

第三次工业革命 时代的机床制造技术创新

**Machine tools manufacturing technology innovation
in the Third 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



一、能源与通信交汇爆发工业革命

• 1.第一次工业革命

- 蒸汽机的诞生与廉价报纸的发行构成了第一次工业革命。工业革命又叫产业革命，是指资本主义由工场手工业过渡到大机器生产，它在生产领域和社会关系上引起了根本性变化。
- **18世纪60年代**首先发生在英国，是从发明和使用机器开始的，到**19世纪上半期**，机器本身也用机器来生产，标志着工业革命的完成，英国之后，法、美等欧美各国也相继进行了工业革命。

2.第二次工业革命

电话、电报的发明与电力工业交汇引发第二次工业革命。

- 第二工业革命是从**19**世纪**70**年代开始的，机械技术的高速发展，特别是**20**世纪中叶由美国发明的数字化机床技术的诞生，使得制造业发展一日千里，它与石油大量的开采，核能的应用等交集碰撞，使得第二次工业革命的发展来势汹汹。

3.第三次工业革命

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。

- 它是从21世纪初开始，首先由德国引发，意大利、日本等都非常关注这项工业革命内容。估计从目前开始，还有25-35年的储备期，届时崭新一轮风涌而至的工业革命将喷礴出来。



二、爆发第三次工业革命的缘由

1. 大量资源消耗

石油开采跟不上中、印等国的需求

石油维持在**150**美元/桶就引起能源危机

2. 生态环境污染

废气及烟尘排放造成空气污染

废水及有害物质排放造成江河湖海污染

无节制城镇化，农田占用、森林砍伐

3. 劳动力成本不断上升

三、对机床制造技术的影响

节能、环保、绿色、

高效、高速、高精度



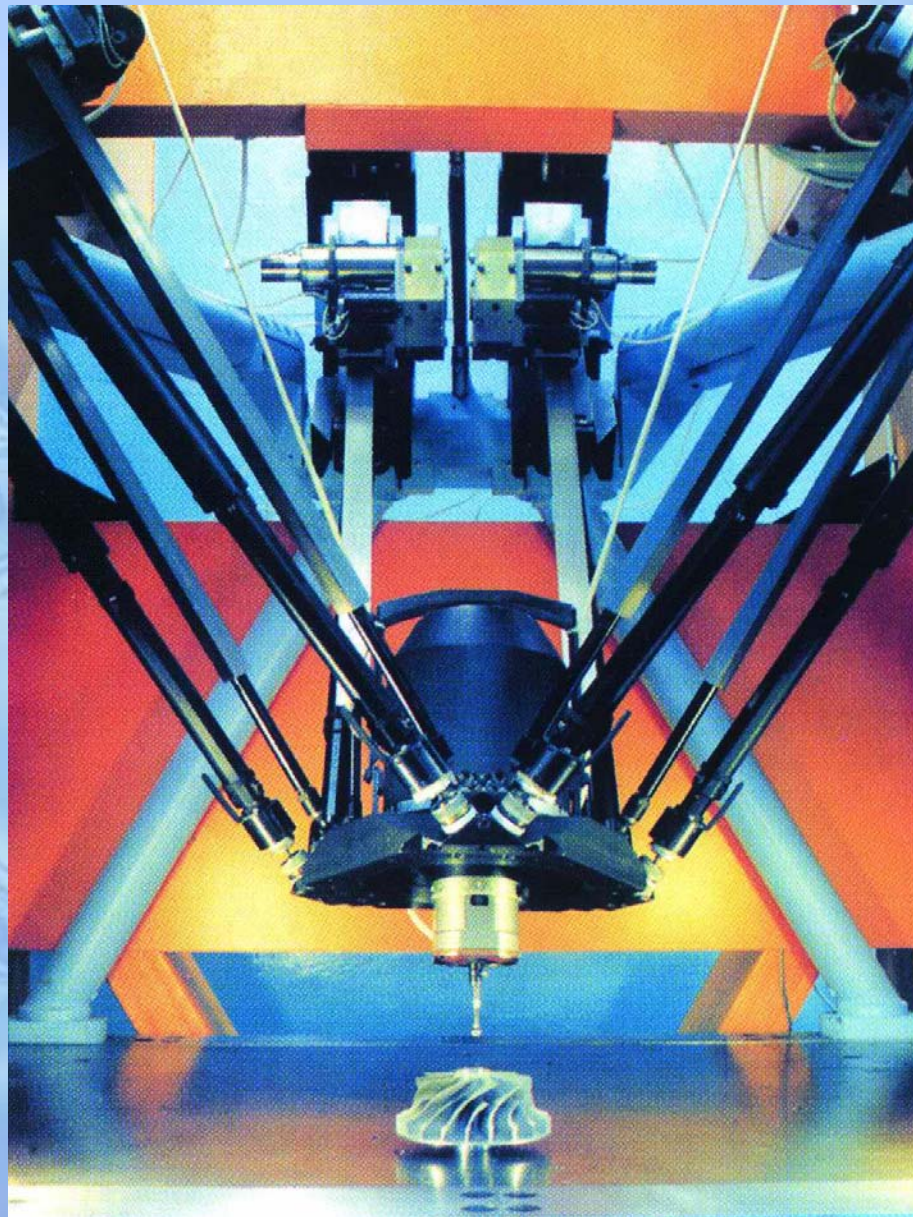
1. 机床革命的前奏

(1) 机床的结构创新

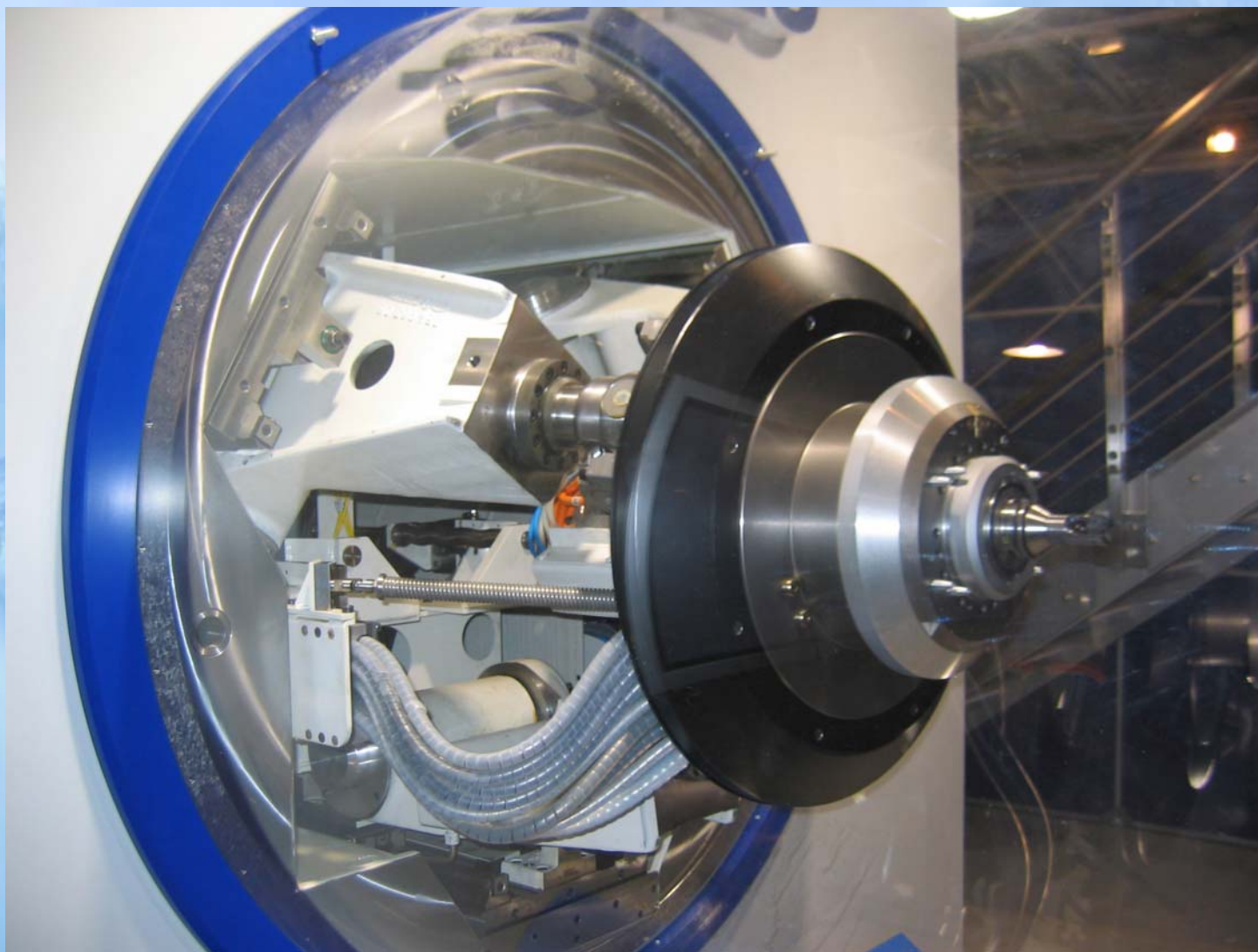
a. 并联机床的发明

1994年的美国芝加哥国际机床展上，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。

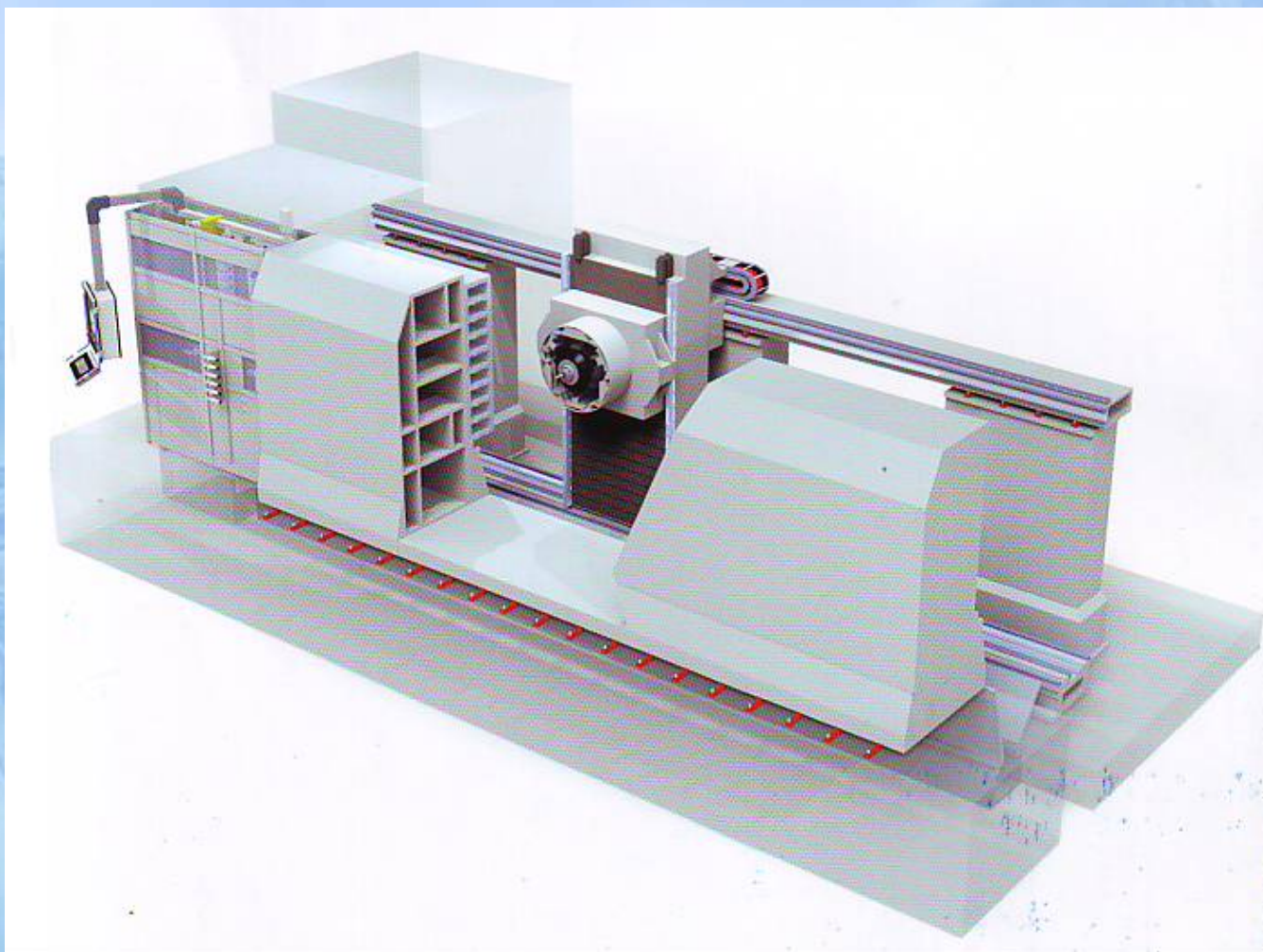
- 所谓并联机床，就是以空间并联机构为基础，以数控软件代替部分硬件、以电子装置及元器件代替部分机械装置，通过改变桁架杆的长度及移动支点位置，来迅速实现刀具与工件的相对位置变动，从而打破了传统机床以直角坐标系为基础的串联运动学原理。
- 并联机床有其刚性差等弱点，目前正朝串并联相结合方向发展，我国清华大学、哈量等单位这方面研发居领先地位。



俄罗斯六条腿并联机床



Z3铣头

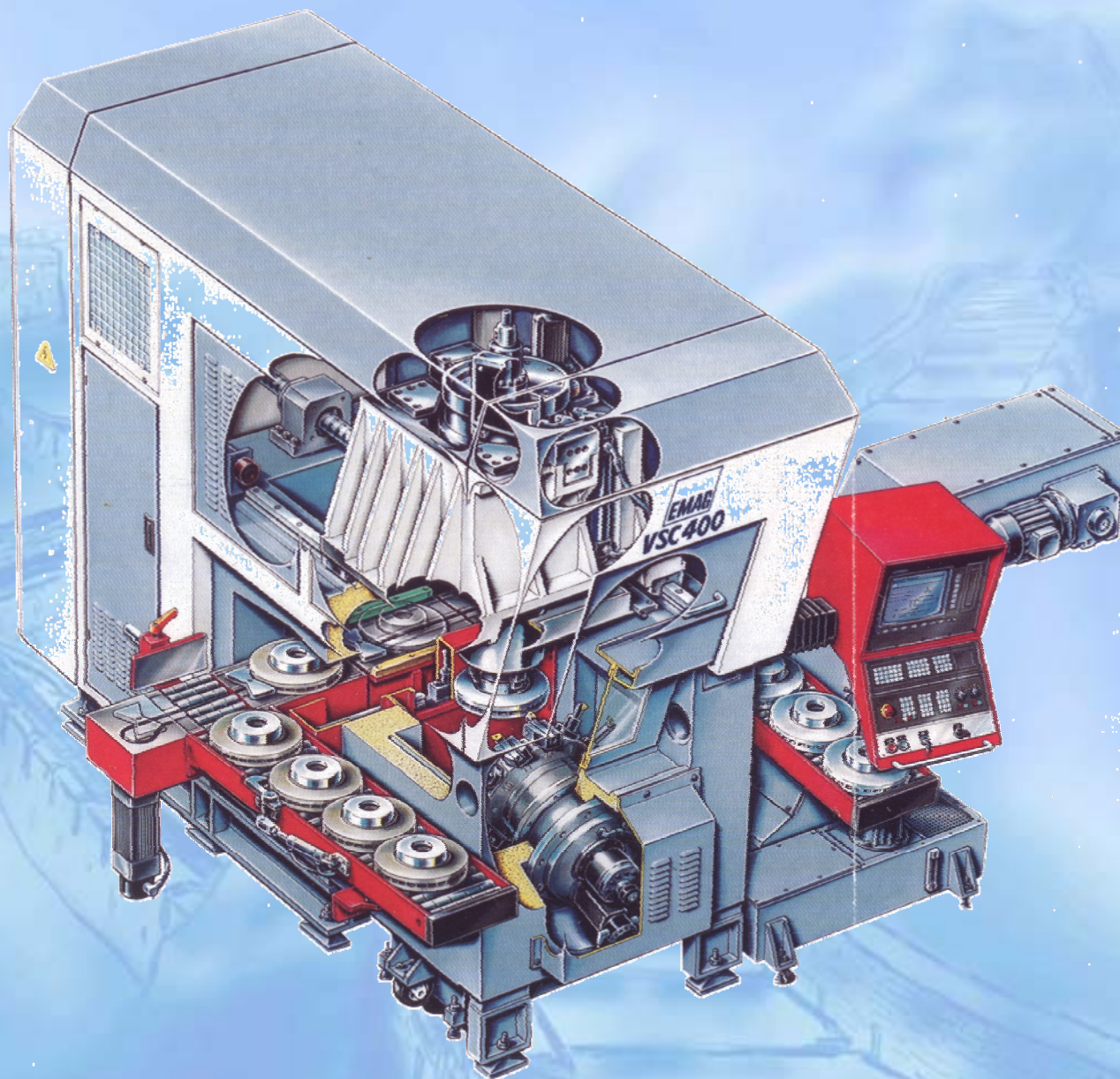


德国**DS**公司大型落地卧式加工中心



b. 倒置立车的发明

- **1993年德国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

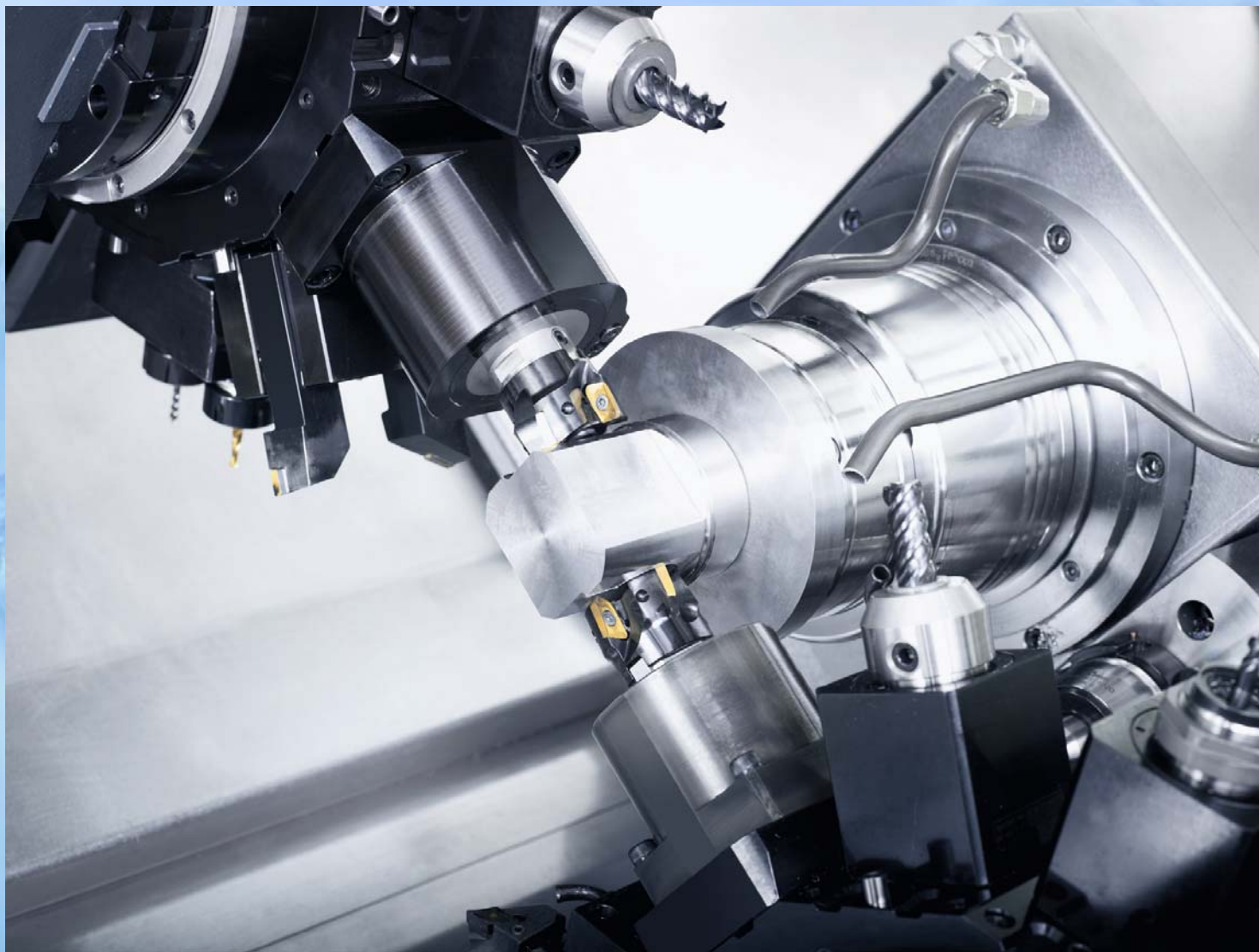


（2）加工工艺的创新

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

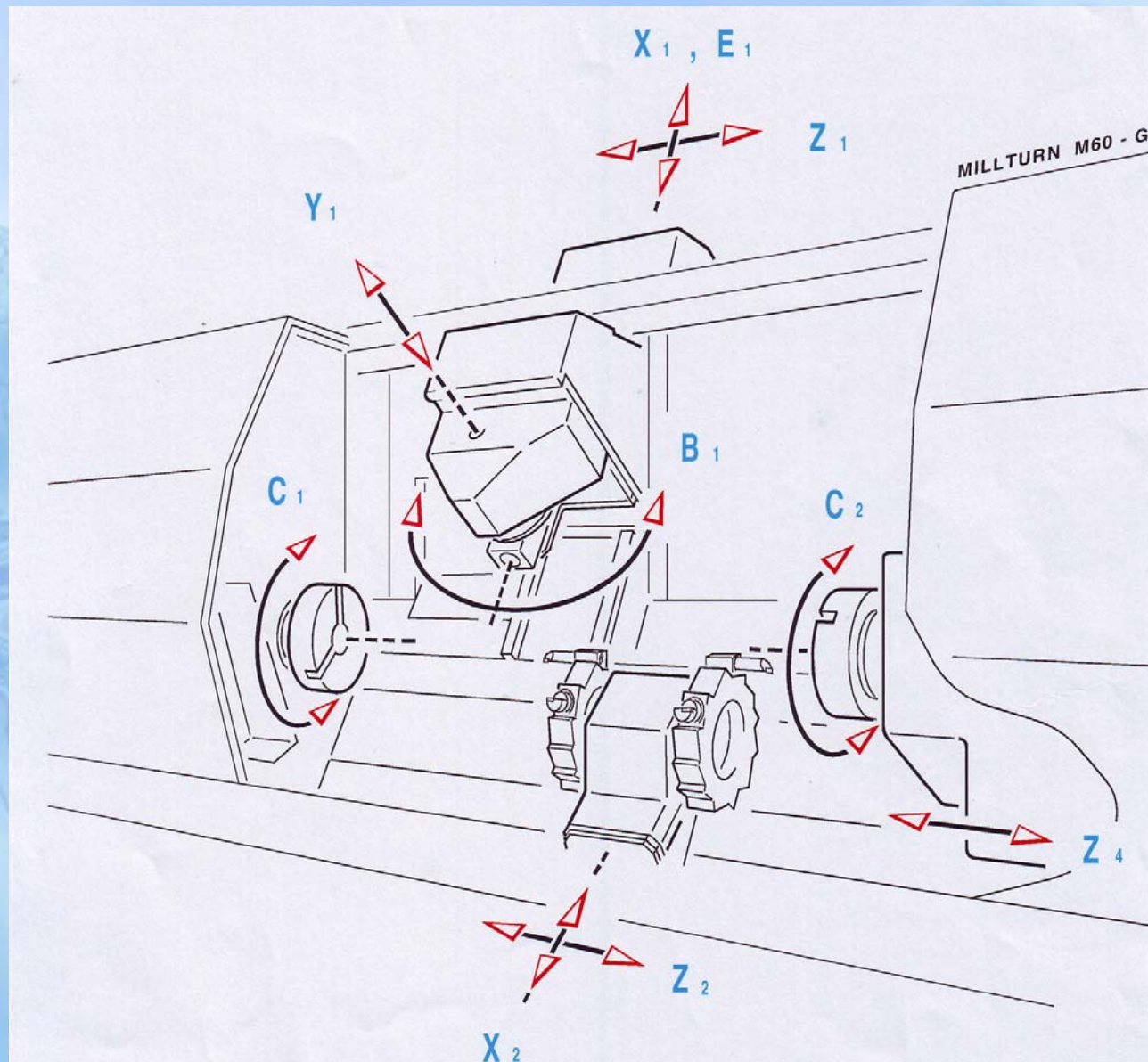
日本**MAZAK**认为**done in one** 是数控
机床发展的方向



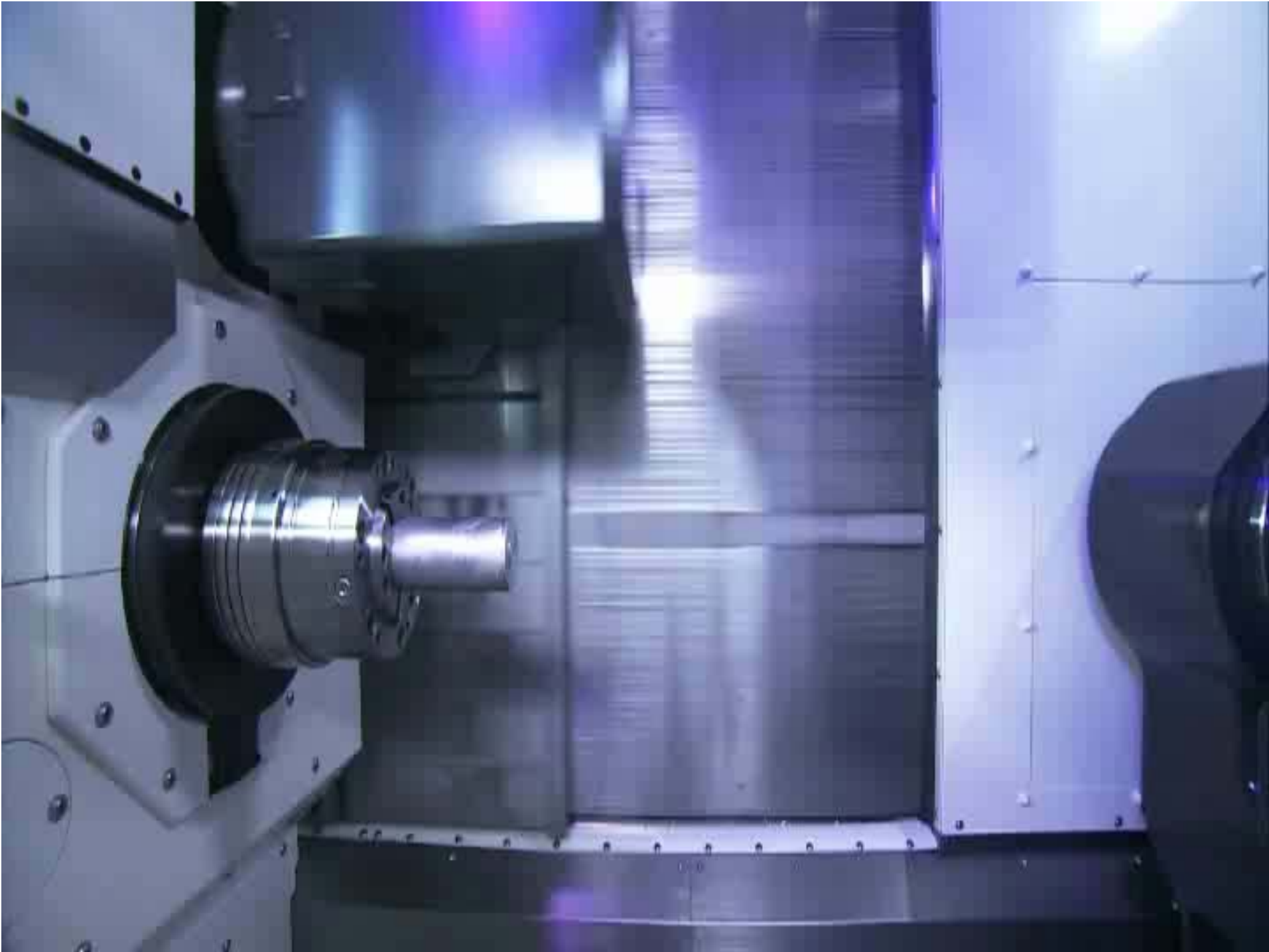
德马吉公司车铣复合加工中心

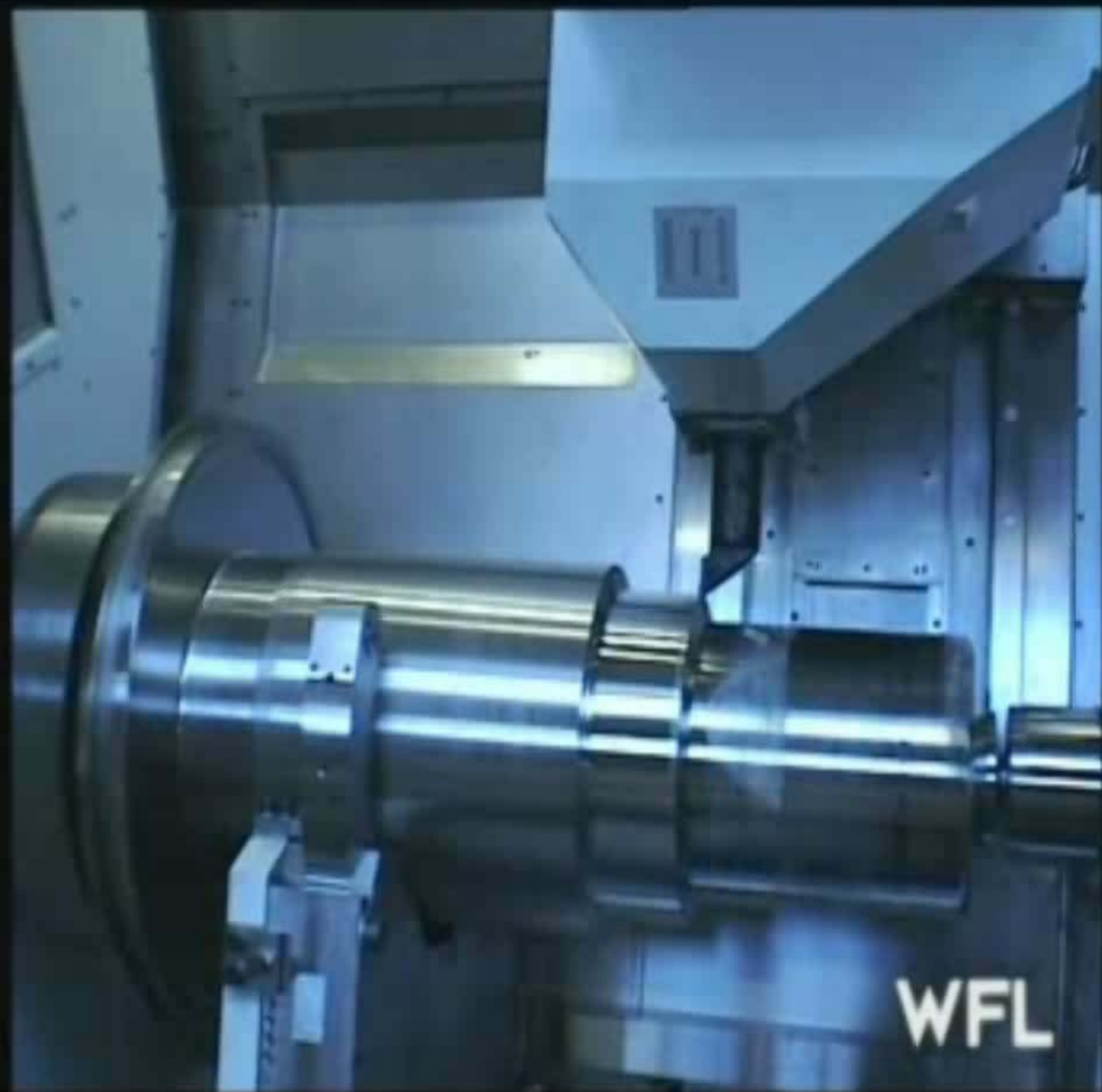


WFL车铣复合加工中心



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

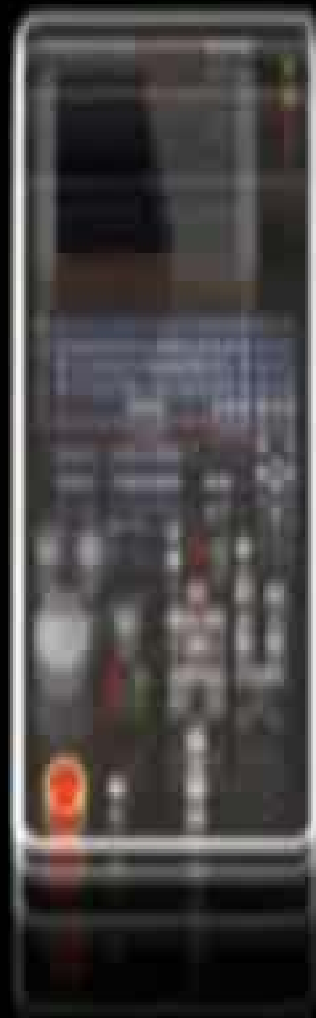
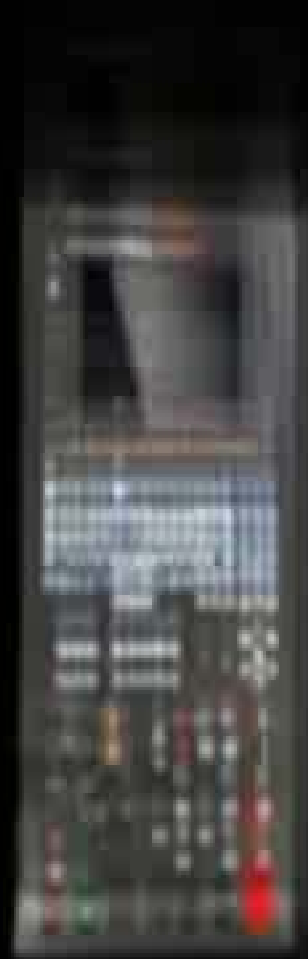




德国罗德斯铣磨复合中心RXP600DSH



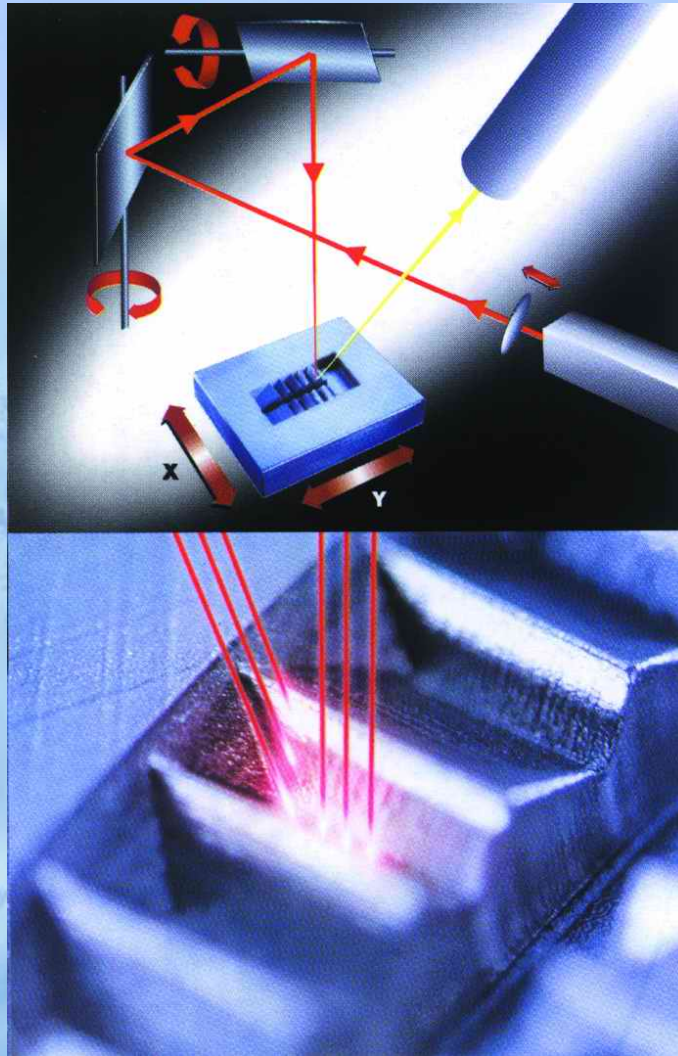
Roeders RFM760 激光切削与堆焊机床



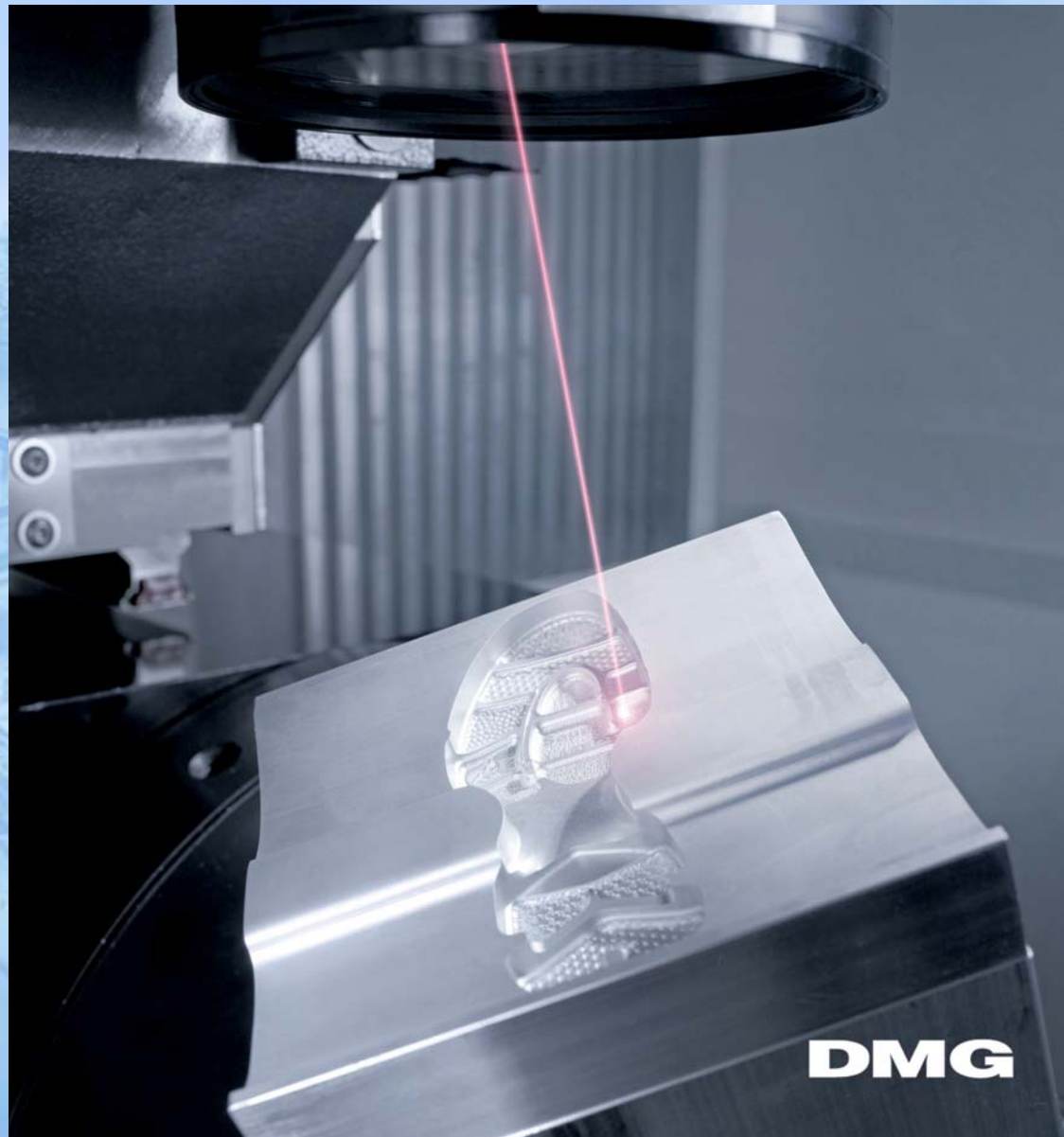
b.激光加工

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**200**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 Φ **0.04~0.1mm**，切除率**25mm³/min**。



DMG公司的DML40激光加工机床

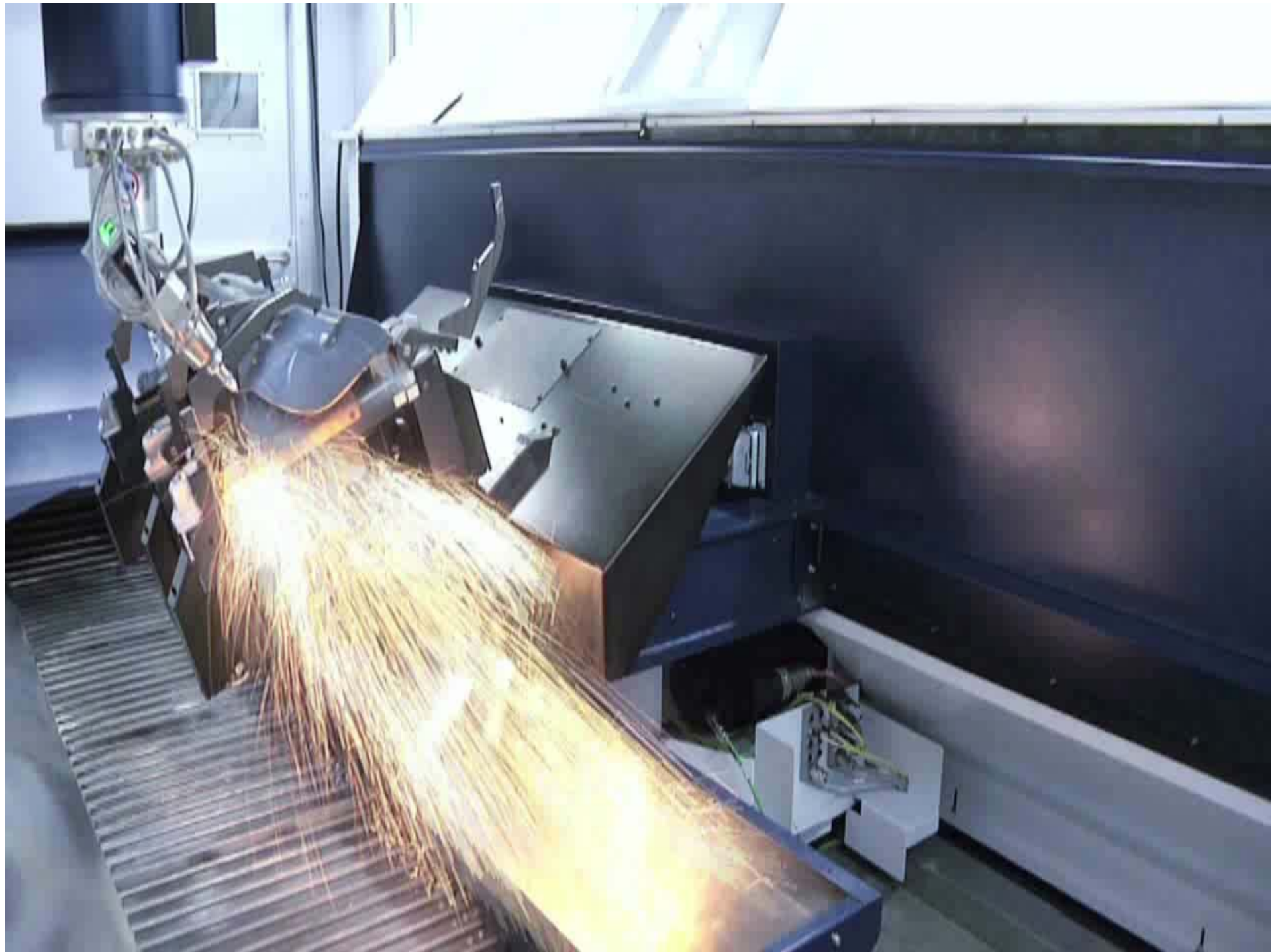


DMG公司的激光 LT Shape





激光成形加工

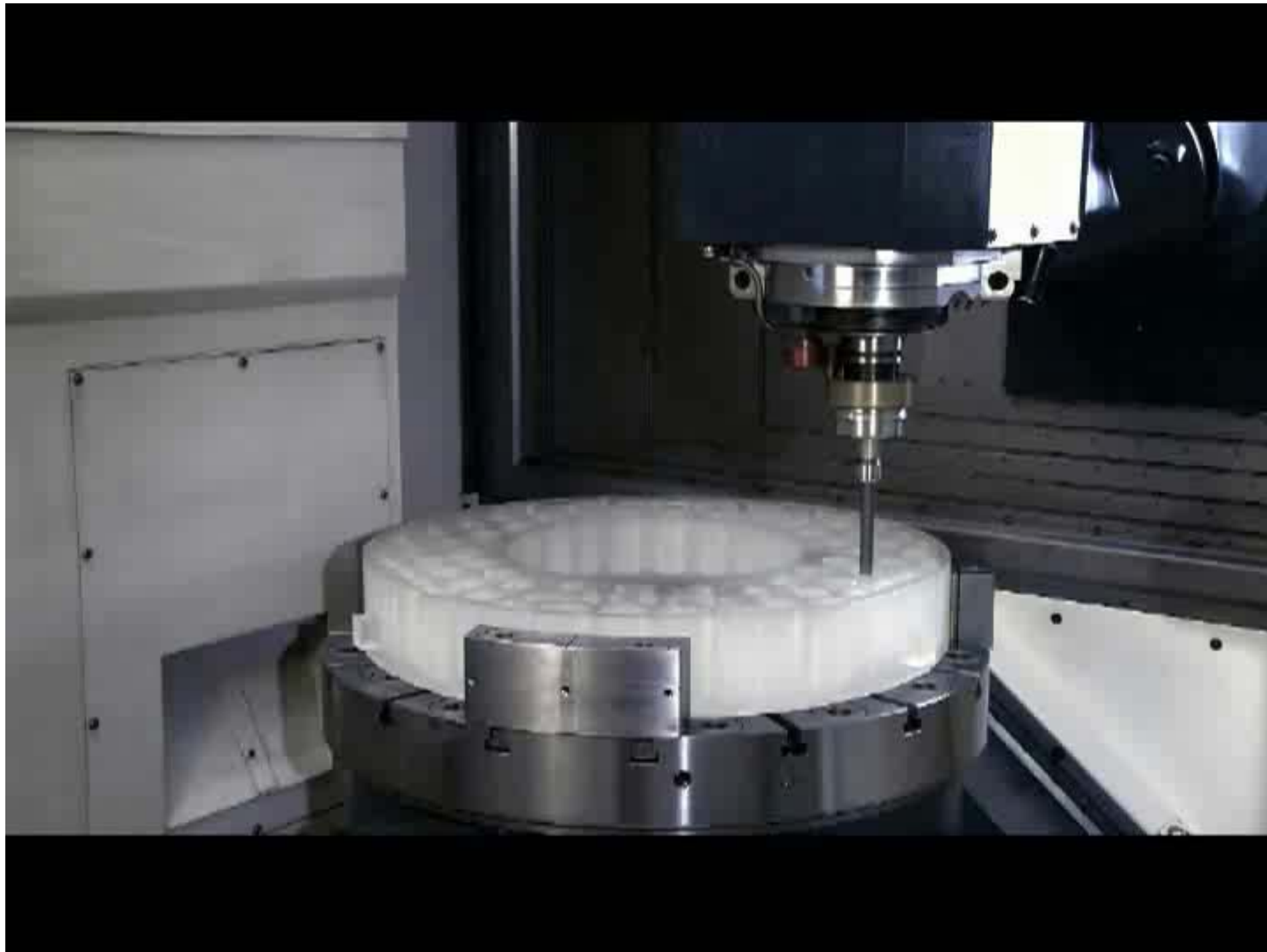


c.超声波振动加工

- 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



d. 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。



加砂水刀

纯水水刀





每套系统均包含业界领先的技术

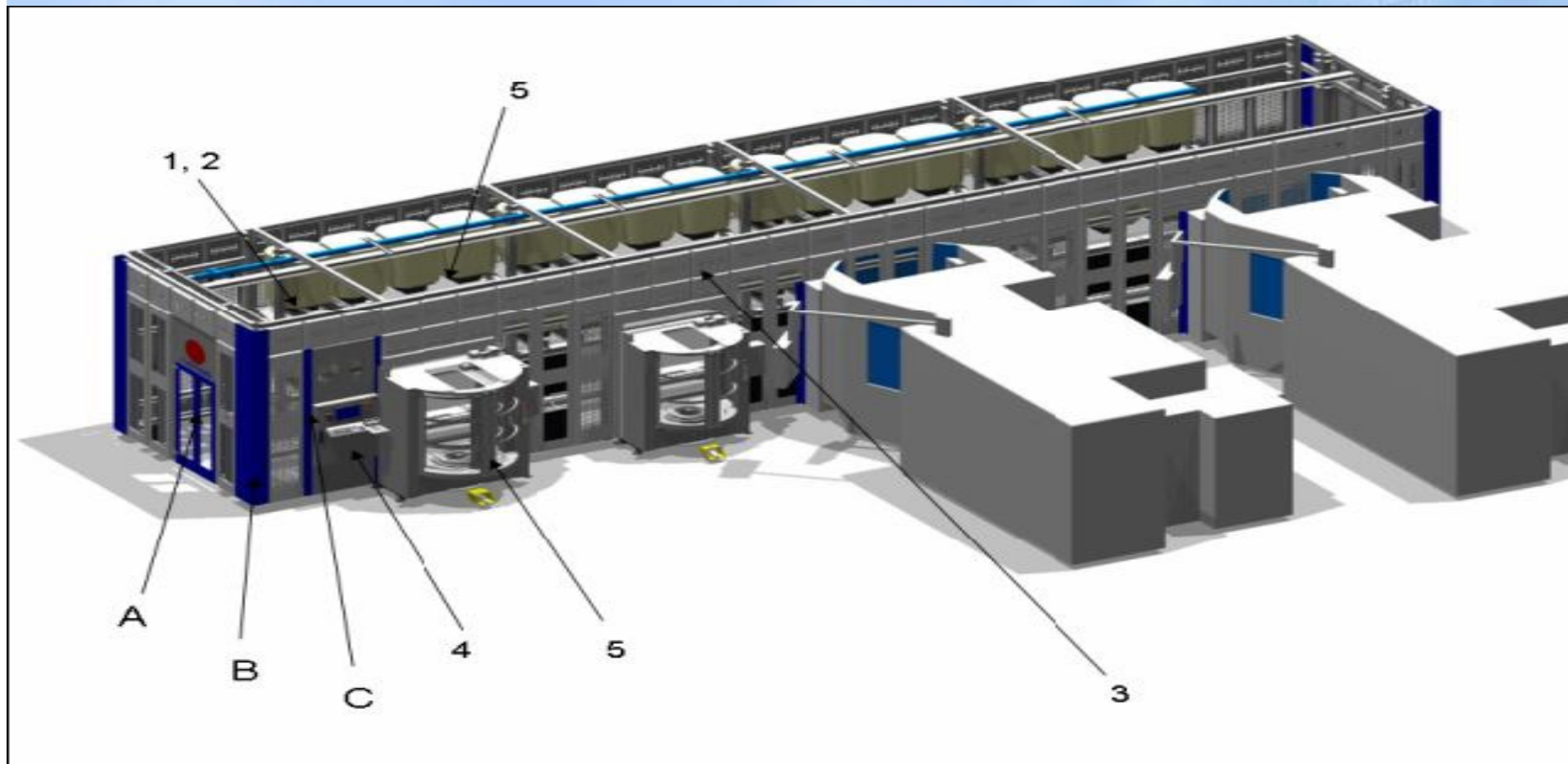


e. 柔性制造（FMS）

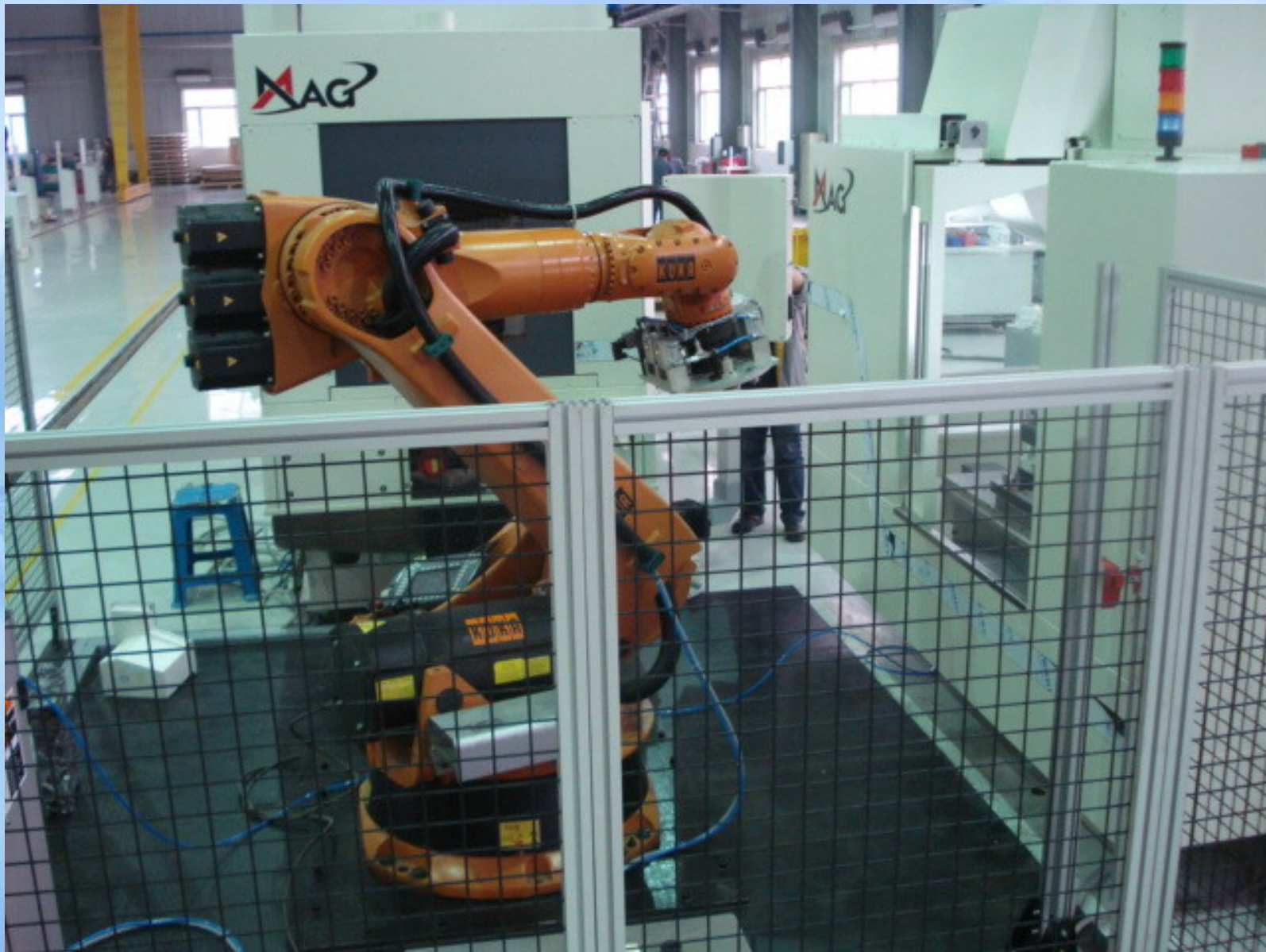
对**FMS**的剖析，应该偏重于总控系统、运输小车、交换托盘库以及清洗机等，机床（主要是卧加）只是加工零件的组成单元。因为由机器人学演绎和发展而来的**FMS**，主要功能不仅要考验加工单元的自适应能力，更要照顾到工作站周围移动物体能力及响应遥感数据的能力等等。



日本MAZAK柔性制造系统FMS



德马吉公司**FMS**



美国**MAG**公司的**FMS**



The background of the slide is a grayscale photograph of a large industrial machine, the Mazak PALLETECH HIGH RISE SYSTEM. The machine features a tall vertical column with a horizontal arm extending from it, and a base with multiple support legs. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows.

Mazak PALLETECH HIGH RISE SYSTEM

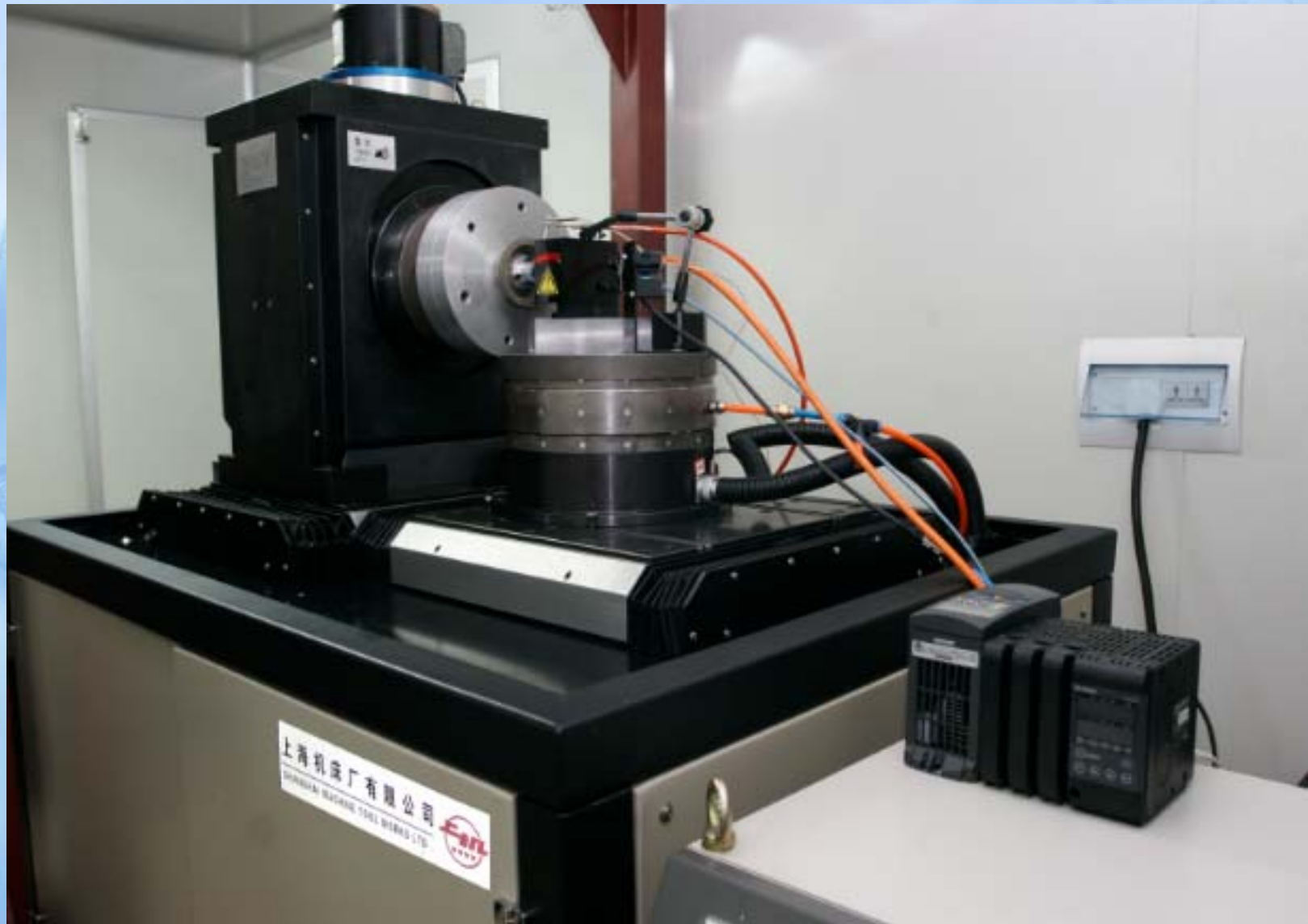
扩充例

在已安装系统上增加4托盘

(3) 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 $< \phi 10\text{mm}$
- 定位精度 $\leq 0.1\mu\text{m}(100\text{nm})$
- 重复定位精度 $\leq 0.05\mu\text{m} (50\text{nm})$
- 表面粗糙度 $Ra < 0.01\mu\text{m} (10\text{nm})$
- 具备在线测量补偿加工、砂轮在机修整和在线修锐功能

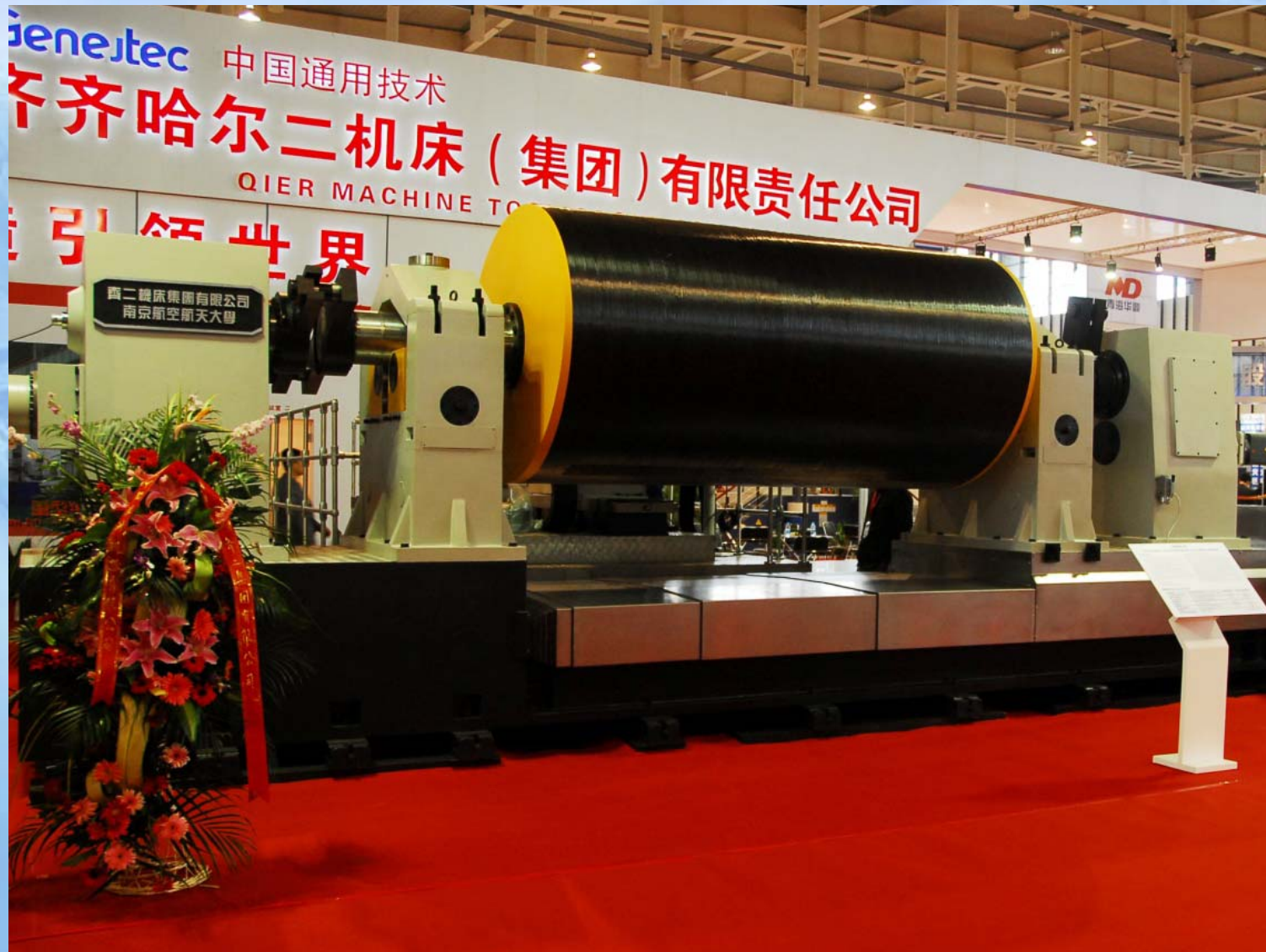


上海机床厂有限公司的纳米磨床



(4) 令人费解的工作母机

齐齐哈尔二机床生产的缠绕机



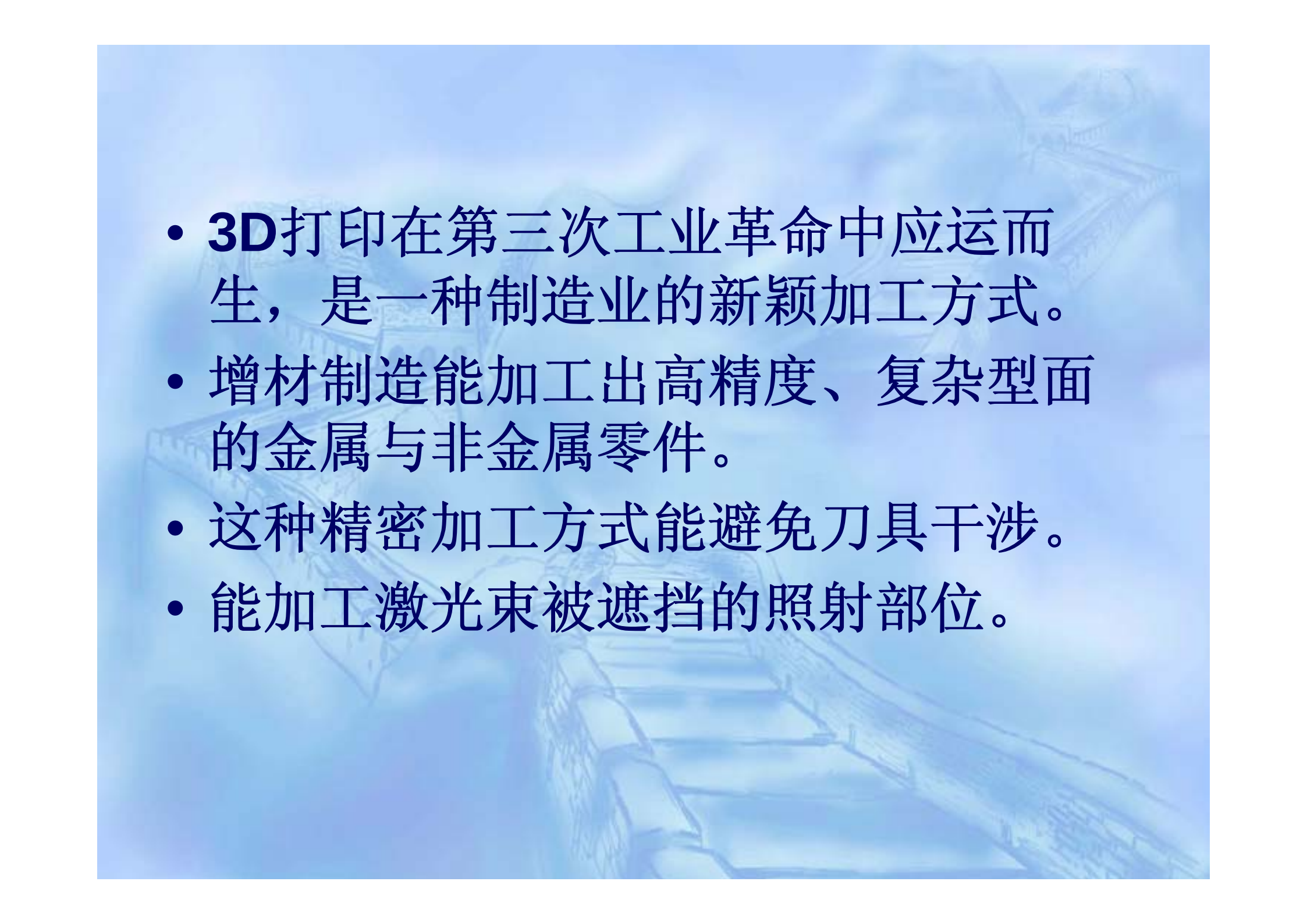
轨道铣磨车辆





2. 两个革命性的举措

(1) 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照射部位。

- **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）。

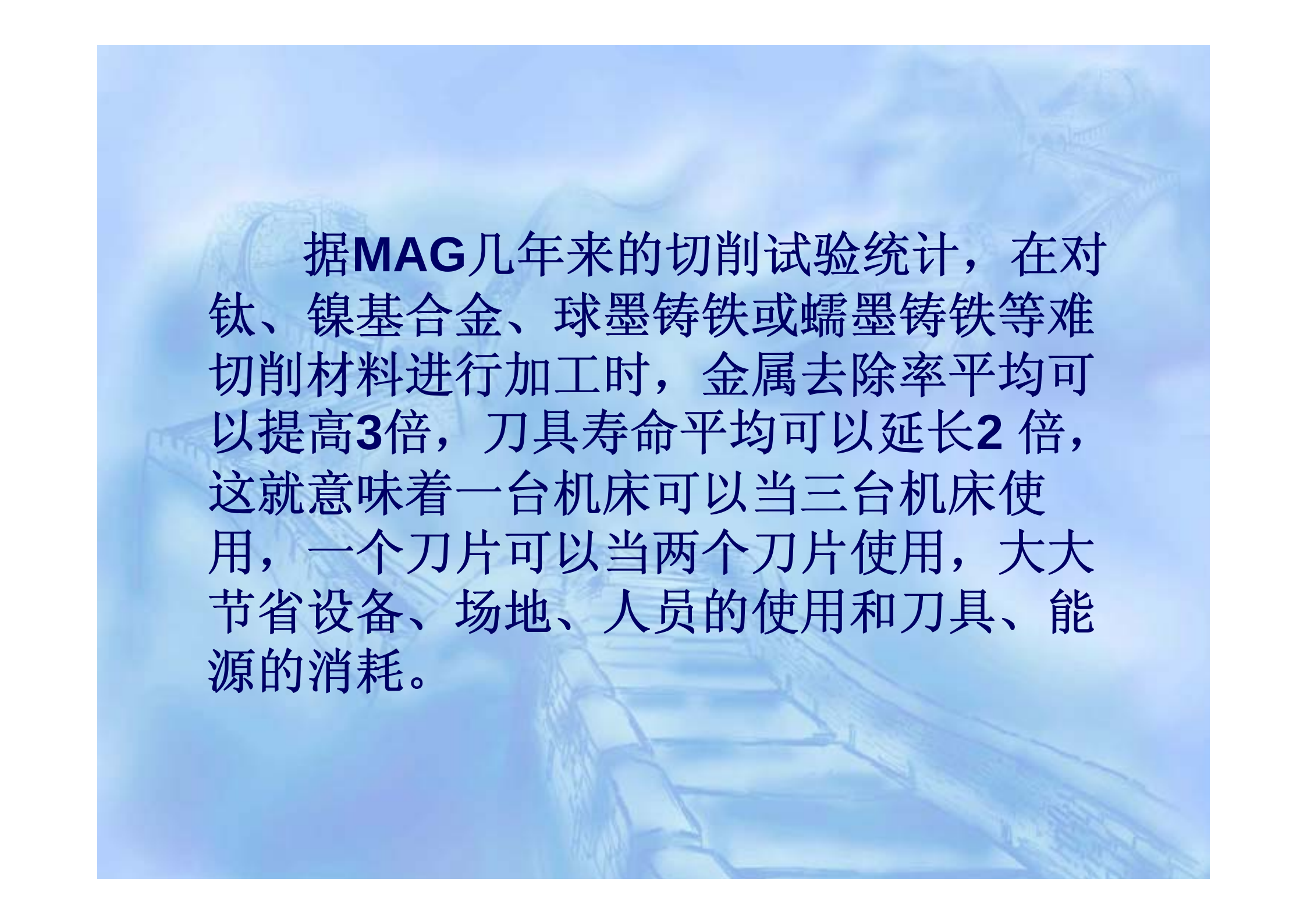
优酷



(2) 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。



3. 未来机床展望

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

