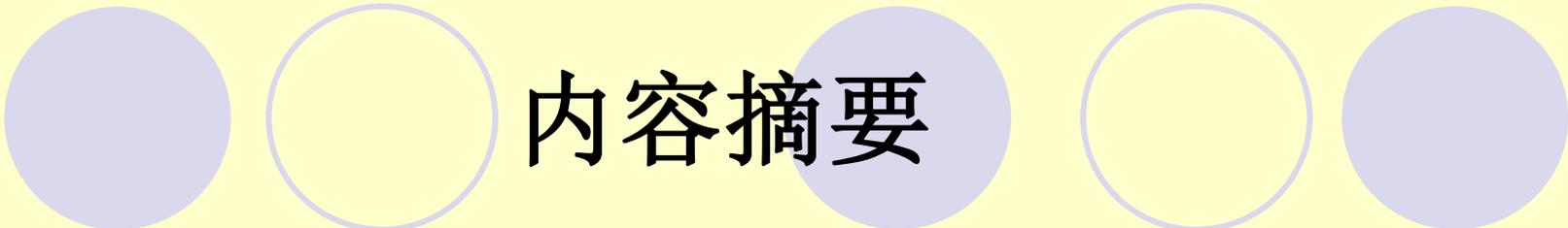


整体式热流道系统

华东理工大学高分子材料系退休教授
现任上海模具行业协会资深专家委员会主任
现任上海占瑞模具设备有限公司顾问

讲解：徐佩弦



内容摘要

- 介绍注射模热流道技术发展和现状。着重讨论整体式热流道系统的发展和优势。陈述时间顺序控制针阀式喷嘴的无熔合缝注射。介绍整体式热流道的结构和技术要点。

热流道技术发展—国外品牌热流道公司进入

上世纪九十年代，世界上著名品牌的热流道公司进入我国注塑模生产的市场。在我国模具市场影响较大的有加拿大**Mold-Masters**公司，美国**DME**公司和德国**HASCO**公司。在经营初期，流道板在上海的总部加工生产，喷嘴等标准件从国外空运邮寄。如今，所有的热流道器件都在国内加工。为了获取廉价的劳动力，又将生产总部迁到苏州。其中年产值最大的是加拿大**Mold-Masters**公司和韩国的**YUDO**公司，年产值有几个亿。前者是品种齐全，制造精良，营业额大。后者是韩国在华的三星和**TCL**等企业，只认购**YUDO**公司的热流道产品。美国**DME**和德国**HASCO**的热流道产品，常由客户指定装在出口的注塑模中。它们的产品质量可靠，但价格高昂。进驻上海的还有美国的**INCOE**硬壳公司和**Husky**公司。**INCOE**公司是1958年创建的热流道公司。还有意大利**Thermophay**、新西兰的**Mastip**、韩国**Hot System**、香港的热流道科技和台湾的映通等，有十几家。近年来，美国**ynventive**公司以最新的热流道技术进创收我国市场，颇具影响力。

热流道技术的发展--热流道业内专家分析

- 近年来，汽车和消费电子产品中的塑料制件的生产批量很大。生产这些高档注塑件的工程塑料和耐热塑料的价格升高。据生产这类注塑模的企业统计，这两类注塑模中应用热流道系统已占模具总数的**50%**以上。因此，热流道器件生产的发展前景看好。

热流道技术应用现状—众多的热流道专业公司

08年后，全国各地纷纷创建热流道专业公司。广州地区的专业公司众多，其中，麦士德热流道公司的年销量有几千万。浙江地区有四十多家热流道公司。其中，年销量一千万以上有恩纳克热流道公司和恒道科技有限公司两家。

上海大多是年销售额几百万的微型企业，有近二十家。上海占瑞模具设备有限公司是集研发、设计、制造和销售热流道系统的专业化公司。近百名职工，年销量有2~4千万元。

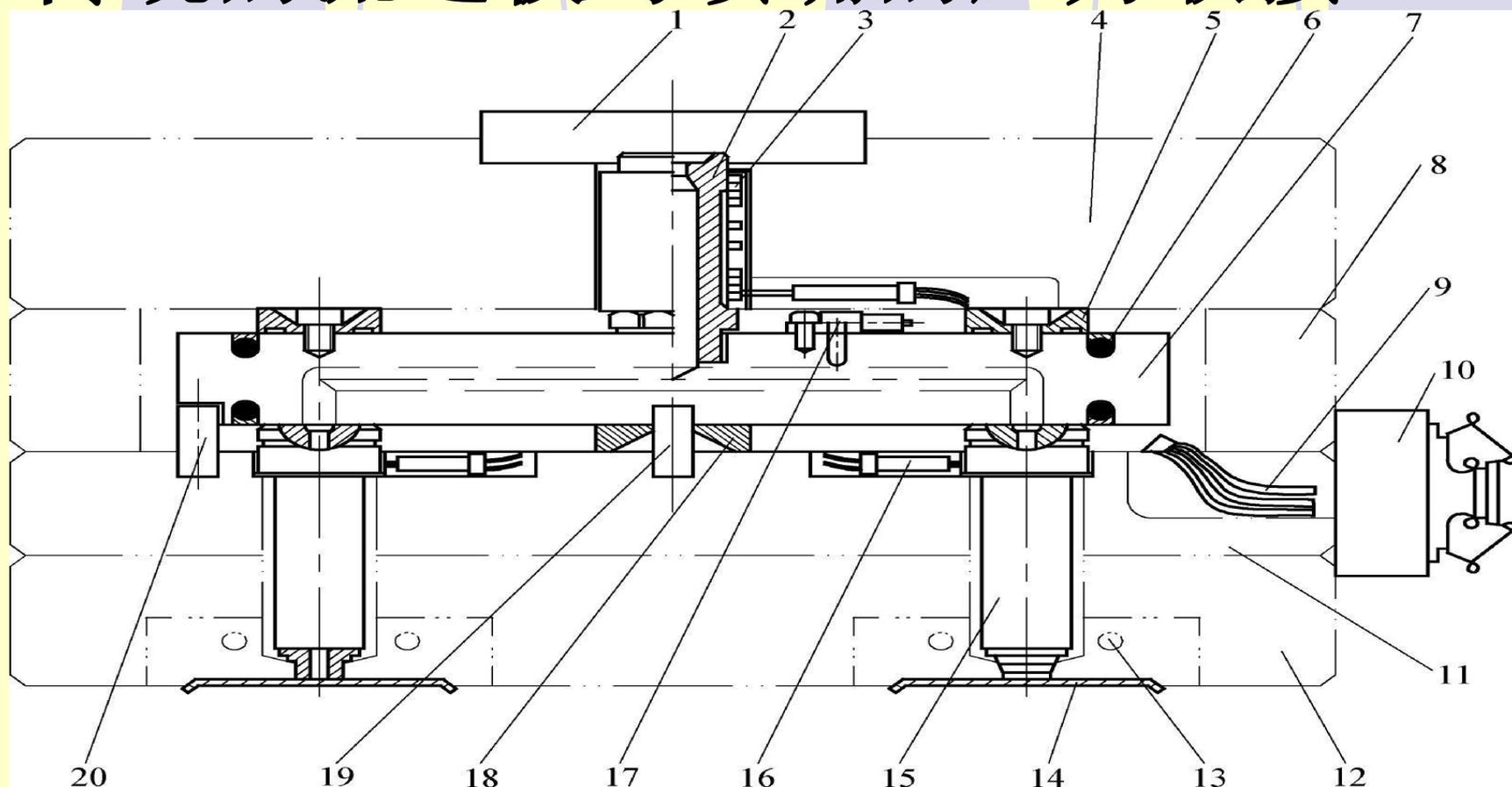
热流道技术应用现状—专业分工和标准件供应

出现了生产热流道器件零配件的专门公司。如厦门有流道板电加热盘条的供应商；大连的“盘起”专业生产针阀式喷嘴的阀针等。热流道的各种规格电气接线盒、绝热橡胶板等都有供应商。喷嘴加热铜套，要挖出不等距的螺旋槽，嵌入加热线圈。必须用四联动的数控铣床加工，大多数热流道生产企业没有这种加工设备，由专门厂家代加工。网上下定单，零件快递，热流道零配件的专门化生产，促成热流道器件生产周期缩短，节奏加快。

热流道技术的发展—国内热流道产业

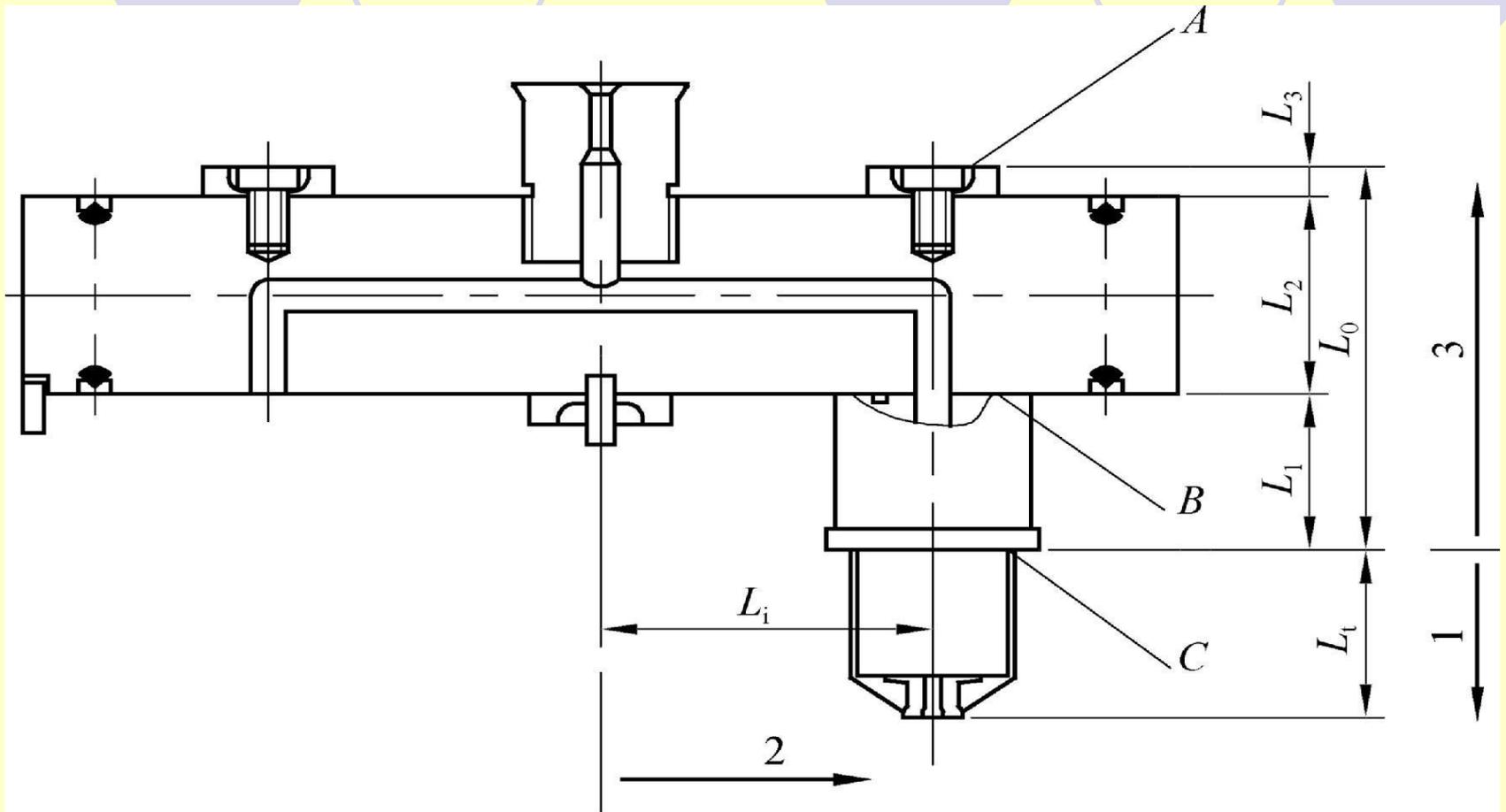
- 本产业的投资规模和从业人员数，大致达到国际水平。但在技术水平和产品质量上有较大差距。转型升级的目标是创建民族品牌和国际品牌。十多年来，热流道企业创办了很多，关停也不少。说明发展热流道技术的关键是人材。

传统的流道板与喷嘴的压力联接



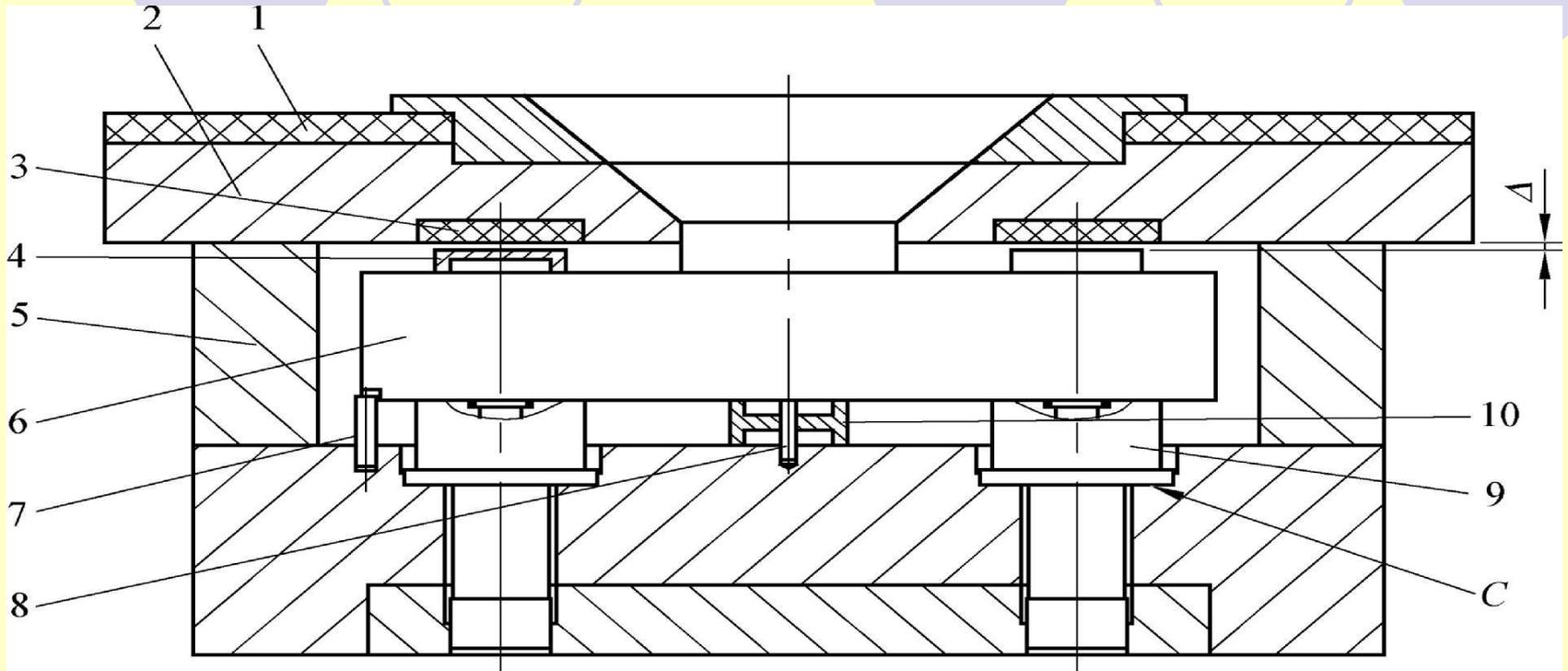
- 1-中心定位环；2-主流道喷嘴；3-主流道喷嘴的加热器；4-定模固定板；
- 5-承压圈；6-电热弯管；7-流道板（分流板）；8-垫板；9-耐温导线；
- 10-接线盒；11-定模夹板；12-定模板；13-冷却水孔；14-注塑件；
- 15-分喷嘴；16-喷嘴加热器；17-流道板测温热电偶；18-支承垫；
- 19-中心定位销；20-止转销

热流道系统的热膨胀趋势



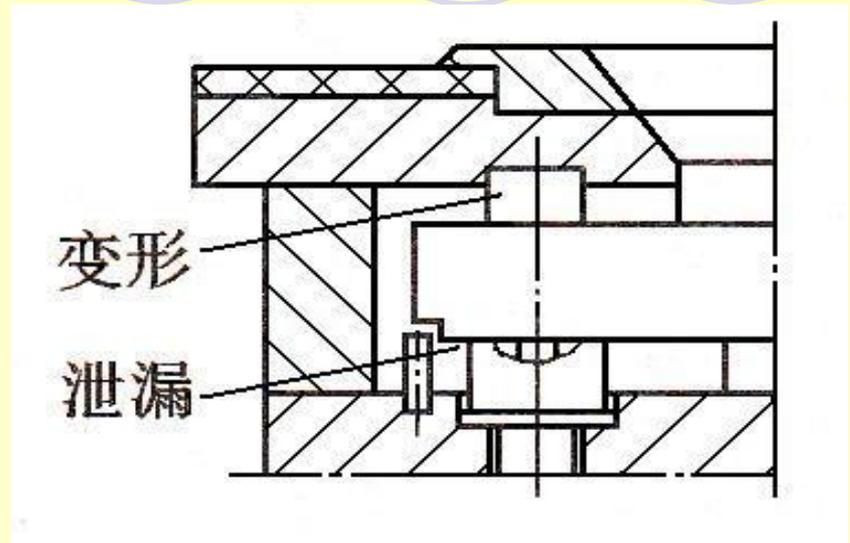
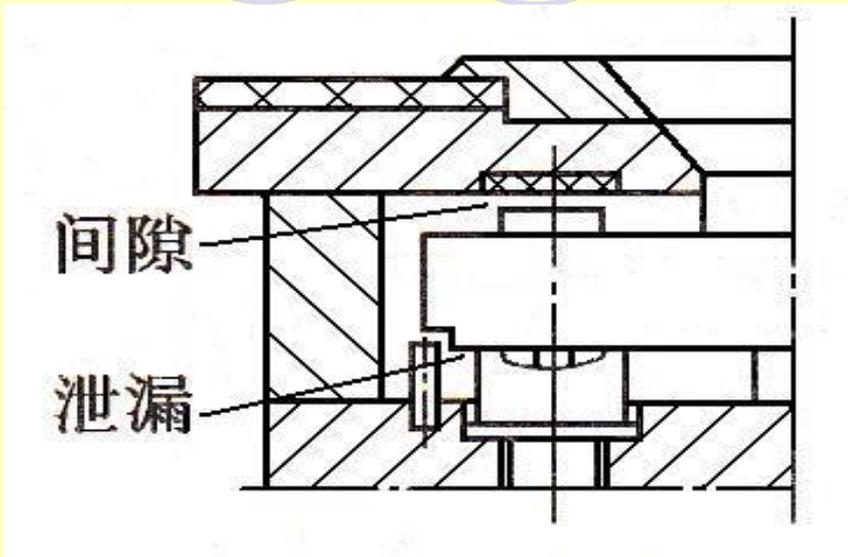
- 1-喷嘴的热膨胀 L_t ； 2-流道板横向热膨胀 L_i ； 3-喷嘴轴线方向热膨胀 L_o 。
- A-间隙面； B-熔料泄漏面； C-喷嘴安装台肩

流道板的热补偿结构



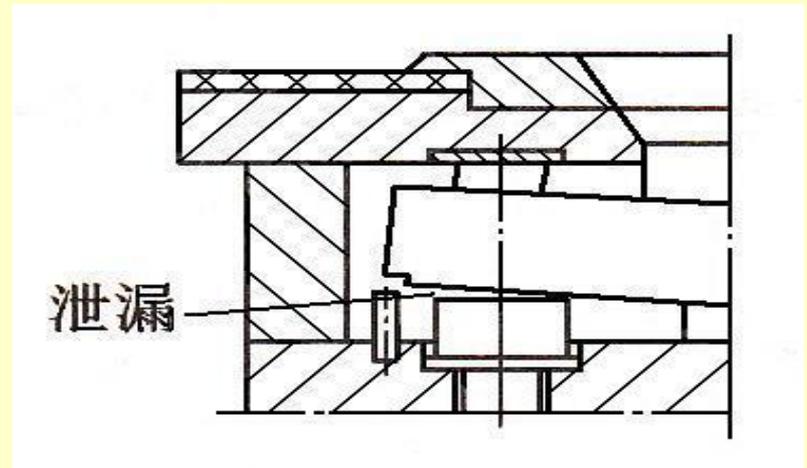
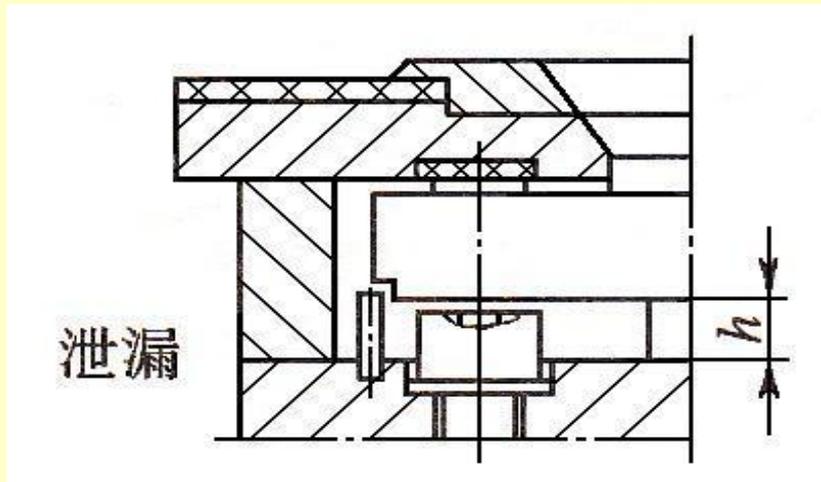
- 1-绝热板； 2-定模固定板； 3-嵌件； 4-承压圈； 5-垫块； 6-流道板；
- 7-止转销； 8-定位销； 9-分喷嘴； 10-支承垫
- **Delta** -注射点轴线方向应留间隙； **C**-分喷嘴定位基准面

压力联接产生的熔料泄漏之一



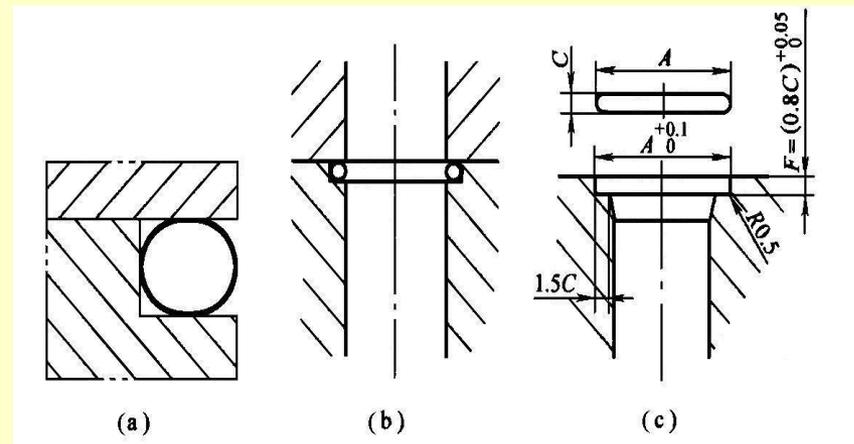
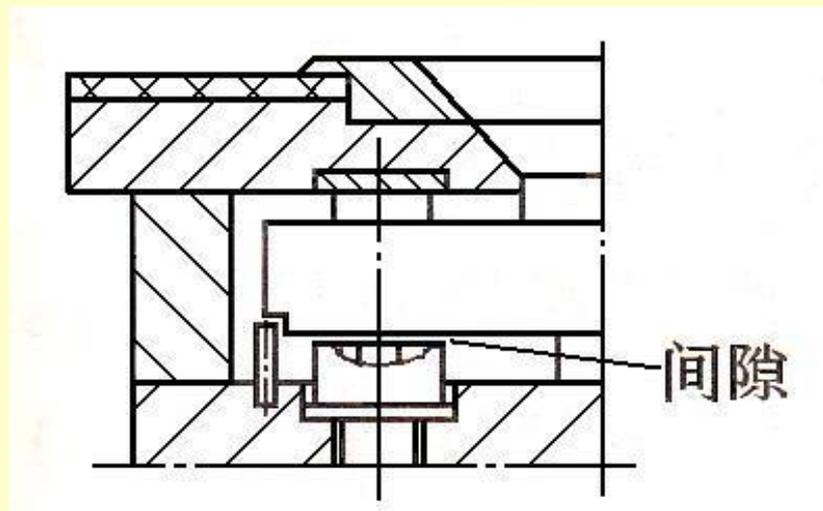
- 左图:由于过量的间隙, 注射压力作用下喷嘴与流道板脱离, 其间熔料泄漏。
- 右图:间隙过小, 热伸长超过预期。承压圈陷进了定模固定板, 防止了流道沿着喷嘴表面移动。但喷嘴被推到一侧, 两者的流道错位, 熔料泄漏。

压力联接产生的熔料泄漏之二



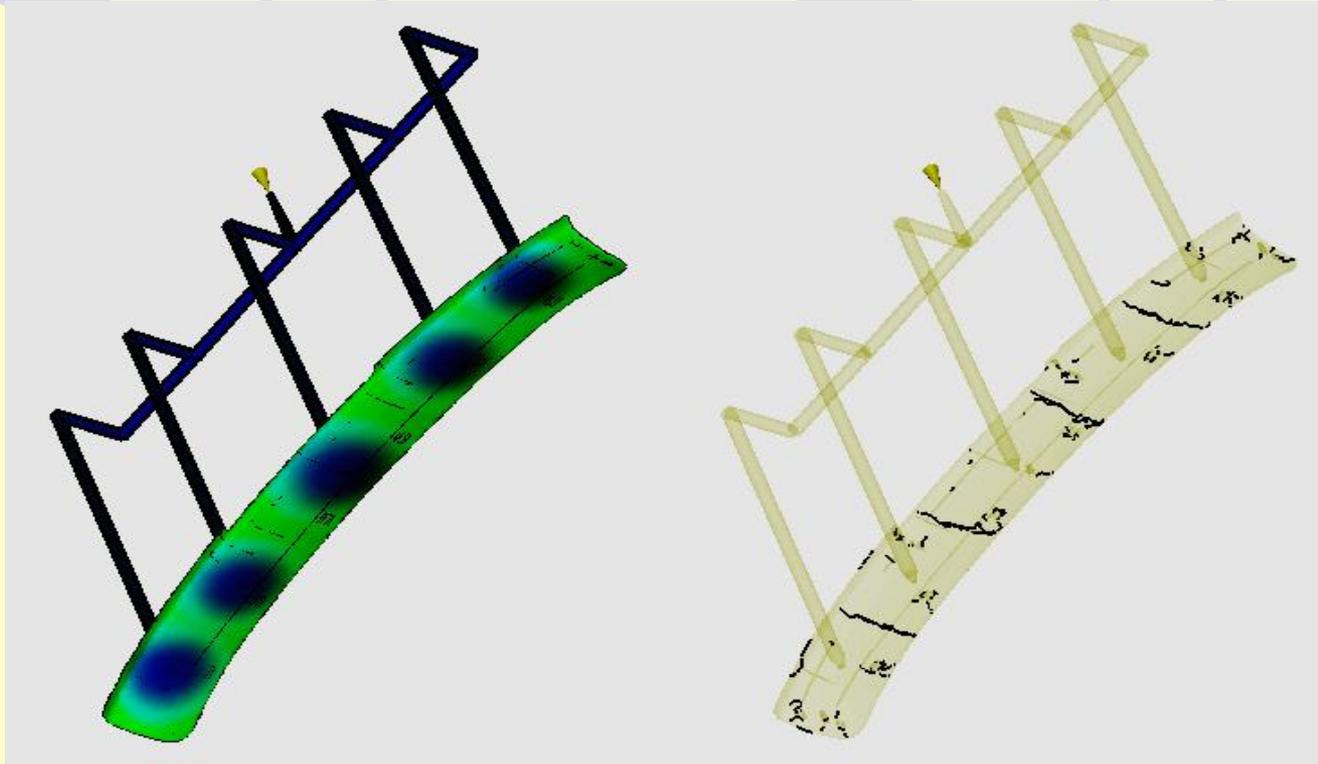
- 左图:由于支承垫太高，流道板被架空在支承垫上。流道板与喷嘴脱离，其间熔料泄漏。
- 右图:由于支承垫太低，从注射机料筒施加压力将支承垫压塌。流道板弯曲变形引起熔料泄漏。

压力联接产生的熔料泄漏之三



- 左图: O形密封圈在喷嘴平面之上有约**0.3mm**的预压缩量。如果此密封圈没有预压量, 或者承压圈被磨的太短。喷嘴轴线方向没有初始压紧力, 系统加热后有熔料泄漏。
- 右图: 标准金属O形密封圈的密封 (a)原理; (b)装配图; (c)密封槽

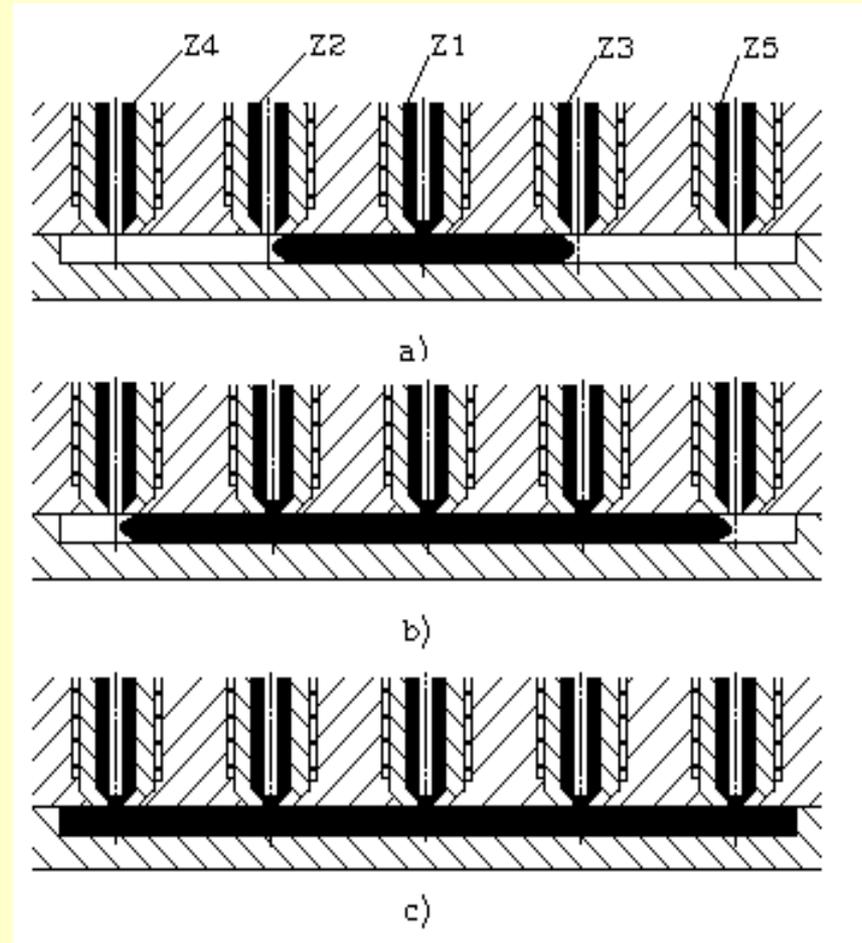
热流道技术应用—时间顺序控制的无缝注射



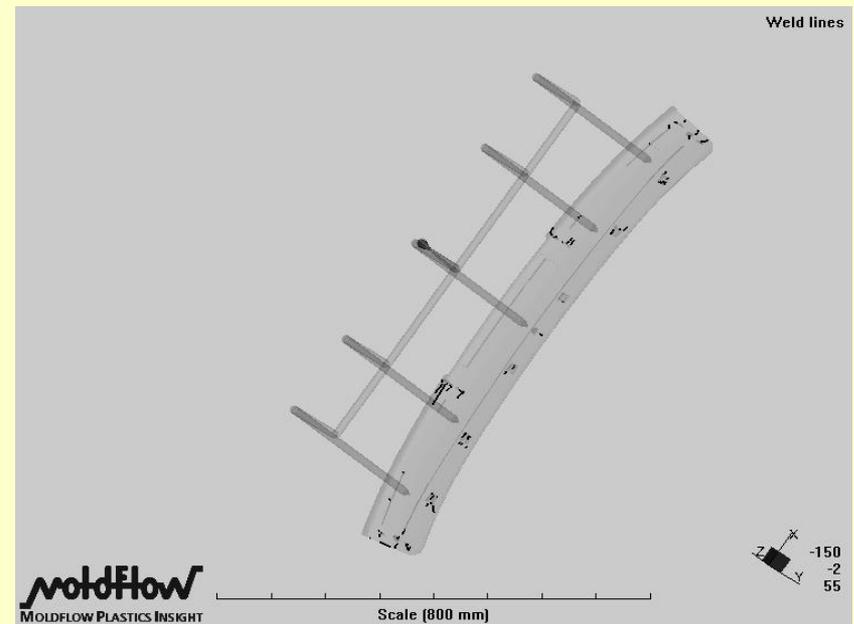
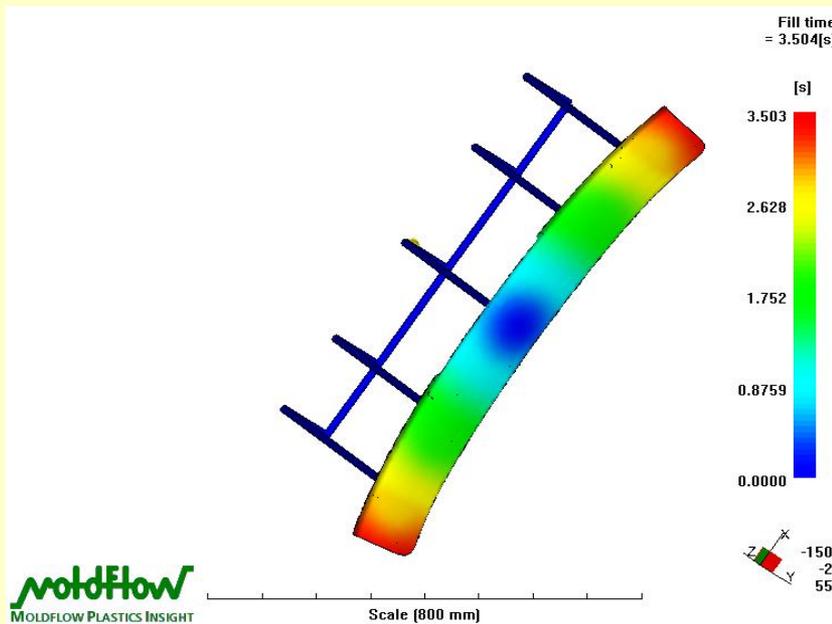
- 窄长的薄片塑料制品，要用多个针阀式喷嘴串接注射，形成熔合缝会使制品的强度变差。

热流道技术应用—时间顺序控制的无缝注射

- 串接式注射原理见。注射从中央的开关式喷嘴Z1开始，临近的喷嘴Z2和Z3，只有当熔料前沿经过它们时才打开。最后打开的喷嘴Z4和Z5射出熔料，将型腔充满后，所有的喷嘴必须打开，以实施保压过程。

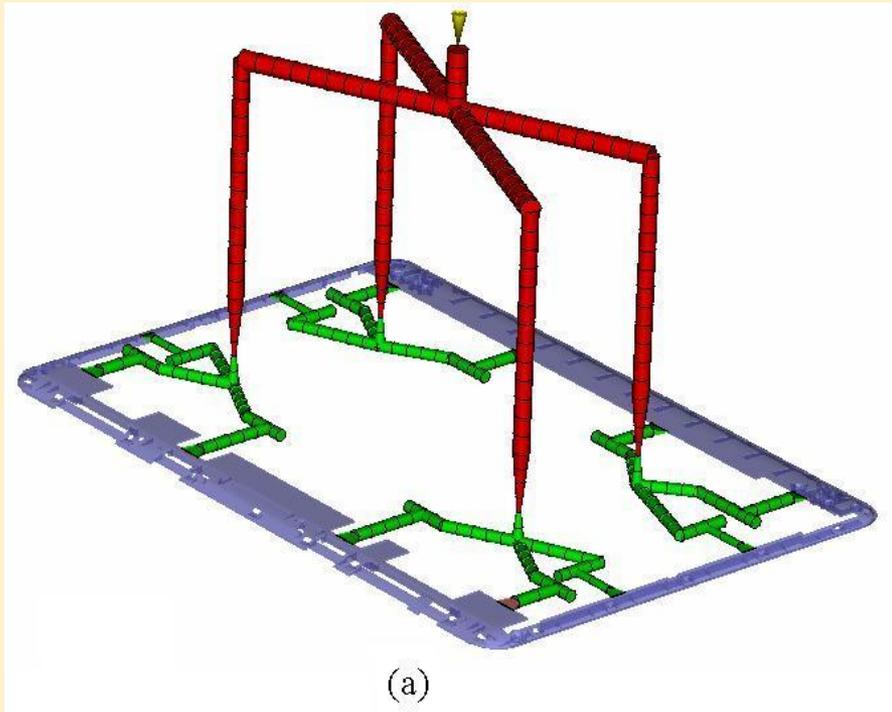


热流道技术应用—时间顺序控制的无缝注射



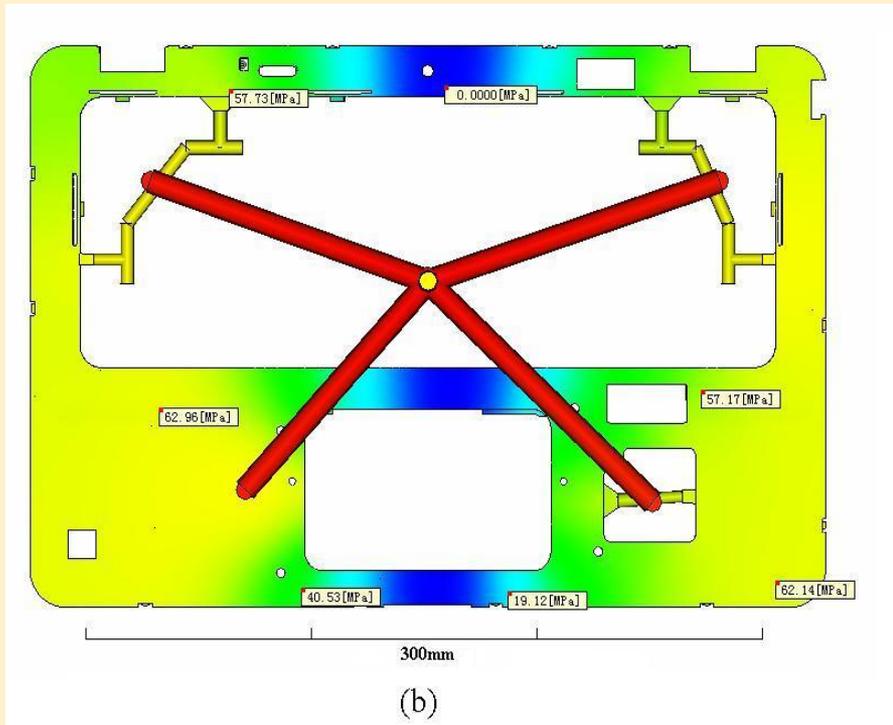
- 在动用moldflow流动分析的热流道系统工具的过程中，用时间控制的方法，确定各浇口开启时间。在此塑件的模拟过程中，经多次测试获得料流从Z1浇口，充满型腔体积，到达Z2或Z3的时间；从Z2或Z3到达Z4或Z5的时间，此时已充满型腔体积的76%。料流前锋的控制后，取得如图所示的无长条熔合缝的效果。

热流道技术应用—热流道+冷流道组合注射



- 左图所示是手提电脑上边框板件**PC/ABS**注射模塑板件。四周边条注射浇注的流程很长。边条薄板强度对熔合缝很敏感。为此上游为热流道系统，有热流道模分流和4个气动针阀式分喷嘴。对于每个分喷嘴，下游都有冷流道和三个侧浇口。

热流道技术应用—热流道+冷流道组合注射

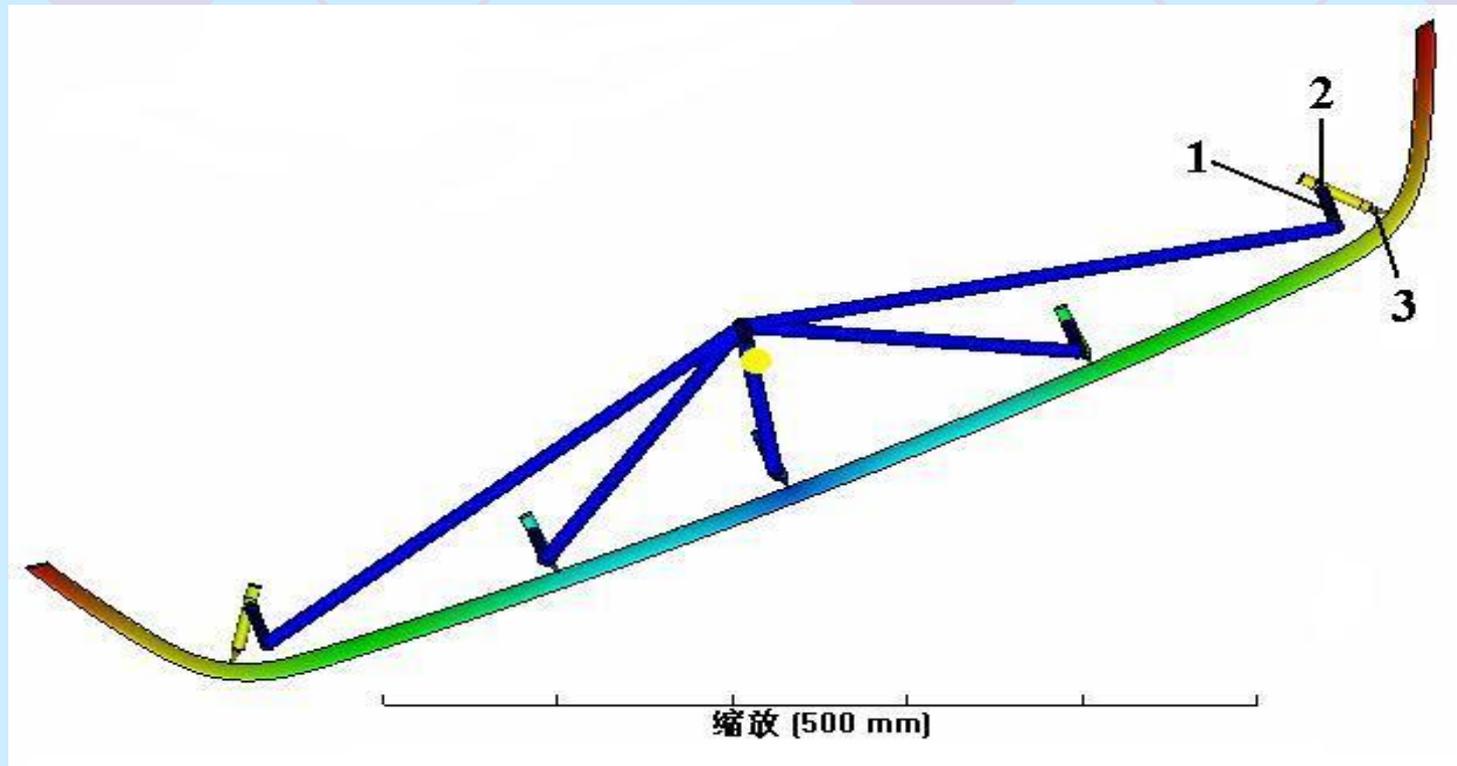


左图所示另一板件和浇注系统的压力分析。上游为热流道系统，同样有热流道分流和4个气动针阀式分喷嘴。其中三个分喷嘴下游是冷流道和多个矩形侧浇口。流动模拟时压力分布较合理，并控制了熔合缝的位置，保证了制品质量。将所有气动分喷嘴各个气动分喷嘴开启时间，在注射生产时就能更好控制熔合缝的位置。

热流道技术应用—热流道+冷流道组合注射

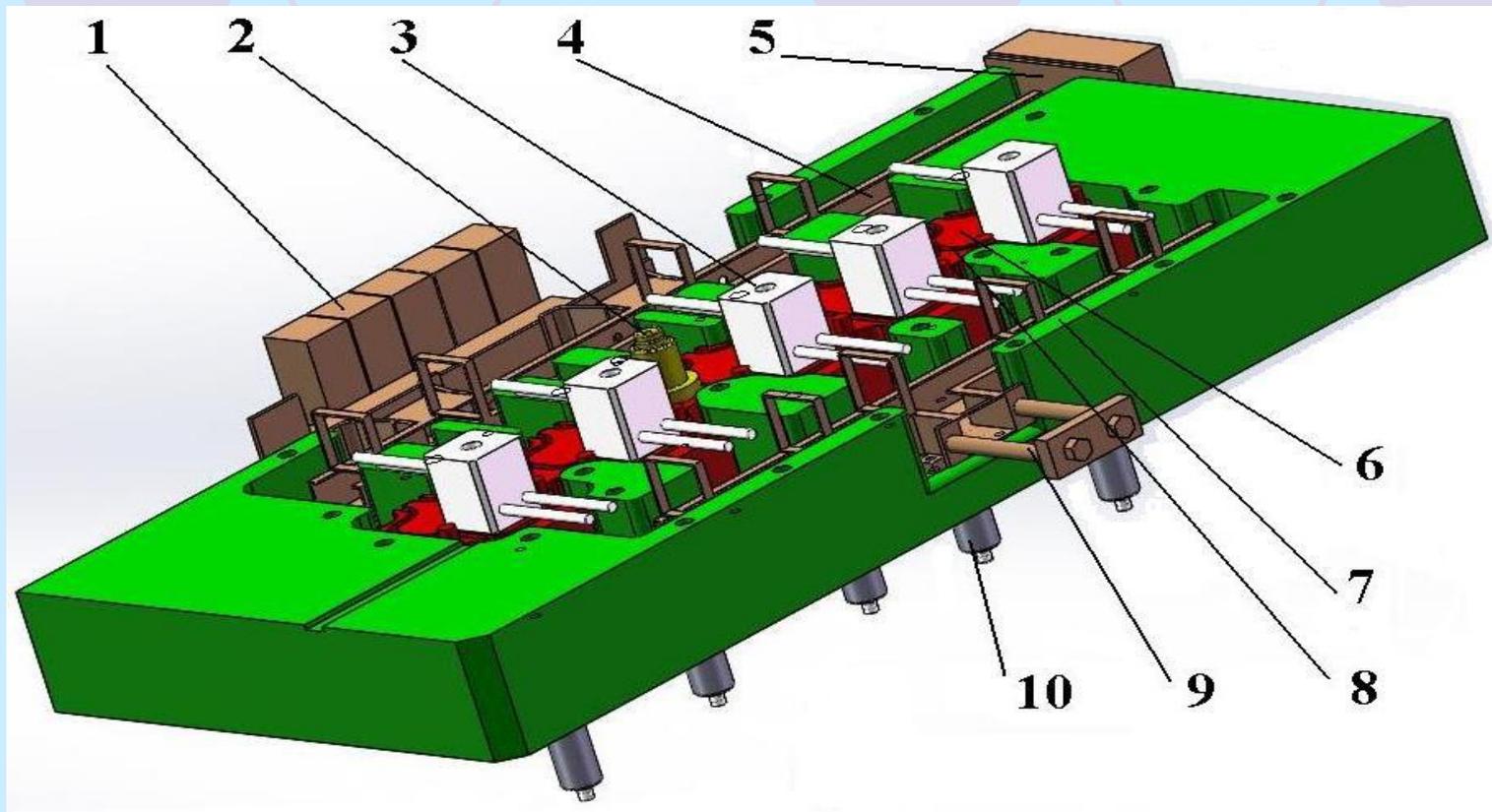
- 有些注塑件有很高的尺寸精度要求，被称为精密注射。要采用热流道技术受到种种限制。主要是浇口痕迹不能满足要求。热流道的喷嘴直接浇注制品，在大直径的浇口附近区域制件上往往有流动痕等缺陷。由于该区域在模具冷热的界面上，温度很难精确调节控制。因此用热流道系统时，在下游常设有冷流道、冷料井和点浇口。防止冷料注入塑件。

整体式热流道系统--注射实例



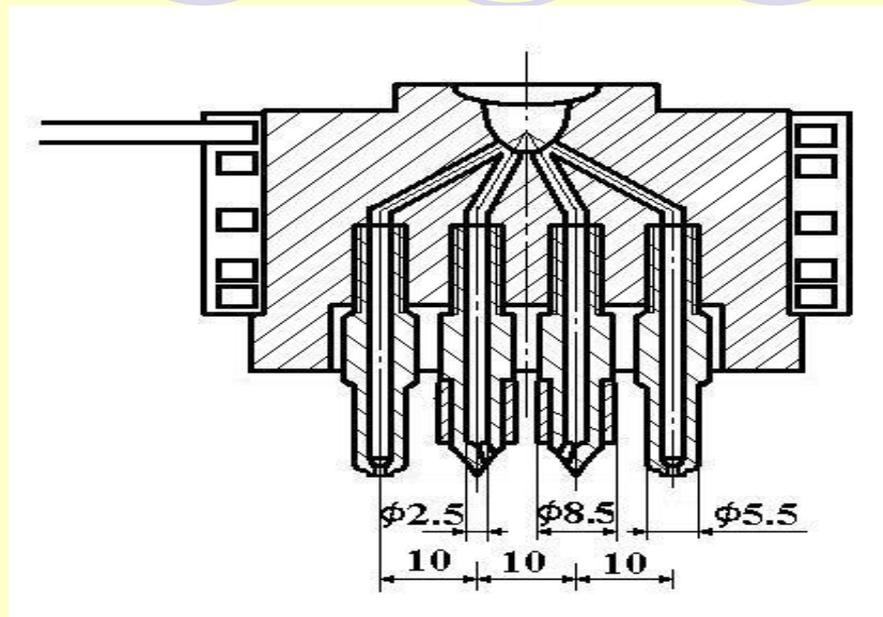
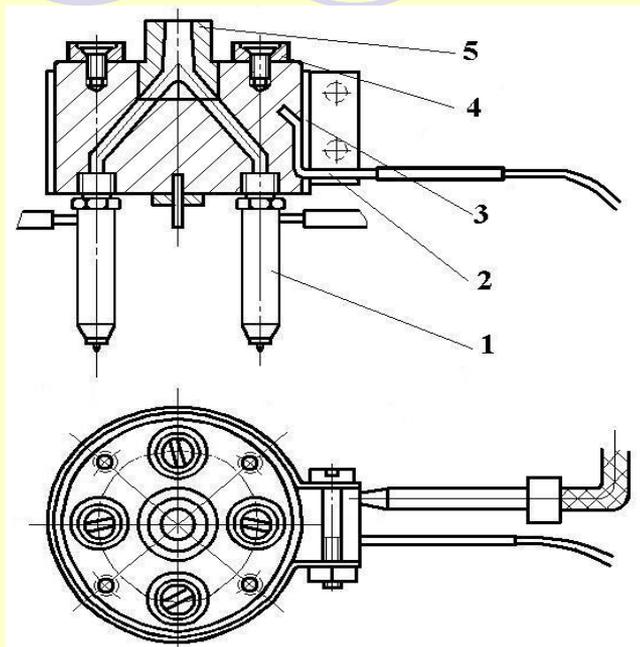
● 注射汽车散热器装饰条的浇注系统。**ABS**装饰条有**45克**，长约**700mm**，壁厚**3mm**，共有五个注射点。上游是热流道系统。五个针阀式喷嘴用时间顺序器控制开闭，熔料由中央向两侧逐步推进。喷嘴的浇口是锥头阀针下的直浇口。冷流道从直浇口始，熔料由流道输送到潜伏式浇口，注塑装饰条。

五针阀式喷嘴的整体式热流道系统



- 1-五油缸的电磁控制器； 2-主流道喷嘴； 3-油缸驱动锥头针阀； 4-线缆套管；
- 5-电线接插盒； 6-流道板； 7-定模框架； 8-盘条加热器； 9-油缸冷却管道； 10-针阀式喷嘴

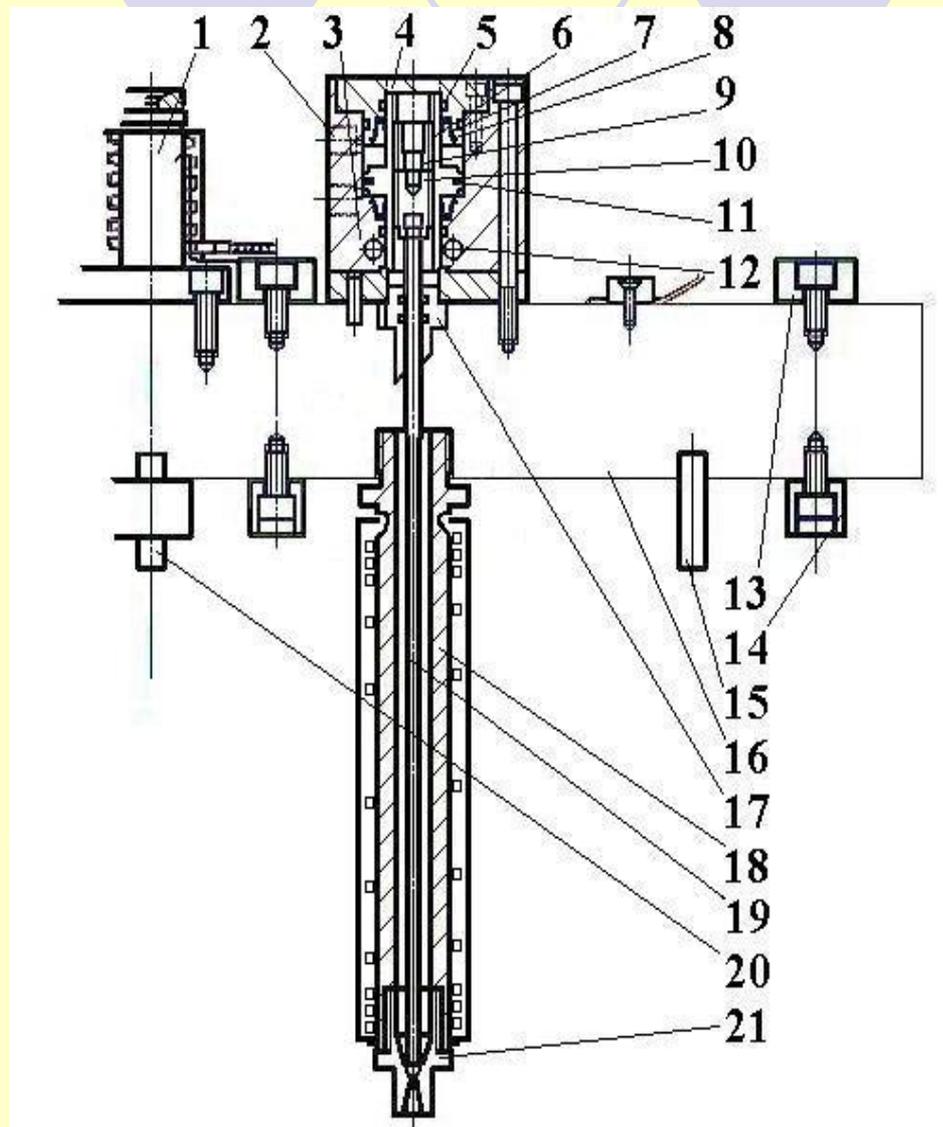
早期的流道板与喷嘴的螺纹联接



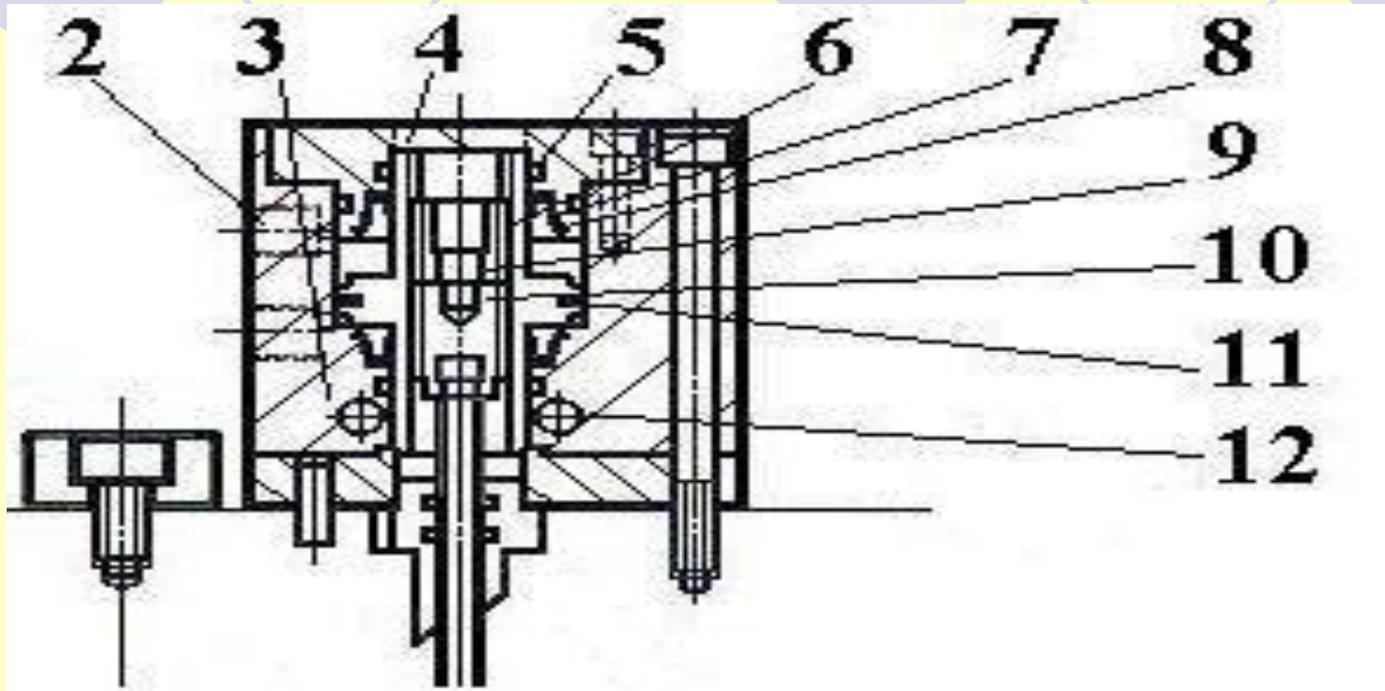
- 此种螺纹联接的多喷嘴安装在小体积的流道板上。细长的喷嘴要有较好的柔性。工作状态下有弯曲变形，补偿流道板的横向热膨胀。直径10mm左右喷嘴制造较困难。联接螺牙应有足够强度和较高精度，表面经过氮化处理，要能拆卸。喷嘴端面与流道板凹孔底面间的密封胶必须可靠。

整体式热流道系统——针阀式喷嘴

- 1-主喷嘴； 2-输油口； 3-油缸体； 4-缸盖； 5-密封圈； 6-活塞； 7-油封圈； 8-挡圈； 9-锁紧螺钉；
- 10-调节螺钉； 11-活塞密封圈； 12-冷却水管； 13-承压圈； 14-支承圈； 15-止转销； 16-流道板；
- 17-导套； 18-喷嘴体； 19-锥头阀针； 20-中央定位销 21-浇口套



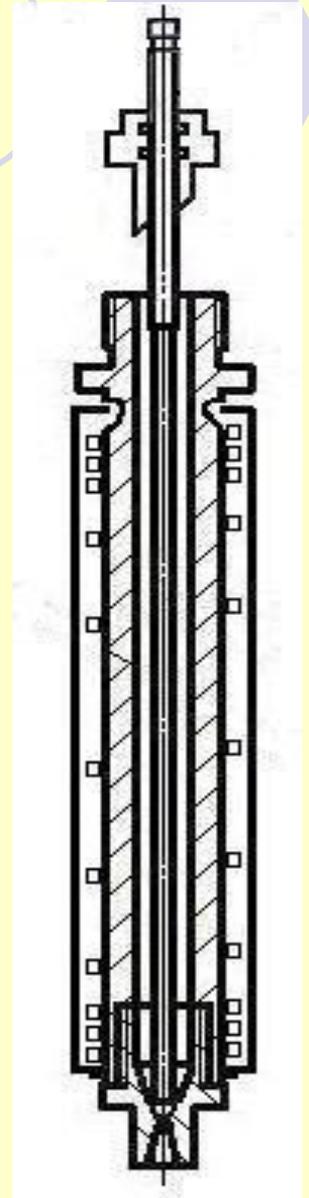
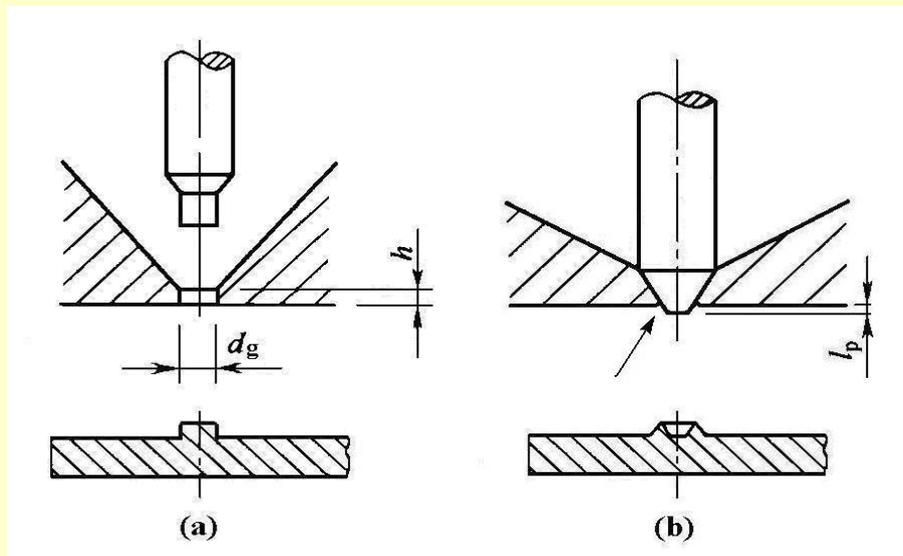
整体式热流道系统--液压驱动



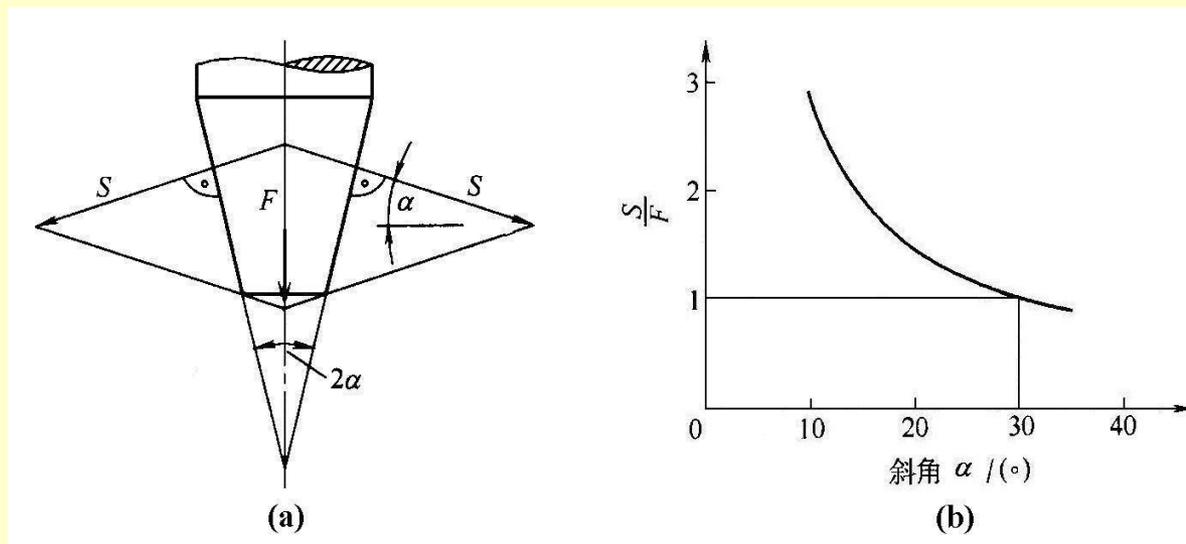
- 如图所示，整体式热流道的针阀式喷嘴由油缸驱动。输入压力油的油压 **3MPa**，作用在**35mm**直径的活塞上，除去中央套直径**17mm**，有效面积为 **735mm²**。可产生闭合力有**2205N**。阀针直径**5mm**，阀针在闭合时能推挤熔料的**112.3MPa(1150kgf/cm²)** 高压。阀针闭合可靠，不会出现退针。油缸体用冷却水循环致冷，二进二出回路，一路串接三个油缸，另一路串接二个油缸。油缸体保持在**40~45℃**温度，保证密封圈正常工作。还用**15mm**厚的钛合金承压圈，阻隔流道板上热量的传导。

整体式热流道系统—锥头阀针

- 右图所示阀针的柱销头为圆锥体，称锥销头。锥销头阀针闭合凝截流可靠，接上多点注射的时间控制器，成功地用于薄壁注塑件上的熔合缝位置的控制。
- 下图所示阀针柱销头，在长期工作后，浇口孔与圆柱头阀针间的间隙会增大，针阀闭合的会有熔体泄出。不适宜精确计量和熔合缝的控制。



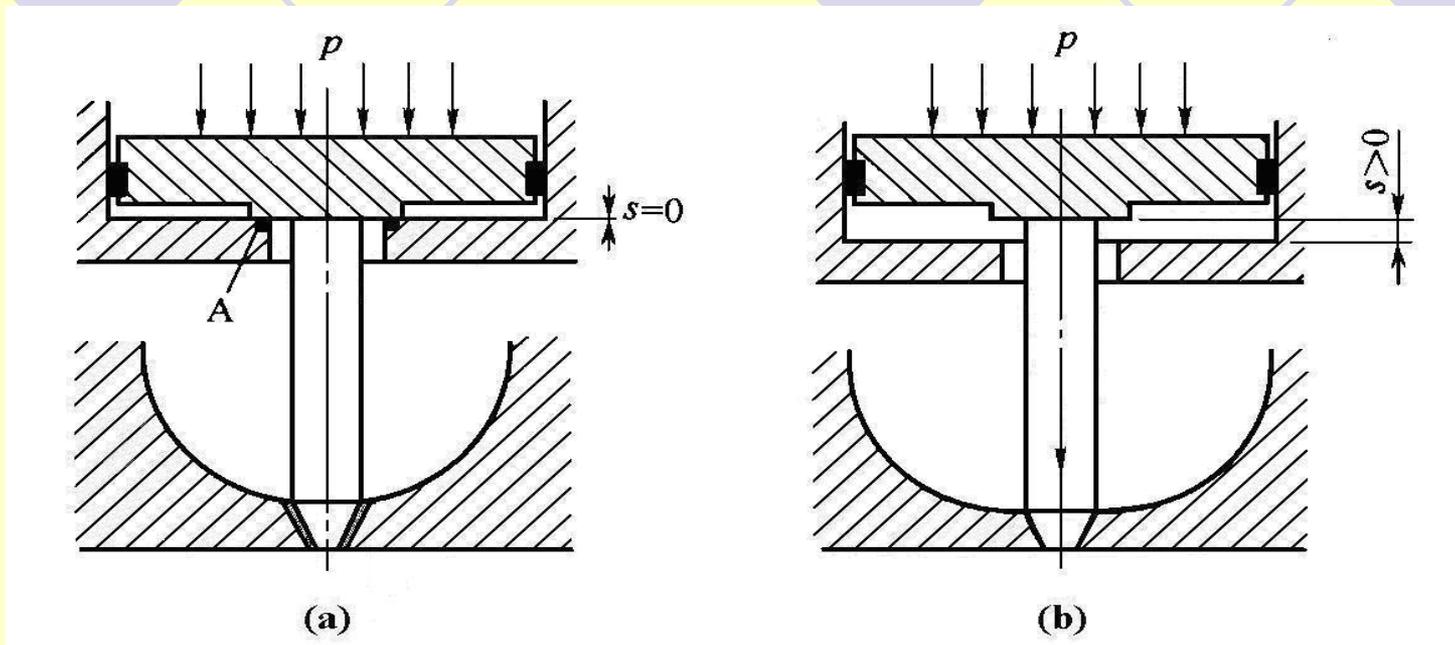
整体式热流道系统--锥销头的锥角



$$S = \frac{F}{2\sin\alpha}$$

- 如果活塞直径 $D=50\text{mm}$ ，油压力 $p'=8.0\text{MPa}$ 。可得轴向锁紧力 $F=15700\text{N}$ 。
- 锥孔的斜面使压紧力 $S \approx 1.5F$ 。因此斜角应在 $\alpha = 20^\circ \sim 30^\circ$ ，即锥角 $2\alpha = 40^\circ \sim 60^\circ$ 。图b展现了压紧力 S 与锁紧力 F 之比在 $1.5 \sim 1$ 较为合适。

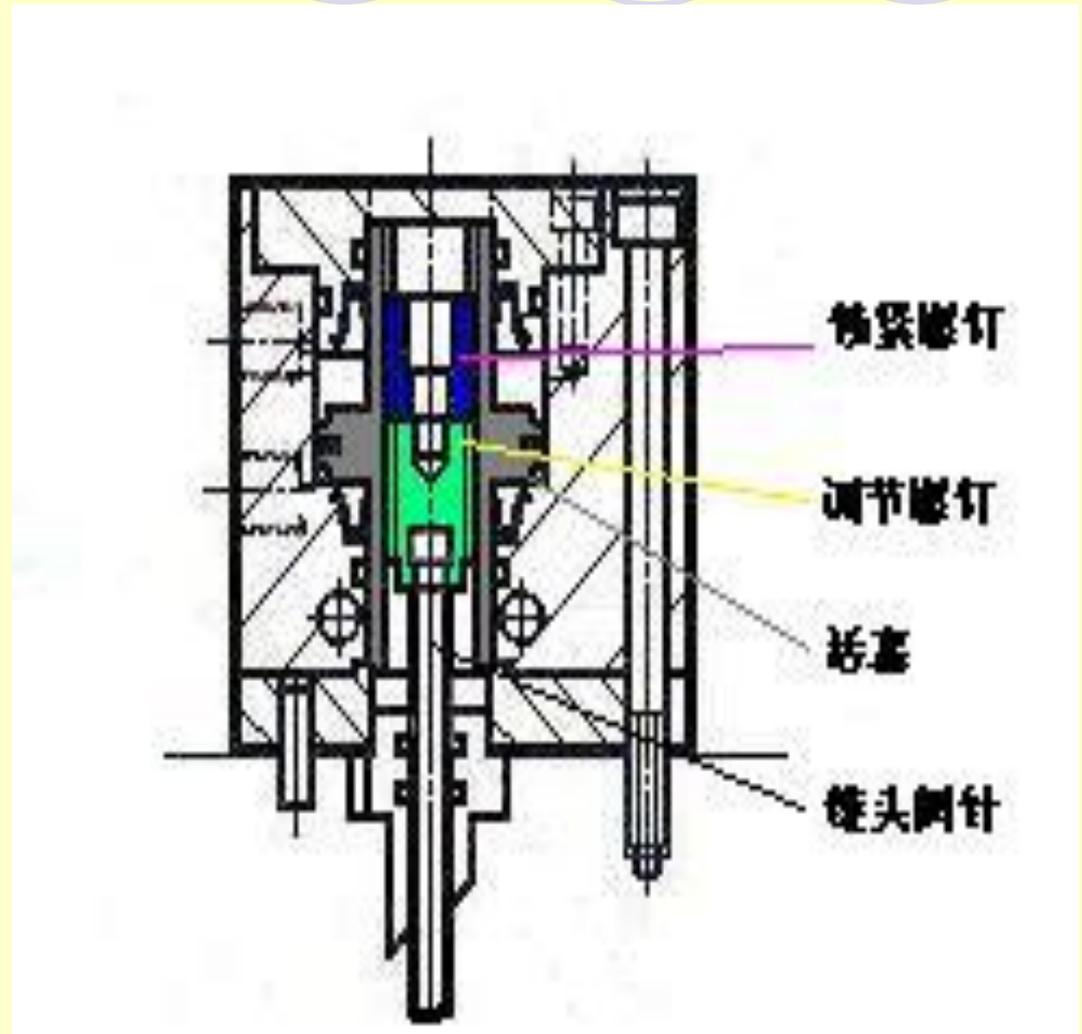
整体式热流道系统--阀针的轴向锁紧



- 不采用在图b上 $S > 0$ 的方法。驱动力 F 较大,在很大驱动压力 F 作用下, 浇口洞口会冲击疲劳强度破坏。
- 应该采用在图a上 $S = 0$ 的方案。阀针上的夹固段, 可用螺纹调节在活塞上的轴向位置。这种喷嘴在装配过程中, 让活塞支撑面 A 上受到最大压力, 而锥销头上能有效机械闭合。

整体式热流道系统--阀针的轴向锁紧

- 阀针上的夹固段，可用螺钉调节在活塞上的轴向位置。然后用螺钉锁紧。这种喷嘴阀针在装配过程中，让活塞支撑面上受到最大闭合压力，而40度锥销头上能有效密封，承受很小的闭合力。

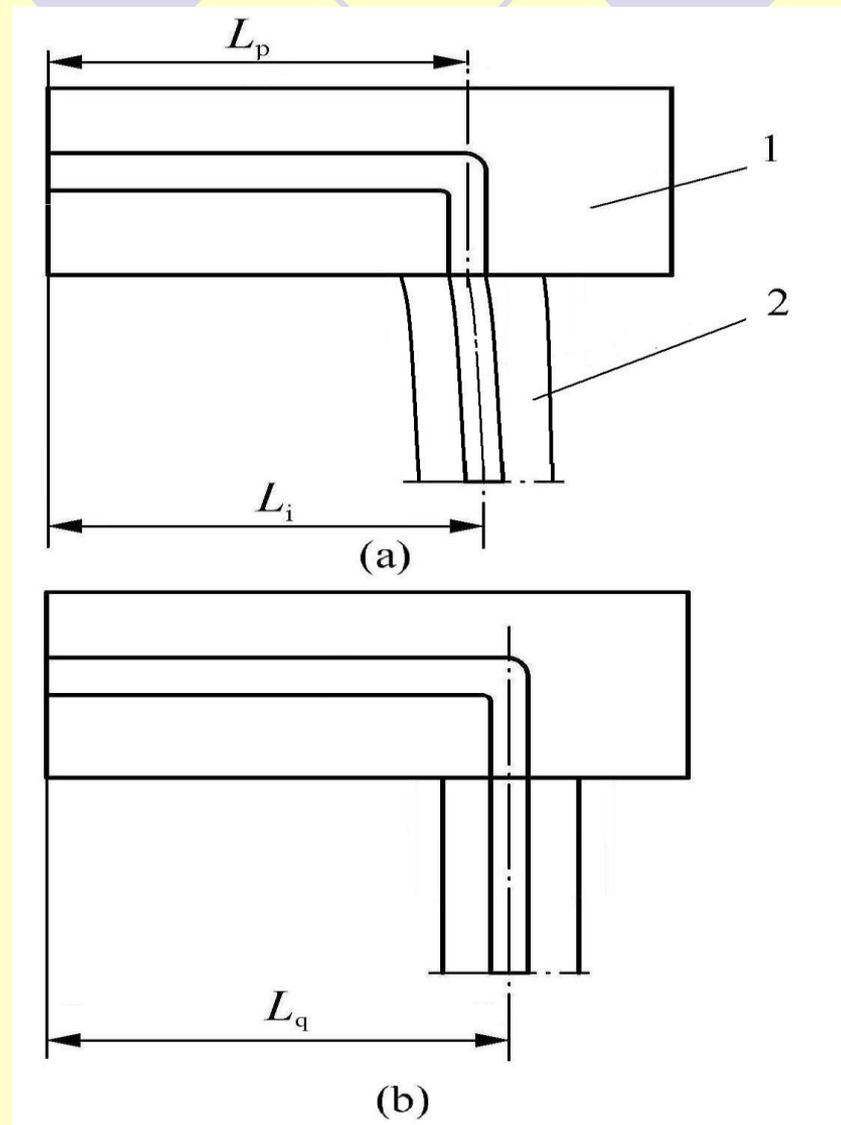


整体式热流道系统--流道板的横向伸长

$$L_q = L_p \left[1 + \alpha_{Fe} (T_f - T_r) \right]$$

$$L_q = L_i \left[1 + \alpha_{Fe} (T_m - T_r) \right]$$

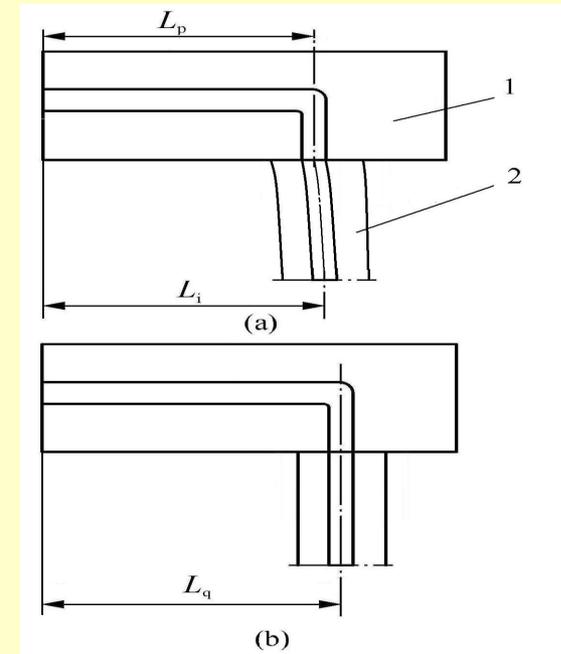
- L_p ——室温下流道板上流道出口位置尺寸,mm;
- L_i ——室温下喷嘴注射点的位置尺寸,mm;
- L_q ——工作温度下流道板上流道出口位置的尺寸,mm;
- T_m ——模具的温度, °C;
- T_r ——室温, 20°C;
- T_f ——塑料熔料的注射温度。



整体式热流道系统--流道板的横向伸长

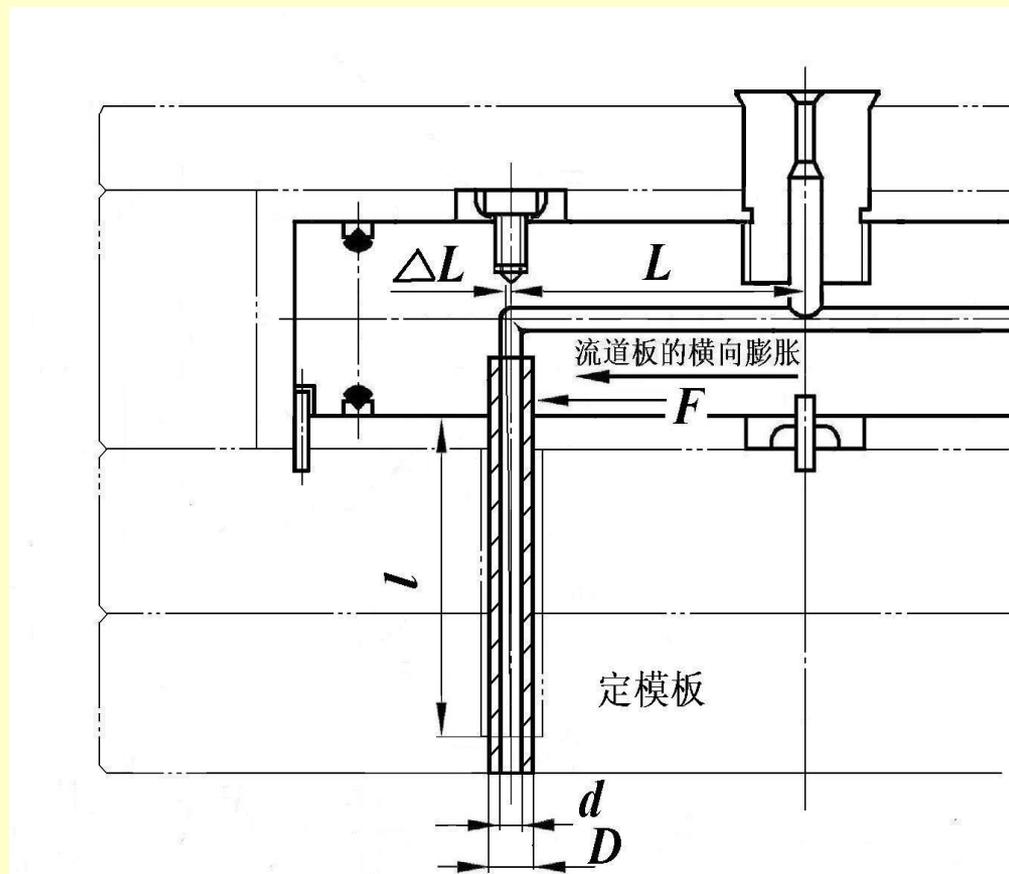
$$L_p = \frac{L_i [1 + \alpha_{Fe} (T_m - T_r)]}{[1 + \alpha_{Fe} (T_f - T_r)]} = \frac{376 \times [1 + 12.8 \times 10^{-6} (45 - 20)]}{[1 + 11.5 \times 10^{-6} (240 - 20)]} = 375.17 \text{mm}$$

- 在室温下加工定模板时，喷嘴轴线距模具中央距离应为 $L_i = 376 \text{mm}$ 。而室温下加工流道板，流道板上注射出口轴线距模具中央距离 $L_p = 375.17 \text{mm}$ 。在高温下注射成型时这两条轴线重合， 376.12mm 。
- 流道板上喷嘴安装的横向位置尺寸，最大膨胀量有 0.95mm 。
- 为了便于整体式热流道的安装，将热流道和喷嘴加热到 120°C ，插装到定模板中。



整体式热流道系统—喷嘴轴线方向的弯曲柔度

在工作温度下，喷嘴浇口套固装在45℃的定模板上。喷嘴的螺纹联接段有240℃工作温度。这些喷嘴长206mm，外径24mm，壳体壁厚6.5mm。喷嘴壳体有较大的刚性。室温下的流道板的注射点经热补偿，在注射工作温度下，流道板上流道轴线能与定模板的喷嘴轴线重合。但是，在室温下将多个喷嘴压入定模板的浇口孔中，在热流道系统升温的过程中，螺纹联接的喷嘴还会产生轴线方向的弯曲变形。况且，相关零件的热膨胀量的预测有误差。

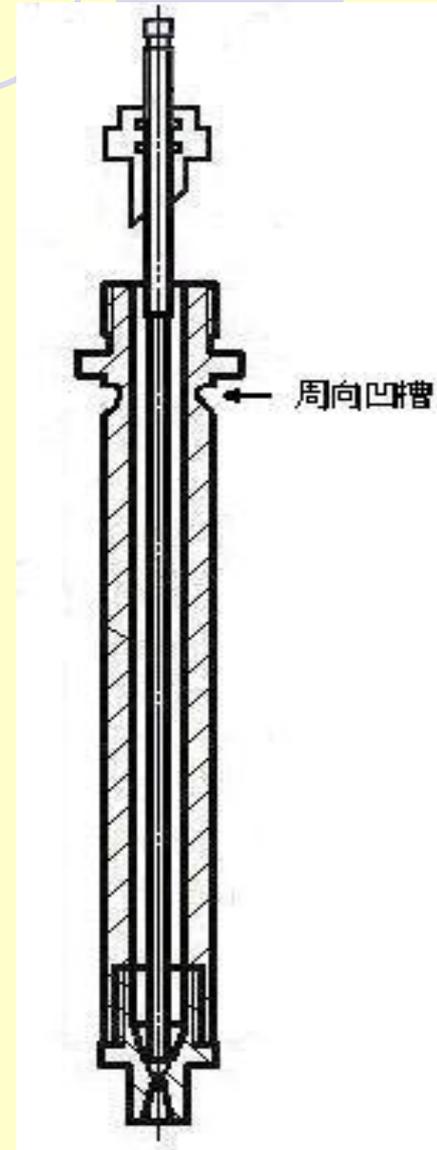


整体式热流道的优势

- ①相比压力联接，喷嘴与流道板螺纹联接减少了**50%**的熔胶泄漏可能性。
- ②喷嘴去消了大直径的凸肩段。没有多个喷嘴凸肩在定模板孔座中的轴向定位一致性的问题。避免了一项定模板的加工误差对安装精度的影响。
- ③避免喷嘴凸肩对定模板孔座的热传导。使定模型腔板的冷却更有效。热流道系统的温度分布趋于合理。
- ④直筒式的喷嘴壳体的切削加工方便，省工省料。
- ⑤整体式热流道系统在注射模具的安装和调整，比起压力联接式热流道，简捷得多。

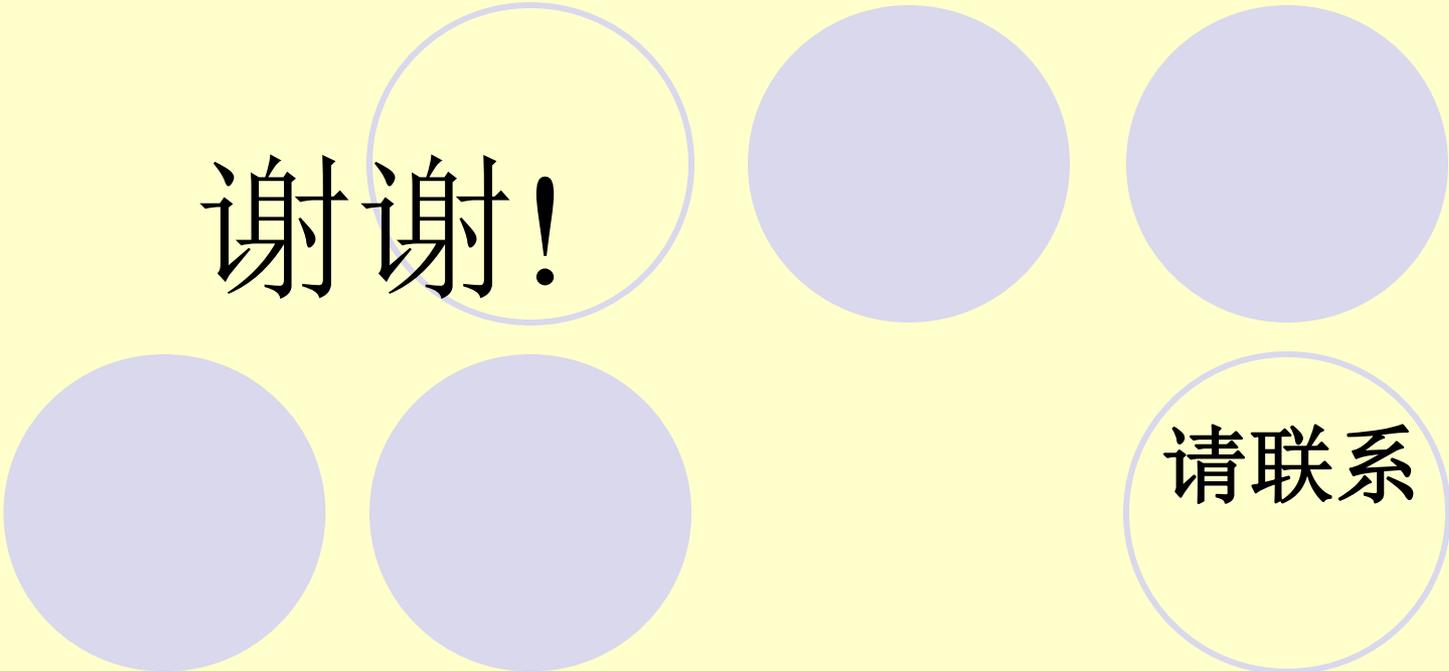
整体式热流道系统— 喷嘴轴线方向的凹槽

- 如右图所示，在喷嘴螺纹联接段外，割挖周向凹槽，提高轴线方向的弯曲柔度。此凹槽截面由圆弧和斜面组成，防止应力集中。



整体式(一体式)热流道的发展

- 热半模Hot-half—整体式热流道系统与有关的定模板一起，由热流道公司供应。流道板与喷嘴等，接插件、布线、油管和水管等，在一些定模板上的组装部件。
- 控制电机直线驱动--喷嘴的阀针启闭。
- 热管--加热喷嘴。



谢谢!

请联系

xupeixian@online.sh.cn

徐佩弦