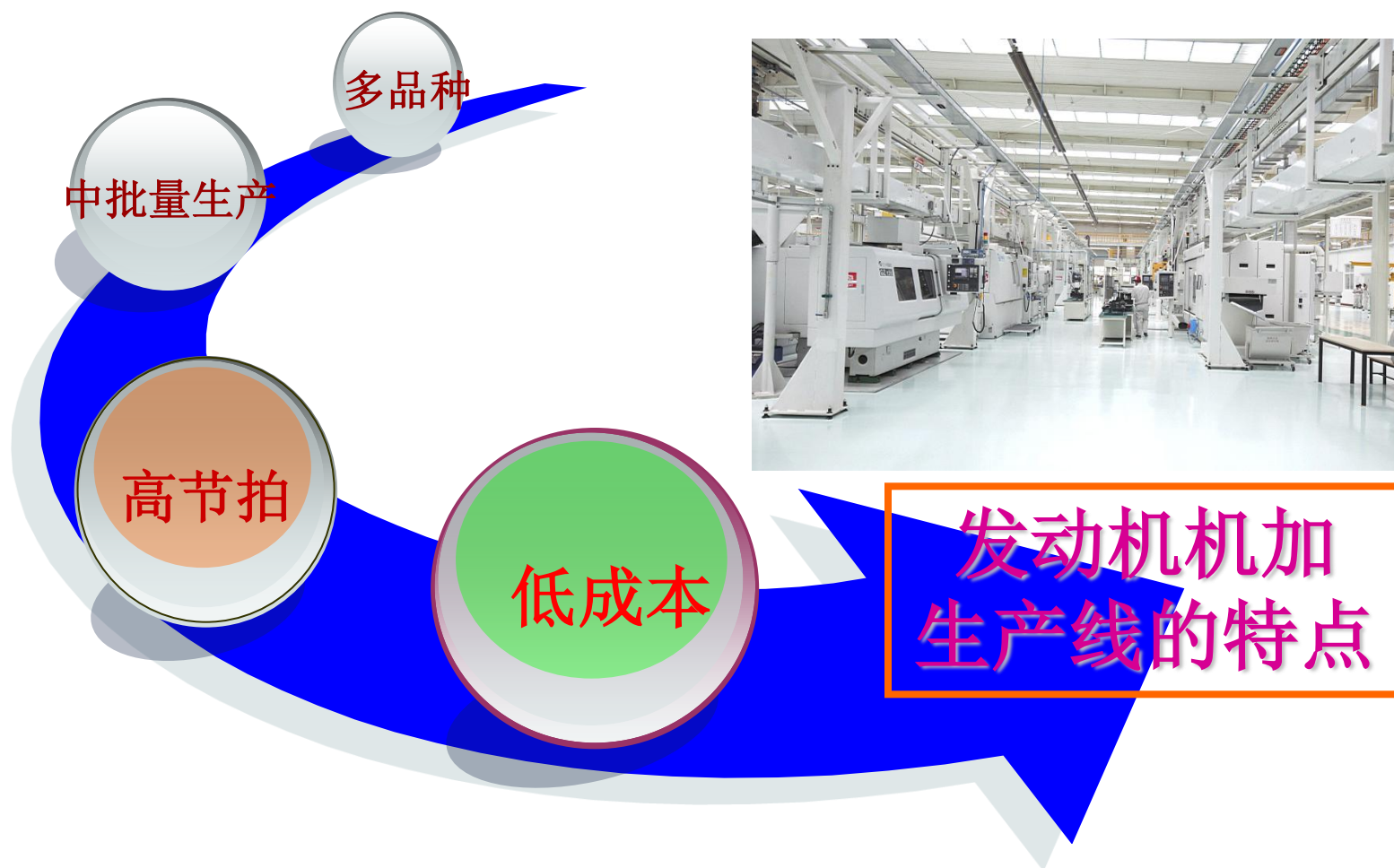




发动机机加线 的工艺规划

北汽福田汽车股份有限公司 王建国

前言



实现途径



★多品种

★中批量
生产

生产系统

规划时就应考虑

•生产系统的合理性

•生产设备的适应性

•以使最少的投资
满足产品的需要

★高节拍

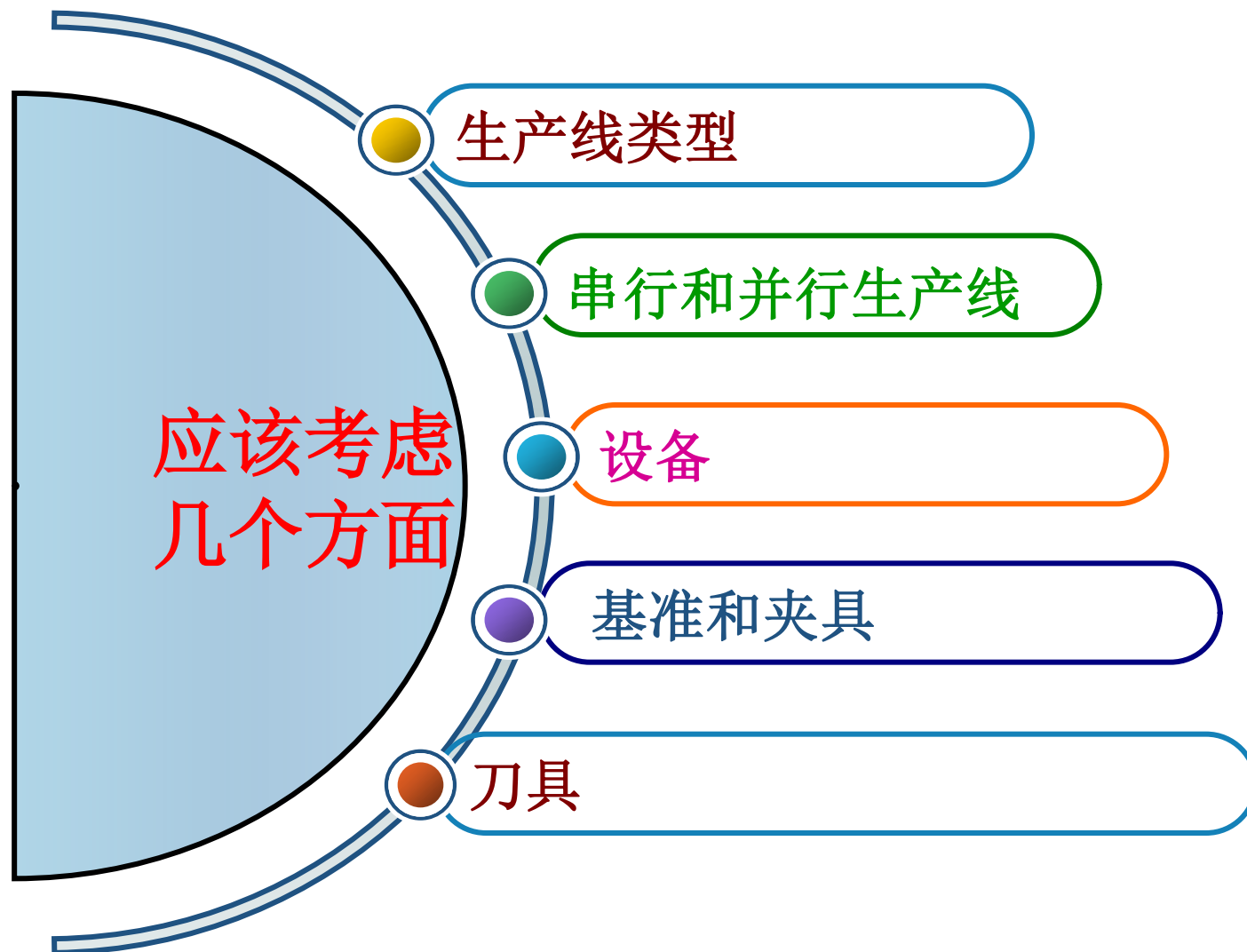
★低成本

生产装备

与之匹配的刀具

发动机机加生产线的规划应符合以下三个原则





生产线类型



生产线选型

刚性生产线

特点

加工内容按工序分配给不同的单独工位顺序完成，由一条刚性的输送带连接起来

适用场合

产量大，生产预期变化很少或设计变化不频繁零件的生产线

柔性生产线

特点

柔性生产线一般由高速加工中心组成；产品发生变化，只需要更换夹具、刀具，编制新程序

适用场合

产量小，产品变化比较频繁的生产线

混合型生产线

特点

是刚性生产线和柔性生产线的组合，兼有两种生产线的特点

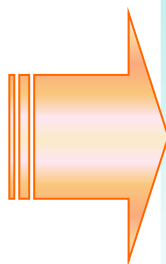
适用场合

产量适中，精度要求高，部分工序易发生变化的生产线



考虑的因素

- ★产量
- ★生产线的柔性
- ★产品的变化
- ★投资
- ★对现有系统的熟悉程度



- ❏如果产量较低，优先考虑**柔性生产线**；
- ❏如果产量较大且在一定时期内产品不会发生大的变化，首选初期费用较低的**刚性生产线**；
- ❏如果产量属于中等水平，则采用**混合型生产系统**

串、并行生产线



串、并行
生产线

规模相对较小的
串行生产线

规模相对较大的
并行生产线



串、并行生产线



串行生产线

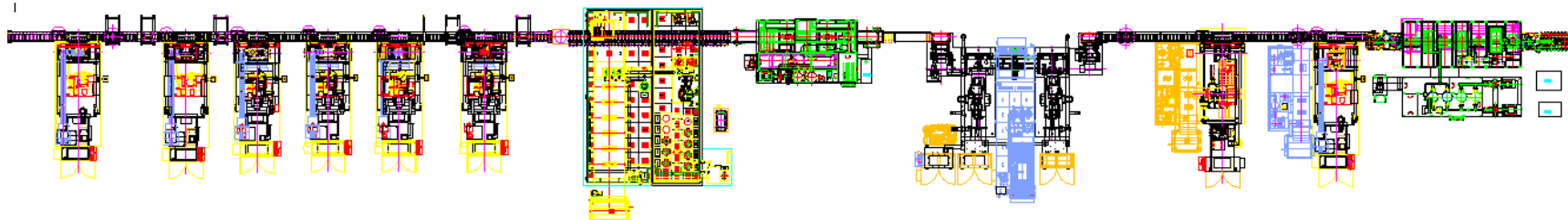
串行生产线

是比较成熟的工艺规划模式，在北美和国内应用较多。

串行生产线通常做法是将工序分散，设备串联起来，每台设备负责一部分内容

特点：零件在生产线中的流向相对比较简单；零件的差异性较小，便于质量管理和跟踪；传输顺畅，便于实现手动上下料；便于零件追溯，追溯方法简单；

不足：在单台CNC加工中心发生故障时需要停线进行维修。



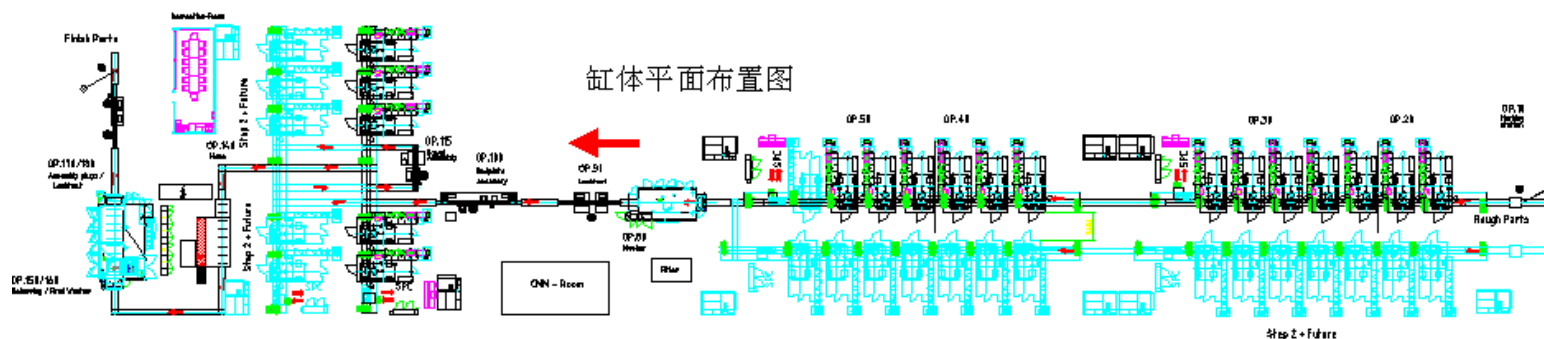
串、并行生产线



并行生产线

组成并行生产线的每台CNC加工中心的加工内容是由实际的加工步骤、定位夹紧方式等确定的，组成每道工序的加工中心的节拍并不完全相同。在确定每道工序的加工内容和节拍后，再根据整个生产线节拍的要求确定每道工序需要的CNC加工中心的数量。

采用并行加工工艺，可以实现连续生产，一台机床发生故障并不会导致整条生产线停工；具有很好的柔性，很容易根据生产需要做进一步扩展；
不足：零件在生产线中的流向十分复杂，排列组合的可能性很多，增加了质量管理和跟踪的难度；零件追溯相比串行系统变得复杂。





加工中心

加工中心适用于工件复杂、工序多、精度要求高、适当批量的零件。其主要加工对象是箱体类零件，如汽车的发动机缸体、缸盖等。箱体类零件在加工中心上加工，一次装夹可以完成普通机床 60 % ~ 95 % 的工序内容，零件各项精度一致性好，质量稳定，同时可缩短生产周期，降低成本。

选择考虑的几个方面

- ❖ 主轴转速
- ❖ 进给速度含快移动速度
- ❖ 加（减）速度
- ❖ 微米级的加工精度
- ❖ 静/动态刚度



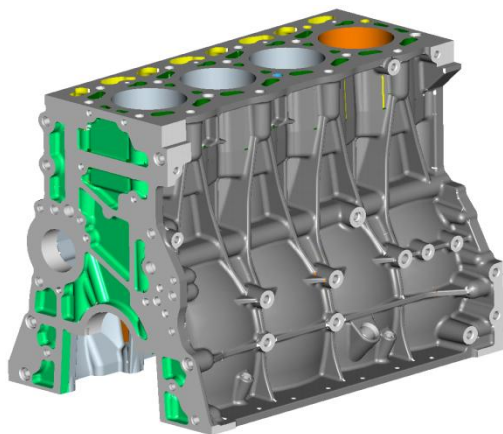
立式、卧式加工中心选择

- ❖ 卧式加工中心：加工工位较多，工作台需多次旋转角度才能完成的零件；
- ❖ 立式加工中心：选用于加工的工位较少，且跨距不大时；

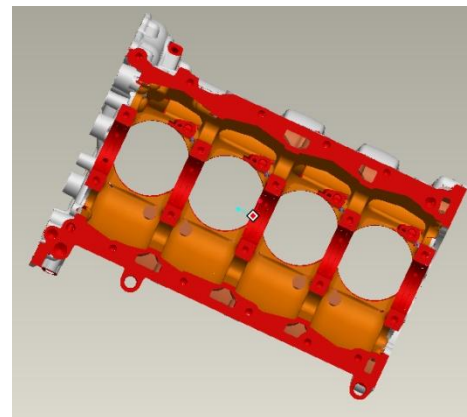


珩磨机

缸孔



曲轴孔





珩磨机

缸孔

缸孔作用是保证活塞在气缸内平稳地上下运动，因此对其尺寸精度、形状精度、表面精度均有严格要求，为保证缸孔的上述要求，一般缸孔加工一般采用精镗和珩磨两种工艺进行加工。

- ❖ 对于无缸套、封闭水套的缸体加工采用：粗镗——半精镗——精镗——珩磨（多采用平台珩磨）工艺；
- ❖ 对于湿式缸套、封闭水套的缸体加工采用：粗镗——半精镗——精镗（同时精镗缸孔止口）工艺；
- ❖ 对于采用成品薄壁缸套的结构，加工底孔采用：粗镗——半精镗——精镗——珩磨（多采用平台珩磨）工艺。



格林珩磨机



珩磨机

曲轴孔

曲轴孔是多档的间断长孔，其尺寸精度、圆度、同轴度、表面粗糙度均有严格要求，为保证同轴度的要求，一般曲轴孔加工一般采用精镗和珩磨两种工艺进行加工。

以精镗为最终工序时，设备投资少，辅助材料消耗少，成本相对低一些，镗削加工的表面粗糙度较大，轴瓦的钢背与主轴承孔的贴合差；

以珩磨为最终工序时，设备投资多、辅助材料消耗多，成本相对高一些，但以珩磨为最终工序的曲轴孔的尺寸、形状精度较精镗为最终工序的要好，表面质量也较好。



德国NAGEL珩磨机



珩磨机

缸孔和曲轴孔的加工

采用珩磨加工后的表面质量和形状精度都优于镗削，尤其是珩磨加工能有效改善尺寸精度、形状精度、表面精度、甚至位置精度，活塞或曲轴工作时可以减少润滑油消耗以及紧急运转时的润滑油供给，有效缩短发动机磨合期。

曲轴孔（双金属）铰珩加工参数对比

序号	加工设备	生产线	技术要求	铰珩前加工尺寸	铰珩后加工尺寸
1	珩磨机	德国宝马	表面粗糙度Ra0.4，圆度0.008，同轴度 $\Phi 0.012$	表面粗糙度Ra0.8，圆度0.01，同轴度 $\Phi 0.010$	表面粗糙度Ra0.4，圆度0.004，同轴度 $\Phi 0.008$
2	珩磨机	国内某生产线	表面粗糙度Ra0.38，圆度0.005，圆柱度0.008，同轴度 $\Phi 0.016$	$\Phi 54_{-0.05}^{-0.035}$ ，表面粗糙度Ra1.2~1.6，圆度0.01，圆柱度0.012	$\Phi 54_0^{+0.019}$ ，表面粗糙度Ra0.38，圆度0.005，圆柱度0.008，同轴度 $\Phi 0.012$
3	珩磨机	国内某生产线	5- $\Phi 52$ ，表面粗糙度Ra0.8，圆度0.005，同轴度 $\Phi 0.015$	5- $\Phi 51.94 \sim \Phi 51.97$ ，表面粗糙度Ra0.8，圆度0.01，同轴度 $\Phi 0.016$	5- $\Phi 52_0^{+0.016}$ ，表面粗糙度Ra0.4，圆度0.005，同轴度 $\Phi 0.012$



曲轴加工设备

几种典型加工方式

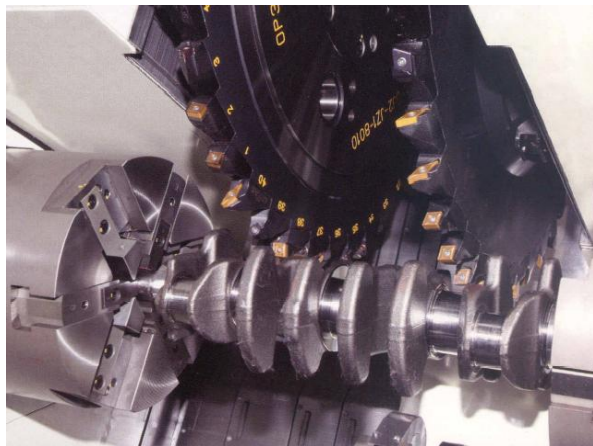
外铣

内铣

车-车拉



曲轴加工设备



CNC车-车拉机床

- ❖ 曲轴平衡块侧面需加工，毛坯是球铁，主轴颈加工设备应优先选用CNC内铣或CNC高速外铣，连杆颈的加工用CNC高速外铣；
- ❖ 曲轴平衡块侧面需加工，毛坯是锻钢，选择CNC内铣更有利于断屑；
- ❖ 曲轴平衡块侧面不需加工，主轴颈加工设备选用CNC车-车拉；连杆颈加工选用CNC高速外铣；
- ❖ 轴颈有沉割槽的曲轴，选择CNC车-车拉；

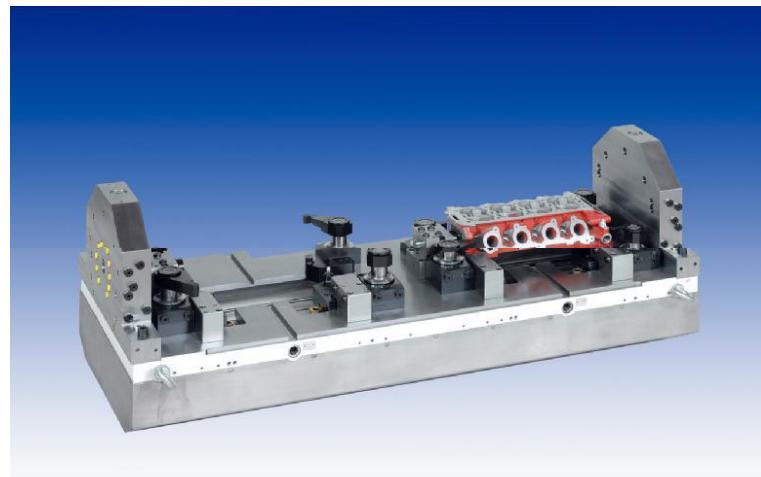


加工基准

- ❖ 发动机箱体类（缸体、缸盖）零件的结构特点，粗基准一般采用**六点定位原理**，精基准采用“**一面两孔**”定位，箱体类零件精基准的选择要满足“**基准统一**”原则；
- ❖ 发动机中的轴类零件的粗基准，选择靠近两端的轴颈，轴向定位基准一般选择**中间主轴颈两边的平面**；精基准的选择最重要的是**中心孔**，曲轴轴向的精基准一般选取**止推面**。



加工夹具

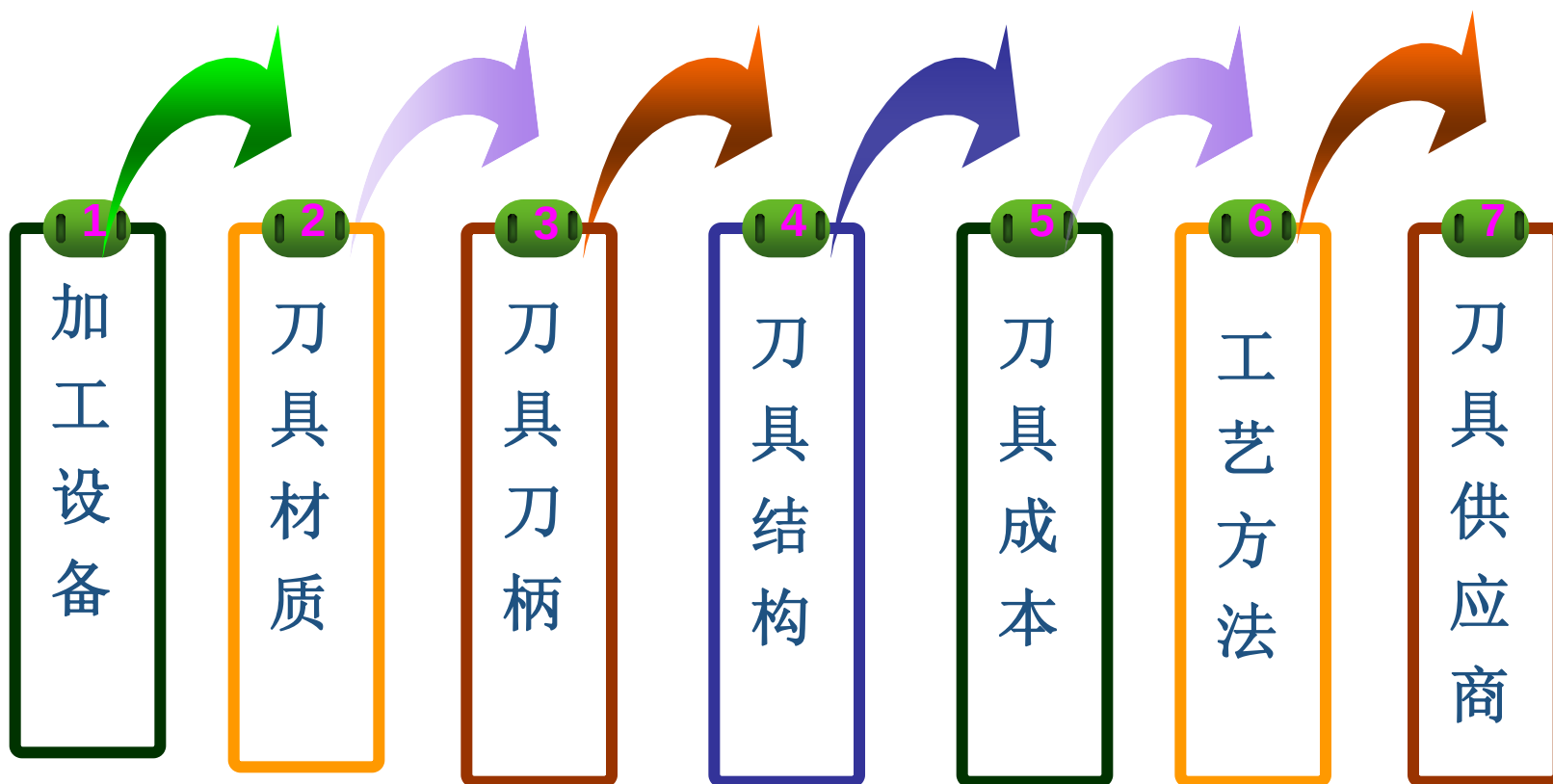


自动化程度稍高一点的生产线上均采用了专用液压夹具。

- ❖ 液压夹具可实现非常高的定位精度，在定位和夹紧过程中夹紧力保持恒定不变，从而确保了同一道工序加工质量一致性；
- ❖ 使用液压夹具的主要优势是能节省夹紧和松卸工件时所花的时间。



刀具是制造过程中的关键因素，选用的合理与否直接影响工件质量和加工效率





加工设备

- ❖ 首先是考虑效率、切削参数适合的设备；
- ❖ 其次选用适合的刀具来与合适的设备匹配，否则，不管单独选择设备或者刀具，其效率都不能发挥出来。



Hüller Hille Specht 500T



Honsberg Lamb Mach 1



刀具材质



- ❖ 适应高速切削度要求，选择新材料刀具；
- ❖ 新材料刀具的使用使切削效率大大提高，高钴高钒高性能高速钢刀具的耐用度可比普通高速钢提高1.5~3倍，粉末冶金高速钢的强度可提高20%~30%，韧性提高1.5~2倍，并且可靠性比普通高速钢明显提高，而CBN（立方晶氮化硼）、PCD（聚晶金刚石）刀具和陶瓷刀具等代表当今技术发展水平的超硬刀具，切削速度可比硬质合金提高数倍，大大提高加工效率。



刀具刀柄



随着切削速度的提高，主轴 / 刀柄联接性能在离心力的作用下发生很大变化，直接影响工件的加工精度和表面粗糙度，因此，适应数控机床和高速加工需要的刀具夹持及其与机床的连接件如HSK刀柄、热套刀柄、液压刀柄等以及其他新型刀柄被广泛应用。



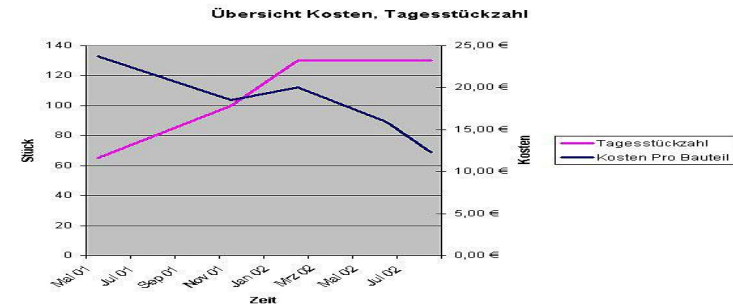
刀具结构



为提高生产效率和减少换刀时间，在发动机零部件的加工中越来越多地使用了各种复合刀具，如钻镗复合、钻铰复合、钻孔和螺纹加工复合等各类复合刀具，结构复杂的展开式刀具满足了很多特殊的加工要求，有些刀具甚至已发展成机、电、液一体化的装置。



刀具成本



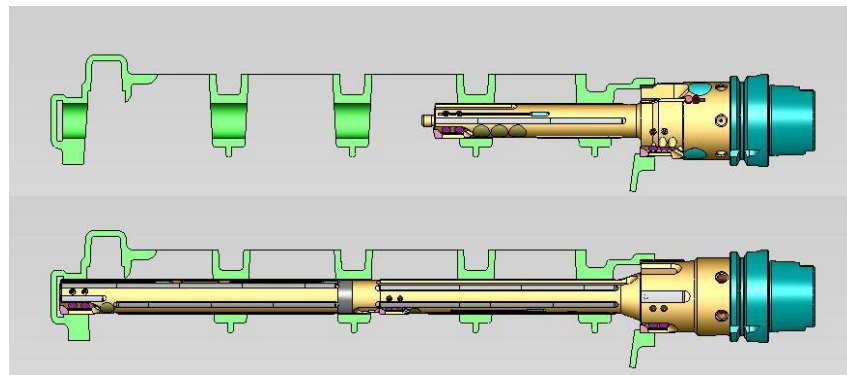
在看总的刀具消耗费用的同时，更重要的是看单件加工产品消耗的刀具成本，不仅要看直接的刀具成本，更要看刀具对生产效率的影响及其引起的总的制造成本的变化；

需要考虑一次性设备和刀具投资与长期性刀具消耗费用之间的关系，需要综合考虑和平衡。

刀具消耗量与很多因素有关，需要具体情况具体分析；



工艺方法



为了充分发挥高效率柔性线的作用，**刀具对工艺提出了许多新的要求，**

如尽量考虑**同一种刀具能更多地完成同一工件不同工序的加工，努力减少刀具库存量，限制换刀频率，降低制造成本等；**同时还要针对一些工艺难点，**设计专用刀具、复合刀具或智能刀具，以解决加工精度和加工效率之间的问题。**



刀具供应商

刀具供应商的确定。

- ❖ 选用的刀具都必须经过切削试验，经过切削试验后确定选用的刀具及其供应商；
- ❖ 现代汽车制造业还要求刀具供应商不仅能提供切削加工整体解决方案，并能提供及时有效的现场技术支持，形成与汽车制造企业的一种合作伙伴关系。
- ❖ 选用一些品牌刀具如MAPAL、WIDIA、OSG、KENNAMETAL、KOMET、SANDVIK、Valenite、GUHRING



发动机制造企业新的要求——“提高品质，降低成本”

对于发动机制造企业规划来讲：

- ❖ 首先，企业要考虑在前期投入大量的资金购置生产设备；
- ❖ 其次，考虑加工过程中的使用成本和维护费用；
- ❖ 最后，选择的设备能否满足未来生产需求的变化；

规划时：

根据自己的实际情况，结合市场、质量、成本、人员等因素综合考虑、合理进行规划，进一步提高生产系统的使用价值，提高生产效率，使生产的产品更有竞争力。



谢谢！

北汽福田汽车股份有限公司 王建国