

模具技术在功能部件产品制造中的 重要性和决定作用

■ 大连高金数控集团有限公司高级工程师 吕 祎

摘要：阐述模具技术在滚柱直线导轨副和滚珠丝杠副产品制造中的具体应用，指出模具技术在功能部件产品制造中的重要性和决定作用。



高档数控机床是装备制造业的工作母机，精密滚动直线导轨副、精密滚珠丝杠以及主轴等功能部件是数控机床的核心部件及必需品。尤其是大批量生产的功能部件中的塑料件、橡胶件等，不得不借助于高效、高精、成形率高、尺寸稳定以及有良好互换性的模具技术完成制造。下面以LR45滚柱直线导轨副、滚珠丝杠副制造为例，诠释模具技术在功能部件产品制造领域的重要性和决定作用。

1. 模具制造业所用数控机床

精密数控车削中心机床（见图1）、精密数控内外圆磨床、精密立式加工中心机床（见图2）、精密卧式加工中心机床（见图3）、精密数控电火花成形机床（见图4）、精密慢走丝线切割机床等，是制造模具必需的设备。这些机床少不了功能部件作支撑，亦是模具制造技术适应功能部件产品制造的先决条件。模具制造业与功能部件产品有着必然的联系。

2. 模具技术在滚柱直线导轨副产品制造中的应用

作为直线导向元件的滚柱直线导轨副（见图5），其精度决定数控机床的导向精度，关键零件的制造至关重要。导轨、滑座、返向器、滚道柱、保持链、减振刮屑板以及密封端盖等件须利用模具技术完成制造。

（1）导轨。毛坯由热轧圆钢经退火、冷拔处理，利用精密模具成形技术，在精密冷拉机床上



图1 DL-20MH精密数控车削中心机床



图2 VDL1000E精密立式加工中心机床



图3 MDH40P精密卧式加工中心机床



图4 精密数控电火花成形机床

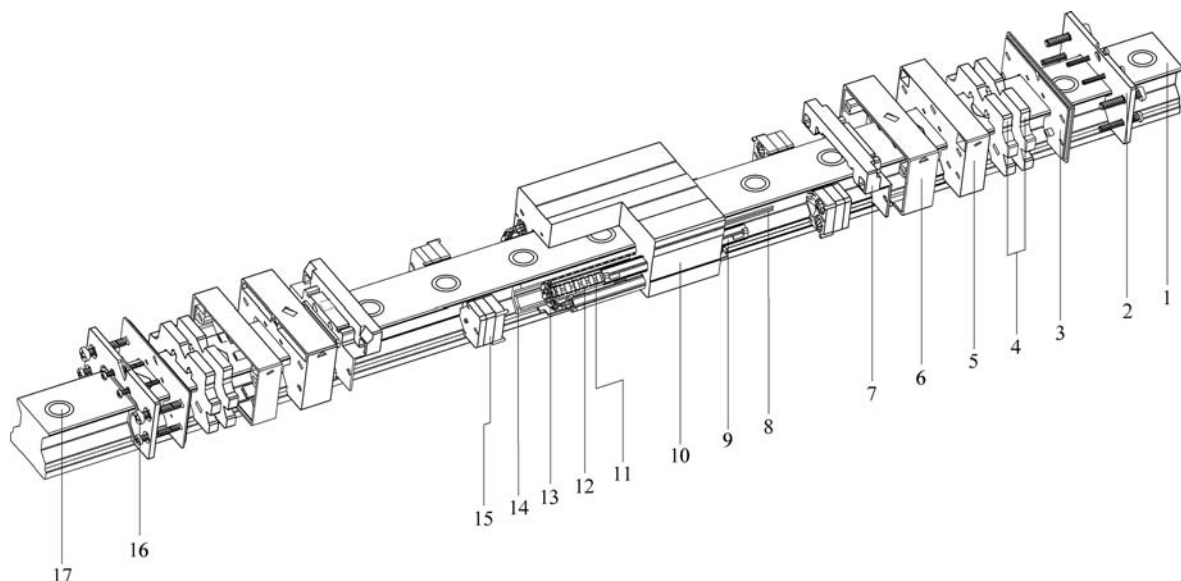


图5 滚柱直线导轨副

1.导轨 2.密封端盖 3.润滑板盖 4.润滑板 5.润滑板罩 6.反向器罩 7.减振密封垫 8.保持钢丝 9.滚道柱 10.矩形滑座 11.保持链 12.滚柱 13.密封底片 14.保持架 15.反向器组件 16.螺钉 17.孔塞

冷拉成形（见图6），提高了金属利用率，降低了成本。

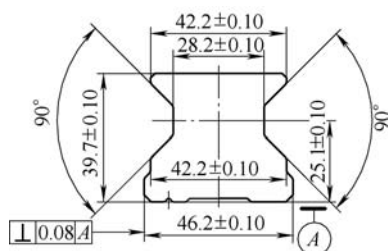


图6 导轨冷拉成形毛坯图

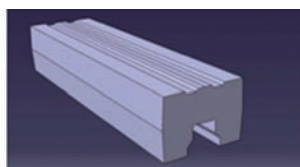
（2）矩形滑座。利用精密模具成形技术，一料多件，精锻成形（见图7），滑座内型腔已成形，加工余量减少，毛坯质量减轻，金属利用率提高，成本降低，缩短了生产周期，取得了显著的经济效益。

（3）反向器。反向循环系统是滚柱直线导轨副的核心（见图8），而反向器是核心的核心（见图9）。反向器组件中各件结构复杂、形状各异。其中反向器罩如图10所示，引导反向器如图11所示，上反向器如图12所示，下反向器如图13所示，减振刮屑板如图14所示。采用高刚性高塑性工程塑料，用三维立体仿真、注塑模具精密成形技术，一次注射成形，一次开模成功，保证零件一次设计制成成品。并将复杂型腔关键尺寸、关键定位尺寸公差控制在 $\pm 0.05\text{mm}$ 内，从而保证滚柱循环时产品的流畅性好、手感好以及噪声低。

（4）隔离保持架、保持链（见图15~17）。通过与滚动轴承保持架材料特性进行对比，选特种复合塑料、特殊成形模



(a) 传统毛坯



(b) 优化后毛坯

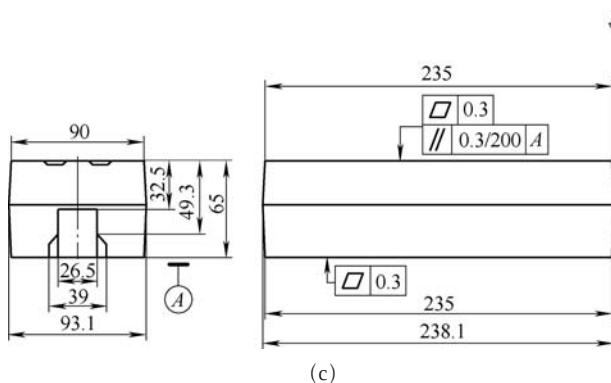


图7 高效精密模锻毛坯



图8 滚柱直线导轨副反向循环结构

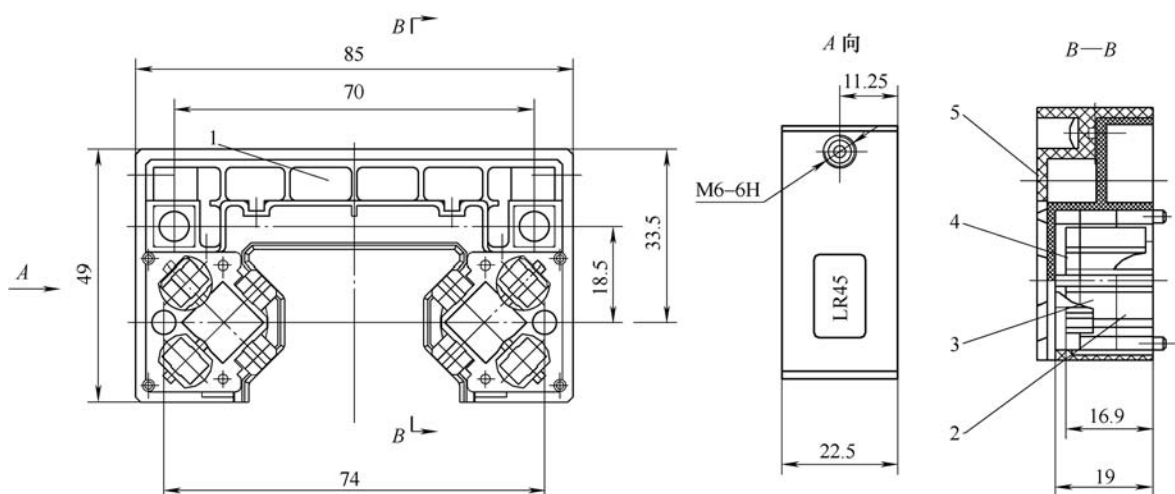


图9 返向器组件

1.减振刮屑板 2.下返向器 3.上返向器 4.引导返向器 5.返向器罩

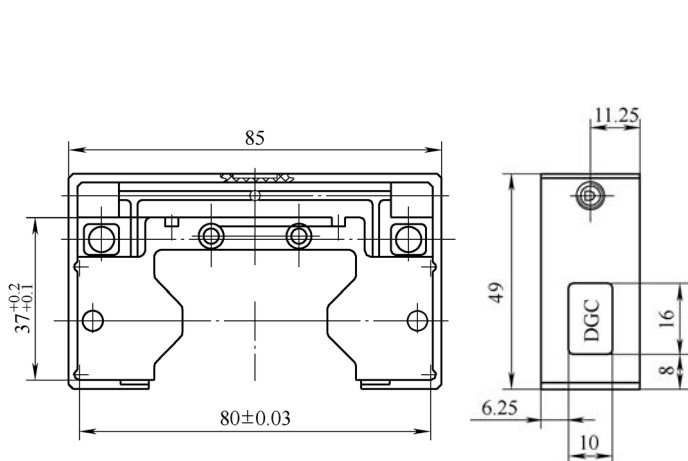


图10 返向器罩

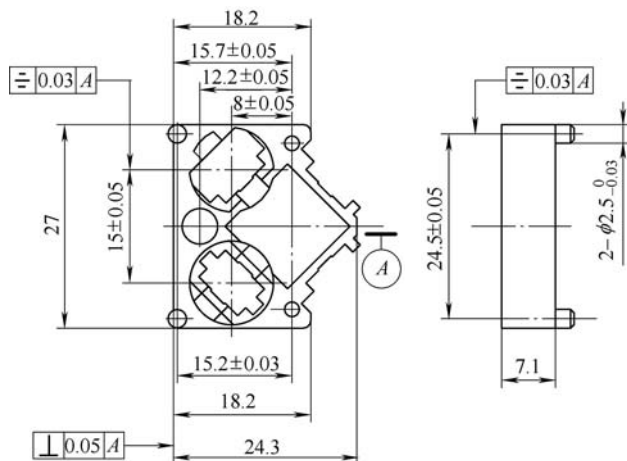


图11 引导返向器

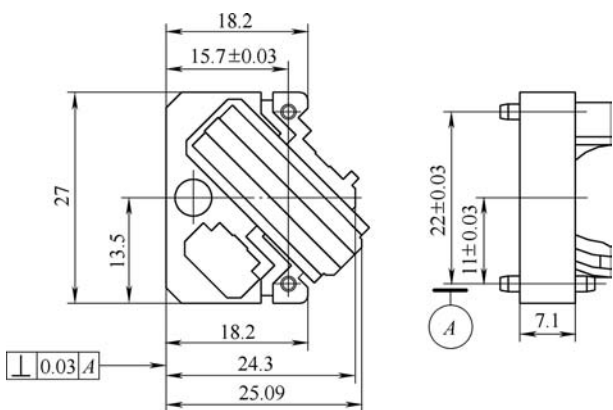


图12 上返向器

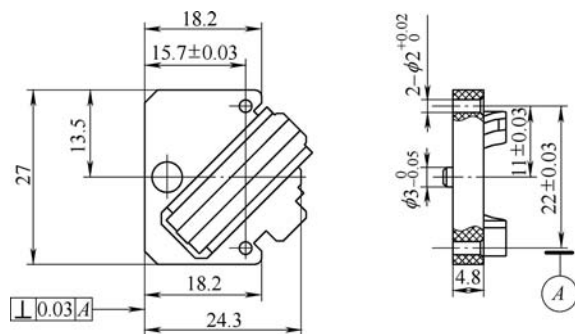


图13 下返向器

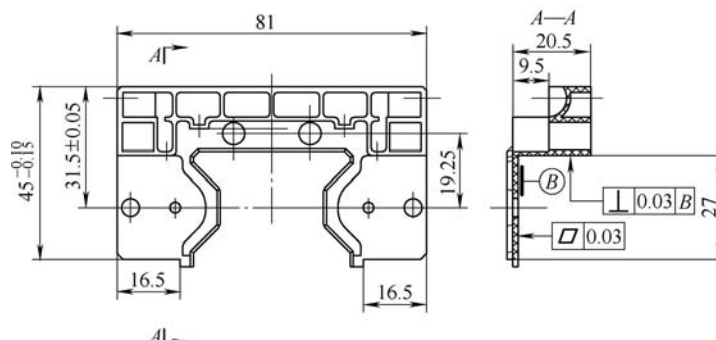
具技术，以达到零件的设计要求，保证顺利脱模。避免高速、重载直线导轨副运动过程中滚柱相互碰撞与发热现象，保证实现高精度、高速度和低噪声等优良

特性。受履带式链条结构启发，在滚动体之间加装一条链状结构的隔离保持架，完成滚柱相互隔离与运动姿态校正，消除运行中滚柱之间的逆向阻碍和碰撞，有

效减小和消除滚动阻力。并使滚柱在无限循环时整齐排列，达到流畅稳定的纯滚动状态，实现高速、静音和高精的运动特性。另外，在结构设计上还根据材料的

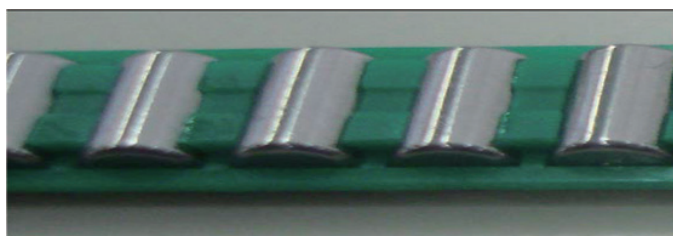


(a)

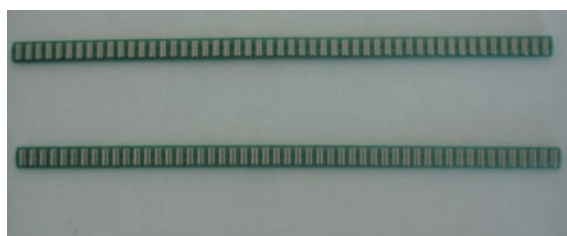


(b)

图14 减振刮屑板



(a)



(b)

图15 带隔离保持链实物

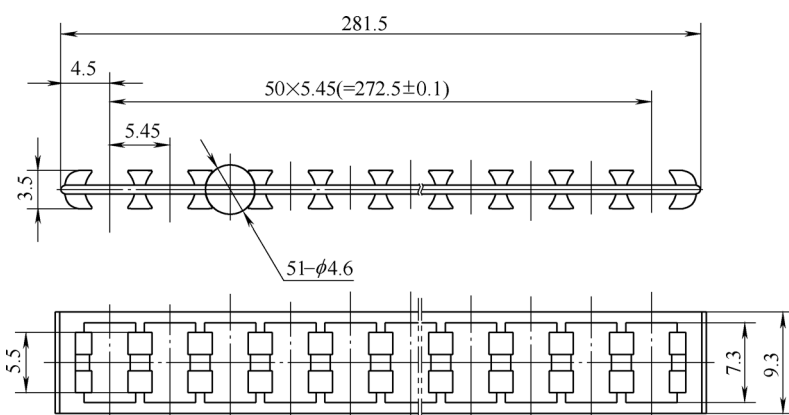


图16 保持链简图

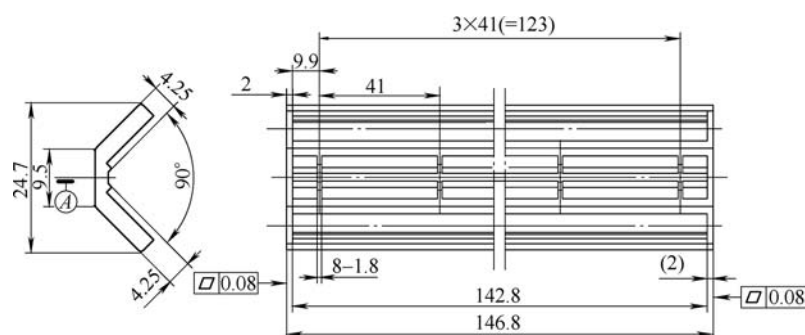


图17 保持架简图

自润性能，巧妙叠加了额外的滚柱润滑功能。既利用两个滚动框架之间的间隔部分，又增加坑状凹槽，预留储存润滑剂的空间，

附加储存润滑油（脂）功能。

(5) 密封端盖、密封底片。目前国内密封端盖、密封底片材料采用ABS工程塑料。为达到密

封效果，滑座组件的密封件在运动部件中，其结构在设计时预加一定的过盈量，为0.1~0.3mm，起到与导轨接触面部位的密封作用。材质ABS工程塑料的零件，用模具成形时过盈量会增大，变为刚性接触，导致运动摩擦阻力增大。摩擦力的波动变化直接影响产品的运动平稳性和使用寿命。减小或消除过盈量，可提高运动平稳性，但密封效果则基本丧失或难以达到密封效果。运动部件中的密封底片、密封端盖材料采用NBR-优质耐油橡胶，柔软性接近天然橡胶，具有良好的弹性，耐油、油脂性，耐水、耐热和耐寒性。橡胶材料作为密封件的首选材料，用模具成形技术加工较简单。单纯以NBR作为密封件，材料本身特点决定了在运动密封件使用中会带来强度低、易磨损的问题，影响产品的使用寿命。恒压力自适应调整密封结构如图18所示，其中密封端盖组件

如图19所示,密封端盖骨架材料采用优质冷轧Q235-A钢板。密封底片如图20所示。

(6) 减振结构。借助于强大的模具设计及制造技术,解决直线导轨副产品的塑料件、橡胶件等件的制造问题。为提升产品的性能,开发高弹性蜗状迷宫式减振结构(见图21)。该结构的研究成果与技术创新点在于:为减小滚柱运动时产生的振动对滑座乃至整个运动系统的影响,在比较目前国内减振技术及结构的基础上,借鉴抗震建筑墙体“空心砖”减振设计结构,高速公路

“大气孔”沥青路面降噪技术,高档影院、录音室墙壁装修中广泛采用“蜗状吸音”材料的技术原理,设计成蜗状迷宫式结构减振垫,使滚柱产生的振动能量迅速衰减。在此基础上,与反向器组件、反向器罩组合后安装于滑座两端。经实际验证,与没加装蜗状减振结构的同类产品相比,有效降低直线导轨运动中的振动与噪声。该技术已全面应用于高速、重载、精密滚柱直线导轨副产品上,经现场综合性能试验与测试,与普通产品对比,噪声降低4dB。

(7) 装配轨、保持钢丝。装配轨材料为ABS,保持钢丝材料为1Cr18Ni9Ti,也是借助模具技术制成成品。

3. 模具技术在滚珠丝杠副产品制造中的应用

高速滚珠丝杠副结构如图22所示。基于模具技术,将粉末注射成形技术(PIM技术)方法成功应用于17-4PH不锈钢反向装置、TiAl合金内循环和外循环反向器(见图23)以及导珠管(见图24)的开发研制,既能全面满足滚珠丝杠副对反向装置的要

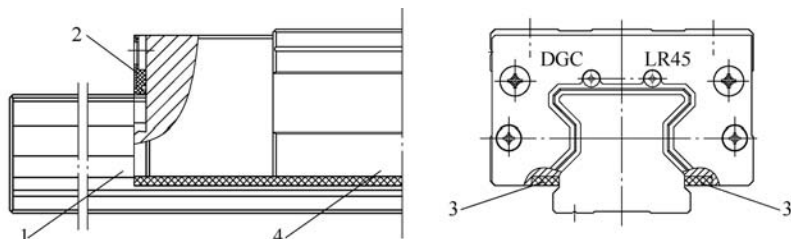


图18 恒压力自适应调整密封结构

1.直线导轨(固定部件) 2.密封端盖 3.密封底片 4.滑座组件(运动部件)

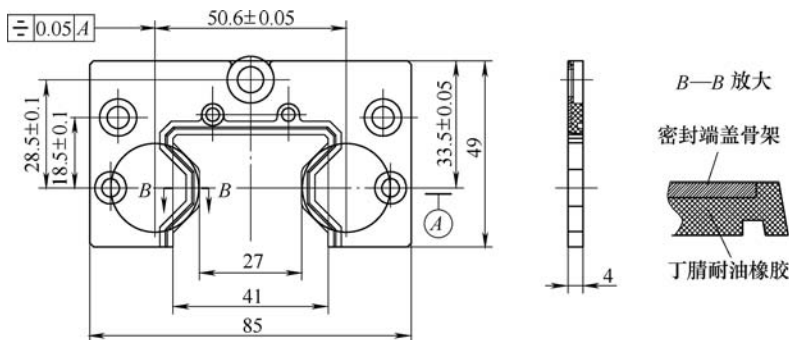


图19 密封端盖组件

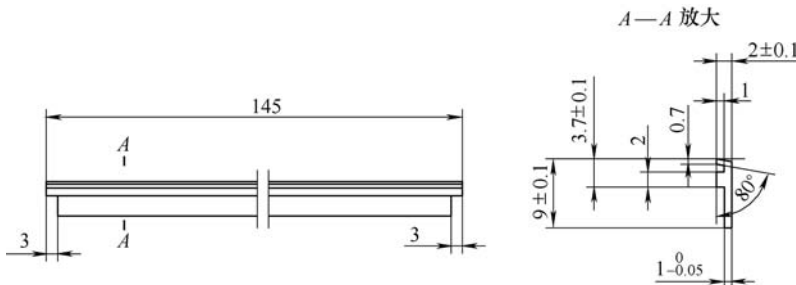


图20 密封底片

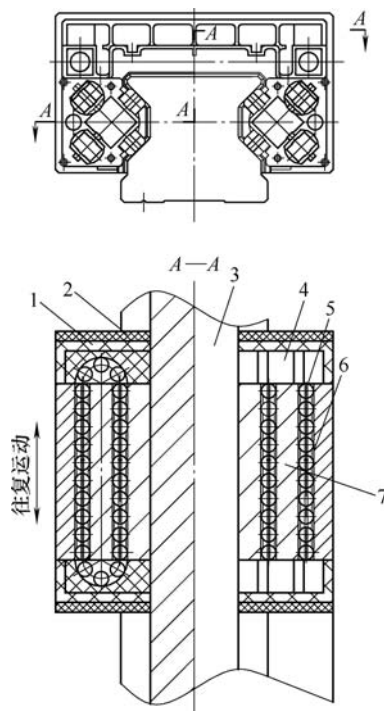


图21 高弹性蜗状迷宫式减振结构

1.反向器 2.密封端盖 3.导轨
4.蜗状减振机构 5.保持链 6.滚柱 7.滑座



图22 高速滚珠丝杠副结构模型



(a)



(b)



(c)

图23 返向器

求，又为返向器、导珠管的设计和制造带来了创新性突破，更为返向装置的优化设计创造了十分有利的条件，实现了高质量精密零件的近净成形绿色制造，已批量生产。在技术上获得了重大突破，取得了更大的经济效益。

用PIM技术制造导珠管的五大优势包括：①内孔各区段孔径尺寸一致性好，拐弯段的圆度误差大大减小，改善了滚珠的流畅性。②壁厚度可按需加厚，可提高导珠管的工作强度和使用寿命。③管孔平滑，内表面粗糙度质量远远优于弯管工艺所得，内孔无需后序再加工。④整个导珠管是一次成形，既省去管舌的机械加工，又大幅提高了管舌质量。⑤易于实现三维型导珠管的一次成形。

生产实践表明，用PIM技术制造的返向器、导珠管等形状复杂的精密零件，内部组织致密均匀，表面质量、精度和尺寸一致性好，寿命和可靠性远远高于工程塑料。既提高了产能，又提高

了滚珠丝杠副产品的档次及品质。

4. 结语

在滚柱直线导轨副、滚珠丝杠副产品制造中，充分发挥模具制造产品的优点，即生产率高、节省原材料、操作工艺简单及对操作者技艺要求低、能制造出形状复杂的零件制品、精度高、尺寸稳定、有良好的互换性、制成的零件和制品不需进一步的机械加工、易于实现自动化生产、成本低以及更适用于大批量生产，可为功能部件制造企业节约大量成本，大幅提高产能，缩短制造周期，占领市场，赢得巨大利润，最主要的是提高功能部件产品的档次及质量，全面反映了模具技术的重要性和决定作用。为实现由“制造大国”向“制造强国”的转变，滚柱直线导轨副、滚珠丝杠副制造企业获得了千载难逢的机遇，面临极大的挑战，也对模具设计及制造技术提出了更高的要求：要在高可靠性、高精度、高效性、高强度和环保性等方面不断进行科技攻关、不断创新，形成自身的特色，抢占模具技术发展的制高点。

参考文献：

- [1] 彭建声. 简明模具工实用手册[M]. 北京：机械工业出版社，1994.
- [2] 塑料模设计手册编写组. 塑料模设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，1982.
- [3] 模具制造手册编写组. 模具制造手册[M]. 北京：机械工业出版社，1982.

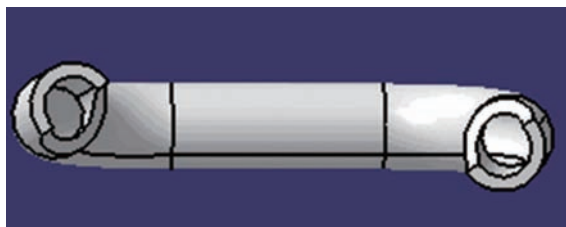
MW (收稿日期：20170407)



(a)

(b)

(c)



(d)



(e)

图24 导珠管