

高等学校教材

农田水利工程施工

(第二版)

陕西机械学院 黄自瑾 主编

水利电力出版社

高等学校教材

农田水利工程施工

(第二版)

陕西机械学院 黄自瑾 主编

水利电力出版

内 容 简 介

本书包括绪论、土石方工程施工、混凝土工程及浆砌石工程施工、地基处理、施工导流与基坑排水、施工总组织、概(预)算及施工管理等内容。其中,在土石方工程施工中包含有土石坝填筑与隧洞开挖;在混凝土工程及浆砌石工程施工中包含有混凝土闸坝、浆砌石坝、装配式渡槽、砌石拱、隧洞衬砌等建筑物施工。在重要章节均附有计算实例。

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 (第二版)

陕西机械学院 黄自瑾 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 11印张 249千字

1980年7月第一版

1986年5月第二版 1986年5月北京第二次印刷

印数12121—18840册 定价1.85元

书号 15143·5946

前 言

本教材是1980年7月出版的《农田水利工程施工》的修编本。

原教材内容偏多。本次修编作了适当精简，减少了教材份量。

原教材中将建筑物施工与工种施工各自列为一章，在教学中颇感不便。本次修编将建筑物施工分别列入各工种施工之后，便利教学。

在修编中增加了一些新的内容，如碾压式混凝土坝施工、网络进度、质量管理图等。

参加修编的人员有陕西机械学院的黄自瑾、孙振天，合肥工业大学的查魁岸。全书由黄自瑾担任主编。修编的分工如下：

第一章	孙振天
第二章	查魁岸
绪论、第三、四、五章	黄自瑾

本教材由武汉水利电力学院董振华担任主审。在审查中提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

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

1984年12月

目 录

前言	
绪论	1
第一章 土石方工程施工	3
第一节 土方工程施工	3
第二节 土石坝填筑施工	17
第三节 石方爆破	26
第四节 隧洞开挖	37
第二章 混凝土工程及浆砌石工程施工	50
第一节 混凝土工程施工	50
第二节 混凝土闸、坝施工及隧洞衬砌	69
第三节 装配式渡槽施工	83
第四节 浆砌石工程施工	104
第三章 地基处理	116
第一节 概述	116
第二节 灌浆法	120
第三节 槽孔法	127
第四章 施工导流与基坑排水	131
第一节 施工导流	131
第二节 基坑排水与泉眼处理	139
第五章 施工总组织、概(预)算及施工管理	143
第一节 施工总组织	143
第二节 定额与概、预算	154
第三节 施工管理	164

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、施工组织与管理的学科。

我国的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之说。黄河与长江大堤、四川的都江堰、南北大运河、广西的灵渠、宁夏的引黄灌渠、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、碓、钎、打桩吊锤等，并积累了许多宝贵经验，如梢捆、竹笼、杓槎及草土围堰截流；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施工技术，以及生产和科学水平的限制，致使我国水利建设发展得很慢，施工技术也很落后。

解放后，我国水利建设有了蓬勃的发展，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；砂砾石地基混凝土墙防渗；振冲法加固地基；化学灌浆；水力冲填筑坝；定向爆破筑坝与平地；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，并且累积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 m^3 的挖掘机、载重量 25 t 的自卸汽车、 13.5 t 的振动碾、理论生产率 $400\sim 700\text{ m}^3/\text{h}$ 的斗轮挖掘机、隧洞联合掘进机、自动化混凝土拌和楼等。在施工科研方面进行了板桩灌注、旋喷桩、碾压式混凝土坝施工、系统工程在施工中的应用等的研究并开始用于生产实践。

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 and 电视遥控的方向发展。已经采用的有 $10\sim 11.5\text{ m}^3$ 的挖掘机、 770 马力的推土机、 57.5 m^3 的铲运机、载重量 110 t 的自卸汽车等，砂石料的破碎、筛分系统和混凝土拌和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，因而需要采取施工导流、基坑排水、渡汛等施工措施。在有些河道上施工，还需考虑通航、灌溉等要求，从而增加了施工的复杂性。

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。

农田水利工程分布面广，且多处山谷、农村。工种多、施工战线长，这就增加了施工

组织上的困难。

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，且质量要求较高。

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。

水利工程施工应遵循以下基本原则：

严格按照基本建设程序办事，按照批准的施工组织设计进行施工；

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，尽早发挥工程效益；

加强计划管理，使各项工作互相协调，有计划、有秩序地进行施工；

不断进行技术革新，逐步提高机械化、自动化、工厂化水平，不断提高劳动生产率和减轻劳动强度，加快施工速度，同时，要注重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，降低工程造价。生产中要坚持合理的规章制度，建立岗位责任制。

本书内容主要包括：土石方工程、混凝土与浆砌石工程、基础处理等工种的施工机械、施工方法与施工技术；土坝、浆砌石坝、混凝土闸坝、水工隧洞、渡槽等建筑物的施工方法；施工导流与基坑排水；施工总组织、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，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。

为在本世纪末实现四个现代化，水利工程建设任务是巨大的。不断提高施工科学技术水平、加速祖国的水利建设，是每个水利建设者的光荣职责。祖国水利建设的高速度发展，为水利工程施工科学的发展开辟了广阔的前景。不断学习、研究和总结为提高施工科学技术、加速我国施工科学技术的发展，也是每个水利建设者的光荣职责。

第一章 土石方工程施工

第一节 土方工程施工

一、土方工程的施工方法及施工机械

农田水利工程中，土方工程中有挖方工程和填方工程，如基坑、河渠的开挖和堤、坝的填筑等。土方工程的施工过程可分为挖掘、运输与填筑压实。

土方工程的施工方法有人工施工、机械施工、爆破施工和水力机械化方法施工等。根据土方开挖的难易程度，我国水利部门将土方分为四级：I级土最疏松，如砂土、砂壤土等，自然湿容重在 $1650\sim 1750\text{kg/m}^3$ ，最易开挖；IV级土最坚实，如坚硬粘土、砾质土等，自然湿容重在 $1900\sim 2100\text{kg/m}^3$ ，最难开挖；II、III级土则介乎上两者之间。土的施工级别不同，在施工中挖掘所消耗的劳动量和机械工时也不同。

农田水利工程施工中，土方工程的施工机械主要包括开挖机械、运输机械和压实机械。

(一) 开挖机械

1. 单斗挖掘机 正铲挖掘机、拉铲挖掘机、反铲挖掘机、抓斗挖掘机、装载机等（图1-1）。

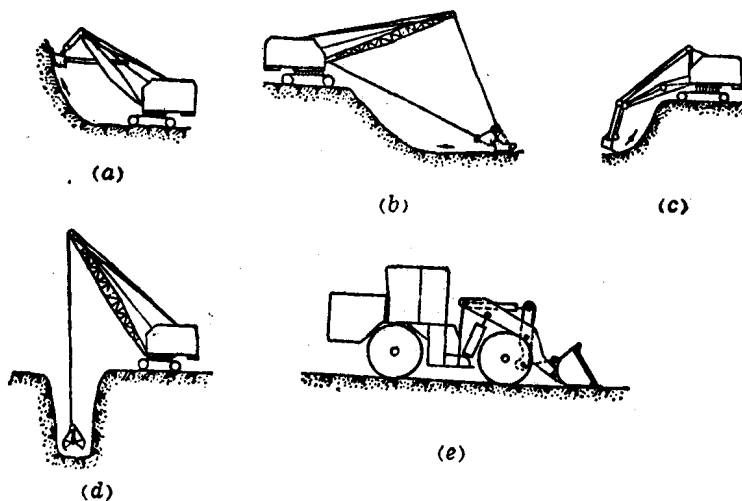


图 1-1 单斗挖掘机

(a)正铲挖掘机；(b)拉铲挖掘机；(c)反铲挖掘机；(d)抓斗挖掘机；(e)装载机

2. 多斗挖掘机 侧向开行的链斗式挖掘机、纵向开行的链斗式挖掘机（挖沟机）、大型斗轮式挖掘机、水下开挖的链斗式采砂船等（图1-2）。

3. 铲运机械 铲运机、推土机、平土机等（图1-3）。

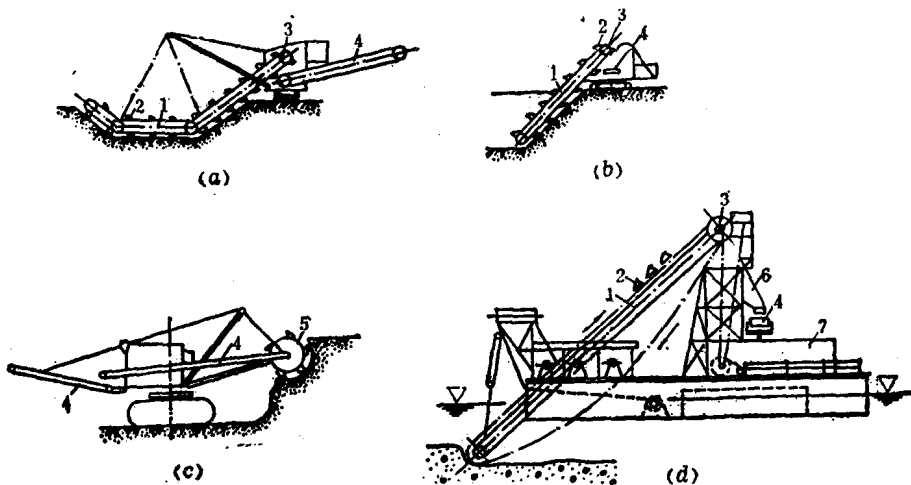


图 1-2 多斗挖掘机

(a)侧向多斗挖掘机, (b)纵向多斗挖掘机(挖沟机), (c)斗轮挖掘机, (d)链斗采砂船
1—斗架, 2—链斗, 3—主动链轮, 4—带式运输机, 5—斗轮, 6—卸料漏斗, 7—主机房

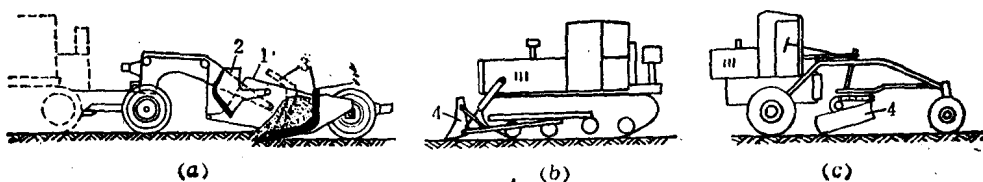


图 1-3 铲运机械

(a)铲运机, (b)推土机, (c)平土机
1—土斗, 2—前斗门, 3—后斗壁, 4—土刀

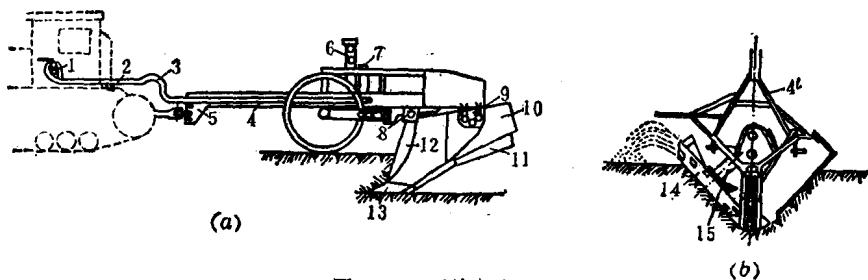


图 1-4 开沟机械

(a)铰式开沟机, (b)转盘式开沟机
1—操纵阀, 2—油泵, 3—油管, 4—机架, 5—挂结机构, 6—限深梁, 7—油缸, 8—连接板, 9—角度调节板, 10—犁壁, 11—侧压板, 12—分土刀, 13—犁铧, 14—刀盘, 15—传动轴

4. 开沟机械 铰式开沟机、转盘式开沟机等(图1-4)。

5. 水力开挖机械 冲土水枪、吸泥泵、吸扬式挖泥船等(图1-5)。

(二) 运输机械

1. 无轨运输 汽车、拖拉机、人力车等。

2. 铁路运输 标准轨(轨距1425mm)铁路、窄轨(轨距有600、750、1000mm)铁路; 机车有内燃机车、电气机车、蒸汽机车等。

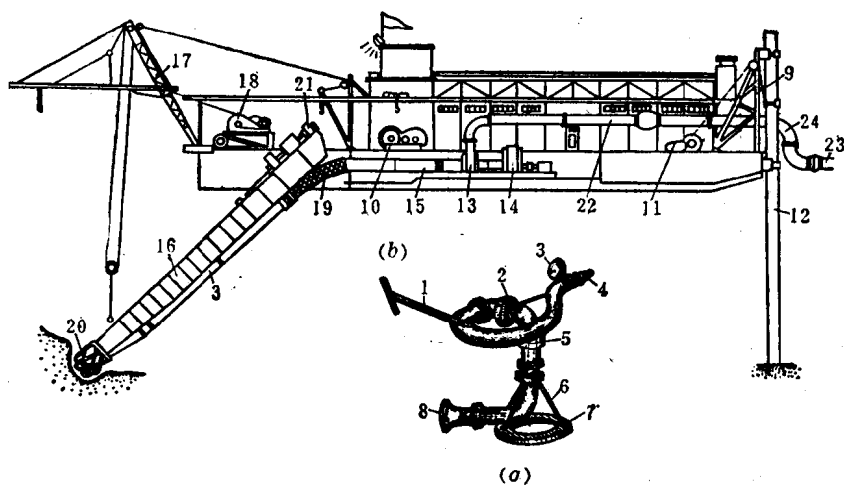


图 1-5 水力开挖机械

(a)冲土水枪; (b)吸扬式挖泥船

1—操纵杆; 2—垂直转盘; 3—压力表; 4—喷嘴; 5—水平转盘; 6—支架; 7—基座; 8—进水口;
9—捞桩吊架; 10—锚索绞车; 11—捞桩升降绞车; 12—捞桩; 13—泥泵; 14—电动机; 15—吸泥
管; 16—吸泥管及松土器机架; 17—桅杆; 18—升降吸泥管用绞车; 19—软管; 20—松土器; 21—
松土器电动机; 22—压力输泥管; 23—浮动输泥管; 24—输泥管弯管

3. 带式运输 胶带运输机等。

4. 其它 索道运输等。

(三) 压实机械 (见图1-22)

1. 碾压机 平碾、肋形碾、羊足碾、气胎碾等。

2. 振动压实机械 振动平碾、振动凸块碾、振动羊足碾和平板式振动压实机等。

3. 夯实机械 夯土机、爆炸夯、蛙式夯等。

二、正铲及拉铲挖掘机

(一) 正铲挖掘机

正铲挖掘机的实用性较大, 是水利工程中应用较广泛的一种机械。它具有挖掘力大、操纵灵活、生产率高、使用可靠等优点。它既可以挖掘土方, 还可以挖掘爆破后的石方, 但只能挖掘停机面以上的土石方, 不能开挖水下土石方。

正铲挖掘机由工作机构、回转机构、行驶机构、动力及传动机构等部分组成 (图1-6)。正铲挖掘机的工作机构包括支臂、斗柄及铲斗等, 其操纵方式有钢索操纵和液压操纵两类。目前大型挖掘机多用钢索操纵, 而液压操纵具有工作平稳、操纵灵活、施力均匀等优点, 是一种先进的操纵系统, 但目前多用于中小型挖掘机中。

钢索操纵的正铲挖掘机如图1-6所示, 其支臂1在工作时保持一定的倾角($45^{\circ} \sim 60^{\circ}$)不变, 斗柄4借提升索操纵升降, 同时由推力机构施加推力进行挖掘, 铲斗5前缘装有斗齿, 磨损以后可以更换; 铲斗下方的斗门6由斗门索开启, 而关闭是利用铲斗下降时的惯性力自动关闭。

国产挖掘机的铲斗容量有 $0.25 \sim 8 \text{ m}^3$ ，常用的则为 0.5 、 1 、 2 、 3 、 4 m^3 几种。
 W_1-100 型正铲挖掘机的技术性能示于图 1-6。

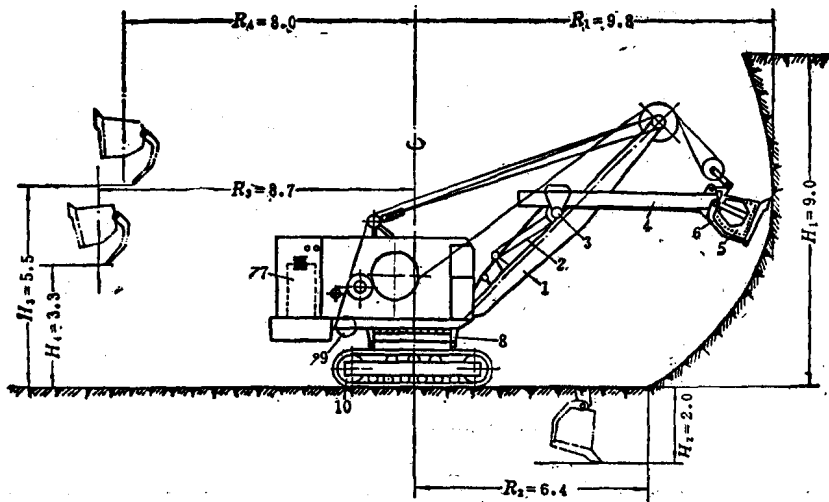


图 1-6 W_1-100 正铲挖掘机及其技术性能
 (单位: m)

1—支臂; 2—推压机构传动链条; 3—推压轴; 4—斗柄; 5—铲斗; 6—斗门; 7—动力设备; 8—回转机构; 9—支臂升降卷筒; 10—履带行驶机构主动轮

R_1 —最大挖掘半径; R_2 —停机地面上的最大挖掘半径; R_3 —最大卸土半径; R_4 —最大卸土高度时的卸土半径; H_1 —最大挖掘高度; H_2 —停机地面以下挖掘深度; H_3 —最大卸土高度; H_4 —最大卸土半径时的卸土高度

正铲挖掘机是一种循环式作业机械，每一工作循环包括挖掘、回转、卸料和返回四个过程，每一循环的历时约 $15 \sim 30 \text{ s}$ ，每小时可挖掘 $100 \sim 150$ 次。

用挖掘机开挖土方的工作面称为土掌。正铲挖掘机根据运土车辆停留位置的不同，土掌布置有侧向开挖和正向开挖两种方式（图 1-7）。侧向开挖时，正铲的回转角度小，节省循环时间，生产效率较高；而正向开挖的土掌宽度较大。土掌的尺寸应根据挖掘机的技术性能和需要开挖的尺寸确定。图 1-8 是一项大型渠道的土掌开挖图。图中阴影部分为欠挖，虚线表示挖掘机能挖到的范围，但施工时是按实线所示的设计断面开挖。为了尽量减少欠挖和需清理的土方量，在靠近边坡处的土掌底宽，宜采用两倍挖掘机停机地面上最小挖掘半径。在高度上分层时，为了尽量使最后一层土掌能正好挖到挖方底面，可先在地面上开一先锋槽，调整土掌分层高度。此外，在设计土掌尺寸时，还应注意：①为了操

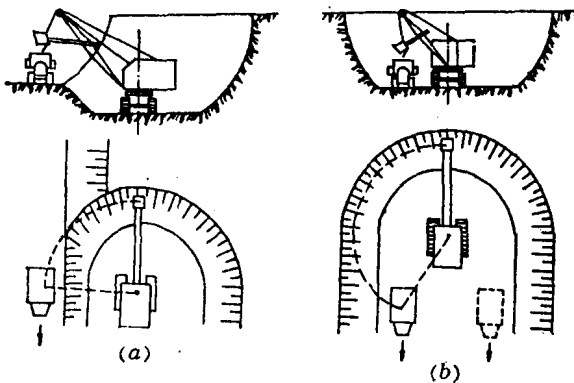


图 1-7 正铲挖掘机开挖方式
 (a) 侧向开挖; (b) 正向开挖

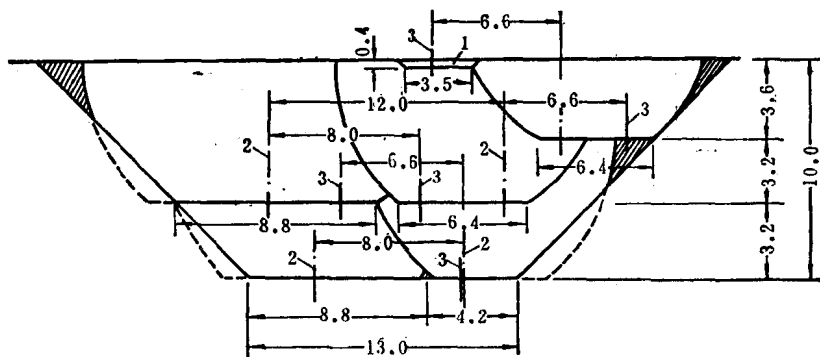


图 1-8 W₁-100正铲挖掘机开挖大型渠道的土掌图
(单位: m)

1—先锋槽; 2—正铲开行轴线; 3—汽车开行轴线

作安全, 应将性能表上的最大挖掘高度和挖掘半径、最大卸土半径等数值减少 5 ~ 10% 使用; ②在挖掘粘性土时, 最大土掌高度不宜大于最大挖掘半径时的挖掘高度, 以防出现土掌倒悬坍塌的危险; ③为了保证挖掘机的生产效率, 土掌高度应不小于正常土掌高度, 即挖掘机每挖掘一次, 可装满铲斗的高度, 其数值因土质和斗容不同而异 (表 1-1)。

表 1-1 正铲挖掘机正常土掌高度 单位: m

土 类	正 铲 土 斗 容 量 (m ³)							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
轻质松散土、砂砾石	1.6	2.0	2.4	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1
一般壤土	2.0	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.5	4.7
硬粘土、湿粘土、石渣	2.4	3.1	3.7	4.2	4.7	4.9	5.2	5.5

(二) 拉铲挖掘机

拉铲挖掘机的工作过程如图 1-9 所示。当放松升降索 3 时, 铲斗借自重切入土中 (位置 I), 然后拉紧牵引索 4 使铲斗铲土并装满铲斗, 而后同时收紧升降索和牵引索, 将铲斗升起 (II); 回转机身至卸土处, 放松牵引索, 铲斗即行卸土 (III)。

拉铲挖掘机的斗容一般为 1 ~ 4 m³, 最大者有达 14 ~ 27 m³。它一般用于基坑、河渠等停机面以下非坚硬土方的开挖, 特别是可以用来挖掘水下土方。由于它的支杆较长 (13 ~ 40 m), 支杆的倾角较小 (30° ~ 45°), 所以挖掘半径和卸土半径均较大, 用于直接卸土于弃土堆最为适宜。但 4 m³ 以下斗容的拉铲, 也可将土直接装车运走。

拉铲挖掘机的挖土方式, 有正向开挖和侧向开挖两种 (图 1-10)。正向开挖可将挖出的土卸于挖方两侧, 卸土回转角度较小, 生产效率较高, 挖土深度较大, 但开挖宽度较小; 侧向开挖可卸土料于一侧较远处, 其开挖宽度较大, 但开挖深度则较小。

用拉铲挖掘机开挖很宽的河渠时, 可采用分部一侧开挖、翻转开挖和连续开挖等各种开挖方式。一侧分部开挖 [图 1-11(a)] 是拉铲在河渠的一侧先沿轴线 I 位置开行, 开挖 1

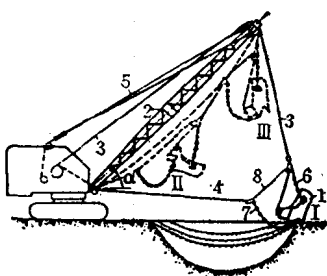


图 1-9 拉铲挖掘机

1—铲斗, 2—支杆, 3—升降索, 4—牵引索,
5—支杆索, 6、7—链, 8—悬斗索

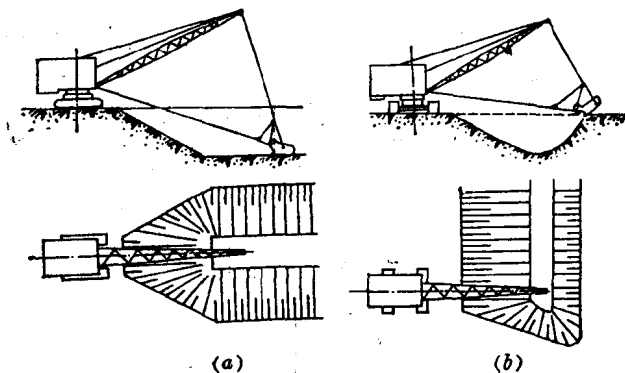


图 1-10 拉铲挖掘机的开挖方式
(a)正向开挖; (b)侧向开挖

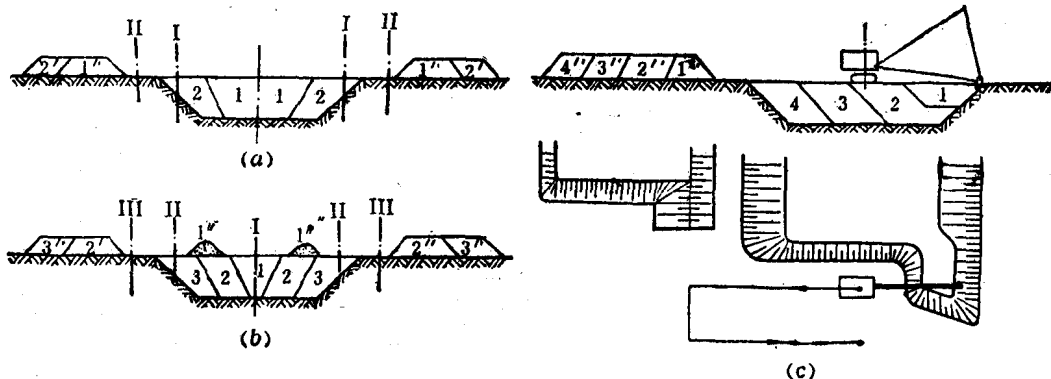


图 1-11 拉铲挖掘机开挖大型河渠
(a)侧分部开挖; (b)翻转开挖; (c)连续开挖
1、2、3、4及1'、2'、3'、4'—挖、填次序

部位土方，卸于填方1'部位；而后再沿轴线II位置开挖2部位土方，卸土于填方2'部位。当河渠较宽时，常采用翻转开挖方式[图1-11(b)]，施工时，拉铲先沿轴线I位置开挖1部位土方，暂时卸土于1'部位，而后挖掘机再沿轴线II开行，把1'及2部位土方翻转至填方2'部位；最后再沿轴线III开挖3部位土方，卸土于3'部位。连续开挖[图1-11(c)]是拉铲垂直于河渠轴线方向开行而进行开挖，卸土于河渠的一侧。

(三) 单斗挖掘机的生产率

施工机械的生产率有理论生产率、技术生产率和实用生产率之分。理论生产率是根据机械的机构性能在设计条件下不考虑施工对象的差异且连续工作所能达到的最高生产率，它主要是在机械设计制造中应用的一项指标。技术生产率是考虑了具体施工对象和施工条件、连续工作的生产率。而实用生产率则是又考虑了机械在施工中各种不可避免的停歇（如加油、司机换班等）因素所能达到的实际生产率。

单斗挖掘机的实用生产率 (P) 可用下式计算:

$$P = \frac{T}{t} q K_s K_z K_{s1} \quad (\text{m}^3/\text{台班}) \quad (1-1)$$

$$t = t_0(0.4K_c + 0.6K_f)$$

上二式中 T —— 工作班时间 (s);

t —— 单斗挖掘机每挖掘一次的循环时间, 与斗容、土质、卸土回转角大小等有关, 一般正铲为15~30s, 拉铲为20~50s;

t_0 —— 机械的设计循环延续时间 (s);

K_c —— 土壤级别修正系数, 为1.1~1.2;

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

q —— 铲斗的几何容积 (m³);

K_z —— 铲斗装土的充满系数, 一般等于或小于1;

K_s —— 土的折实系数, 是土方挖掘前后实土与松土体积之比值, 小于1;

K_{sj} —— 工作班内时间利用系数, 小于1, 视机械的完好程度、操作技术和施工管理水平而定。

三、铲运机与推土机

(一) 铲运机

铲运机有牵引式铲运机和自行式铲运机两种。操纵方式有钢索操纵与液压操纵两类。铲运机由机架、土斗和铲刀、斗门、操纵机构及行驶机构等组成。图1-12为牵引式液压操纵铲运机的铲土、运土、卸土的工作过程。它在铲土时, 油缸的活塞杆几乎全部伸出, 土斗下倾, 斗门张开, 随着铲运机的前进, 铲土入斗; 土斗装满后, 活塞杆缩入油缸约一半, 将土斗提起并关闭斗门, 即可运土; 卸土时, 活塞杆全部缩入油缸内, 土斗绕车架上的轴旋转90°, 斗门全部开启, 土借自重即可卸出。所以铲运机是一种可以自己完成铲土、运土、卸(铺)土全部施工过程的适用性广泛的施工机械, 一般可用于挖填方高差不大、土不很坚实、运距在100~150m的土方施工中。它的优点是机械构造简单, 使用管理方便, 生产费用低, 生产率较高。

铲运机的土斗容量有2.5、6、9、15m³, 最大有达65m³的。牵引机的牵引力(或功率)根据铲土及装土阻力、行驶阻力、爬坡坡度而定, 可由下式计算:

$$F \geq K_{\text{铲}}bh + K_{\text{挤}}Q + (Q + q)w_0 \pm (P + Q + q)1000i \quad (1-2)$$

式中 F —— 牵引力 (N);

$K_{\text{铲}}$ —— 单位铲土阻力 (N/m²);

b —— 铲土宽度 (m);

h —— 铲土深度 (m);

$K_{\text{挤}}$ —— 土挤入土斗的单位阻力 (N/t);

Q —— 土斗中的土重 (t);

q —— 铲运机重量 (t);

w_0 —— 单位行驶阻力 (N/t);

P —— 牵引机重量 (t);

i —— 铲运机铲土时或运土时的地面坡度, 以小数计, 负号表示下坡情况。

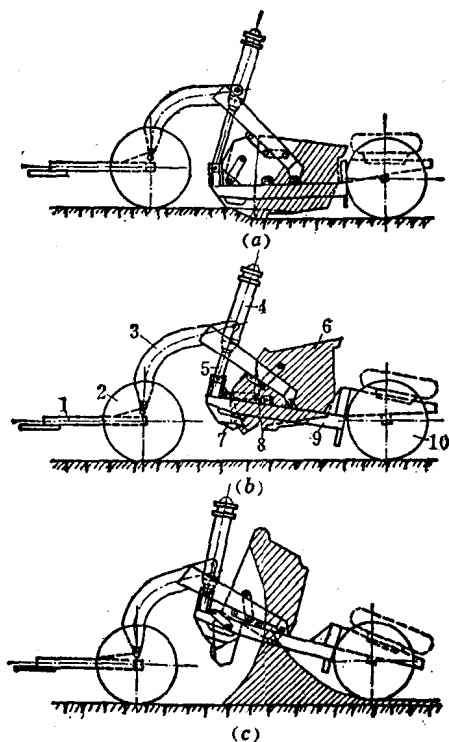


图 1-12 牵引式液压操纵铲运机的工作过程

(a) 铲土; (b) 运土; (c) 卸土

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

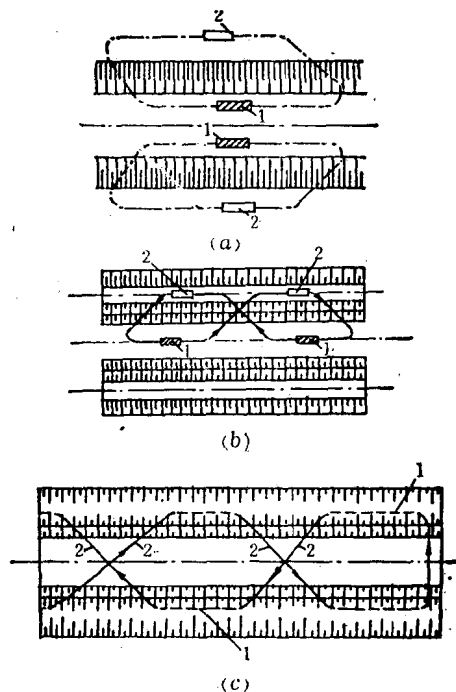
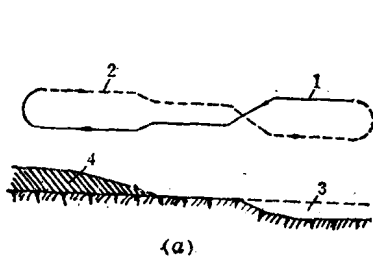


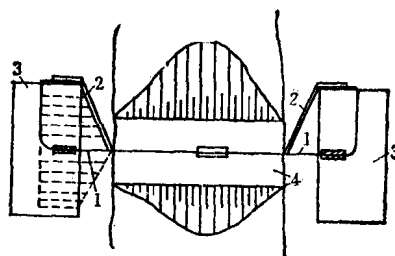
图 1-13 铲运机开挖渠道及填筑路堤的开行路线

(a) 环形开行; (b) “∞”字形开行; (c) 折线形开行

1—铲土; 2—卸土



(a)



(b)

图 1-14 铲运机开挖基坑及填筑土坝的开行路线

(a) 开挖基坑; (b) 填筑土坝

1—重车开行路线; 2—空车开行路线; 3—挖方; 4—填方

在计算牵引力时, 应分别计算铲土并即将装满土斗时所需要的牵引力和重车行驶时的牵引力。由式(1-2)可以看出, 当牵引力不足时, 铲运机在铲挖坚实的土方时可预先进行松土以减小铲土阻力; 或在铲土时, 逐步减小铲土深度; 也可以采用下坡铲土法。在重车行驶时, 道路的上坡坡度应限制在牵引力允许范围之内, 一般最大不超过15%。

用铲运机进行土方施工时,有环形和“∞”字形两种基本施工方式。例如在开挖渠道时,开行路线如图1-13所示,当采用环形开行时,若挖填方高差不超过1.5米,无须修建专门的进出车坡道;若高差较大时,则应每隔一定距离修建具有一定坡度的进出车坡道。在基坑开挖或填筑土坝时,挖、填之间往往有较长的距离,其开行路线可如图1-14所示布置。

铲运机铲土和卸土的长度(L)可由下式计算:

$$L_{\text{铲}} = \frac{VK_s K_s' K_i}{bh} \quad (\text{m}) \quad (1-3)$$

$$L_{\text{卸}} = \frac{VK_s}{bh'} \quad (\text{m}) \quad (1-4)$$

式中 V ——铲运机土斗容积(m^3);

K_s ——土斗装土的充满系数;

K_s' ——土的折实系数;

K_i ——铲土过程中土的漏失系数;

b ——铲土宽度(m);

h ——铲土深度(m);

h' ——卸土时铺土厚度(m)。

在实际施工中,布置铲土段的长度往往不小于铲土长度的2~3倍,以适应铲土时正、反运行方向的变更。

铲运机也是一种循环式工作的施工机械,其实用生产率(P)可按下式计算:

$$P = \frac{T}{t} VK_s \cdot K_s' \quad (\text{m}^3/\text{台班}) \quad (1-5)$$

$$t = \frac{L_{\text{铲}}}{v_1} + \frac{L_{\text{重}}}{v_2} + \frac{L_{\text{卸}}}{v_3} + \frac{L_{\text{空}}}{v_4} + mt_{\text{档}} + nt_{\text{弯}} \quad (1-6)$$

上二式中

T ——工作班时间;

t ——循环时间;

$L_{\text{铲}}$ 、 $L_{\text{重}}$ 、 $L_{\text{卸}}$ 、 $L_{\text{空}}$ 和 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 ——依次为铲土、运土、卸土、空回的路程和开行速度;

m 、 n ——每一循环的换挡和转弯次数;

$t_{\text{档}}$ 、 $t_{\text{弯}}$ ——每次换挡和转弯的时间;

其余符号的代表意义与公式(1-3)、(1-4)同。

为了提高铲运机的生产率,除了尽量采用大斗容、高行速的自行式铲运机外,在铲土时采用预松土、助推机、下坡铲土、改进铲土操作等措施,都是比较有效的。

(二) 推土机

推土机是一种适用性广泛的机械,它除了可以用作各种施工情况下的辅助机械外,还可以独立完成开挖渠道和基坑、平整场地等施工项目,运土距离不宜超过50~100m。

推土机有钢索操纵和液压操纵两种,其功率有54、75、90、120、180、320马力●等

● 1 马力 = 735.5W。

类型。液压操纵推土机的土刀较轻，可借助液压作用切入较坚硬的土层。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上和立面上调整其工作角度（图1-15），以适应不同的施工要求。

推土机的生产率(P)由下式计算：

$$P = \frac{T}{t} V K_1 K_2 \quad (\text{m}^3/\text{台班}) \quad (1-7)$$

$$V = Fb = \frac{H^2 b}{2 \tan \varphi} \quad (\text{m}^3) \quad (1-8)$$

$$t = \frac{L_{\text{运}}}{v_1} + \frac{L_{\text{返}}}{v_2} + \frac{L_{\text{运}} + L_{\text{返}}}{v_4} + t_s \quad (1-9)$$

式中 V ——推土刀前土方体积 (m^3)；

K_1 ——土刀两侧土的漏失系数；

t_s ——推土机的换挡、调向时间；

其它符号代表意义与公式(1-5)、(1-6)同，并见图1-16。

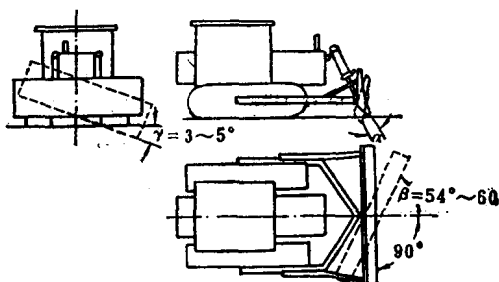


图 1-15 推土机推土刀角度的调整

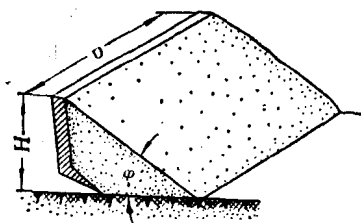


图 1-16 推土机推土刀前土方体积计算图

由生产率计算公式看出，为提高推土机的生产率应尽量减少土刀两侧土的漏失，为此可采用沟槽推土法和多机并列推土法（图1-17）。此外，利用下坡地形推土、改进推土操作方法，也都可提高推土机的生产率。

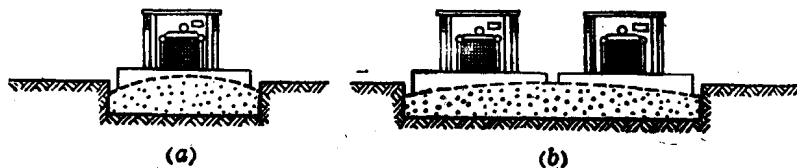


图 1-17 推土机推土方法的改进

(a)沟槽推土法；(b)多机并列推土法

四、带式运输机

带式运输机是一种连续式运输设备，其生产率高，机构简单轻便，造价低廉；它可作水平运输，也可作倾斜运输，而且可以掉转任一运输方向；可在运输中途任何地点卸料；它适用于地形复杂、坡度较大、通过窄狭地带和跨越深沟等情况，特别适用于运输土方、砂石料等粒状物料；运输距离可达数千米。