

金属切削
理论与实践

上册

金属切削理论与实践

北京市《金属切削理论与实践》编委会

*

北 京 出 版 社 出 版

新华书店北京发行所发行

北京新华印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 48.375 印张 1,157,000 字

1985 年 2 月第 1 版 1985 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—16,100

书号: 15071·60 定价:《精装共三册》12.65 元

《金属切削理论与实践》编委会成员

主任：史洪志

副主任：陆察明、周家宝、桂育鹏

委员：于启勋、史洪志、刘玉明、刘景升、孙 洪、邹瑞禄、
陆察明、张 力、周家宝、柳德春、桂育鹏

上册主要编写人员

主编：于启勋(北京工业学院)

参加主要编写工作的有：

桂育鹏(北京市工具研究所)	周家宝(清华大学)
刘武光(北京市机电研究院)	唐程辉(北京广播器材厂)
潘锡仁(北京钢铁研究院)	田玉顺(北京出版社)
张庆积(北京首都机械厂)	张凤年(北京重型机器厂)
王训辉(北京市机械配件工业公司)	陈敏如(北京有线电厂)
李宝珍(北京汽车制造厂)	章启成(清华大学)等同志

中册和下册主要编写人员

主编：陈璧光(北京永定机械厂) 李自通(一机部机床研究所)

参加主要编写工作的有：

罗洪涛(北京航空学院)	钟寿民(清华大学)
刘武光(北京市机电研究院)	陈章燕(北京工业大学)
杨保晋(北京第一机床厂)	李 铭(北京内燃机总厂)
吕国庆(北京第二机床厂)	张英台(北京二七机车厂)
张庆积(北京首都机械厂)	佟福亮(北京二七机车厂)
王训辉(北京市机械配件工业公司)	王保国(北京永定机械厂)等同志

前 言

建国以来,我国机械工业得到了很大的发展,金属切削理论和技术水平也有了显著提高。为了适应机械工业不断发展和院校专业课程教学的需要,在中共北京市委的领导下,由北京市技术交流站组织在京的一些工厂、院校和科研单位的有关人员,从1974年10月开始,历时六年,编写出这部《金属切削理论与实践》。

编写人员力求用辩证唯物论和历史唯物论作指导,注重调查研究,既认真总结我国的实践经验,又注意吸取国外的先进科学技术;坚持理论联系实际,与有关单位一起开展科学实验,亲自取得大量第一手资料和数据,并提出一些新的观点;尽量使本书具有科学性、先进性和实用性。

本书分上、中、下三册,上册主要论述切削的基本规律,中册和下册阐述了各种金属切削加工的特殊规律及其应用。

过去,国内外在金属切削方面沿用的术语、符号和单位制,比较杂乱。近年来国际标准化组织(ISO)已制订了关于刀具几何参数术语、符号的标准,但本书上册未及采用。为了便于国内外技术交流,除在本书中册和下册采用有关国际标准和国际单位制(ISO)之外,还在中册卷首和在下册附录中分别列出常用术语、符号对照表和常用单位与国际单位换算表,并在第十三章对国际标准规定的术语和定义概念作了介绍,可供读者参考。

本书供从事金属切削的工人、科技人员使用,也可作为高等专业院校的教学参考书。

我们在编写过程中，曾得到兄弟省、市有关单位的大力支持；许多工厂、院校和科研单位提供了大量资料，协助进行实验，参加编审工作，仅在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，希望广大读者批评指正。

北京市《金属切削理论与实践》编委会

目 录

我国金属切削加工发展概况	(1)
第一章 基本定义	(15)
第一节 切削运动和切削用量	(15)
第二节 刀具的几何参数	(17)
第三节 自由切削和非自由切削	(24)
第四节 切削层的厚度、宽度和面积	(24)
第五节 刀具的工作角度	(25)
第六节 刀具各截面中几何角度的换算关系	(29)
第二章 金属切削过程	(33)
第一节 金属切削过程的矛盾分析	(34)
第二节 金属塑性变形的基本知识	(36)
第三节 金属切削过程的本质	(41)
第四节 积屑瘤	(62)
第五节 已加工表面的冷硬现象	(66)
第六节 影响切削过程塑性变形的的主要因素	(70)
第七节 脆性金属的切削过程	(74)
第三章 刀具材料	(77)
第一节 刀具材料必须具备的性能	(77)
第二节 碳素工具钢和合金工具钢	(78)
第三节 高速钢	(81)
第四节 硬质合金	(91)
第五节 其它刀具材料	(108)

第四章 工件材料的切削加工性	(111)
第一节 工件材料的化学成分、金相组织对切削加工性的影响	(112)
第二节 工件材料的力学性能对切削加工性的影响	(115)
第三节 工件材料的物理性能对切削加工性的影响	(120)
第四节 工件材料的其它因素对切削加工性的影响	(123)
第五节 工件材料切削加工性的综合分析	(124)
第六节 改善工件材料切削加工性的途径	(139)
第五章 切削力和切削功率	(141)
第一节 切削力的来源和研究切削力的意义	(141)
第二节 切削合力、分力和切削功率	(143)
第三节 影响切削力的因素	(147)
第四节 切断刀的切削力	(188)
第五节 车削力、车削功率的计算方法和例题	(191)
第六节 测量切削力的实验方法	(194)
第六章 切削热和切削温度	(213)
第一节 切削热的来源和传出	(213)
第二节 影响切削温度的因素	(216)
第三节 切削温度对刀具与工件的影响	(232)
第四节 切削热的限制与利用	(235)
第五节 切削温度的测量方法	(237)
第七章 刀具的磨损和耐用度	(242)
第一节 刀具的磨损形态	(242)
第二节 刀具的磨损规律和磨损限度	(244)
第三节 刀具磨损的原因	(247)
第四节 刀具的耐用度和影响刀具耐用度的主要因素分析	(249)
第五节 硬质合金刀具的崩刃和打刀	(262)
第八章 冷却润滑液	(267)
第一节 冷却润滑液的作用	(267)

第二节	冷却润滑液的分类和组成	(273)
第三节	冷却润滑液中的添加剂	(276)
第四节	动植物油的时代用品	(282)
第五节	冷却润滑液的选用	(285)
第六节	冷却润滑液的加注方法	(294)
第九章	刀具几何参数的合理选择	(297)
第一节	合理选择刀具几何参数的意义	(297)
第二节	合理选择刀具几何参数的指导思想	(298)
第三节	前角的合理选择	(301)
第四节	负倒棱的合理选择	(311)
第五节	后角的合理选择	(315)
第六节	主偏角的合理选择	(320)
第七节	副偏角的合理选择	(324)
第八节	刃倾角的合理选择	(325)
第九节	几种典型车刀几何参数的分析	(329)
第十章	切屑的形状及其控制	(336)
第一节	一分为二地分析各类切屑	(336)
第二节	切屑折断的内因和断屑措施分析	(339)
第三节	卷屑槽的形状和尺寸对切屑卷曲和变形的影响	(341)
第四节	中等切深下利用卷屑槽断屑的规律	(350)
第五节	大切深、小切深下利用卷屑槽控制屑形的规律	(355)
第六节	采用小月牙洼卷屑槽控制屑形的规律	(358)
第七节	通过变革主切削刃形状控制屑形	(360)
第十一章	已加工表面质量	(365)
第一节	表面质量的含义及其影响	(365)
第二节	表面光洁度	(367)
第三节	残余应力与冷硬现象	(385)
第四节	提高表面质量的途径	(388)

第十二章 刀具耐用度和切削用量的制订原则和参考数值	(395)
第一节 制订刀具耐用度的一般原则和参考数值	(395)
第二节 制订切削用量的一般原则	(399)
第三节 硬质合金车刀切削用量的参考数值	(402)
附 录	(404)
一、国际标准化组织(ISO)硬质合金的类别、代号、成分及性能	
二、各国主要高速钢牌号对照表	
三、各国硬质合金牌号近似对照表	
四、本书常用符号表	
参考书刊	(415)

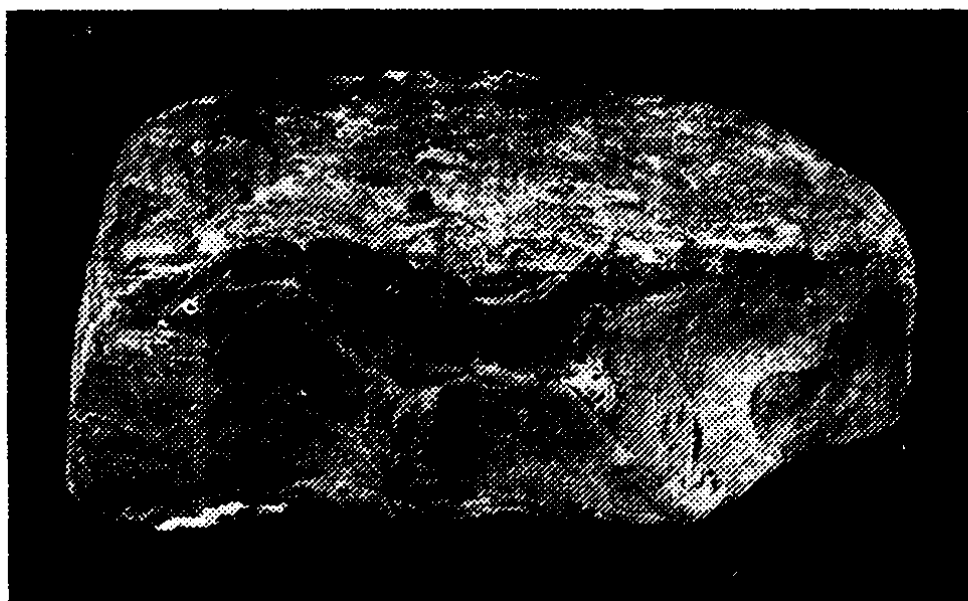
我国金属切削加工发展概况

伟大的中华民族，自古以来就是勤劳、勇敢、智慧的民族，曾经出现过许多杰出的科学家和无数的能工巧匠。我们的祖先在长期的生产斗争和科学实验中，用自己勤劳的双手和无穷的智慧，创造了光辉灿烂的古代科学文化。我国是世界文明发达最早的国家之一，对人类作出过巨大的贡献。

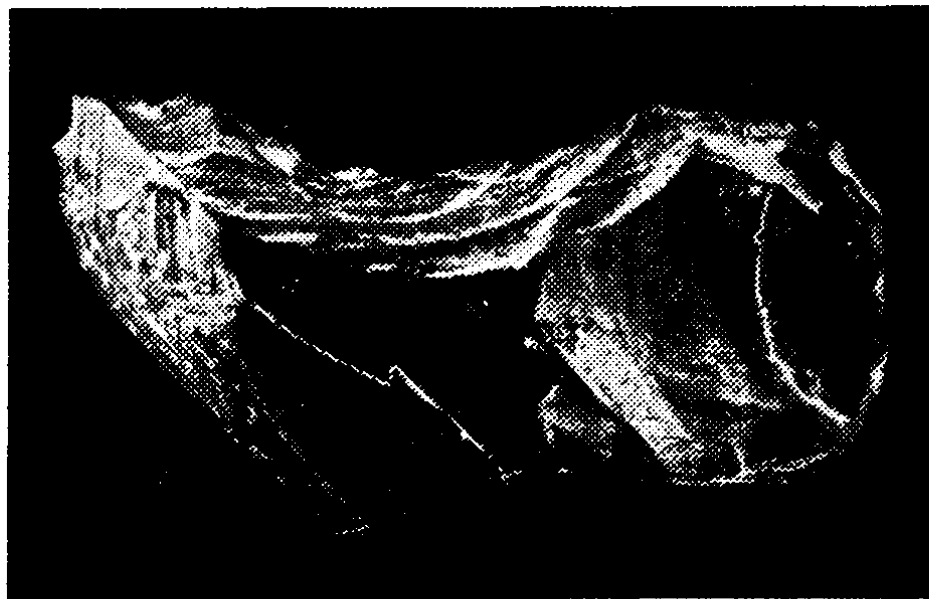
在金属切削加工方面，我国同样有着悠久的历史。金属切削加工是当今机械制造中最基本的加工方法之一。切削加工的目的，是利用刀具切除被加工对象上的多余材料，从而得到形状、精度和光洁度都符合预定要求的工件。现代的金属切削加工，系由古代的切削加工发展演变而来。切削加工所用的工具叫刀具，刀具一般用坚硬的材质制成，并具有锋利的刃口。现代的金属切削刀具，是由古代的原始带刃工具和兵器发展演变而来的。

在旧石器时代，距今约 170 万年的云南元谋猿人就使用过石砍砸器。距今 50 万~60 万年的北京猿人，在与大自然的搏斗中，制造和使用了各种带刃口的石器，如砍砸器、刮削器、尖状器（图 1）。由图 1 可见，砍砸器右部圆秃，可用于砸；左部有锋刃，可用于砍。刮削器和尖状器上则均具有明显的锋利刃口。这些古老的原始工具虽然十分粗糙，但它是一切人为加工的开始，也是研究切削加工起源和发展的宝贵历史资料。

到了新石器时代，生产工具有了很大进步。石刀、石斧、石砬、石镰等都已制造得相当精致。刀体比较匀称，刃部锋利适用，并且能够在石器上打出圆度较高的孔（图 2）。出土文物还表明，新石器时代的人类曾把坚硬的石片镶嵌在骨把上，制成夹固式的石刃骨刀（图 3）。



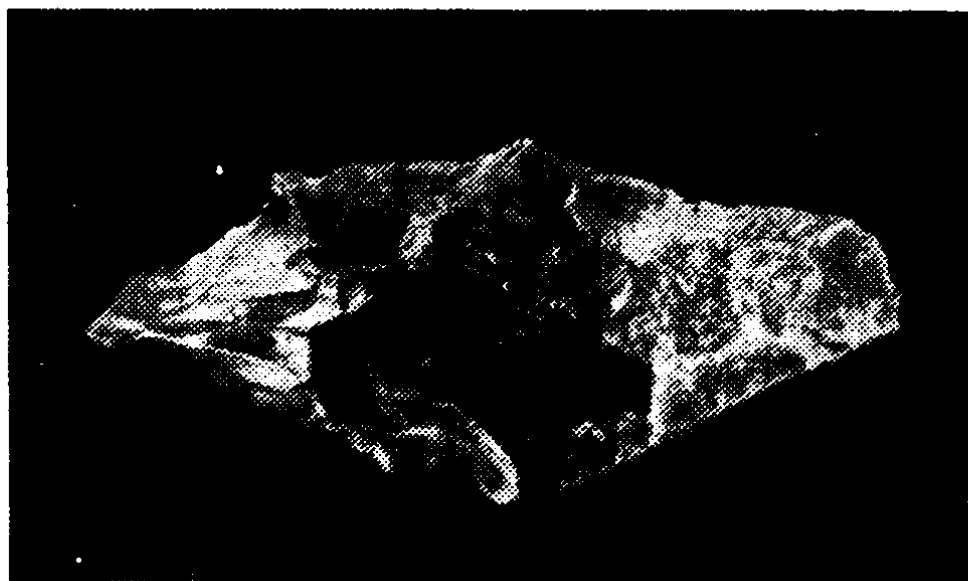
(1) 砍砸器 (约为原大的1/2)



(2) 刮削器 (约为原大的2倍)

图1 砍砸器、刮削器和尖状器

(周口店北京猿人遗址出土)



(3) 尖状器 (约为原大的2倍)

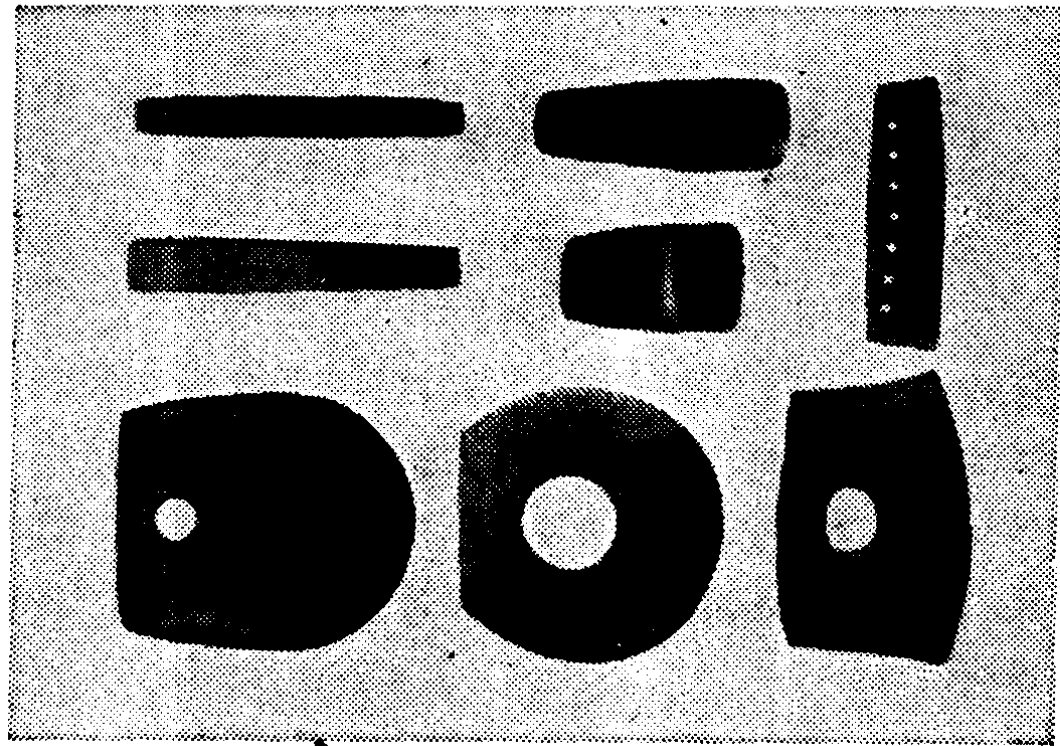


图2 新石器时代的石刀、石斧
(南京北阴阳营及江苏淮安青莲岗出土)

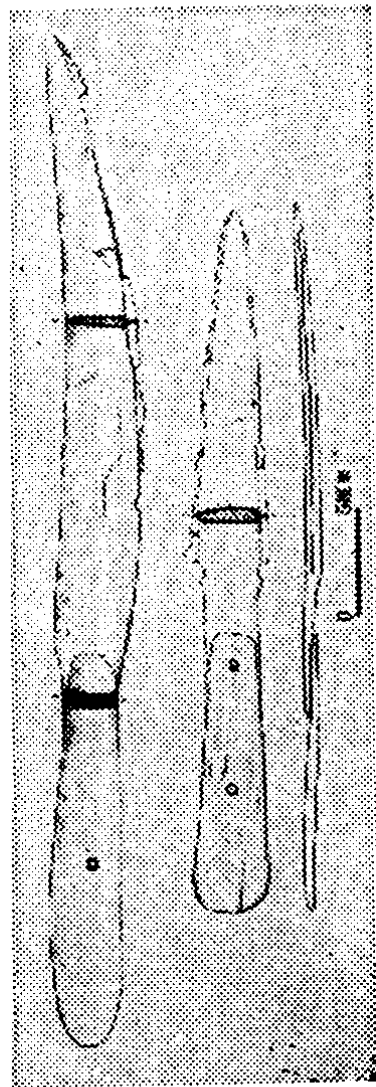
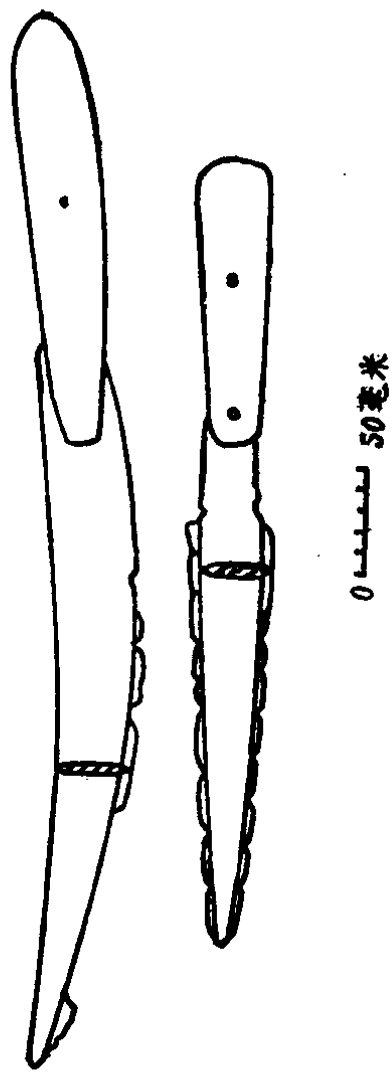


图3 新石器时代的石刃骨刀
(甘肃永昌鸳鸯池出土)

石器时代的切削工具，多为石质和骨质，加工对象也多为非金属材料，如石头、木头、兽骨等。一个原始的切削加工过程，已经具备三个基本条件：1. 刀具（带刃口的石器）；2. 被加工对象（生产和生活用品）；3. 切削运动（人用手握住刀具和被加工对象，并给以一定的力和运动方向）。人类从制作和使用第一件带刃的工具起，就在实践中逐步认识刃口的作用。刀具的发明和切削加工的应用，在人类历史上具有十分重要的意义。历史学家认为，刀和火的发现和应用是两项伟大的发明，它是人类登上历史舞台的重要标志。

从青铜器时代开始，出现了金属切削加工的萌芽。早在齐家文化时期^①（公元前两千多年），已用天然铜制造器具。从商代到春秋时期，已经有了相当发达的青铜冶铸业，出现了各种青铜工具。图 4 所示为商代的青铜钻。图 5 为春秋时代的青铜刀、锯、锉。这些刀、锯、锉的结构和形状，已经类似于现代的切削工具。它们的加工对象已经不限于非金属材料，而是包括金、银、铜等金属材料，说明人类已经有了很大的进步。



图 4 商代的青铜钻
(郑州二里冈出土)

商代还曾制作过铁刃铜钺（图 6）。铁刃系用陨铁锻造制成，镶嵌在铜质钺体上。曾对河北藁城出土的铁刃铜钺进行过化验，刃口的基体为铁，含碳0.35%，含镍1.76%，另外还含铜、锡、铝、钴、钛、硅、铅等元素。所以刃口材料实际上是一种含有多种合金元素的钢材。

^① 因首次发现于甘肃临洮齐家坪而得名。

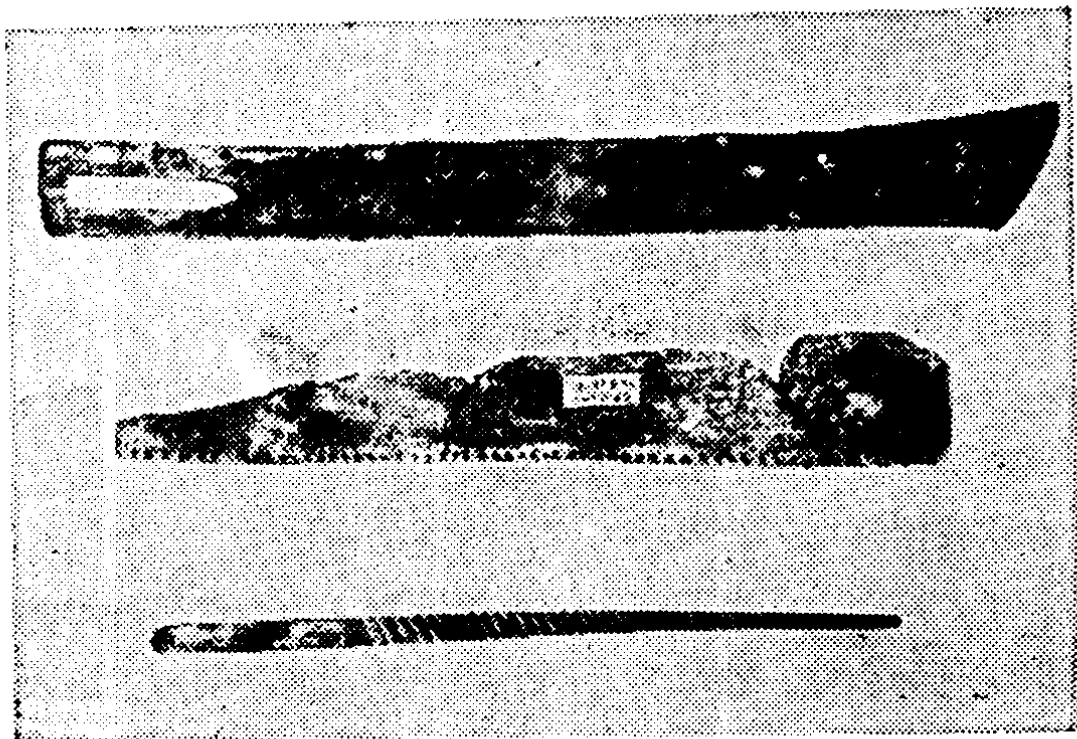


图5 春秋时代的青铜刀、锯、铍
(河南汲县山彪镇出土)

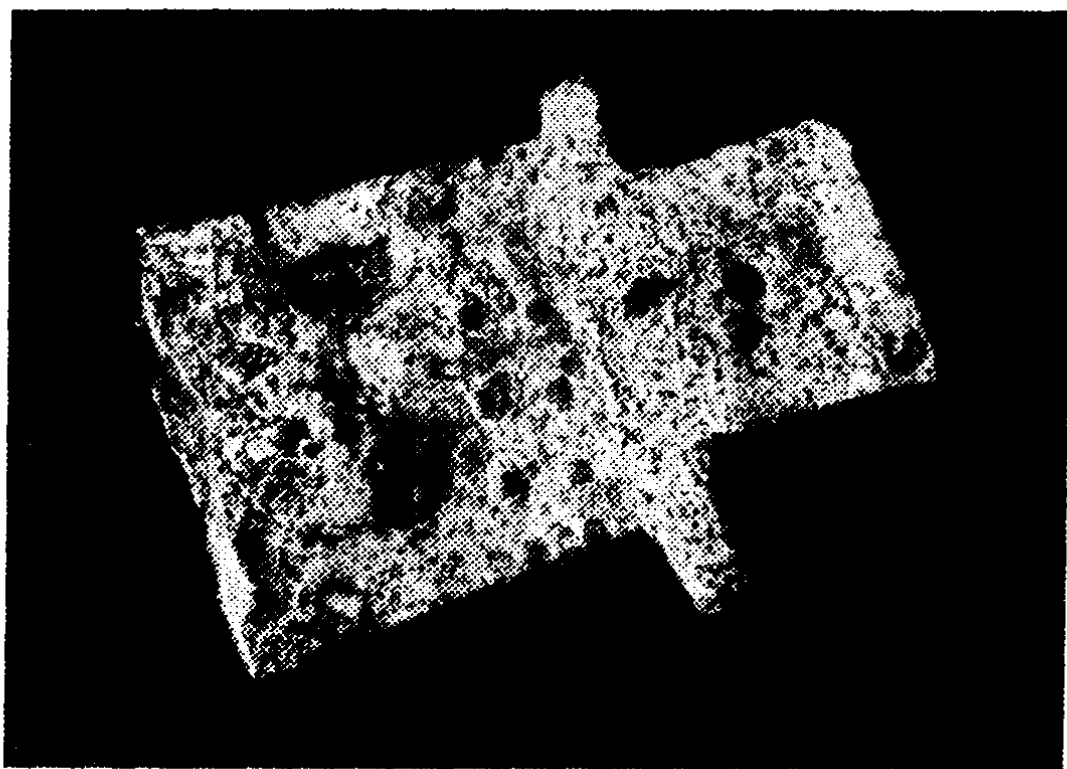


图6 商代的铁刃铜钺
(河北藁城出土)

石刃骨刀和铁刃铜钺，都是我国古代的杰出创造。说明当时

人类已经认识到刀具刃口的重要作用，认识到刀刃和刀体可以分别采用不同的材质。刀刃取稀缺、贵重的坚硬材料，刀体取价值较低但韧性较好的材料。这种思想对现代的金属切削加工和金属切削刀具的制作，至今仍有指导意义。

青铜器时代的大量出土文物和甲骨文记载表明，不论是青铜兵器，还是生产工具与生活用具，在制造过程中大都要经过切削加工或研磨。磨削和研磨实质上也是一种切削加工。

春秋战国时期，我国就发明了生铁冶铸技术，比西欧要早1800多年。渗碳、淬火和炼钢技术的发明，为制造坚硬锋利的工具提供了有利条件。铁质工具的出现，使金属切削加工进入一个新阶段。这一时期出土的切削工具，分工比较细致。许多青铜器上，出现了用金属刀具刻镂的纹饰和钻孔的痕迹。

春秋中晚期，有一部手工艺专著——《考工记》，它是我国现存的一部最早的工程技术著作。上面记载了各种兵器、生产工具和生活用品的制作规范，介绍了关于战车的制造工艺，简述了木工、金工等30个专业的技术知识。这本书指出“材美工巧”是制成良器的必要条件。所谓“材美”，是指采用优良的材质；“工巧”，是指采取合理、先进的加工工艺。由此可见，这一时期已能比较熟练地掌握各种加工方法，包括一部分金属切削加工。

近年在秦始皇陵墓兵马俑坑中出土的文物中，有很多当时的实战兵器，如剑、矛、戈、钺、殳、铍、吴钩等，制作十分精致，刀刃至今锋利如新，光亮无锈。有的兵器表面还涂过铬。经化验，铜剑和铜铍的成分都是以铜、锡为主的合金。足见当时对兵器（切削工具）的材质和制作工艺是非常重视的。

河北满城一号汉墓中出土的五铢钱（图7），其外圆上有车削或锉削的痕迹，刀花均匀，切削振动波纹清晰，椭圆度很小。

估计是把五铢钱穿在方轴上，然后装夹在木制的车床上旋转，手持车刀或锉刀切削出来的。同墓出土的器物中，还有铁锉、铁凿、三棱形的青铜钻、经过渗碳处理的铁剑和书刀、青铜弩机和青铜箭头（图 8）。其中，青铜弩机的结构相当复杂，但加工精度和表面光洁度很高；青铜箭头还经过抛光。说明当时的金属切削加工已经达到了一定的水平。在西安出土的唐代文物中，有用铜、银制造的盘、盒和碗。在这些器具上有明显的车削痕迹，内孔与外圆的不同心度很小，刀痕细密，子母口配合严紧。由此推测，我国最晚在 8 世纪时已有原始的金属切削车床。

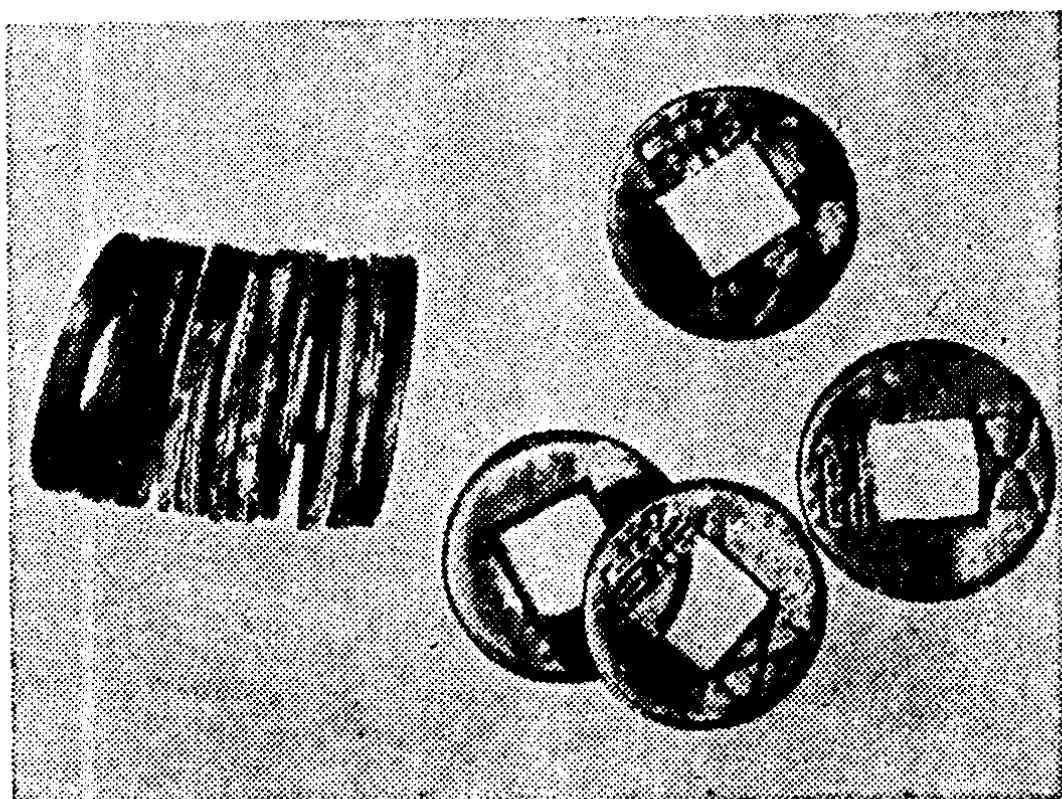
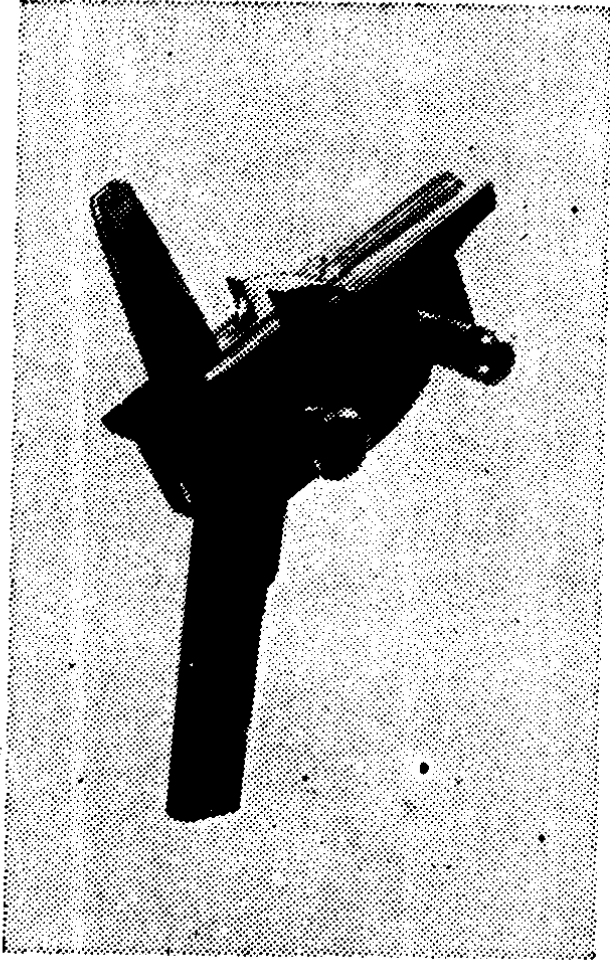


图 7 西汉时代的五铢钱
(河北满城一号汉墓出土)

历代对制造天文仪器都比较重视。北宋在一百年内先后制造了五座浑仪，有一定的加工精度，分度读数能精确到四分之一度。元、明、清代都曾制造过一批天文仪器，制造精度进一步提高。从明代起，工场手工业有了发展，逐步采用与近现代相类似



(1) 青铜弩机



(2) 青铜箭头

图8 西汉时代的青铜弩机和箭头
(河北满城一号汉墓出土)

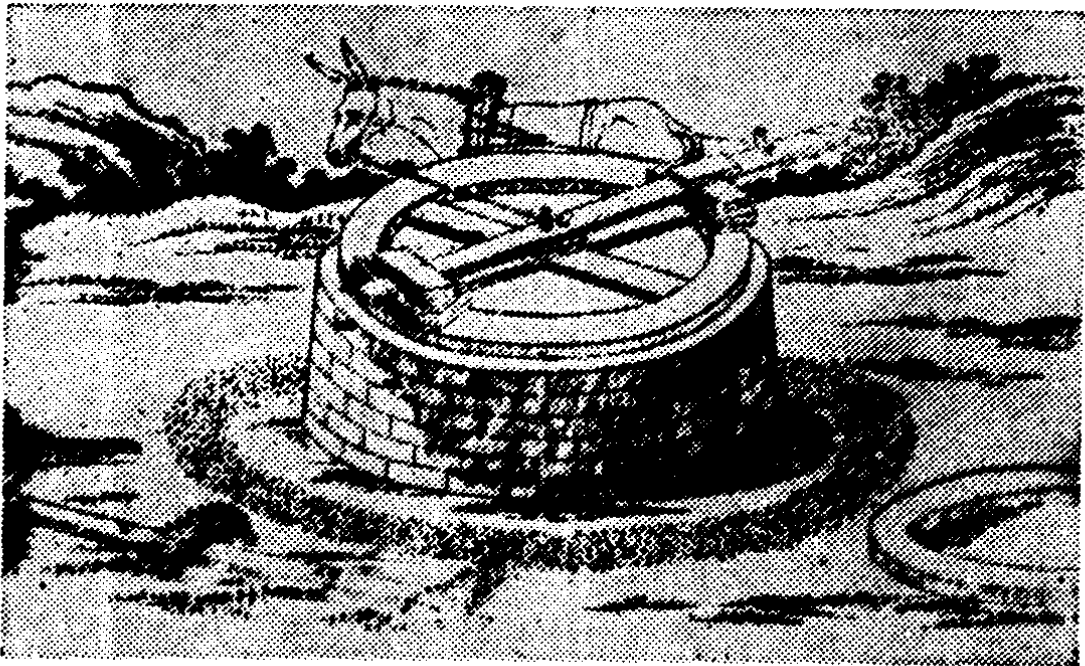


图9 明代天文仪器上大铜环的加工 (铣削)