所示：①采用倒置芯头（内模的大头朝拔管的前进方向）。②采用长定径带。③采用最佳模角，最大限度地使变形金属流动合理，减小多余剪切功，提高变形效率，大大降低残余应力在管材内分布不均的程度，从而减少、消除管材拔后的纵裂、横裂现象。道次减壁量可达3~5mm。并可获得高质量的管材表面光洁度。

2. 设备结构

普通拔机一般为三个机座分别固定在地基上。水泥地基将承受拔制力产生的弯矩和压力，因此地基梁将发生压缩、弯曲变形。各机座也发生弯曲变形，使三个机座的中

心点不在一条直线上，导致拔后管材的弯曲变形。

在新的拔机结构设计中采用了：①对称式预应力机架。通过预应力拉杆和承压件使得三个座子结成一體，仅模座与地基固定联接，拔制力在机架内形成封闭力线，地基不承受工作力。②在工作载荷作用下，模座不动，而缸座和尾座可相对移动，但仍能确保预应力框架的整体性，并保持三个座子的中心三点在一条直线上。

3. 成品管的力学性能

采用“倒锥”的变形方案生产的管子尤为适于作液压缸体管，这是由其成品管加工后的力学特性及受内压管的应力分布特点所确定的。受内压厚壁缸筒应力沿壁厚分布如图3所示：随着缸筒壁厚的增大，应力沿壁厚方向的非均匀分布更为突出，即内、外壁点处的应力之差相应增大。如果按内壁最大应力进行强度计算，那么除内壁处的点外，其它点的应力都未达到许用应力值，而且相差很大，这样材料就没有充分发挥作用。

采用新开发“倒锥”变形方案生产的管材，由于金属塑性变形的强化作用，材料变形抗力沿管子壁厚强化程度而不同（由模具形式和道次减壁量决定）。内、外层材料变形抗力一般增大40%~60%，即在相同壁厚，重量，材质条件下，此变形工艺生产的管材受内压的强度安全系数平均提高了40%~60%（节材率）。

技术评价

高精度冷拔管技术包括一整套

生产工艺与设备，属金属塑性深加工技术领域。它的开发成功填补了国内用冷拔管制造液压缸、气缸缸筒的空白。

近年来，已先后完成GLB150、GLB250、GLB350、GLB550等四种规格，三种类型系列设备的设计、制造。可生产直径 $\Phi 63\sim 500\text{mm}$ 、长度=8000~12000mm、壁厚=2~30mm各种规格的精密钢管，形成了年产精密冷拔管2000t、4000t生产线的配套技术。

1995年12月9日，由北京市科委主持召开了“2500KN高精度冷拔钢管工艺与设备”项目鉴定会。来自冶金系统的著名专家学者组成的专家评审组的鉴定结论是：

一、北京科技大学开发的“倒锥”配模“等径拔管”工艺，组合式外模，予应力框架式拔机结构是独特的创新，属国内首创。

二、该型式的拔管设备和工艺技术，经过生产实践的考验，证明能生产出满足液压、气动缸筒用精密钢管的要求。产品（精密钢管）的内径尺寸精度，内孔圆度，表面粗糙度等均达到了GB8713-88和ISO4304/I-1980(E)标准。

三、该项技术在设备和工艺方面都与传统的冷拔管方式不同，而且可替代传统的“膛一滚一珩”切削金属的加工方法，生产液压、气动缸筒。本项技术的开发成功标志着液压（气动）缸筒等精密钢管生产制造技术的重大突破。

四、该项技术具有十分显著的经济效益和社会效益，有重大的推广应用价值。