

赶超日德，全面装备国产汽车制造业

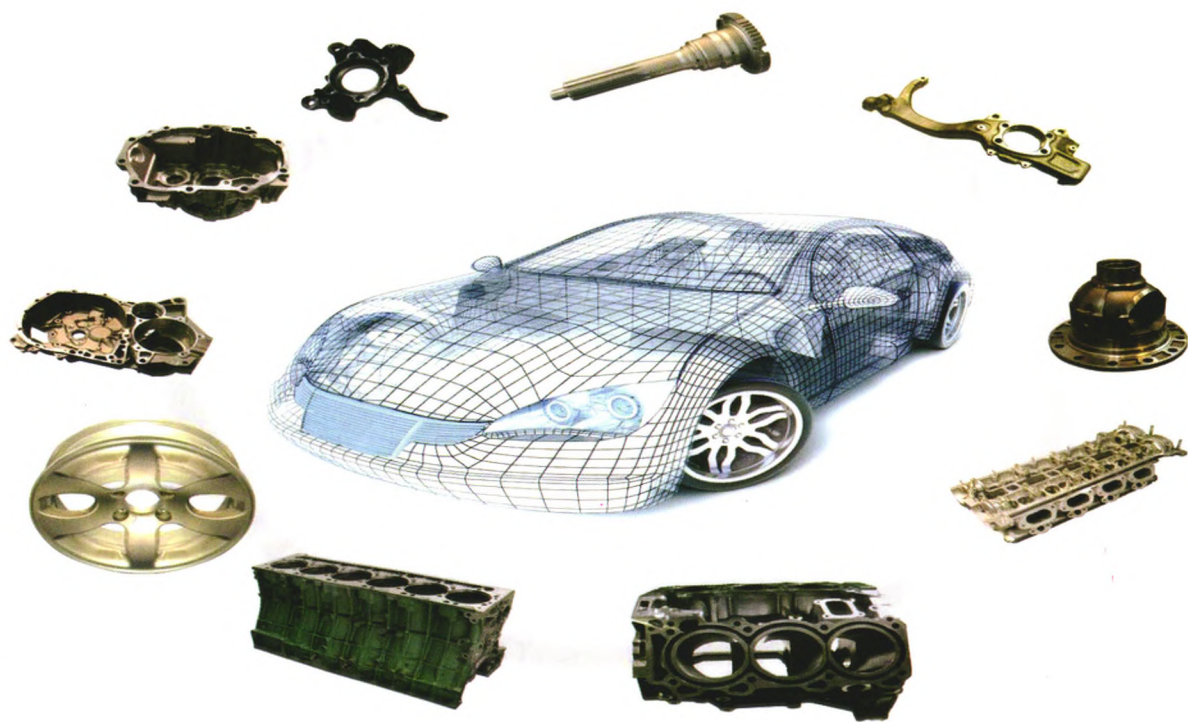
□ 大连机床集团有限责任公司/赛宗胜



我国已成为第一汽车生产大国，但并非生产强国，尤其在汽车研发核心技术和制造技术上，与国外相比有较大差距。加工设备方面，我国汽车发动机的缸体、缸盖的加工普遍采用刚性自动线的形式，而国外多采用柔性生产系统。国内高档发动机生产厂家柴油机缸体、缸盖的加工也多采用进口专用

设备、加工中心或进口的自动线。进口设备价格高，消耗大量外汇，同时也挤压国产高档数控机床的市场空间。因此，研究开发具有自主知识产权，达到国际先进技术水平的高效、精密汽车发动机缸体、缸盖柔性自动线，替代进口产品，已成为国内汽车行业必须解决的问题。

发动机关键零件刚柔复合制造的目的：满足市场要求，同时还能快速适应将来市场（未知）的需求；满足发动机生产方式的要求，满足汽车发动机的“多品种、小批量、低成本”的生产方式；符合“精益生产”的原则，彻底消除浪费，用最小投资、最大限度为企业谋取最大经济效益。



适合中国国情的发动机关键零件的刚柔复合制造可提高效率约50%。GROB公司制造的刚柔复合制造线为我们树立了典范,有利于同一系列的多种型号产品的批量生产。

只有符合“精益生产”的原则,才算是合理的方案,才算是适合中国国情的生产线组成模式。

汽车装备里的翘楚

大连机床集团有限责任公司成立于1948年。公司目前主要产品有:立、卧式加工中心、大型龙门式加工中心、数控组合机床及自动线、柔性单元、柔性制造系统和行业专机等,其中数控组合机床及自动线为行业排头兵,国内市场占有率达35.5%。最近几年,大连机床集团公司应用通过并购、合作获得的国际先进技术研发了MDH系列高速精密卧式加工中心及MDV系列高

速精密立式加工中心,经有关部门鉴定达到国内领先水平,接近国际先进水平。

随着加工中心、工业机器人和桁架机械手的迅速发展,柔性制造系统逐步由概念化趋于商业化的进程不断加快。以加工中心作为柔性加工单元,采用工业机器人或桁架机械手输送工件的自动生产线逐步壮大了市场。

2002年,大连机床集团公司为保定长城内燃机厂设计制造了由加工中心单元组成的加工发动机缸体、缸盖及瓦盖等重要零件的多条自动生产线。

2004年,集团公司为上柴动力设计制造了加工中心配桁架机械手的自动线。

2005年和2007年先后为东风汽车有限公司设计制造了组合机床、加工中心及高速加工中心配桁架机械手的自动线。这些自动线的交付使

用,标志着集团公司所设计制造的柔性自动化装备已进入汽车行业主流市场。

“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项(04专项)全面实施,将大量的国产高档数控机床,如精密卧式加工中心等呈现于国人面前。

04专项国产高档机床应用于汽车关键零件加工应用示范工程项目,给国产汽车关键零件加工生产线在国内知名汽车制造企业的应用提供了平台,在与国外先进生产线对标的同时,通过自主研发,与使用企业交流,并在制造和使用中整改,把国产汽车加工生产线展示给大家,起到应用示范作用。

大连机床集团承担了两个汽车发动机缸体、缸盖加工生产线示范工程项目,通过项目的实施,也提高了生产线在全线控制、机床可靠性、精度稳定性及设计制造技术等

方面的水平。

国产机床在汽车制造领域示范应用

1.在长安汽车的应用

2010年,大连机床集团和重庆长安汽车股份有限公司联合承担了“长安汽车E型汽油机缸体、缸盖机加生产线示范工程”项目。

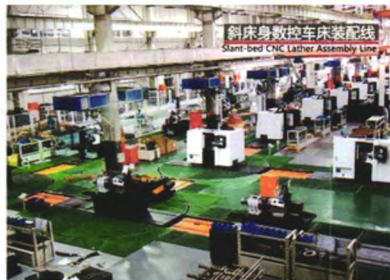
应用国家04专项产品——高效、高精密卧式加工中心,用于长安E型汽油发动机缸体、缸盖的加工,在长安汽车建立应用示范基地,达到年产E型汽油机缸体、缸盖15万件以上,实现国产汽车行业应用示范作用。

研究方向包括高速切削与精密加工技术,生产线信息采集、分析、反馈、集成控制技术,自动线可靠性技术,生产线协同设计与工艺优化技术,在线自动检测技术,动态综合补偿技术,生产线多品种混流(轮翻)技术,敏捷物流系统的研究与集成应用。

2.在一汽锡柴的应用

2013年,大连机床集团和一汽无锡柴油机厂联合承担了“锡柴重型柴油发动机缸体、缸盖柔性加工生产线示范工程”项目。

无锡柴油机厂是中国重要的汽车生产基地,拥有国内领先技术水平的汽车发动机产品。目前已拥有多条缸体、缸盖部件加工生产线,积累了丰富的生产线建设经验。但当前生产线多采用进口设备,成本较高。无锡柴油机厂与大连华根机械有限公司、大连新宇理工科技开发中心有限公司、大连理工大学及同济大学共同承担了锡柴重型汽车



柴油发动机缸体、缸盖加工生产线示范工程。通过应用示范项目,对提升我国装备制造企业的设备开发、制造能力及工艺集成能力,打好数控专项产品应用示范作用的基础,降低产品的生产成本、提升产品的市场竞争力和品牌价值,为改变我国大多汽车企业依靠欧美、日韩等国进口设备的现状起到了重要作用。

此工程研究内容包括重型柴油机缸体、缸盖加工工艺研究,生产线的的设计技术和制造技术,生产线的数字化建模与仿真,刀具应用技术和及管理技术及生产线管理和控制技术,机床的精度稳定性和可靠性技

术。通过该项目的实施,建设基于国产高档数控机床组成的重型柴油发动机缸体、缸盖柔性加工生产示范线,对数控专项成果中精密加工中心等装备与共性技术进行集成性批量应用、验证与示范。掌握重型柴油发动机缸体、缸盖的加工工艺及关键制造技术,提高国产装备应用率、可靠性与精度稳定性,降低制造成本,提升我国汽车工业的自主化设计和制造能力。

重型柴油机缸体柔性加工生产线主要由6条自动线、7台专机、8台MDH80精密卧式加工中心、5台HDL63A精密卧式三坐标加工中心单元及部分国产辅机组成;重型柴



油机缸盖柔性加工生产线主要由4条自动线、4台专机、8台MDH80精密卧式加工中心、2台HDL63A精密卧式三坐标加工中心单元及部分国产辅机组成。

整条缸体、缸盖加工示范线采用桁架机械手自动敏捷物料输送，机动滚道辅助输送工件，年加工重型柴油机缸体、缸盖5万件以上。整线采用集中冷却处理系统，单机设备及自动线采用上排上供和集中冷却系统供液，集成除尘除雾室外排放，单机及自动线采用全防护设计。

(1) 重型柴油机缸体、缸盖柔性加工生产线规划。对标国际同类产品的重型柴油机缸体缸盖加工进口生产线，研究多品种重型柴油机缸体、缸盖零件属性，研究重型汽车柴油发动机缸体、缸盖的加工

工艺及关键制造技术，通过提高生产线的柔性度、设备负荷率、生产线负荷均衡率及面积利用率进行工艺路线设计，降低制造成本。通过提高机床稳定性及可靠性提高国产高档数控机床水平，研究规划达到国际先进技术水平的高效、精密重型柴油发动机缸体、缸盖柔性加工自动线。

(2) 缸体、缸盖零件加工关键工艺及加工难点工艺。根据缸体、缸盖产品质量重要度分级表，确定重型柴油机缸体、缸盖加工关键工艺及难点，分析零件加工工艺不稳定、造成不良品的原因，运用PFMEA工具、刀具优化、切削参数优化等方法，制定稳定的、可靠的工艺方案，解决工艺难题，生产出符合设计要求、质量达标的产品。

(3) 缸体、缸盖产品在线过

程质量控制。研究实现缸体、缸盖产品要求的加工过程质量控制方法，利用现代控制技术和测量技术，提升过程测量技术手段。利用统计学原理，进行趋势性分析，提升过程质量控制。设立工序质量控制点，建立过程质量控制规范，对重型柴油机缸体、缸盖进行过程质量控制，降低产品零缺陷，提高产品质量。

(4) 混合自动线整体布局设计。生产线根据锡柴重型柴油发动机缸体、缸盖加工工艺，应用国产高档卧式加工中心及组合机床，制定示范生产线总体工艺流程及生产线柔性化方案，合理确定组合机、自动线及加工中心等机床布局，将加工内容合理分配至各加工主机单元，最终绘制整线流程图。

(5) 生产线单机、自动线设计及关键零部件设计技术。组成生产线的各主机单元根据分配的工艺工序任务进行整机结构设计、部件结构设计及关键零件设计。通过机床动静热分析软件，采取拓扑优化的方法进行合理空间刚度布局，对结构进行精细设计，在保证结构强度要求的情况下实现材料的最优分布。

(6) 面向重型物料的敏捷物流系统的研究与集成应用技术。在物流输送方面，开展了大量前期研究工作，提出了桁架机械手物料输送解决方案，采用精密齿轮齿条副驱动机械手纵向及高度方向的移动并精确定位，满足生产线重型物料高速、高精物料输送的需求。

(7) 夹具的柔性设计技术。生产线各工位夹具设计制造采用标准化和模块化，夹具柔性化以适应



多品种生产要求，在调研物料相似性基础上，确定混线物料各个工序定位与夹紧方案。

(8) 生产线装配制造技术。按照自动线装配精度检验标准要求，优化装配工艺技术，特别对于关键工序机床的整机装配，使机床达到精度要求。

(9) 机床的精度稳定性技术。把握机床生产过程的设计制造技术、装配技术、设备维护技术以及关键部件的选用。研究误差防止的可能性对卧式加工中心各项几何误差的测量与辨识，分析刀具工件间的各项误差与一些重要位置量之间的关系，进而实现误差补偿的有效方法。

(10) 机床的可靠性技术。量化影响加工中心整机可靠性分配的因素和各因素，建立可靠性模糊分配模型，对加工中心进行可靠性分配研究。通过小样本下可靠性评价的试验方案，建立可靠性的数学评价模型，找出故障发生最多的子系统或部件，进行危害度评价，找出机床的薄弱环节，提出可行的优化设计方法，并进行有针对性的改进。

发动机缸体、缸盖加工生产线示范工程项目将批量集成化应用国

产高档数控机床，包括精密卧式加工中心产品、自动线组合机床。示范工程以04专项成果为工作母机，通过对机床精度可靠性和稳定性技术、刀具管理技术等关键技术的研究，设计和制造完成发动机缸体、缸盖加工生产线。大量国产高档数控机床、加工中心主机应用将很好地促进国产机床性能的提高。同时改变汽车缸体、缸盖加工高档数控机床大量依赖于进口的不利局面，对国内大量汽车发动机生产厂家大量选择、应用国产加工生产线起到一个积极的示范作用。

通过发动机缸体、缸盖加工生产线示范线项目的成功实施，使用单位将拥有国产最高水平汽车发动机的缸体、缸盖柔性自动线整线，大连机床集团将掌握更高水平的设计技术和制造加工技术，通过项目研发、生产线建设，最终建立生产线的示范应用基地，进行生产线各项指标的性能测试试验，实现发动机缸体、缸盖的批量化生产，完成项目目标。示范线的可靠性与精度稳定性达到国内先进、国际同类产品的先进水平，替代了进口，降低了汽车制造业的制造成本，支撑汽车生产线的自主化设计和制造，促进了产业结构调整和升级。

结语

现代发动机关键零件生产方式逐步或者已经向“多品种、小批量、低成本”的生产方式迈进。对于生产这些零件的设备（自动线）的要求就是柔性（兼刚性），可靠性好，加工质量稳定。

随着中国制造2025的实施，将会有更多的智能生产线投入到我国的各项建设中，尤其是代表国家实力的汽车制造产业中。

大连机床集团不仅为用户提供先进可靠的机加设备，更为用户提供优质的服务和解决方案。国家示范工程项目为国产（机床）生产线应用于汽车制造领域提供了良好的平台，也为我们制定了下一个目标：赶超日德，全面装备国产汽车制造生产企业。 **AUTO1950**



赛宗胜
大连机床集团有限责任公司
组合机床销售总经理