

变速器输入轴精益生产线

□ 陕西法士特汽车传动工程研究院/贺冬冬 乔茂

随着国内汽车行业精益化生产理念的推广和数控技术的不断发展，质量和效率是先进制造技术的主体。高精、高速的加工技术不仅能够促进生产效率和提高产品质量，而且还可以将生产周期大大缩短，最终保持其优越的市场竞争力。精益化和自动化是未来发展的趋势。



变速器输入轴是传递发动机和变速器转矩和转速的主要连接零件，通过输入轴花键与发动机相连，并将发动机的输出转矩传递给变速器。要求输入轴有较长的使用寿命，一般设计寿命达10年40万km不损坏。我公司年产变速器约50万台，所需变速器输入轴50万根。

机群式生产和问题

我公司技改以前的输入轴加工布局为机群式。机群式布局是指按

照工艺流程，将相同的机器设备、生产功能设置在同一生产工作单位的布局方式。但是由于流程较长，搬运路线不确定，生产计划和控制较复杂，对员工素质要求较高，产出的库存量较大。原来输入轴的加工工艺流程为：铣削双端面，在端面上钻中心孔→粗车大端外圆→粗车长头外圆端面→精车各外圆端面及切槽→钻大端里孔→镗孔及切槽→打印→滚渐开线花键→滚矩形花键→钻油孔→

清洗→热处理→校直→研中心孔及60°锥面→磨外圆及端面→磨外圆→磨锥面→磨内孔→清洗→最终终检→涂油入库。

在输入轴机群式生产过程中，存在以下问题：

(1) 加工工艺流程比较繁琐，加工时间较长，人员比较多，重复搬运较多，库存较大等。

(2) 我公司生产输入轴的齿轮材料为8620H钢（成分要求见表1），8620H钢是从美国AISI

表1 8620H钢化学成分的要求（质量分数，%）

元素	C	Si	Mn	S、P	Cr	Ni	Mo	Cu
百分比	0.17~0.23	0.15~0.35	0.50~0.95	≤0.035	0.35~0.65	0.35~0.75	0.15~0.25	≤0.2

（SAE）标准“H”结构钢中引进的牌号，用于制造各种重型汽车及重型工程机械的传动齿轮和齿轮轴。

该种材料热处理以前的硬度150~180HB，在输入轴转运的过程中，容易发生磕碰现象（见图1），影响输入轴的质量。常见的磕碰现象有：中心孔严重扎伤，损伤定位锥面；轴头倒角磕碰；45°倒角磕碰；外圆磕碰。

精益化生产布局

精益生产是通过系统结构、人员组织、运行方式和市场供求等方面的变革，使生产系统能很快适应用户需求不断变化、精简工艺流程，最终达到包括市场供销在内的生产各方面最好结果的一种生产管理方式。与传统的大生产方式不同，其特色是“多品种、小批量和单件传送”。变速器输入轴加工数量的多少，直接决定着我公司变速器的产能。针对原工艺工序冗长、加工时间长的缺点，我公司按照“精益化生产的思路”（见图2）进行了机床技改和工艺流程优化，增加了滑道和运输小车，并在加工过程中应用新的夹具和刀具。

优化加工方式和夹具，例如：我公司原来工艺加工中需单独加工粗车大端外圆，加工时间为25s。由于端面驱动顶尖的应用，现把粗车大端外圆工序去掉，增加到为精车长头外圆端面并切槽（见

图3）。单独钻大端面内孔工序去掉，改用U钻，可以把U钻增加到数控车床的刀盘上。在精车大端面镗孔加工（见图4）。原数控滚齿机加工滚渐开线花键和滚矩形花

键需要两个工序，现在一台机床刀杆装两把滚刀。可以同时加工两个齿圈。同时通过精益化和数控化的加工思路，简化工艺流程为：铣削双端面，在端面钻中心孔→粗车长

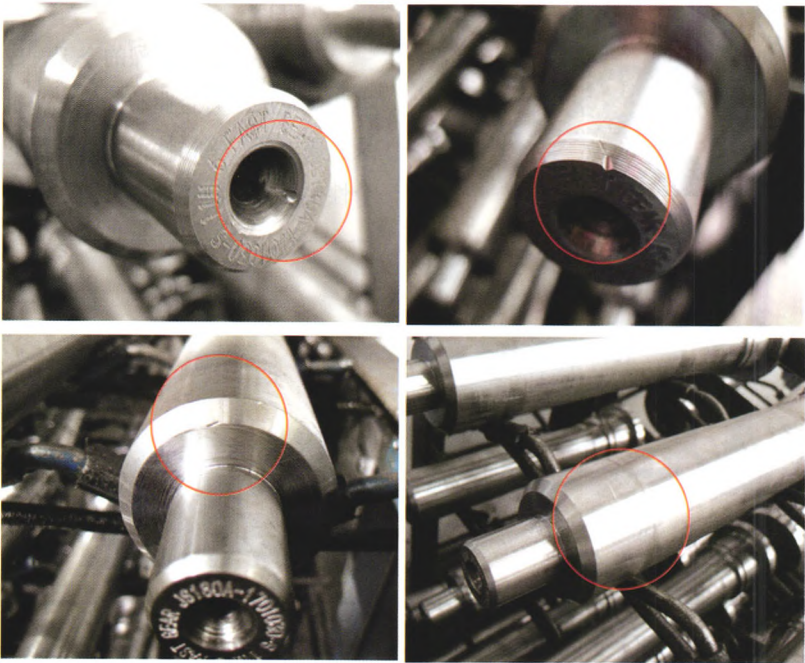


图 1

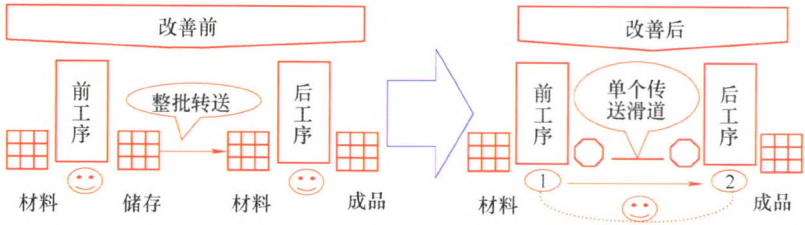
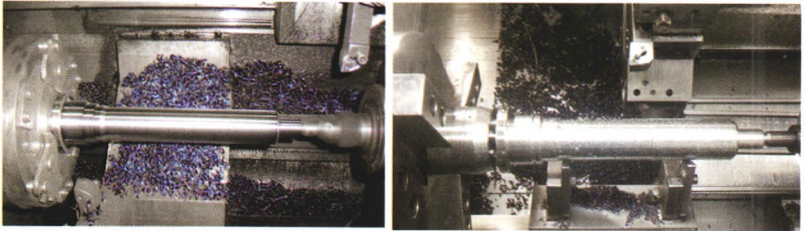


图 2



(a) 技改前

(b) 技改后

图 3

头外圆端面→精车长头外圆端面并切槽→精车大端端面镗孔→打印标识→滚矩形花键滚渐开线花键→去渐开线花键毛刺→钻油孔去毛刺→清洗→热处理→校直→研中心孔及60°锥面→磨外圆靠端面磨轴头外圆→车外圆 车15°锥面，尖角倒钝→磨内孔→清洗→最终检验→涂



(a) 技改前



(b) 技改后
图 4

油入库。最后，在各个工序之间，“单件传送”。输入轴精益化生产通过滑道和小车，实现输入轴的与机群化生产的对比见表2。

表2 生产系统对比

对比项	机群化布局	精益化布局
下线	产品一批批的下线，库存大	产品一件一件下线
产品流动	没有固定的流动方向	产品流动的方向固定
资源	所需资源非常多	所需资源较少：小车、场地
生产方式	按照自己的想法生产	按统一的节拍生产
质量监控	质量难以监控，事后把关	质量容易监控

结语

在竞争越来越激烈的今天，成本和质量决定着企业的发展。小批量、成本低、多样性、可靠性等的个性化需求，将是未来工业生产的

发展趋势。通过输入轴精益化生产与机群化生产的对比，不难看出，精益化生产符合工业4.0的基本方针，满足市场个性化的需求。所以，我公司已经逐步在生产线推进精益化生产。 **AUTO1950**



贺冬冬
工程师，陕西法士特汽车传动工程研究院工艺研究所所长，主要从事生产线整体规划及生产线自动化、智能化、信息化的推广工作。

(上接第63页)

单纯采用渗碳工艺是很难达到这一应力指标要求的，即使采用喷丸强化也需要一定的工艺参数才能保证此应力范围。对齿轮的喷丸工艺研究表明，采用铸钢丸一次喷丸，齿轮的表面残留压应力为500~700MPa；进行两次喷丸，齿轮的表面残留压应力为860~1 100MPa。

2) 感应淬火零件的喷丸强化。澳大利亚纽卡斯尔大学在试验中得到证实，对高频淬火的齿轮只要实施适当的喷丸处理，承载能力可提高50%以上。表6为纽卡斯尔大学对模数8mm的齿轮试验数据。

表6 渗碳淬火及高频淬火齿轮经喷丸强化后齿根弯曲疲劳强度

齿轮热处理工艺	材料	脉动试验		根据ISO6336品质ME	
		未喷丸强化 σ_F /MPa	喷丸强化 σ_F /MPa	1%损失率 σ_{FE} /MPa	中间疲劳强度 σ_F /MPa
渗碳淬火	16MnCr5	700	1 200	—	—
	17CrNiMo6	740	1 200	1 050	1 196
高频淬火	SAE4140	650	1 000	800	911

AUTO1950



金荣植
高级工程师，副总工程师，黑龙江省热处理学会理事，中国热处理协会理事，已在专业杂志上发表论文80余篇，其中有5篇被美国工程索引(Ei)收录，1篇获中国热处理行业协会优秀论文奖，已出版4部热处理著作，获省、市科技成果各一项，获4项发明专利和2项实用新型专利。