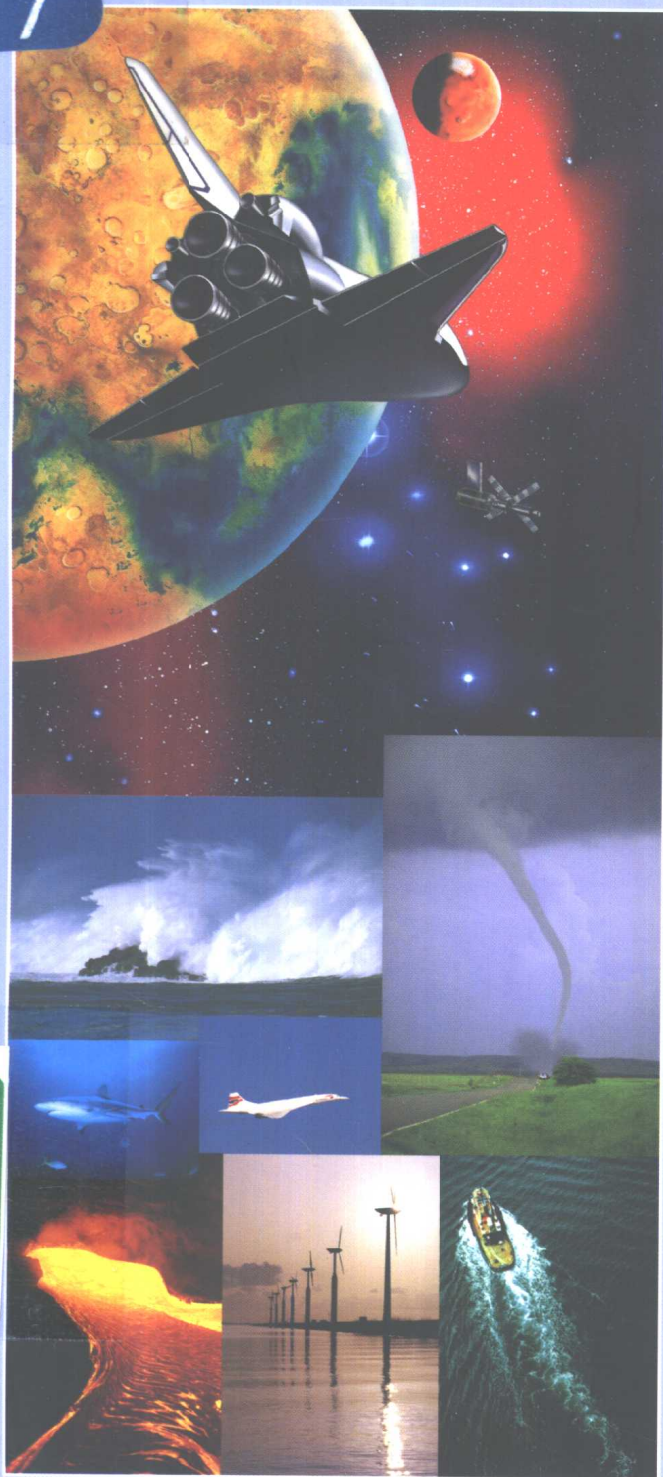


史前与当今的流体力学问题

■ 周光垌 编著

北京大学出版社



O35-49

1

史前与当今的流体力学问题

周光炯 编著

北京大学出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

史前与当今的流体力学问题/周光炯著. —北京:北京大学出版社, 2002. 10

ISBN 7-301-05892-6

I. 史… II. 周… III. 流体力学-普及读物 IV. 035-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 079327 号

书 名: 史前与当今的流体力学问题

著作责任者: 周光炯 编著

责任编辑: 顾卫宇

标准书号: ISBN 7-301-05892-6/O·0553

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电 话: 出版部 62754962 发行部 62754140 邮购部 62752019

电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

排 版 者: 高新特激光照排中心 62637627

印 刷 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

850×1168 32 开本 4.375 印张 112 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 9.00 元

内 容 简 介

本书的内容由两部分组成:第一部分是利用现有的考古成果,对史前人类祖先在生产与生活活动中所遇到的流体力学问题及其初步发展作一简单推述;第二部分是当今存在于自然界与工程技术中的流体力学问题,分为大气与海洋、化工与石油工业、流体机械、航空与航天、能源、环境保护、土木与建筑、交通运输、生物和其他等10个方面加以扼要阐述。(见书末光盘说明)

通过这两部分内容,本书对流体力学的发生发展与应用作了较为全面的介绍,展现了流体力学与人类生活生产的密切关系。本书可供高校理工科流体力学专业及其他相关专业的师生参阅,也可供对这一领域感兴趣的中学生等广大读者参考。

作者前言

本书包括两部分内容：（一）史前流体力学的发生和发展；（二）自然界与工程技术中的流体力学问题。第一部分利用现有考古资料，扼要地阐述了我们的祖先为了生存，在与自然界的各种斗争中，逐步发现与认识到一些简单的流体力学原理，并开始加以应用，通过实践→提高→再实践→再提高使这类知识愈积愈多，应用愈来愈广，经验也愈来愈丰富，为发展成系统和理性的学科奠定了基础。由此也可清楚地看出，流体力学来源于生产与生活实践。第二部分是对当今自然界与工程技术中所存在的流体力学问题，分为10个方面加以比较，并进行了全面系统而又简单扼要的叙述。本书使广大读者能正确地认识这一学科的发生和发展过程并扩大读者的专业知识面。

在编写本书的过程中，女儿周忠瑞与周珣在检索、借还、复印，以及抄录各种图书资料、插图、照片等工作中付出了大量艰辛劳动；北京大学和北京大学出版社也在本书的出版工作中给予了大力支持和热情协助，特在此一并表示由衷的感谢。

周光炯

2002年9月

目 录

(一) 史前流体力学的发生和发展	(1)
1. 引言	(1)
2. 旧石器时代早期(距今约 300~20 万年前)	(2)
3. 旧石器时代中期(距今 20~4 万年前)	(6)
4. 旧石器时代晚期(距今 4~1.1 万年前)	(8)
5. 新石器时代早期(距今 11000~7500 年前)	(14)
6. 新石器时代中期(距今 7500~5000 年前)	(21)
7. 新石器时代晚期(距今 5000~3000 年前)	(27)
8. 结束语	(44)
(二) 自然界与工程技术中的流体力学问题	(48)
1. 引言	(48)
2. 大气与海洋	(48)
3. 化工与石油工业	(64)
4. 流体机械	(77)
5. 航空与航天	(83)
6. 能源	(89)
7. 环境保护	(97)
8. 土木与建筑	(102)
9. 交通运输	(104)
10. 生物	(110)
11. 其他	(116)
12. 结束语	(124)
主要参考文献	(126)
插图索引	(128)

(一) 史前流体力学的发生和发展

1. 引言

人类为了满足自身生活和生产的需要,在与自然界的各种斗争实践中,积累了经验,增长了感性知识,同时,通过实践→提高→再实践→再提高过程和利用观察、比较、实验、分析方法,将这些零散的感性认识深化、丰富、完善和提高为比较系统与一般的理性认识,并用它们来指导生产和生活实践。这里试图利用现有的考古成果对流体力学的发生和发展作一些初步探索。应当注意的是许多有机物质如木材、竹材等是不能在地层中长久保存的。同时,随着考古工作的广泛开展和不断深入,新的成果将会陆续涌现,这里的阐述和分析是不完全的,也不是一成不变的。

1809 年法国生物学家 J. B. P. A. 拉马克(Lamarck, 1744~1829)首先提出物种变异的进化学说,50 年后,英国生物学家 C. R. 达尔文(Darwin, 1809~1882)在大量搜集动、植物标本与古生物化石的基础上,通过仔细分析与深入研究,提出了以自然选择为基础的进化论。19 世纪中叶以后,随着科学技术的进步,各种古代动、植物化石与古人类化石的不断出现,进化学说广泛被人接受。

生物学家将各种生物按界、门、纲、目、科、属、种的层次来确定每一物种的归属。人类是属于动物界、脊椎动物门、哺乳纲和灵长目的。古人类学家认为人类是从古猿演化来的,共经历了早期猿人(南方古猿)、晚期猿人(能人与直立人),早期智人(古人)和晚期智人(新人)4 个阶段。能人是从猿人转变为人的过渡阶段。而历史学家则将上古史分为旧石器时代与新石器时代,它们又可各分为早、中、晚三期,旧石器时代的早期约为距今 300~20 万年前,中期约

为 20~4 万年前,晚期约为 4~1.1 万年前。新石器时代的早期约为 1.1 万年前~7500 年前,中期约为 7500~5000 年前,晚期约为 5000~3000 年前。早期猿人(南方古猿)与晚期猿人(能人与直立人)阶段又大致相当于旧石器时代早期,早期智人(古人)阶段大致相当于旧石器时代中期,而晚期智人(新人)阶段则大致相当于旧石器时代晚期,新石器时代和青铜时代。

2. 旧石器时代早期(距今约 300~20 万年前)

根据目前古生物学家对古生物进化过程的推断,大约 4000 万年前在地球上开始出现猿科动物,它们的化石(即古猿)在非洲、亚洲、欧洲均有发现,生活年代约在 3500~800 万年前之间。在非洲南部与东部距今至少约 400 多万年前出现了与人类比较接近的南方古猿(*Australopithecus*)。根据现有资料它可分为纤细型与粗壮型两类,分别生活于 400~200 万年前和晚于 200 万年前。纤细型又有阿法种与非洲种之分,不少古人类学家认为阿法种是人类的直接祖先,它的典型代表是:1974 年美国人类学家 D. C. 约翰逊(Johanson)在埃塞俄比亚哈达尔(Hadar)地区发现一具较完整的少女骨架化石(命名为“露茜”)与至少 13 具男性、女性、儿童的骨骼化石和 1974~1975 年英国人类学家 M. 利基(Leakey)在坦桑尼亚莱托里(Laetoli)地区发现一组长约 23 m 的男女直立行走足印与一些南方古猿骨骼化石,经测定“露茜”及男女足印均生存于距今 400~300 万年前。

南方古猿的平均脑容量只有 440~520 ml,但它已具有一系列人科的特征,特别是它能自如地用两足直立行走,这是从猿到人转变过程中非常重要的一步。人类学家将此定义为人的标准。他们都比较一致地将南方古猿归入人科(Hominid)古猿属,这是猿科中第一个进入人科的成员,两足直立行走,一方面可使头部及其主

要感官的位置升高,视野扩大,从而获取更多外界信息,以促进大脑的发展;另一方面,上肢从支撑作用中解放出来以后,不仅便于采集、狩猎、提携和自卫,而且可促进手的进化、身体结构的变化和智力的进一步发展,为制造工具进行劳动创造条件。

南方古猿过着群居的游牧生活,它们所用的狩猎和自卫工具,除了天然木棒、石块以外,还能对树枝或长木粗加修整使其成为工具,也能利用天然卵石的尖刃或尖端去分割食物或进行自卫,即已初步意识到应用力学中的尖劈原理。当它们投掷石块或木棒去采集果实、捕捉小动物或进行自卫时,就提出了抛射体在空气中的运动问题。其实,被狩猎物在空气或水中的运动也同样提出了流体力学问题,这些它们是肯定没有意识到的。

能人(*Homo habilis*)生活于距今约 180 万年前后,平均脑容量已增加至 680 ml 左右,他们除了能自如地直立行走以外,还能制造所需的工具并进行劳动,考古学家将此定义为人的标准,故将其归入人科人属(*Homo*),能人是这一属的最早成员。典型的能人化石有:1972 年英国考古学家 R. 利基(Leakey)在肯尼亚的库比弗拉(Koobi Fora)发现一成年人骨骼化石,编号为 KNM-ER-1470,生活于约 270 万年前,以及 1960 与 1963 年 M. 利基在坦桑尼亚的奥杜威峡谷(Olduvai Gorge)发现小孩和成人的骨骼化石,生活于 200~175 万年前。图 1 为库比弗拉出土的砍砸器,距今已有 261 万年,是迄今为止最早的人造石器。图 2 为奥杜威峡谷出土的手

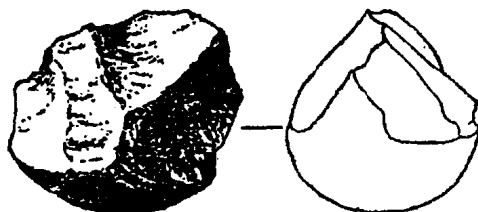


图 1 库比弗拉出土的砍砸器

斧,距今约有180万年,显然后者较前者的加工更精细,结构更复杂,所需的技艺也更高。

颇有兴趣的是 E. 奥布赖恩(O'Brien)认为手斧也是一种投掷的狩猎和自卫武器,也许还是铁饼的雏形,为了证实这一看法,他进行了专门实验,结果表明手斧在飞行过程中保持水平旋转,以后突然改变方向,并以其边缘或尖端首先着地,投掷距离约 30 m,偏差



约 1.8 m。类似地,在我国陕西兰田与山西涇河出土一些质量比较粗糙、形状不够规则的人工打制石球,重的达 490 g,它们的使用年代分别约为 100 万年前与 60 万年前。这表明至少在 100 万年前,我们的远祖在长期投掷天然石块的实践中,已开始认识到接近球形的石块在运动过程中,运行较为稳定,投掷距离也较远,这样石球也许就成了最先在空中运动的人工投掷工具。

直立人(Homo erectus)生活于距今 200~20 万年前,在非洲、亚洲、欧洲均发现有直立人化石,他们平均脑容量随着距今年代的减少而增加,大致在 800~1200 ml 之间。典型的直立人化石有:1890~1892 年荷兰人类学家 E. 杜波伊斯(Dubois, 1858~1940)在印度尼西亚的凯登布鲁伯斯(Kedung Brubus)与特里尼尔(Trinil)发现一批直立人的化石,包括头骨、下颌骨和腿骨等,定名为爪哇猿人,他们生活于距今 90~60 万年前;1929~1937 年中国古人类学家裴文中在北京周口店持续发掘出北京猿人头骨 5 件,下颌骨 14 件,牙齿 147 枚和一些残缺的肢骨,这些化石代表男女老少 40 位,北京猿人的身高 1.56 m,脑容量 1088 ml,生活于 60~35 万年前,他的头骨与爪哇猿人的极相似;和 1984 年 R. 利基在肯尼亚的纳里奥科托姆(Nariokotome)发现一具几乎完整的直立人化石,编号为 WT15000。他是一年约 12 岁的男性少年,身高 1.68 m,脑容量 700~800 ml,生活于约 160 万年前,据信这是迄今发现最早与最完整的直立人化石。

图 2 奥杜威峡谷出土的手斧

整个旧石器时代(包括早、中、晚三期)均以打制石器为主,但在加工技艺上有所改进。晚期直立人制作的石器品种已较多,质量亦较好。图3为60万年前北京猿人制作的刮削器(a)与尖状器(b)。除石器外,人类的祖先也利用木材、竹材制作狩猎和自卫工具。由于这类物质易于腐坏,至今发现的不多。最近在山东临沂罗庄区侯家三岗村出土一段猿人加工与使用过的乌木,残长61cm,直径9cm。初步鉴定该木棒制作于70万年前。图4为在英格兰克拉克顿(Clacton)出土的一件矛头,它由紫杉木制成,头部尖锐锋利,制作年代约为20多万年前。

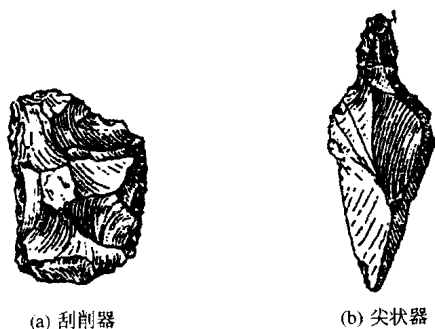


图3 北京直立人制作的工具



图4 克拉克顿出土的矛头

在人类进化的过程中,学会使用火、保存火种和人工取火是一次最大的突破,分别标志着人类首次利用、控制和支配自然力。最早的用火遗迹,在云南元谋遗址发现大量用火之后所留下的炭屑和在山西芮城遗址发现被火烧过的动物骨骼或角,这两处遗址距今均约170万年。最早保存火种的遗迹,可能是我国的北京周口店,在那里发现厚达1.8m的木炭灰烬层,燃烧过的各种兽骨、朴树种子和石块土块等,所在地层距今约50万年。这表明我们的远

祖 170 万年前已知使用火,50 万年前已掌握保存火种的方法,至于人工取火的发明则是旧石器时代中期的事。

3. 旧石器时代中期(距今 20~4 万年前)

早期智人(*Homo S. Neanderthalensis*)生活于距今 25~4 万年前,平均脑容量为 1300 ml 左右,目前已发现的早期智人化石约有 70 余处,分布在亚洲、欧洲和非洲。典型的早期智人化石有:1856 年首先在德国尼安德特河谷(Neanderthal Valley)发现的颅骨和部分肢骨化石,定名为尼安德特人或简称尼人,他们生活于距今 20~4 万年前。在法国圣沙拜尔(Saint Césaire)遗址还发现一具最完整的男性骨骼化石,通常认为是尼人的代表。在我国发现的早期智人化石,主要有辽宁金牛山人的头骨、肋骨、手足骨化石,陕西大荔人和广东马坝人的头骨化石,他们生活于距今 30~20 万年前。近年来,分子生物学家对 1856 年发现的第一具尼人化石取样进行 DNA 测定,结果表明尼安德特人并非晚期智人的直系祖先,而是人类演化中早已绝灭的旁支。

先民们在长期的加工实践中,对各种材料的特性有了初步认识,加工经验日益丰富,特别是砸击法打制石片与指压法修整石片的技术出现以后,使石器的质量明显提高,品种大大增加,这主要表现在两方面:一是旧有品种向专业化方向发展如刮削器有直刃、端刃、凸刃、凹刃之分,砍砸器与尖状器有大、小型之别和手斧有轻、重型之分等;另一方面是出现了不少新的品种,如石铲、石砧、石锥和石雕刻器等。在西欧还出现了用细小尖状器与单边刮削器去代替手斧的趋势。有的地方还出现了骨制工具如骨刮削器、骨尖状器等,更重要的是出现了由两个以上的部件组成的复合工具。这些部件所用的材料可以是相同的,也可以不相同,使用时,这些部件可以是相对运动的,也可以相对静止,如绊兽索(bolas)与飞

石索等。

绊兽索与飞石索是旧石器时代中期比较具有代表性的狩猎工具,前者多用于欧洲,后者多用于中国,它们是手掷石球的直接发展。在旧石器时代早期石球虽然接近球形但制作粗糙,进入中期以后,石球的质量大为提高并被广泛应用,例如距今约 15~10 万年前的山西丁村遗址出土石球百余枚,重者 1500 g,轻者 200 g;又如距今约 10 万年前的山西许家窑遗址出土石球达 1500 枚以上,重者 2000 g,轻者 90 g。与石球共存的还有许多动物化石,特别是野马多达 300 余匹,这是先民们用石球猎获野马的有力证据。石球的使用方法除直接用手投掷外,还有两种用途:一是作成绊兽索,即在一条或多条成束粗索的每一端系一石球,使用时用力将其投向猎物,即使不能命中它的要害,也会把它的脚绊住。另一是作成飞石索即用兽皮或植物纤维作一条浅形兜,其两端各系一条绳子,如图 5。使用时将石球放在兜内,手握两绳的自由端,使石球在投掷者的上方水平旋转,然后突然放松一根绳子,让兜中的石球飞向目标,飞石索的有效射程可达 50~60 m。显然,这些改进大大提高了石球的杀伤力和射程,同时这种复合抛射体所提出的流体力学问题也较简单抛射体的复杂得多。



图 5 飞石索

欧洲的尼安德特人创造了莫斯特(Moastier)文化。在大多数他们的遗址中均发现有大量火灰堆和其他用火遗迹,这表明当时用火已相当普遍。特别是在一个距今约 7 万年前的德国莫斯特遗址中发现不少混在废物堆中的干菌类,它们可能是用来引火的。几乎同时,在法国的一个莫斯特遗址中也发现有人工取火的遗迹,这些均表明大约在距今 7 万年前先民们就发明了人工取火的方法。这是人类历史上的一件划时代的大事。恩格斯在其《反杜林论》一文中,曾盛赞说:“就世界性的解放作用而言,摩擦生火还是超过了蒸汽机,因为摩擦生火第一次使人支配了一种自然力,从而最终

把人同动物界分开。”(《马克思恩格斯选集》卷3,第456页,人民出版社,1995)。自从发现了人工取火以后,人类就获得了用火的完全自由,大大推进了人类自身及其社会的进化过程。例如熟食既安全可靠又可缩短食物的消化过程,吸取更多营养,增强和改变人类的体质与结构,促进大脑的发展;又如取暖不仅可使潮湿、阴暗、寒冷的洞穴变为干燥、明亮、温暖的住所,而且还可使居住范围从热带、亚热带扩展至温带与寒带。至于火对生产所产生的影响那就更巨大和深远了,它既可提高加工质量,又可作为加工与狩猎手段,还为后来烧制陶器、熔炼金属创造了条件。其实,熊熊大火也是一种具有化学反应的流体力学问题,关于这点,先民们肯定是没有意识到的。

4. 旧石器时代晚期(距今4~1.1万年前)

晚期智人(H. S. Sapiens)开始出现于距今5~4万年前,平均脑容量约为1450 ml,他们不仅生活于亚洲、欧洲、非洲,也生活于大洋洲和美洲。晚期智人的典型代表有在法国克罗马农(Cro-Magnon)洞穴中发现的距今约4万年前的颅骨化石,命名为克罗马农人,其形态与现代欧洲人相似。在中国广西柳江发现一中年男性的完整头骨化石和一些肢骨化石称为柳江人,一般认为是早期的蒙古人种,也是黄种人的直接祖先。在内蒙古萨拉乌苏河东岸发现20多个人骨化石,包括头顶骨、下股骨、肩胛骨和牙齿等,称为河套人,生活于距今5~3.7万年前,其形态可能是从古人向新人过渡的蒙古人种。

晚期智人的文化生活和艺术水平均有较大的发展和提高,他们已能缝制衣服、编织网器、建造人工住所、使用燃煤、烧制泥人或动物,以及制作简单乐器,如哨子、笛子等。他们除了用石制工具狩猎以外,还用诱捕和火捕的方法获得食物。石器的质量更加精细,

品种更加多样化、专业化。在石器的制作技术方面出现了间接打制石片法和压制修整石片法,后来还发明了磨制技术与钻孔技术。在选用材料方面除了使用石料以外,还发现骨料、角料,它们更适宜于制作细小、单薄、尖锐、锋利的工具,于是开始使用兽骨、牛角、鹿角、象牙等。在这些技术与材料的基础上制作出众多细小精致的石器、骨器、木器和复合工具等。最具有典型意义的:在石器中有各种精细的雕刻器,端刮器和琢背石刀等,特别是在我国山西朔县峙峪文化遗址中发现一种用燧石制成的石镞,距今约 3 万年前,做工精细具有重要意义,见图 6(a)。

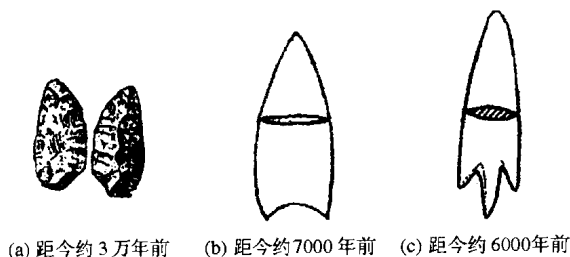


图 6 石镞

在木器中有回飞器(boomerang),它是一种捕捉较小动物的有效工具,外形扁平弯曲似弧,用硬木制成,图 7 为不同外形的回飞器。根据考古资料,澳大利亚人大约在 1 万年前就使用这类猎具,至今仍然使用。古代的非洲、印度和其他大陆均使用这种猎具,但有不同的外形设计。目前世界上最早的回飞器是在波兰奥布拉佐瓦(Oblazow)岩洞中发现的,它的翼展为 71 cm,制成于 2.1 万年前,



图 7 回飞器

使用时,将回飞器水平地投向猎物,让其在空中旋转飞行,如果未击中目标,它会自动返回原处,其工作原理与目前玩具中的回飞盘类似。显然,无论从设计、制造和使用来说,这都是一件技术性要求很高的猎具,它涉及到许多有关空气动力学的知识。先民们能在不断实践与总结经验的基础上,发展出这样高水平的猎具,的确是一件令人不可思议的事。

在骨器中,距今约2万年前,北京山洞人用动物骨骼磨制成的骨针,长约82mm,针头直径约3.7mm,上有一直径为1mm的针孔,针尖相当犀利;另有四川资阳人制作的骨锥,其做工均十分精细。根据现有资料,最古老的猎渔工具骨鱼卡和骨鱼钩均来自约1.4万年前的欧洲与南非文化遗址,在我国的仰韶遗址(约7000年前)与半坡遗址(约6000年前)也发现有相同的骨制渔具。骨鱼卡是一种出现稍早的捕鱼工具,它用动物骨骼磨制而成,两端尖细,中间稍粗并有凹槽,外形如梭,使用时将钓线系于凹槽处,穿上钓饵,投入水中,待鱼吞食诱饵时,收回钓线,骨鱼卡横卡于鱼嘴内,继续回收钓线即可得鱼。此外如鱼罩、鱼网和罾网都是较早的捕鱼工具,它们的应用提出了各类渔具的出水、入水和在水中运动与保持平衡等流体力学问题。

旧石器时代晚期各种复合工具获得迅猛发展,大大提高了狩猎与自卫工具的射程、杀伤力和狩猎效率。较简单的复合工具有用石叶与木柄制成的复合刀与复合锥,用兽骨或角骨与木棍制成复合长矛与复合标枪,它们大多出现在距今约3~2万年前的欧洲与西南亚的文化遗址中,在我国辽宁海城小孤山遗址曾出土一件制作于2~1.5万年前的复合标枪,在山西朔县峙峪遗址曾发现一件由半透明水晶石与骨柄制成的斧形小刀。较复杂的复合工具有飞镖、弹弓、投矛器、骨鱼镖和弓箭等。

飞镖是一种投掷工具,它是在一根细长的木杆(或竹杆)的前端装上一非常犀利的骨(或石)尖头,而在杆的尾端装上一些羽毛。在法国拉斯科克斯(Lascaux)的洞穴画遗址中就有一幅用带羽毛

的飞镖作为狩猎工具的画面,后来在德国汉堡(Hamburg)文化遗址发现一件装有燧石尖头的木杆飞镖,令人惊奇的是早在 1.5 万年以前先民们就已认识到装上尾羽可以增加飞镖的飞行稳定性,也许是从鸟类的飞翔中受到一些启示。

植物的枝杆(如树枝、竹子等)在风中可以来回摆动,动物的某些部分(如肠衣、膀胱、筋条、兽皮条等)也可以反复伸缩,这些均表明它们具有一定弹性,并发现弹性在回缩过程中存在一种弹性力,先民们利用此点发明了弹弓和弓箭。弹弓是出现在弓箭之前的一种投射工具,在许多旧石器时代晚期的文化遗址中均有发现。它是在一 Y 形木棍的两叉枝上端用一长而有弹性的条带连系,使用时,将石块或其他投射物放在条带的中央。用力拉长弹性条带(即将人对条带所做的机械功转变为条带的弹性能),然后松手释放投射物,使其飞向目标(即将条带的弹性能转变为投射物的动能)。从力学的观点,当时能利用这种能量转换原理的确是一件了不起的发明。

弓箭是在弹弓的基础上发展起来的一种射程与杀伤力均较大的狩猎和自卫武器。它由弓与箭两部分组成,其工作原理与弹弓的相同,但弓架本身也有弹性,能储存更多的弹性能,故较弹弓更为有效。弓与箭均为有机材料制成,不易保存,至今出土者极少。考古学家认为出现石镞即表明已有弓箭,据此,我国峙峪遗址曾出土 3 万年前的石镞,即弓箭已在我国存在 3 万年。在北非的岩石壁画中,也清楚地表明弓在距今约 2.2 万年前即已存在。在印度与法国的洞穴壁画中也分别发现有身带矛、盾与弓箭的猎人和被箭射中的野牛,这些洞穴都是旧石器时代晚期的遗址。所以我们可以认为先民们在距今 3~2 万年前即已发明弓箭。

投矛器(spear-thrower)是由投掷器与短矛两个部件组成,见图 8。它们大多出现在欧洲旧石器时代晚期的文化遗址中,首件这类遗存是在法国马格德林人(Magdalen)的住所遗址中发现的,距今约有 1.5 万年。澳洲土著人也广泛使用这种狩猎工具。投掷器