



应用型本科高校系列教材·工程类

机械工程 专业概论

何 庆 张晓东 洪燕云 © 编著

中国科学技术大学出版社



应用型本科高校系列教材·工程类

内容简介



机械工程 专业概论

何庆 张晓东 洪燕云 编著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是一本导论性书籍,主要用于指导大学新生对机械工程及该专业建立一个初步概念,了解机械工程学科,认识和熟悉所学的专业,规划今后的学习和工作领域;引导大学生尽快熟悉和适应大学生活,掌握大学学习规律和方法,为培养学生自主学习意识和能力奠定基础。

本书内容丰富,理论联系实际,突出应用型本科专业教育的特点,强调实用性和可操作性。

本书可作为工科院校机械设计制造及其自动化、机械电子工程、材料成型及控制工程、车辆工程、汽车服务工程等专业学生的教学用书,也可作为其相近专业学生学习机械工程知识的参考读物,还可供相关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程专业概论/何庆,张晓东,洪燕云编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-312-03572-2

I. 机… II. ①何… ②张… ③洪… III. 机械工程—概论—高等学校—教材
IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 182286 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
网址: <http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×960 mm 1/16
印张 15
字数 294 千
版次 2014 年 8 月第 1 版
印次 2014 年 8 月第 1 次印刷
定价 27.00 元

前言

本书是为适应 21 世纪机械工业的快速发展和高校应用型创新人才培养目标的需求,在总结多年来专业教学、科研和生产实践的基础上编写而成的。

本书在机械类专业的教材中具有独特的引导作用,学习后可使大学新生对机械工程、机械学科有个崭新和全面的认识,培养学生的专业意识,进而提高后续课程学习的针对性和有效性。

本书在编写过程中,注重所选内容的系统性和先进性。编排的原则是由浅入深、循序渐进,既介绍机械工程基础知识及机械学科的分类和研究热点,又讲述机械工程专业人才培养方案及课程模块,还涉及大学生的学习方法与就业,其知识的综合介绍与分析同我国目前的机械工业生产技术是紧密结合的。取材新颖、图文并茂、结构严谨,在文字叙述上力求简洁易懂。

在突出机械工程学科和专业介绍方面,本书具有较强的针对性和实用性,尽量多列举生产现场和教学应用的实例;给出了专业课程名称的中、英文对照,适合于“教”与“学”。

本书的主要内容共有 5 章,第 1 章介绍了机械工程概况及发展过程、机械工业近年来的新技术等,论述了“专业概论”课程的作用及教学要求;第 2 章介绍了常用的机械设计与制造方法、机床、设备管理和汽车发动机技术等知识要点,使大学新生对机械概念和设备有所了解;第 3 章介绍了机械工程学科知识,以及作者单位在这些学科方面的研究特色,介绍了大学生机械创新竞赛方面的知识;第 4 章介绍了机械工程所含各专业的情况,培养计划的制订及课程设置要素等,说明机械类专业所开设的主要课程及要点,方便学生做到有针对性学习和选修课程;第 5 章介绍了大学的教学模式及大学生的学习方法、对未来的职业规划和大学生就业等内容。

本书第1章、第3章、第4章由何庆教授编写,第2章由张晓东教授编写,第5章由洪燕云教授编写,另外张兰春博士、谈衡和金添等老师也参加了本书部分内容的编写和修订工作,全书由何庆教授统稿。

在编写中参阅了有关的教材、资料和文献,在此对相关作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误、疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014年3月

目 录

第 1 章 机械工程的概况	(1)
1.1 机械工业的地位和作用	(1)
1.2 机械工程的发展历程	(2)
1.3 我国机械制造业现状	(17)
1.4 新世纪的机械工程	(21)
1.5 机械工程专业概论课程简介	(28)
第 2 章 机械工程基础知识	(32)
2.1 机械设计技术	(32)
2.2 机械制造技术	(39)
2.3 金属切削机床简介	(44)
2.4 机械设备管理技术	(60)
2.5 汽车发动机技术	(68)
第 3 章 机械工程学科	(79)
3.1 机械工程学科分类	(79)
3.2 机械工程学科的研究热点	(85)
3.3 机械工程学科的发展趋势	(89)
3.4 江苏理工学院机械学科的研究重点	(98)
3.5 机械学科大学生科技竞赛	(107)
第 4 章 机械工程专业教育(上)	(121)
4.1 机械工程专业培养方案	(121)
4.2 机械设计制造及其自动化专业课程模块	(164)
附录 典型实习基地企业简介	(183)

第5章 机械工程专业教育(下)	(194)
5.1 机械工程专业的学习方法	(194)
5.2 机械工程专业大学生就业去向与选择	(218)
课外学习资料 大学生发明者——周佼	(225)
附录 大学生学习动力自我诊断测试题	(227)
参考文献	(229)

第 1 章 机械工程的概况

大家对“机械”并不陌生,日常生活中我们能看到各种各样的机械装置和设备,如天上飞的航空器,地上跑的交通车辆,工农业生产的各行各业都有机械装备。

机械工业是国家的支柱产业,是一个国家经济实力、现代化水平和科技发展水平的重要标志。机械工程专业是为国民经济建设和发展提供各类机械装备和生产制造技术人才的重要专业。机械工程学科作为一门基础和应用型的学科,具有悠久的历史,对机械专业的发展和机械工业的现状与未来有直接的影响。

1.1 机械工业的地位和作用

经过半个多世纪的努力,我国机械工业已经逐步发展成为具有一定综合实力的制造业,确立了它在国民经济中的支柱地位。

党的“十四大”明确提出要把机械工业、汽车工业建成国民经济的支柱产业。按照这一战略要求,原机械工业部会同原国家计划委员会制定了《机械工业振兴纲要》,经国务院批准颁布实施,要求用 15 年时间,到 2010 年基本实现机械工业的振兴,使之成为国民经济的支柱产业。到目前为止,这个目标已经实现了。

“十五”期间是机械工业历史上发展最快、变化最迅速的时期。整个行业发展成绩突出,产出规模增长迅猛,发展环境显著改善,产业结构变化喜人,产品质量明显提高。多年来我国机械工业的高位运行,盈利能力的持续提升,为国民经济可持续发展和综合国力的提高做出了无可替代的贡献。突出表现在机械工业产值在全国工业中的比重超过 25%,生产保持稳定增长,为国民经济提供了大量可靠装备;先进制造技术得到大量采用,同时在高新技术产业化方面取得重大进展;研发和制造重大、精密、成套装备的能力显著提高;机械产品出口迅速增长,有力地支持了机械工业乃至全国经济的发展;体制改革取得突破性进展,市场机制已在机械工业发展中起主导作用,以建立现代企业制度为目标的国有企业改革稳步推进,民营企业、乡镇企业成为机械工业发展的新兴力量。因此,大力发展机械工业,用先进的

机械设备去装备国民经济各部门,对促进我国国民经济和社会发展具有重大意义。

国家的每一个五年计划都涉及许多大型工程的建设,而每项工程都将率先拿出接近 10% 的总投资额做设备投资,其中机械设备就是最为重要的设备投资之一。按照五年计划的一般规律,“十一五”为机械行业带来了新的发展契机,2007 年、2008 年投资的重大工程到现在已发挥了其应有的作用。

由于设备投资提前进行,因此,机械行业也在固定投资增长高潮到来前,提前进入辉煌期,即未来若干年将是传统机械行业高速发展期。从行业关联性来看,由于汽车和航天产业是与传统机械工业保持最为紧密的两大行业,这两大行业的高速发展也必然直接带动传统机械的大幅增长。

据发达国家统计,机械制造业创造了 60% 的社会财富,完成了 45% 的国民经济收入。如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,那么信息技术、新材料技术、海洋工程技术、生物工程技术以及空间技术等新技术群的发展将会受到严重的制约。因此,一个国家的经济竞争归根到底是机械制造业的竞争,机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志之一。

21 世纪是科学技术和综合国力竞争的年代,虽然世界已进入信息化时代,但发达国家仍然高度重视机械制造业的发展。据悉,美国制造业对其 GDP 的贡献率始终大于 20%,拉动其他产业 30%。日本将振兴制造业的基础技术纳入国家基本法,认为:“无论今后科学技术怎样进步,发展先进的制造业将永远是人类社会的‘首席产业’。”我国制定的未来制造业发展目标就是实现由制造大国变成制造强国。可以说,没有制造业,就没有工业。我国作为一个大国,如果没有强大的装备制造业,特别是同高科技相适应的数控机床制造业,我国就不可能有独立自主的制造业与现代工业。

1.2 机械工程的发展历程

机械工程(Mechanical Engineering)是以有关的自然科学和技术科学为理论基础,结合生产实践中的技术经验,研究和解决在开发、设计、制造、安装、运用和修理各种机械中的全部理论和实际问题的应用学科。

它是一门涉及利用物理定律为机械系统作分析、设计、生产及维修的工程学科。该学科要求大学生对应用力学、热学、物质与能量守恒等基础科学原理有巩固的认识,并利用这些知识去分析静态和动态物质系统,创造、设计实用的装置、设备、器材、器件和工具等。机械工程科学的知识可应用于汽车、飞机、空调、建筑、桥

梁、工业仪器及机器等各个层面之上。

从制造简单工具演化、发展到制造由多个零部件组成的现代机器,机械工业经历了漫长的发展过程。

大约在一万五千年前,人类开始了农耕和畜牧。随着简单机械的逐步使用,提高了生产率,促进了人类社会的发展。第一次工业革命发生在 1750~1850 年间,蒸汽机就是其标志性产物,它奠定了近代工业的基础;计算机的发明和信息技术的运用形成了第三次工业革命,加快了工业进程的步伐;目前现代机器、智能机械的大量使用,使工农业的生产效率达到了过去无法想象的高度。

1.2.1 古代机械

早在公元前,中国已在指南车上(见图 1.1)应用了复杂的齿轮系统。图 1.2 所示的为 1976 年在洛阳市东周王城粮仓遗址出土的铜齿轮,它是公元前 475~前 221 年战国时期的机械零件。



图 1.1 指南车

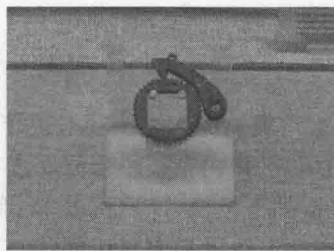


图 1.2 战国时期的铜齿轮

古希腊也有圆柱齿轮、圆锥齿轮和蜗杆传动的记载。但是关于齿轮传动瞬时速比与齿形的关系和齿形曲线的选择,直到 17 世纪之后才有理论阐述。手摇把和踏板机构是曲柄连杆机构的先驱,在各文明古国都有悠久历史,但是曲柄连杆机构的形式、运动和动力的确切分析和综合,则是近代机构学的成就。

我国古代在农具、武器、纺织机械和船舶等方面有许多发明,如图 1.3 所示。到秦汉时期(公元前 221~公元 220 年),设计和制造已经达到相当高的技术水平,秦朝的“铜车马”就是一个例证,在当时世界上处于领先地位,在世界机械工程史上也占有十分重要的位置。

15~16 世纪以前,世界机械工程发展缓慢。但在长期的实践中,积累了相当多的经验与技术,成为后来机械工程发展的重要基础。

17 世纪以后,在欧洲,许多高才艺的机械工匠、师傅和有生产理念的知识人才致力于改进各产业所需的工作设备和研制新的动力机械。

18 世纪以前的机械工匠和师傅全凭经验、直觉和手艺进行机械制作,与科学

几乎不发生联系。

18 世纪后期,瓦特改进蒸汽机引发了第一次工业革命,产生了近代工业化生产方式,蒸汽机的应用从采矿业推广到纺织、冶金等行业,制作机械的材料由木材转为金属,逐步形成了制造企业的雏形——工场式生产,逐步以机器生产取代手工劳作。在新兴的资本主义的促进下,机械制造业开始形成,开创了以机器为主导地位的制造业的新纪元。

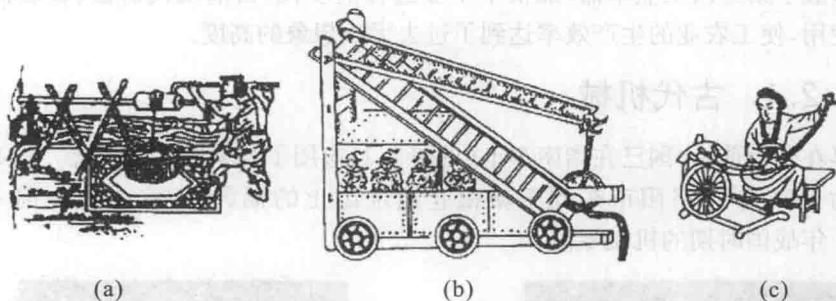


图 1.3 中国古代的机械发明

19 世纪发明的内燃机经过逐年改进,成为轻而小、效率高、易于操纵并可随时启动的原动机。它先被用于驱动没有电力供应的陆上工作机械,以后又用于汽车、移动机械(如拖拉机、挖掘机械等)和轮船,到 20 世纪中期开始用于铁路机车。后来蒸汽机在汽轮机和内燃机的排挤下,不再是重要的动力机械。内燃机和以后发明的燃气涡轮发动机、喷气发动机的发展,成为飞机、航天器等成功发展的基础技术因素之一。

19 世纪中叶,电磁场理论的建立为发电机和电动机的产生奠定了基础,从而迎来了电气技术飞速发展的时代。以电力作为动力源,使机械结构发生了重大变革,互换性原理和公差配合制度应运而生。

相应的,机械制造技术也经历了变革。工业革命以前,机器大都是木结构的,由木工用手工制成。金属(主要是铜、铁)仅用于制造仪器、锁、钟表、泵和木结构机械上的小型零件,如图 1.4 所示。

金属加工主要靠工匠的精工细作,以达到所需要的精度。蒸汽机动力装置的推广,以及随之出现的矿山、冶金、轮船、机车等大型机械的发展,需要成形加工和切削加工的金属零件越来越多、



图 1.4 手工机械装置

越来越大,要求的精度也越来越高。应用的金属材料从铜、铁发展到以钢为主。机械加工包括铸造、锻压、钣金、焊接、热处理等技术及其装备,以及切削加工技术和机床、刀具、量具等,得到迅速发展,保证了各产业发展生产所需的机械装备的供应。

1.2.2 现代机械

20 世纪初,内燃机的发明引发了制造业的又一次革命,福特、斯隆开创了流水线大批量生产模式;泰勒科学管理理论的产生,导致了制造技术的过细分工和制造系统的功能分解以及制造成本的大幅降低。

第二次世界大战以后,微电子技术、电子计算机和集成电路的出现,以及运筹学、现代控制论、系统工程等基础理论和软科学的产生和发展,推动机械工程制造技术产生了又一次飞跃。受市场多样化、个性化的牵引和商业竞争加剧的影响,传统的大批量生产难以满足市场多变的需要,多品种、中小批量生产日渐成为制造业的主流。机械工程制造技术向高质量生产和柔性生产的方向发展,引发了生产模式和管理技术的革命。

20 世纪 80 年代以来,信息产业的崛起和通信技术的发展加速了全球化进程。为了适应新的形势,在机械工程领域提出了许多新的制造理念和生产模式,如计算机集成制造、精益生产、智能制造、快速原型制造、并行工程、协同设计和协同制造等。

进入 21 世纪,机械工程科学技术正向数字化、微型化、综合化、智能化、网络化、绿色化、精密化、仿生化、极端化等方向发展。我国机械工程产业规模持续扩大,高技术产业规模和出口额已位居世界第二,许多重要产品的产量已位居世界前列,装备的生产制造体系逐步完善,在先进制造技术的支持下,重大装备的研发制造实现了许多新的突破。

现代机械产品多如繁星,限于篇幅,以下仅以“一大”(盾构机)、“一小”(微型机械)两类机械装置来展示现代机械技术和装备的发展成就。

1.2.2.1 盾构机

盾构机是掘进机的一种,原是由于铁路、市政、水电等隧道工程的地下开挖设备,现在城市地铁、轨道交通中得到广泛应用。我国目前有多个城市正在进行地下工程和轨道交通前期规划、设计、筹备和建设等工作,今后 10 年间将建设各类盾构法隧道 5000 余公里,因此,盾构机将会得到广泛的应用。

2008 年 3 月 31 日发布的《盾构法隧道施工与验收规范》给出了盾构的定义:盾构是盾构掘进机的简称,是在钢壳体保护下完成隧道掘进、拼装作业,由主机和后

配套组成的机电一体化设备,其外形如图 1.5 所示。

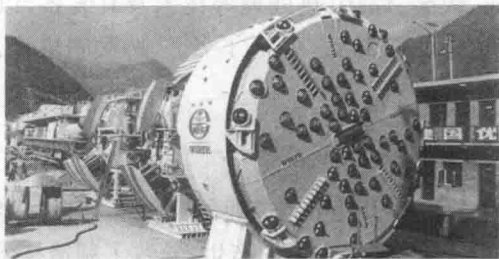


图 1.5 盾构机外形图

盾构法隧道的基本原理是用一件有形的钢质组件沿隧道设计轴线开挖土体而向前推进。这个钢组件在初步或最终隧道衬砌建成前,主要起防护开挖出的土体、保证作业人员和机械设备安全的作用,这个钢质组件就是盾构。盾构的另一个作用是能够承受来自地层的压力,防止地下水或流沙入侵,其工作模拟如图 1.6 所示。

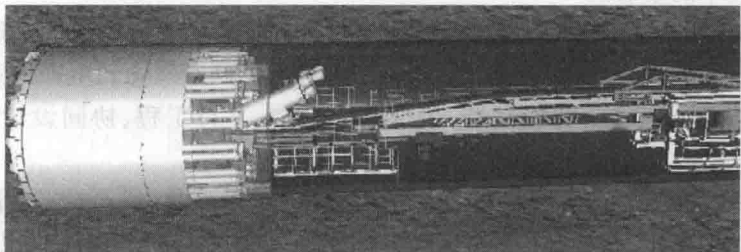


图 1.6 盾构机工作模拟

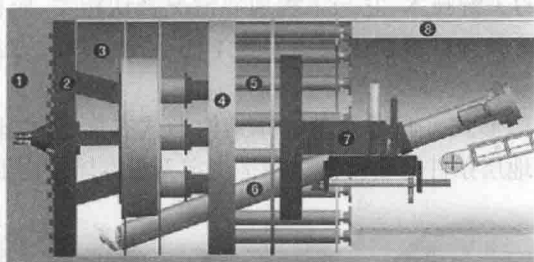
盾构机是一种高智能化和集机、电、液、传感、信息等多技术于一体的隧道施工重大技术装备,是高科技的代表之一,以前该设备多被国外大公司所垄断。2004 年 10 月,上海隧道股份公司研制出我国第一台具有自主知识产权的地铁盾构掘进机,并成功地投入到上海轨道交通网的建设中。

近年来德国海瑞克、德国维尔特、美国罗宾斯等国外公司均已与国内的机械设备企业合作生产隧道盾构机,广州广船国际股份有限公司、上海隧道股份机械工程分公司等都在研制具有自主知识产权的新型盾构机。

1. 盾构机工作原理

盾构机设备在地下推进,通过盾构外壳和管片支承四周围岩防止发生往隧道内的坍塌,同时在开挖面前方用切削装置进行土体开挖,通过运输机械装置将土石运出洞外,靠千斤顶在后部加压顶进,并拼装预制混凝土管片,形成隧道结构。

盾构机工作原理及主要组成部分见图 1.7。



1.土体；2.刀盘；3.泥土仓；4.压力墙；
5.千斤顶；6.螺旋输送机；7.管片拼装机；8.衬砌

图 1.7 盾构机设备主要组成部分示意图

针对不同类型的土质,盾构机可分为:

软土盾构机(包括:泥水加压式盾构机、土压平衡式盾构机),适应于未固结成岩的软土、某些半固结成岩及全风化和强风化围岩。盾构机刀盘只安装刮刀,无需滚刀。

硬岩盾构机,适应于硬岩且围岩层较致密完整的情形,只安装滚刀,不需要刮刀。

混合盾构机,适应于以上两种情况,适应更为复杂多变的复合地层,可同时安装滚刀和刮刀。

盾构法施工的优点是:

(1) 施工作业均在地下进行,噪音、振动引起的公害小,且不影响地面建筑和交通等;

(2) 所用施工人员较少,劳动强度低,且生产效率高;

(3) 隧道的施工费用不受覆土量多少影响,适宜于建造覆土较深的隧道;

(4) 施工不受风雨等气候条件影响。

盾构法施工的缺点是:

(1) 需要隧道衬砌管片预制、运输、衬砌、衬砌结构防水及堵漏、施工测量、场地布置、机械安装等施工技术的配合,系统工程协调复杂;

(2) 盾构机制造周期长,造价较昂贵,盾构的拼装、转移等较复杂。

2. 盾构机的组成

盾构机主要由下列部件和系统构成:刀盘、盾构体、刀盘驱动、推进油缸、主轴承、人闸仓、管片安装机、螺旋输送机、皮带输送机等设备和装置;还有控制系统、液压系统、电力系统、通风系统、密封润滑系统、隧道导向系统、报警装置;以及服务于盾构工作要求的后配套设备、运输设备、注浆设备等辅助设备。

(1) 刀盘装置。盾构机地下工作条件恶劣、复杂,刀盘设计得是否合理直接影

响其使用寿命及盾构机的开挖效率,甚至影响到整个盾构隧道工程。因此,盾构机刀盘设计是盾构机的关键技术,它与工程地质情况密切相关,应根据不同的地层进行有针对性地设计。盾构机刀盘主要由刀盘本体结构、刀具、刀盘附属结构以及刀盘驱动装置构成。

① 刀盘本体结构形式。通常刀盘本体结构形式有面板式、辐条式和辐条面板式,如图 1.8 所示。地层条件与盾构机类型是决定刀盘本体结构形式的最重要因素。

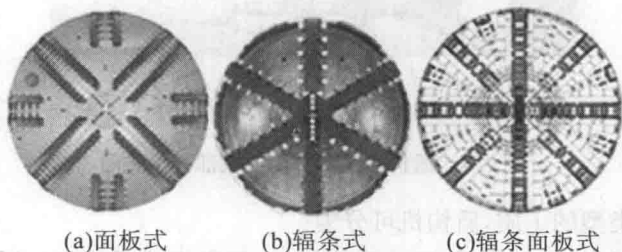


图 1.8 常见刀盘本体结构形式

(a) 面板式刀盘。对于泥水盾构机,常选择面板式刀盘。面板式刀盘由于其结构比较牢固,可为工人在开挖仓维护工作提供更好的安全保护,多用于复杂地质结构下施工。

(b) 辐条式刀盘。对于在软土地层中施工的土压平衡盾构机,辐条式结构刀盘有较大优势,其刀盘工作扭矩比其他两种刀盘结构工作扭矩小,并且排渣非常顺畅。

(c) 辐条面板式刀盘。对于在复合地层中施工的土压平衡盾构机,辐条面板式结构刀盘应用更广,该刀盘结构比辐条式刀盘本体强度高,可适应强度较高的岩层,又有较好的排渣效率。

② 刀具的选用。盾构机刀具一般分为切削刀和滚刀以及辅助刀具,切削刀一般又分为齿刀、刮刀和先行刀等,滚刀一般为盘形滚刀,辅助刀具包括周边保护刀、刀具保护刀、仿形刀、磨损检测刀等。

对于不同地层的开挖,盾构机刀具采用不同的形式,开挖地层为岩层时采用盘形滚刀,地层为较软岩层时采用齿刀,地层为软土或破碎软岩时采用刮刀,如图 1.9 所示。



图 1.9 滚刀、刮刀

滚刀起到先一步压碎岩石的作用,刮刀在其后可将碎裂的岩石刮下并带至开口部位。

盾构机的刀具布置如图 1.10 所示。

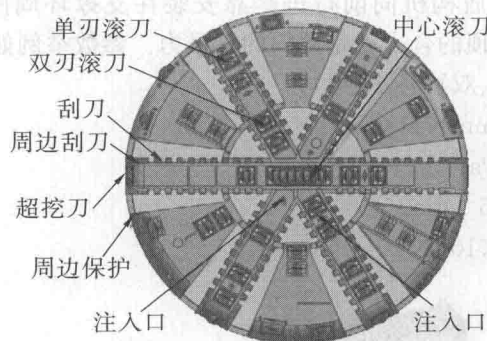


图 1.10 盾构机刀具布置示意图

(2) 盾构体结构。绝大多数盾构体是圆形的,盾构推进时,还要克服正面阻力,所以要求盾构体具有足够的强度和刚度。盾构体主要用钢板成形制成,如图 1.11 所示。考虑到水平运输和垂直吊装的困难,大型盾构可制成分体式到现场拼装,部件的连接一般采用定位销定位、高强度螺栓连接,最后焊接成形的方法。

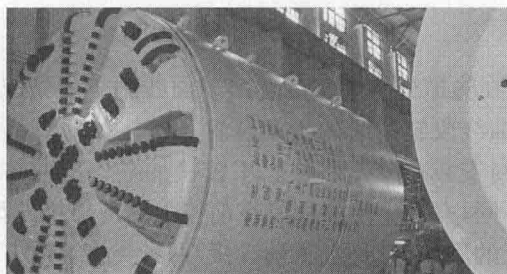


图 1.11 盾构体

中体又叫支承环,是盾构的主体结构,承受作用于盾构上的全部载荷,是一个强度和刚性都很好的圆形结构,如图 1.12 所示。地层力、所有千斤顶的反作用力、刀盘正面阻力、盾尾铰接拉力及管片拼装时的施工载荷均由中体来承受。中体内圈周边布置有盾构千斤顶和铰接油缸,中间有管片拼装机和部分液压设备、动力设备、螺旋输送机支承及操作控制台。有的还有行人加、减压舱等。

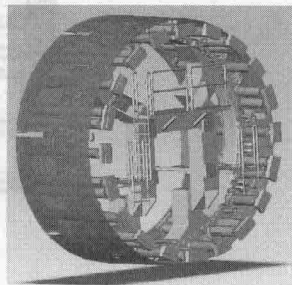


图 1.12 中体结构示意图

(3) 推进装置。盾构的推进机构提供盾构向前推进的动力。盾构机的推进装置主要由多组千斤顶组成,包括 30 个推进油缸和推进液压泵站。推进油缸按照在圆周上的区域分为四组,每组 7~8 个油缸。通过调整每组油缸的不同推力来对盾构进行纠偏和调向。盾构机向前行进是靠安装在支撑环周围的千斤顶推动,如图 1.13 所示,各千斤顶的合力就是盾构的总推力。参数举例如下:

油缸数量:30(单、双缸各 10 组);

油缸尺寸: $\phi 220 \text{ mm} \times \phi 180 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$;

工作压力:30 MPa;

最大工作压力:35 MPa;

总推力: $3.4210 \times 10^7 \text{ N}$ 。

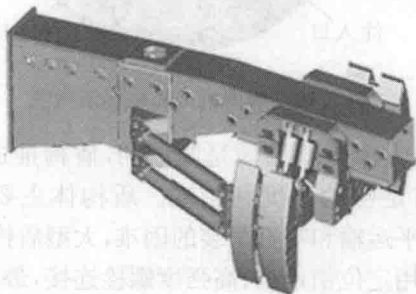


图 1.13 推进机构部件图

(4) 铰接装置。在隧道施工中一般会出现曲线施工的情况,因此,盾构机需要配备铰接装置,作为曲线段施工时的辅助装置。铰接装置是将盾构机机体分割成前体和后体,铰接密封安装在分割部位。用铰接油缸连接前体和后体的结构。按千斤顶的装备方法不同,有将千斤顶固定在前体上的前体推压型(被动铰接),和将千斤顶固定在后体上的后体推压型(主动铰接)两种类型,如图 1.14 所示。

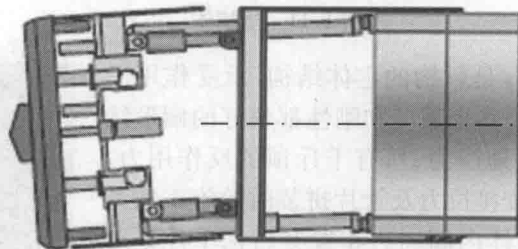


图 1.14 主动铰接型/被动铰接型

(5) 螺旋输送机。螺旋输送机用来排出由刀盘挖掘出的泥土,如图 1.15 所