

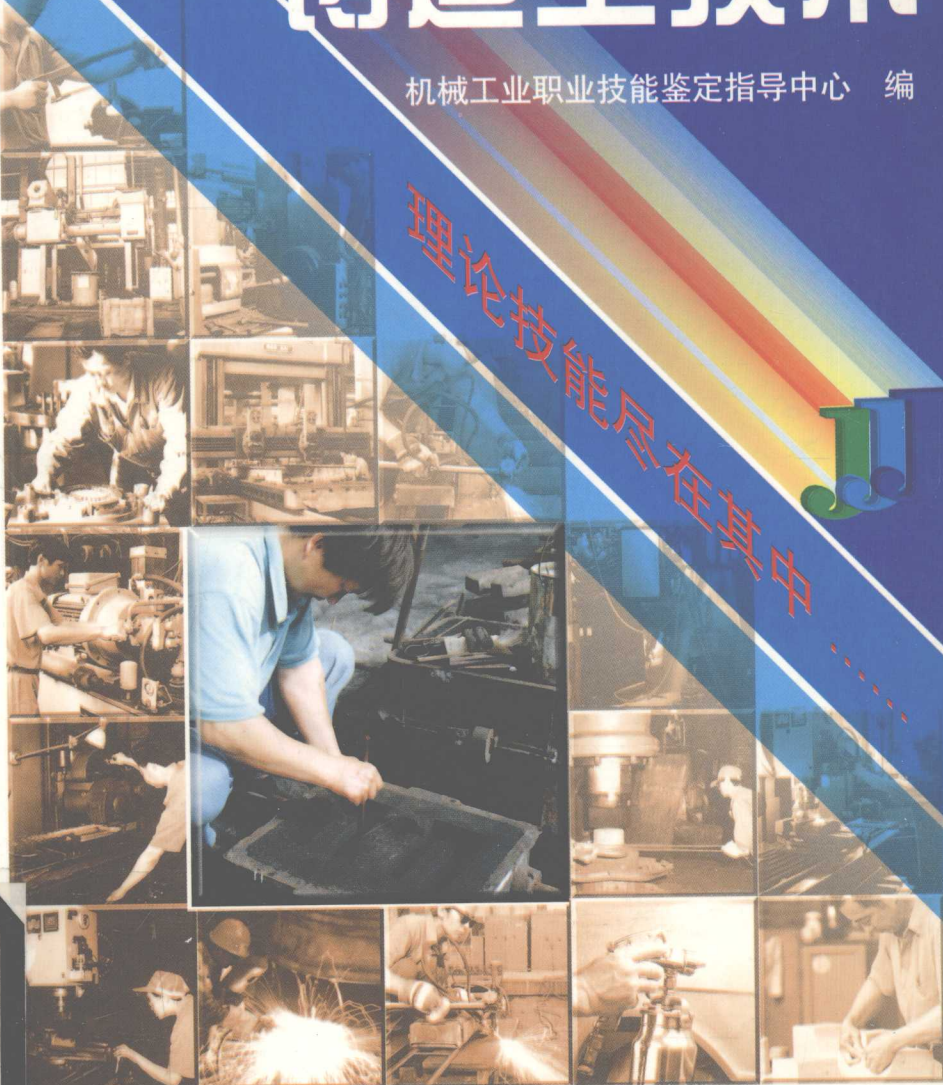
机械工人职业技能培训教材

高级

铸造工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社

机械工人职业技能培训教材

高级铸造工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编



机械工业出版社

本书是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的。主要内容包括：金属液充型和浇注系统，铸件的凝固和收缩，冒口、补贴和冷铁，铸造工艺规程，工艺装备，铸件缺陷，铸造设备，铸造工艺分析等。全书在内容的编写上力求从实际需要出发，具有行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准及法定计量单位。

图书在版编目(CIP)数据

高级铸造工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编.
—北京：机械工业出版社，1999.3
机械工人职业技能培训教材
ISBN 7-111-06840-8

I. 高… II. 机… III. 铸造-技术培训-教材 IV. TG2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 02628 号
机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑：马 明 版式设计：冉晓华 责任校对：韩 晶
封面设计：姚 毅 责任印制：路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 5 月第 1 版第 2 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·9.5 印张·3 插页·255 千字

4 001—7 000 册

定价：15.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

机械工人职业技能培训教材与题库 编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员 邵奇惠

副主任委员 史丽雯 李成云 苏泽民 陈瑞藻

谷政协 张文利 郝广发 (常务)

委 员 于新民 田力飞 田永康 关连英

刘亚琴 孙旭 李明全 李玲

李超群 吴志清 张岚 张佩娟

邵正元 杨国林 范申平 姜世勇

赵惠敏 施斌 徐顺年 董无岸

技术顾问 杨溥泉

本书主编 柳吉荣 **参编** 李新阳 苏朝国 彭淑芳

本书主审 周德盛 **参审** 赵顺文

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备和成龙配套

等特点,受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来,我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》,逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求,进一步提高机械行业技术工人队伍的素质,实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标,我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》,使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时,又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核题库》,共87种,以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的,包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”(主要是“专业知识”部分)和“技能要求”分三册编写,适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用;对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等,另编写了公共教材,以利于单科培训和工人自学提高。题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点,采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语;各工种教材则更加突出了理论和实践的结合,将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体,形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此,谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢!教材中难免存在不足和错误,诚恳希望专家和广大读者批评指正。

本工种需学习下列课程

初级：机械识图、钳工常识、电工常识、初级铸造工技术

中级：机械制图、中级铸造工技术

高级：高级铸造工技术

我社已出版本工种的有关图书目录

中华人民共和国职业技能鉴定规范(考核大纲)铸造工

铸造工职业技能鉴定指南

铸造工技能鉴定考核试题库

铸造工应知考核题解

铸造工考工试题库

初级铸造工工艺学

中级铸造工工艺学

高级铸造工工艺学

铸造工基本操作技能(初级工适用)

铸造工操作技能与考核(中级工适用)

铸造工(工人高级操作技能训练辅导丛书)

铸造工操作技能考核试题库

简明铸工手册

目 录

前 言

第一章 金属液充型和浇注系统	1
第一节 金属液填充铸型	1
第二节 浇注系统的类型及开设位置的选择	14
第三节 铸铁件浇注系统	19
第四节 其他合金铸件浇注系统	29
复习思考题	34
第二章 铸件的凝固和收缩	36
第一节 铸件的凝固	36
第二节 铸件的收缩	44
第三节 铸造应力和铸件变形	56
第四节 铸件的裂纹	61
复习思考题	68
第三章 冒口、补贴和冷铁	69
第一节 冒口的安放位置和数量	69
第二节 冒口的有效补缩距离	70
第三节 补贴的应用	76
第四节 冒口的计算	82
第五节 提高冒口补缩效率的途径	97
第六节 冷铁	101
复习思考题	109
第四章 铸造工艺规程	111
第一节 铸造工艺规程的内容和形式	111
第二节 铸造工艺的设计	112
第三节 铸造工艺设计实例	139
复习思考题	151
第五章 工艺装备	153

第一节 模样	153
第二节 模板	168
第三节 芯盒	176
第四节 砂箱	185
第五节 平板	195
复习思考题	196
第六章 铸件缺陷	198
第一节 铸件缺陷的分类	198
第二节 铸件缺陷分析	208
第三节 铸件缺陷的检验	219
复习思考题	225
第七章 铸造设备	226
第一节 主要的铸造设备	226
第二节 造型生产线	248
第三节 造型机械的维护与故障排除	259
复习思考题	263
第八章 铸造工艺分析	264
第一节 绘制铸造工艺图的基本知识	264
第二节 典型铸件的铸造工艺	266
复习思考题	294

第一章 金属液充型和浇注系统

培训要求 了解金属液的流动性、充型能力，以及浇注系统的形状、大小、位置对两者的影响。

第一节 金属液填充铸型

浇包中的金属液，从浇注系统注入型腔开始，直至型腔充满为止，为金属液填充型腔的过程。在此过程中，由于金属液的散热和凝固，以及铸型对流动过程的阻力和型腔中气体的反压力等作用，妨碍金属液顺利充满型腔，特别是在浇注薄壁件时，有时会发生浇不到现象。因此，能否获得形状完整、轮廓清晰的铸件，合金的流动性是一个重要影响因素。

一、金属液的流动性

流动性是指熔融金属的流动能力。它是合金的重要铸造性能之一。为了了解影响流动性的各种因素，比较不同合金的充型能力，曾设计出各种测定合金流动性的试样，如螺旋形、楔形、U形等，其中最常用的是螺旋形试样，如图 1-1 所示。

螺旋形试样由浇注系统和梯形螺旋线组成。螺旋线每隔 50mm 长度有一个凸点，用以直接读出螺旋线长度。

螺旋形试样铸型一般采用砂型制作。试验时，将液态合金从外浇口

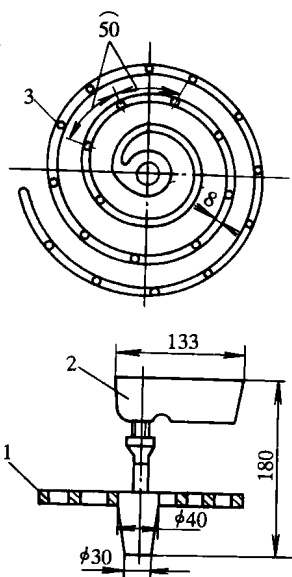


图 1-1 螺旋形试样

1—试样 2—浇道 3—试样凸点

浇入铸型，待凝固后取出试样，测量或读出液态合金充填螺旋线的长度。测得的长度就代表这种合金的流动性。表 1-1 是一些合金的流动性数据。从这个表可以看出，灰铸铁的流动性最好，铸钢的流动性最差。同时从表中也可看出，碳、硅含量对流动性的影响很大。流动性好的铸造合金，充型能力强，不易产生浇不到和冷隔等铸件缺陷；流动性差的合金，充型能力也就差，容易产生浇不到和冷隔等铸件缺陷，因此要采取必要的工艺措施加以防范。

表 1-1 一些合金的流动性(砂型)

合 金		浇注温度/℃	螺旋形试样长度/mm
灰铸铁	$w(\text{C}+\text{Si})=5.9\%$	1300	1300
	$w(\text{C}+\text{Si})=5.2\%$	1300	1000
	$w(\text{C}+\text{Si})=4.2\%$	1300	600
铸钢	$w(\text{C})=0.4\%$	1600	100
	$w(\text{C})=0.4\%$	1640	200
镁合金(Mg-Al-Zn)		700	400~600
锡青铜 $w(\text{Sn})=10\%$, $w(\text{Mn})=2\%$		1040	420
硅黄铜 $w(\text{Si})=3\%$		1100	1000

注： w ——物质的质量分数。

二、影响合金流动性的因素

液态金属充填铸型的过程，是一个复杂的热交换和流体运动的过程。因此，合金的流动性受到各种因素的影响，概括起来有金属的性质、铸型特点、浇注条件和铸件结构等四个方面的因素。

1. 金属的性质 合金的流动性取决于合金的种类、化学成分、结晶特点及其他物理性能。它是合金性质方面各种影响因素的综合表现。从表 1-1 可看出，铸铁的流动性好，就是因为碳硅含量较高，随着碳、硅含量的增加，流动性也相应提高。

从合金性质来看，影响合金流动性的因素是液态合金的粘度、结晶特性、结晶潜热、表面张力以及合金熔炼过程和其他物理性质。

合金的结晶特性对流动性影响很大。不同成分的合金其结晶

特点不同。共晶成分的铸铁，是在一定的凝固温度下结晶，冷却过程是由表层向里层逐层凝固。已凝固的硬壳表面光滑，尚未凝固的铁液在硬壳内流动时阻力小，结晶状态下流动的距离就长，所以流动性好。而其他成分的铸铁的凝固是在一个温度范围内进行的，有一个固态和液态并存的区域，凝固温度范围越大，则铁液流动的阻力就越大，故结晶状态下的流动距离就短，流动性较差。因此共晶成分的铸铁流动性最好。在亚共晶铸铁中，越接近共晶成分，流动性就越好。而过共晶铸铁，当冷却速度不大时，初晶组织是石墨，悬浮于铁液中，使铁液粘度增加，流动性下降。

铸铁的结晶温度范围比铸钢宽，但铸铁的流动性却比铸钢好，这是由于铸钢熔点高，不易过热，若要使钢液得到较大的过热度，就必然要增加电力和燃料的消耗，同时还造成钢液吸气，这就使钢液过热受到了限制。另外，铸钢熔点高，浇注温度也高，钢液在铸型中散热快，很快便失去流动能力。

从合金性质方面考虑，提高合金的流动性，主要是选取结晶温度范围小的合金，即正确地选择碳、硅含量。但一旦合金成分确定后，要想提高合金的流动性，还必须采取其他措施。

2. 铸型性质 铸型性质对流动性的影响，主要表现在铸型的导热能力、对金属液流动的阻力以及促进金属液流动的静压力。

造型用的各种铸型材料的导热能力是不同的。导热能力越强，金属液散热越快，流动性就越差。一般来说，砂型比金属型，干砂型比湿砂型，热砂型比冷砂型流动性要好。湿砂型的流动性比干砂型小 10%~20%。

型砂中，造型材料的组成对流动性也有很大影响。实验证明，湿型砂的配方中，当水分质量分数小于 6% 和煤粉质量分数小于 7% 时，液态合金的流动性随着水及煤粉含量增加而提高，如图 1-2 所示。

铸型的型壁表面光滑，或在型腔表面涂以热导率小的涂料层，都可以提高液态合金的流动性。

铸型的温度。浇注前，将铸型预热，可以减小液态合金与铸

型之间的温差、减慢合金的散热，从而提高液态合金的流动性。如金属型浇注前预热，熔模铸造中的型壳经高温焙烧后才浇注，都是为了提高液态合金的流动性。

3. 浇注条件 浇注条件对合金流动性的影响，主要表现在浇注温度的高低、液态合金充型时静压头的高低，浇注系统结构的复杂程度等几方面。很显然，浇注温度高、充型时静压头高、浇注系统结构简单，液态合金的流动性就好；反之，则流动性差。

4. 铸件结构 铸件结构对合金流动性影响是不可忽视的。当铸件壁薄或厚薄部分过渡面多，结构复杂时，金属液在铸型中流动，必然会遇到较大的阻力，其温度降低得也较快，流动性也随之下落，型腔就不易充满，铸件便会产生冷隔、浇不到等缺陷。

铸件壁的厚薄对合金流动性的影响同样也不能忽视。例如同薄壁件的铸型，流动性好的合金就很容易浇满，而流动性差的合金就不容易浇满，也会出现冷隔和浇不到等缺陷。因此，在一定的铸造条件下，每种合金能铸造的最小壁厚的数值取决于该合金流动性的好坏。表 1-2 列出了灰铸铁铸件壁厚与流动性的关系，可供参考。

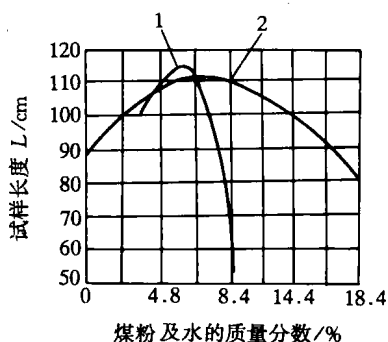


图 1-2 砂型中煤粉和水分对低硅铸铁流动性的影响

1—水分的影响 2—煤粉的影响

表 1-2 灰铸铁铸件壁厚与铁液流动关系 (mm)

铸 型	铸 件 尺 寸	灰 铸 铁	
		最小壁厚	最低流动性(螺旋形试样断面 50mm ²)
砂型	<200×200	<6	500
	>200×200~500×500	>6~10	400
	>500×500	15~20	300

三、合金的流动性对铸件质量的影响

合金的流动性对铸件质量的影响，主要表现在以下几方面：

1) 流动性好的铸造合金，容易获得尺寸准确、轮廓清晰的铸件。反之，铸件可能产生冷隔、浇不到等缺陷而报废。

2) 合金的流动性对补缩、防裂、获得优质铸件有影响。良好的流动性，能使铸件在凝固期间产生的缩孔，得到液态金属的补缩，以及铸件在凝固末期因受阻而出现的热裂，可得到液态金属的补充而弥合，有利于防止这些缺陷的产生。

3) 液态合金往往含有气体和非金属夹杂物等，如果合金的流动性好，则气体和夹杂物易于上浮，使金属液纯净，从而能获得含气体和夹杂物少的健全铸件。

四、金属液在浇注系统中的流动

金属液在浇注系统流动过程中，金属液的温度不断降低，而铸型的温度不断增高，金属液与铸型之间是一个剧烈的热交换过程。随着液态金属温度的下降，粘度增大，流动速度则降低。

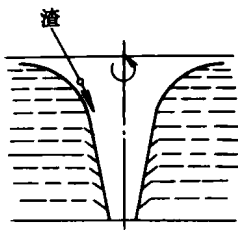
另外，由于浇注系统的形状、结构及表面光滑程度等因素的影响，金属液在其中的流动状态和流动速度都要发生变化。因此，如果浇注系统设计不合理，必然会影响金属液在其中的流动状态和速度。所以，了解金属液在浇注系统各组元中的流动情况，设计出合理的浇注系统，对于防止铸件产生缺陷，获得健全的铸件是很重要的。

1. 金属液在浇口盆中的流动 浇口盆的作用是：便于承接来自浇包中的金属液，并将它引入直浇道、防止过量而溢出，避免液流直冲直浇道和冲击铸型。此外，浇口盆也有一定的挡渣作用。当用漏包浇注时，金属液压头高、冲击力强，流量不易控制，更需要使用浇口盆。浇口盆的另一作用是增加金属液的静压头。

(1) 金属液在浇口盆中的流动特点 当金属液从浇口盆中流入直浇道时，容易出现水平涡流，如图 1-3 所示(浇口盆的局部图)。

水平涡流产生的原因，是由于浇口盆中的金属液从各个方向

流入直浇道时，流量分布的不均衡而造成流速方向的偏斜，就形成水平涡流。远离直浇道中心，半径 r 愈大，流速 v 愈低；而愈接近直浇道中心，半径愈小，流速愈高，内部压力也就愈低，在涡流中心区域形成一个漏斗形充满空气的等压自由液面的空穴。当金属液进入直浇道时，便将空气和浮在液面上的渣子也一起卷入。所以浇口盆中水平涡流对铸件质量有不利影响。



金属液在浇口盆中除形成水平涡流外，还可能形成垂直方向的涡流。如图 1-4 所示，当金属液沿浇口盆斜壁流下时，由于流速的减低和流向的改变，就会形成垂直方向的涡流。这种涡流有利于杂质的上浮。因为杂质随同金属液从浇包下落，并沿浇口盆斜壁流到 a 点时，将受到两个力的作用：

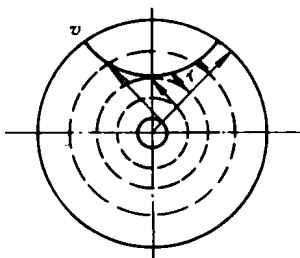


图 1-3 浇口盆中的涡流运动

杂质与金属液因密度差造成的垂直上浮力 F_1 和继续沿液流方向流动时因受液流作用的力 F_2 ，杂质在其合力 F 的作用下移至 b 点。由于液流又改变方向，杂质继续向上移动，最后到达液流表面，从而减少了进入直浇道的可能性。当然，杂质在浇口盆中的运动是复杂的，图 1-4 只是表明杂质运动有这种倾向而已。

(2) 浇口盆的结构 浇口盆可根据不同的要求设计成不同的形状和结构，如拔塞式、隔板式和底坎式等。对于简单的小型铸件，还可将浇口盆简化成漏斗形浇口杯。

1) 漏斗形浇口杯 漏斗形浇口杯结构简单且制作方便、体积小，只能用来接纳和缓冲浇注的金属流股，其挡渣作用很小，主要用在小型铸铁件和铸钢件上，在机器造型中也被广泛采用。漏斗形浇口杯如图 1-5 所示。为了改善挡渣作用，可在浇口杯下部安上挡渣筛网。

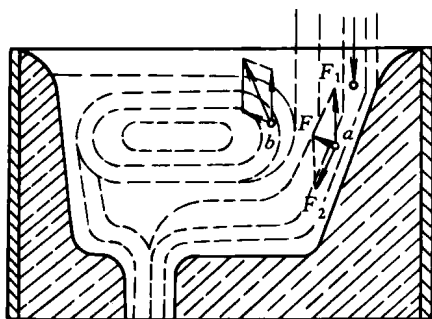


图 1-4 浇口盆的挡渣作用

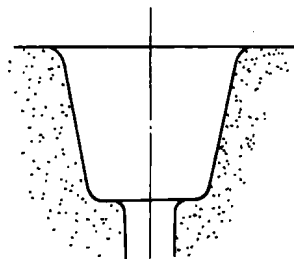


图 1-5 漏斗形浇口杯

2) 挡渣式浇口盆 如图 1-6 所示, 是一种挡渣式浇口盆。这种浇口盆的特点是容积大、接纳的金属液多, 挡渣作用较好, 但制作起来费工费时, 且消耗的金属也较多, 主要用于大型和中型铸铁件。

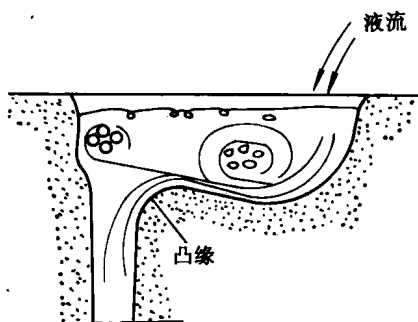


图 1-6 挡渣式浇口盆

3) 隔板和底坎式浇口盆 浇口盆中增设隔板而且

出口处加设底坎, 如图 1-7 所示。这种浇口盆, 既能把从浇包落入

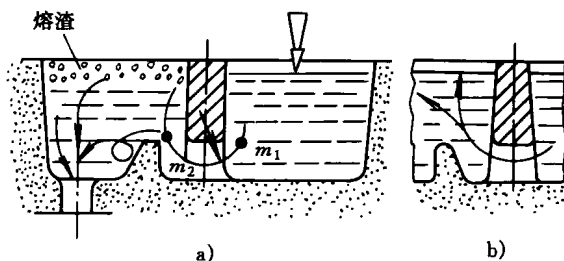


图 1-7 带隔板和底坎的浇口盆

a) 合理 b) 不合理

浇口盆中的流股的紊乱搅拌作用限制在浇注区内，又能急剧改变流股方向，形成使轻的杂质易于向上浮起的流向。如图 1-7a 中的轻质点 m_1 到 m_2 的上浮路径就有利于挡渣，且减小了水平涡流形成的倾向。底坎陡峭的一面应正对越过隔板底部的流动方向，如图 1-7a。而图 1-7b 所示的结构就不合理。

4) 拔塞式浇口盆 如图 1-8 所示，在浇注前用各种方法将直浇道堵住，等金属液充满浇口盆后，再将塞子拔起，并保持液面高度，从而可以挡住杂质、防止气体卷入。拔塞式浇口盆的塞头有锥塞头、平塞头两种。塞头用耐火材料(如石墨)制成。

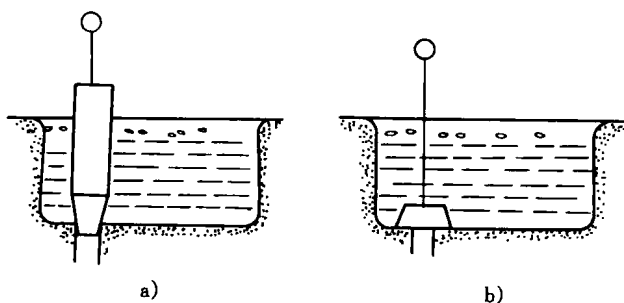


图 1-8 拔塞式浇口盆

a) 锥塞头 b) 平塞头

2. 金属液在直浇道中的流动 直浇道多为圆锥形管道，是浇注系统中的垂直通道。其功用是把金属液自浇口盆内向下引入横浇道或直接导入铸型，并成为建立铸型内金属液静压头的主要组成部分，如图 1-9 所示。

为了避免浇注时直浇道中形成真空而吸入气体，通常把直浇道做成倒圆锥形，其锥度一般取 $1:50$ 或 $1:25$ 比较合适。

另外，为了避免直浇道两端截面的突然改变，使该处造成更大的真空度，可以将直浇道与浇口盆的连接处及它与横浇道的连接处做成圆角。圆角的半径 R 大于或等于直浇道(上端)直径 d 的 $1/4$ (即 $R \geq 0.25d$)。在图 1-10 所示的两种连接形式中，图 1-10a 所示的连接形式不合理，而图 1-10b 所示则比较合理，且底部的浇