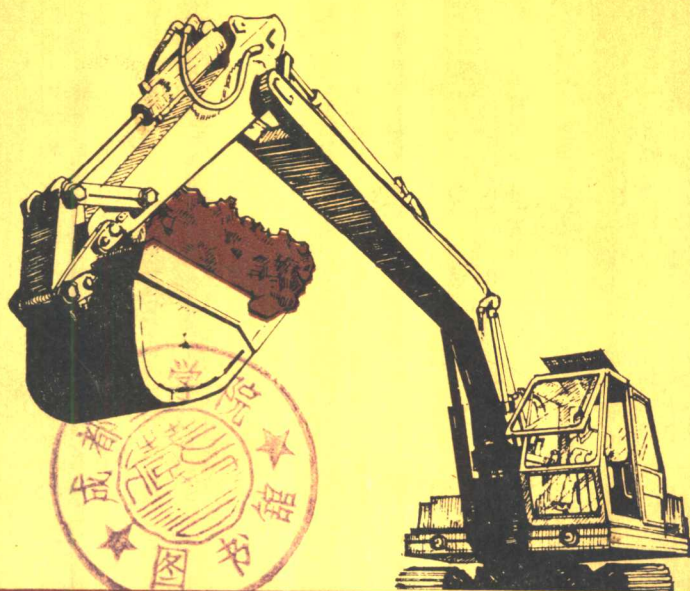
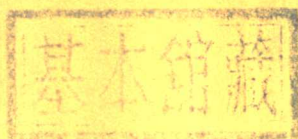


5791  
13124

480194

# 单斗液压挖掘机

天津工程机械研究所  
《单斗液压挖掘机》编写组



中国建筑工业出版社

# 单斗液压挖掘机

天津工程机械研究所  
《单斗液压挖掘机》编写组

中国建筑工业出版社

本书对单斗液压挖掘机及其所用液压元件的构造、特点、设计和制造的一般常识，以及如何使用与维护等作了简要的介绍。书末附有国内外近200种单斗液压挖掘机的技术性能表。

本书可供从事单斗液压挖掘机设计制造、使用和维护的工人、技术人员及有关人员参考。

## 单斗液压挖掘机

天津工程机械研究所

《单斗液压挖掘机》编写组

\*

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

\*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：27 字数：627千字

1977年11月第一版 1977年11月第一次印刷

印数：1—8,840册 定价：2.05元

统一书号：15040·3337

## 前 言

液压传动是一门较新的技术，它在挖掘机上应用的时间也不长，但由于它具有出力大、体积小、重量轻、易实现无级变速和自动控制等优点，所以液压挖掘机比机械式挖掘机越来越显得优越。

为了适应我国社会主义建设事业的需要和广大读者的要求，我们遵照毛主席关于“**要认真总结经验**”和“**洋为中用**”的教导，参考有关资料汇编成本书。

本书内容包括三大部分：单斗液压挖掘机主机部分（包括概述、工作装置、回转装置以及轮胎和履带行走装置）、液压系统和液压元件部分（包括挖掘机的液压系统、操纵系统、泵、马达、阀、油缸、油箱和滤油器等）和单斗液压挖掘机的使用和维修。

由于我们水平有限，对单斗液压挖掘机了解的也不够全面，加之编写的时间又比较仓促，书中难免会出现这样或那样的缺点和错误，欢迎读者提出批评和修改意见。

本书在编写和审校过程中，上海市机械施工公司的工人师傅、同济大学和太原重型机械学院工程机械专业的领导和教师都给予我们大力支持，提出了很多宝贵意见，在此一并致谢！

天津工程机械研究所  
《单斗液压挖掘机》编写组

1976年2月

# 目 录

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 第一章 概述..... 1                     | 第二节 管道与接头.....230             |
| 第一节 单斗液压挖掘机的基本特点..... 1           | 第三节 液压蓄能器.....240             |
| 第二节 单斗液压挖掘机的主要参数..... 6           | 第四节 密封件.....247               |
| 第三节 土壤切削的基本知识..... 9              | 第五节 液压油.....265               |
| 第四节 国内外单斗液压挖掘机发展概况.....12         | 第六节 其它辅件.....267              |
| 第二章 工作装置.....16                   | 第八章 操纵系统.....273              |
| 第一节 工作装置的结构型式.....16              | 第一节 作业操纵.....273              |
| 第二节 铰接式工作装置基本尺寸的确定与铰点位置的选择.....20 | 第二节 转向机构.....282              |
| 第三节 工作装置的静载荷分析与强度计算.....25        | 第三节 液压随动系统.....302            |
| 第三章 回转机构与回转滚盘.....33              | 第九章 轮胎行走装置.....308            |
| 第一节 回转机构.....33                   | 第一节 轮胎行走装置的构造.....309         |
| 第二节 回转滚盘.....47                   | 第二节 轮胎行走装置的传动方式.....323       |
| 第四章 液压动力元件和执行元件.....55            | 第三节 轮胎行走装置设计.....328          |
| 第一节 油泵、油马达的分类与特点.....55           | 第十章 履带行走装置.....333            |
| 第二节 油泵、油马达的选择与设计.....60           | 第一节 履带行走装置的构造.....333         |
| 第三节 轴向柱塞泵和马达.....64               | 第二节 履带行走装置的传动方式.....347       |
| 第四节 径向柱塞泵和马达.....81               | 第三节 履带行走装置的计算.....354         |
| 第五节 齿轮泵和马达.....99                 | 第十一章 使用维修与电气照明.....365        |
| 第六节 油缸.....107                    | 第一节 单斗液压挖掘机的使用.....365        |
| 第五章 液压控制元件.....119                | 第二节 单斗液压挖掘机的保养维修.....375      |
| 第一节 阀的分类及用途.....119               | 第三节 单斗液压挖掘机的电气系统.....389      |
| 第二节 方向控制阀.....125                 | 附录.....392                    |
| 第三节 压力控制阀.....147                 | I. 国内外履带式液压挖掘机主要技术性能.....392  |
| 第四节 流量控制阀.....162                 | II. 国内外轮胎式液压挖掘机主要技术性能.....415 |
| 第六章 液压系统.....168                  | III. 常用计量单位及换算关系.....426      |
| 第一节 液压系统的类型与特点.....168            |                               |
| 第二节 液压系统的设计.....184               |                               |
| 第三节 压力和流量损失的计算.....192            |                               |
| 第四节 热平衡、散热器与加热器.....206           |                               |
| 第五节 液压冲击及其防止.....217              |                               |
| 第七章 液压辅助装置与辅件.....221             |                               |
| 第一节 油箱与滤油器.....221                |                               |

# 第一章 概 述

单斗液压挖掘机是在机械传动单斗挖掘机的基础上发展起来的。它的工作过程是以铲斗的切削刃切削土壤，铲斗装满后提升、回转至卸土位置，卸空后的铲斗再回到挖掘位置并开始下一次的作业。因此，是一种周期作业的土方机械。

单斗液压挖掘机与机械传动单斗挖掘机一样，在工业与民用建筑、交通运输、水利施工、露天采矿及现代化军事工程中都有着广泛的应用，是各种土石方施工中不可缺少的一种重要机械设备。

在建筑工程中，可用来挖掘基坑、排水沟、拆除旧有建筑物、平整场地等。更换工作装置后，可进行装卸、安装、打桩和拔除树根等作业。

在水利施工中，可用来开挖水库、运河、水电站堤坝的基坑、排水或灌溉沟渠、疏浚和挖深原有河道等。

在铁路、公路建筑中，用来挖掘土方，建筑路基、平整地面和开挖路旁排水沟等。

在石油、动力、电讯工业及市政建设中，用来挖掘电缆沟和管道沟等。

在露天采矿场上，可用来剥离表土、采掘矿石或煤，也可用来进行堆弃、装载和钻孔等作业。

在军事工程中，可用来筑路、挖壕沟和掩体、建造各种军事建筑物。

所以，单斗液压挖掘机作为工程机械的一个重要品种，对于减轻工人繁重的体力劳动，提高施工机械化水平，加快施工进度，促进各项建设事业的发展，都起着很大的作用。据建筑施工部门统计，一台斗容量 $1.0\text{米}^3$ 的单斗液压挖掘机挖掘I~IV级土壤时，每班生产率大约相当于300~400个工人一天的工作量。因此，大力发展单斗液压挖掘机，对于加快社会主义建设，减轻繁重的体力劳动，有着很重要的意义。

本书将简要地介绍目前国内外已经生产的各种单斗液压挖掘机的结构、基本类型、设计计算和使用维修常识等。

## 第一节 单斗液压挖掘机的基本特点

### 一、单斗液压挖掘机的主要优点

单斗液压挖掘机由于在动力装置和工作装置之间采用容积式液压传动，靠液体的压力能进行工作。因此，与机械传动相比有许多优点：能无级调速且调速范围大（最高与最低速度之比可达1000:1）；能得到较低的稳定转速（采用柱塞式油马达，稳定转速可低至1转/分）；快速作用时，液压元件产生的运动惯性较小，并可作高速反转（电动机运动部分的惯性力矩比其驱动力矩大50%，而油马达则不大于5%。加速中等功率电动机需1秒钟到数秒钟，而加速油马达只需0.1秒）；传动平稳，结构简单，可吸收冲击和振动；操纵省力，易实现自动化控制；易实现标准化、通用化、系列化。

由于液压传动具有上述优点，故液压传动单斗挖掘机与机械传动单斗挖掘机相比，具有下列主要优点：

1. 大大改善了单斗挖掘机的技术性能，挖掘力大、牵引力大、机器重量轻、传动平稳，作业效率高，结构紧凑。

单斗液压挖掘机与同级机械传动挖掘机相比，挖掘力约高30%左右（如1.0米<sup>3</sup>液压挖掘机斗齿切削力为12~15吨，而同级机械传动挖掘机只有10吨左右）。因此，在整机其它参数不变的情况下，可适当加大铲斗容量，提高生产率。

单斗挖掘机的工作运动包括：行走、转台回转、铲斗、斗杆和动臂的作业动作。最频繁的是回转和铲斗的往复运动。这种往复运动一般速度不高而所需的作用力却很大，要求在短时间内变速或换向来完成各种复杂动作。机械传动单斗挖掘机完成上述运动，需通过摩擦离合器、减速箱、制动器、逆转机构、提升和推压机构等。因此，不仅结构复杂，而且还要产生很大的惯性力和冲击载荷；液压挖掘机则不需要庞大和复杂的中间传动，因而大大简化了结构，增大传动比，减少易损件。由于结构简化，重量大约比同级机械传动挖掘机轻30%（如国产的W2-100型液压挖掘机工作重量为25吨，而机械传动的W1-100型挖掘机工作重量则为40吨），所以不仅节省了钢材、降低了接地比压，而且液压挖掘机上各元件可相对独立布置，各零、部件方位、同心度等并无严格要求，故结构紧凑、外形美观，同时，易于改进或变型。

2. 使用可靠、操纵简便、更换工作装置也容易。

单斗液压挖掘机有防止过载的能力，所以使用安全可靠，操纵简便，故司机的工作条件也得到改善。不论驱动功率多大，操纵均很灵活、省力。更换工作装置时，并不牵连转台上部的其它机构。机械式挖掘机则受提升机构和推压机构的牵连。

液压挖掘机的大量生产也暴露了一些缺点：主要是对液压元件制造精度要求高；维修较困难；液压系统易漏油、发热；总效率较低等。这些问题还有待进一步研究解决。

## 二、单斗液压挖掘机的基本类型

单斗液压挖掘机可从以下几方面来区分它的类型：

1. 根据挖掘机主要机构是否全部采用液压传动，分为全液压传动和非全液压（或称半液压）传动两种。若挖掘、回转、行走等几个主要机构的动作均为液压传动，则称为全液压挖掘机，如国产的W2-100型（图1-1）和W2-200型（图1-2）挖掘机；若其中的一个动作采用机械传动，即称为非全液压（或半液压）挖掘机，如国产的W4-60型挖掘机（图1-3）。一般说来，这种区别主要表现在行走机构上。对液压挖掘机来说，工作装置及回转机构必须是液压传动，只有行走机构有的为液压传动，有的则为机械传动。

2. 根据行走机构的不同，单斗液压挖掘机分为履带式、轮胎式、汽车式、悬挂式及拖式。

履带式挖掘机应用最广。它在任何路面行走时，均有良好的通过性，对土壤有足够的附着力，接地比压小，作业时不需设支腿，适用范围较大。土质松软或沼泽地带还可采用加宽和加长履带来降低接地比压。通常，履带行走的液压挖掘机多为全液压传动。

轮胎式挖掘机具有行走速度快、机动性好，可在多种路面通行。近年来，轮胎式挖掘机的生产量日渐增长。这种挖掘机一般都是四支点的，但也有三支点的（图1-4），它将前

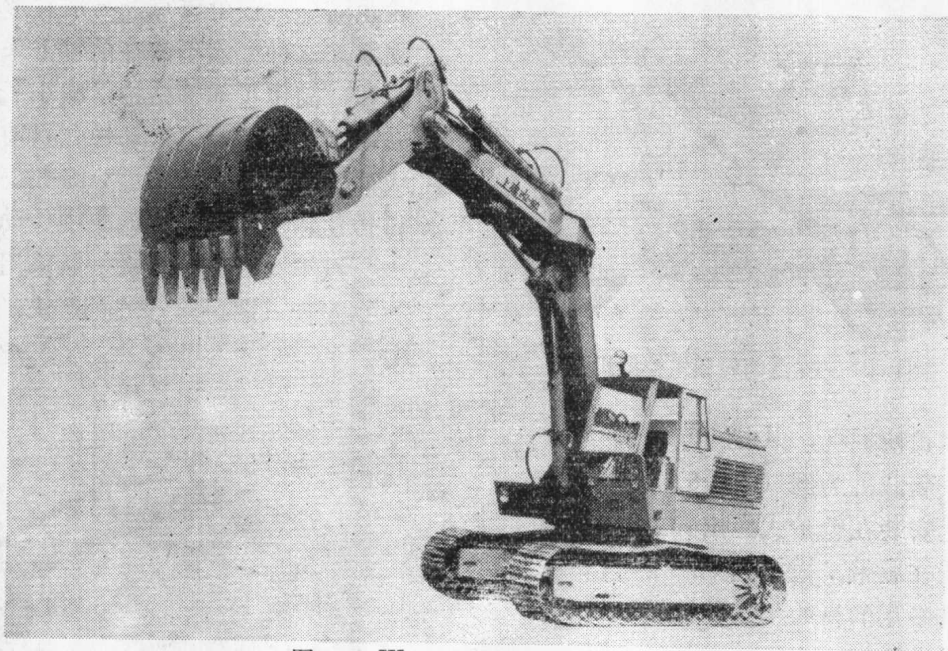


图1-1 W<sub>2</sub>-100型全液压挖掘机

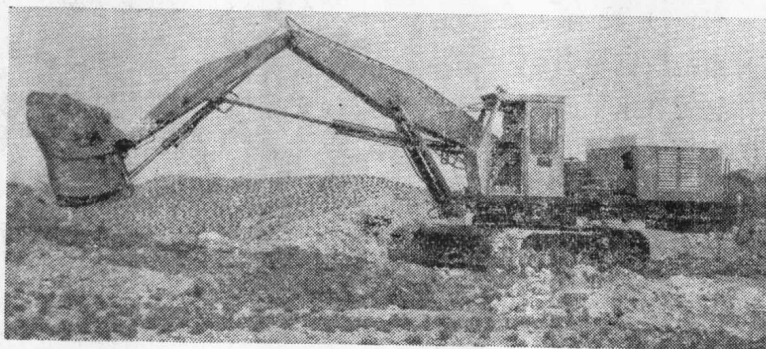


图1-2 W<sub>2</sub>-200型全液压挖掘机



图1-3 W<sub>4</sub>-60型半液压挖掘机





图1-4 三支点的轮胎式挖掘机

悬挂式挖掘机，以国产的0.25米<sup>3</sup>挖掘-装载机为例（图1-6），它将工作装置安装在轮胎式拖拉机上（也可以安装在履带式拖拉机上），可以达到一机多用的目的。这种机械装拆方便，成本低廉。

拖式挖掘机（图1-7）没有行走传动机构，行走时由拖拉机牵引。

3. 根据工作装置在水平面内可回转的范围，分为全回转（360°）挖掘机（图1-1，1-2，1-3，1-4）和非全回转（小于270°）挖掘机（图1-5，1-6）。

轮距缩小为一个支点，与后轮形成三点支承。这种型式不需在前轴上采用平衡悬挂，简化了前桥结构，减小了机器的转弯半径，提高了机动性。目前，轮胎式液压挖掘机的行走部分多数仍采用机械传动和单个油马达的集中传动。

汽车式液压挖掘机一般采用标准的汽车底盘（图1-5），速度快，机动性好。



图1-5 汽车式液压挖掘机



图1-6 悬挂式挖掘机

4. 根据工作装置结构不同，分为铰接式和伸缩臂式挖掘机。铰接式工作装置应用较为普遍。这种挖掘机的工作装置靠各构件绕铰点转动来完成作业动作。伸缩臂式挖掘机的动臂由主臂及伸缩臂组成，伸缩臂可在主臂内伸缩，还可以变幅。伸缩臂前端装有铲斗，适于进行平整和清理作业，尤其是修理沟坡（图1-8）。



图1-7 拖式挖掘机

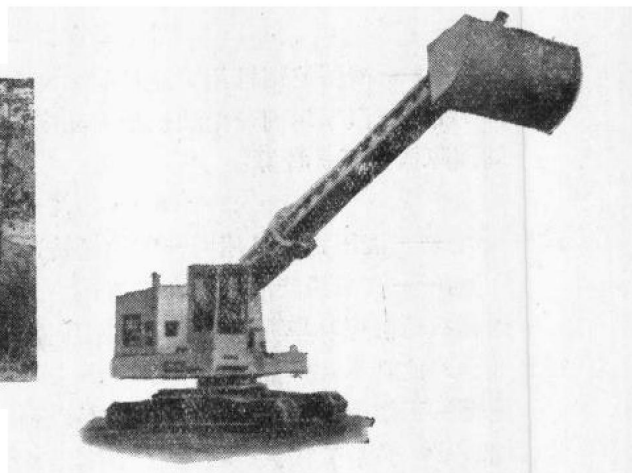


图1-8 伸缩臂式挖掘机

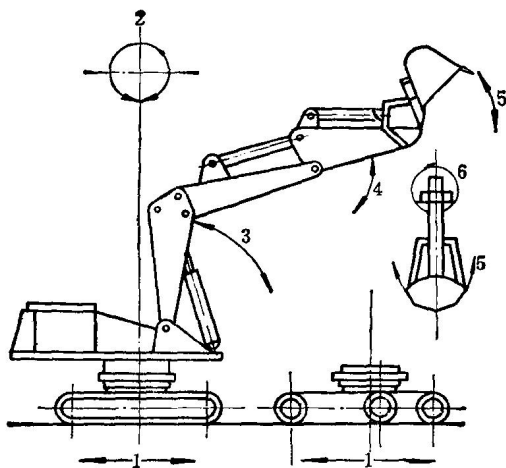


图1-9 单斗液压挖掘机的主要工作运动  
1—行走；2—回转；3—动臂升降；4—斗杆伸缩；  
5—铲斗转动；6—抓斗回转

各种类型单斗液压挖掘机的工作运动基本类同。单斗全液压挖掘机的主要工作运动见图1-9。动作1~5是主要机构的运动，常须全功率传动；而动作6是辅助机构的运动，则不须全功率传动。动作1和2的执行元件为油马达；动作3~5的执行元件为油缸。

挖掘作业循环通常是挖掘—回转—卸载—返回，有时还须加入间断的行走运动。

为了缩短挖掘机的作业周期，便于左右履带分别驱动，动作1~5的元件须频繁地作两种复合运动。所以，除个别小型液压挖掘机用单泵驱动外，中小型液压挖掘机多用双泵开式双回路系

统，较大型液压挖掘机则采用多泵多回路系统。

### 三、单斗液压挖掘机对柴油机的基本要求

目前及今后的一个相当长时期内，单斗液压挖掘机的动力将仍以柴油机为主。极少采用其它原动机。因为，柴油机具有机动灵活、特性曲线硬、工作可靠，使用经济等优点。

单斗液压挖掘机所用柴油机的基本要求与汽车、拖拉机类同。但由于挖掘机工作条件更恶劣，负荷不稳定，甚至有时超负荷工作。故柴油机的工作负荷一般应低于额定负荷。挖掘机的额定负荷与汽车、拖拉机不同，它是指在额定转速下一小时以上的额定功率（汽车、拖拉机则是指在最高转速下，连同润滑机、油泵、冷却器、发电机等必要附件，15分钟的最大功率）。所以，挖掘机采用汽车用柴油机时，应将最大功率指数降低一些。降低

后的功率按下式计算：

$$N_w = (0.7 \sim 0.75) N_q \quad (1-1)$$

式中  $N_w$ ——液压挖掘机用柴油机的名义功率；

$N_q$ ——汽车用同一柴油机最大功率。

转速降低按下式计算：

$$n_w = (0.7 \sim 0.75) n_q \quad (1-2)$$

式中  $n_w$ ——液压挖掘机用同一柴油机转速；

$n_q$ ——汽车用柴油机最高转速。

挖掘机的液压功率亦应低于  $N_w$ 。所需扭矩约为柴油机额定扭矩的75~80%，此时可得到较合理的功率和燃油消耗指标。

挖掘机工作的主要特点是：环境温度变化大（经常为 $\pm 40^\circ\text{C}$ ，有时最热达 $60^\circ\text{C}$ ），灰尘污物较多；负荷变化大；经常倾斜工作，有时在斜坡上常年工作；维护保养条件差，工地离修理厂较远。为此，对柴油机就提出了一些特殊要求：

1. 柴油机的大修期不得低于3000~4000工作小时。
2. 燃油消耗量不得大于190克/马力·小时。机油消耗量不应大于3~4克/马力·小时。希望不用较稀缺的燃料和油料。
3. 结构简单，保养维修方便，调整点少，备件可充分供应。
4. 低温启动容易。较大功率柴油机用双级启动（电动机带汽油机，汽油机带柴油机），以便司机坐在司机室内即能启动柴油机。启动前要求预热油和水（不仅要预热底壳的机油，有的甚至要预热滤清器及管路）。保证 $5^\circ\text{C}$ 以上时，3~4分钟就能启动； $-20^\circ\text{C}$ 以下时20分钟内能启动。
5. 要有效能高、清洗方便、进气阻力小的空气滤清器及柴油、机油滤清器。保证在含灰量为2克/米<sup>3</sup>时，柴油机能正常工作。
6. 小功率的柴油机应考虑从曲轴前端、侧面或分配齿轮箱均能独立地输出全部功率。因为有些挖掘机（如轮胎式）有时有专门的转向泵或数个泵。
7. 在额定功率下，至少能连续工作一小时功率不下降。连续工作4小时，功率下降不得超过5%。柴油机适应性系数不得低于1.15~1.20。要装有全程调速器。
8. 柴油机出厂应备有空气滤清器、水或油冷却装置、电气仪表、操纵机构及机罩等。同时，还应考虑添加增压器。

## 第二节 单斗液压挖掘机的主要参数

挖掘机是个有机的整体。其性能的优劣不仅与各部件性能有关，更主要的是决定于各部件结构特性的协调。通常，新设计或改制一台液压挖掘机，首先是根据作业尺寸与使用要求规定整机的主要参数和总体结构的型式，要求必须保证整台液压挖掘机有较好的使用性能和较好的制造工艺性，同时还要便于维修保养。为此，必须做好以下四項工作：

1. 从国内外同类型挖掘机中选出一些指标比较先进的挖掘机进行必要的性能试验，主要零部件结构分析与应力测定，载荷研究及整机主要参数与尺寸的测定。
2. 进行用户访问。到有关使用部门收集同类型挖掘机使用情况的资料。必要时，可

在现场完成方案设计。

3. 分析、对比国内外同类型挖掘机的主要性能参数及各部件结构形式，以便了解和审查所试制挖掘机的设计水平。

4. 必须最大限度地实现挖掘机产品及零部件的标准化、通用化、系列化（简称“三化”）。“三化”是多快好省地发展挖掘机制造业的关键措施，是发展国民经济的一项重要技术政策。

根据国内外的应用情况，这里推荐单斗液压挖掘机的主要参数系列如表1-1。

单斗液压挖掘机主要参数

表1-1

(按 $\sqrt[5]{10}=1.6$ 的等比级数递增)

| 机 级                        |     | 1    | 2    | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 备 注                 |
|----------------------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|
| 标准斗容量<br>(米 <sup>3</sup> ) | 悬挂式 | 0.15 | 0.25 |     |     |     |     |     |     |     | 按挖掘Ⅳ级土壤的<br>斗容量     |
|                            | 轮胎式 |      | 0.25 | 0.4 | 0.6 | 1.0 |     |     |     |     |                     |
|                            | 履带式 |      | 0.25 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 2.5 | 4.0 | 6.0 |                     |
| 标准机重 (吨)                   |     | 4    | 6    | 10  | 15  | 25  | 40  | 60  | 100 | 150 | 带反铲。误差 $< \pm 15\%$ |

在设计挖掘机时，其工作参数的确定，通常是根椐设计任务书的总要求、国内外同类型机器的对比分析，利用一些经验公式初步选定（表1-2）。然后，再按照具体的受力状况，进行必要的验算。

单斗液压挖掘机主要工作参数的经验计算公式

表1-2

| 参 数 名 称   | 单 位    | 经 验 计 算 公 式   | 备 注  |   |
|-----------|--------|---|--|---|
| 机 重       | 吨      | $G = (1 \sim 1.25) (22 \sim 26) q$  | $q$ —铲斗容量(米 <sup>3</sup> )   |   |
| 发 动 机 功 率 | 马力     | $N = (100 \sim 120) q$ (全功率变量)<br>$N = (120 \sim 140) q$ (分功率变量)<br>$N = (150 \sim 180) q$ (定量) | 三种系统所需功率比例为:<br>3:4:5  |   |
| 回 转 机 构   | 最佳转矩   | 公斤·米  | $M = 140G^{1/3}$   | $G$ —带反铲时的机重(吨)   |
|           | 最佳转速   | 转/分   | $n = 14G^{-1/6}$ (无机械制动器)<br>$n = 12G^{-1/6}$ (有机械制动器)<br>$n = K_n \cdot G^{-1/6} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{90^\circ}}$ (用于小型挖掘机)    | 有机械制动器时 $K_n = 12$ ;<br>无机械制动器时 $K_n = 14$<br>$\alpha$ —回转角(度)<br>一般: $\alpha = 90^\circ$<br>小型机: $\alpha = 120^\circ \sim 135^\circ$ |
|           | 最佳回转时间 | 秒   | $t_n = 5.1G^{1/6}$ (无机械制动器)<br>$t_n = 4.3G^{1/6}$ (有机械制动器)<br>$t_n = K_t \cdot G^{1/6} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{90^\circ}}$ (用于小型机) | 有机械制动器时 $K_t = 4.3$ ;<br>无机械制动器时 $K_t = 5.1$  |
| 行 走 机 构   | 最大牵引力  | 吨   | $T_{max} = (0.5 \sim 0.7) G$ (用于轮胎式)<br>$T_{max} = (0.7 \sim 0.9) G$ (用于履带式)   | $G$ —机重(吨)<br>公路档与越野档最大速比取为:<br>轮胎式: $\leq 10$<br>履带式: $\leq 2$   |
|           | 最大行走速度 | 公里/小时   | $V_{max} = 20$ (用于轮胎式)<br>$V_{max} = 1.5 \sim 3.5$ (用于履带式)   | 履带式: $\leq 2$   |
|           | 履带接地比压 | 公斤/厘米 <sup>2</sup>  | $P = \frac{G}{2b \cdot l}$   | $b$ —履带板宽度(厘米)<br>$l$ —履带接地长度(厘米)   |

续表

| 参数名称      | 单位      | 经验计算公式             | 备注  |  |
|-----------|---------|--------------------|---|--|
| 最大挖掘力工作周期 | 反铲      | 吨                  | $P_0 = (14 \sim 16) \sqrt{q}$   | 按挖Ⅱ~Ⅳ级土壤计短臂正铲取较大值<br>$t_n$ —回转时间<br>$\varphi_k$ —难挖系数<br>取0.7~1.0<br>$\varphi_1$ —操作熟练程度系数<br>取0.7~1.0 |
|           | 正铲      | 吨                  | $P_0 = (1 \sim 1.5) (14 \sim 16) \sqrt{q}$  |  |
|           | 理论      | 秒                  | $t_1 = \frac{t_n}{0.5 \sim 0.7}$  |  |
|           | 技术      | 秒                  | $t = t_1 \cdot \varphi_k / \varphi_1$   |  |
| 生产率       | 理论      | 米 <sup>3</sup> /小时 | $E_1 = \frac{3600q}{t_1}$   | $K_H$ —装满系数<br>平均1.35<br>$K_p$ —松散系数<br>取1.15~1.4<br>$K_u$ —考虑使用可靠性和利用率的系数<br>取0.6~0.9                 |
|           | 技术      |                    | $E_2 = \frac{3600\gamma K_H}{t \cdot K_p} = \frac{3600\gamma \cdot 1.35}{(1.15 \sim 1.4)t}$ |  |
|           | 实际      |                    | $E_3 = E_2 \cdot K_u = (0.6 \sim 0.9) E_2$  |  |
| 机体尺寸      | 底架轴距    | 米                  | $A = (2.5 \sim 3.5) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 轨距      |                    | $S = (2.1 \sim 2.5) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 离地间隙    |                    | $h = 0.23 \sim 0.5$ (轮胎)<br>$h = 0.35 \sim 0.7$ (履带)  |  |
|           | 转台宽度    |                    | $C = (2 \sim 2.8) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 司机室离地高度 |                    | $h_1 = (2.5 \sim 3.2) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 尾部回转半径  |                    | $r = (2.5 \sim 3.2) \sqrt[3]{q}$  |  |
| 反铲最大作业尺寸  | 挖掘半径    | 米                  | $R = (9 \sim 10.5) \sqrt[3]{q}$   |  |
|           | 挖掘深度    |                    | $H_1 = (5.5 \sim 7) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 挖掘高度    |                    | $H = (7 \sim 11) \sqrt[3]{q}$   |  |
|           | 卸载高度    |                    | $H_2 = (5 \sim 6.5) \sqrt[3]{q}$  |  |
| 正铲最大作业尺寸  | 挖掘半径    | 米                  | $R = (7.5 \sim 8.5) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 挖掘高度    |                    | $H = (7 \sim 9) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 挖掘深度    |                    | $H_1 = (3 \sim 4) \sqrt[3]{q}$  |  |
|           | 卸载高度    |                    | $H_2 = (3.5 \sim 4.5) \sqrt[3]{q}$  |  |
| 稳定性系数     | 一般      |                    | $K_1 = \frac{M_1}{M_2} \geq 1.15$   | $M_1$ —恢复力矩<br>$M_2$ —倾覆力矩   |
|           | 挖掘      |                    | $K = \frac{M_1}{M_2} \geq 1.0$  |  |

单斗液压挖掘机的稳定性是保证机器正常工作的重要条件，也是挖掘机的主要参数之一。

挖掘机的稳定性用稳定性系数  $K$  来表示。即指挖掘机在某一位置下对倾复线的抵抗力矩  $M_1$  和倾复矩  $M_2$  的比率。这个比率应大于 1。即：

$$K = \frac{M_1}{M_2} \geq 1 \quad (1-3)$$

中小型液压挖掘机的稳定性计算，应考虑一般和挖掘作业两种情况：

一般情况下，即挖掘机在回转、行走和停止时，挖掘机的稳定性受重量和离心力的影响，称为机体稳定性或回转稳定性，又称绝对稳定性。要求达到： $K \geq 1.15$ 。

挖掘作业时的稳定性称为工作稳定性。主要由土壤的反作用力所决定。要求达到： $K \geq 1.0$ 。

反铲挖掘机稳定性计算位置为：机器停放在地面上，斗中装满土壤，工作装置最大外伸，且方向与履带前进方向垂直。

当铲斗挖掘即将结束，斗杆油缸最大外伸，动臂油缸将反铲装置提起，此时斗齿上的阻力方向可假定垂直于动臂趾销和斗齿尖端的连线。此位置亦可作为反铲挖掘机的稳定性计算位置。

正铲挖掘机稳定性计算位置为：斗杆油缸外伸 $2/3$ ，铲斗在相应的有利切削角，空斗，斗齿上作用有最大挖掘力，用动臂油缸进行挖掘。要求达到： $K \geq 1$ 。

当挖掘机爬最大的坡角，动臂油缸最大外伸，斗杆油缸完全缩入，逆风而上；或下坡时，滑行最大坡角，动臂油缸完全缩回，斗杆油缸最大外伸，顺风而下。此时要求： $K \geq 1.2$ 。

稳定性系数的确定，各国不尽相同，一般为  $K \geq 1 \sim 1.25$ 。我们认为，最好通过实验来确定。机械的绝对稳定性必须与其尺寸、重量等相适应。过分增大行走装置尺寸是不符合经济性要求的。

### 第三节 土壤切削的基本知识

挖掘机的工作对象是土壤。设计和使用时，都需要了解土壤的基本特性和切削土壤过程的一些基本知识。对于土壤切削理论的研究，在我国还刚刚开始，这里只作常识性的介绍。

#### 一、什么是土壤切削

铲刀或铲斗的切削部分，以机械的方法将土块或土层从土壤中剥离出来的过程，称为土壤切削。

土壤切削是一个很复杂的过程。在楔状切削刃把土层从土壤剥离的过程中，土壤受到挤压与剪切，使被切离的土壤发生松散（体积增大）及一部分受压缩。因而产生了土壤原始结构的破坏阻力；土壤与土壤之间的摩擦力和土壤与切削刀具之间的摩擦力。

## 二、切削力、切削阻力和挖掘阻力

研究土壤切削的一个主要目的就是找出影响切削阻力的各种因素，从而使设计者了解这些规律，正确地进行设计。

切削过程中，土壤作用在切削刃上的力称为切削阻力。为了研究和计算方便，我们把铲斗的切削刃与土壤之间的摩擦力也当作切削阻力的一部分。

切削力是切削装置作用在土壤上的力。其大小和土壤切削阻力相同，方向相反。

土壤被切离后，将向铲斗内流动。流动过程中，土壤与土壤和土壤与切削装置（铲斗壁）之间产生摩擦。同时，土壤的流动受到斗后壁的阻碍还会产生附加压力。因此，机器的切削装置除克服上述切削阻力外，还要克服这些摩擦力和附加压力。铲斗工作时，这些附加力形成装土阻力。切削阻力与装土阻力之和称为挖掘阻力。不同的铲斗，装土阻力占挖掘阻力之比相差很大（拉铲为35~40%，正铲为5~7%）。

设计时，首先应根据切削阻力的计算决定发动机功率。当发动机功率已定，对机器各部件强度进行验算时，应按最不利情况下的切削力作为外载荷。

## 三、土壤的性能及工程分类

土壤的性能和状态对挖掘机的作业效果有很大影响，是设计和制造挖掘机必须考虑的。表1-3为土壤的性能和工程分类。

土壤的性能和分类

表1-3

| 性能                                    | 土壤级别             |                         |                   |                             |                 |
|---------------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|
|                                       | I                | II                      | III               | IV                          | V               |
| 土壤成分                                  | 散砂土，砂土植物层黑土，无根泥煤 | 轻粘土，小砾石，夹有碎石的砂土，带草根的植物土 | 亚粘土，大砾石干黄土带树根的植物土 | 重粘土，混有大鹅卵石，硬质黄土，白垩土         | 脆弱岩石，未风化的冶金炉渣   |
| 可挖程度                                  | 用铁锹挖动            | 用铲挖并需略用十字镐              | 全用十字镐，部分用铁钎，再用锹挖  | 全用十字镐和铁钎，部分用楔子和锤子<br>30%用锹挖 | 用人工冲击工具或爆破后方可铲挖 |
| 难挖系数                                  | 0.75             | 0.9                     | 1.0               | 1.3                         | >2.0            |
| 密实土容重 $\gamma$ (吨/米 <sup>3</sup> )    | 1.7              | 1.85                    | 2.0               | 2.2                         | >2.2            |
| 松散系数 $K_p$                            | 1.15             | 1.25                    | 1.35              | 1.4                         | >1.45           |
| 极限支承能力 $\sigma$ (公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 3.15             | 6.3                     | 12.5              | 25                          | —               |
| 挖掘比阻力 $\tau$ (公斤/厘米 <sup>2</sup> )    | 0.32             | 0.63                    | 1.25              | 2.5                         | —               |
| 土与钢的摩擦系数 $\mu$                        | 0.35             | 0.45                    | 0.5               | 0.8                         | —               |
| 土与土的摩擦系数 $\mu'$                       | 0.8              | 0.8                     | 1.0               | 1.2                         | —               |

注： $\tau$ 值为带斗齿的斗在最佳切削角时，单位面积上的切削阻力。

#### 四、影响挖掘阻力的主要因素

影响挖掘阻力的因素主要有：土壤的性能；铲斗与斗齿的几何形状；切削速度；切削方法以及土层的几何形状等。

##### 1. 铲斗与斗齿的几何形状

铲斗的几何形状应对挖掘比阻力达到最小值。铲斗及切削时的主要参数如图1-10所示。图中，铲斗容量 $q$ ，长度 $L$ 、宽度 $B$ 、高度 $H$ 、切削角 $\alpha$ 、刃角 $\beta$ 和后角 $\gamma$ 等参数的选择都对挖掘比阻力有直接影响。斗齿在铲斗上的布置（齿宽和齿距）也是一个重要参数。

为使斗侧壁不参与切削，铲斗应装有侧齿。齿距取为： $a = (2.5 \sim 3)b$ ；斗前壁与切削面的间隙取： $f = 0.7b$ ；齿宽 $b = 0.11^3 \sqrt{q}$ ；齿长 $l = 0.26^3 \sqrt{q}$ 。

齿尖应保持锐利，否则挖掘阻力将急剧增加。新铸（或锻）的齿只有一个小圆弧尖连续工作后，齿尖将逐渐磨损，并变钝。通常，挖掘Ⅱ～Ⅲ级土壤，齿尖显著磨钝后，挖掘阻力将增加50～100%。因此，为避免这种超载挖掘，应及时更换或在齿刃口上堆焊硬质合金层。

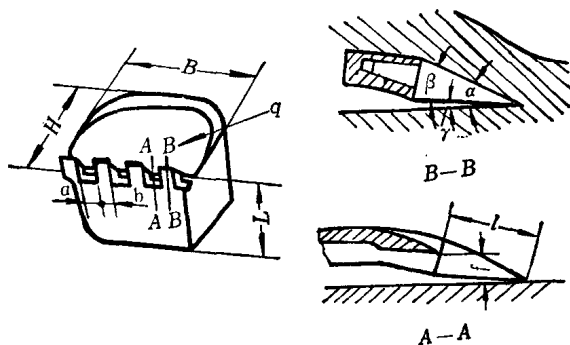


图1-10 铲斗的基本参数

斗齿常做成楔入式或组合式，以便快速更换和修补。

切削角 $\alpha$ 对切削阻力影响也很大。当 $\alpha > 60^\circ$ 时，土层与切削刃面之间的摩擦力足以阻止土层向上升起。要想根据土壤级别选择一个最恰当的切削角 $\alpha$ 是不容易的，但可以确定一个大体的范围。通常，挖Ⅰ～Ⅲ级土时，斗齿切削角为 $\alpha = 20^\circ \sim 35^\circ$ （较大值适用于硬土，小值适用于一般土），常用切削角为 $\alpha = 30^\circ$ ，后角 $\gamma$ 不应小于 $5^\circ$ ，刃角 $\beta$ 宜取 $25^\circ$ ；挖Ⅳ～Ⅴ级土时， $\alpha = 30^\circ \sim 35^\circ$ 。

斗齿形状还受到铲斗结构和强度的限制，设计时须综合考虑各方面的因素，尽量采用较小的切削角。

是否装设斗齿可根据土壤性能决定。在坚实的粘土中挖掘时，装上斗齿可使挖掘阻力减小6～15%。而在松散的砂土中挖掘时，则不宜装斗齿。因为砂土的抗剪能力极差，此时挖掘阻力主要是砂土沿铲斗宽度流动而产生的摩擦力，装上斗齿只能使砂土流动变乱，切削角变大，从而增加了挖掘阻力。

##### 2. 土壤性能

土壤的结构、容重、含水量和颗粒级配等，对挖掘阻力的影响最大。含水量大时，可使Ⅳ级土壤降到Ⅰ级土壤。土壤的自然静止角 $\varphi$ 和摩擦系数 $\mu'$ 也和挖掘阻力有一定影响。

土壤的性能不仅对挖掘阻力有影响，而且对机器的行走阻力、通过性能和土壤压实等都有重大影响。

##### 3. 其它因素



除上述因素外,铲斗容量、切削方法,切削速度和切屑的几何形状等因素也必须考虑。

一般说来,正、反铲挖掘和滚切式挖掘的挖掘阻力不同。深而窄的切屑比宽而浅的切屑挖掘阻力要小。

必须通过大量的试验研究,才能正确地确定不同情况下的挖掘阻力。

#### 第四节 国内外单斗液压挖掘机发展概况

从第一台手动挖掘机问世,至今已有400余年的历史。其间经历了由蒸汽驱动半回转挖掘机到电力驱动和内燃机驱动全回转挖掘机的逐渐发展过程。直到本世纪四十年代才有在拖拉机上配装液压反铲的悬挂式挖掘机。五十年代初期和中期,相继研制出拖式全回转液压挖掘机和履带行走全液压挖掘机(图1-11)。

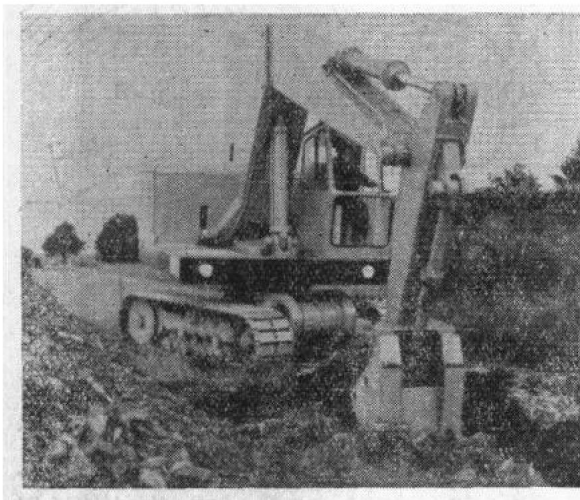


图1-11 最初试制的履带式全液压挖掘机

初期试制的液压挖掘机系采用飞机和机床的液压技术。缺乏适用于挖掘机工况的液压元件,制造质量不够稳定,配套件不齐全。另外,对这样一种新型机械也要有一个使用考验的过程。

从本世纪六十年代起,液压挖掘机就由创制和试验阶段进入到推广和蓬勃发展阶段。各国制造厂和品种增加很快(见表1-4),产量猛增。1968~1970年间,液压挖掘机产量已占挖掘机总产量的83%。

单斗液压挖掘机可更换工作装置的数量也逐渐增多(一般可以有几十种)。这就扩大了机器的使用范围,提高了机器利用率。根据不同工作原理设计的工作装置

特别适宜于平整坑底、修理边坡,具有水平推压运动的挖掘装载机,挖掘力大,生产率高。

现在,斗容量0.4~2.0米<sup>3</sup>的液压挖掘机一般已形成系列。国外许多公司主要是对业已形成系列的产品加以改进完善,生产一些变型产品,同时试制一些大功率的液压挖掘机。

国外液压挖掘机型号及制造厂家增长情况

表1-4

| 国 别   | 制 造 厂 家 数 |      |      |      | 产 品 型 号 数 |      |      |      |
|-------|-----------|------|------|------|-----------|------|------|------|
|       | 1963      | 1966 | 1969 | 1972 | 1963      | 1966 | 1969 | 1972 |
| 西 德   | 5         | 17   | 17   | 18   | 12        | 36   | 74   | 106  |
| 美 国   | 2         | 8    | 14   | 17   | 4         | 19   | 43   | 73   |
| 法 国   | 5         | 8    | 7    | 3    | 10        | 26   | 27   | 31   |
| 意 大 利 | 3         | 6    | 8    | 11   | 3         | 7    | 18   | 42   |
| 英 国   | 3         | 6    | 9    | 9    | 3         | 12   | 22   | 28   |
| 日 本   | —         | 4    | 13   | 14   | —         | 6    | 28   | 44   |
| 合 计   | 18        | 49   | 68   | 72   | 32        | 106  | 212  | 324  |

注:制造厂家中仅包括专门生产液压挖掘机的公司。子公司以及在国外的分厂均未计入。