



普通高等教育“十二五”理工类课程规划教材

工程训练指导

GONGCHENG XUNLIAN ZHIDAO

主 编 马洪儒 赵卫兵

编 者 王 飞 王 霞 李军民 张运真

普通高等教育“十二五”理工类课程规划教材

工程训练指导

主 编 马洪儒 赵卫兵

编 者 王 飞 王 霞 李军民 张运真

河南科学技术出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本教材是普通高等教育“十二五”理工类课程规划教材之一。本教材共分10章,主要内容包括:工程训练基本要求、铸造、焊接、热处理、钳工、车削加工、铣削加工、刨削加工、数控加工技术、电火花与线切割加工技术等。本教材语言简洁易懂,内容精练并结合工程训练的实际。为方便学生复习,每章后附有复习思考题。

本教材可作为理工科院校各专业工程训练实践课教材,各院校可根据专业特点、实训教学时数等具体情况,对内容进行适当调整和增减。本教材也可供工程技术人员学习时参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练指导/马洪儒,赵卫兵主编. —郑州:河南科学技术出版社,2013.1
ISBN 978-7-5349-5566-2

I. ①工… II. ①马… ②赵… III. ①机械制造工艺-高等学校-教学参考资料
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第305220号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市经五路66号 邮编:450002

电话:(0371) 65788001 65788626

网址:www.hnstp.cn

策划编辑:徐素军

责任编辑:赵振华

责任校对:柯 姣

封面设计:张 伟

版式设计:栾亚平

责任印制:张艳芳

印 刷:开封智圣印务有限公司

经 销:全国新华书店

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印张:7.25 字数:175千字

版 次:2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

定 价:16.00元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系并调换。

前 言

工程训练是高等学校专业教学计划中一个重要的实践教学环节，也是一门基础性、综合性的工程实践课程。工程训练是将知识、素质、能力和创新融为一体的综合训练，是进行素质教育、创新教育的有效途径，它在提高学生综合素质方面起着其他课程所不能替代的作用。

为适应新形势下工程训练要求，进一步加强实践教学，提高实践教学质量，并结合工程训练过程的具体情况，根据高等学校工程训练教学大纲要求，我们编写了本教材，用于指导学生完成工程训练实践学习任务，是高等学校学生参加工程训练所必备的教材。

本教材编写力求简单实用，以培养学生具备工程素质、创新意识和创新能力为主线，兼具培养学生掌握一定的实训操作技能。本教材在课程内容上涵盖了现代机械制造工艺过程的主要知识，将为培养高质量、复合型工程技术人才起到重要作用。

参加本教材编写的有马洪儒（编写第1、2、5章）、赵卫兵（编写第3、4、6章）、王飞（编写第9章）、王霞（编写第7章）、李军民（编写第8章）、张运真（编写第10章）。全书由马洪儒、赵卫兵统稿和定稿。

在编写《工程训练指导》的过程中，我们参考了有关教材和资料，并得到了许多同仁的支持和帮助，在此一并表示感谢。由于编者水平所限，书中可能有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者
2012年10月

目 录

第一章 工程训练基本要求	(1)
第一节 工程训练的目的、意义、任务、要求和内容	(1)
第二节 工程训练方式	(2)
第三节 工程训练课程的学习方法	(2)
第二章 铸造	(4)
第一节 砂型铸造	(4)
第二节 铸造工艺分析	(8)
第三节 铸件质量检验	(13)
第四节 铸造新技术简介	(16)
第三章 焊接	(19)
第一节 手工电弧焊	(20)
第二节 气焊与气割	(26)
第三节 其他焊接技术简介	(30)
第四节 焊件缺陷与检验	(31)
第五节 焊接新工艺简介	(34)
第四章 热处理	(37)
第一节 热处理设备及工艺	(37)
第二节 硬度的测定	(40)
第五章 钳工	(43)
第一节 概述	(43)
第二节 划线	(44)
第三节 锯削	(50)
第四节 锉削	(51)
第五节 钻削	(53)
第六章 车削加工	(56)
第一节 车床	(56)
第二节 车刀	(57)
第三节 车削加工	(59)

第七章	铣削加工	(66)
第一节	铣床	(66)
第二节	铣刀的种类和装夹	(69)
第三节	铣削基本工作	(71)
第八章	刨削加工	(76)
第一节	刨床	(76)
第二节	刨刀	(79)
第九章	数控加工技术	(82)
第一节	概述	(82)
第二节	数控编程	(85)
第三节	数控车床的基本操作	(88)
第四节	加工及编程实例	(91)
第五节	加工中心	(96)
第十章	电火花与线切割加工技术	(98)
第一节	电火花成型加工技术	(98)
第二节	数控电火花线切割加工技术	(106)
参考文献		(109)

第一章 工程训练基本要求

第一节 工程训练的目的、意义、任务、要求和内容

一、工程训练的目的和意义

工程训练是一门实践性的技术基础课,是研究机器零件常用材料和加工方法,从材料选用,毛坯选择与制造,直至加工出零件的综合性技术基础课程。它是培养复合型人才和建立多学科知识结构的重要基础,为其他课程的学习奠定必备的知识与实践基础。本课程的教学方式以实践教学为主,要求每个学生必须进行独立操作。

二、工程训练的任务

(1) 了解工业产品制造的工艺过程;了解金属材料的常用加工方法和加工所用的主要设备的工作原理及典型结构,掌握工、夹、量具的使用方法和安全操作技术;了解现代制造过程的工艺知识,以及新工艺、新技术的应用。

(2) 对简单零件,初步具有工艺分析能力和加工工艺方法的选择能力。各主要加工工种应达到能单独加工制造简单零件的实践能力。

(3) 通过本课程的学习,学生应熟悉常用工程材料的种类、成分、组织和加工方法;了解毛坯的种类,掌握毛坯的识别、选用方法和成形工艺、加工工艺和结构工艺性等基本工艺知识。具有选用毛坯材料、零件加工方法及工艺分析的初步能力。

(4) 通过本课程的教学实践,使学生具备工程技术人员应有的基本素质——劳动观念、质量与经济观念、理论联系实际和遵章守纪作风,全面提高学生素质,培养高质量、高层次、复合型工程技术人才。

(5) 通过本课程的工程实践训练与工艺教学,使学生获得较宽的知识面、较强的工程实践能力和严谨务实的科学作风,并具有独立地学习与掌握新知识的能力,以具备创新能力和竞争意识,适应 21 世纪社会对复合型和创新型人才的需求。

三、工程训练的具体要求

(1) 通过本课程的学习,熟悉各种常用热(冷)加工工艺方法及数控加工与现代加工技术和常用设备与工具;了解各种材料的选择和毛坯的制造方法;初步掌握零件的加工方法,会分析零件的结构工艺图;熟悉有关工程术语以及相应的技术文件;具有一定的操作技能。

(2) 严格遵守劳动纪律,严格遵守操作规程与安全技术规则,爱护国家财产。

(3) 尊敬工程训练指导教师,服从工作分配与安排。

(4) 完成规定的工程训练任务。

四、工程训练的内容

工程训练的内容包括铸造成形、焊接成形、零件的热处理、钳工加工、车削加工、铣削加工、刨削加工、数控加工、现代加工技术。

第二节 工程训练方式

1. 现场讲解及示范操作

对工程训练内容中规定学生必须掌握的基本概念和理论知识由带教老师进行现场讲解；对要求学生独立操作的内容应先由带教老师示范整个操作过程，讲清要领后再让学生动手操练。

2. 学生独立操作

学生独立操作是工程训练的主要方式。根据机床台套数配置情况和工程训练要求的不同，每个学生在各个工程训练项目的训练中都有相应的机床设备，要求每位学生独立操作并完成作业零件加工的任务，以培养学生的动手能力和钻研精神。

3. 多媒体教学及操作示范

对因受现有设备条件限制和工程训练时间的局限而无法让学生亲身体验，但又对开阔学生视野、拓展知识面极有帮助的某些特殊的工程训练项目或内容，拟采用多媒体教学手段或由带教老师操作示范，帮助学生增加感性认识。

4. 写工程训练报告

每个工程训练项目结束时，学生都应根据工程训练的内容和要求完成1~2个工程训练报告（配有专用教材），并在工程训练结束时交给带教老师评分。

5. 工程训练时间安排

工程训练的总天数按照专业教学计划中的规定统筹安排，在有效天数内分组各工种轮换进行。

第三节 工程训练课程的学习方法

工程训练强调以实践教学为主，学生要将有关机械制造的基本工艺理论、工艺知识和基本工艺实践有机地结合起来，在教师的指导下通过独立操作，进行工程实践综合能力的训练。除了实践操作之外，工程训练的教学方法还有操作示范、现场教学、电化教学、参观、综合训练、编写实训报告等。由于工程训练的教学特点与同学们长期以来所习惯了的课堂理论教学有很大的不同，因而在学习方法上应当进行适当的调整，以求获得良好的学习效果。

1. 充分发挥自身的主体作用

工程训练教学与课堂理论教学相比的显著区别之一，就是学生的实践操作成为了主要

的学习方式,这就更加突出了学生在教学过程中的主体地位。因此,适当地摆脱对教师 and 书本的依赖性,学会在实践中积极主动地学习是十分重要的。在实训之前,要自觉地有计划地预习有关的实训内容,做到心中有数;在实训中,要始终保持高昂的学习热情和求知欲望,敢于动手,勤于动手;遇到问题时,要主动向教师请教或与同学交流探讨。

2. 贯彻理论联系实际的方法

要充分树立实践第一的观点,坚决摒弃“重理论,轻实践”的错误思想。随着实训进程的深入和感性知识的丰富,在实践操作的过程中,又要勤于动脑,使形象思维与逻辑思维相结合。要善于用学到的工艺理论知识来解决实践中遇到的各种具体问题,而不是仅仅满足于完成了实训零件的加工任务。在实训结束时,要认真做好总结,努力使在实训中获得的感性认识更加系统化和条理化。这样,用理论指导实践,以实践验证和充实理论,不仅可以使理论知识掌握得更牢固,而且也能使实践能力得到进一步的提高。

3. 掌握综合地看问题和解决问题的方法

工程训练是由一系列的单工种实训组合而成的,这就容易造成学生往往只从所实训的工种出发去看待和解决问题,从而限制了自己的思路,所以要避免这种不良倾向。一般来说,一件产品是不会只用一种加工方法制造出来的,因此要学会综合地把握各个实训工种的特点,学会从机械产品生产制造的全过程来看各个工种的作用和相互联系。

4. 注意培养创新意识和创新能力

工程训练是学生第一次全身心投入的生产技术实践活动,在这个过程中,经常会遇到新鲜事物,时常会产生新奇想法,要善于把这些新鲜感与好奇心转变为提出问题和解决问题的动力,从中感悟出学习、创造的方法。实践是创新的唯一源泉,要善于在实践中发现问题,勤奋钻研,使自己的创新意识和创新能力不断得到发展。

第二章 铸 造

◆实训目的和要求

1. 了解铸造生产的基本工艺过程、特点和应用。
2. 了解型砂、芯砂等造型材料的性能、组成及制备过程。
3. 熟悉铸型（砂型铸造）、型芯的结构和作用。
4. 掌握手工两箱造型各种方法的工艺过程、特点和应用。
5. 熟悉浇注系统的组成及作用。
6. 了解铸件的落砂和清理方法，知道铸件的常见缺陷及其产生的主要原因。
7. 了解铸造常用设备及其用途。

铸造是指将熔化的金属浇注到与零件形状和尺寸相适应的铸型空腔中，待其冷却凝固后，获得毛坯或零件的方法。

铸造获得的毛坯或零件称为铸件，铸件一般需经切削加工后才能成为零件。铸造常用于制造承受静载荷及压应力的结构件，如箱体、床身、支架等。

铸造与其他金属加工方法相比，具有下述特点。

(1) 较强的适应性。铸件材料和铸件形状不受限制；铸件的尺寸、质量和生产批量不受限制。

(2) 良好的经济性。铸造生产一般不需要复杂、精密、昂贵的设备；铸造所用的原材料来源很广，价格低廉；型砂等铸型材料可以回收处理，多次使用。

(3) 实现了无切屑加工。铸造生产工艺的特点是液态成形，铸造的工序多，铸件在浇注、凝固和固态冷却过程中，受许多因素的影响，故铸件缺陷往往较多，如晶粒粗大、成分偏析、冷隔或浇不足、缩孔、缩松、气孔、夹渣等，废品率较高，质量不够稳定。但随着铸造技术的迅猛发展，新材料、新工艺、新技术和新设备的推广应用，铸件的质量和生产效率得到了很大的提高，生产环境和劳动条件得到了显著改善。

铸造成形的方法很多，主要分为砂型铸造和特种铸造两大类。

第一节 砂型铸造

砂型铸造是将液态金属浇入用型砂制作的铸型型腔中，待其冷却凝固后，得到铸件的方法。在机械制造业中，90%以上的铸件都是用砂型铸造的方法生产的。现将砂型铸造的

有关工艺简介如下。

砂型铸造的工艺流程如图 2-1 所示。

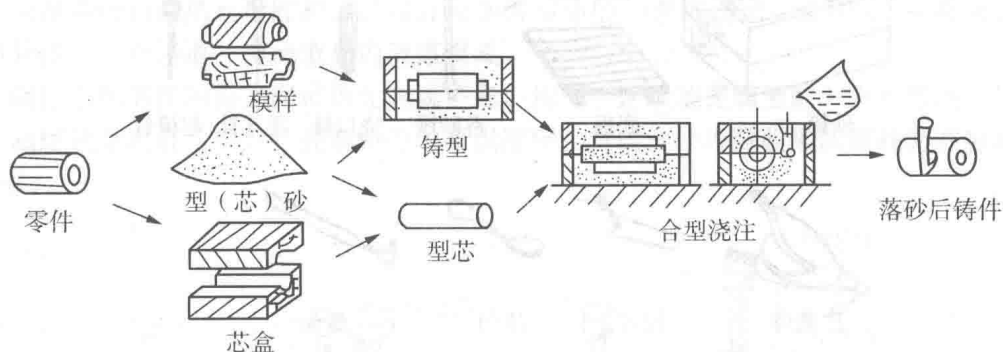


图 2-1 砂型铸造过程

一、造型

用型砂及模样等工艺装备制造铸型的过程，称为造型。

1. 造型材料

制造砂型的材料称为造型材料。造型材料包括型砂和芯砂，用于制造砂型的材料称为型砂，用于制造砂芯的造型材料称为芯砂。型砂是由原砂、黏结剂和水按一定比例混合而成，有时还加入少量煤粉、植物油、木屑等附加物。

原砂是骨干材料，其主要作用是：一方面使型砂（芯）具有必要的耐高温的热物理性能，有助于高温金属顺利充型，以便金属在铸型中冷却、凝固并得到所要求形状和性能的铸件。另一方面原砂砂粒能为砂型（芯）提供众多孔隙，保证型、芯具有一定透气性。黏结剂起黏结砂粒的作用，使型砂具有必要的强度和韧性。

附加物是为了改善型（芯）砂所需要的性能，或为了抑制型砂不希望有的性能而加入的物质。

型砂和芯砂的质量直接影响铸件的质量，型砂质量不好会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂、夹砂等缺陷。

2. 造型方法

造型方法分为手工造型和机器造型两大类。

（1）手工造型。全部用手工或手动工具（图 2-2）完成造型过程的造型方法称为手工造型。手工造型方法比较灵活，适应性强，模样成本低，生产准备时间短；但造型效率低，劳动强度大，劳动环境差，铸件质量也较差。因此，手工造型主要用于单件、小批量、大型铸件的生产。



图 2-2 砂箱及造型工具

(2) 机器造型。用机器全部完成或至少完成紧砂操作的造型方法称为机器造型。机器造型的实质就是用机器代替人完成手工紧砂和起模过程，它是现代化铸造车间的基本造型方法。机器造型的特点是生产率高，铸件尺寸精度高，表面质量好，劳动条件好，适用于大批量生产。

二、造芯

型芯又称为砂芯，制造型芯的过程称为造芯。铸造时，造芯常用来获得铸件的内腔。与型砂相比，芯砂必须具有更高的强度、耐火性、透气性、退让性和溃散性。

造芯方法分为手工造芯和机器造芯两种。手工造芯时主要采用芯盒造芯，如图 2-3 所示。型芯一般都要烘干。黏土砂型芯烘干时加热温度为 $250 \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温 $3 \sim 6\text{ h}$ ，然后缓慢冷却；油砂型芯烘干温度为 $200 \sim 220\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。



图 2-3 芯盒造芯

三、浇注系统

浇注系统是为填充型腔和冒口而开设于铸型中的一系列通道，如图 2-4 所示。它通常由外浇口、直浇道、横浇道和内浇道组成。

浇注系统的作用是：保证熔化金属平稳、均匀、连续地充满型腔；阻止熔渣、气体和砂粒随熔化金属进入型腔；控制铸件的凝固顺序；供给铸件冷凝收缩所需补充的金属溶液（补缩）。

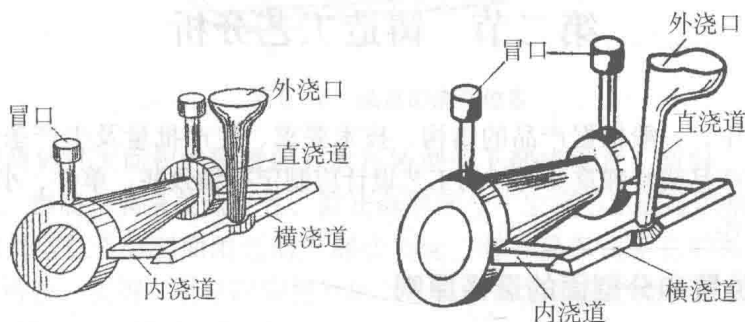


图 2-4 浇注系统的组成

四、金属的熔炼

金属的熔炼是获得高质量铸件的重要环节。金属液的化学成分不合格，温度过高或过低，是造成铸件力学性能、物理性能、化学性能降低和铸件产生冷隔、浇不足、变形、开裂、气孔、夹渣和粘砂等缺陷的重要原因。熔炼的要求是：金属液的化学成分合格；金属液的温度合格；熔炼效率高；能耗低；无污染。

常用的熔炼设备有冲天炉（适用于熔炼铸铁）、电弧炉（适用于熔炼铸钢）、坩埚炉（适用于熔炼有色金属）、工频或中频感应电炉（适用于熔钢和铸铁）等。

五、合箱浇注、落砂清理和检验

1. 合箱浇注

将铸型的各个组元（如上型、下型、型芯、冒口、外浇口等）组合成一个完整铸型的操作过程称为合箱。将液态金属浇入铸型的过程，称为浇注。浇注是铸造生产的一个重要环节。液态金属应在一定的浇注温度下，按合理的浇注速度注入铸型。若浇注温度过高，则金属液吸气多，液体收缩大，铸件就容易产生气孔、缩孔、裂纹及粘砂等缺陷；若浇注温度过低，则金属液充型能力变差，就会产生浇不足、冷隔等缺陷。浇注速度过快，金属液对铸型的冲击力过大，容易冲坏铸型，造成夹砂等缺陷。

2. 落砂清理

用手工或机械使铸件和型砂、砂箱分开并取出铸件的操作过程，称为落砂；而从铸件中去除芯砂和芯骨的操作过程，称为除芯。浇注后，必须经过一定的时间，待铸件充分冷却后，才能落砂和除芯。落砂后从铸件上清除表面粘砂、型砂（或芯砂）和切除铸件上的多余金属（包括冒口、飞翅和氧化皮）等的操作称为落砂清理。

3. 检验

铸件的质量检验包括外部检验和内部检验。通过目视或放大镜检查,找出铸件的表面缺陷,如铸件外形尺寸不合格、砂眼、豁砂、夹砂、夹渣、浇不足、冷隔、外部裂纹等称为外部检验。利用一定设备,找出铸件的内部缺陷,如气孔、缩孔、缩松、内部裂纹等称为内部检验。常用的内部检验方法有化学成分检验、金相检验、力学性能检验、耐压试验、超声波探伤、X射线检验和 γ 射线探伤等。

第二节 铸造工艺分析

在铸造生产中,一般根据产品的结构、技术要求、生产批量及生产条件进行工艺设计。大批量定型产品或特殊重要铸件的工艺设计应制定得细致些,单件、小批量生产的一般性产品则可简化。

一、浇注位置和分型面的选择原则

浇注位置与分型面的选择密切相关。通常分型面取决于浇注位置的选定,既要保证质量,又要简化造型工艺。但对质量要求不很严格的支架类铸件,应以简化造型工艺为主,先选定分型面。

1. 浇注位置的选择原则

浇注位置是指浇注时,铸件在铸型中所处的位置。

(1) 铸件的重要加工面或主要工作面应朝下。若难以做到朝下,应尽量位于侧面。这是由于金属液的密度大于砂、渣,浇注时,砂眼气泡和夹渣往往上浮到铸件的上表面,所以上表面的缺陷通常比下部要多。另外,由于重力的关系,下部的铸件最终要比上部致密。为了保证零件的质量,重要的加工面应尽量朝下或侧面。对于收缩较大的合金铸件,为了放置冒口和毛坯整修方便,重要加工面或主要工作面可以朝上。例如,机床床身,其导轨面是关键部分,其浇注位置应当是把导轨面放在最下面,如图2-5所示。

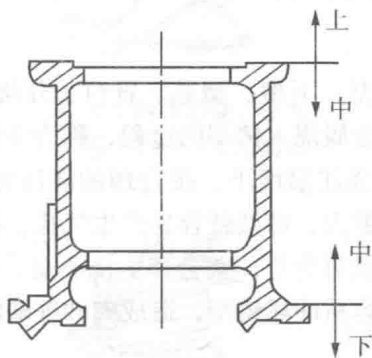


图 2-5 机床床身的浇注位置

(2) 铸件的大平面尽可能朝下,或采用倾斜浇注。铸型的上表面除了容易产生砂眼、气孔、夹渣外,大平面还常产生夹砂缺陷。这是由于在浇注过程中,高温的液态金属对型

腔上表面有强烈的热辐射,型砂因急剧膨胀和强度下降而拱起或开裂,拱起处或裂口浸入金属液中,形成夹砂缺陷。同时,铸件的大平面朝下也有利于排气,减小金属液对铸型的冲刷力。图2-6是薄件油盘的浇注位置。

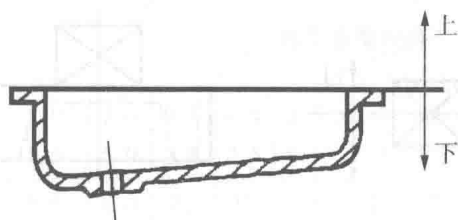


图 2-6 油盘的浇注位置

(3) 尽量将铸件大面积的薄壁部分放在铸型的下部或垂直、倾斜。这能增加薄壁处金属液的压强,提高金属液的流动性,防止薄壁部分产生浇不足或冷隔缺陷。

(4) 热节处应位于分型面附近的上部或侧面。对容易形成缩孔的铸件,如铸钢、球墨铸铁、可锻铸铁、黄铜,浇注时应把厚的部位放在分型面附近的上部或侧面,以便安放冒口,实现定向凝固,进行补缩。

(5) 便于型芯的固定和排气,能减少型芯的数量。

2. 分型面的选择原则

分型面是指两半铸型相互接触的表面。除了实型铸造法外,都要选择分型面。

一般来说,分型面在确定浇注位置后再选择。但是,分析各种分型面的利弊之后,可能再次调整浇注位置。在生产中浇注位置和分型面有时是同时确定的。分型面的选择在很大程度上影响着铸件的质量(主要是尺寸精度)、成本和生产率。因此,分型面的选择要在保证铸件质量的前提下,尽量简化工艺,节省人力物力。具体操作时需考虑以下几个原则。

(1) 保证模样能从型腔中顺利取出(分型面设在铸件最大截面处)。

(2) 应使铸件有最少的分型面,并尽量做到只有一个分型面。这是由于:第一,多一个分型面多一分误差,使精度下降;第二,分型面多,造型工时大,生产率下降;第三,机器造型只能两箱造型,故分型面多,不能进行大批量生产。如图2-7所示的绳轮铸件在单件小批生产的情况下,可以采用三箱造型、分割模样的方法,但这样就有两个分型面,如图2-7(b)所示,使造型过程复杂化;在大批量生产情况下,应该在绳轮的中间位置增加一个环形外型芯,如图2-7(a)所示,这样就可以采用整体模两箱造型,易于使用机器造型方法进行大批量生产。

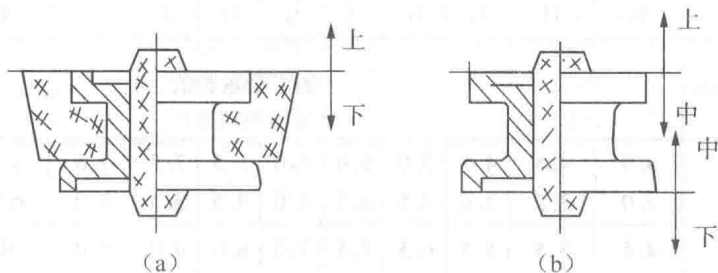


图 2-7 绳轮采用外型芯造型

(3) 应使型芯和活块数量尽量减少。图 2-8 为一堵头，若按图 2-8 (a) 所示对称分型，则必须制作型芯；若按图 2-8 (b) 分型，使工件全部位于上型，盲孔可以采用“自带型芯”，这样不仅铸件披缝少，不需要另制作型芯，而且易清理。

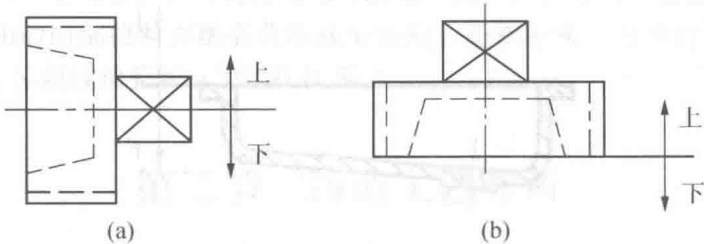


图 2-8 堵头分型面的选择

- (4) 应使铸件全部或大部分放在同一砂型，否则，错型时易造成尺寸偏差。
- (5) 应尽量使加工基准面与大部分加工面在同一砂型内，以使铸件的加工精度得以保证。
- (6) 应尽量使型腔及主要型芯位于下型，以便于造型、下芯、合型及检验。但下型型腔也不宜过深（否则不易起模、安放型芯），并力求避免吊芯和大的吊砂。
- (7) 应尽量使用平直分型面，以简化模具制造及造型工艺，避免挖砂。
- (8) 应尽量使铸型总高度为最低。这样不仅节约型砂，而且还能减轻劳动量，对机器造型有较大的经济意义。

二、铸造工艺参数的确定

在铸造生产工艺方案确定以后，为了使绘制的铸造工艺图能够保证铸件形状和尺寸的要求，还应根据零件图的形状、尺寸和技术要求，选定下列各种铸造工艺参数。

1. 切削加工余量

铸件为进行加工而放大的尺寸，称为切削加工余量。切削加工余量是为保证铸件加工面尺寸和零件精度，在铸件工艺设计时，预先增加的而在切削加工时再切去的金属层厚度。故在制作模样时，必须考虑在铸件的加工面上增大适当的尺寸。加工余量的代号用字母 MA 表示。加工余量等级由精到粗共分为 A、B、C、D、E、F、G、H 和 J 共 9 个等级。表 2-1 列出了部分与铸件尺寸公差配套使用的切削加工余量。

表 2-1 与铸件尺寸公差配套使用的铸件切削加工余量

CT		11		12			13			14		15	
MA		G	H	G	H	J	G	H	J	H	J	H	J
基本尺寸		加工余量数值											
大于	至												
0	100	4.0	4.5	4.5	5.0	6.0	6.0	6.5	7.5	7.5	8.4	9.0	10
		3.0	3.5	3.0	3.5	4.5	4.0	4.5	5.5	5.0	6.0	5.5	6.5
100	160	4.5	5.5	5.5	6.5	7.5	7.0	8.0	9.0	9.0	10	11	12
		3.5	4.5	4.0	5.0	6.0	4.6	5.5	6.5	6.0	7.0	7.0	8.0

续表

CT		11		12			13			14		15	
MA		G	H	G	H	J	G	H	J	H	J	H	J
基本尺寸		加工余量数值											
大于	至												
160	250	6.0	7.0	7.0	9.5	9.5	8.5	9.5	11	11	13	13	15
		4.5	5.5	5.0	7.5	7.5	6.0	7.0	8.5	7.5	9.0	8.5	10
250	400	7.0	8.5	8.0	11	11	9.5	11	13	13	15	15	17
		5.5	7.0	6.0	9.0	9.0	6.5	8.0	1.0	9.0	11	10	12
400	630	7.5	9.5	9.0	11	14	11	13	16	15	18	17	20
		6.0	8.0	6.5	8.5	11	7.5	9.5	12	11	13	12	14

注：表中每栏有两个加工余量数值，上面的数值是以一侧为基准，对另一侧进行单侧加工的加工余量数值；下面的数值是进行双侧加工时，每侧加工余量数值。

2. 合金收缩率

合金在冷却凝固过程中，随着温度的降低而发生液态收缩和凝固收缩，称为体积收缩。因此，铸件冷却后的尺寸将比模样尺寸略为缩小。为保证铸件冷却后的尺寸与铸件图的尺寸一致，模样尺寸必须比铸件放大一个该合金的收缩量。

铸件收缩率除与合金的种类和成分有关外，还与铸件结构、尺寸大小、壁的厚薄、砂型和砂芯的退让性、浇冒口系统的类型和开设位置、砂箱的结构等因素有关。表 2-2 为砂型铸造时，各种合金的铸造线收缩率的经验数据。

表 2-2 合金铸造线收缩率

铸件种类			收缩率 (%)	
			有阻碍收缩	自由收缩
灰铸铁	中小型铸件		0.8~1.0	0.9~1.1
	大中型铸件		0.7~0.9	0.8~1.0
	特大型铸件		0.6~0.8	0.7~0.9
球墨铸铁	珠光体球墨铸铁		0.6~0.8	0.9~1.1
	铁素体球墨铸铁		0.4~0.6	0.8~1.0
可锻铸铁	黑心可锻铸铁	壁厚 > 23 mm	0.5~0.6	0.6~0.8
		壁厚 > 25 mm	0.6~0.8	0.8~1.0
	白心可锻铸铁		1.2~1.8	1.5~2.0
铸钢	碳钢与合金结构钢铸件		1.3~1.7	1.6~2.0
	奥氏体、铁素体钢铸件		1.5~1.9	1.8~2.2
	纯奥氏体钢铸件		1.7~2.0	2.0~2.3