

高等学校教学用书

石油机械制造工艺学

石油院校教材编写组编



中国工业出版社

9

34-1

7811

統一書號:

K15165·879(石油-84)

定 价: 1.45元

高等学校教学用书



石油机械制造工艺学

石油院校教材编写组编

中国工业出版社

本书系高等院校石油机械专业的教学用书。也可供有关厂矿的工程技术人员参考。

全书分为三篇：第一篇阐述石油机械中的典型零件表面的加工方法；第二篇阐述石油机械中批量较大的配件的加工工艺；第三篇阐述石油机械制造厂的设计基础。

本书根据石油机械制造的特点，取材于有关厂矿的现场资料及有关教材，并尽可能反映国内外，特别是我国社会主义建设的成就。

石油机械制造工艺学

石油院校教材编写组编

*

石油工业部编辑室编辑（北京北郊六铺炕石油工业部）

（中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张12·字数263,000

1961年9月北京第一版·1962年6月北京第二次印刷

印数638—1,237·定价（10-5）1.45元

*

统一书号：K15165·879（石油—84）

前 言

石油机械制造工艺学是研究石油机械生产工艺过程的一門科学。本书是高等院校有关石油机械专业的专业課教材。

石油机械主要有矿場机械和炼厂机械，大多属于重型机械。在生产上存在着大、中、小批生产和单件生产的生产类型。如泥浆泵及渦輪鑽具等是批量較小的重型机械，鑽头、鑽杆接头的生产都是大批的，其它如缸套、閘閥等則又是中小批生产类型。在典型表面的加工上，也有一定的特点，如渦輪鑽具中的深孔加工、深井泵制造中的細长軸类零件——柱塞的加工。在零件結構上，也有精度与光洁度要求高而尺寸小的薄型零件；也有重型箱体如泥浆泵箱体或轉盘壳体等。在石油机械的配件制造工艺上也有着一些不同的要求，如鑽杆接头的錐螺紋加工、抽油杆的鍛压和强化、轉盘用大型軸承的制造、鏈条装配的自动綫、三牙輪鑽头滾柱生产自动綫和炼厂机械中热油泵叶輪的制造，等等，都是比較突出的問題。

根据上述石油机械制造的特点，本书主要内容是闡述石油机械（以矿場机械为主，同时包括某些特殊的炼厂机械的零件）中的典型零件表面的加工方法和批量較大的配件加工工艺，以及石油机械制造厂的设计基础。

学习本书之前应学习金属工艺学、金属学与热处理、以及制造工艺基础等課程，并对石油机械制造工艺有一定感性認識。

在講授或学习本书时，应注意理論联系实际，結合国内外特别是我国石油机械制造工业的成就及先进生产經驗，以不断充实和丰富本书的内容。

本书由北京石油学院金属工学教研室部分教师集体編写。参加編写的有张文达、陈京法、孙宏寿、阮恒、朱炳泉等，由张文达、陈京法主編。賈錫彤、賈映萱、陈如恒主审。在編写本书过程中，曾得到部分教师、同学及有关石油机械制造部門的大力支持和帮助，在此表示衷心的感謝。

由于編写時間短促，資料收集不够齐全，編者政治业务水平有限，书中可能存在不少缺点和錯誤，我們热忱希望讀者提出宝贵意見，以便再版时补充修改提高。

編 者

1961年5月

目 录

前 言

第一篇 石油机械零件表面的加工方法

第一章 机械制造的工艺准备	6
第1节 生产的工艺准备	6
第2节 编制工艺路线的原则	7
第3节 提高机械加工生产率的途径	8
第二章 轴类零件的加工和修复方法	10
第1节 概述	10
第2节 细长轴加工中的变形及其防止	10
第3节 轴类零件的深孔加工	12
第4节 大型轴加工中的几个问题	18
第5节 轴的修复方法	24
第三章 薄型零件的加工	28
第1节 概述	28
第2节 薄型零件的加工方法	30
第四章 箱体零件的加工	37
第1节 概述	37
第2节 箱体零件的主要加工问题	38
第3节 箱体零件的加工方法	41
第4节 箱体零件加工质量的检验	53
第五章 人字齿轮的加工和热轧齿轮	56
第1节 概述	56
第2节 人字齿轮加工工艺	59
第3节 人字齿轮加工机床	61
第4节 人字齿轮减速箱的装配问题	63
第5节 热轧齿轮	65
第六章 涡轮叶轮的加工	75
第1节 概述	75
第2节 涡轮叶轮的制造方法	76

第二篇 石油机械配件的制造工艺

第七章 深井泵缸套的加工工艺	86
第1节 概述	86
第2节 缸套毛坯的制造	86
第3节 缸套的机械加工	88
第4节 缸套的检验	97

第八章	閘閥的制造工艺	98
第1节	概述	98
第2节	閘閥中几种主要零件的加工工艺	100
第3节	閘閥密合面的研磨机械化	104
第4节	閘閥的修复	107
第九章	钻杆接头的制造工艺	108
第1节	概述	108
第2节	接头的毛坯制造	110
第3节	接头的机械加工及热处理	111
第4节	钻杆接头的检验	117
第5节	焊接接头钻杆的接头加工特点	119
第十章	抽油杆的制造	119
第1节	概述	119
第2节	抽油杆的制造工艺	121
第3节	抽油杆的强化工艺	129
第4节	焊接抽油杆的制造特点	133
第十一章	套筒滚子链条的制造工艺	135
第1节	概述	135
第2节	套筒滚子链条零件的加工工艺	136
第3节	套筒滚子链条的装配和检修	141
第十二章	三牙轮钻头的制造工艺	144
第1节	概述	144
第2节	牙轮掌的加工	145
第3节	牙轮的机械加工和敷焊工艺	158
第4节	滚柱加工的生产自动线	168
第5节	三牙轮钻头的装配	170

第三篇 石油机械制造厂设计基础

第十三章	石油机械厂设计	171
第1节	机械制造厂设计的任务与方法	171
第2节	厂址的选择与总平面的设计	174
第十四章	机械装配车间设计	177
第1节	车间生产纲领	177
第2节	车间设计	180
第3节	技术经济指标	191

第一篇 石油机械零件表面的加工方法

第一章 机械制造的工艺准备

第1节 生产的工艺准备

一个机器产品的生产，要经过设计与制造两个阶段。为了生产每种产品需要进行多方面的准备工作。生产准备一般分为设计准备、工艺准备与组织准备三个主要内容。

设计准备的任务是完成机器的设计。它是根据厂矿对机器设备的使用要求，并充分考虑到制造工艺的特点来完成的。设计准备的结果是提供出全套的施工图纸。

工艺准备是在全面分析产品设计图纸的基础上，制订出最合理的加工及装配工艺过程，设计并制造出必需的工艺装备，必要时进行设备的改装或设计及制造出专用的加工设备。工艺准备要保证全面实现产品的制造技术条件，并能有最高的生产效率和最大的经济效益。

组织准备包括的内容很广泛，如原材料的供应，干部和工人的培养与训练，劳动组织的调整，车间或工厂的组织，经济核算，产品试制以及企业协作等。只有充分和完善的组织措施才能保证生产任得以顺利完成。

可见每一种产品的生产都要有各方面工作的配合与协作。产品的质量主要取决于设计与制造加工的结果，但它要在使用中体现和经受考验。

在产品的工艺准备中，正确编制加工工艺过程具有决定性的意义。其他如工艺装备的设计与制造，以及技术组织措施则都是为实现该工艺过程服务的。

制订机器及其零件机械加工工艺过程的内容包括：确定合理的加工方法及其先后顺序；选择生产工具（设备、刀具、夹具等）；确定被加工表面在各个阶段中的尺寸、形状、光洁度以及其机械性能；还要确定工人的技术级别及加工的工时定额。制定的工艺过程既能全面地实现工件的制造技术条件，保证高的生产率；还要充分利用设备及工具的工艺可能性。在为已有工厂及车间编制工艺过程时，必须充分估计到原有设备条件和工人的现有技术水平及特点，以发挥最大的主观能动性。为了达到这个目的，必须采取工人、干部、技术人员三结合的方法来制订工艺过程。

选择加工用设备——机床，是设计工艺过程的一项重要工作。所选设备应适合零件加工精度及表面光洁度的要求；机床生产率要与产品生产类型适应；机床额定功率应与加工所需功率接近；还要能保证在该机床上进行加工方便而经济。

机床生产率适应产品生产类型，往往在选用设备时起着决定作用。特别是产品批量差别悬殊时，更应分别对待。如制造钻头时，因一般批量都较大，故可以采用高效率的专用机床（牙爪的专用半自动铣床、牙轮半自动车床等），又如在抽油杆车间内，即可布置两台卧式锻机进行杆端的锻造。但在石油机器制造中，绝大部分产品是属于中、小批类型的，所以，选用的设备多为通用机床。

第2节 編制工艺路綫的原则

石油机械品种繁多，结构各异，工作条件及制造要求都有很大差别，不可能给出一个适用于各种产品的工艺过程。但是根据生产实践的經驗，总结出了一些編制工艺路綫的基本原则，在工作中結合具体条件加以运用，是可以保証工艺过程的合理性、先进性与经济效果的。

1. 首先加工能切除最大余量的表面

先切除最厚的表层金属就有可能发现坯料的缺陷，諸如裂紋、夹杂、砂眼等。这样就有可能及时进行修补或停止以后的加工，避免造成更多的浪费。如钻杆接头的鍛坯，首先除去所有表层金属，并及时进行檢驗，以保証坯料質量。

由于先除去最厚的表层金属，就可能消除毛坯制造过程中产生的内应力，避免在以后加工中引起零件的变形。这对一些薄壁零件，如深井泵缸套的加工，是有很大大意义的。

因为切除的余量大，所以切削力及夹持力都較大，发热和变形也較严重。若某一表面的精加工安排在其他表面粗加工之前，其精度就可能受到不利影响。因此最大余量应在加工过程开始时除去。

2. 产生废品可能性較大的工序，应尽量 安排在前。不然其前面的工序会成为浪费。

3. 粗加工与精加工应分开

在同一机床上进行零件的粗加工与精加工可能影响加工精度。粗加工时由于加工余量大，并且常常是不均匀的，因此切削力也不稳定。結果会使机床精度下降，对于精度要求較高的表面就难于保証加工質量。所以最好将粗加工与精加工分別在不同机床上进行。

但这种将粗加工与精加工分开进行的做法，不是在任何情况下都合适的。如重型零件（大的箱体，重型軸等）因装卸，夹卡都費時間，若加工余量分布較均匀时，还是应在同一設備上进行粗加工及精加工的。这时应注意选用适当的切削用量，不使机床負荷过大。

对于刚度小的零件（如薄型零件，薄壁筒等），則应分別进行粗、精加工。在二者之間可安排自然时效或人工时效处理以消除加工内应力。

4. 基面选择

零件的定位基面应最先加工，此后其他表面即以其为定位基准。为了加工这一基面需选择粗基面。整个零件的加工往往与粗基面的选择有很大关系。在开头的几个工序中，零件的非加工表面与其他加工表面的相对位置即被决定，以后不再改变。同时，应力求各表面的加工余量均匀分布。所以，应尽量选非加工表面为粗基面。如图 1—1 所示之零件在調整好尺寸的銑床上进行加工。表面 1 及 2 需經加工，而表面 3 則不經加工。只有选表面 3 为粗基面才可能保証尺寸 H 、 h 及 b 的精度。

当零件的全部表面都需加工时，則应选取加工余量及公差最小的表面为粗基准。这样可以避免因某一加工表面余量不够而产生废品。如图 1—2 所示之箱体的表面 1 与 2 是在銑床上进行加工，銑刀尺寸已調整好，这时应选表面 2 为定位基准 1 的粗基准。因孔面 3 的余量大，公差也大，不宜作为粗基准。

5. 零件的各定位基面最好在一次安装中加工。这样可以减少它們相对位置的誤差。

另外，相对位置精度要求较高的表面，也应尽量在同一安装中加工。若不能实现时，则可使它们互为定位基面进行加工。如钻杆接头两端的锥孔，即是以一端锥孔为另锥孔的安装基准进行加工的。

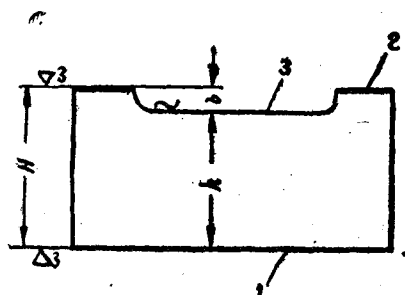


图 1—1 粗基面的选择

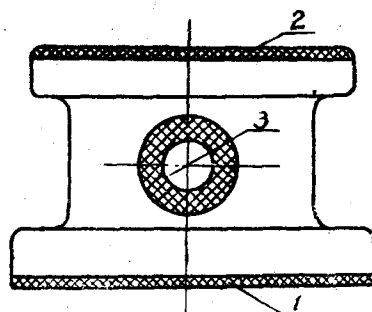


图 1—2 粗基面的选择

6. 为了使零件不失去刚度，应先加工对刚度影响最小的表面。

由于余量的去除可能引起内应力的重新分布，所以应先加工精度要求较低的表面。

7. 表面的精加工应在最后进行，以免在加工过程中使已加工表面受伤。

8. 机械加工工艺路线的安排应与热处理工序协调。热处理工序在整个工艺过程中的位置有时对加工质量及生产率有显著的影响。如接头的热处理工序，若在螺纹加工之后进行，可保证螺纹表面硬度，但需采取保护措施。若在螺纹加工之前进行，则螺纹硬度较低，刀具磨损也快。所以安排热处理工序时，应进行多方面的分析比较才能使之合理解决。

9. 为了缩短零件在加工过程中的运行路线，工艺路线的安排应考虑到车间原有设备的布置情况。在大批生产中往往组成流水线，零件的运行路线是按设备排列单向前进，不会发生往返现象。在石油机械中，除了钻头、接头、抽油杆等少数产品是以流水作业线的方式进行生产外，大多数产品批量不大，车间设备多以机群方式布置。这时制订工艺过程就应进行多种方案的比较，力求避免过多的往返。特别是对一些大型零件更为重要。

机械加工工艺是总结生产实践经验，经过提高而形成的一门学科。它的特点是与生产的联系非常密切。因此编制工艺过程就应从实际出发，广泛吸收生产中的先进经验，加以提高推广，并不断进行修改、补充，使机器的加工工艺日趋完善。

第3节 提高机械加工生产率的途径

提高机器制造劳动生产率的方法是多种多样的。因为一个机器产品的生产，是由设计和制造两方面的工作所组成，所以，在寻求提高生产率的途径时，也应从这两方面着手。

在产品的設計过程中，应充分考虑到它的工艺性。在制订加工工艺过程时，还应从工艺角度对設計图纸进行最后的检查。这时可就以下问题进行分析研究：

一、在不影响机器使用性能的条件下，是否可以简化其结构，并尽量采用标准件；

二、大的鍛件、鑄件加工困难时是否可以焊接结构代替，有没有可能以鑄坯代替鍛坯；

三、在运用高效率加工方法时，是否受到产品结构的限制，如何改进；

四、是否所有材料的选择都有充分依据，可否以廉价易得的材料来代替；

五、所有的尺寸精度、表面光洁度、相对位置精度是否都易于实现，可否放宽公差等。

上述问题的解决，要求充分了解机器的工作性能及每个零件的作用。只有具备设计与制造的全面知识，才能在设计时，就保证了新产品具有良好的工艺性。就为提高加工过程的生产率提供了条件。

提高生产率的更重要途径则是改善产品的生产过程。这可以从组织措施及技术措施两方面进行。

加强对职工的思想教育和技术教育，不断提高其觉悟程度与技术水平，是劳动生产率不断上升的最根本保证。技术革命、技术革新的群众运动，社会主义劳动竞赛在启发劳动热情，推广先进经验，克服生产薄弱环节上都有着很大的作用。改善计划管理工作，及时修订工时定额，改善劳动组织，建立与健全必要的规章制度（特别是操作规程）等，都可从各方面来促进劳动生产率不断提高。

在技术措施方面是要广泛采用先进的、高效率的加工方法，并制订完善的工艺规程。在努力缩短基本时间的同时，应特别注意减少辅助时间。

经实践证明的、有效的技术措施很多，可结合具体条件选择采用下列各项措施。

一、自动化、半自动化

提高劳动生产率的最有效办法是实现加工过程的自动化。在我国，以半机械化、机械化、半自动化、自动化为中心的技术革命、技术革新的群众运动的经验说明，实现自动化、半自动化不是高不可攀的。办法可土可洋，大小工厂都可进行，不只在大批生产的工厂中，而且在中小批生产的工厂中也可采用。

二、多刀加工

这可以实现工步合并的原则。几个表面同时被加工，可以大大缩减加工时间。常见的有多刀车削（抽油杆杆头车削用的五刀刀盘）、多轴钻孔（阀门体法兰孔的六轴钻机构）、多轴铣和多轴镗孔（变速箱箱体三轴镗孔机床）等。

三、多件加工

几个零件在一次安装中同时或顺序地被加工，同样可以减少辅助时间。多件加工经常在铣床、磨床、刨床上见到，有时要与多位夹具配合使用。

四、强力切削

强力切削可以大大减少基本时间。切削规范的选择要与加工质量适应，只能在保证质量的前提下选用高的切削用量。

同时应不断改进刀具结构，广泛采用硬质合金刀具。

五、采用高效率夹具是节约辅助时间的有效措施。

六、应对加工设备不断进行改装，使其技术规格更加先进，增加其机械化与自动化程度，并更符合零件加工的要求。在大批生产中，将通用机床改装为专用化机床能收到很大效果。

七、组织多机床管理是提高生产率的一个重要办法。特别是在大批大量生产中效果更显著。一般在一些机动时间长、又是自动切削的工序中，如齿轮加工，都应组织多机床管理。

八、工艺过程典型化可以提高工艺水平，又能加快工艺准备的速度。

苏联与我国某些机械制造部门的经验已证明，这是促进工艺发展的一项重要措施，在石油机械制造中也应予以重视。

同样，分组加工法也是值得研究采用的。它是发挥生产潜力的重要保证。特别是在石油机械制造的单件，成批生产中更有显著效果。

第二章 軸类零件的加工和修复方法

第1节 概 述

軸类零件包括石油机械中转动与非转动同心及偏心軸类。此类零件，是各种机器中最常见同时又是很重要的组成部分，如絞車軸、轉盤軸、渦輪鑽主軸、压气机曲軸、柴油機曲軸、天車軸、深井泵活塞、軸承滾柱、水龙头导管及抽油杆等。

上述軸类零件中，按其结构及加工特点可以划分为三种不同类型：

一、細長軸类：这类軸的特点是长径比大，刚性差，而且往往有深孔。如渦輪鑽主軸、深井泵活塞、水龙头导管、抽油杆都属于这一类。

二、重型軸类：其特点是重量大，如絞車軸、轉盤軸等。有些还同时具有細長軸的特点，例如渦輪鑽主軸是。

三、其他軸类：包括曲軸及上述两类軸以外的各种軸。这类軸的特点是或者加工任务很少，或者在工艺上与一般軸类相比没有甚么特殊要求。

軸类零件的制造过程一般需要经过如下各工序：制造毛坯、切断及校直、划綫与钻中心孔、車削外圓、钻孔及搪孔、精車外圓、銑鍵槽及磨光等。还可能有螺紋加工及各种热处理工艺穿插其中。这是軸类零件加工的共同点。但是，由于軸的结构各不同，因而引起加工过程中出现的特殊问题，需要采取相应的工艺措施来加以解决。例如細長軸类零件加工中的变形及钻深孔问题、重型軸类零件的毛坯选择及其精加工，都是石油机械軸类零件加工过程中常需解决的问题。本章就着重对这些特有的问题作一分析，并提出相应的工艺措施，以求保证满足零件的技术要求，及进一步提高劳动生产率。对于没有什么特殊问题的第三类軸，就不加讨论了。

軸类零件磨损面的修复工作是石油机械修理工作中的重要内容之一，故也列入本章。

第2节 細長軸加工中的变形及其防止

軸的长度与其直径比大于10者（即 $\frac{L}{d} > 10$ ），称为細長軸类。在石油机械中，細長軸的长径比值可达130。（HTH—3型深井泵活塞油杆）由于这类零件本身的刚性不足，加工时受切削力的作用而引起变形及振动，形成鼓形度，及表面光洁度不足，影响了工件的质量。同时由于軸的刚性不足，不可能采用大的切削用量，妨碍了生产率的提高。因此，如何提高軸的刚度，减少切削时工件的变形，就成为細長軸加工的关键。

鼓形度是細長軸加工中最常见的误差。做成这种误差的重要原因 是軸本身的刚性不足，在切削过程中，軸受切削径向分力 p_r 的作用，向着离开刀具方向弯曲，形成挠度 y 。

这个挠度，使工件中部被切去的金属较两端少，成腰鼓形(图 2—1)。

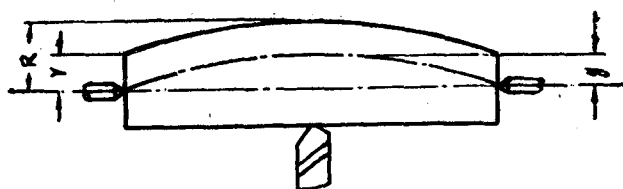


图 2—1 细长轴加工时的挠度

挠度 y 的大小，等于工件中部最大半径与其两端半径之差，即 $y = R - r$ 。其值可以按照自由地支承(在两个支点上的梁)的弯曲公式近似算出即：

$$y = \frac{k}{e} p_y \cdot \frac{l^3}{d^4}$$

式中 y ——轴的挠度(毫米)；

k ——系数，与作用力的位置，梁的断面形状有关；

e ——工件材料的弹性模数；

l ——支点间轴的长度(毫米)；

d ——轴的直径(毫米)。

由上式可知，轴的挠度大小受其本身的长度 l 及直径 d 的影响最大，而横向切削分力 P_y ，则是引起挠度的主要条件。此外，加工时，轴因温度升高而伸长，以及由于重心偏移而引起的离心力，也会使挠度加剧。因此，为了减少挠度，就要从下列两方面着手采取必要的工艺措施，即缩短轴的跨度 l ，选择合理的切削规范及刀具角度，以降低外力 P_y 。

采用普通的固定式中心托架，能够有效地提高轴的刚度。但对于大型的轴来说，这种中心架已经不能满足要求。因为这时中心架的作用，已经不单在于防止 P_y 所引起的变形，而且还要承担轴的重量。由于大型轴较重，要求中心架也要更为坚固可靠。图 2—21 是一种对大轴进行高速精车用的重型中心架。

安装中心架的“轴颈”，其准确度对加工质量的影响很大。当不可能事先车出安装轴颈时，可在轴上套上一个轴套。通常是用八个螺栓把它夹紧在轴上。安装时，先要用划针盘或千分表校正轴套位置，使与机床的旋转轴线同心后，再将螺栓拧紧(图 2—2)。

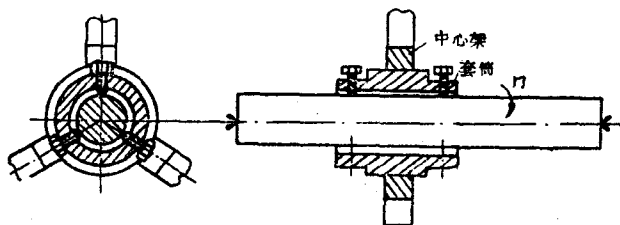


图 2—2 粗车细长轴采用的可调整套筒

加工光滑的长轴时(如电动沉没泵的轴及壳体)，可采用移动式中心架(跟刀架)。这类中心架，是用螺钉固定在小刀架上。它的卡爪，可根据不同的要求，装在轴的已加工表

面或待加工表面上。

有时,虽然采用了跟刀架,但工件的跳动并没能完全克服,加工质量不能保证。这是因为现用的跟刀架上共有三个支点(包括两个卡爪和刀具),但他们分布不均匀。此种结构,可保证水平切削力 p_y 得到平衡。在上方、前方及后方三个方向上,轴与卡爪或刀刃接触,弯曲都受到限制,但仍有可能向下方弯曲。所以当轴在离心力作用下,而周期性地向下弯曲时,轴与三个支点的接触遭到破坏,这样每转一周,都发生一次跳动,因此,形成了轴的振动。结果工件表面光洁度及精度,刀具寿命都会下降。改进的办法是在跟刀架的下方增加一个支承爪(图2-3),就可以排除轴向下方弯曲的可能性,保证它与各支点经常接触。

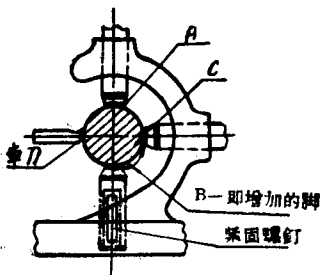


图 2-3 改良的固定式中心架

细长轴加工的挠度,是由 p_y 的作用而引起的。减少 p_y 就可以减少轴的挠度。 p_y 的大小,与吃刀深度 t 、刀具主偏角 ϕ 、及前角 r 的大小有关。因此,采用合理的 t 、 ϕ 、及 r 数值,可以使工件的挠度减到最小限度。

此外,在夹装工件时,顶尖不宜顶得过紧,否则轴在静止状态下也将发生弯曲。尾顶尖伸出部分,不宜太长,以免增加振动。在这方面死顶尖比活顶尖更为可靠。

第3节 轴类零件的深孔加工

一、钻深孔的主要问题及其解决方法

零件上孔的长度与其直径之比, $\frac{l}{d} > 5$ 者通常称为深孔。深孔加工的工艺安排,是根据孔眼直径的大小、深度及其精度要求而制订的。在石油机械的轴类零件中,具有深孔的如水龙头导管,泥浆洗管等,其孔眼的加工要求是不高的。

对于这类要求不高的孔,只需用钻头钻出即可。还有一些零件,如涡轮钻主轴、深井泵缸套等,除孔眼的光洁度要求较高外,还有附加的技术要求。例如深井泵缸套中 $\phi 38$ 的孔,其表面光洁度为 $\nabla\nabla\nabla$,并且规定了轴线的直度、与外径的同心度、以及与端面的垂直度等允差。对于这类孔眼,需要在钻孔后进行镗孔或珩磨,才能达到全部技术要求。但这类零件并不很多,而且它们也大都要先行钻孔。因此,钻孔就成为石油机械制造深孔加工中的一个主要工序。而如何保证钻孔质量,提高钻孔的劳动生产率,就成为我们讨论的中心问题了。

钻深孔的质量的主要问题,反映在孔的轴线与外圆表面轴线的平行度、本身轴线的不直度过大;以及孔眼不圆;直径扩大等方面。做成这种误差的原因,是由于钻头直径受孔径所限,刚度不足,特别当孔的深度较大时,由于刀具伸出很长,更易形成轴线歪斜,

或者孔径增大，使加工质量变坏。另一方面，排屑困难，以及由于刀具细长造成的散热条件不良等问题，又限制了钻削用量的提高。这是钻深孔的不利条件。为了保证孔的质量，以及进一步提高劳动生产率，就必须采取一系列的工艺措施，以改善加工过程中的上述不利条件。

消除钻孔时孔的歪斜的基本措施，是使工件旋转以代替钻头的旋转。这时，由于工件是围绕主轴的中心线旋转的，因此钻头的引偏只会使孔的直径扩大，引起锥度、鼓形度等缺陷。而对于轴线的直度没有影响（图2-4）。但是，这些误差在加工时也应尽量避免，所以应注意把钻头装在正确位置，即保持与工件的旋转轴线同心。在钻孔开始时，由于钻头的导向棱边还不能起到导向作用，工件端面的凹凸不平，最易使钻头引偏。因此，在钻孔前，先车整好端面，也是必须的。此外，在正式钻孔前，先用短而粗的尖钻予钻一个短孔，能使开始钻孔时易于找正中心，这也是减少轴线歪斜的一种方法。

钻深孔中的排屑和散热问题：用压力输送冷却润滑液，能够很好地解决深孔加工中的排屑和散热问题。冷却润滑液一般采用植物油、（与煤油混合）、硫化油以及各种乳化剂。液体压力的大小，随孔径的增大而应选高些，一般是在2—100大气压范围内变动。输送冷却液的方式，可以有下列两种：

1. 冷却液由钻头与孔壁间的环形间隙输入，由内部的特殊孔道排出（图2-5a）。
2. 与上述方式相反，液体自内孔输入，由环形间隙排出（图2-5b）。

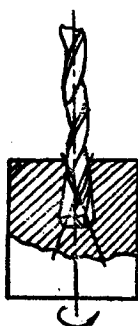


图 2-4 工件旋转时钻头引偏所引起的加工误差

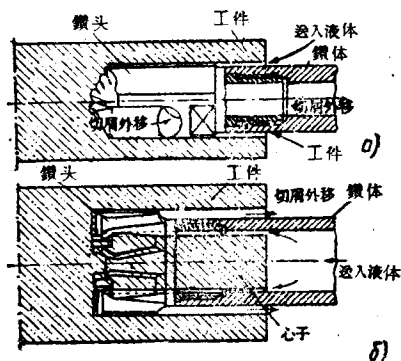


图 2-5 冷却液和切屑的输送方式

- a—冷却液由外圈送入，由内孔排出；
b—冷却液由内孔送入，由外圈排出。

对上述两种方式，应如何进行选择，要根据排屑条件及钻体刚度两个问题来考虑。对于第一种方式来说，排屑和刚度都比较好，而第二种方式，切屑排出时容易被钻头的导向棱边卡住。同时，为了使切屑顺利排出，钻体的直径要造得比用第一种方式时更小些。这对钻头的刚度是不利的。因此，在条件许可的情况下，应该尽可能选用第一种排屑方式。但是，对于环钻法来说，由于中间有金属心子存在，切屑由内孔排出时，同样有被卡住的危险。这时，就应采用外环排屑法（第二法）。至于钻体刚度被削弱的問題，将会随着钻孔直径的增大而逐渐退居次要地位。因此，外环排屑法常常被用在环形钻头上。

二、钻深孔的方法和刀具

钻深孔的方法，随着孔眼直径的不同可以分为两种：

1. 全钻法：这种方法的特点是，孔眼中的金属被钻头全部切掉。当孔的直径小于80

毫米时，常用这种方法加工。

2. 环钻法：用这种方法加工时，孔眼中的金属仅有一个环形被切掉，中间的金属心子仍被保留着。这种方法的优点是切屑较少。因此，耗费的切屑功也较少，留下的心子，可以用作次要零件的毛坯。当孔的直径大于80毫米时，用这种方法加工较好。

钻深孔的钻头，在结构上与一般的钻头有所不同，主要在于：保证加工时有输入冷却液及排屑的孔道；有良好的引导部分；以及增强钻体的刚性等问题。

全钻法用的钻头，有单刃及多刃两种类。常见的单刃钻头有炮钻、枪钻、铤钻三种。多刃钻头则有扁钻及特制的麻花钻头两种。

炮钻（图2—6）是一种结构简单的钻头，只有一个切削刃，并具有较长的引导部分。引导部分与工件孔壁接触弧长略大于 180° 。这样在已加工孔中就能较好地导向。引导部分并具有 $\frac{0.05}{100}$ 的倒锥，以减少和孔壁的摩擦。这种钻头的优点是结构简单。

枪管钻（图2—7）是较炮钻完善的一种钻头。它由钻体（用渗碳钢或淬硬的合金钢造成）和焊到钻体上的钻头（用高速钢制造）组成，钻头长60—70毫米，并且有 $\frac{0.04}{100}$ 的倒锥。钻头的中部是空的，冷却液（20—40大气压）可以由钻头与孔壁之间输入，带着切屑由中心孔排出。由于这种刀具的引导部分、冷却以及排屑条件都较好，所以生产率和加工质量都比炮钻高。

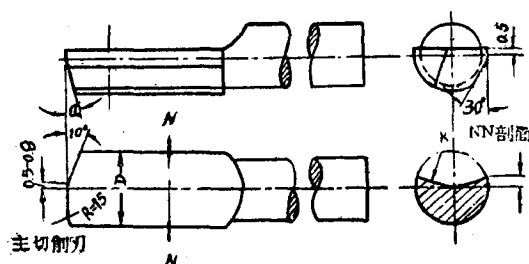


图 2—6 炮钻

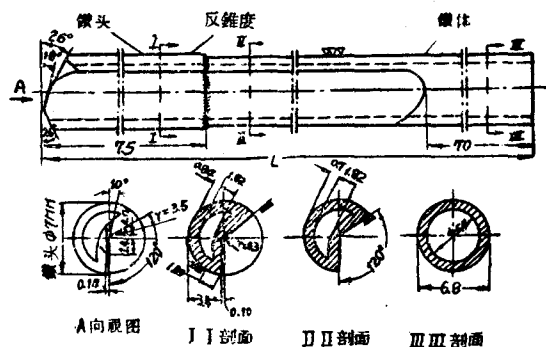


图 2—7 枪管钻

铤钻（图2—8）是由钻头和钻体用螺纹接合而成。钻体的直径比钻头小些。目的在于形成冷却液输入的空间。钻头的周边有两条导向脊棱，加工时，能起着很好的导向作用。钻头的刀刃，由二个互成角度的刀刃 N 和 T 组成。两刃相交成钻尖。钻尖距钻头中心 $e=0.2d$ 。这种钻头，由于没有横刃存在，切削抗力较小。而且在孔的中央会形成一个不大的心子（图2—9）。这个心子能起协助定向作用，减低轴线的偏斜。故加工质量和生产率较高。钻削时，冷却液从外圈输入，内孔排出。

上述三种钻头中，以铤钻最为可靠，故用得较广。对于要求不高的孔（例如涡轮钻主轴 $\phi 45 \times 610$ 的孔），就可用这种钻头一次钻出。但“枪钻”和“炮钻”则具有结构简单、易制造的优点。

在双刃深孔钻中，扁钻是最普通的一种。图2—10是一种钻水龙头导管用的扁钻。这种钻头可夹持在车床的刀架上。冷却液由中间的孔输入，经两个专门的槽流到刀刃上。这

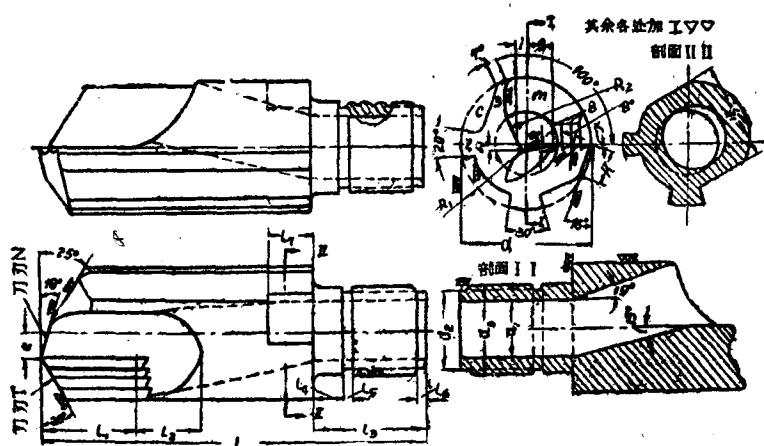


图 2—8 8号鑽

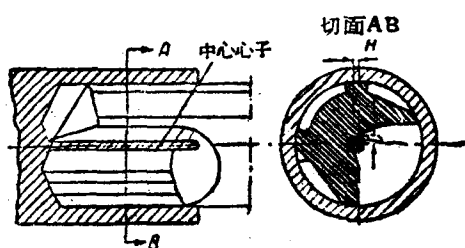


图 2—9 “死”心子的形成

种钻头，因无良好的导向部分，加工精度不及上述三种钻头。但 由于是两个刀刃同时切削，故生产率一般比它们高，适用于精度較低的孔。

普通的麻花钻头，经过改进以后，也可以用来钻深孔（图2—11）。这种钻头，利用螺旋纹与钻杆连接起来。钻头中心的孔与前面的排屑槽连通。加工时，切屑可以经这个孔排出。钻头的两侧，钻出二个缺口，作为冷却液输入的通路。这种钻头，由于具有棱边，加工精度比扁钻高。但是由于横刃的存在，仍然不能消除中心部分切削条件不良的毛病。把

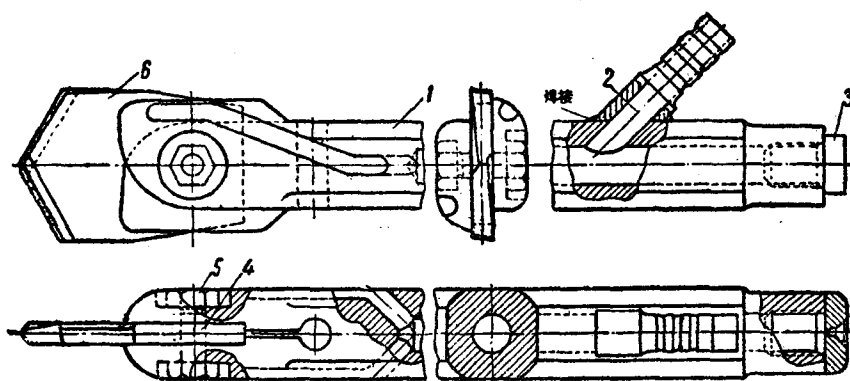


图 2—10 钻水龙头导管的扁钻

1—握柄；2—注入冷却液的管头；3—堵塞；4—螺栓；5—螺帽；6—扁钻头。