

新工业革命时代的机床 发展之路

**Machine tools manufacturing technology
innovation
in the New Industrial Revolution Era**

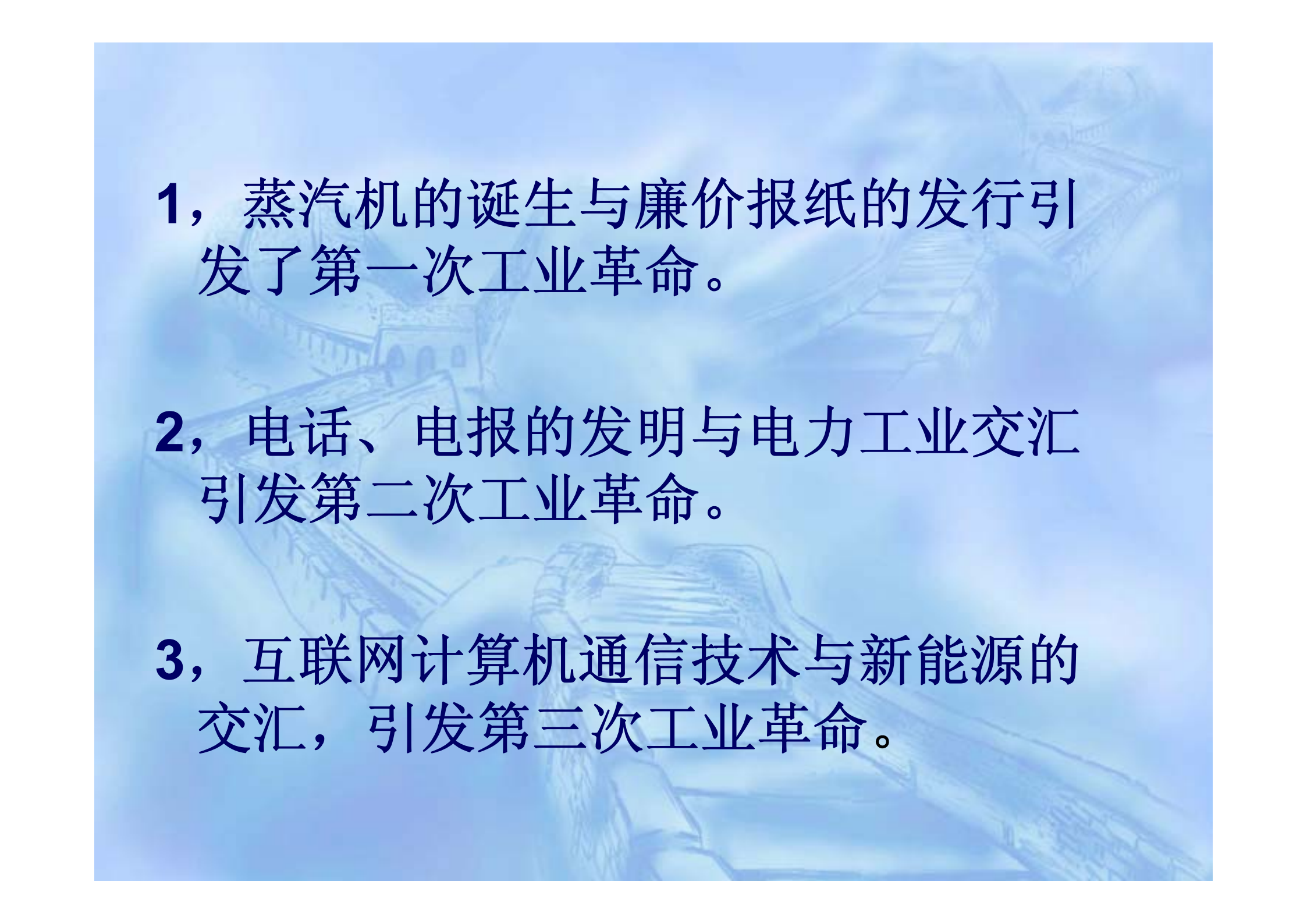
徐正平 高级工程师

上海机床工具集团有限公司 市场部部长

2015-04 北京

一、引发工业革命的缘由

美国宾夕法尼亚大学教授杰里米·里夫金认为，是能源和通信的交汇碰撞会引发工业革命



1，蒸汽机的诞生与廉价报纸的发行引发了第一次工业革命。

2，电话、电报的发明与电力工业交汇引发第二次工业革命。

3，互联网计算机通信技术与新能源的交汇，引发第三次工业革命。

4、欧洲提出第四次工业革命

德国认为今后的市场主导，是基于互联网的高端工业生产技术。德国编纂了一份《高科技战略**2020**》。这个被称之为“工业**4.0**”的“智能工业”项目，它必将引领工业领域革命新时代。

4.0主要是由数码-物理系统**CPS**发展而成，依托物联网，从事研究的是大数据、云计算以及智能工厂和智能制造。

二、高科技迅猛改变世界的时代

- 纽约时报当今的一周内容，相当于**18世纪**人们的一生咨询量。
- 电视机经过十三年，用户达到了**5000万**
- 互联网经过四年，用户达到了**5000万**
- **iPod**经过三年，用户达到了**5000万**
- **Facebook**经过二年，用户达到了**5000万**
- 新浪微博经过一年，用户达到了**5000万**

- 
- 新技术信息量每两年增加一倍
 - 大学一年级所学知识，到三年级一半过时
 - **2013**智能眼镜诞生（拍照、上网、视频）
 - **2015**无人驾驶汽车进入日常生活
 - **2017**云计算覆盖百姓家庭
 - **2025**基因技术为常规医疗手段
 - **2028**一半人工岗位由智能机器人取代

三、新工业革命时代的主要特征

- 先进制造技术是新时代的象征
- 技术创新日新月异
- 先进制造技术带动先进制造业蓬勃发展
- 先进制造技术的主要内容：
 智能制造、数字制造、微纳制造、生物制造、新材料、新能源等，数控机床制造只是其中的一部分
- 对机床制造技术的要求：节能、环保、绿色、高效、高速、高精度

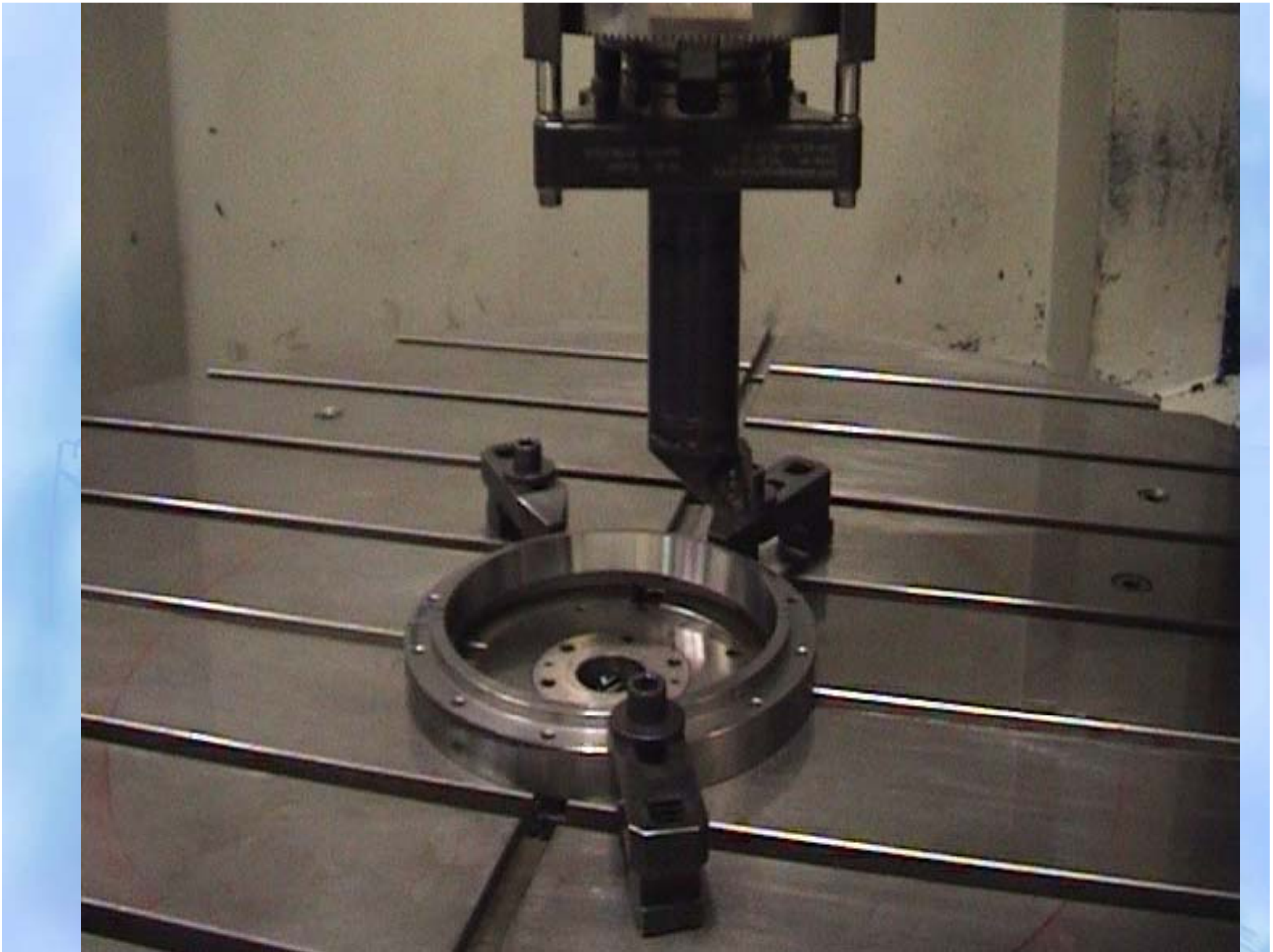


四、新工业革命时代对机床 制造技术创新的影响

1，对传统机床理念的挑战

- 车削加工-----
- 铣削加工-----
- 齿轮加工-----
- 复合加工-----







GEAR MILLING
on
REIDEN RX14
5-AXIS MACHINING CENTER

2， 自动化智能工厂是明日之星

- 当今机床的竞争已不局限于单机的竞争
- 也不停留在成套成线的集成形式
- 两化融合的自动化智能工厂才是近期的发展趋向

a、制造业的两化融合与互联网思维

- 大数据——数据挖掘已发生的一切、预测将发生的事件
- 云计算——云里雾里渐成气候
- 机器人——机器换人，风起云涌
- 储能技术——没有储能就没有新能源利用
- 互联网思维——“不触网便淘汰，触网者获商机”

b、制造模式和业态的改变

- 大规模批量生产----大规模定制生产
- 生产型制造----服务型制造
- 全能型制造----网络制造、云制造
- 制造业信息化----制造业互联网化
- 零售代理----电子商务
- 销售门店----体验中心

c、现代化的明日生产

高速、高效、高精度、高质量是永恒主题

- 工艺与高效系统的整合
- 个性化产品
- 安全排放
- 可再生能源
- 宜人化的人体工程学
- 知识密集型工作

d、中国企业走向智能工厂的路径

- 智能工厂是数字化、网络化、智能化技术与制造技术交叉融合，以客户产品数据、优化的制造工艺流程、协调的生产制造设备为核心，以数字化产品设计、生产流程管理与调度、数字化智能化制造设备与生产线、自动化的物料配送装置为重点的系统集成，实现面向产品设计、成型、加工、装配、检测、设备安全保障、服务等各环节动态优化与整合，旨在高效、优质、清洁、安全、敏捷的制造产品和服务用户的一种新的制造模式。

e, 智能工厂必须具备的条件

- 具有能参与网络集成和网络协同能力的智能生产线;
- 具有产品结构和动力学的三维模拟与仿真优化, 实现产品设计手段与设计过程的数字化智能化;
- 具有即插即用的软件集成平台, 可对生产线或整个工厂的运行进行模拟仿真;
- 具有工艺数据库和知识库, 能逐步积累专家经验和知识, 实现工艺参数和作业任务的多目标优化
- 制造信息全过程跟踪以及产品质量可追溯;
- 实现**PLM**、**MES**、**ERP**的系统制造和综合管控。

f、中国智能工厂的实施计划

- 第一阶段到**2020**年：
主要是打好基础，即制定智能工厂标准、突破核心基础部件并实现产业化、做好智能工厂初级阶段即以智能制造装备为基础的数字化工厂的试点示范，培育专业的从事提供智能工厂集成的公司，培养人才队伍。
- 第二阶段到**2025**年：
在重点行业、重点企业推广建设初级阶段的数字化工厂，并争取建成几家真正意义上的智能工厂。
- 第三阶段到**2030**年：
智能工厂在重点大型企业及专精特新企业推广。，

g, 哪些企业适合建设智能工厂

- 重点是产品附加价值高的大型企业;
- 少数专精特新企业也可探索。
- 做好顶层设计和总体架构设计
- 深入探索并理解智能工厂的本质，清醒的认识目前所处阶段
- 脚踏实地，循序渐进，不盲目炒作、跟风
- 必须要有风险防范意识，充分考虑经济的可承受能力，以经济效益为中心。



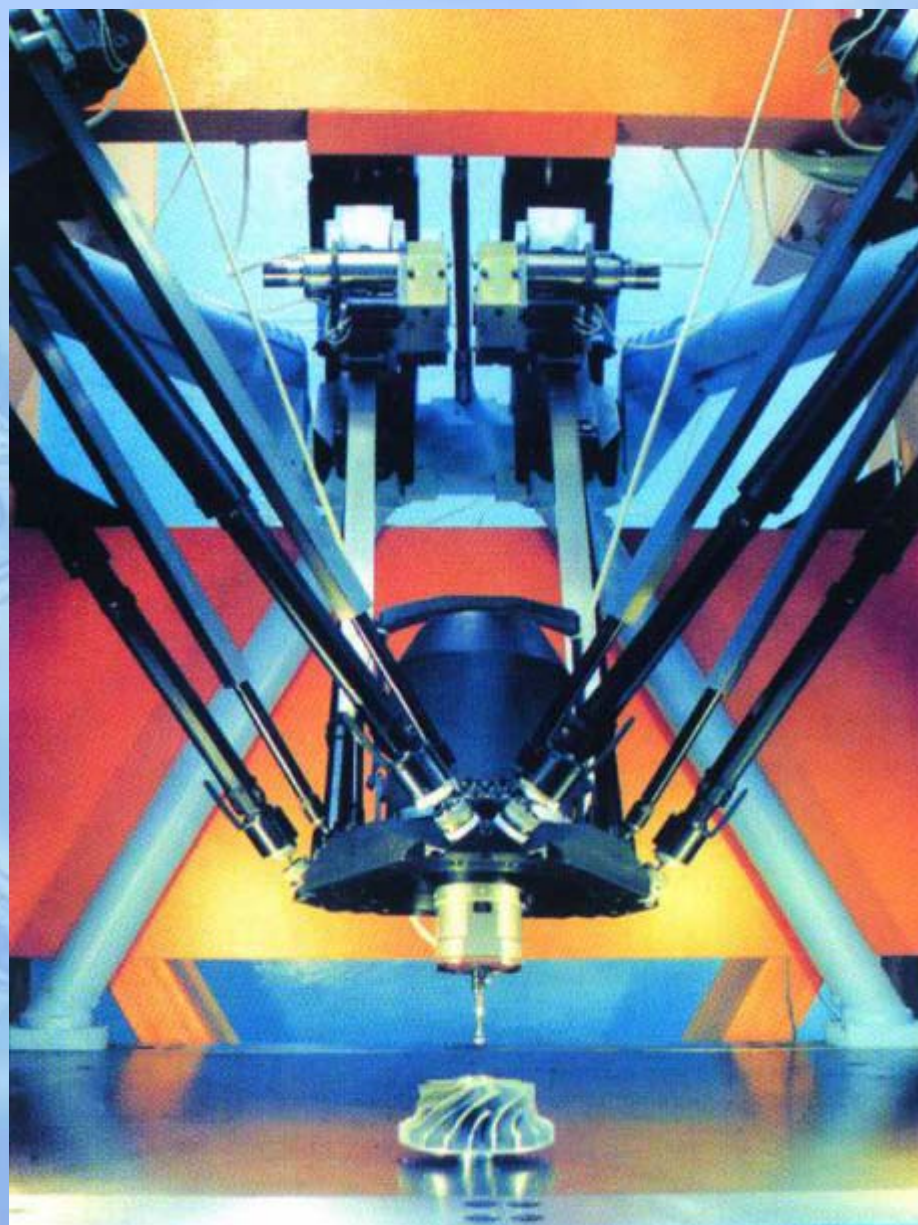
3， 机床制造技术的创新

a ， 机床的结构创新

----- 并联机床的发明

美国**G&L**公司首次亮相了并联机床的雏型，是个六条腿的测量平台。
从此机床从传统的**C**型传动链结构（串联结构）向并联运动发展。

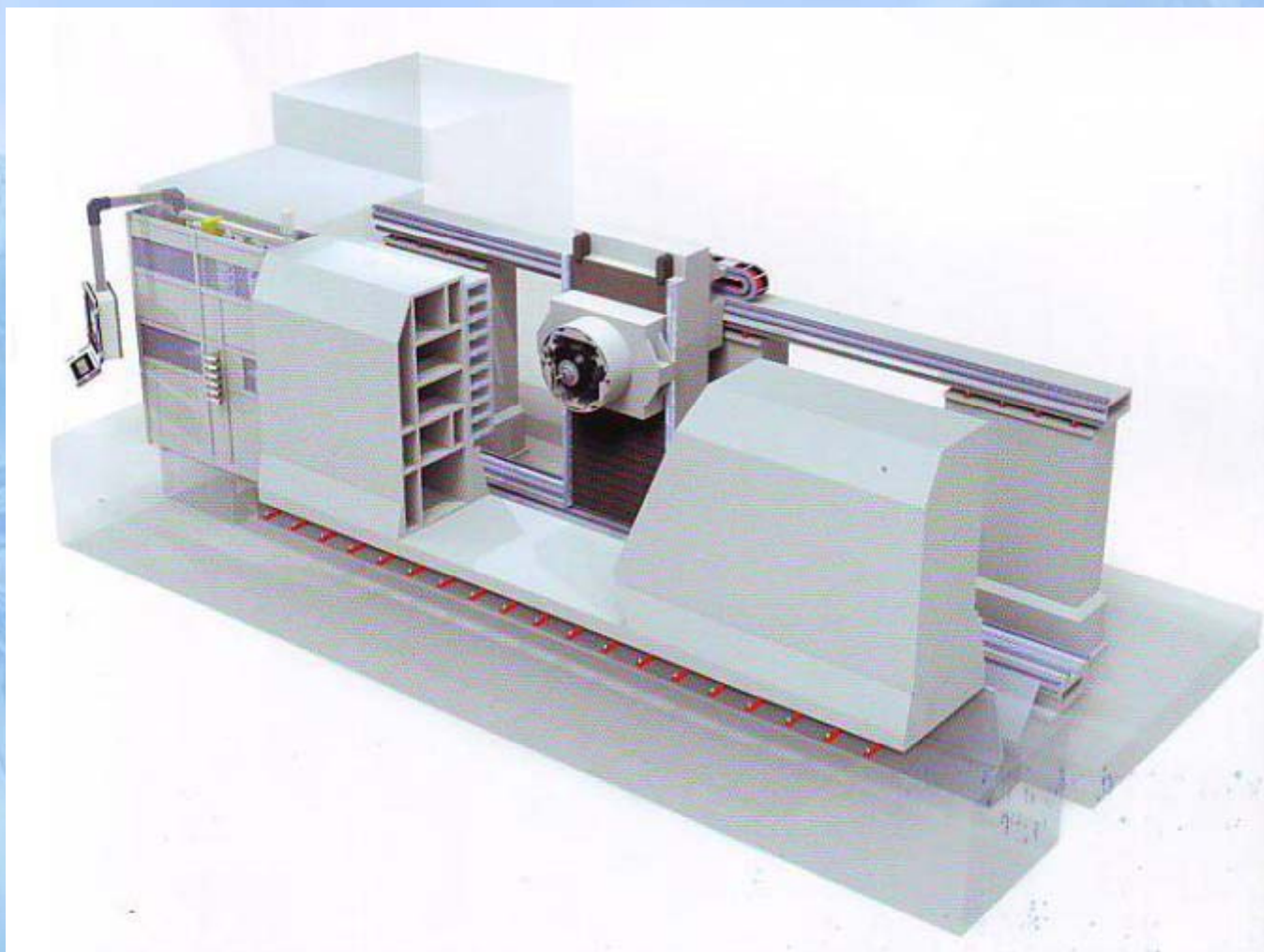
- 所谓并联机床，就是以空间并联机构为基础，以数控软件代替部分硬件、以电子装置及元器件代替部分机械装置，通过改变桁架杆的长度及移动支点位置，来迅速实现刀具与工件的相对位置变动，从而打破了传统机床以直角坐标系为基础的串联运动学原理。
- 并联机床有其刚性差等弱点，目前正朝串并联相结合方向发展，我国清华大学、哈量等单位这方面研发居领先地位。



俄罗斯六条腿并联机床



Z3铣头



德国**DS**公司大型落地卧式加工中心

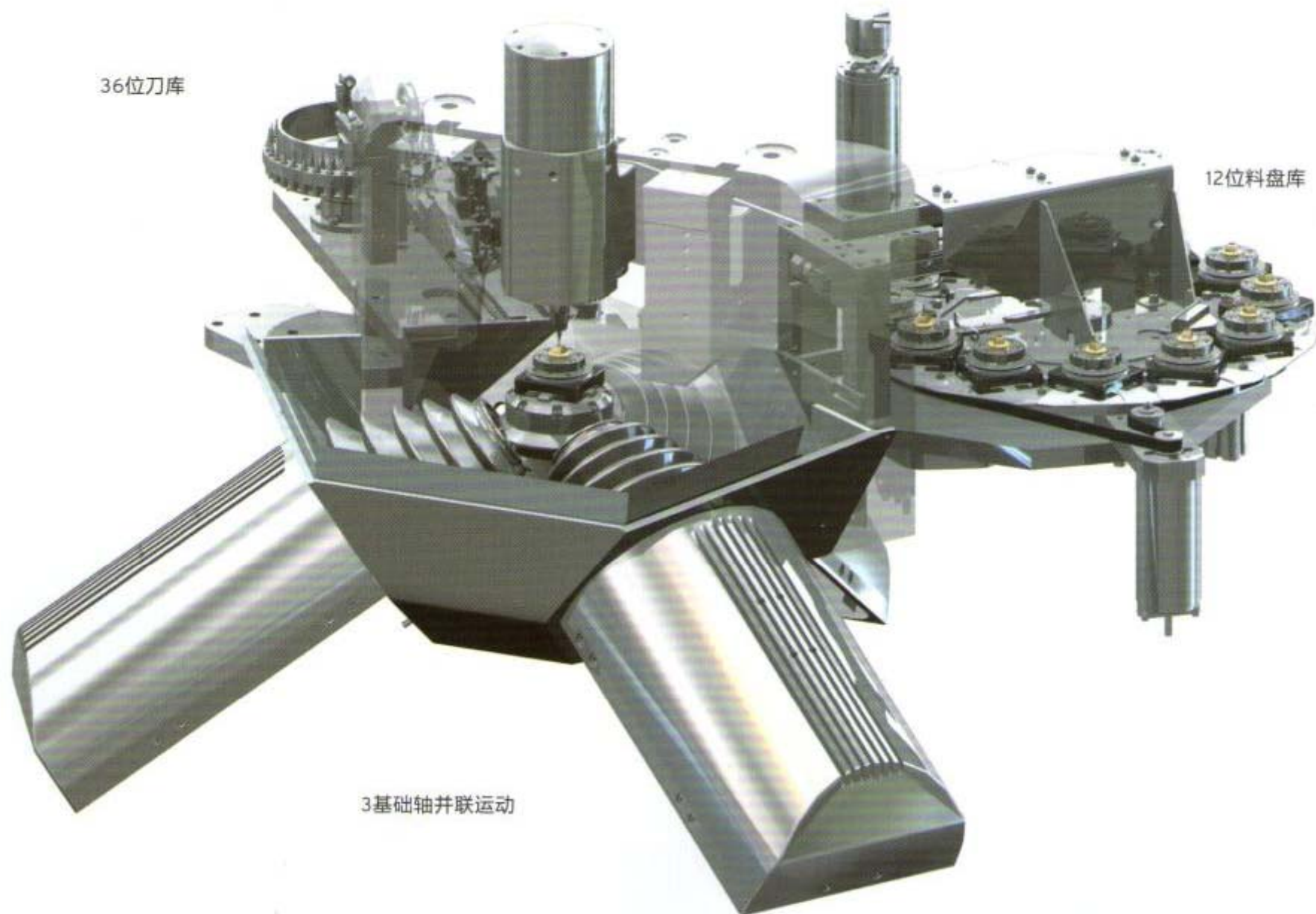


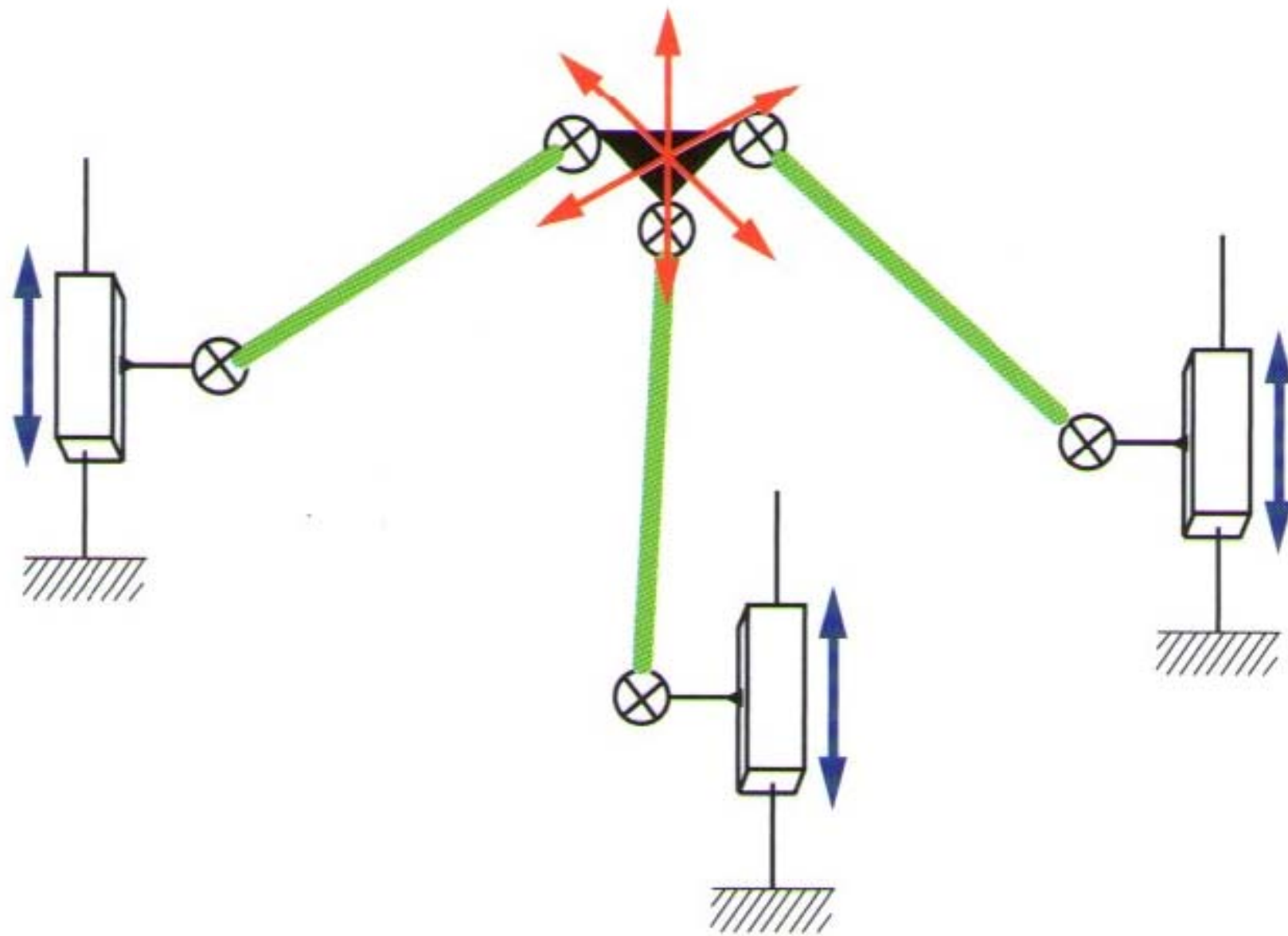
80'000 min⁻¹电主轴

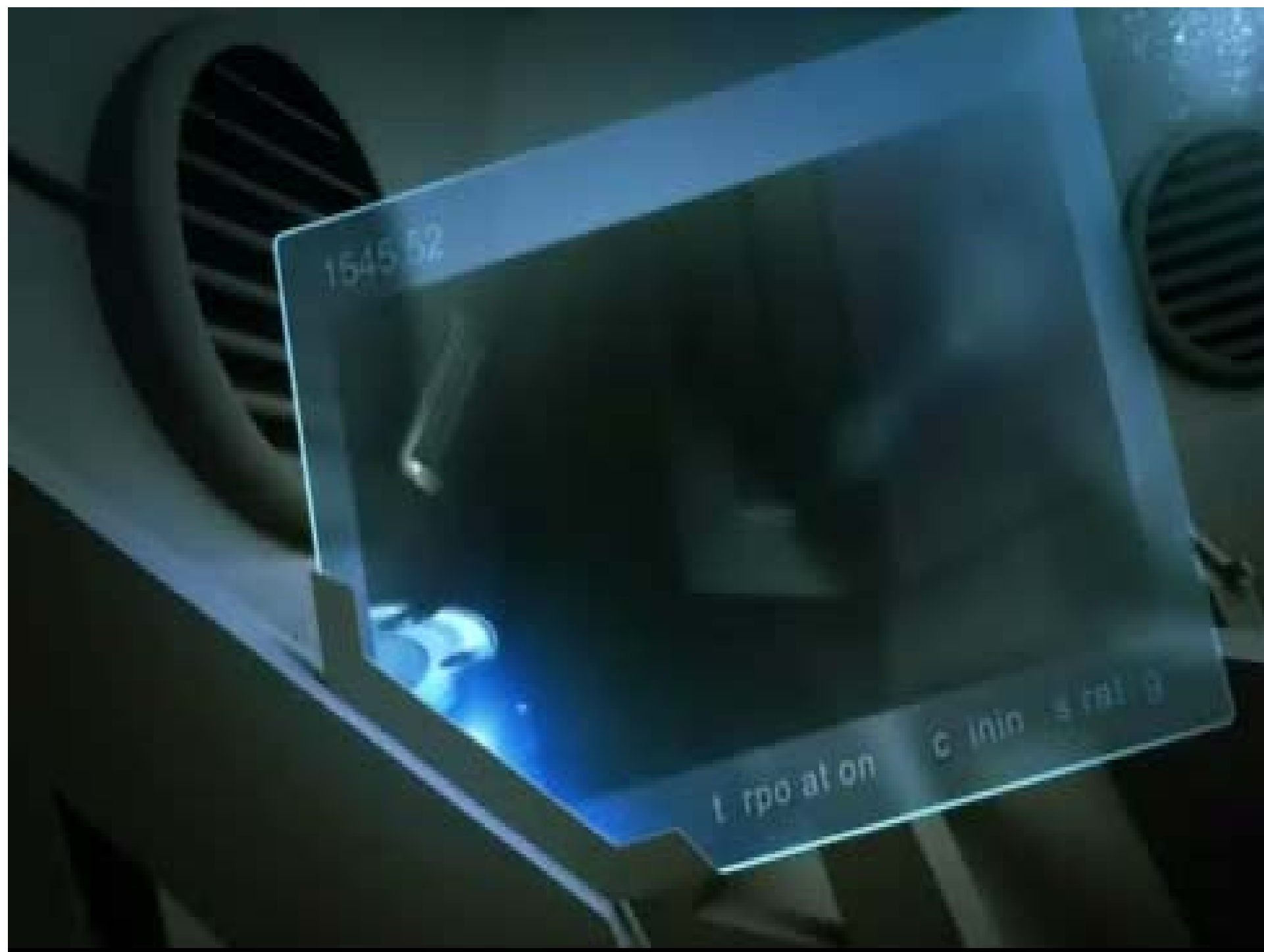
36位刀库

12位料盘库

3基础轴并联运动





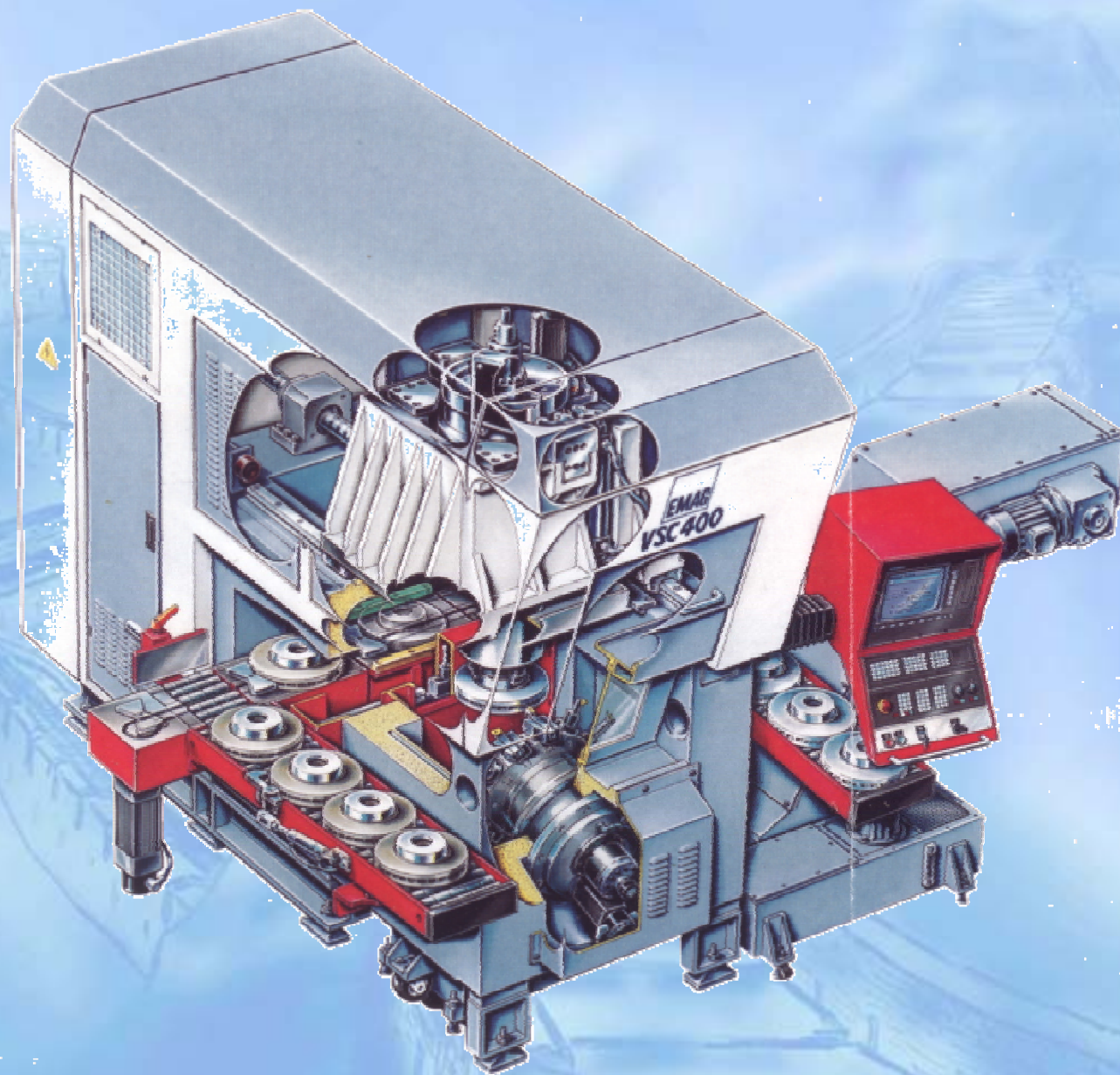




四川长征机床的串并联机床

b. 从倒置立车到倒正置相结合

德国**EMAG**公司发明了倒置立车，特别适宜对轻型回转体零件的大批量加工，随即、倒立加工中心、倒立复合加工及倒立焊接加工等新颖机床应运而生。



EMAG公司的倒立加工中心

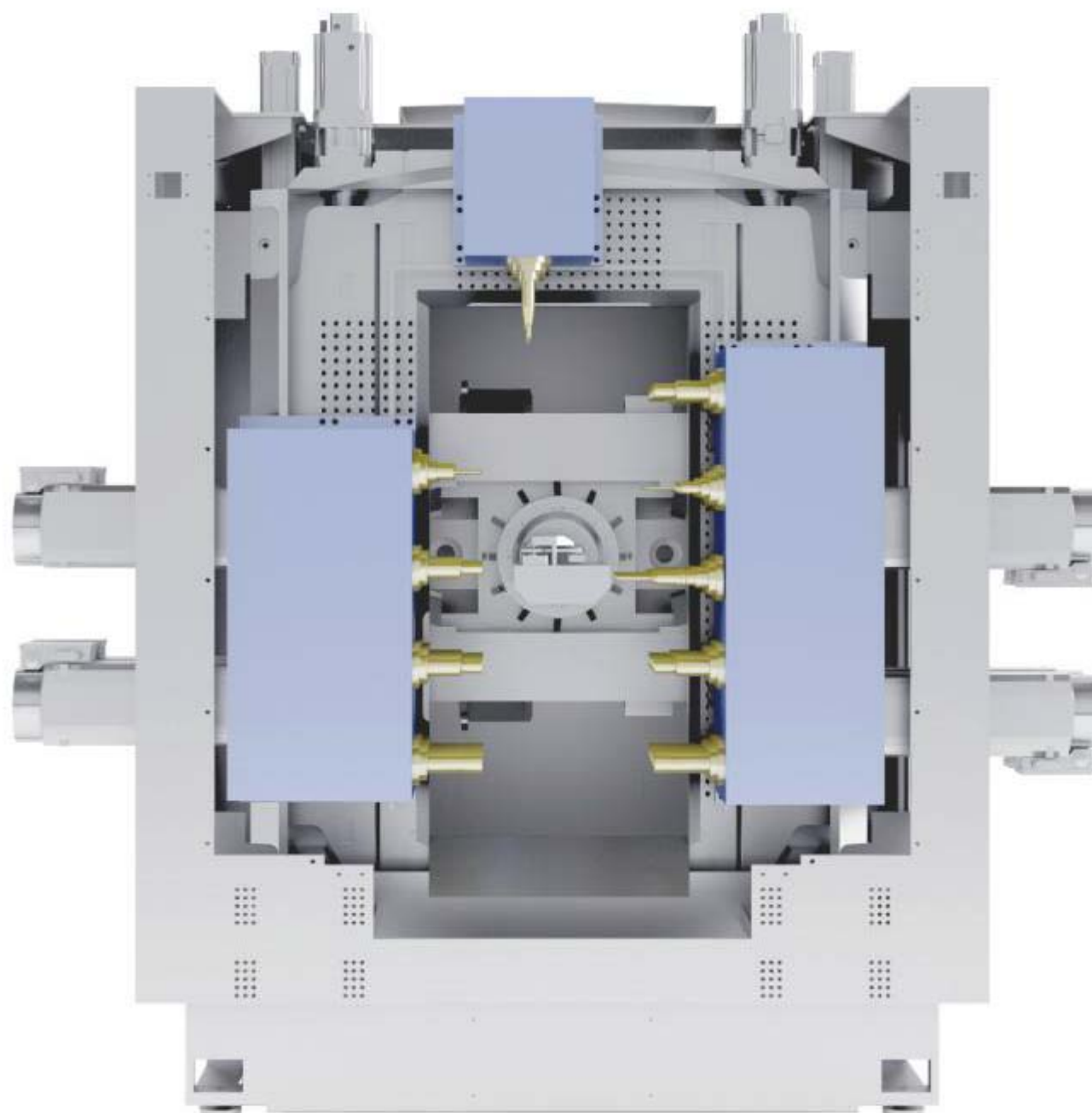




HESSAPP

C, 刀具与工件互换的框中框结构







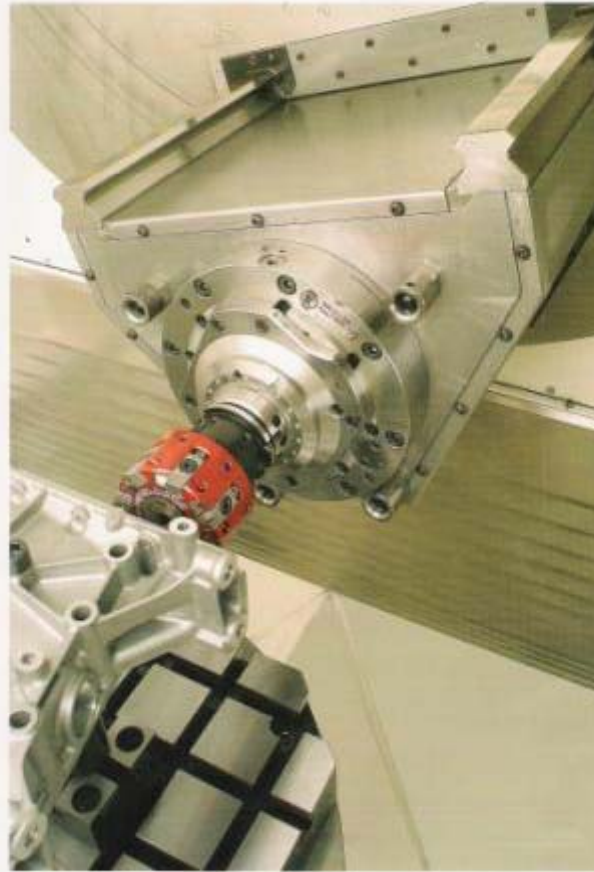




d. 没有**X**轴的加工中心

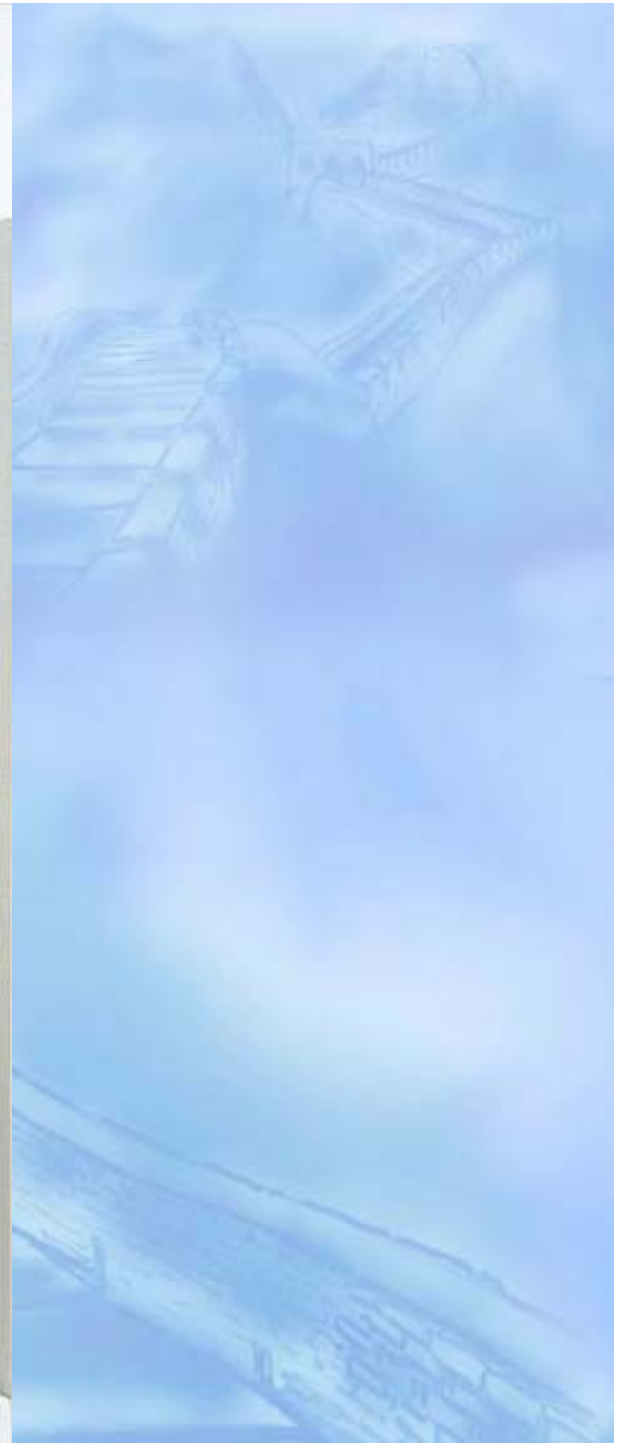
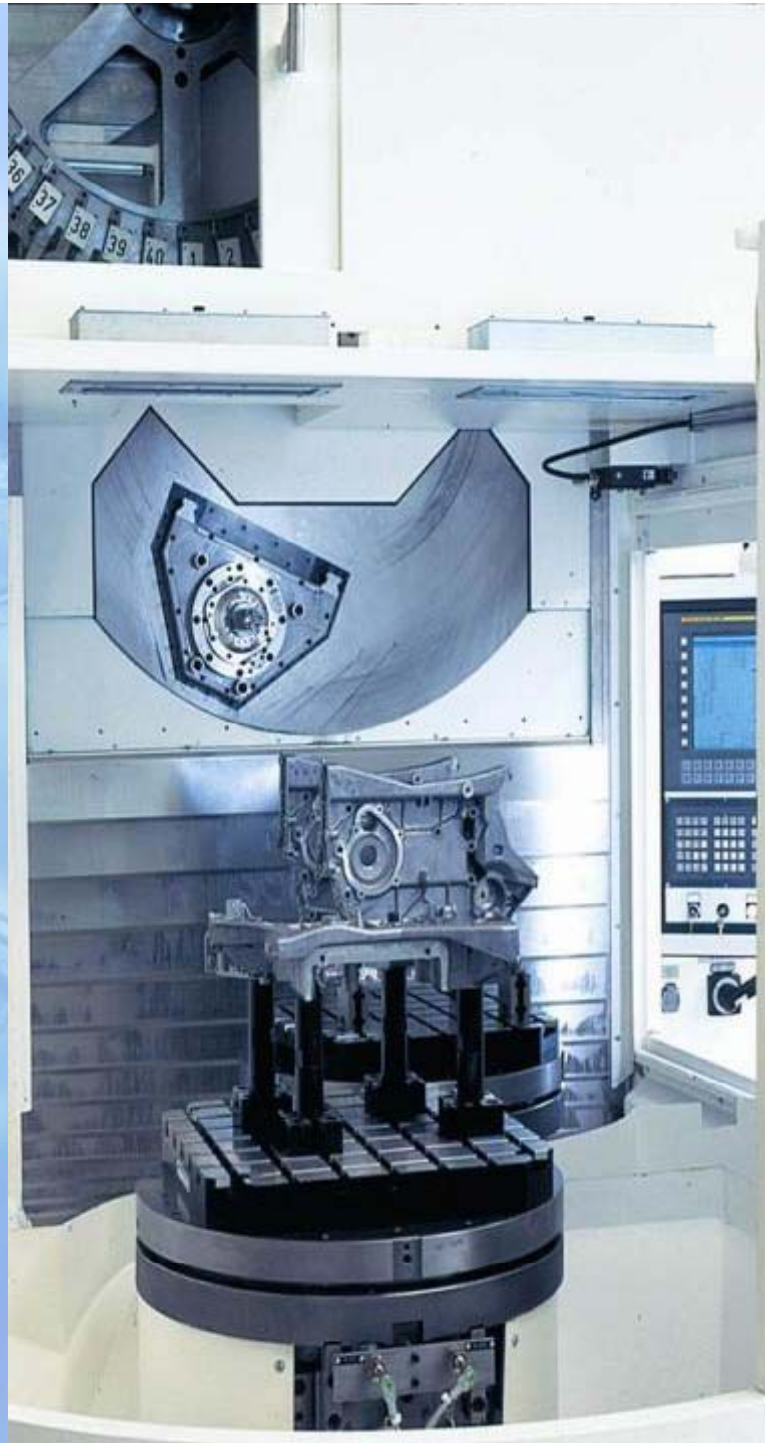
通过极坐标和笛卡尔坐标的转换来实现**X**轴运动。主轴箱是由大功率扭矩电机驱动，绕**Z**轴作**C**轴回转，同时又迅速作**Y**轴上下升降，这两种运动方式的合成就完成了**X**轴向的运动。由于是两种运动方式的叠加，故机床的快进速度达到**120m/min**，加速度为**2g**。

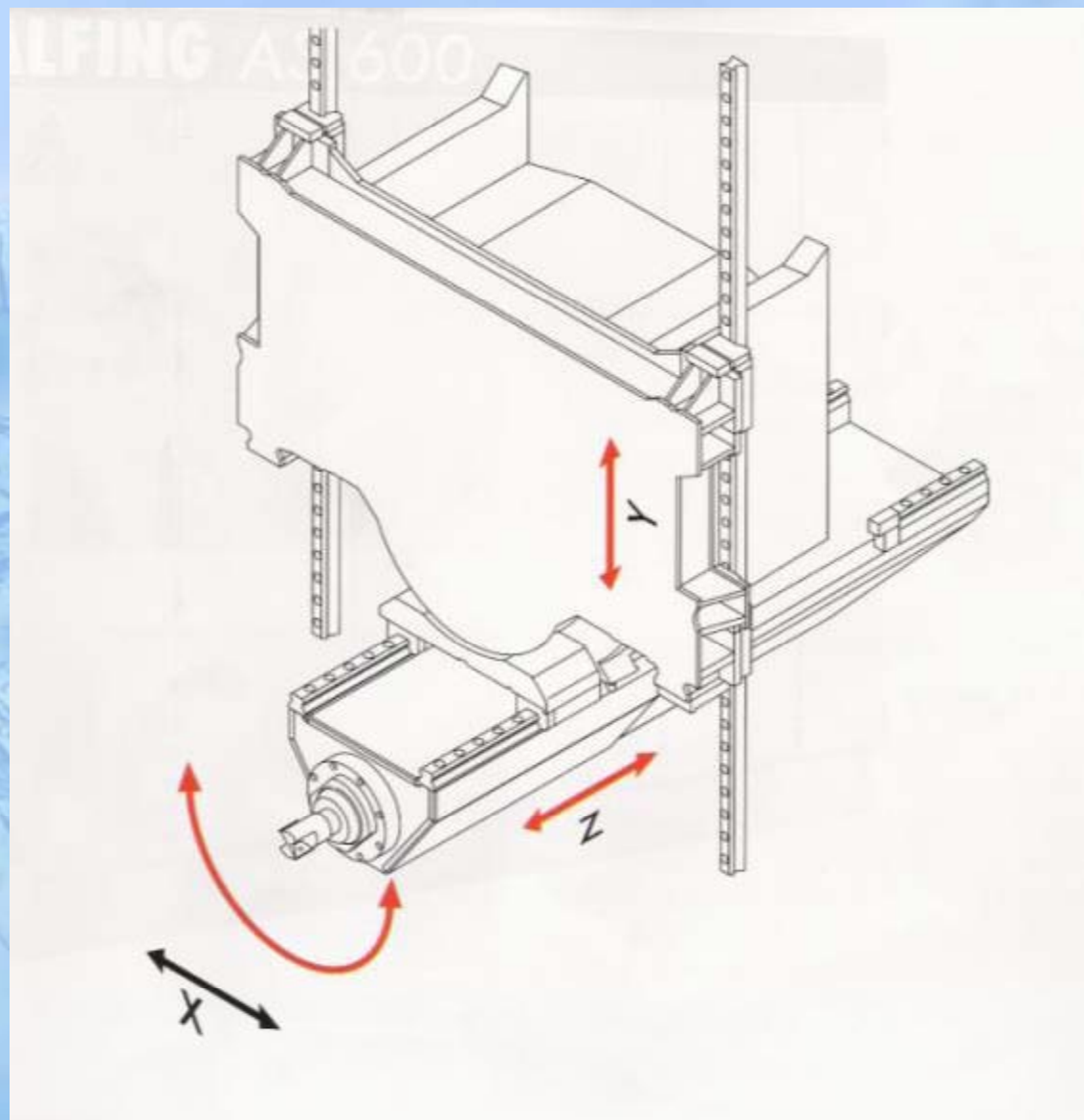
ALFING AS 600



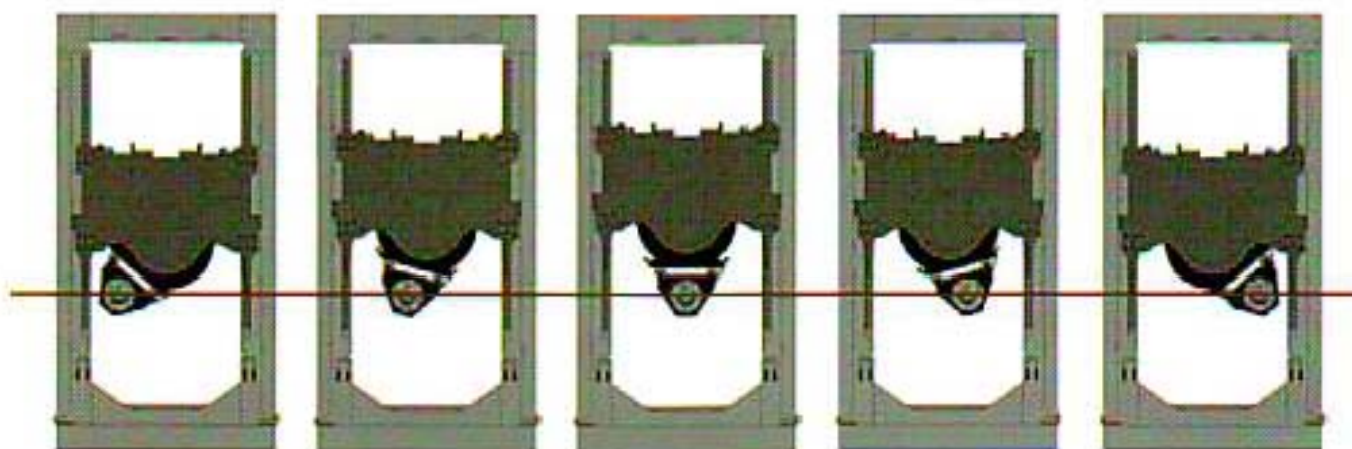
Module for
flexible manufacturing systems

德国**ALFING**公司的**AS**系列





德国**ALFING**公司的**AS**系列



高速入弯

德国**ALFING**公司的**AS**系列

e. 四立柱龙门加工中心

日本新日本工机开发的类似模架状的四立柱龙门加工中心，将铣头置于的中央位置。机床在切削过程中，受力分佈始终在框架范围之内，这就克服了龙门加工中心铣削中，主轴因受切削力而前倾的弊端，从而增强刚性并提高加工精度。



日本新日本工机独创的四柱龙门加工中心



3、加工工艺的创新

a, 复合加工

上世纪**90**年代中期，奥地利**WFL**发明
车铣复合加工中心

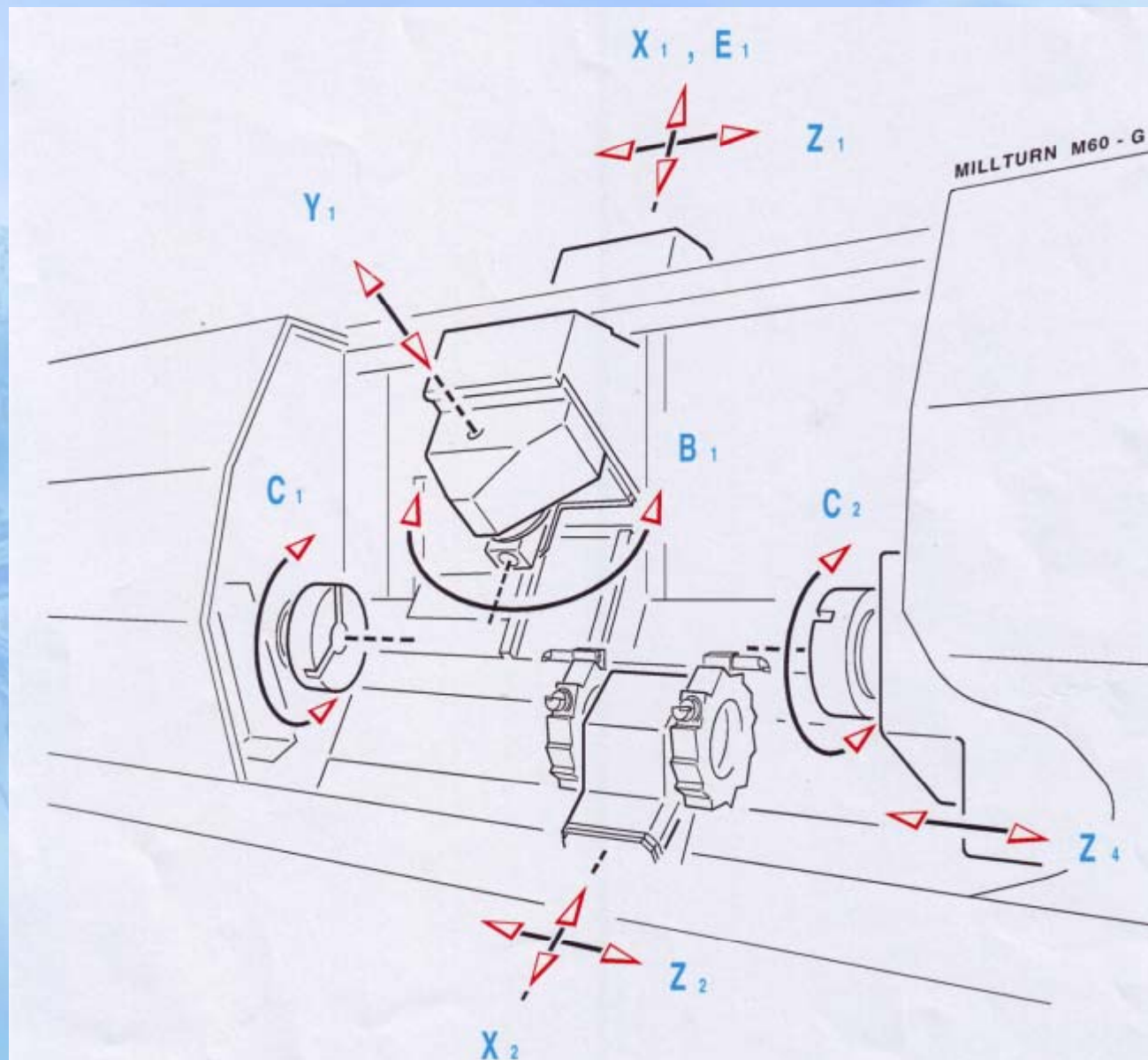
日本**MAZAK**认为**done in one** 是数控
机床发展的方向



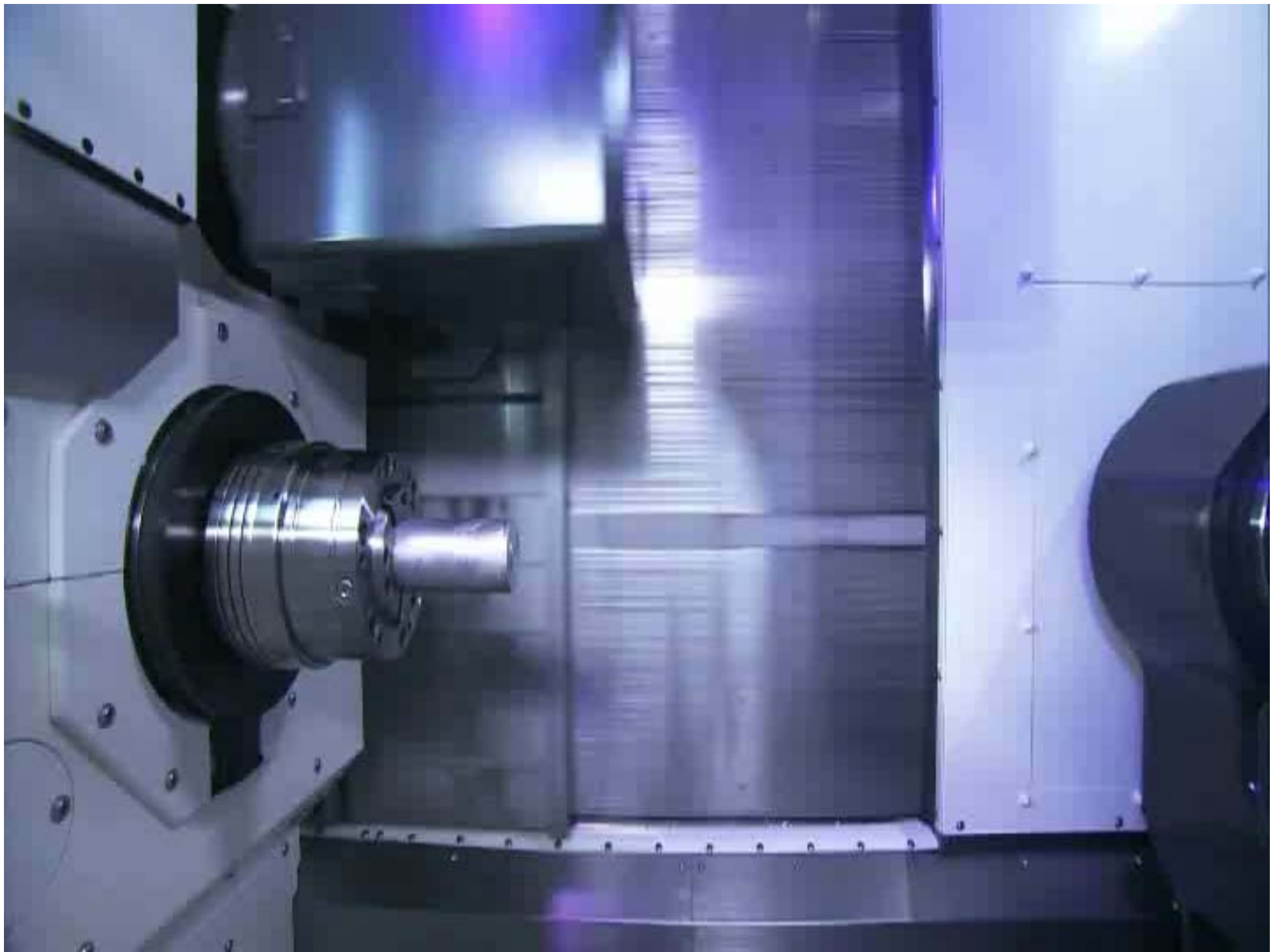
德马吉公司车铣复合加工中心

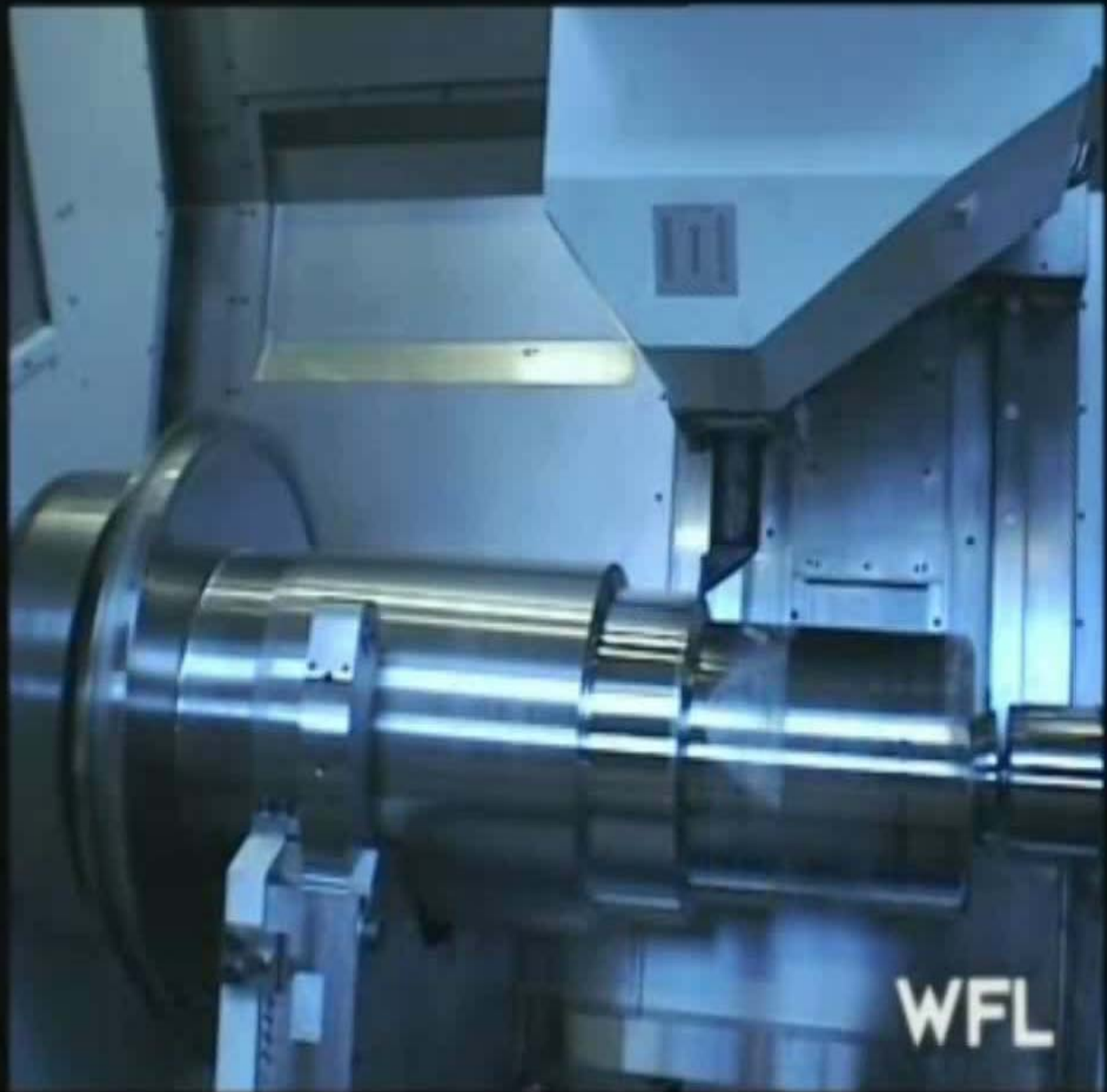


WFL车铣复合加工中心



WFL车铣复合加工中心





Mazak INTEGREX e-670H II (4000U)





瑞士宝美S-191车铣磨插复合中心

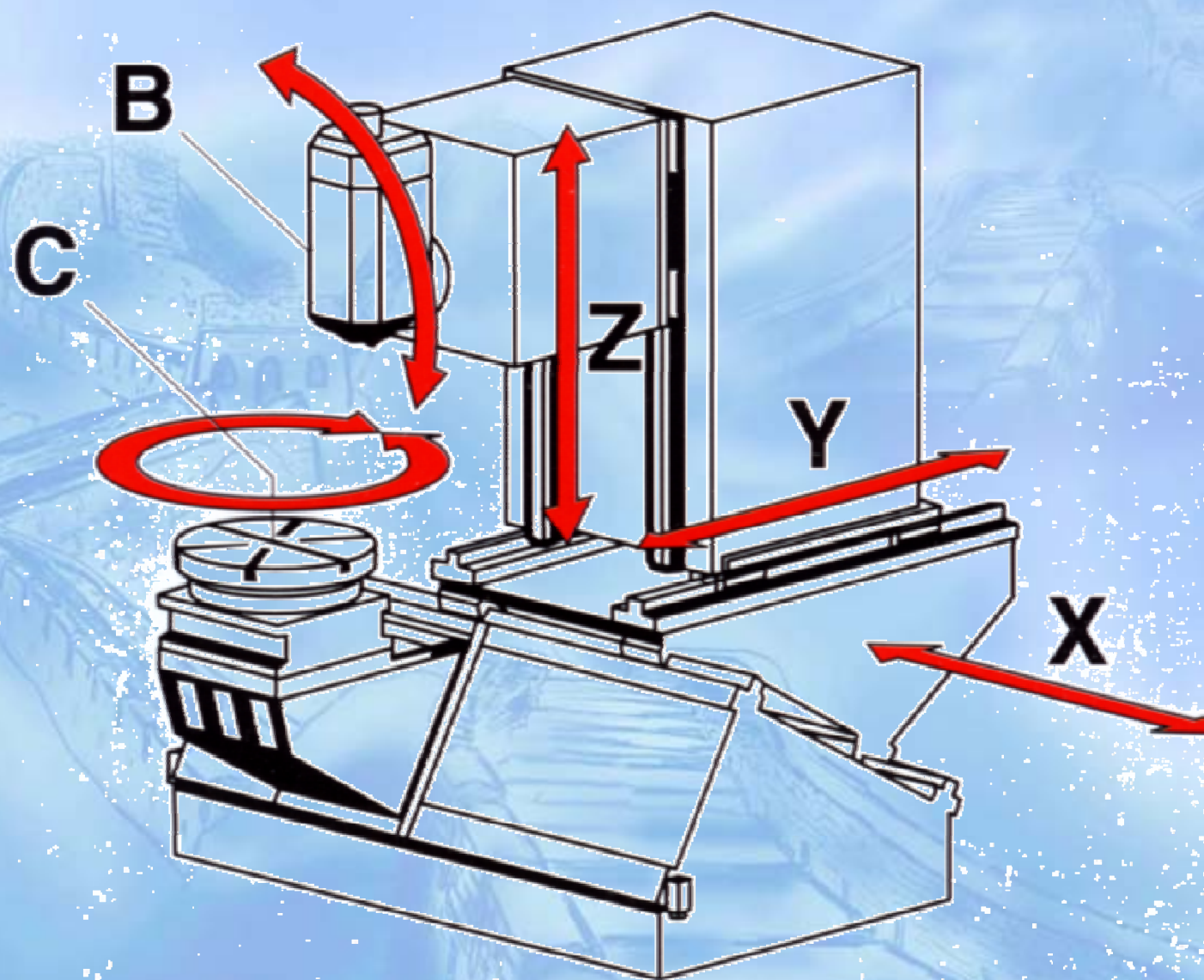




德国罗德斯铣磨复合中心**RXP600DSH**

b、五轴联动加工

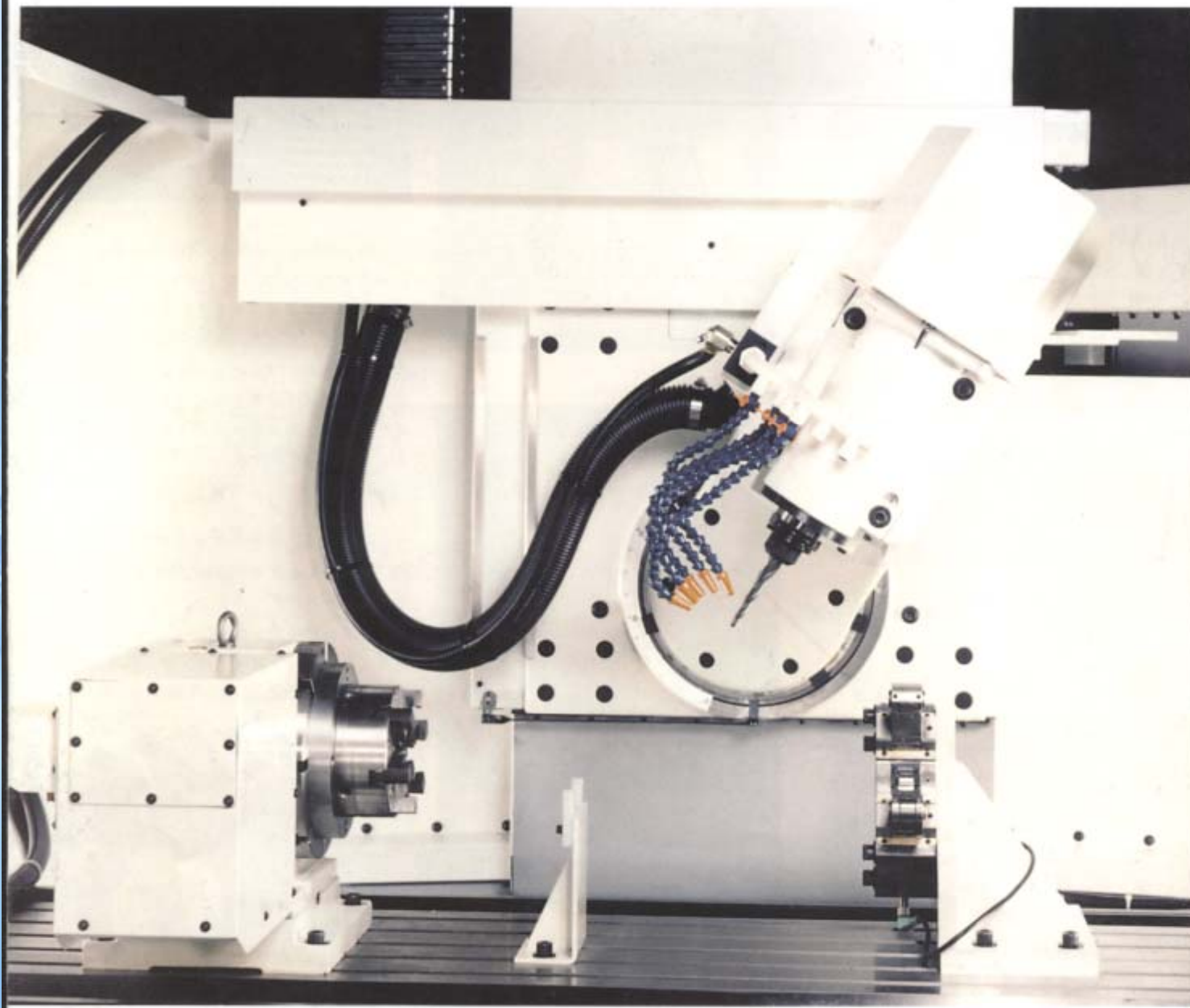
- 机床的坐标轴命名
- ——围绕**X、Y、Z**三根直线轴回转运动的称之为**A、B、C**
- ——和**X、Y、Z**三根直线轴方向作相反直线运动的，称之为**U、V、W**



瑞士威力铭**W-418** 五轴联动加工中心



DMG公司的 DMU125P



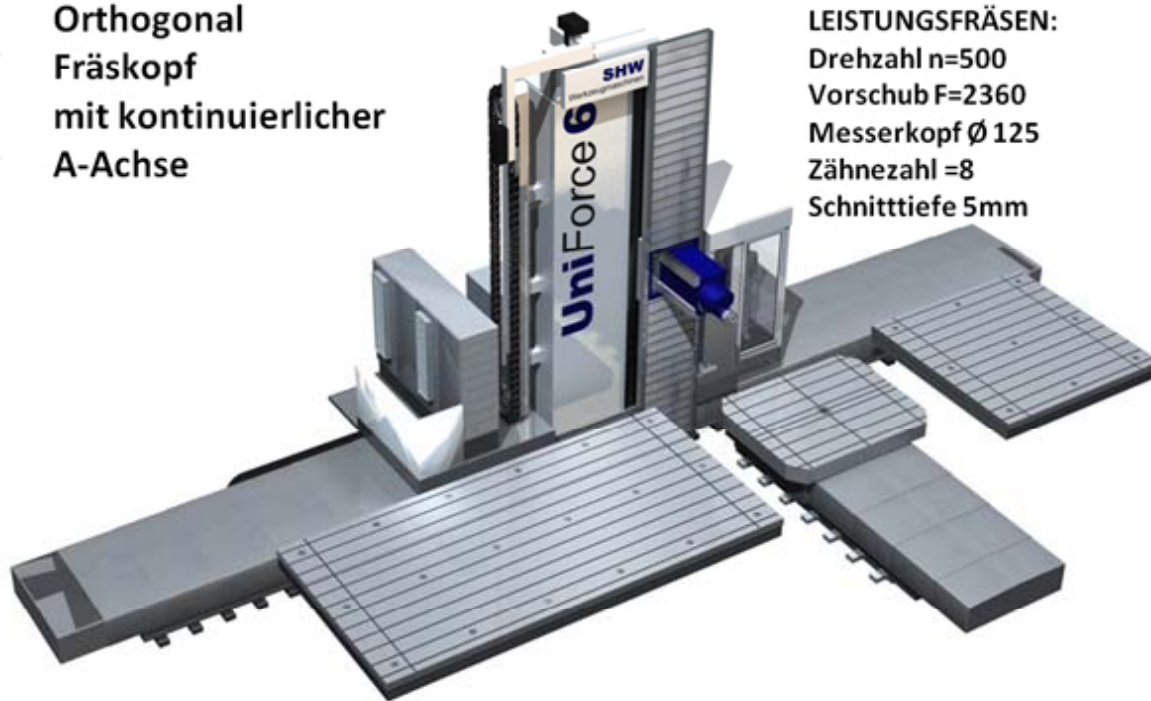
铣头与分度头联动回转



工作台两轴回转加工中心

德国SHW落地五轴加工中心

Orthogonal
Fräskopf
mit kontinuierlicher
A-Achse



LEISTUNGSFRÄSEN:
Drehzahl $n=500$
Vorschub $F=2360$
Messerkopf $\varnothing 125$
Zähnezahl =8
Schnitttiefe 5mm

德国GROB五轴卧加





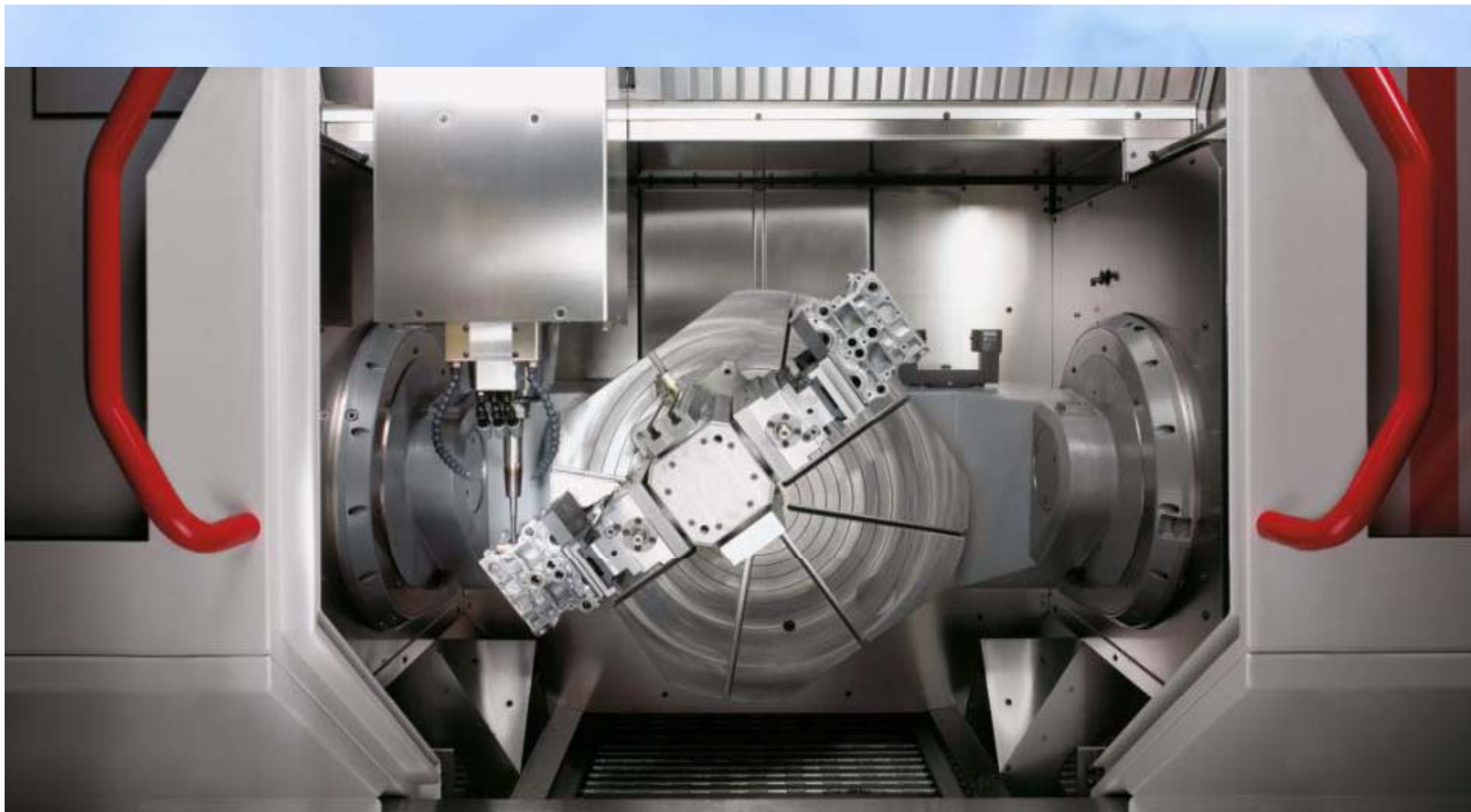
摇篮式五轴联动加工中心

由于带摇篮式转台的五轴机床能最大程度地利用行程空间，因此也属于当今机床主流结构的设计之一。

德国哈默公司擅长生产高精度摇篮式五轴加工中心，他们认为结构设计是机床核心所在，机床结构及机床几何精度，决定了机床的核心品质。哈默**C**系列加工中心，不仅能作镜面车削，还可加工伞齿轮、螺旋伞齿轮等。定位精度与重复精度均能保持在 μ 级，定位精度实测值可以维持在 $3\ \mu$ 以下
(根据**VDI/DGQ 3441** 标准检测)

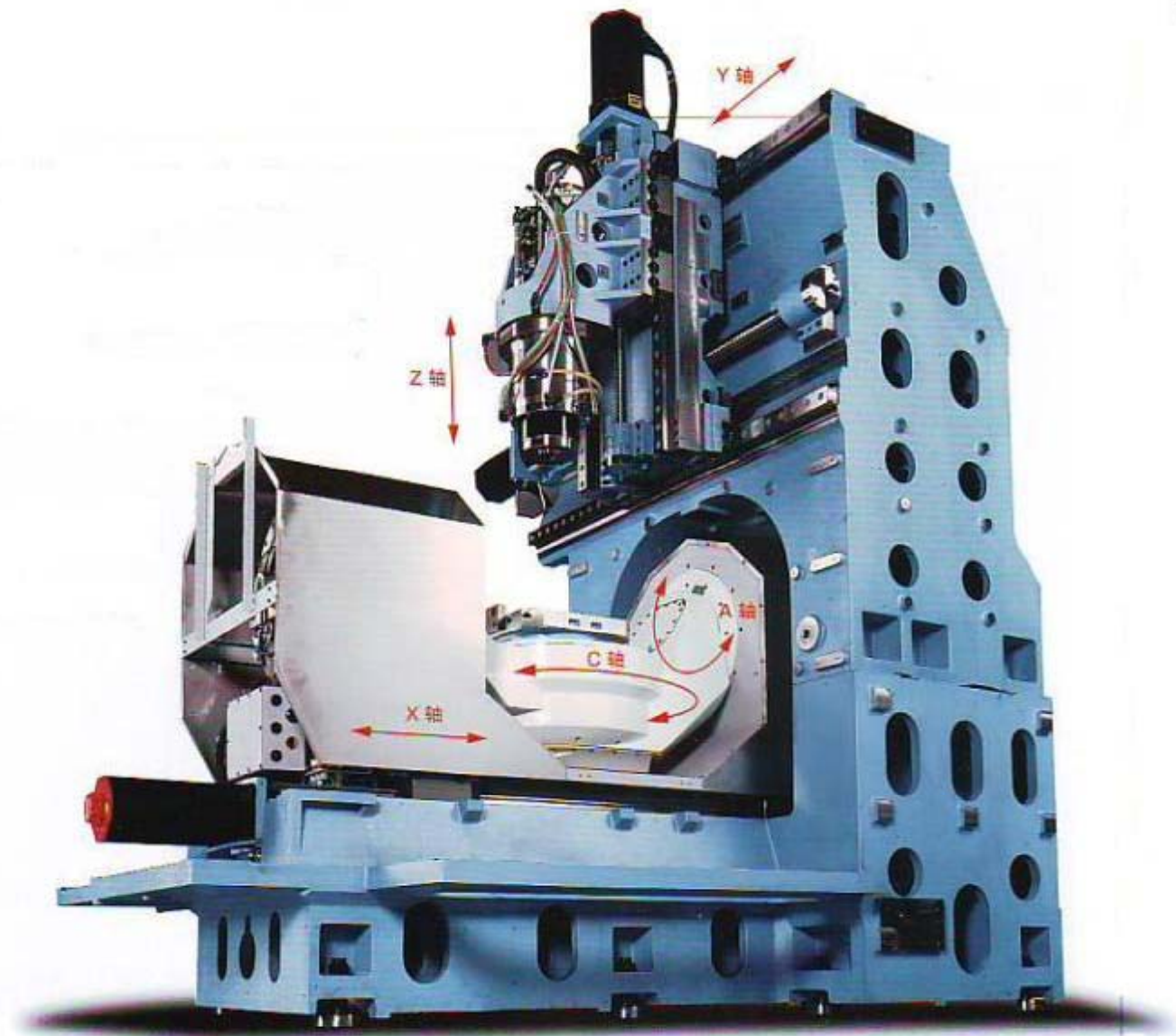


德国哈默的**C30U**



德国哈默的摇篮式可倾工作台





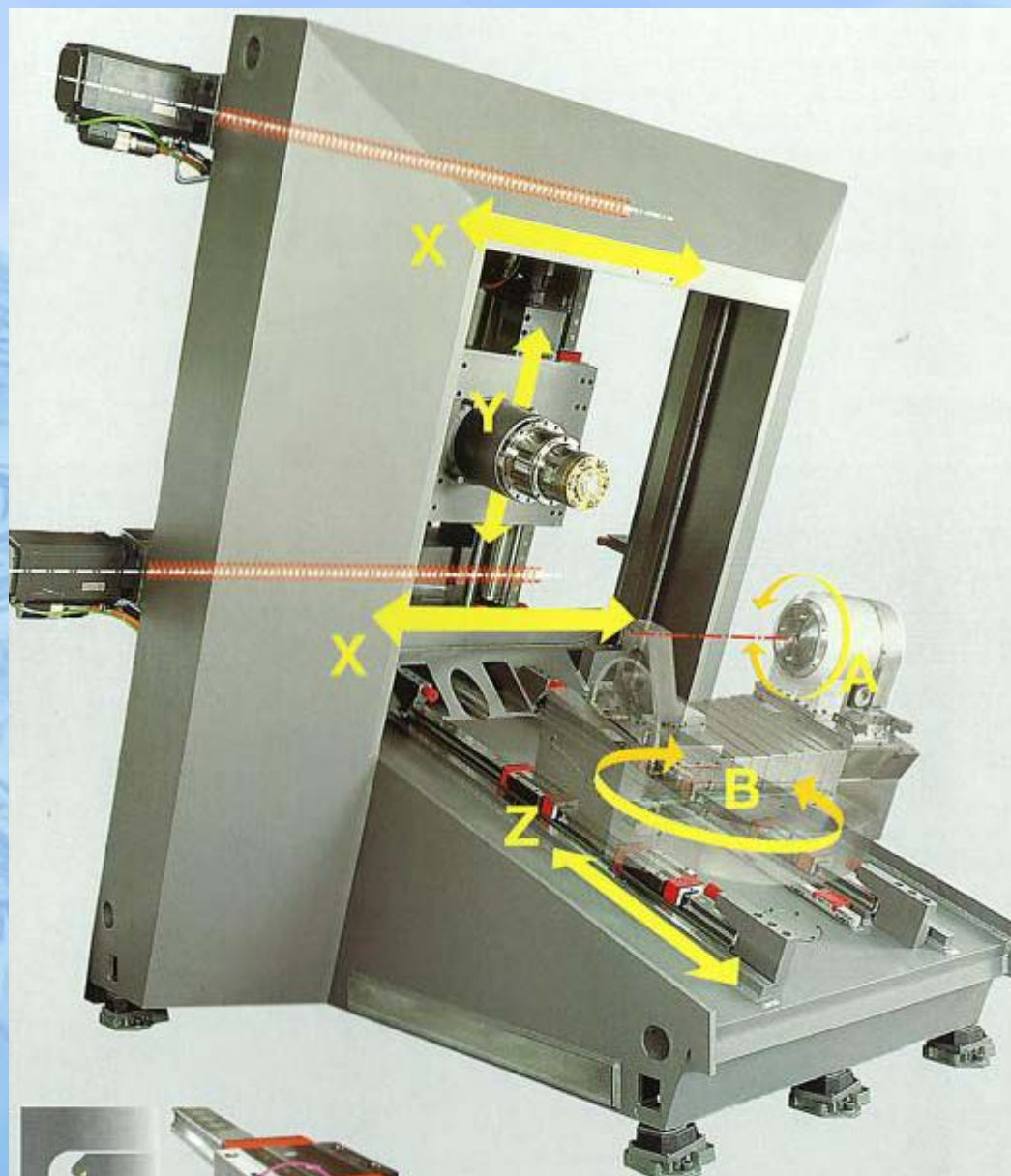
牧野摇篮式加工中心

叶片、叶轮加工

机床结构设计立柱倾斜或主轴倾斜，其目的是为了提高切削速度，因为在加工叶片、叶轮时，**X**轴行程不会很长，但**Z**和**Y**轴运动频繁，立柱倾斜能使铣刀更快切至叶根深处，同时也为了让切削液更好地冲走切屑并避免与夹具碰撞。



瑞士Liechti公司的立柱倾斜型加工中心



瑞士**Liechti**公司的斜立柱模型



Integral design for
ultra-dynamic precision:
compact mono-bloc angled portal

The image shows a large, grey industrial machine, identified as a compact mono-bloc angled portal. It is positioned in a factory or workshop environment, with large windows and green structural elements visible in the background. The machine has a prominent angled portal structure and a compact design. The text overlay describes its integral design for ultra-dynamic precision.

g-Mill 550 **Twin**





瑞士**Starrag**公司的铣头倾斜式叶片加工中心



德国数控**A、B、C**三轴联动铣头

以理论上来讲，五轴联动机床能加工任何零件，但假如**B+C**两联动铣头在作**B**轴回转切削后，突然要对零件的正面打个孔，那就必须将铣头从**Z**轴提起，并由**C**轴回转**90°**后，**B**轴再转到正面打孔，而如今有了三联动铣头，**A**轴可直接转下来加工了。此外，如加工零件的顶面时，一旦直线轴坐标在高速切削时突然需要转变，那么转角处也不需放慢速度或者停顿。

德国**Zimmermann**公司的**M3-ABC**铣头的摆动范围比较大：**A**轴 **$\pm 110^\circ$** ，**B**轴 **$\pm 15^\circ$** ，**C**轴： **360°** 。



c. 从五面加工到六面加工

- 龙门加工中心通过铣头交换可实现五面体加工
- 立卧两用加工中心可实现五面体加工
- 棒料车铣中心通过两次装夹可实现六面体加工





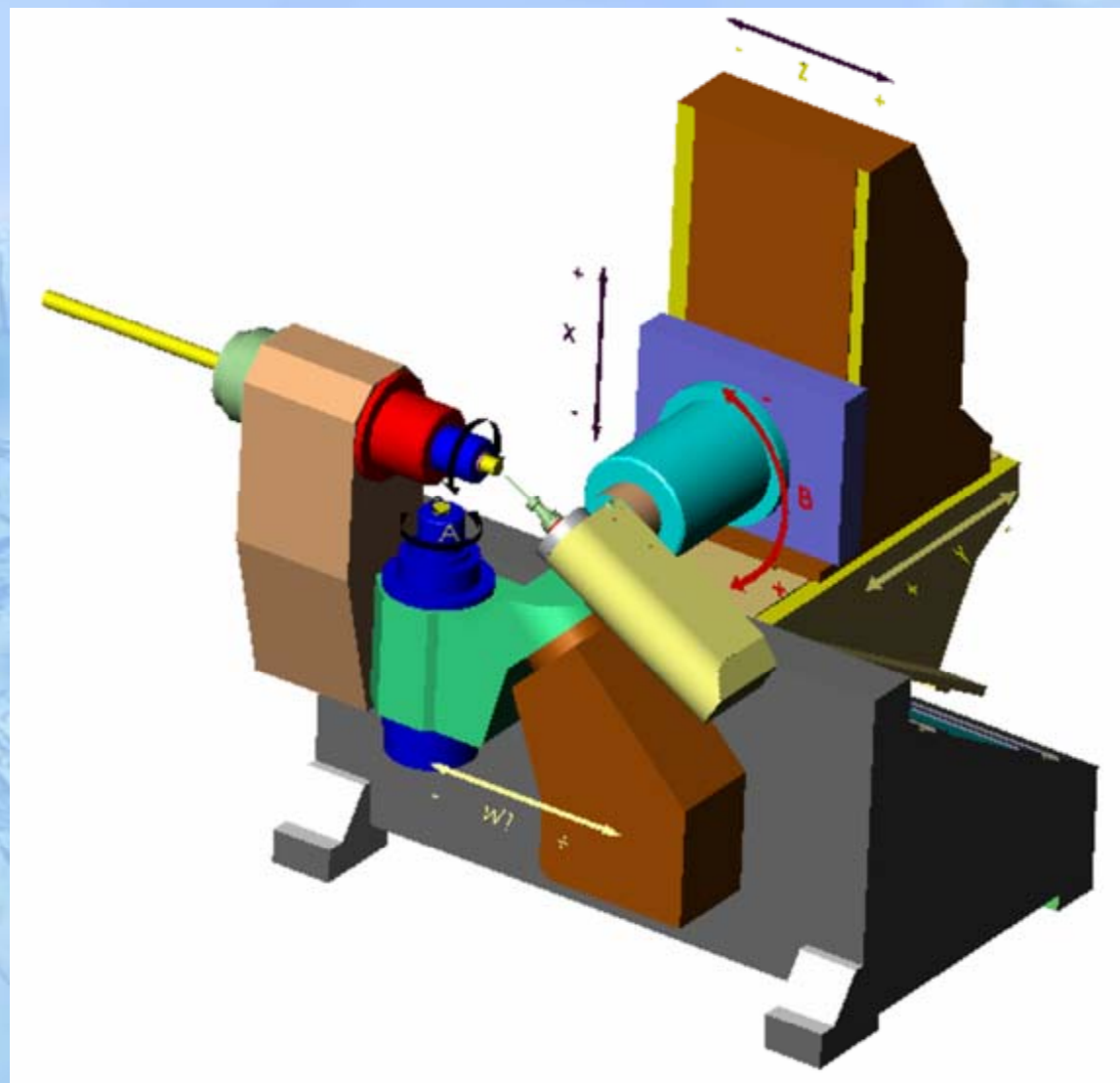


PAMA五面体加工中心

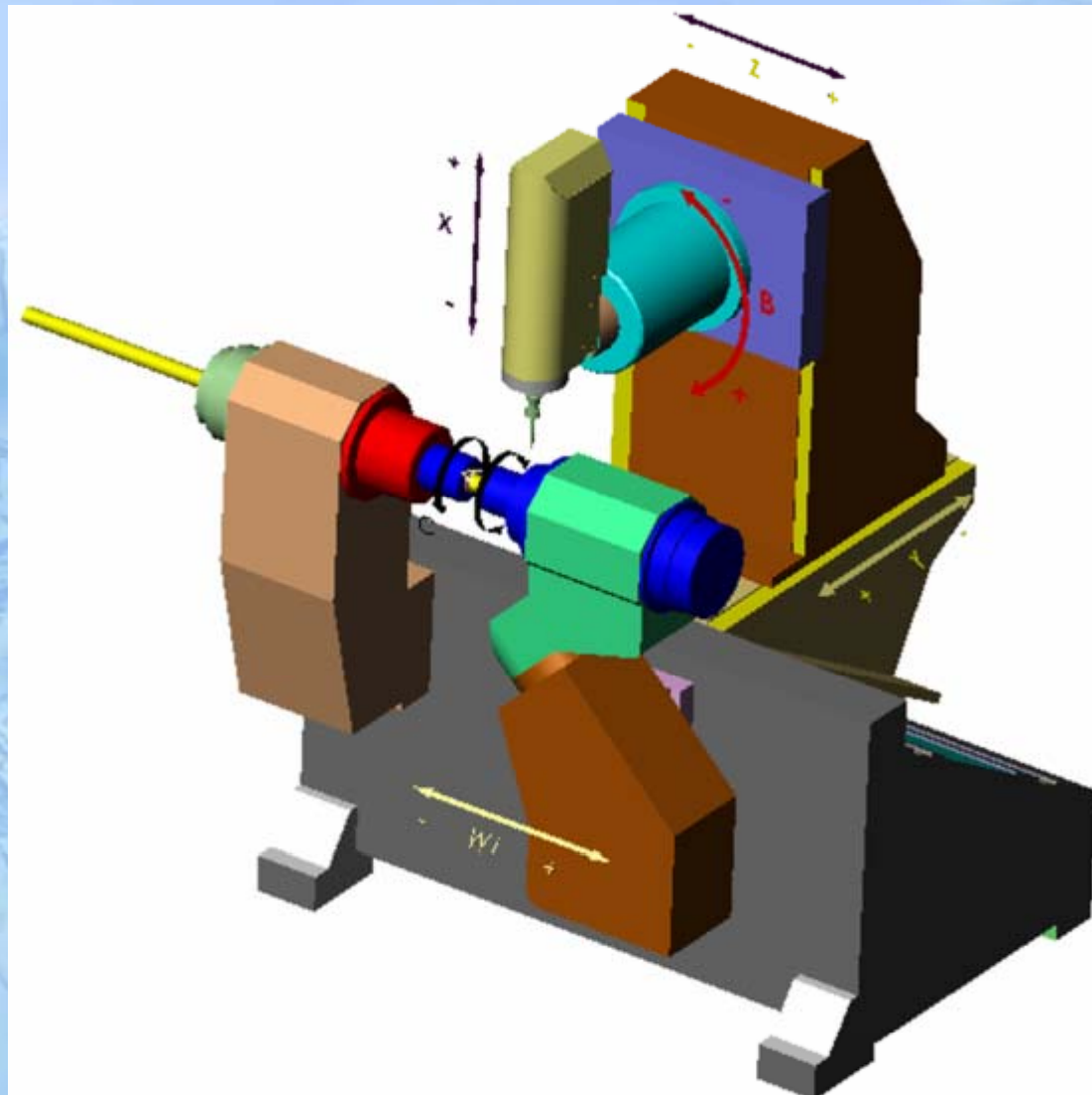
棒料加工中心机床的布局为紧凑型斜床身结构，床身材料一般为整体高强度抗振铸铁。卧式安置的两根车床主轴相对装于床身的正面，左面是固定的正主轴，右侧为副主轴，它可沿**45°**斜面进行立卧转换。这两根正副车主轴均具有**C**轴回转功能，只不过当副主轴如图**1**所示转到立式位置时，其自转轴坐标就定为**A**了。同时副主轴又可沿床身左右运动，为了将其区分于**Z**轴运动，故将它命名为**W**轴运动。



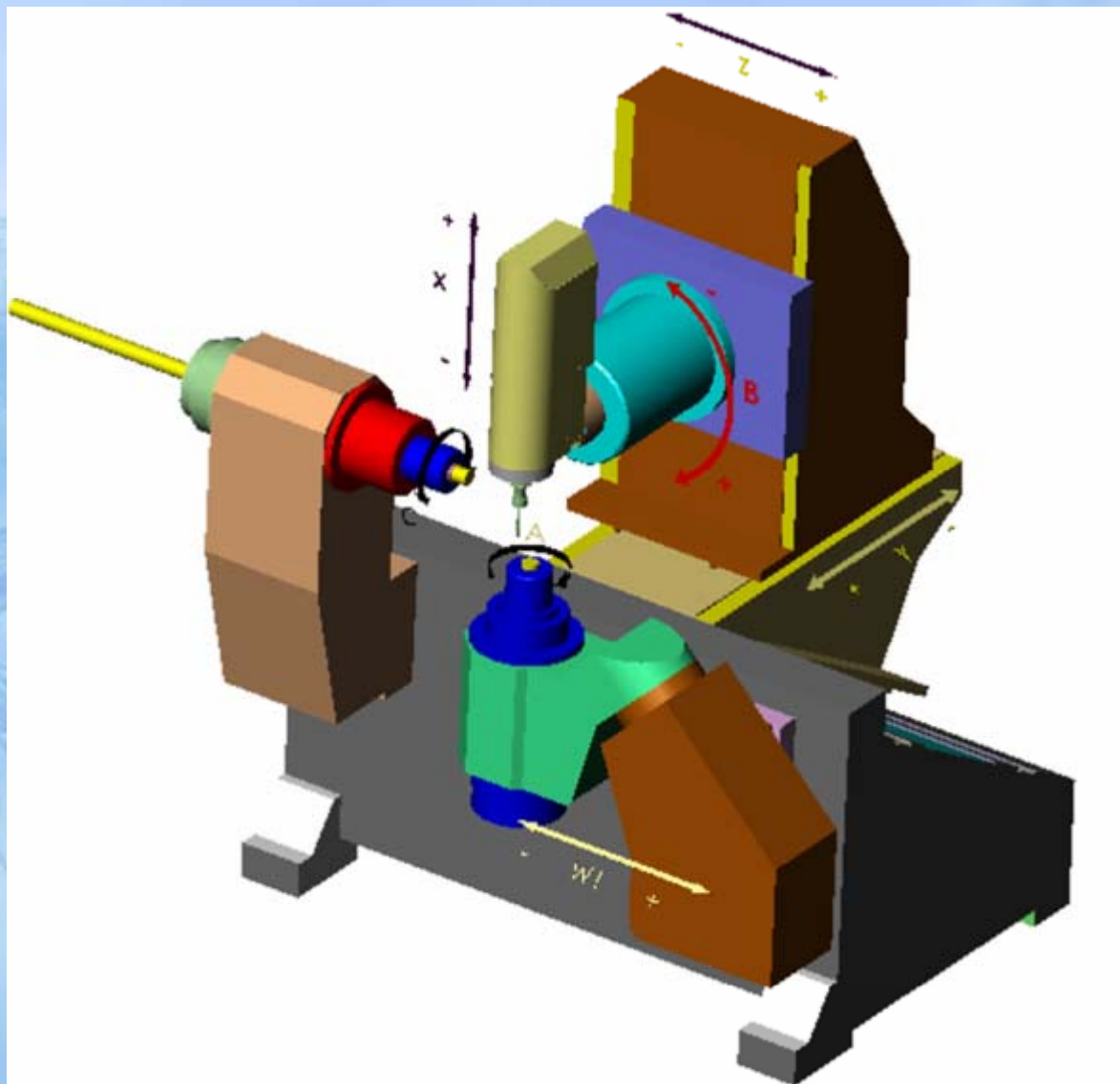
德马吉公司的**DMC 60S**棒料加工中心



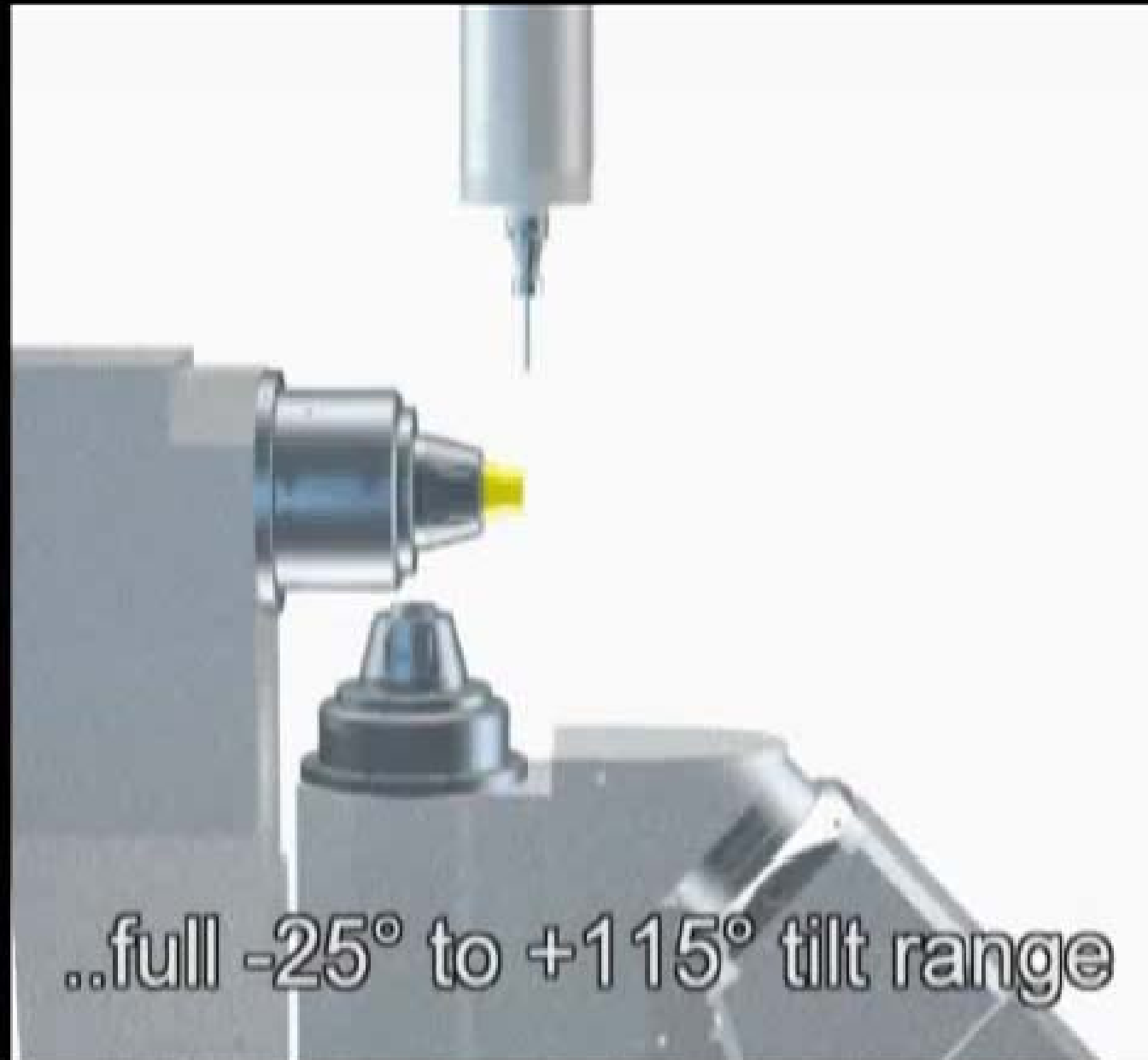
瑞士BUMOTEC的191FTLR (a)



瑞士BUMOTEC的191FTLR (b)



瑞士BUMOTEC的191FTLR (c)



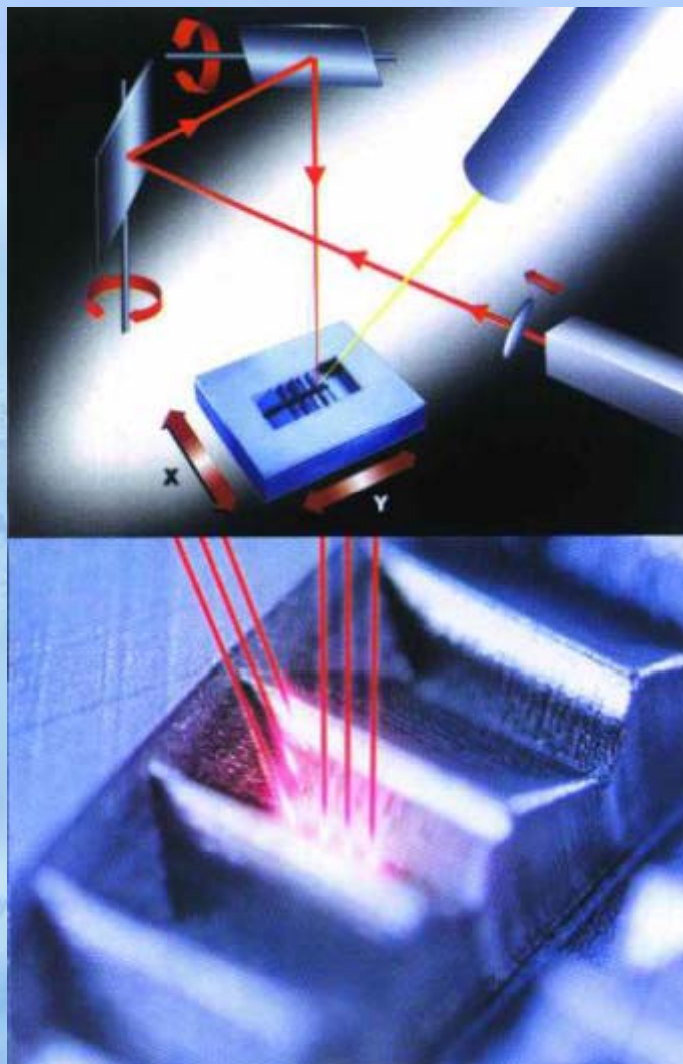
The background of the slide is a blue-tinted, sketchy illustration of the Great Wall of China. The wall is depicted as a long, winding structure that snakes across a mountainous landscape. It features battlements and watchtowers at various points. The style is artistic and somewhat ethereal, with a soft, hazy atmosphere. The text '4, 理化加工' is overlaid in the center in a dark blue, serif font.

4, 理化加工

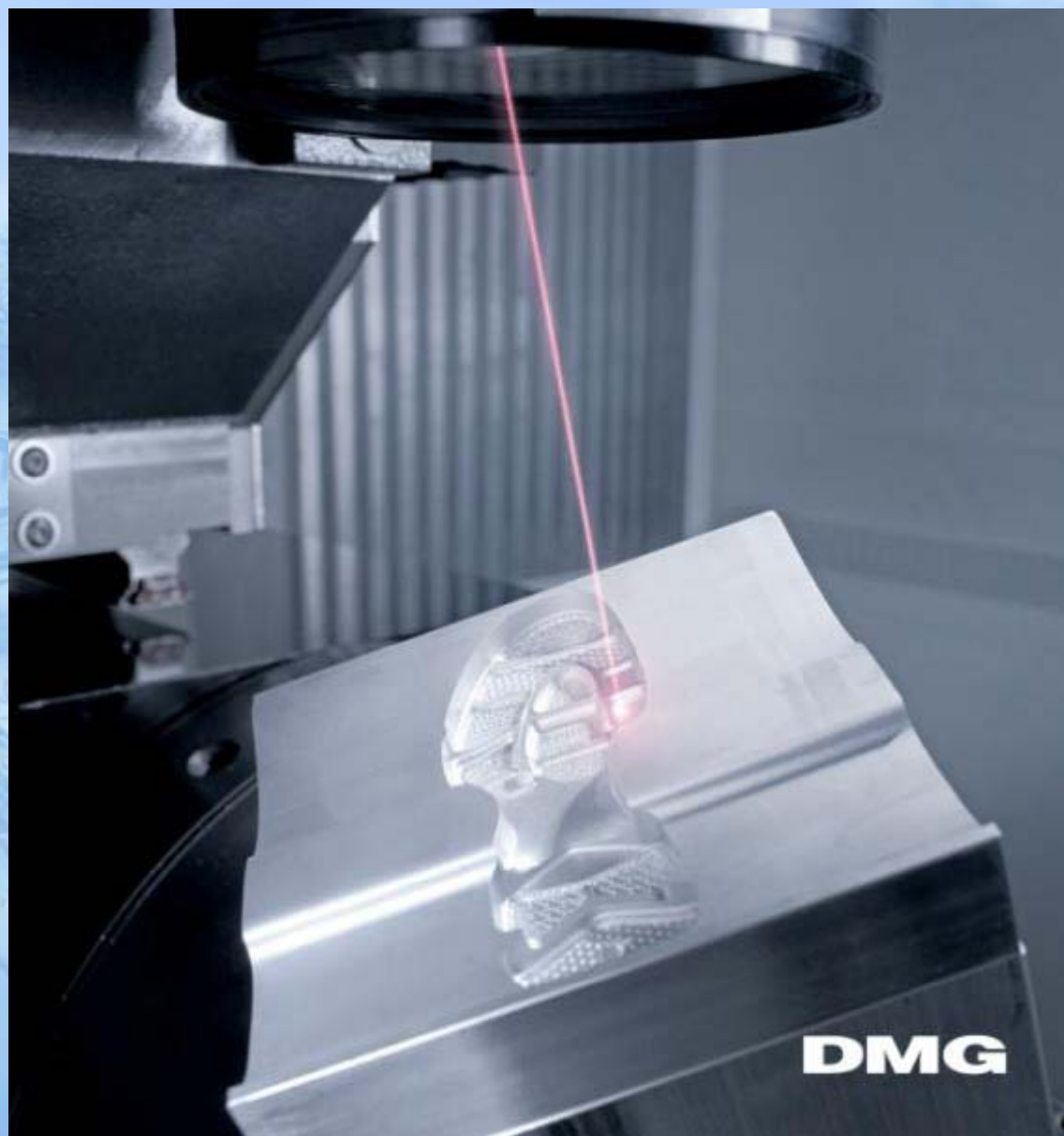
激光加工

激光切削 激光成型

- **DMG公司的DML40 SL**，可以把**CAD**图纸直接输入加工。三个直线轴、两个偏转镜回转轴和一个聚焦轴。激光束以小于**20°**的角度范围射入工件表面，进行加工。
- 激光脉动方式**YAG**，激光功率**100W**，激光束直径**Φ0.04~0.1mm**，切除率**25mm³/min**。



DMG公司的DML40激光加工机床



DMG公司的激光 LT Shape





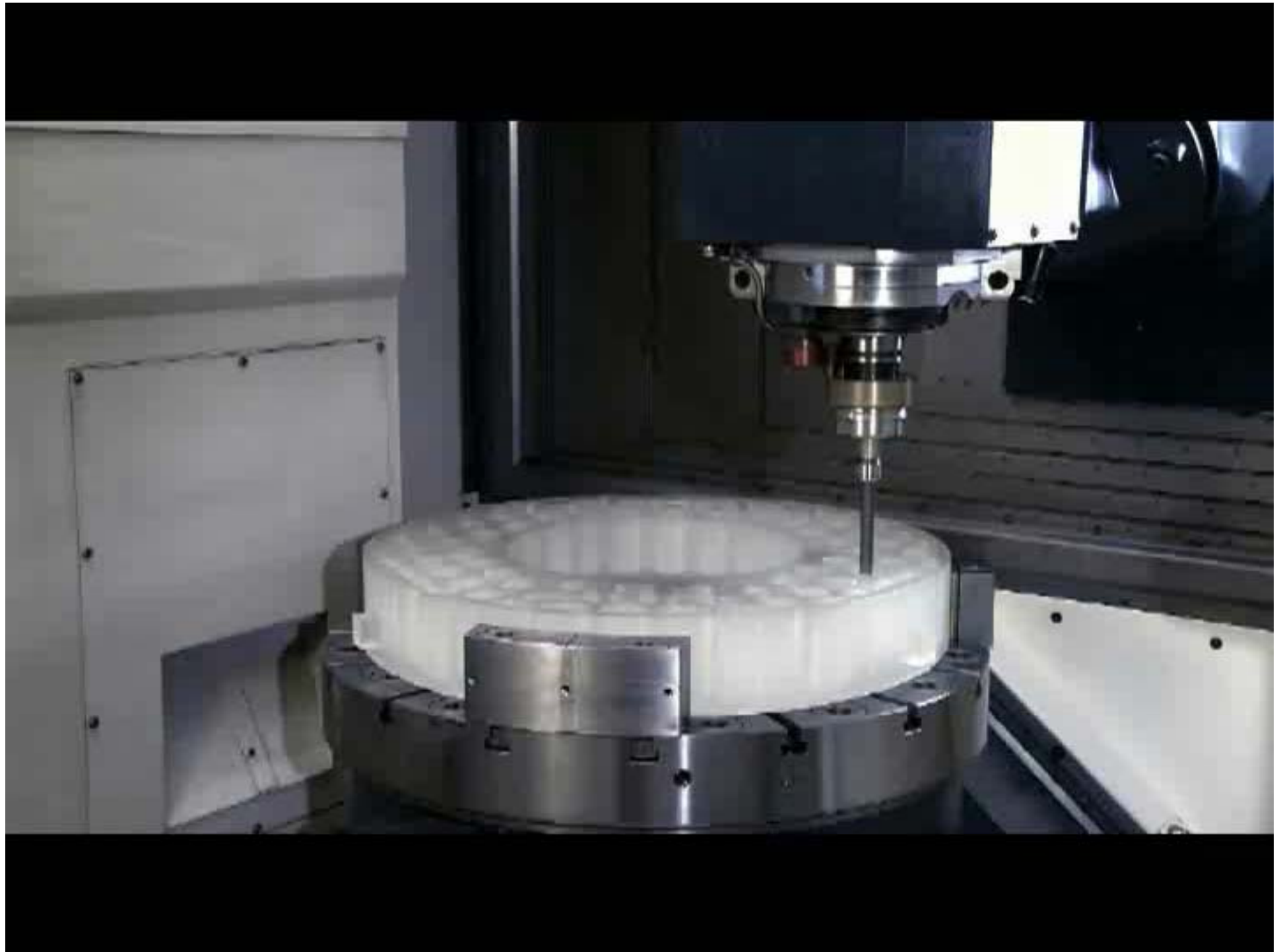
激光成形加工

超声波振动加工

- 由工业金刚石颗粒制成的铣刀、钻头或砂轮，通过**20000次/S**的超声波振动高频敲击，对超硬材料进行精密加工。
- 机床主轴转速**6000r/min**，驱动功率**10kW**，主轴高频振动功率**1.5kW**。



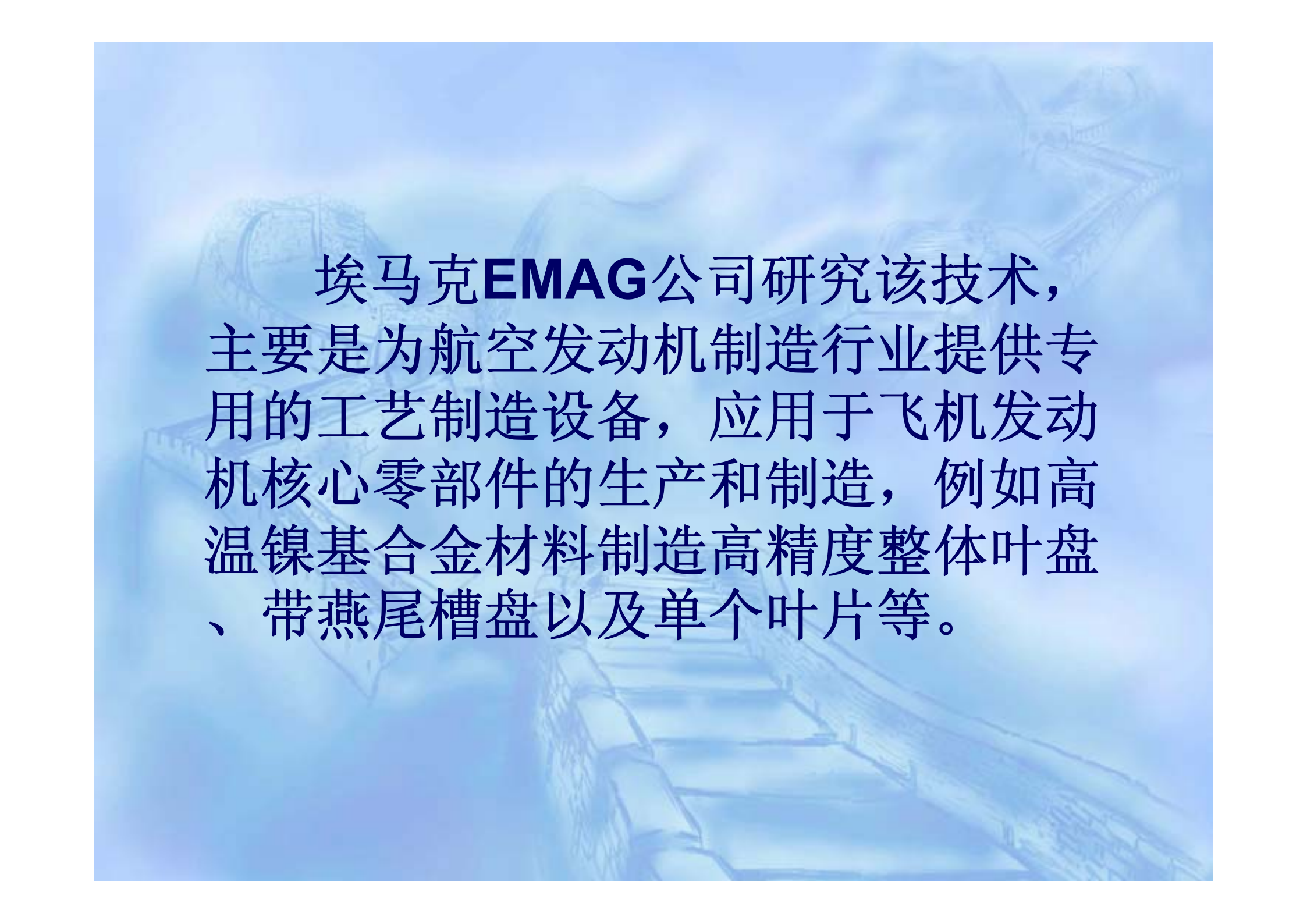
DMG公司DMS35超声振动加工机床



EMAG电化学加工（ECM）



电化学加工的原理是：工件作为阳极，刀具作为阴极，在这两种电极流动之间电解液可以溶解工件上的金属离子。阴极形面与工件相匹配，发生电荷交换，阳极工件被溶解，从而确保去除工件上所需部件的形状。不同的工件轮廓、环形通道、直槽以及环形槽都无需接触工件即可形成，且精度高，刀具磨损小。



埃马克**EMAG**公司研究该技术，
主要是为航空发动机制造行业提供专
用的工艺制造设备，应用于飞机发动
机核心零部件的生产和制造，例如高
温镍基合金材料制造高精度整体叶盘
、带燕尾槽盘以及单个叶片等。

水切割

- 水刀就是将普通水经过一个超高压加压器，加压至**380Mpa (55,000psi)**或更高压力，然后通过一个细小的喷嘴（其直径为**0.010mm至0.040mm**），可产生一道速度为每秒**915米**（约音速的三倍）的水箭，来进行切割。
- 水刀分为两种类型：纯水水刀及加砂水刀。

纯水水刀



加砂水刀



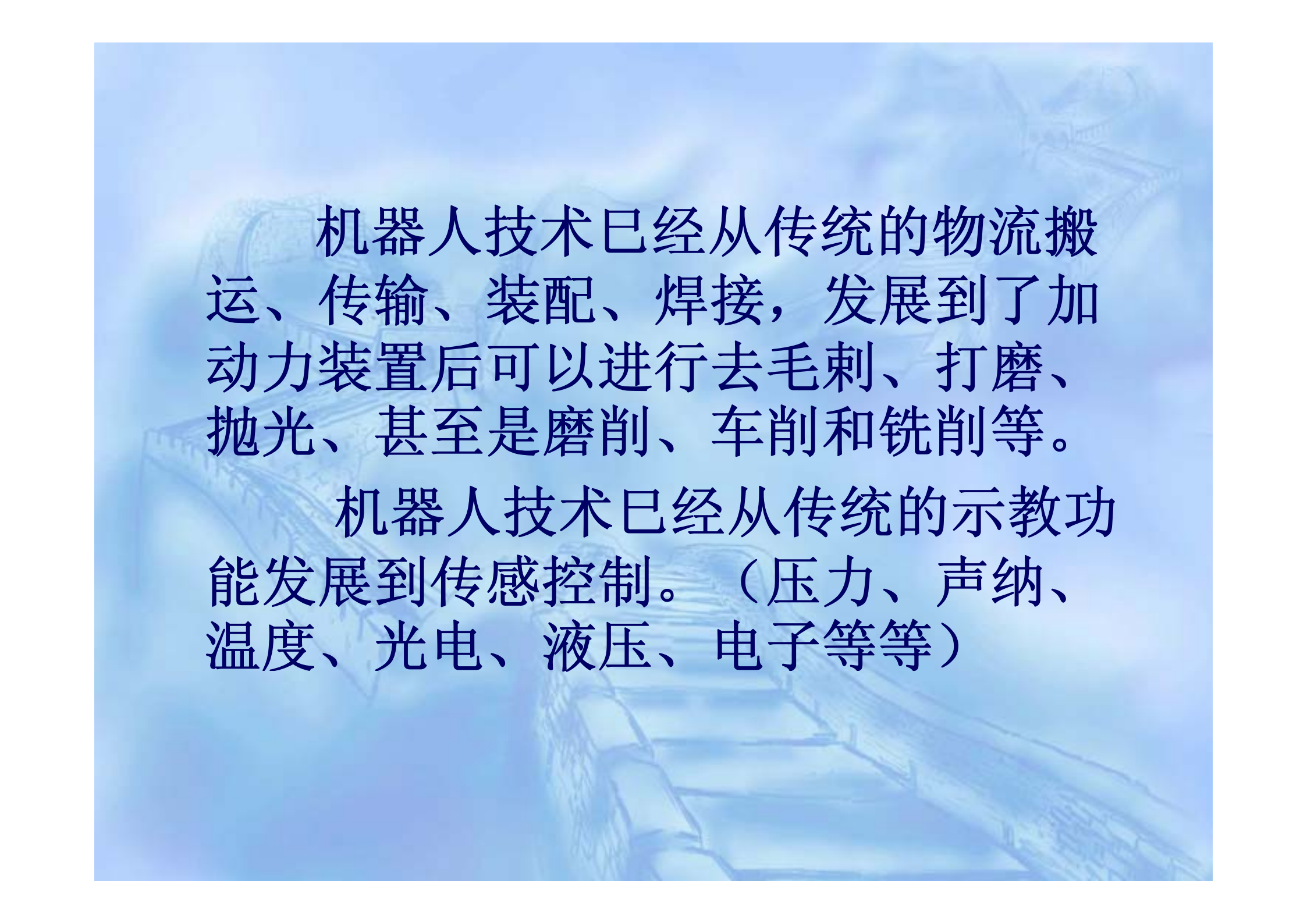


每套系统均包含业界领先的技术



5. 柔性制造（FMS）

对**FMS**的剖析，应该偏重于总控系统、运输小车、交换托盘库以及清洗机等，机床（主要是卧加）只是加工零件的组成单元。因为由机器人学演绎和发展而来的**FMS**，主要功能不仅要考验加工单元的自适应能力，更要照顾到工作站周围移动物体能力及响应遥感数据的能力等等。

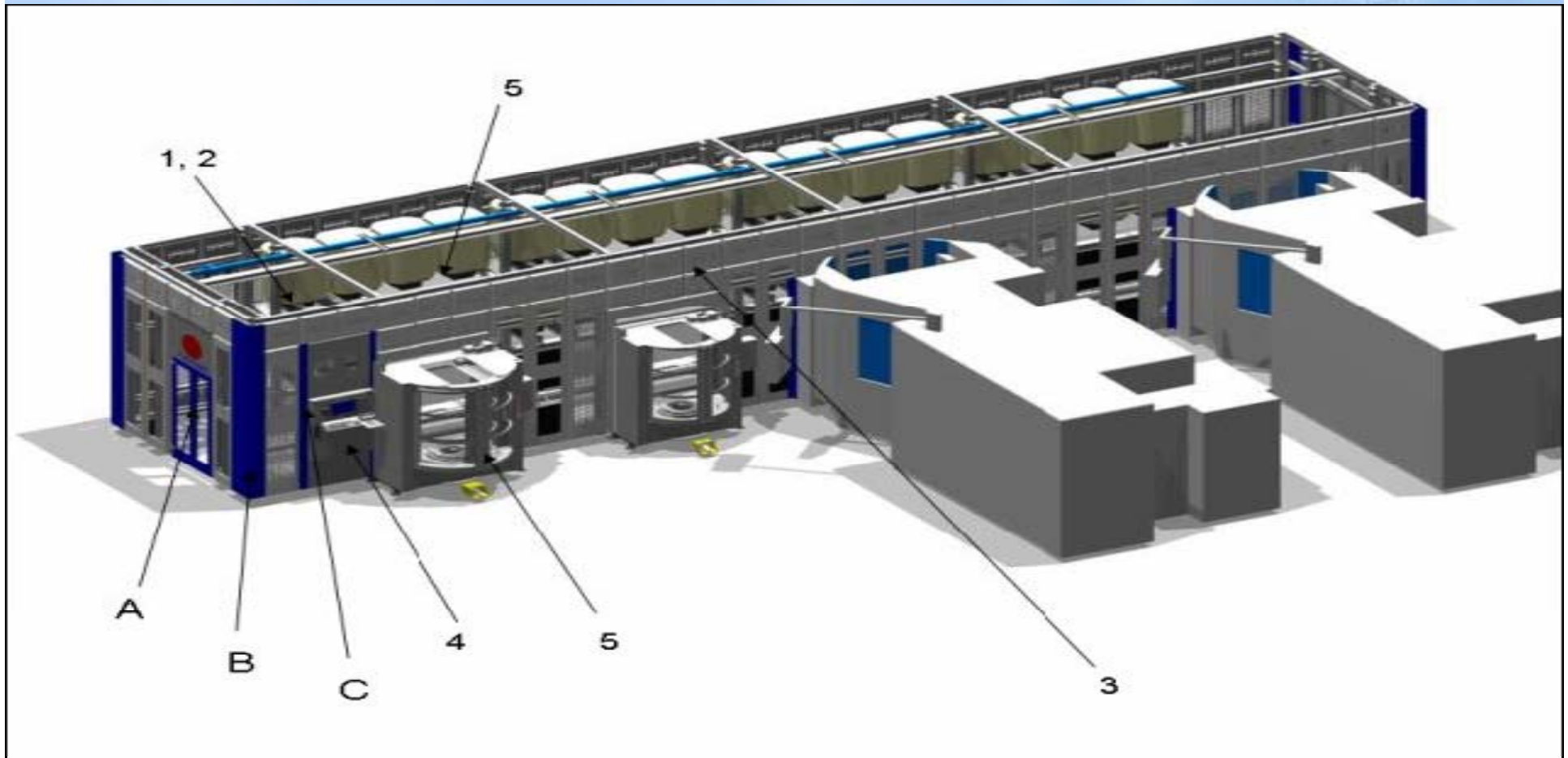


机器人技术已经从传统的物流搬运、传输、装配、焊接，发展到了加动力装置后可以进行去毛刺、打磨、抛光、甚至是磨削、车削和铣削等。

机器人技术已经从传统的示教功能发展到传感控制。（压力、声纳、温度、光电、液压、电子等等）



日本**MAZAK**柔性制造系统**FMS**



德马吉公司**FMS**



美国**MAG**公司的**FMS**



沈阳机床用于**FMS**的工业机器人



The background image shows a large industrial facility with multiple levels and complex machinery, likely a manufacturing plant. The text is overlaid on this image.

Mazak PALLETECH HIGH RISE SYSTEM

扩充例

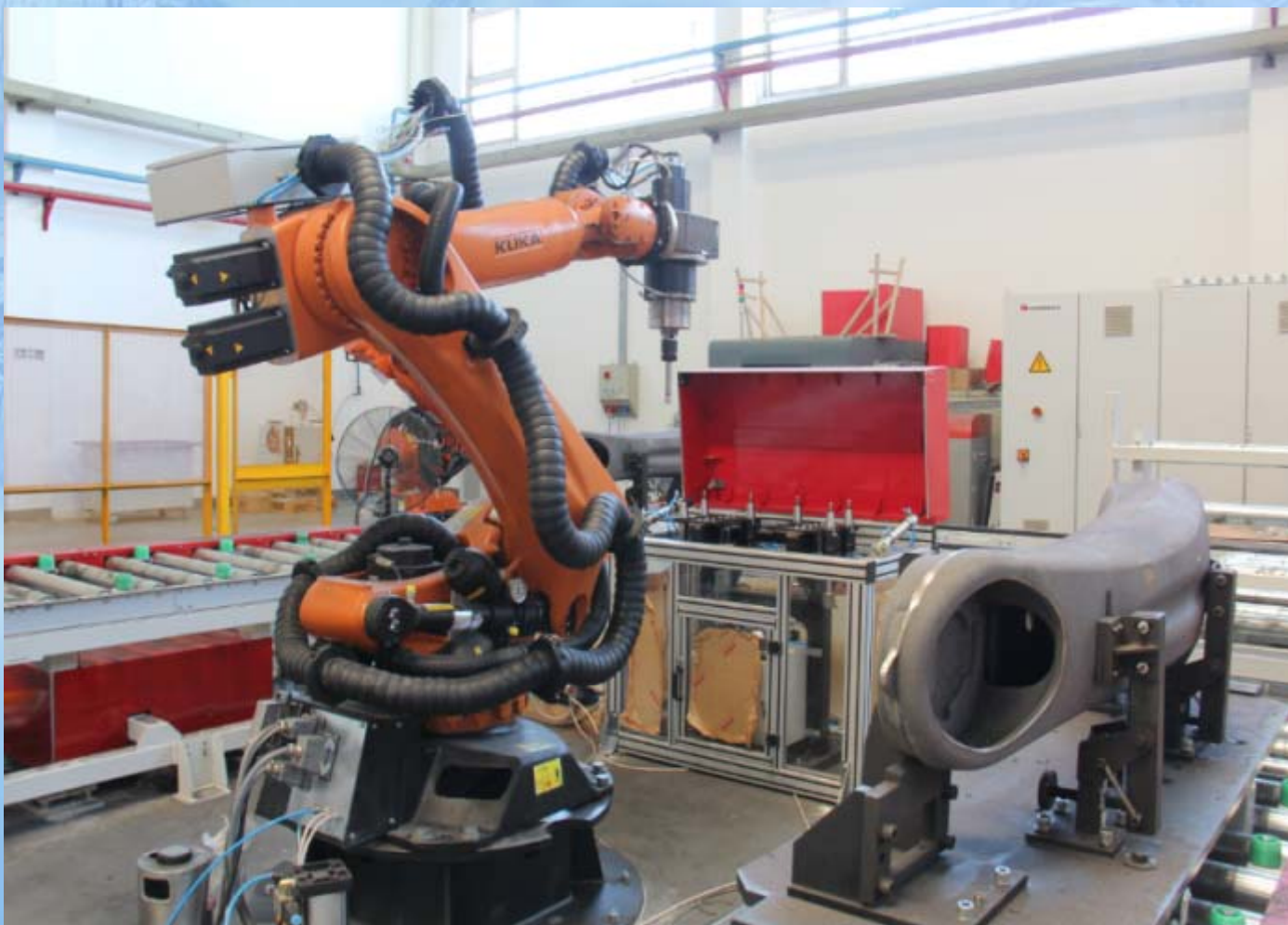
在已安装系统上增加4托盘

意大利**EVOLUT**公司机器人修毛刺



格林策巴赫机械（上海）有限公司

机器人自动打磨技术



6、微纳制造

以上海机床厂有限公司创新研发为例

- 该机床主要应用于超硬脆性、超硬合金、模具钢、无电解镀层镍等材料的微小机电光学零部件的纳米级精度磨削加工。
- 加工范围：非球曲面口径 $\leq \phi 10\text{mm}$
- 定位精度 $\leq 0.1\mu\text{m}$ (100nm)
- 重复定位精度 $\leq 0.05\mu\text{m}$ (50nm)
- 表面粗糙度 $Ra < 0.01\mu\text{m}$ (10nm)
- 具备在线测量补偿加工、砂轮在机修整和在线修锐功能



上海机床厂有限公司的纳米磨床

7， 智能制造

- 智能化制造又是先进制造业的重要组成部分，它是集信息技术、光电技术、通信技术、传感技术等为一体，推动着机床制造的不断进步。

**a、采用西门子空间插补技术的
DMG公司的DIXI-DMU210**

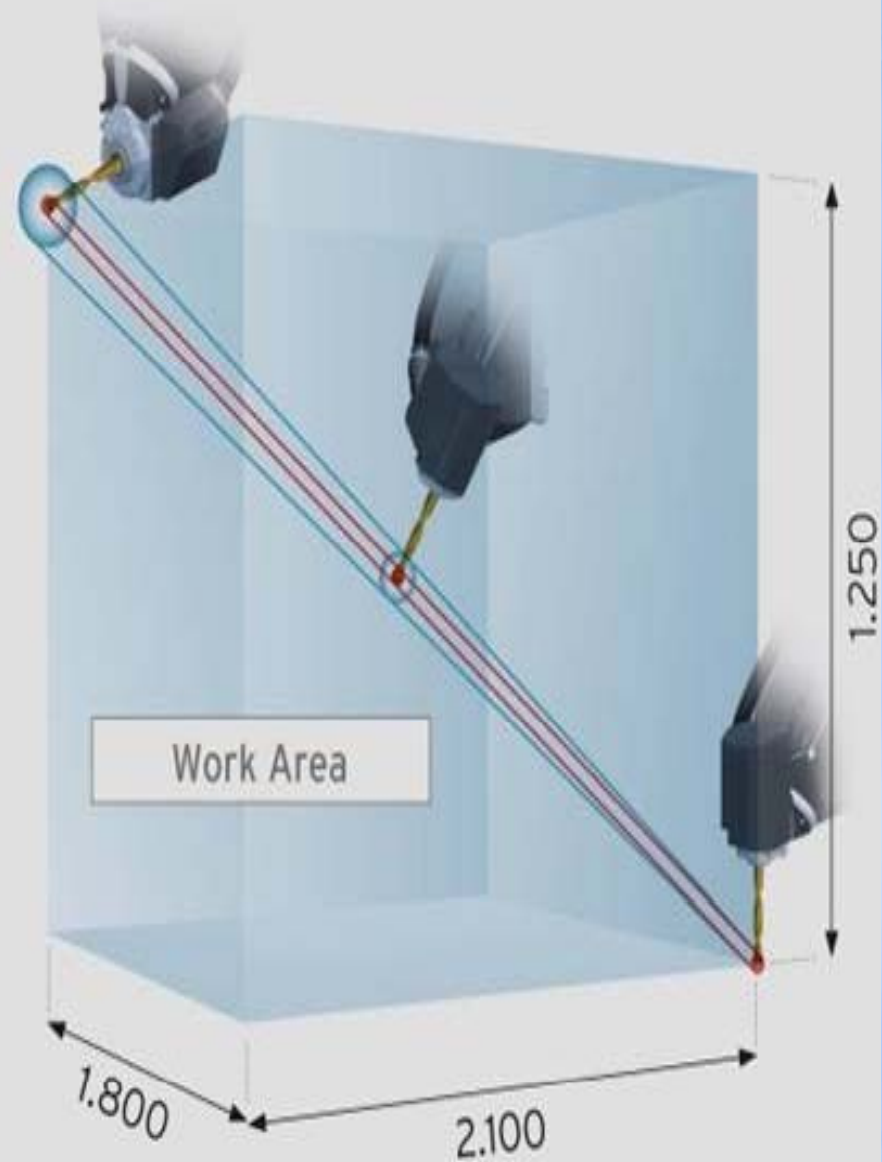
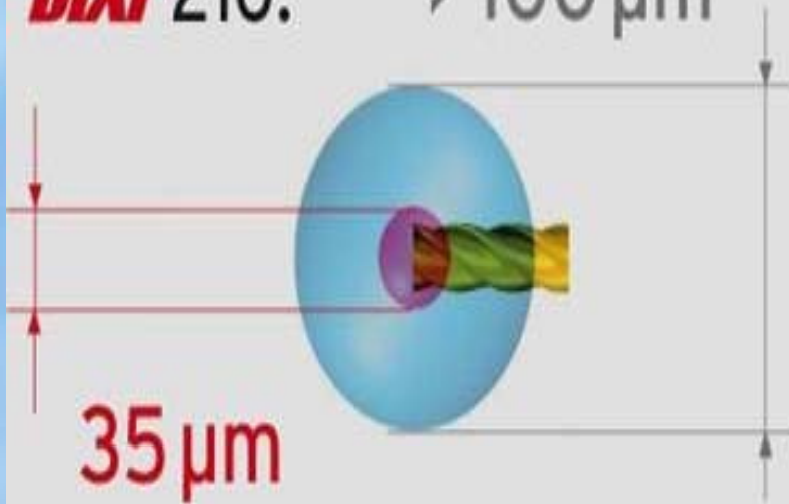


DIXI 210:

5-AXES MACHINES OF
OTHER MANUFACTURERS

$> 100 \mu\text{m}$

$35 \mu\text{m}$



b、海德汉的智能控制技术

- * 集成的自适应进给控制功能（**AFC – Adaptive Feed Control**）。数控系统可按照主轴功率负载大小，自动调节进给速率。
- * 自动校准和优化机床精度功能（**KinematicOpt**）
该功能是自动校准多轴机床精度的有效工具。
- * 智能颤纹控制功能（**ACC – Active Chatter Control**）

在数控加工过程中，由于主轴或切削力的变化，工件上会产生颤纹，海德汉数控系统的颤纹控制功能可以大幅降低工件表面的颤纹，并且能提高切削率**25%**以上，以降低机床载荷，并提高刀具使用寿命。

c、GF的智能加工中心



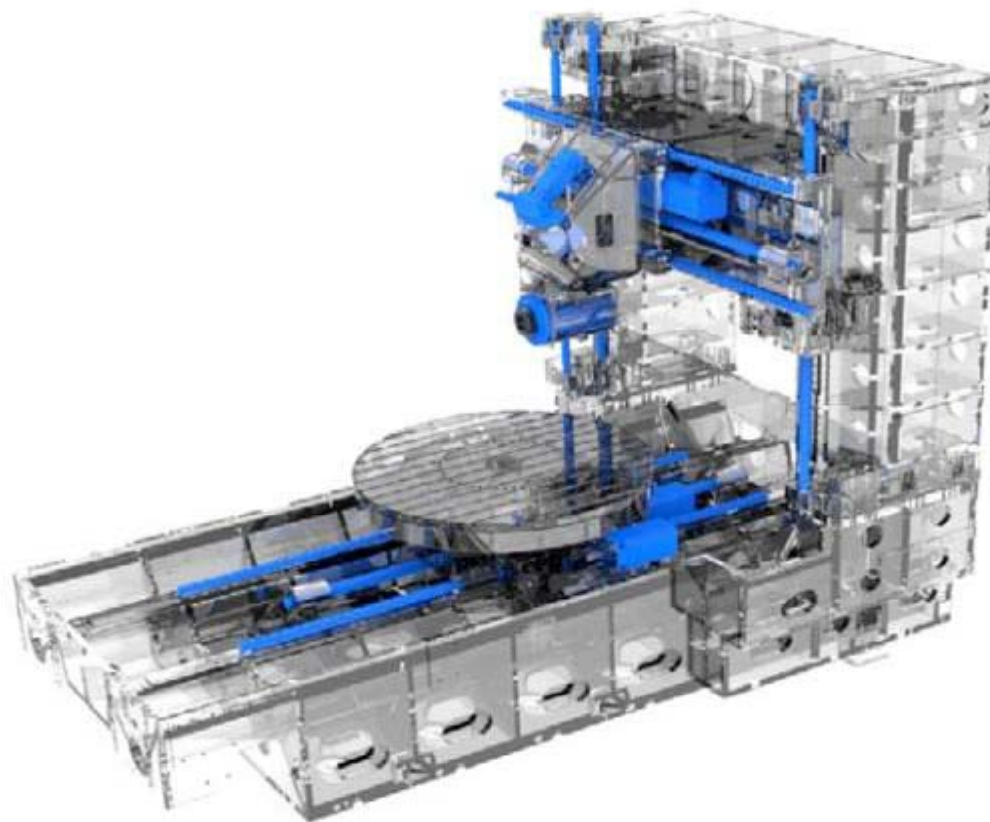
控制机床主轴的动态特性

GF米克朗机床主轴中都装有内置的称为**APS**（高级工艺控制系统）的径向加速度传感器，可以测量实时振动。这些振动可以在控制系统中以图形的方式显示。利用设定的程序，可以将振动记录下来，当达到了限定值时，会向操作员发出告警信号或停止加工

d日本安田公司的机体温度控制装置”

- 日本安田公司**YASDA**，他们制造的**YBM6J**高精度卧式坐标加工中心，带有“机体温度控制装置”，在机床的底座、立柱、工作台等处，用内冷却液进行循环冷却并通过温度传感系统，保证温差变化在 **$\pm 0.2^{\circ}$** 左右。这台卧加在现场演示调头镗技术，其定位精度可达到 **$2.0\text{ }\mu\text{m}$** 和 **$3.0\text{ }\mu\text{m}$** 。

热变形受控感器分布图



e, 智能防撞装置

- 自适应控制，对工件毛坯体积进行设定，一旦出现与刀具干涉就马上报警；
- 另一种是扭矩设定，凡超出主传动扭矩就停机报警；
- 还有就是检测声纳，当测到刀片断裂声时，就使机床停机。
- 日本大隈**OKUMA**公司，他们的**M μ LT μ S BIII**智能化复合加工中心，独创了一种的“防撞”功能，加工导航引索功能可以将加工参数导航到最佳的加工条件，以防止任何防撞发生。
- 日本中村留公司机床，除装有规避碰撞的**3D**干涉检测功能外，还具有所谓“气囊”防撞技术，即在万一发生相碰撞的瞬间，其丝杆有即时反转功能，使刀具与工件双双后退，以免更大损伤。

f “指尖上的机床”

沈阳机床集团在**CCMT2014**上推出了“指尖上的机床----**i5**数控系统”

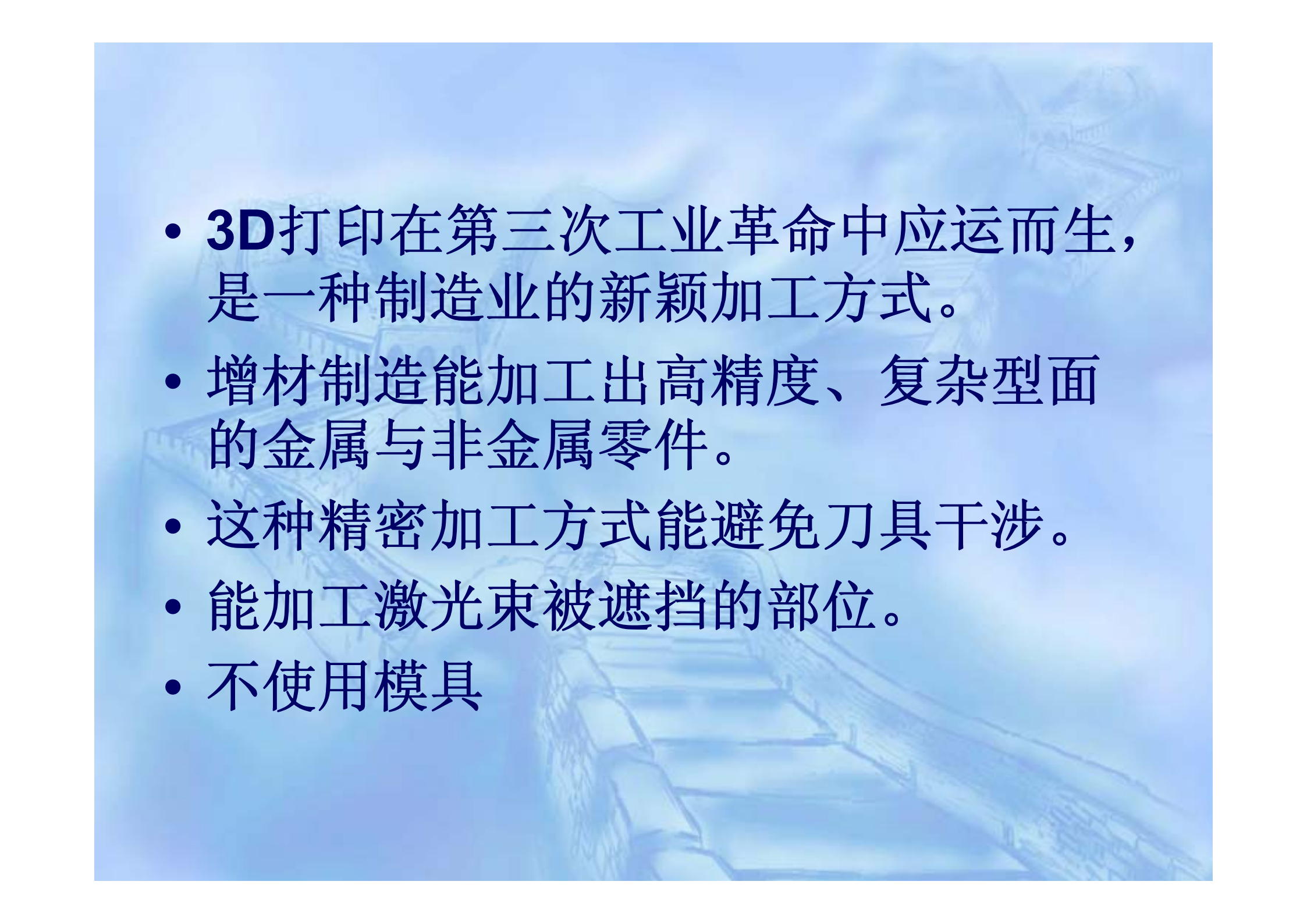
用手机通过网络即时驱动**i5**数控操作系统

新互联网时代**i5**智能机床，一机在手就可对机床进行操作、管理和监控，并实时传递和交换机床的加工信息



8、两个革命性的举措

a、增材制造（**3D打印**）

- 
- **3D**打印在第三次工业革命中应运而生，是一种制造业的新颖加工方式。
 - 增材制造能加工出高精度、复杂型面的金属与非金属零件。
 - 这种精密加工方式能避免刀具干涉。
 - 能加工激光束被遮挡的部位。
 - 不使用模具

- **3D打印技术**有很多种，大致有激光粉末成型法、熔融塑料成型法、光敏树脂成型法等几种，技术原理是无论何种成型法，都是采取原料加层方法形成**3D**物体，每次打印一层材料只有**0.1mm-0.2mm**厚，与**2**维打印机相比，**3D**打印机多了一维，即**Z**轴，通过**X-Y-Z**轴的运动，将原料逐层堆积而成，如熔融塑料成型法，喷嘴喷出熔融的塑料丝，承物平台作**3**维运动，即可堆积出**3D**实物（等于一层层粘上去）。



应用技术：PolyJet 喷墨成型

龙

打印材料：VeroClear

打印机型：Connex系列、
Eden Deskfop





Ployjet 技术
Objet500 Connex3
3种材料同时打印

COLOR



优酷

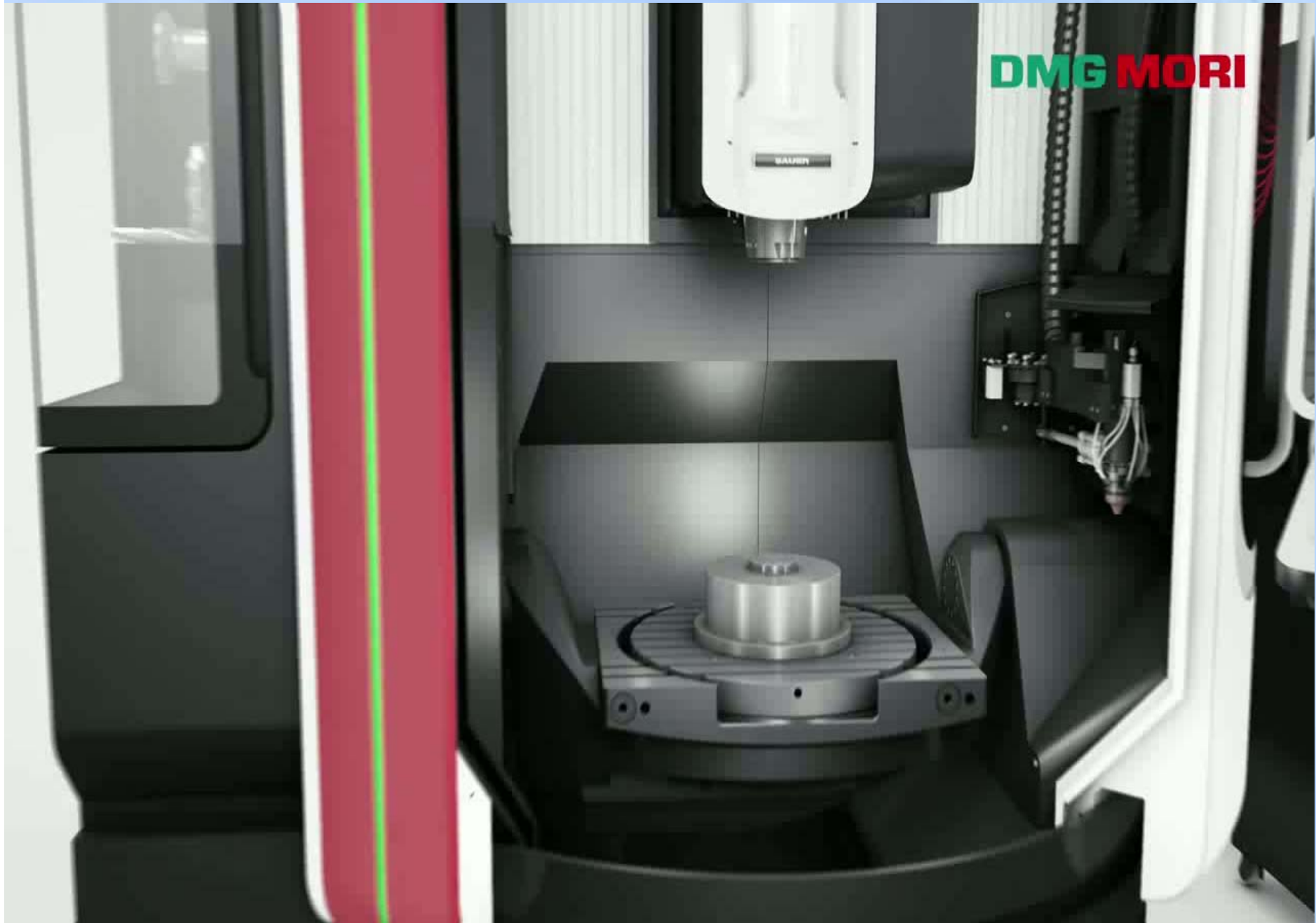


OBJET

Roeders RFM760 激光堆焊与高速铣削机床



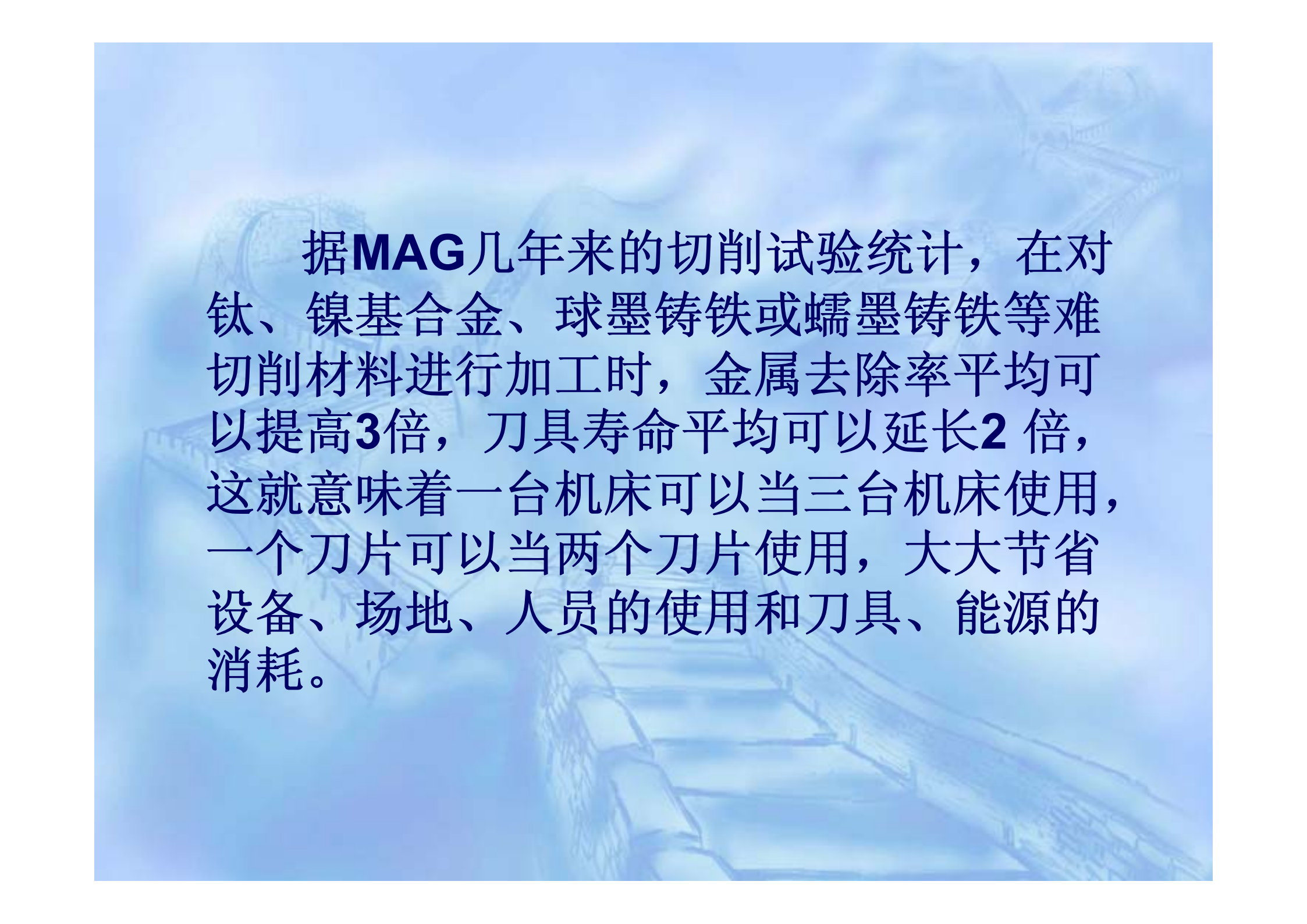
DMG MORI



b、液氮冷冻加工

- **MAG**公司开发了一套颠覆传统方法的切削冷却系统——“超低温液氮冷却切削技术”，成为机床行业革命性的创新。**MAG**亚太区总裁李黎先生表示，“这一技术的推广使用将对机床和刀具行业产生革命性的冲击，高效和高寿命将使机床和刀具的消费量降低，同时降低地球资源的消耗”

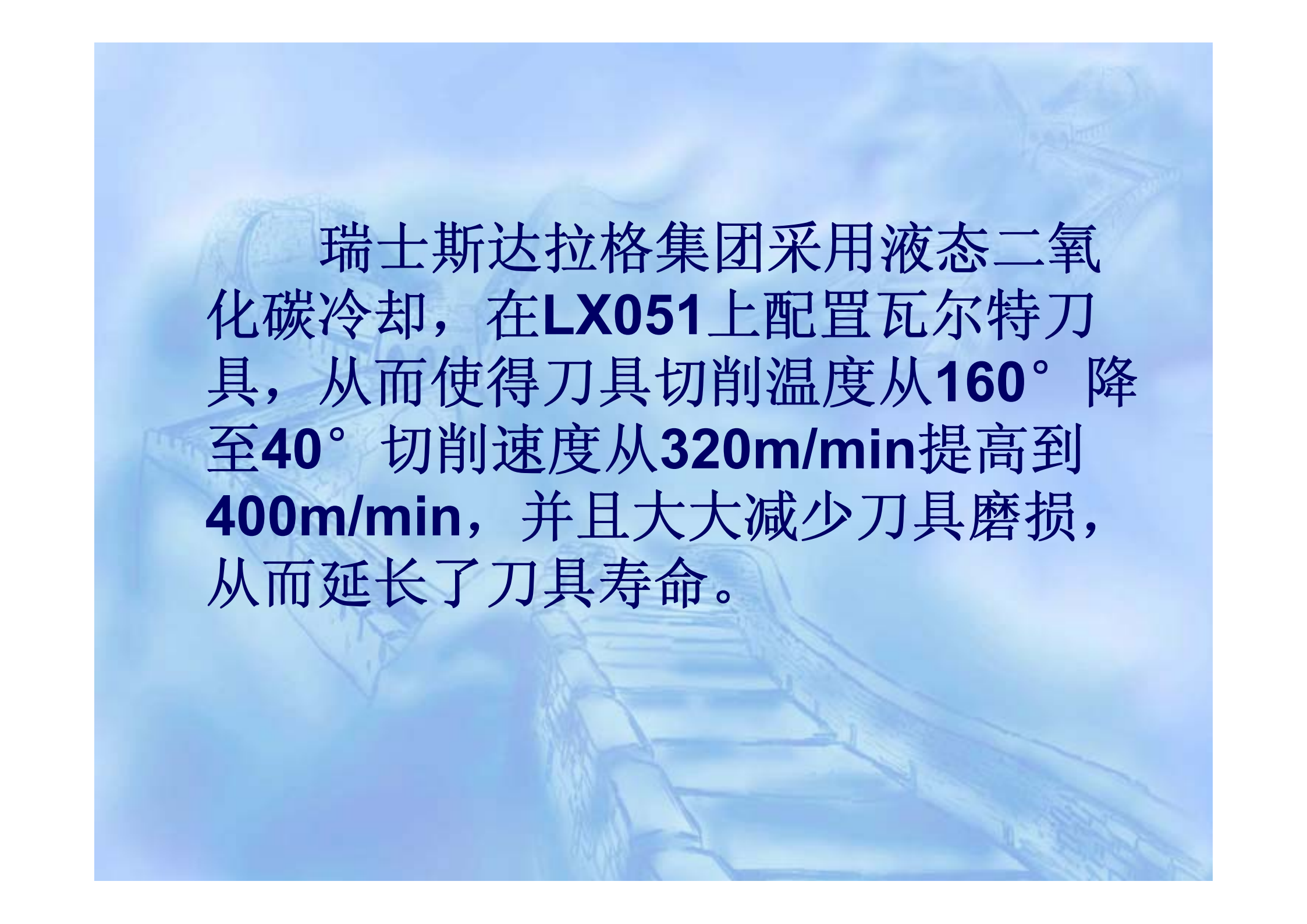
- 切削加工中的切削热而导致刀具加工超硬材料时磨损快，刀具消耗量大，刀具消耗成本甚至超过机床的成本。而超低温液氮冷却切削技术的推出，可以实现通过主轴中心和刀柄中心在刀片切削刃部的微孔中打出液氮，刀具切削产生的热量被液氮气化（液氮的沸点为摄氏零下**320**度）的瞬间带走，尤其是在超硬材料加工和复合材料加工上会有更好的效果，切削速度可以大大提高，刀具寿命也可以大大延长。



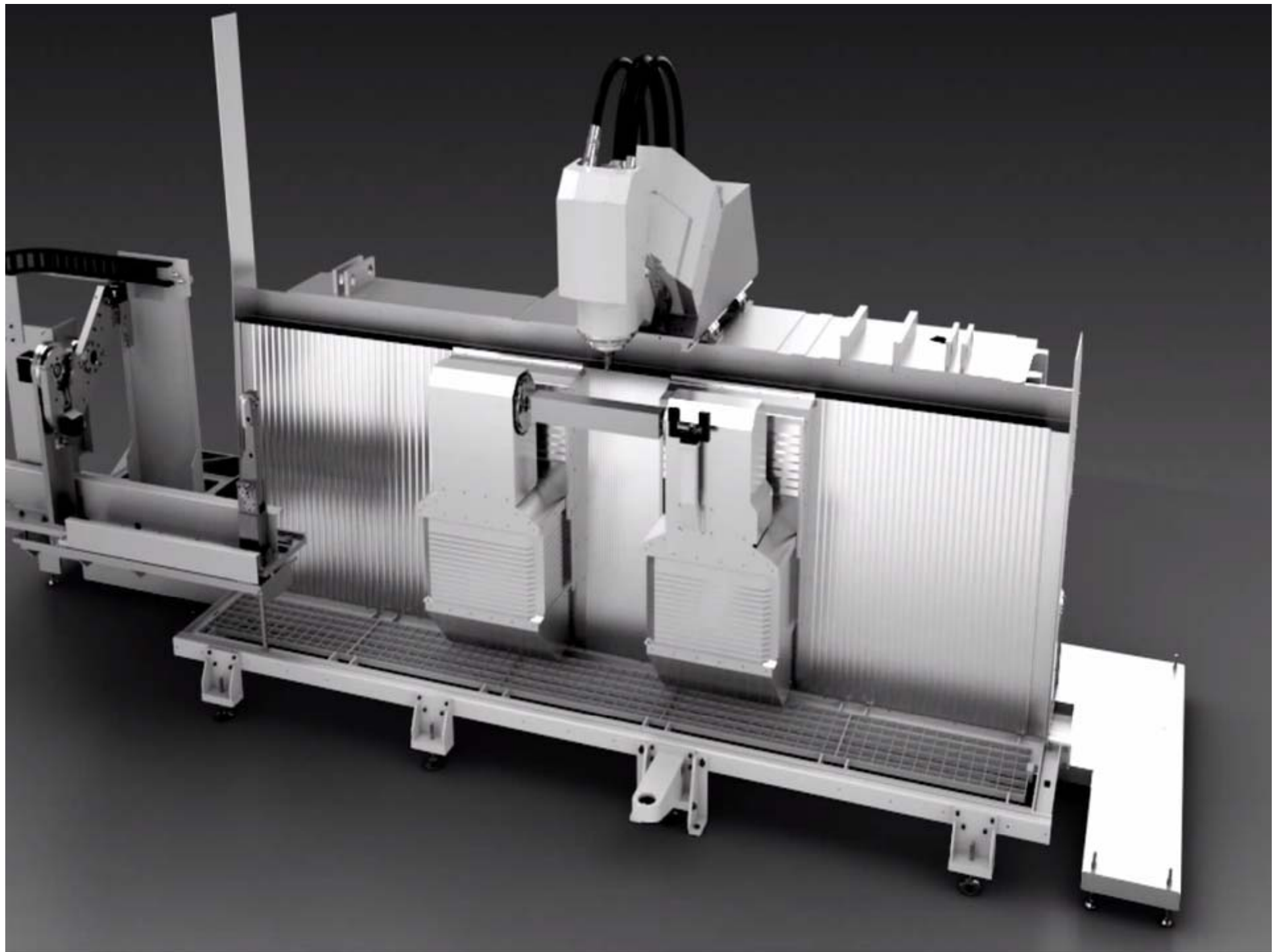
据**MAG**几年来的切削试验统计，在对钛、镍基合金、球墨铸铁或蠕墨铸铁等难切削材料进行加工时，金属去除率平均可以提高**3**倍，刀具寿命平均可以延长**2**倍，这就意味着一台机床可以当三台机床使用，一个刀片可以当两个刀片使用，大大节省设备、场地、人员的使用和刀具、能源的消耗。

- 该技术对于环境友好。通常金属切削冷却的手段是使用冷却液或冷却油，而冷却液或冷却油不仅污染环境需要回收处理，而且油雾处理不好甚至出现燃烧起火等不安全状况，而氮气是安全气体，自然排放到空气中没有任何污染，也不需回收。





瑞士斯达拉格集团采用液态二氧化碳冷却，在**LX051**上配置瓦尔特刀具，从而使得刀具切削温度从**160°**降至**40°** 切削速度从**320m/min**提高到**400m/min**，并且大大减少刀具磨损，从而延长了刀具寿命。



9、数字化工厂所赋予的商机

当今，数字化工厂（智能化工厂），这是新工业时代的产物。在物联网时代，可以集资源、环境、制造、销售于一体，既能个性化分散生产，又能实现在家制造。

在这个产业链中，有宏观的网络信息，又有实在的生产装备和制造单元。因此我们可以担纲起为这两者之间搭建平台和桥梁。



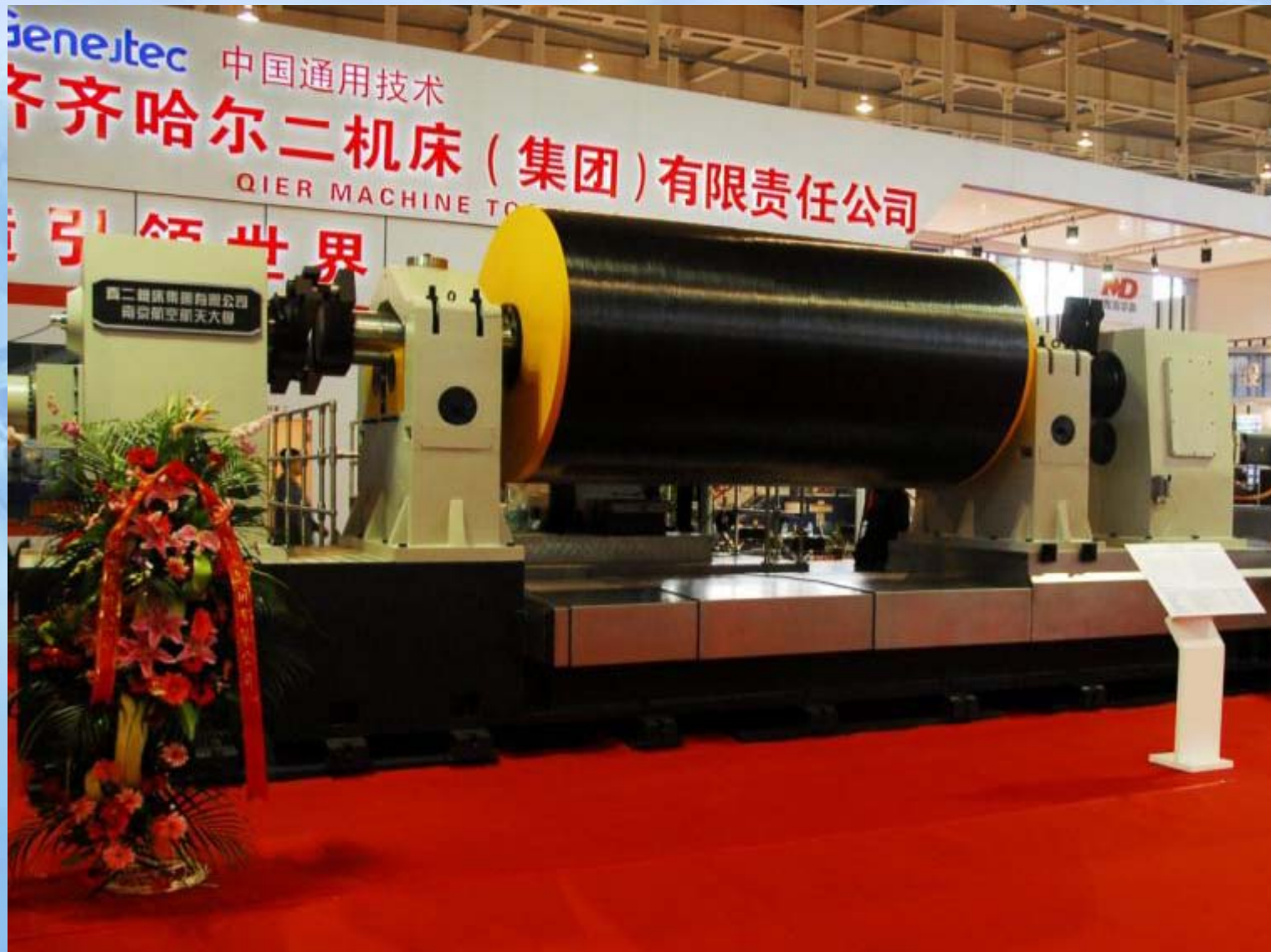
10, 令人费解的工作母机

SwissNano

WATCH ME!



齐齐哈尔二机床生产的缠绕机



轨道铣磨车辆



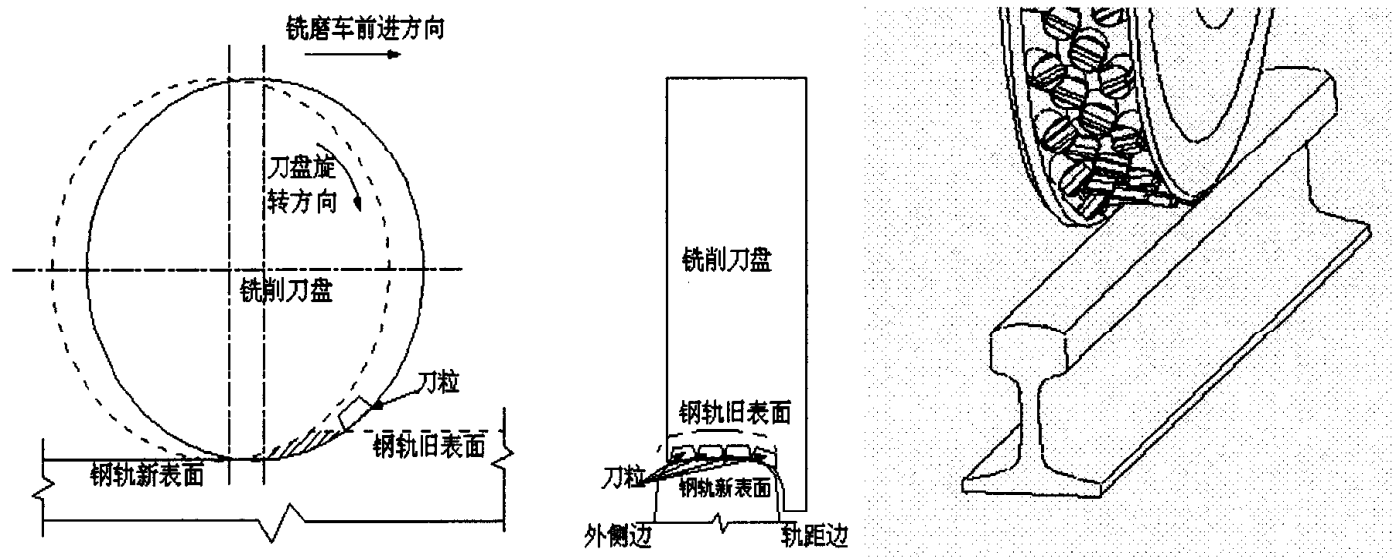
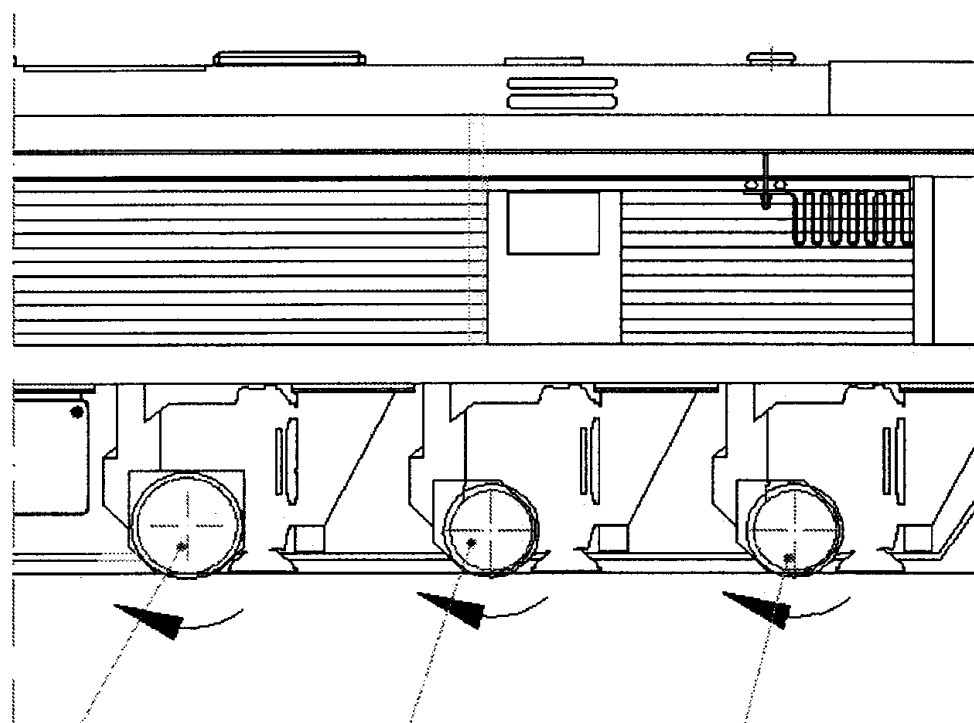


图 2 钢轨铣削原理



铣磨车运行方向



11. 未来机床展望

数控这概念会消失吗？是**CNC**取代**PLC**
还是**PLC**取代**CNC**？

奥地利**B&R**公司总经理肖维荣先生在**20**
年之前就预言，**PLC**必将取代**CNC**，**CNC**
将作为一个模块溶入**PLC**之中

未来机床的模式

大隈提出未来机床应该是：**SPACE CENTER**

高速-----**SPEED**

高效-----**POWER**

高精度---**ACCURACY**

通讯-----**COMMUNICATION**

环保-----**ECOLOGY**

MAZAK建立未来机床模型：

主轴转速**100000r/min**，加速度**8g**，切削速度
2马赫，同步换刀，干切削，集车、铣、激光加工、
磨、测量于一体。



未来机床





谢谢大家
敬请指正



新工业革命时代的 机床制造技术创新

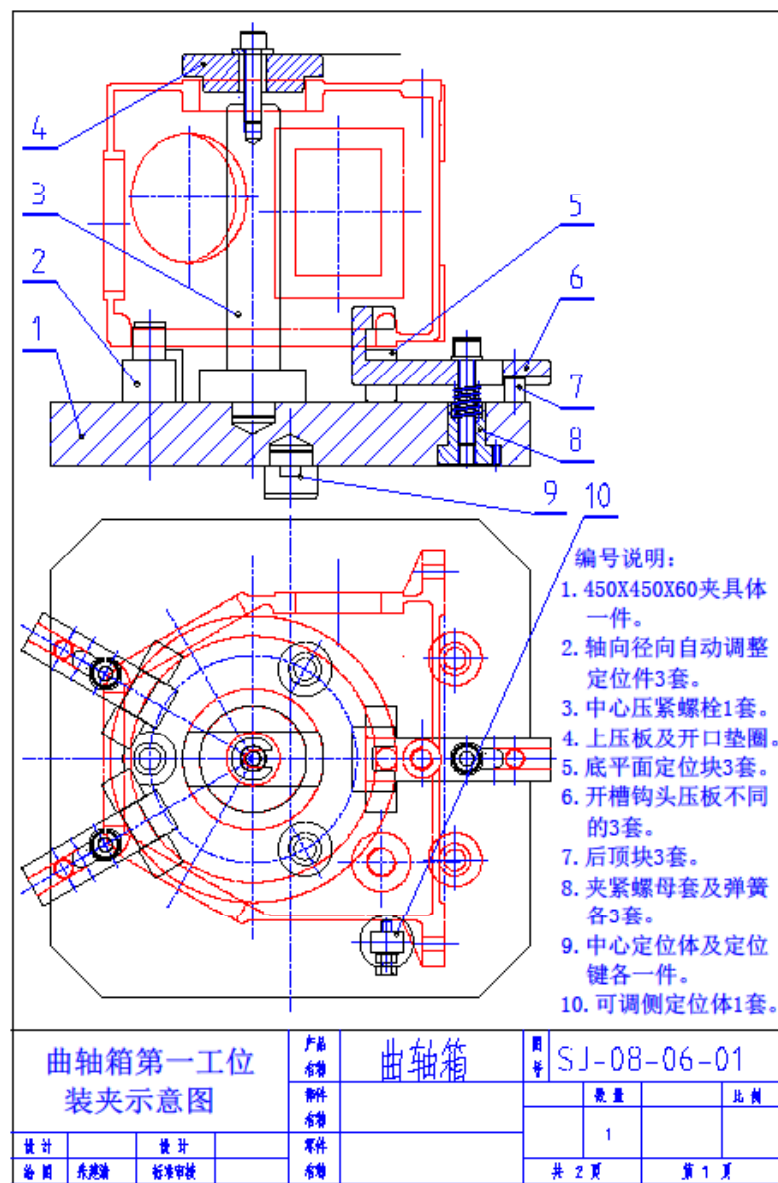
**Machine tools manufacturing technology
innovation
in the New Industrial Revolution Era**

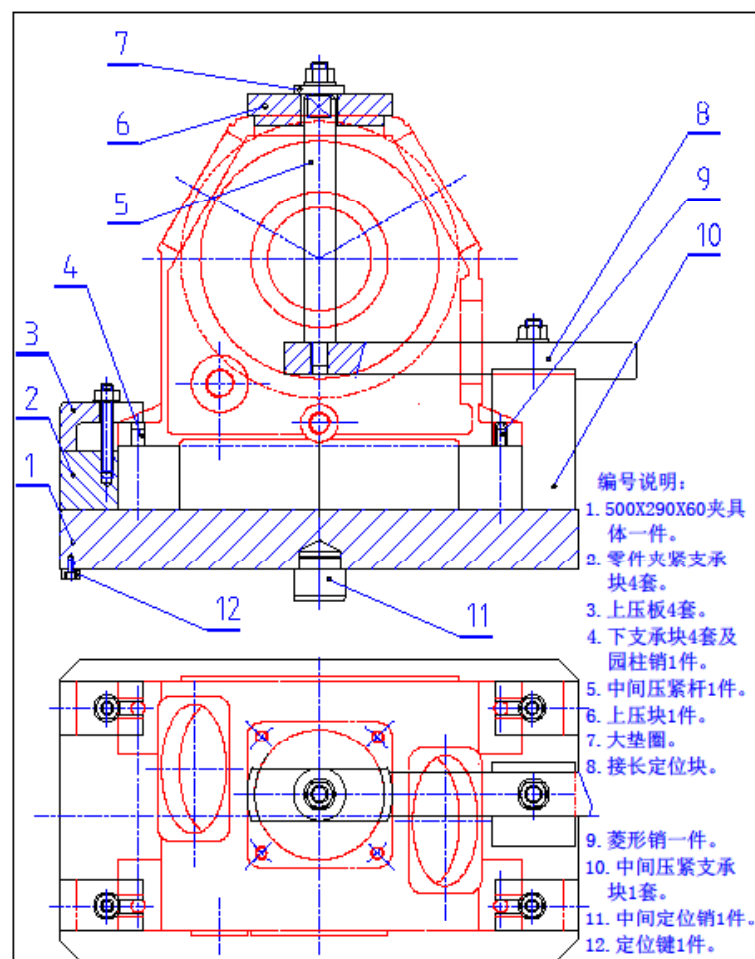
徐正平 高级工程师

上海机床工具集团有限公司 市场部部长

2014-10 浙江玉环







曲轴箱第二工位
装夹示意图

产品名称		曲轴箱		图号		SJ-08-06-02	
设计		数量		共 2 页		第 2 页	
绘图		审核					
设计		数量					
绘图		审核					

附表二

曲轴箱第二工位加工工艺方案与生产率计算表

零件材料HT200

序号	加工内容	刀具直径	刀齿	刀具编号	转台位置	切削长度	切削次数	切削速度	主轴转速	进 给 量 mm/齿 mm/转 mm/分			切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
1	粗铣大孔端面。	80	6	1	0°	700	1	180	716	0.20	1.20	859	0.81	0.15		0.20	1.16	1.16
2	粗铣小孔端面。	80	6	1	180°	320	1	180	716	0.20	1.20	859	0.37		0.10	0.15	0.62	1.79
3	粗铣Φ55孔口端面。	80	6	1	180°	65	1	180	716	0.20	1.20	859	0.08			0.10	0.18	1.96
4	粗铣Φ36孔口端面。	80	6	1	180°	50	1	180	716	0.20	1.20	859	0.06			0.10	0.16	2.12
序号	加工内容	刀具有效长度		刀具编号	转台位置	刀具直径	切削次数	切削长度	切削速度	主轴转速	进给量 mm/转 mm/分		切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
5	粗铣-Φ100孔至Φ98孔。			13	180°	54	2	150	220	1297	0.40	519	0.58	0.15		0.15	0.88	3.00
6	粗铣-Φ230孔至Φ228孔。			13	0°	54	2	550	220	1297	0.40	519	2.12		0.10	0.15	2.37	5.37
序号	加工内容	刀具直径	刀齿	刀具编号	转台位置	切削长度	切削次数	切削速度	主轴转速	进 给 量 mm/齿 mm/转 mm/分			切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
7	铣Φ230孔口倒角及精铣大孔端面	80	6	3	0°	1350	1	250	995	0.15	0.90	895	1.51	0.15		0.15	1.81	7.18
8	铣Φ100孔口倒角及精铣小孔端面	80	6	3	180°	870	1	250	995	0.15	0.90	895	0.97		0.10	0.15	1.22	8.40
9	铣Φ55孔口端面至尺寸	80	6	3	180°	65	1	250	995	0.15	0.90	895	0.07			0.10	0.17	8.57
10	铣Φ36孔口端面至尺寸	80	6	3	180°	65	1	250	995	0.15	0.90	895	0.07			0.10	0.17	8.74
序号	加工内容	刀具有效长度		刀具编号	转台位置	刀具直径	切削次数	切削长度	切削速度	主轴转速	进给量 mm/转 mm/分		切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
11	4-M8孔口钻中心孔, 孔口至Φ9			4	180°	14	4	6	60	1364	0.10	136	0.18	0.15		0.20	0.53	9.27
12	1-M27×1.5 处中心孔			4	180°	14	1	6	60	1364	0.10	136	0.04			0.30	0.34	9.61
13	1-RP1/2 处中心孔			4	180°	14	1	6	60	1364	0.10	136	0.04			0.30	0.34	9.96
14	8-M8孔口钻中心孔, 孔口至Φ9			4	0°	14	8	6	60	1364	0.10	136	0.35		0.10	0.30	0.75	10.71
15	钻 8-M8 螺纹底孔至尺寸			6	0°	6.7	8	20	70	3326	0.15	499	0.32	0.15		0.30	0.77	11.48
16	钻 4-M8 螺纹底孔至尺寸			6	180°	6.7	4	20	70	3326	0.15	499	0.16		0.10	0.30	0.56	12.04
17	钻 1-M27×1.5 螺纹底孔至尺寸			14	180°	25.5	1	30	70	873.8	0.30	262	0.11	0.15		0.30	0.56	12.61
18	钻 1-RP1/2 螺纹底孔至尺寸			15	180°	18.5	1	25	70	1204	0.25	301	0.08	0.15		0.30	0.53	13.14
19	铣 1-M27×1.5 螺纹孔口倒角至尺寸			4	180°	14	1	60	60	1364	0.10	136	0.44	0.15		0.30	0.89	14.03
20	攻 1-M27×1.5 螺纹至尺寸			16	180°	27	1	48	10	117.9	1.50	177	0.27	0.15		0.30	0.72	14.75

附表一

曲轴箱第一工位加工工艺流程与生产率计算表

零件材料: HT200

序号	加工内容	刀具直径	刀齿	刀具编号	转台位置	切削长度	切削次数	切削速度	主轴转速	进给量 mm/齿 mm/转 mm/分			切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
1	粗铣4-60×70底平面。	80	6	1	0°	100	4	220	875	0.20	1.20	1050	0.38	0.15		0.20	0.73	0.73
2	粗铣160×120底平面。	80	6	1	90°	440	1	220	875	0.20	1.20	1050	0.42		0.10	0.15	0.67	1.40
3	粗铣140×140底平面。	80	6	1	120°	420	1	220	875	0.20	1.20	1050	0.40		0.10	0.15	0.65	2.05
4	粗铣140×140底平面。	80	6	1	180°	420	1	220	875	0.20	1.20	1050	0.40		0.10	0.15	0.65	2.70
5	粗铣140×140底平面。	80	6	1	240°	420	1	220	875	0.20	1.20	1050	0.40		0.10	0.15	0.65	3.35
序号	加工内容	刀具有效长度		刀具编号	转台位置	刀具直径	切削次数	切削长度	切削速度	主轴转速	进给量 mm/转 mm/分		切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
6	粗镗-Φ125孔至Φ124孔。			2	240°	124	1	23	140	359.4	0.25	90	0.26	0.15		0.15	0.56	3.91
7	粗镗-Φ125孔至Φ124孔。			2	180°	124	1	23	140	359.4	0.25	90	0.26		0.10	0.15	0.51	4.41
8	粗镗-Φ125孔至Φ124孔。			2	120°	124	1	23	140	359.4	0.25	90	0.26		0.10	0.15	0.51	4.92
序号	加工内容	刀具直径	刀齿	刀具编号	转台位置	切削长度	切削次数	切削速度	主轴转速	进给量 mm/齿 mm/转 mm/分			切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
9	孔口倒角及精铣140×140平面	80	6	3	120°	700	1	250	995	0.15	0.90	895	0.78	0.15		0.15	1.08	6.00
10	孔口倒角及精铣140×140平面	80	6	3	180°	700	1	250	995	0.15	0.90	895	0.78		0.10	0.15	1.03	7.03
11	孔口倒角及精铣140×140平面	80	6	3	240°	700	1	250	995	0.15	0.90	895	0.78		0.10	0.15	1.03	8.06
12	铣160×120底平面。	80	6	3	90°	440	1	250	995	0.15	0.90	895	0.49		0.20	0.15	0.84	8.90
13	精铣4-60×70底平面。	80	6	3	0°	150	4	250	995	0.15	0.90	895	0.67		0.10	0.20	0.97	9.87
序号	加工内容	刀具有效长度		刀具编号	转台位置	刀具直径	切削次数	切削长度	切削速度	主轴转速	进给量 mm/转 mm/分		切削时间	换刀时间	B轴旋转时间	X-Y-Z时间	工步时间	累计
13	4-Φ13孔口钻中心孔。			4	0°	14	4	6	60	1364	0.10	136	0.18	0.15		0.20	0.53	10.40
14	8-M8孔口钻中心孔, 孔口至Φ9			4	90°	14	8	6	60	1364	0.10	136	0.35		0.10	0.30	0.75	11.15
15	4-M12孔口钻中心孔至Φ13			4	120°	14	4	8	60	1364	0.10	136	0.23		0.10	0.20	0.53	11.69
16	4-M12孔口钻中心孔至Φ13			4	180°	14	4	8	60	1364	0.10	136	0.23		0.10	0.20	0.53	12.22
17	4-M12孔口钻中心孔至Φ13			4	240°	14	4	8	60	1364	0.10	136	0.23		0.10	0.20	0.53	12.76
18	钻 4-M12 螺纹底孔至尺寸			5	240°	10.2	4	28	80	2497	0.20	499	0.22	0.15		0.20	0.57	13.33
19	钻 4-M12 螺纹底孔至尺寸			5	180°	10.2	4	28	80	2497	0.20	499	0.22		0.10	0.20	0.52	13.85

附表三

刀具清单

零件材料：HT200

曲轴箱加工零件配用刀具清单

刀具 编号	刀具名称	刀具 直径	刀齿	刀具 数量	切削用量		备 注
					Vc	f	
1	Φ80×45°面铣刀	80	6	2	220	1.20	粗铣平面
2	Φ124 双刃扩孔刀	124	2	2	140	0.25	扩孔
3	Φ80×45°面铣刀	80	6	2	250	0.90	精铣平面及45°孔口倒角
4	Φ16×45°倒角刀	16		5	60	0.10	钻中心孔(孔口最大至Φ13)
5	Φ10.2合金钻头(钻M12螺纹底孔)	10.2		5	80	0.20	
6	Φ6.7合金钻头(钻M8螺纹底孔)	6.7		5	70	0.15	
7	Φ13合金钻头	13		2	80	0.20	
8	Φ12.8合金钻头	12.8		2	80	0.20	
9	Φ13H7 机校刀	13		2	25	0.25	工艺定位孔用刀具
10	M8 涂层丝锥			5	8	1.25	
11	M12 涂层丝锥			5	12	1.75	
12	Φ125 双刃扩孔刀	125		2	160	0.20	镗孔至Φ125H9
13	Φ54×36长刃铣刀	54	16/4	2	220	0.40	铣孔至Φ98、Φ228孔
14	Φ25.5合金钻头	25.5		2	70	0.30	钻 M27×1.5 螺纹底孔
15	Φ18.5合金钻头	19		2	70	0.25	钻 RP1/2 螺纹底孔
16	M27×1.5 涂层丝锥	27		2	11	1.50	
17	RP1/2 涂层丝锥			2	10	1.81	攻 RP1/2 螺纹
18	Φ99.5 双刃扩孔刀	99.5	2	2	150	0.20	
19	Φ100 单刃精镗刀CBN刀片	100	1	2	500	0.07	精铣刀H7
20	Φ54×36长刃铣刀	54	16/4	2	220	0.30	半精铣孔至Φ229.4孔
21	Φ230 单刃精镗刀CBN刀片	230	1	2	130	0.07	精铣刀H7

- 注：1. 刀具及刀柄的数量可按产品批量大小购买，现按二套配置。
2. 选购的刀具，则需满足附表一中的切削参数即可，或修改切削参数重新计算加工节拍。
3. 大直径尺寸刀具需手动换刀。
4. 零件材料：HT200。
5. 刀具费用约为：41.33万元。（具体清单见“SANDVIK”报价单）

机床型号：XH765A 卧式加工中心
编制单位：上海第三机床厂

编制：朱建清
编制日期：2008-6-2

XX压缩机有限公司-曲轴箱加工工艺说明

一. 此曲轴箱考虑分二次装夹加工, 主要考虑如下:

第一次装夹时, 以 $\Phi 230$ 孔大侧面为基准, 分别以 $\Phi 230$ 孔与 $\Phi 100$ 孔定位, 分别于 $\Phi 230$ 孔内侧面处及 $\Phi 100$ 孔外侧面处夹紧, 以侧面定位, (注: 如外形尺寸一致, 可采用底平面及一外侧面定位)。

第一次装夹时的主要加工内容如下:

1. 粗精铣底平面、E向平面及3- $\Phi 125$ 孔口平面。
2. 采用双刃扩孔刀分二次粗精加工 $\Phi 125H9$ 孔至尺寸。
3. 底平面上4- $\Phi 13$ 孔加工时要求将其中的2- $\Phi 13$ 孔精铰至 $\Phi 13H7$ 作为第二次装夹时的工艺定位孔。
4. $\Phi 125$ 孔口倒角采用 $\Phi 80 \times 45^\circ$ 面铣刀加工而成。
5. M8、M12各螺孔口均采用 $\Phi 16 \times 45^\circ$ 倒角刀定中心及倒角至 $\Phi 9$ 、 $\Phi 13$ 孔。

具体的加工工艺与加工节拍见附表一。

每二次装夹时, 以底平面为基准, 分加以2- $\Phi 13H7$ 工艺孔作定位孔, 四底板处压紧, 并于上顶面 $\Phi 125$ 孔处作辅助夹紧, 以增强零件的刚性。

第一次装夹时的主要加工内容如下:

1. 粗精二侧孔口平面及M27 $\times 1.5$, RP1/2 螺纹孔口平面。
2. 采用 $\Phi 54 \times 36$ 长刃铣刀粗铣 $\Phi 100$ 、 $\Phi 230$ 孔。
3. 采用双刃扩孔刀半精镗 $\Phi 100$ 孔。
4. 采用 $\Phi 54 \times 36$ 长刃铣刀半精铣 $\Phi 230$ 孔。
5. 分别采用单刃精镗刀, 精镗 $\Phi 100$ 、 $\Phi 230$ 孔至尺寸, 其中 $\Phi 230$ 孔只能采用手动换刀。
6. $\Phi 100$ 、 $\Phi 230$ 孔口倒角均采用 $\Phi 80 \times 45^\circ$ 面铣刀加工而成。
7. M8各螺孔口均采用 $\Phi 16 \times 45^\circ$ 倒角刀定中心及倒角至 $\Phi 9$ 孔。
8. M27 $\times 1.5$ 螺孔口采用 $\Phi 16 \times 45^\circ$ 倒角刀定中心, 并待钻孔后用倒角刀孔口铣至 $\Phi 28 \times 45^\circ$ 角。

具体的加工工艺与加工节拍见附表二。

注: 由于 $\Phi 230$ 孔定尺寸刀具需手动装夹, 粗加工及半精加工时采用长刃铣刀加工。

二. 配用刀具清单参见附表三, 具体刀具报价单参见SANDVIK报价单。

三. 加工此零件加工时第一工位与第二工位各需一套夹具, 每套机械夹具费用约为 2 万元。

注: 由于RP1/2 螺纹的具体尺寸不清楚, 如有误, 待以后修改。

机床型号: XH765A 卧式加工中心

编制单位: 上海第三机床厂

编制: 朱建清

编制日期: 2008-6-2

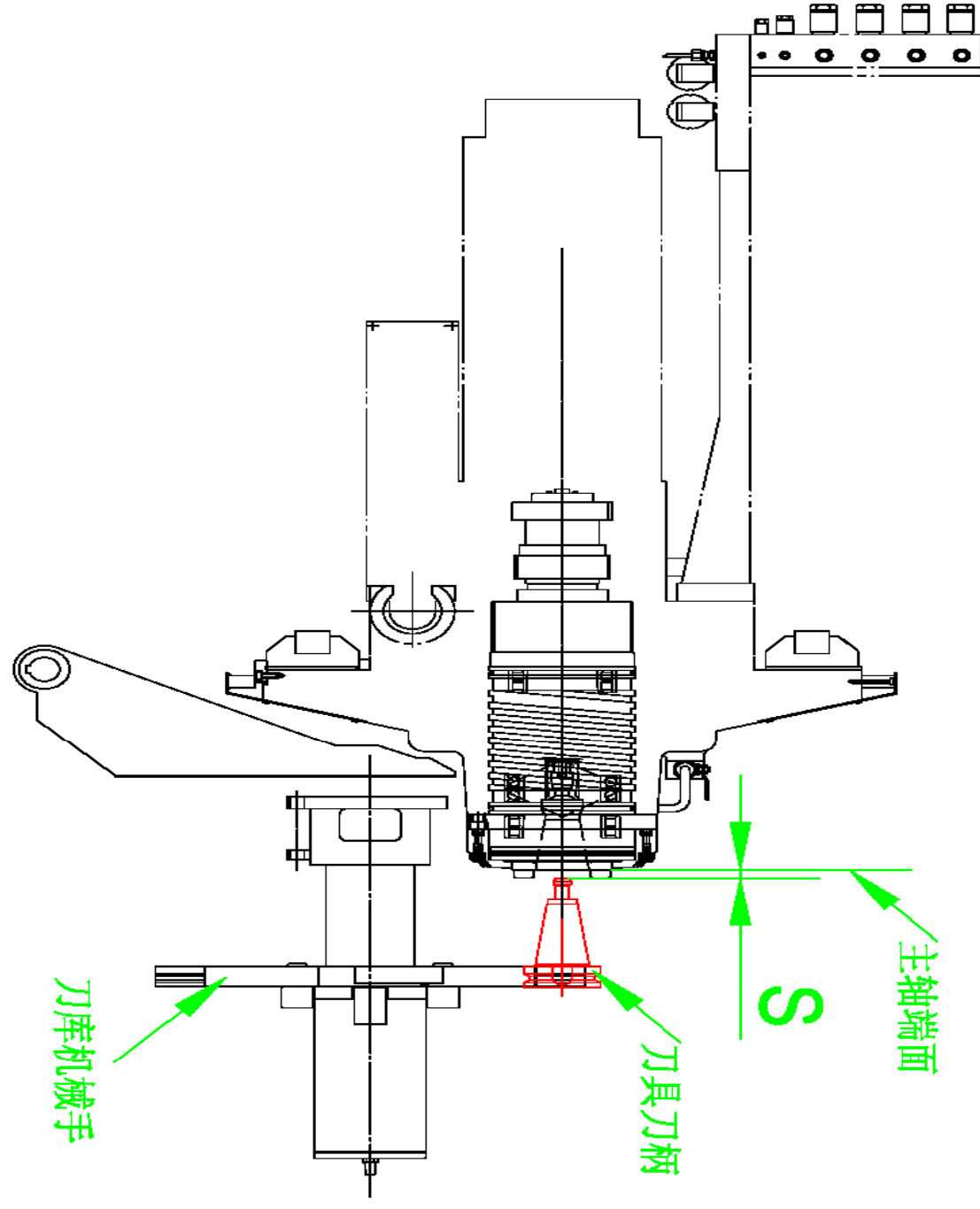
浅谈加工中心的选型

SELECT THE RIGHT MACHINING CENTER

上海机床工具集团有限公司 徐正平
市场部部长 高级工程师

关于Z向行程的提醒

- 注意刀柄的锥端在换刀时的退刀距离



关于刀位数选择的提醒

1，大刀盘要占用3个刀位

2，常用刀具、刃具宜选配2套

