

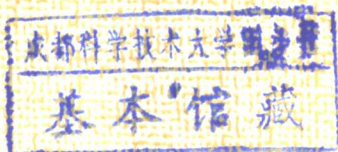
594475

514  
11577;1

高等学校教材

# 农田水利工程施工

西北农学院 合肥工业大学 合编



水利出版社

高等学校教材

---

# 农田水利工程施工

西北农学院 合肥工业大学 合编

水利出版社

## 内 容 简 介

本书除绪论外，分为土工、爆破工、混凝土及钢筋混凝土工、起重工、灌浆工、建筑物施工和施工组织与计划等七章。前五章为工种施工。建筑物施工包括土石坝、浆砌石坝、混凝土水闸、隧洞、渡槽及渠道等建筑物的施工。施工组织与计划包括施工导流、进度计划、总体布置、定额概(预)算及施工管理等内容。在重要章节中均举有计算实例。

本书为农田水利工程专业教材，也可以作为水利类其他专业的教学参考书，并可供水利工程技术人員参考。

高等学校教材

### 农田水利工程施工

西北农学院 合肥工业大学 合编

\*

水利出版社出版发行

(北京德胜门外六铺炕)

水利电力印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 13 $\frac{1}{2}$ 印张 306千字

1980年7月第一版 1980年7月北京第一次印刷

印数 00001—12120册 定价 1.45元

书号 15047·4061

## 前 言

《农田水利工程施工》是根据《1978~1981年高等学校水利类专业教材编审出版规划》组织编写的。

本书包括工种施工、建筑物施工、施工组织与计划三部分内容。在编写过程中，努力做到少而精，注意理论联系实际，力求结合我国农田水利工程施工的特点，适当照顾不同地区的特点和要求，同时注意反映国内外农田水利工程施工的先进经验和技術成就，并适当介绍本学科技术发展的新动向。

本书由西北农学院和合肥工业大学合编。西北农学院参加编写的有黄自瑾、孙振天、张彦法、蒋长元同志，合肥工业大学参加编写的有查魁岸、陆伟功同志。本书由西北农学院负责主编。

本书由清华大学担任主审。参加审查的有清华大学李清春、惠士博、何成沛同志，华东水利学院张思俊同志。在审查中提出了许多宝贵意见。此外，在编审过程中，其它兄弟院校及一些工程单位的同志，也提出过许多宝贵意见，在此一并致谢。

由于编者水平所限，错误和不当之处在所难免，诚恳地希望读者提出批评和指正。

编 者

1979.12

# 目 录

## 前 言

绪论	1
第一章 土工	3
第一节 土方开挖	3
第二节 土方运输	16
第三节 土料压实	22
第二章 爆破工	29
第一节 爆破材料及起爆方法	30
第二节 爆破作用原理与装药量计算	35
第三节 爆破方法	36
第四节 爆破施工与安全	40
第三章 混凝土及钢筋混凝土工	43
第一节 模板及钢筋作业	43
第二节 骨料加工及水泥贮运	52
第三节 混凝土的拌制和运输	56
第四节 混凝土的浇筑与养护	68
第四章 起重工	76
第一节 起重用具	76
第二节 扒杆和起重机械	80
第三节 起重作业的基本操作方法	90
第四节 吊装前的准备和安全技术	92
第五章 灌浆工	94
第一节 灌浆种类及灌浆材料	94
第二节 钻孔、冲洗及压水试验	96
第三节 灌浆	97
第六章 建筑物施工	103
第一节 土石坝施工	103
第二节 浆砌石坝施工	123
第三节 钢筋混凝土水闸施工	129
第四节 隧洞施工	138
第五节 渡槽施工	153
第六节 渠道施工	162
第七章 施工组织与计划	169
第一节 施工导流与排水	169
第二节 施工进度计划及供应计划	179
第三节 施工临时设施与总体布置	185
第四节 定额与概、预算	194
第五节 施工管理	205

## 绪 论

《农田水利工程施工》是研究农田水利建筑工程的施工方法、施工组织与管理的科学。从事农田水利建设的工程技术人员，都应具备一定的施工知识。

在我国，水利工程具有悠久的历史，早在四千多年以前，就有大禹治水的动人传说。黄河与长江大堤，四川的都江堰，南北大运河，广西的灵渠，宁夏的秦渠、汉渠，陕西的郑国渠等，均修建在两千多年以前。我国历代劳动人民还创造了不少施工工具，如夯、碾、钎、打桩吊锤等，并积累了许多宝贵经验，如梢捆、竹笼、槎桩及草土围堰截流，木桩加固基础，埽工、砌石护堤，砖石砌拱，水力拉砂，爆破开石等。但在解放前，由于历代反动统治阶级不重视水利工程建设，以及生产发展和科学水平的限制，致使我国水利建设发展得很慢，技术也很落后。

解放后，我国水利建设有了蓬勃的发展。到目前，我国已建成八万四千多座水库，机电排灌装机达六千四百万马力，全国灌溉面积达七亿多亩，其中保灌面积为五亿八千万亩。许多先进的施工技术也得到采用，例如，在大流量、高落差条件下的抛石立堵截流；深层砂砾石地基混凝土墙防渗；化学灌浆；水力冲填筑坝；定向爆破筑坝和平地；土石坝和渠道的沥青混凝土防渗；滑动模板连续浇筑混凝土；装配式钢筋混凝土结构；预裂爆破和光面爆破；隧洞的喷锚支护；大构件的吊装技术等。随着生产和科学水平的提高，施工机械化程度也有了普遍的提高，不少土坝、混凝土坝工程都采用了综合机械化施工，并且积累了施工组织与管理经验。在施工机械制造方面，我国现在不仅能制造各种普通施工机械，也能制造大型施工机械，如斗容4立方米的挖掘机，25吨载重量的自卸汽车，14吨的振动碾，理论生产率400~700米<sup>3</sup>/时的斗轮挖掘机、隧洞联合掘进机、自动化混凝土拌合楼等。在建国以后的三十年中，我国水利建设已经取得了巨大的成就，并且预示着更加美好的未来。

目前，国外水利工程施工正朝着采用大型施工机械、自动控制和电视遥控的方向发展。已经采用的有10~11.5立方米的挖掘机，770马力的推土机，57.5立方米的铲运机，载重量110吨的自卸汽车。砂石料的破碎、筛分系统和混凝土拌合系统都采用自动控制，缆式起重机采用电视遥控等。所有这些都值得我们借鉴。

在组织水利工程施工时，必须注意它所具有的特点。

水利工程均在露天施工，不可避免地要受到气候的影响，因而需要采取适合冬季、夏季、雨季等各种不同季节和气候条件的施工措施。在河床上修建水工建筑物，不可避免地要受到水流的影响，因而需要进行施工导流、基坑排水、渡汛等施工措施。

水利工程经常遇到复杂的地质，如渗漏、软弱地基、断层、破碎带及滑坡等，因而要进行技术复杂的地基处理。由于地形及地质条件各不相同，因此，每一项水利工程都有其独特性，从而引起施工方法的多样性。

水利工程一般都是挡水或过水建筑物，要求防渗、防冲、防气蚀、稳定、安全等，质量要求较高。

基于水利工程施工所具有的特点，在施工前必须经过详细的勘测和调查研究，认真地分析施工条件，全面规划、统筹安排，作出施工组织设计或施工计划。在施工过程中，必须因地制宜，采用先进的、合理的施工方法，正确解决与处理施工中的各种矛盾，多快好省地完成施工任务。

水利工程施工应遵循以下基本原则：

严格遵守国家规定的工期，保证按期或提前完成建设任务，作到库成渠通，工程配套，尽早和充分地发挥工程效益。

加强计划管理，使施工中各项工作互相协调，有计划、有秩序地进行。

不断进行技术革新，逐步提高机械化、工厂化、自动化水平，不断提高劳动生产率和减轻劳动强度，加快施工速度。学习和推广国内外先进技术，不断提高技术水平。

百年大计，质量第一。水利工程如果失事，不仅工程本身遭到破坏，还会造成下游人民生命财产的严重损失，因此，必须确保工程质量。

“生产必须安全，安全为了生产”。要加强安全管理和安全教育，确保施工安全。

加强经济管理，实行经济核算，加强定额管理，尽可能地节约人力、物力和资金与降低工程造价。还要坚持合理的规章制度，建立岗位责任制。

本书的内容主要包括：①工种施工方法：包括土工、石工爆破、混凝土及钢筋混凝土工、起重工、灌浆工等工种的施工机械、施工方法和施工技术。②建筑物施工：包括土坝、堆石坝、浆砌石坝、混凝土水闸、水工隧洞、渡槽、渠道等的施工方法。③施工组织与管理：包括施工组织设计、技术定额与概（预）算、施工管理等。

施工科学技术与工程实践有着密切的关系。学习水利工程施工，必须把理论学习与施工实践密切结合起来，某些内容应结合施工现场学习。

施工条件不同的水利工程，必须采用不同的施工方法。因此，在学习水利工程施工时，必须掌握各种施工机械和施工技术的适用条件，以便在解决实际工程问题时，能采取正确的施工方法。

同一个水利工程，可能有几种施工机械和施工方法可以采用。因此，在学习水利工程施工时，必须掌握组织施工的原则和在具体条件下进行技术经济比较的方法，以便选择最合理的施工方案。

我国要在本世纪末实现四个现代化，为水利工程施工科学的发展开辟了广阔的前景。不断地提高施工科学的技术水平，加速祖国的水利建设，是每个水利建设者的光荣职责。

# 第一章 土 工

农田水利工程中，土方工程有挖方（如基坑、挖方渠道、田间埋管沟）、填方（如土坝、土堤、填方渠道）及半填半挖（如半填半挖渠道、土地平整）等类型，其基本施工过程都是挖掘、运输与填筑。

完成各个施工过程，可以根据不同情况采用人力、机械、爆破或水力机械化等施工方法。

在土方施工中，根据挖土的难易程度，将土分为四级。表 1-1 所示是我国水利工程中所采用的土的分级标准。

表 1-1 土 的 分 级 表

土的等级	土 的 名 称	自然湿容重 (公斤/米 <sup>3</sup> )	外形及组成特性	开 挖 工 具
I	1.砂 土 2.种植土	1650~1750	疏松、粘着力差或易透水，略有粘性	用锹或略加脚踩开挖
II	1.壤 土 2.淤 泥 3.含根种植土	1750~1850	开挖时能成块，并易打碎	用锹，需用脚踩开挖
III	1.粘 土 2.干燥黄土 3.干淤泥 4.含少量砾石粘土	1800~1950	粘手，看不见砂粒或干硬	用镐三齿开挖或用锹需用力加脚踩开挖
IV	1.坚硬粘土 2.砾质粘土 3.含卵石粘土	1900~2100	结构坚硬，分裂后成块状或含粘粒、砾石较多	用镐、三齿、耙等工具开挖

在农田水利工程中，土方工程的工程量往往很大，因此，很好地研究土方工程的施工方法与施工组织，提高劳动生产率，对于加快农田水利基本建设、降低工程造价具有重大意义。

## 第一节 土 方 开 挖

土方开挖的方法可分为干法和湿法两类。干法有人工开挖、机械开挖和爆破开挖。水力机械化开挖则属于湿法。

机械开挖中所用的挖土机械有挖掘机械、铲运机械及开沟机械等主要类型。挖掘机械主要完成挖掘工作，将所挖的土卸在机身附近或装入运输工具中。按工作机构的不同，挖掘机械分为单斗式和多斗式两类。铲运机械能综合完成挖土、运土、铺土等工作。而开沟



机械只能开成一定形状的沟槽。

### 一、单斗式挖掘机

单斗式挖掘机由动力装置、行驶装置和工作装置等几个部分构成。动力装置常用的有柴油机和电动机。电动机效率高，对外界的振动、冲击、超载等适应性强，操纵方便，但需高压电源。行驶装置一般为履带式或轮胎式。履带式对地面的单位压力较小，而轮胎式则行驶较快，便于转移。工作装置有正铲、反铲、拉铲和抓斗等。工作装置可用钢索或液压操纵，对于钢索操纵的挖掘机，工作装置可根据工作需要而改装互换，并可改装成起重机、打桩机、夯土机等（图1-1）。

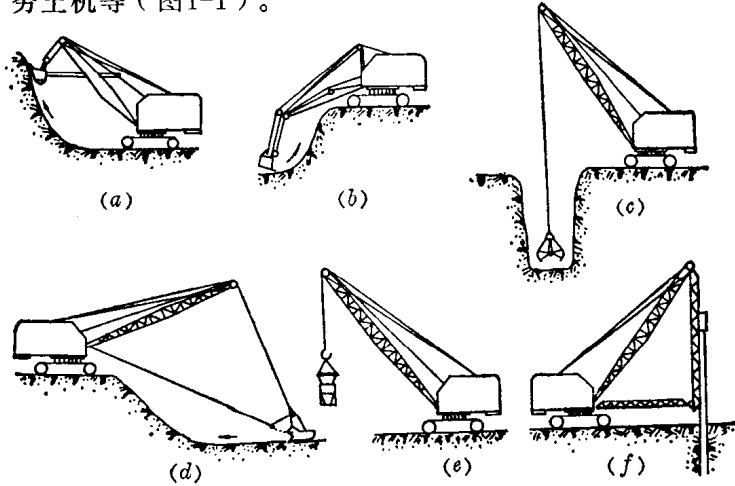


图 1-1 单斗式挖掘机的工作装置

(a)正铲；(b)反铲；(c)抓斗；(d)拉铲；(e)起重机；(f)打桩机

现代生产的正铲和反铲挖掘机工作装置多趋向采用液压操纵，挖掘力大，机器结构紧凑，重量轻，传动平稳，操纵灵活，工作效率高，使用可靠。

我国目前应用的正铲挖掘机、拉铲挖掘机，斗容一般为0.5~4立方米，这两种挖掘机在水利工程中应用较广。反铲和抓斗挖掘机斗容较小，一般为0.5~1.0立方米，适用于挖掘沟槽。

1. 正铲、反铲挖掘机 液压式正铲挖掘机的工作装置主要由铲斗、斗柄和动臂三部分组成。

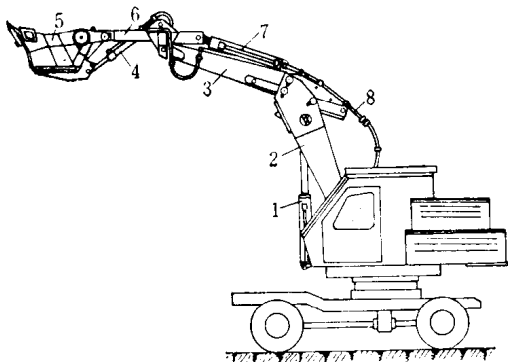


图 1-2 W<sub>4</sub>A-60型液压正铲挖掘机

1—动臂油缸；2—动臂；3—加长臂；4—斗底开闭油缸；  
5—铲斗；6—斗柄；7—斗柄油缸；8—软管

图1-2为斗容0.6立方米的液压式正铲挖掘机。铲斗5铰接于斗柄6的前端，铲斗上面是开口的，前面有四个可更换的斗齿，斗底为活门，靠斗底开闭油缸4启闭；斗柄6铰装在动臂2或加长臂3的顶端，由双作用斗柄油缸7操作；动臂铰接在挖掘机转台上，它由双作用动臂油缸1来改变其角度。在挖掘过程中，斗柄和动臂可以根据需要进行单独工作或联合动作。

钢索式正铲挖掘机（图1-3），其斗门

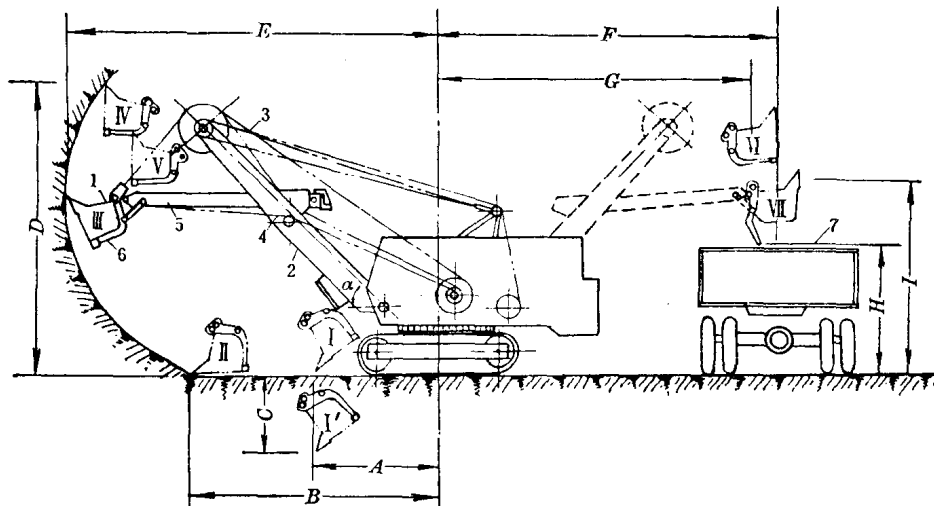


图 1-3 正铲工作过程简图

1—铲斗；2—支臂；3—铲斗提升索；4—鞍形座；5—斗柄；6—斗门；7—运输车辆；  
I~VII—挖掘过程

则是由斗门索开启，而关闭是利用铲斗急速下降时斗门的惯性力自动关闭的。其斗柄靠提升索操纵上升与下降，并由推力索施加推力，使斗柄前伸。我国生产的部分正铲挖掘机的技术性能见表1-2。

表 1-2

部分正铲挖掘机技术性能

项 目	单 位	W <sub>1</sub> -50	W <sub>4</sub> -60	W <sub>1</sub> -100	WK <sub>1</sub> -4	W <sub>2</sub> -200
斗 容	米 <sup>3</sup>	0.5	0.6	1.0	4.0	2.0
动臂长度	米	5.5		6.8	10.5	
斗柄长度	米	4.5		4.9	7.29	
动臂倾角	度	45 60		45 60	45	
停机面下的挖掘深度	米	1.5 1.1	3.78	2.0 1.5	2.92	2.45
停机面上最大挖掘半径	米	4.7 4.35		6.5 5.7	9.26	
停机面上最小挖掘半径	米	2.5 2.8		3.3 3.6	8.66	
最大挖掘半径	米	7.8 7.2	6.46	9.0 9.0	14.4	11.1
最大挖掘高度	米	6.5 7.9	5.80	8.0 9.0	10.1	11.0
最大卸载半径	米	7.1 6.5		8.7 8.0	12.6	
最大卸载半径时之卸载高度	米	2.7 3.0		3.3 3.7	4.86	
最大卸载高度	米	4.5 5.6	3.38	5.5 6.8	6.3	7.0
最大卸载高度时之卸载半径	米	6.5 5.4		8.0 7.0	12.65	
工作重量	吨	20.5	13.5	41.0		56
对地面的平均压力	公斤/厘米 <sup>2</sup>	0.62		0.91		
操纵方式		钢索式	液压式	钢索式	钢索式	液压式

正铲挖掘机是循环作业机械，每一工作循环包括：挖掘、回转、卸料和返回四个过程。图 1-3 所示为钢索式正铲挖掘机工作过程示意图。挖掘时先将铲斗放到工作面底面（I）位置；然后在铲斗自下而上提升的同时，使斗柄向前推压，于是就在工作面上挖出一条弧形挖掘带，铲斗内装满土料（II—III—IV）；而后将铲斗后退，离开掌壁（V），回转挖

掘机上部机构，打开斗门，将土卸入车辆中（Ⅵ—Ⅶ），此后再回转挖掘机，同时放下土斗，进行第二次挖掘循环过程。挖掘时，支臂一般保持某一角度不变。钢索式正铲挖掘机一般用于挖掘停机地面以上的Ⅰ—Ⅳ级土，在停机面以下则挖得很浅，也可用作装载松散材料（碎石、砂卵石等）。

液压传动的正铲挖掘机，在挖掘时动臂是带着铲斗一起升降的，因此，它不仅能挖掘停机面以上的土料，而且也能挖掘停机面以下的土料。

在组织正铲施工时，应注意下列几点：①为了操作安全，应将性能表上的最大挖掘高度和半径、最大卸载半径数值减少5~10%使用。②在挖掘粘性土时，最大掌子高度不宜大于挖掘机最大挖掘半径时的挖掘高度，以防出现掌子倒悬的危险。③为了发挥挖掘机的生产效率，掌子高度应不低于正常掌子高度（即挖掘一次就可装满铲斗的掌子高度），其数值视斗容与土的级别而不同。④如图1-4所示，在开挖渠道时，为了尽量减少欠挖，在靠边坡处可使掌子底宽等于停机面上最小挖掘半径的二倍。在高度上分层开挖时，应尽量使最后一层正好挖到挖方的底面，为此，在必要时可先开一先锋槽，调整掌子分层的高度。

液压反铲工作装置的动臂和斗柄与正铲工作装置的动臂和斗柄完全通用，有的连铲斗也是通用的，只是把正铲工作装置的铲斗连同斗柄翻一个面来安装，使斗底朝上即可（此时斗底不打开）。反铲挖掘机适用于开挖停机面以下的土料，例如开挖基坑、渠道及埋设地下管道的沟槽等，而液压反铲挖掘机也可以开挖停机面以上的土料。反铲挖掘机有两种基本开挖方式：一种是挖土机停在沟端，倒退着进行开挖，称为沟端开行；另一种是挖掘机停在沟侧开挖，称为沟侧开行。

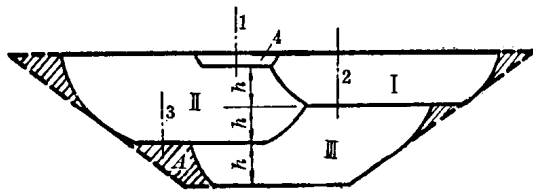


图 1-4 先锋槽

I、II、III—掌子分层开挖次序；  
1、2、3—汽车装土轴线位置；4—先锋槽；  
h—台阶高度；A—欠挖部分

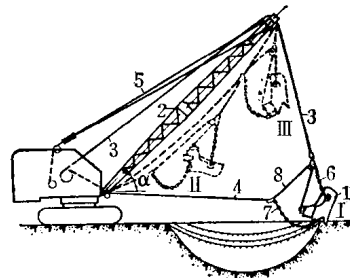


图 1-5 拉铲挖掘机

1—铲斗；2—支杆；3—升降索；4—牵引索；5—  
支杆索；6—链索；7—链索；8—悬斗索

2. 拉铲挖掘机 拉铲挖掘机如图1-5所示。铲斗的上面和前面均是开口的，两侧壁的前上方以很重的轭形钢架连接，以增强铲斗的刚性。斗的前端有4~6个可更换的齿，用以切削土壤。铲斗用链7及索8联在牵引索4上（将链7联在铲斗两侧壁的不同链孔中，可以改变铲斗的切土角度），并用升降索3悬挂在支杆2上。挖土时，放松升降索及牵引索，铲斗借自重切入土中（位置Ⅰ），然后拉紧牵引索，使铲斗沿地面切土至装满后，同时收紧牵引索和升降索，将铲斗升起（位置Ⅱ），回转机身至卸土处，放松牵引索，铲斗倾翻卸土（位置Ⅲ）。

拉铲挖掘机一般用于挖掘停机面以下的土方，特别是可以挖掘水下的土料。由于铲斗切入土中系靠铲斗自重，因此不能开挖坚硬的土。铲斗的重量应根据土的性质来选择。由

于它具有较长的支杆，其倾角一般为 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ，所以它的挖掘半径、卸载半径和卸载高度均较大，用于直接卸土于弃土堆最为适宜（斗容4立方米以下者亦可与运输工具配合，但生产率降低），因而在渠道及基坑开挖中应用较广。我国生产的部分拉铲挖掘机的技术性能如表1-3所示。

表 1-3 拉铲挖掘机技术性能

项 目	W <sub>1</sub> -100				W <sub>1</sub> -200						WB-4/40	
	1.0		1.0		2.0		1.5		1.0		4.0	
铲斗容量(米 <sup>3</sup> )	1.0				2.0		1.5		1.0		4.0	
支杆长度(米)	13		16		15		20		25		40	
支杆倾角(度)	30	45	30	45	30	45	30	45	30	45	25	35
最大挖掘半径(米)	14.4	13.2	17.5	16.2	17.4	15.8	22.4	20.8	27.4	25.3	45	
侧向挖掘深度(米)	5.8	4.9	8.0	7.1	7.4	6.5	10.7	9.4	14.0	12.5	32	26
正向挖掘深度(米)	9.5	7.4	12.2	9.6	12.0	9.6	16.3	13.1	20.6	16.5		
最大卸载半径(米)	12.8	10.8	15.4	12.9	15.1	12.7	19.4	16.3	23.8	19.8	39	35
最大卸载高度(米)	4.2	6.9	5.7	9.0	4.8	7.9	8.0	12.2	10.8	15.9	13.4	19.4
工作重量(吨)	42.06		42.42		77.84						184.0	
对地面的平均压力(公斤/厘米 <sup>2</sup> )	0.92		0.93		1.25						0.435	

拉铲挖掘机的开行方式，有沟端开行与沟侧开行两种（图1-6）。沟端开行是挖掘机沿挖方轴线倒退，将挖出的土卸于挖方的两侧，卸土角度较小，挖土深度较沟侧开行为大，但开挖宽度较小。沟侧开行是挖掘机在挖方边界外侧行进，开挖宽度较大，能将土卸于较远之处，但机身回转角度较大。

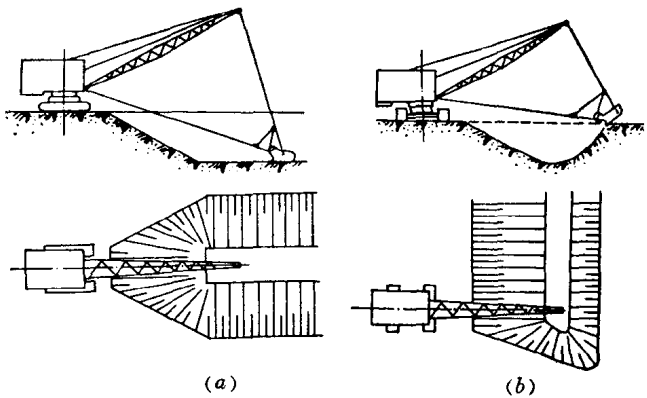


图 1-6 拉铲开行方式  
(a)沟端开行；(b)沟侧开行

3.单斗式挖掘机生产率计算 施工机械的生产率是指它在一定时间内和一定条件下能够完成的工程数量。生产率可分为理论生产率，技术生产率和实用生产率。理论生产率是根据机械的结构和性能，在正常的设计条件下，不考虑工作对象的差异，不停歇地工作所能达到的最高生产率。技术生产率是指机械在某种具体条件下，考虑到工作对象的不同，不停歇地工作所能达到的最高生产率。实用生产率是考虑了在生产中各种不可避免的停歇时间（如加燃料、换班、清理工作场地、中间休息等）之后所能达到的实际生产率。在施工中应尽可能提高实用生产率使它接近技术生产率。至于理论生产率，主要是为设计和制造施工机械而应用的一项指标。

单斗式挖掘机是循环式工作机械，其生产率 $P$ 可按下式计算：

$$P = 60TVnK_zK'_zK'_f \quad (\text{米}^3/\text{台}\cdot\text{班}) \quad (1-1)$$

$$n = \frac{60}{t_1} = \frac{60}{t(0.4K_c + 0.6K_j)}$$

式中  $T$ ——工作班延续时间（小时），一般为八小时；

$V$ ——铲斗的几何容积（米<sup>3</sup>）；

$n$ ——一分钟内的循环次数；

$t$ ——设计的循环延续时间（秒）；

$K_c$ ——土壤级别修正系数，为1.1~1.2；

$K_j$ ——卸土转角修正系数，转角90°时为1，转角100°~135°时为1.08~1.37；

$K_z$ ——铲斗的充盈系数，与土壤级别和铲斗类型有关，一般等于1或小于1；

$K'_z$ ——土的折实系数，小于1；

$K_{s,j}$ ——时间利用系数，小于1。

由公式1-1可以看出，影响挖掘机生产率的主要因素有土的性质和状态，每一工作循环所需的时间，机械的结构型式和功率大小，生产组织以及司机的熟练程度等。提高生产率的主要措施有：①调换铲斗，当遇到松散土料时，可用较大斗容的铲斗，对于坚实土宜用窄深铲斗。②对正铲可加长中间斗齿长度，以减少铲土时间和减小切土阻力。③合理选择掌子宽度，充分利用掌子高度，减少挖土的时间。④合理的布置开行方式，减小卸土回转角度，改进操作方法，缩短循环时间。⑤对拉铲尽可能用于无运输方案的作业。⑥保证有足够的运输工具，布置和管理好运输路线，使挖掘机能不间断地工作。⑦挖掘机应有计划的轮流保养维修，以保证机械正常运转等。

## 二、多斗式挖掘机

多斗式挖掘机（图1-7）是一种连续工作的挖掘机械。其工作装置有链斗式、转轮式和斗轮式三种。链斗式又分为侧向挖土式和纵向挖土式两种。链斗式多斗挖掘机的链斗绕在可以上下移动的斗架上，铲满土的铲斗提升到顶部时卸土入漏斗，再由带式运输机卸于沟旁。转轮式纵向多斗挖掘机的铲斗装在可转动的刚性轮子上，刚性轮转动时即可铲土，再

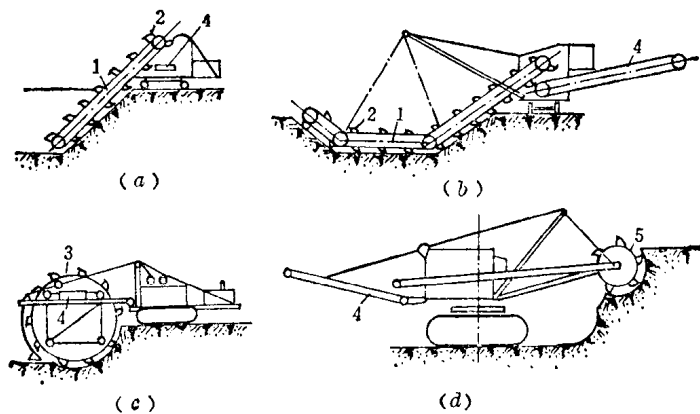


图 1-7 多斗式挖掘机

(a)纵向链斗式；(b)侧向链斗式；(c)转轮式；(d)斗轮式  
1—斗架；2—链斗；3—刚性轮；4—皮带；5—斗轮

通过卸土漏斗及皮带机将土卸于沟侧。纵向链斗式及转轮式挖掘机可用于开挖各种沟槽，故又称挖沟机。斗轮式多斗挖掘机的斗轮是装在可俯仰的臂杆上，斗轮上装有7~8个铲斗。当斗轮转动时，即行挖土，当铲斗转到最高位置时，借土料自重，经溜槽卸至皮带机，然后卸到弃土堆或运输工具上。它的主要特点是斗轮转速较快，连续作业，臂杆的倾角可以改变，挖掘机的上部结构安装在转台上，可作360°的回转。因此，这种挖掘机的生产率高，开挖工作面的范围大，可适应不同形状掌子面的要求。特别是在近期，由于斗轮挖掘机结构的不断改进，挖掘能力大大提高，已能采掘不经爆破的中、硬等级的岩土，因而扩大了它的使用范围。

多斗式挖掘机的实用生产率 $P$ 按下式计算：

$$P = 60TVnK_z K'_s K_{sj} \quad (\text{米}^3/\text{台}\cdot\text{班}) \quad (1-2)$$

式中  $T$  —— 工作班延续时间 (小时)；

$V$  —— 铲斗的几何容积 (米<sup>3</sup>)；

$n$  —— 每分钟卸土的斗数；

$K_z$ 、 $K'_s$ 、 $K_{sj}$  —— 依次为土的充盈系数、土的折实系数、时间利用系数。

在我国得到广泛采用的采砂船，是一种构造简单、生产率较高、可以挖取水下砂砾石的多斗式挖掘机械 (图 1-8)。它由斗架 2、链斗 3、卸料漏斗 5 和带式运输机 10 等主要工作部分组成。采砂船不能自己行驶，挖掘时靠船头两侧的锚索与绞车 8 的牵引，使船身左右摆动前进，作弧形挖土。船上机械的运转靠外来电缆供电。挖出的砂砾石通过带式运输机卸于沿开挖带修建的路堤上的运输车辆或运输船中。

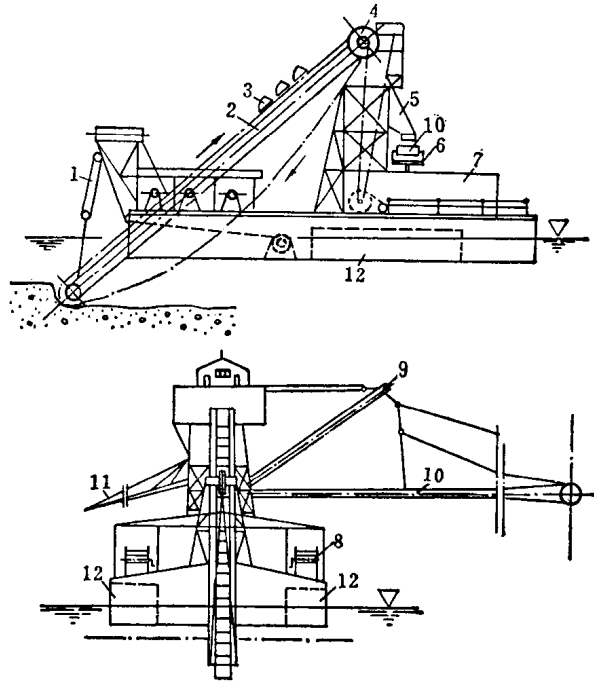


图 1-8 多斗式采砂船

1—斗架提升索；2—斗架；3—链斗；4—主动链轮；5—卸料漏斗；6—回转盘；7—主机房；8—卷扬机；9—带式运输机吊杆；10—带式运输机；11—排水槽；12—平衡水箱

### 三、铲运机械

农田水利工程中广泛采用的铲运机械有：铲运机、推土机、平土机等。

1. 铲运机 铲运机的构造及其工作过程如图 1-9 所示。它主要由土斗 (带有可开启的斗门)、铲刀、操纵机构 (液压式或钢索式) 及行驶机构 (轮胎式) 等部分组成。它可以完成铲土、运土、卸 (铺) 土等施工过程。铲运机有自行式和拖拉机牵引两类。

液压式铲运机挖土时 (图 1-9) 油缸的活塞杆几乎全部伸出，此时土斗前端下倾，斗门张开，铲刀切入土中，随着铲运机前进，铲土入斗。土斗装满后，活塞杆缩入油缸约一半，此时土斗提起并关闭斗门，即可运土。卸土时，将活塞杆全部缩入油缸内，土斗绕车

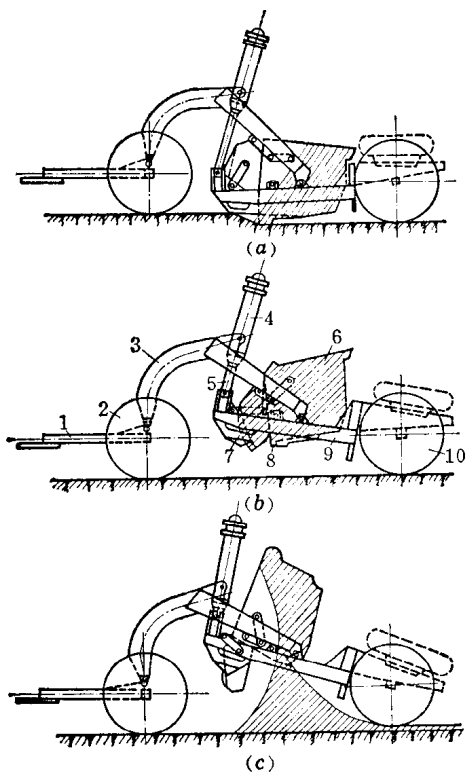


图 1-9 液压式铲运机工作过程

(a) 铲土; (b) 运土; (c) 卸土

1—操纵杆; 2—前轮; 3—象鼻梁; 4—油顶; 5—活塞杆; 6—土斗; 7—斗门; 8—铲刀; 9—大梁; 10—后轮

架上的轴旋转 $90^\circ$ ,斗门全部开启,土在自重作用下自动卸出。随着铲运机的前进,卸出的土铺成大致均匀的土层。但另外有些铲运机是强制卸土的,铺土厚度可以控制。

铲运机适用于挖方深度和填方高度均不大,开挖 I~II 级土(III、IV 级土需翻松),运距不远(600~1500 米)的情况下。它具有生产率高、费用低、使用管理简单等优点。铲运机的斗容有 2.5~3.0 立方米。目前国外铲运机是向大容量自行式、多发动机自行助铲的方向发展,还生产了双斗串联总容量大至 65 立方米的自行式铲运机。目前我国常用铲运机的技术性能见表 1-4。

铲运机是一种循环作业机械,由铲土、运土、卸土、回驶四个过程组成。它的开行方式有环形和“8”字形两种。当挖方和填方靠近(如修渠道和路基等),且挖填方高差在 1.5 米以内时,常采用环形开行;当挖、填方高差超过 1.5 米时,可采用“8”字形开行(图 1-10)。

布置铲运机开行路线时,应使铲土和卸土能在直线段进行,运土时的转弯半径不得小于铲运机的最小转弯半径,并尽量缩短运土距离,

欠挖要少,修筑车道的工作量要小。

对于纵向环形开行方式,环形的最小长度 $L_{min}$ 和宽度 $B_{min}$ 可用下式计算:

$$\left. \begin{aligned} L_{min} &= L_1 + L_0 + 2R_{min} \text{ (米)} \\ B_{min} &= 2R_{min} + L \text{ (米)} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

表 1-4 铲运机技术性能

项 目	单 位	C <sub>6-2.5</sub>	C <sub>5-6</sub>	C <sub>4-7</sub>
土斗几何容量	米 <sup>3</sup>	2.5	6.0	7.0
土斗堆尖容量	米 <sup>3</sup>	2.75	8.0	9.0
铲刀宽度	毫米	1900	2600	2700
切土深度	毫米	150	300	300
操纵方式		拖式、液压	钢 索	自行式、液压
外形尺寸: 长	毫米	5600	8770	9700
宽	毫米	2440	3120	3100
高	毫米	2400	2540	2800
铲运机重量	公斤	1979	7300	14000
最小转弯半径	毫米	2700	3750	6700
铺土厚度	毫米		380	400

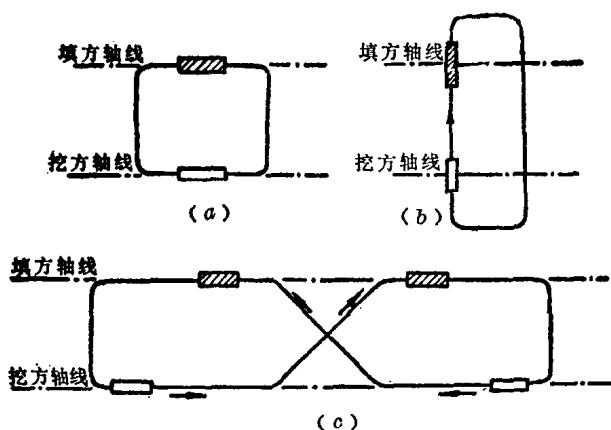


图 1-10 铲运机开行方式

(a)纵向环形开行; (b)横向环形开行; (c)“8”字形开行

$$L_1 = \frac{VK_z K'_s K_L}{bh_1}$$

$$L = \frac{H_1 + H_2}{i}$$

式中  $L_1$ 、 $L_0$ 、 $L$ ——依次为铲运机铲土长度、铲运列车长度、最小的进车道长度(米);  
 $R_{min}$ ——铲运机最小转弯半径(米);  
 $V$ ——铲运机的斗容(米<sup>3</sup>);  
 $b$ ——铲运机的铲刀宽度(米);  
 $K_z$ 、 $K'_s$ 、 $K_L$ ——依次为土斗的充盈系数、土的折实系数、土的漏失系数(可采用1.2);  
 $h_1$ ——铲土平均厚度(米);  
 $H_1$ 、 $H_2$ ——依次为挖方深度、填方高度(米);  
 $i$ ——进车道的允许坡度, 根据拖拉机牵引力计算而定, 一般不超过15%。

实际工作中, 环的最小长度 $L_{min}$ 一般应不小于铲土长度 $L_1$ 的2~3倍, 以适应铲运机铲土时运行方向的变更, 最小宽度 $B_{min}$ 应为挖方轴线与填方轴线间的距离。如果挖、填方轴线间的距离不大, 而高差较大, 致使坡度 $i$ 过大, 则需改用“8”字形开行方式。

“8”字形开行路线, 重车道应沿边坡斜交布置, 与挖方轴线的交角约为40°~60°, 以减少欠挖。空车道则可布置成与挖方轴线垂直。

为了减小铲运机的牵引力, 铲土应在水平或下坡地段进行, 对重级土进行预松, 采用不同的铲土深度(开始铲土时厚些, 待土斗将装满时, 铲土薄些)。

铲运机的实用生产率 $P$ , 可按下列式计算:

$$P = 60T \frac{1}{t} VK_z K'_s K_L \quad (\text{米}^3/\text{台} \cdot \text{班}) \quad (1-4)$$

$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \frac{L_3}{v_3} + \frac{L_4}{v_4} + mt_5 + nt_6$$



$$L_3 = \frac{VK_z}{bh_3}$$

式中

$T$ ——工作班延续时间（小时）；

$V$ ——铲运机的斗容量（米<sup>3</sup>）；

$b$ ——铲运机的铲刀宽度（米）；

$t$ ——每一工作循环的延续时间（分）；

$K_z$ 、 $K'_s$ 、 $K_{sj}$ ——依次为土斗的充盈系数（可大于1）、土的折实系数、时间利用系数；

$L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ ——依次为铲土、运土、卸土、空回的距离（米）， $L_1$ 、 $L_3$ 按公式计算， $L_2$ 、 $L_4$ 根据开行路线量得；

$h_3$ ——铺土厚度（米）；

$v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$ 、 $v_4$ ——依次为铲土、运土、卸土、空回的速度（米/分）；

$m$ ——每一循环中的换挡次数；

$n$ ——每一循环中的转弯次数；

$t_5$ 、 $t_6$ ——拖拉机一次换挡和转弯的时间，一般采用  $t_5 = 3$  秒， $t_6 = 5 \sim 10$  秒。

提高铲运机生产率的措施一般有：①尽量缩短循环时间，正确设计开行路线，使运距最短，利用有利地形进行挖运。②采用大斗容的铲运机和快速牵引车，这是当前发展的方向。③尽可能提高铲运机土斗的充盈程度。④保持道路及照明良好，经常保养和检修机械，保持机械的良好工作状态等。

2. 推土机 推土机是在拖拉机上装设推土刀而形成的一种铲运机械。推土刀的操纵有索式及液压式两种。前者提升推土刀时，依靠绞车和钢索操纵，下降则靠自重。尽管推土刀比较笨重，但仍不能切入较硬的土壤。液压操纵的推土机，推土刀比较轻便，且能切入较硬的土层，操纵轻便灵活，是今后的发展方向。推土刀的安装型式有固定式和回转式两种。回转式推土刀可以在平面和立面改变其工作角度（图1-11，a），以适应不同的施工要求。推土刀片可以拆换。国产各种履带式推土机技术性能见表1-5。

推土机适用于平整土地，开挖深度在1.5米以内的小型渠道，修整边坡，坝面平土，回填沟槽以及配合挖掘机工作等，运土距离不宜超过50~100米。

推土机的实用生产率  $P$ ，可按下列式计算：

$$P = 60V \frac{T}{t} K_n K'_s K_{sj} \quad (\text{米}^3/\text{台} \cdot \text{班}) \quad (1-5)$$

$$V = Fb = \frac{H^2 b}{2 \tan \varphi}$$

$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \frac{L_1 + L_2}{v_3} + 2(t_1 + t_2)$$

式中

$V$ ——一次推土的理论体积（图1-11，b）；

$H$ ——推土刀的高度（米）；

$T$ ——工作班延续时间（小时）；