

高等学校试用教材

单斗液压挖掘机

(第二版)

同济大学 主编

中国建筑工业出版社

高等学校试用教材

单斗液压挖掘机

(第二版)

同济大学 主编

中国建筑工业出版社

本书叙述单斗液压挖掘机的设计理论和方法,包括参数选择、工作装置、回转机构、行走装置的设计计算,液压系统设计和主要结构件计算等内容,并介绍了整机试验方法。书末附有国内、外部分液压挖掘机的主要技术性能表。

本书为高等学校工程机械(建筑机械)专业的统编教材,也可供单斗液压挖掘机设计制造和研究单位的技术人员参考。

高等学校试用教材
单斗液压挖掘机
(第二版)

同济大学 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 20³/₄; 字数: 500 千字

1986年12月第二版 1986年12月第三次印刷

印数: 8,571—12,170 册 定价: 2.80 元

统一书号: 15040·5098

第二版前言

单斗挖掘机是一种重要的工程机械，广泛应用在房屋建筑、道路工程、水利建设、农田开发、港口建设、国防工事等的土石方施工和矿山采掘工业中，对减轻繁重的体力劳动、保证工程质量、加快建设速度、提高劳动生产率起巨大作用。

单斗挖掘机分机械传动和液压传动两种。机械传动挖掘机已有一百多年历史。近一、二十年来，随着液压传动技术在工程机械上的广泛应用，单斗液压挖掘机有了迅速发展，在中小型单斗挖掘机中，液压挖掘机几乎取代了机械传动挖掘机，大型单斗液压挖掘机也应用日广，这是由于液压挖掘机具有重量轻、体积小、结构紧凑、挖掘力大、传动平稳、操纵简便，以及容易实现无级变速和自动控制等一系列优点。

单斗液压挖掘机的性能、结构和技术经济指标与机械传动挖掘机有很大区别，不可能应用机械传动挖掘机的设计方法来进行设计。为了使高等学校工程机械专业或建筑机械专业学生能够系统地学习单斗液压挖掘机的设计理论和方法，我们根据这两个专业教学计划的要求，编写了本教材。

本教材论述单斗液压挖掘机总体设计的理论和方法，包括：参数的选择，工作装置、回转机构和行走装置的设计计算，整机稳定，液压系统设计和主要结构件计算等内容。对工作装置和液压系统两部分作了比较详细的叙述。随着生产的发展，液压挖掘机的试验、可靠性和寿命预测等问题愈来愈显得重要，因此，本教材还介绍了液压挖掘机试验的基本概念。

本教材内容着重于单斗液压挖掘机的设计分析，对机械构造只作结构方案的分析比较。教材中工作装置部分除讨论一般设计方法以外，还系统地叙述了电子计算机分析计算方法、数学模型的建立和电算结果的分析。教材中液压系统部分以系统分析和典型液压系统介绍为主，不讨论液压元件。教材中结构件计算部分只讨论计算工况、载荷分析和计算图式的确立，不包括内力分析、断面计算等。考虑到部分院校在教学中以反铲装置为主，另一部分院校在教学中以正铲装置为主，因此，教材中工作装置部分对反铲和正铲都作了系统的介绍。

本教材由同济大学曹善华（第六章、第八章）、余涵（绪论、第一章、第七章），太原重型机械学院彭瑞棠（第二章第二、三、四、七节）、冯培恩（第二章第一、五、六节），重庆建筑工程学院洪昌银（第三章），西安冶金建筑学院周宗源（第四章、第五章）等同志分工编写。全书由哈尔滨建筑工程学院林和生和天津工程机械研究所罗廷炎、褚天恩等同志审稿。

目 录

第二版前言

绪 论	1
第一节 挖掘机械在国民经济中的作用及其发展概况	1
第二节 挖掘机械的类型	8
第三节 土的切削问题	10
第四节 切削阻力和挖掘阻力的计算	16
第一章 单斗液压挖掘机的特点、类型和主要参数	22
第一节 概述	22
第二节 液压挖掘机主要工作装置的结构和工作特点	36
第三节 液压挖掘机的主要参数和选择	41
第二章 工作装置	50
第一节 反铲装置	50
第二节 正铲装置	95
第三节 其他作业装置	114
第三章 回转机构和生产率	127
第一节 回转支承的构造和特点	127
第二节 滚动轴承式回转支承的受力分析	134
第三节 滚动轴承式回转支承的选型计算	137
第四节 回转机构的传动方式及特点	143
第五节 回转阻力矩计算	148
第六节 转台运动分析和最佳转速计算	151
第七节 生产率计算	166
第四章 行走装置	170
第一节 履带式行走装置的结构布置和传动方案	171
第二节 轮胎式行走装置的结构布置和传动方案	181
第三节 轮胎式挖掘机支腿的布置与构造	187
第四节 挖掘机行走装置的计算	190
第五章 转台平衡和整机稳定	205
第一节 转台平衡及配重的确定	205
第二节 单斗液压挖掘机的稳定性	207
第六章 液压系统	217
第一节 单斗液压挖掘机的工况特点和对系统的要求	217
第二节 液压系统的类型	218
第三节 液压系统的基本回路和辅助回路	230
第四节 液压系统图	236
第五节 液压系统的设计	249
第七章 主要结构件的计算	260

第一节	工作装置的载荷分析和强度计算	260
第二节	转台计算	271
第三节	底架(车架)计算	273
第八章	单斗液压挖掘机的试验和发展趋势	281
第一节	整机型式试验	281
第二节	主要机构和装置的试验	286
第三节	液压系统试验	293
第四节	可靠性试验和振动噪音试验	296
第五节	单斗液压挖掘机的发展趋势	302
附表及附录	306

绪 论

第一节 挖掘机械在国民经济中的作用及其发展概况

一、挖掘机械在国民经济建设中的作用

挖掘机械是工程机械的一种主要类型，是土石方开挖的主要机械设备，包括有各种类型与功能的挖掘机。

各种类型的挖掘机已广泛应用在工业与民用建筑、交通运输、水利电力工程，农田改造、矿山采掘以及现代化军事工程等的机械化施工中。据统计，工程施工中约有60%以上的土石方量，系由挖掘机来完成。

在上述各种工程中，土石方工程量占有很大的比重，例如，铁路建筑中，每一公里路基平均要完成20000~30000m³的土方，山区路基则可能达到50000m³以上的土方量；水电工程大型土石坝施工中，每日填筑量可达10万m³，采掘工业，包括煤炭、矿石和建筑材料的采掘等，在国民经济中占有很大比重，其剥离作业及采掘工作量则更大。

根据统计，在建筑工程中，若土方工程全部由人工来完成，那么，所需劳动力约占全部工程所需劳动力总数的50%以上。在露天矿场和采料场中，若用人工采掘，则所需劳动力约占90%。

为节省劳动力、减轻繁重体力劳动，提高劳动生产率、加快建设速度，保证工程质量和降低成本，采用机械化施工是根本的措施。它对尽早发挥建设投资效果，促进国民经济的高速度发展有很大的作用。

据统计，采用一台1.0m³斗容量的单斗挖掘机，挖掘Ⅳ级以下的土壤时，每班生产率大约相当300~400个工人一天的工作量；而一台日产20万m³的大型斗轮挖掘机，则可代替5~6万人的劳动。由此可见，挖掘机在现代化建设工程中的功用。

第二次世界大战以后，各工业先进的国家为加速经济发展，加快建设速度，无不致力于不断提高施工机械化的水平，为了满足施工机械化不断增长的需要，高度重视了工程机械的发展。例如：二次大战后英国工程机械年平均增长率为9%，法国为15.9%，联邦德国为11.9%，苏联1949年~1980年，年平均增长约为20%，美国1967年~1976年年平均增长率为12%，日本1955年~1980年平均增长率达29.1%。国民经济中的三大支柱——能源、交通和建筑工业的发展均与工程机械的发展有着密切的关系。

为了实现四个现代化宏伟目标，我国基本建设的任务将是巨大而繁重的，它要求工程机械行业提供足够数量并具有先进技术水平的各种类型工程机械，以满足施工机械化的迫切需要。

各种土方工程，采掘工业（包括煤炭、矿石和建筑材料的巨大采掘量）和大面积的农田改造等，迫切要求提供大批各种类型的挖掘机械。例如：冶金工业的采掘要求提供一批大斗容量的单斗挖掘机；煤炭、有色金属等的开采和大型水利工程，要求提供高效的斗轮

式挖掘机；石油及城市建设中的管道工程，要求提供多斗挖掘机；而大量的土建工程则要求提供大批量通用的中小型挖掘机，城镇建筑工程和农田改造则要求提供小型、多用的挖掘机；现代化国防工程也迫切要求提供机动性好、效率高、性能先进的轮式与快速履带式挖掘机等。

挖掘机械在工程机械发展中占有很大比重和重要的地位，据统计约占工程机械总产值的25~50%，是重点发展的机械品种之一。尤其是中小型、通用的单斗挖掘机不仅用于土石方的挖掘工作，而且通过工作装置的更换，还可以用作起重、装载、抓取、打桩、冲孔等多种作业。通用型挖掘机占挖掘机总数的90%以上，它在各种工程施工中广泛使用，已成为不可缺少的重要机械设备。

我国挖掘机械行业近年来虽有很大的发展，但从产品的种类、数量和技术性能以及制造质量上都还不能满足四个现代化建设发展的要求，迅速地提高挖掘机械的设计、研究和生产的水平是当前挖掘机械行业所面临的迫切而艰巨的任务。

二、挖掘机械的发展概况

挖掘机械的最早雏形，远在十六世纪于意大利威尼斯用于运河的疏浚工作。模拟人的掘土工作，以蒸汽机驱动的“动力铲”诞生于十九世纪（1836年），发展至今已有150年的历史。

随着工业发展、科学技术的进步，单斗挖掘机也由于新技术、新工艺的采用而不断地发展改进。但它的基本工作原理至今未变。动力装置以及控制方式的不断革新、基本上反映了挖掘机发展的几个阶段：

1. 蒸汽机驱动的单斗挖掘机从发明到广泛应用大约经历了100年。当时主要用于开挖运河和修建铁路。结构型式由轨道行走的半回转式，发展到履带行走的全回转式。

2. 内燃机与电动机驱动的单斗挖掘机发展于本世纪初。1899年出现第一台电动挖掘机。第一次世界大战后汽油机和柴油机先后用于轮胎式与履带式单斗挖掘机上，改善了挖掘机越野和机动性能，扩大了使用范围。

3. 挖掘机传动型式的液压化，是挖掘机由机械传动传统结构发展到现代结构的一次跃进。

随着液压传动技术的迅速发展，四十年代末至五十年代初挖掘机开始应用液压传动，并且由半液压传动发展到全液压传动。产量日益增长，六十年代初期液压挖掘机产量占挖掘机总产量15%，到七十年代初期占总产量的90%左右。近年来，西欧市场出售的单斗挖掘机几乎已全部采用液压传动。

与此同时，斗轮挖掘机、轮斗挖沟机，铣切式挖掘机的工作装置和臂架升降等部分也采用了液压传动。大型矿用挖掘机在基本传动型式不变的情况下，其工作装置也改为液压驱动。

4. 控制方式的不断革新使挖掘机由简单的杠杆操纵发展到液压操纵、气压操纵、液压伺服操纵和电气控制、无线电遥控，最近又在研制电子计算机综合程序控制，实现对挖掘机工作状态的自动监控、保证机械的正常工作和改善司机的劳动条件以及在危险地区或水下采用无线电操纵，利用电子计算机控制接收器和激光导向相结合、实现工作操纵的完全自动化。操纵者可在集中控制室内通过工业电视监视若干台挖掘机进行工作。大型斗轮挖掘机已可实现全部作业的自动化。

多斗挖掘机最早于1860年在法国设计制造,用于苏伊士运河开挖,继后在欧洲国家如德国等广泛应用。斗轮挖掘机样机本世纪初出现,二十年代后逐步完善,这种机械第二次世界大战后发展迅速,结构不断改进,自动化程度也不断提高,应用范围日益扩大,品种产量大量增多。由于斗轮挖掘机性能优越,基本上已取代了大型链斗式挖掘机,广泛应用于露天矿山、水电施工及建筑材料采掘等部门,为高效率的现代化施工机械。

随着工业的发展,对挖掘机的需要量迅速增长,因此挖掘机制造业在工业发达国家中已发展成为具有相当规模的行业。主要工业国家生产挖掘机的企业数目如表0-1所列。

主要工业国家挖掘机制造企业数

表 0-1

国 别	美 国	苏 联	日 本	联邦德国	法 国	英 国	意 大 利	小 计
企业数	144	25	26	60	5	9	11	230

由于各种新技术的采用、产品设计与生产程序的革新、新产品的研制周期、老产品更新换代的周期均大大缩短。为满足不同工程对象的要求,国外挖掘机的品种大量增加,近十年来约增加了10~15倍,不同用途不同规格的品种在600种以上。如单斗挖掘机有斗容量仅0.01m³的建筑用微型反铲和斗容量达168m³的巨型拉铲挖掘机等。大型斗轮式挖掘机日产量已达24万m³。

两大类挖掘机主要参数发展现状如表0-2所列。

两类挖掘机主要参数发展情况

表 0-2

参 数 名 称	单 斗 挖 掘 机	多 斗 挖 掘 机
铲斗容量(m ³)	0.01~168	0.015~6.3
机 重(t)	0.88~13500	1.5~15000
总 功 率(kW)	3.8~36800	3.8~10300
生 产 率(m ³ /h)	5~9400	8~25000

主要工业国生产的最大挖掘机主要参数如表0-3所列。

各国最大规格挖掘机的主参数

表 0-3

类 型	发 展 情 况	国 别					
		美 国	苏 联	日 本	联邦德国	法 国	
单斗挖掘机	机械式斗容量(m ³)	已生产	168	100	20.6	4.1	--
	液压式斗容量(m ³)	已生产	7.63~30.6	4~20	8.5~14	8~34	7~15.3
斗轮式挖掘机生产率(m ³ /h)		已生产	1600	12000	2000	25000	

目前国外挖掘机年总产量约为15万台以上,日本57000台,苏联42000台,美国30000台,联邦德国25000台。其中液压挖掘机约占90%为13.5万台左右。绝大部分产品为上述

国家生产。挖掘机产量增长的速度以日本最快，如1965年产量仅为2248台，1976年增为24320台，1980年已达57055台，增长20多倍。国外挖掘机备件的产量也较高，如美国备件产量约占总产量的50%，这样可以确保产品的正常使用。

为了保证挖掘机的产量、质量和利润，国外挖掘机生产专业化程度不断提高。零部件生产的专业化程度一般都在85%以上。由于挖掘机生产的专业化，因而产量和劳动生产率都很高，如联邦德国在法国的Liebherr子公司劳动生产率为1.5台/人·年；法国Pozlain公司劳动生产率为1.86台/人·年；日本三菱重工劳动生产率达2.4台/人·年。

国外挖掘机为保证产品的质量在必需满足产品性能要求的前提下，都规定有具体的使用寿命指标，制造商需对产品负责外，此指标并作为机械技术管理的依据。如液压挖掘机的整机寿命以第一次大修期作指标，美国规定：恶劣情况下为4年，8000小时；一般情况下为5年、10000小时；良好情况下则为6年、12000小时。日本规定整机寿命是：1.2m³斗容量以下为7年、9100小时；2.3m³以上为7年、10500小时。苏联中小型单斗挖掘机大修期规定为：斗容量0.5m³轮胎式挖掘机为7200小时；斗容量0.25m³轮胎式为9600小时；斗容量0.5~0.8m³履带式挖掘机为12000小时；斗容量1~1.25m³为15000小时。

技术的先进性，最终反映在经济效果上。挖掘机的技术经济指标为评价挖掘机先进性的重要指标，并反映了挖掘机的发展情况。目前国外挖掘机的几项主要技术经济指标如表0-4所列。

国外挖掘机的几项技术经济指标

表 0-4

指 标		单 斗 挖 掘 机	多 斗 挖 掘 机
单位斗容生产率(m ³ /h·m ³)		80~200	1.8~2.5(m ³ /h·L)
每吨机重生产率(m ³ /h·t)		2.3~4.5(正铲) 1.2~2.4(拉铲)	3~4(大型) 1.2~1.4(大中型)
单位斗容机重(t/m ³)		40~90(剥离正铲) 30~45(拉铲)	0.9~1.2(t/L)(小型) 1~1.8(t/L)(中小型)
单位机重斗容(m ³ /t)		小型0.022~0.05 大型0.052~0.091 (液压挖掘机)	
单位机重功率(kW/t)		定量系统7~8.5 变量系统4.8~6 (液压挖掘机)	
单位斗容功率(kW/m ³)		88~103	1.1~1.5
每千瓦生产率(m ³ /kW)		0.45~1.03(无运输工具转载) 0.15~0.38(有运输工具转载)	— —
每挖掘 1 m ³ 能量消耗	耗 电	0.4~1.2(kW·h)	—
	耗 油	0.06~0.15(L)	—

挖掘机为建筑、采矿等各种工程施工中的主要机械设备，按粗略估计，目前世界各国的各种挖掘机总保有量约在50~70万台左右（苏联约15万台，日本10万台）。

钢铁工业的发展需要大量的矿石和煤，这就需要大量的挖掘机进行采掘。而制造挖掘机又要消耗钢材。因此钢铁产量与挖掘机产量之间存在一定关系，按各主要工业国家挖掘

机产量与钢产量的关系分析，每生产万吨钢所需配备的挖掘机台数约在1.5~2.8台之间。采用大型高效挖掘机其比值可较小。挖掘机产量总重与钢产量之比系数约为0.4%。由此可粗略估计钢铁工业所需的挖掘机数量。

挖掘机械的发展与各国社会状况、工程施工要求，生产能力、矿藏地质以及气候条件不同而各具特点。

美国挖掘机生产的历史较久、品种多数量大，生产能力较强并集中于少数公司，以研制机械或大型和巨型矿用单斗挖掘机著称。近来BE, P&H公司等亦已研制出大型液压挖掘机，最大斗容为30.4m³，机重463t、功率为1752kW。

日本为挖掘机制造业发展最快的国家，液压挖掘机产量1980年达57055台，居世界首位，最大斗容为14m³，最小为0.02m³，总产值为511000百万日元，占日本建设机械总产值的42.5%，产量占挖掘机总产量的96%以上。日本以大量引进国外技术，生产中小型单斗液压挖掘机为主。目前日本制造液压挖掘机的专业公司已达20多家。各公司自成系列产品，国外市场有一定声誉与竞争能力。由于海洋工程的发展亦推动了水下挖掘机的研究与开发。

联邦德国是斗轮挖掘机发展最早的国家，30年代即用于褐煤露天矿的剥离和采掘，目前是世界上斗轮挖掘机的主要生产国。单斗液压挖掘机也发源于联邦德国，生产经验丰富、技术先进。液压大型挖掘机的生产技术处于领先，100吨级以上的液压挖掘机联邦德国生产有8种，近世界产品之半数。

苏联以生产大中型机械式挖掘机为主。近年来亦引进联邦德国和法国液压挖掘机技术，液压挖掘机生产有所发展。苏联挖掘机的总产量超过4万台，七十年代以来大力进行企业技术改造、产品质量有所提高。

法国以制造中小型全液压挖掘机著称。由于国内采掘工程量较少，挖掘机主要用于建筑工程。法国生产液压挖掘机很早、在技术先进性、产品质量、产量和销售上30~60年代一直领先。产品在国内外有一定声誉。

Poclain公司生产有17个机型18种规格液压挖掘机，25吨以下品种已为第四代变型产品。产量达五千台为欧洲各公司之首位。

70年代以来挖掘机械发展的特点可概括为以下几方面：

1. 挖掘机品种、产量剧增并向多功能、高效发展

为适应各种工程对象的要求以及国际市场的竞争，短期内品种增加10~15倍，达600多种以上。为扩大机械的使用性能，中小型单斗挖掘机还附有多达数十种可换工作装置。大型挖掘机和斗轮挖掘机由于生产率高、经济效果显著也发展很快。如斗容量10~20m³的矿用正铲挖掘机采用日益广泛。70年代以来就发展了几种超过100m³斗容量的巨型步行式拉铲，目前步行拉铲已有50~60种不同规格产品，年产约有100多台。斗轮挖掘机已有十多个国家生产和使用，联邦德国等主要生产国和公司都制定有产品系列，其他特种用途的挖掘机械也在研制发展中。

2. 液压挖掘机迅速发展

液压挖掘机由于使用性能、技术指标和经济指标上的优越，60年代即开始蓬勃发展，六十年代末世界各国液压挖掘机产量与挖掘机总产量之比平均值已达到80%以上。目前联邦德国液压式与机械式挖掘机的比例为9:1，日本为9.6:0.4，建筑部门所用机械传动挖掘

机已经或正在被液压挖掘机所代替。矿用大中型液压挖掘机也在迅速发展，使用范围日益广泛，联邦德国O & K公司已生产有斗容量 $17.5 \sim 34\text{m}^3$ 、机重420 t的RH-300C型液压挖掘机。大型矿用挖掘机还发展有仅工作装置部分采用液压传动的半液压挖掘机。美、苏已生产有斗容为 20m^3 的半液压矿用挖掘机，斗容 40m^3 亦准备投入生产。

3. 普遍重视产品的标准化、系列化、通用化以及新技术、新工艺、新结构和新材料的采用

产品的“三化”不仅可大大缩短新产品的设计研制周期和老产品改进更新换代周期，有利发展品种，并且便于大批量生产、提高产量和质量、降低成本、有利于用户的在用修理以及配件的生产和供应。它已是组织与管理现代化生产的重要手段。挖掘机主要生产国美、日、法、联邦德国和苏联等除有国家标准外各大公司还有自己的系列标准。这些国家“三化”水平都较高，为生产的专业化创造条件。

生产技术的高速发展，使各国在技术上相互引进、相互渗透，普遍重视采用“四新”如电子计算机在挖掘机设计、研究、制造、自动监控与操纵和技术管理上的广泛应用等。

4. 生产专业化程度不断提高、重视质量管理

加强挖掘机及其零部件生产的专业化，使工厂集中精力于承担有限部分的加工工艺，为大批量生产保证产品的质量、降低成本增加利润并便于产品的变型发展。采用主机厂与零件厂分工协作，由几个专业厂专门为主机厂配套。

国外制造挖掘机各公司对质量的管理都非常重视，认为是影响企业生存和发展的重要环节。各企业都设有质量管理部并自成管理体系。用各种技术措施提高机械的可靠性与使用寿命、杜绝事故、保证质量。

5. 重视试验与研究、提高科技人员的比例

为了不断提高挖掘机产品质量，改进产品性能和发展新产品，各国普遍重视试验研究工作。各国大的公司企业或由国家投资建立工程机械、挖掘机的试验中心、试验研究所或室等。投资额一般占产品销售额的 $3 \sim 10\%$ 。

科技人员的数量和水平认为是影响企业发展的关键。据统计国外从事挖掘机设计、制造的职工队伍中，担任专业技术工作的科技人员平均约占 8% 。美国B-E公司、法国Poclain公司科技人员约占职工人数的 10% ；南斯拉夫几个挖掘机制造厂科技人员约占 27% 。

国内发展概况

在我国，挖掘机和其他工程机械一样，解放前根本不能生产。仅有一些小型修理厂进行修配工作，没有挖掘机或工程机械行业。

解放后，挖掘机制造业随着我国基本建设和机械工业的发展才逐步成长和发展起来。

1954年我国试制成功了第一台斗容量 1m^3 的单斗挖掘机，开始了我国挖掘机的生产。

1957年后工程机械行业迅速成长，产品品种和产量都有很大的增长，并开始了挖掘机的研究和自行设计工作，如1960年开始的小型液压挖掘机的研制；多斗挖掘机的试制等等。1961年生产工程机械的企业已发展到70家，生产挖掘机厂为6家，生产三种品种的单斗挖掘机，年产量达200多台。中央有关部门也建立了建筑施工机械研究室、抚顺挖掘机研究所等专业研究单位，一些高等学校也设置了建筑机械专业。为工程机械行业的成长初步奠定了基础。

1961年我国第一机械工业部成立重型矿山工程机械局，加强了行业的规划和领导。到1965年工程机械行业发展已初具规模，全行业已发展有127个企业，生产有200多种品种的工程机械，产量达8万余吨。其中挖掘机生产厂有9家，生产7个品种的挖掘机，年产量400余台约一万六千吨。在这时期先后调整成立了工程机械研究所、建筑机械研究所、施工机具研究所等部属专业科研单位。与工程机械发展密切有关的液压技术行业也有很大的发展。

1973年全国工程机械企业已有172家，产量约15.7万吨，产品总数为6.4万台，比1965年增长近一倍。1974年产品品种已发展到255种。挖掘机生产厂已发展到17个、生产品种23种，其中单斗挖掘机有19个品种、产量近千台约3.9万吨。

1979年挖掘机产量已达1500余台，重达5万吨，按1955年~1979年间产量约增加19倍、年增长率为12%。

目前，我国工程机械已发展为类型品种基本齐全并具有一定生产能力的机械制造业。工厂520家，基本产品为400种，计入变型产品达1200种。84年产值增长达35%，已发展为我国机械工业中四大重点之一。挖掘机生产厂已有20多家。生产品种30种以上，其中9个主要生产厂产量达一千多台。1983年中小型液压挖掘机已形成系列和纳入生产的机级有0.1、0.11、0.15、0.16、0.2、0.25、0.4、0.6、0.8、1.0、1.6和2.5(m^3)，斗容12个等级20个型号挖掘机；斗容为0.5、0.6、1.0、2.0、4.0(m^3)以及大型矿用10、12(m^3)机械传动单斗挖掘机；专用1 m^3 隧道挖掘机，4 m^3 长臂挖掘机和4 m^3 船式单斗挖掘机，2.5 m^3 的挖掘装载机等，还生产有40、55、103、132kW(原标54、75、140、180马力)的斗轮挖掘钩机以及生产率为400/700 m^3/h 的斗轮挖掘机，生产1000 m^3/h 的排土机等。近年来大部分主导厂更注重产品的更新工作，新设计或从国外引进技术研制新产品为0.25轮胎式液压挖掘机，0.4、0.6、0.8 m^3 水陆两用挖掘机，引进联邦德国技术生产的R942、H55、H85型液压挖掘机；生产率为1500~2000 m^3/h ，机重50吨级的中型斗轮挖掘机亦在研制中。这些新产品有的已开始批量生产或正进行试验、准备定型投产。

为使挖掘机生产中贯彻“三化”，并为专业化生产准备条件，一机部已于1978年颁布了液压单斗挖掘机和机械式单斗挖掘机的型式与基本参数、技术条件、试验等一套标准，使我国挖掘机行业的发展和整顿有了方向和依据。多斗挖掘机的标准也正在研究拟订中。最近行业领导部门对液压单斗挖掘机型式、基本参数标准根据国内外液压挖掘机技术发展的情况又进行了修订和补充。

有关挖掘机的科研队伍也日益壮大，除部属研究所外，挖掘机主要生产厂和有些高等学校也建立了研究所或研究室，除进行新产品和提高产品质量的研究外，还加强了有关理论的研究工作。设置有工程机械或建筑机械专业的高等院校也扩大有20余所。

虽然我国的工程机械行业，如挖掘机制造业等在不太长的时间内有了较快的发展，但由于我国的工业基础薄弱以及工作中的缺点错误等原因致使行业的发展尚存在一系列的问题有待解决，如：

1. 机械产品品种和数量不能满足建设的需要。供需之间矛盾较大。
2. 大部分产品性能较落后，新产品的质量亦有待提高。由于生产管理、工艺水平以及材质等影响，产品质量较差、使用寿命较短。
3. “三化”水平低，新产品研制及老产品更新周期长，影响发展与供求。

4. 配套不适应、影响产品的性能、质量和产量以及品种的发展。

5. 科学研究和试验基础薄弱、条件较差，影响行业水平的提高。

可以预期，随着四个现代化总方针的实施，工程机械行业必将得到高速度地发展，为国民经济部门和国防建设提供足够的、优质的矿山、工程机械，为实现四个现代化的宏伟目标做出贡献。

第二节 挖掘机械的类型

挖掘机械的类型与构造型式繁多，可按照挖掘工作原理与过程、用途、构造特征等进行划分。

按照挖掘机的作业过程，可分成周期作业式和连续作业式两类。凡是挖掘、运输、卸载等作业依次重复循环进行的挖掘机为周期作业式，各种单斗挖掘机都属于这一类。凡是上述作业同时连续进行的挖掘机为连续作业式，各种多斗挖掘机以及滚切式挖掘机、隧洞掘进机等属于这一类。通常简称单斗挖掘机与多斗挖掘机两类。

按照用途，单斗挖掘机分为：建筑型、采矿型和剥离型等。建筑型挖掘机一般可装置各种不同的工作装置，进行多种作业，故又称通用型（或称万能型）。采矿型、剥离型和隧洞挖掘机等只装一种工作装置，专门用于某种作业，故称专用型。

按照动力装置，挖掘机有电驱动、内燃机驱动和复合驱动等，以一台发动机带动挖掘机全部机构者为单机驱动式，以若干发动机分别带动各个主要机构者为多机驱动式。

按照传动方式，挖掘机分为机械传动式、液压传动式和混合传动式（部分机构采用机械传动，另一部分机构采用液压传动。又称半液压传动）。

挖掘机的行走装置型式有：履带式、轮胎式、汽车式、步行式、轨道式、拖式等。履带式与轮胎式采用广泛。步行式主要用于剥离型挖掘机，此外还有浮式（船舶式）挖掘机，专用于水下采掘或港口疏浚（单斗或多斗）。

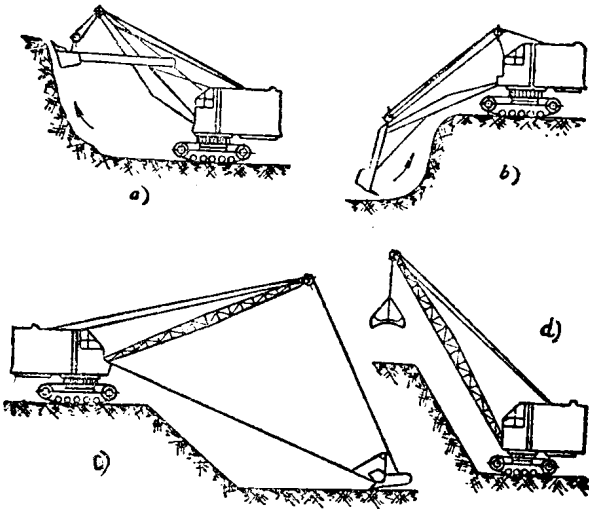


图 0-1 机械式单斗挖掘机工作装置主要型式
a) 正铲；b) 反铲；c) 拉铲；d) 抓斗

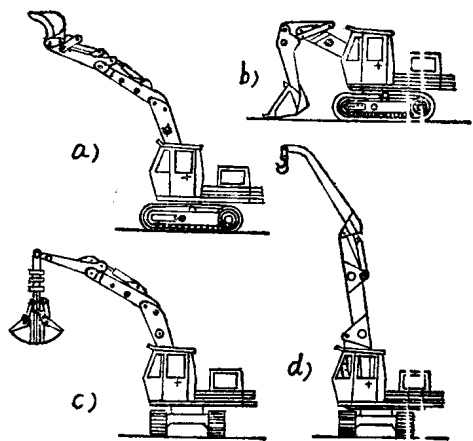


图 0-2 单斗液压挖掘机工作装置主要型式
a) 反铲；b) 正铲或装载机；c) 抓斗；d) 起重

单斗挖掘机工作装置的型式很多，常用的基本型式，对于机械传动的挖掘机有：正铲、反铲、拉铲、抓斗和起重吊钩等，如图0-1所示。对于液压传动的挖掘机有：反铲、正铲、抓斗、装载和起重装置等，如图0-2所示。

多斗挖掘机主要按工作装置的工作原理和构造特征分为链斗式和斗轮式两种，另外还有滚切和铣切式。

按照多斗挖掘机工作装置的运动平面和挖掘机运行方向相一致或相垂直分为：一致者为纵向挖掘，相垂直者为横向挖掘。多斗挖掘机的主要型式为图0-3所示。

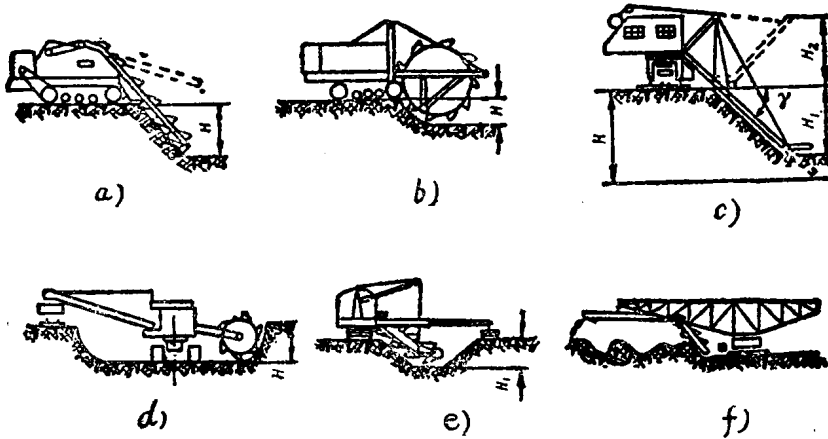


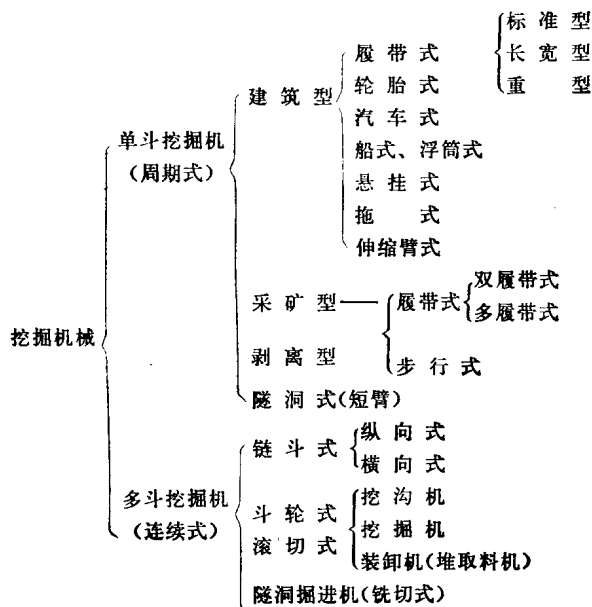
图 0-3 多斗挖掘机的主要型式

a)链斗式挖沟机；b)斗轮式挖沟机；c)横向挖掘链斗式多斗挖掘机；d)斗轮式挖掘机；e)小型横向挖掘链斗式多斗挖掘机；f)堆弃式多斗挖掘机

我国工程机械类组划分中，挖掘机类组划分见表0-5。

挖掘机的类组划分

表 0-5



第三节 土的切削问题

各种土方机械作业时，虽采用不同型式的切削装置来削取（挖取、铲取）土，但其共同的特点是进行土的切削。削取土的方法、过程和削取量是确定土方机械结构、型式和动力消耗的主要因素。因此，在研究、设计和使用土方机械时，应对土的切削问题有所了解。

土的切削理论是研究各种切削装置切削土时，装置与土之间相互作用的关系和规律。探讨不同的装置切削土时阻力的合理确定，研究减少切削阻力的方法和切削元件合理的形状，以及新的切削原理等等，以便为土方机械设计、改进和发展提供基本数据和理论基础。因此它是土方机械基础理论研究课题之一。

我国由于工程机械行业发展较晚，对土的切削问题的研究亦仅开始，故目前仍引用国外分析方法。现以国内普遍采用的分析方法之一，作简要介绍。

一、土的切削的基本概念

1. 土的切削的物理过程

土的切削是利用楔形切削刃（如铲刀或铲斗的切削部分）通过机械的方法，把土块或土层从土中剥离出来的过程。

土的切削是一个很复杂的过程。土在楔形刀具的压力作用下受到挤压和剪切而开始变形，当压力继续增大，土体的原始结构被破坏，土块或土层便被切离。此时，产生了土体松散与挤压两个现象，土粒与土粒、土块与土块、土与切削刀具之间都产生了摩擦而形成阻力。故土的切削时，基本的阻力为：1）土的原始结构破坏时所产生的阻力；2）土的内摩擦力；3）土与切削刀具间的摩擦力。这三种阻力通常是同时并存的，很难区分开来。当切削装置形状合理时，可以较大地减小这三项阻力，即减少切削阻力。而切削阻力就是在切削过程中土对切削装置的反力。

切削过程中土的变形情况和切削阻力决定于土的性质、状态，切削深度和切削装置形状。例如密实的粘土，切削时呈层状削碎（图0-4a）；干燥无粘性土呈粒状削碎（图0-4b）；塑性大的粘土呈连续刨片状削碎（图0-4c）。后两种土切削时阻力变化都较平稳。

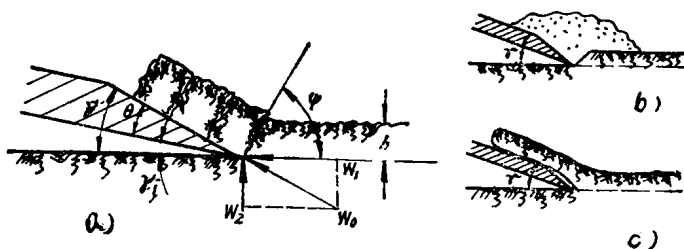


图 0-4 切削过程土破坏的形状

a) 硬土； b) 松土； c) 软粘土

2. 切削装置的基本形式和主要参数

现有切削装置可归纳为两种基本形式，即刀型切削装置和斗型切削装置，如图0-5所示。

刀形切削装置（图0-5 a）为各种形状和尺寸的刀片，工作时刀片下缘进行切削、碎土堆积刀前，其特点是不能将土举离地面进行输送。常用的有平刀和圆盘刀。也可以装有刀齿。

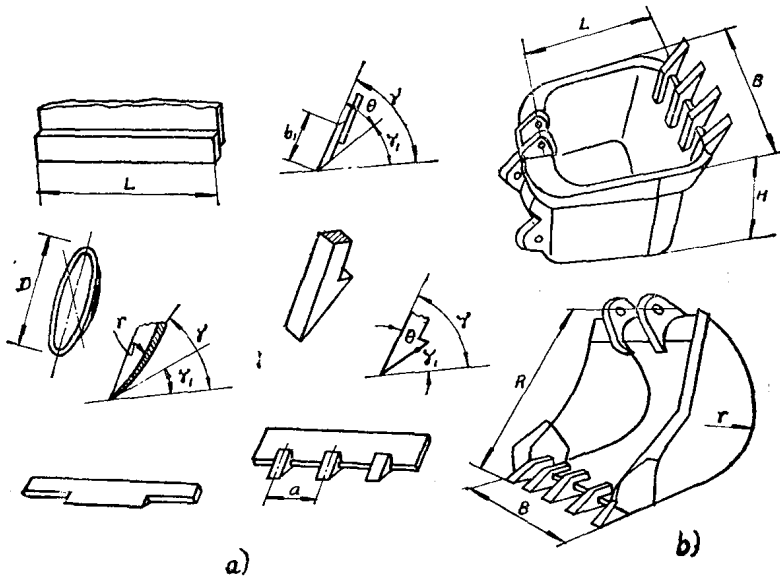


图 0-5 切削装置的基本形式
a) 刀型, b) 斗型

影响刀形装置工作情况（影响阻力）的基本参数是：

- (1) 尺寸参数 长度 L 或直径 D ，高度 H 、刀面曲率半径 r ；
- (2) 角度参数 切削角 γ 、刃角 θ 和后角 γ_1 。

斗型切削装置（图0-5 b）是各种形状的铲斗，斗的前缘或装斗齿或成弧形，工作时的斗齿或刃口削取土，碎土大部装入斗内，其特点是运土时能将土举离地面。

斗形切削装置的基本参数是：

- (1) 尺寸参数 斗容量 q 、宽度 B 、高度 H 和长度 L ；
- (2) 角度参数 切削角 γ 、刃角 θ 和后角 γ_1 。

若上述切削装置装有尖齿、则齿间距 a 也是重要参数。

3. 切削过程作用力分析

切削装置的基本切削部分都呈楔形。因此可用平楔或斜楔进行切削的基本分析。

设以平楔进行切削厚度不变的稳定状态工作，并假定楔刃尖锐，即刃口对土壤不产生压力，以及由于有后角 γ_1 ，不产生楔后棱对土的摩擦。

切土时（图0-6），土在楔的作用下将按破裂角 ϕ 裂断，并沿切削角为 γ 的楔面向上移动。

当楔切入时，土对楔面作用有法向合力 N 和土对楔面的摩擦力 $N \tan \phi$ 。这两阻力显然在土将沿 ϕ 面断裂时达到最大值。此时总阻力为 N 与 $N \tan \phi$ 的合力，即 $N' = \frac{N}{\cos \phi}$ 。

则：