

筑路 机械应用

主 编 ● 曾 葵 肖 川 唐子雷
主 审 ● 陈明英



西南交通大学出版社

内容提要

本书主要介绍了公路机械化施工及养护中常用机械的类型、构造、特点、性能、适用范围、施工作业方法、选型等内容。

全书包含4个学习情景，分别为土方及压实机械在施工中的应用、路面机械在施工中的应用、桥梁机械在施工中的应用、养护机械在道路维护中的应用。

本书可作为高职院校道路桥梁工程技术专业、市政工程技术专业、城市轨道交通工程技术专业和工程机械运用与维护专业的教学用书，也可用作公路工程机械化施工人员的培训教材，还可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

筑路机械应用 / 曾葵, 肖川, 唐子雷主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2020.10
ISBN 978-7-5643-7820-2

I. ①筑… II. ①曾… ②肖… ③唐… III. ①筑路机械 IV. ①U415.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第210284号

Zhulu Jixie Yingyong

筑路机械应用

主编 曾葵 肖川 唐子雷

责任编辑 路远声
封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段111号
西南交通大学创新大厦21楼)

邮政编码 61 0031
发行部电话 0 28-87600564 0 28-87600533
网址 <http://www.xnjdcbs.com>
印刷 四川玖艺呈现印刷有限公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 13.5
字数 280 千
版次 2020年10月第1版
印次 2020年10月第1次
定价 49.80 元
书号 ISBN 978-7-5643-7820-2

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562



前言

PREFACE

现代学徒制是深化产教融合、对学生以技能培养为主的现代人才培养模式。本书根据国务院《关于加快发展现代职业教育的决定》和教育部《关于开展现代学徒制试点工作的意见》的文件精神，以工程机械运用技术专业现代学徒制试点建设“校企联合，编著基于工作任务的校本教材”的任务为指导编写而成。

本书在以下两个方面做了一些探索：一是按情景教学法安排教学体系，二是由任务驱动安排教学内容。其目的是力求保持校内学习与实际工作的一致性，融“教、学、做”为一体，强化学生综合能力的培养，体现了深化产教融合的理念。对教学来说，公路工程机械化施工具有情景宏大、任务繁多的特点，怎样在一定的教学时间内、一定的教学资源下提供适当的情景，完成适量的任务，是值得广泛、深入探讨的。本书提供了4个学习情景：土方及压实机械在施工中的应用、路面机械在施工中的应用、桥梁机械在施工中的应用、养护机械在道路维护中的应用。每个学习情景中包含常用施工机械认识（机械的类型、构造、特点、性能、适用范围）、机械施工作业（施工工艺和施工方法）、施工机械的选型等任务。

本书由四川建筑职业技术学院曾葵、肖川、唐子雷担任主编，陈明英担任主审；四汇建设集团有限公司黄仁东及成都东部新区智能制造产业发展局马翊提供了大量的施工技术资料并参与了本书的编写。其中，学习情景一由曾葵、唐子雷共同编写，学习情景二由肖川、刘勇彪共同编写，学习情景三由曾葵、申永强共同编写，学习情景四由马翊、孙谦、黄仁东共

同编写。此外，四川建筑职业技术学院现代学徒制工作委员会成员廖丽平、丁雅萍、刘婷、赵坤阳、雷鹏燕参与了本书技术资料的收集、书中插图底稿的绘制及内容校正等工作。

随着我国公路机械化施工技术及装备制造业的不断发展，新技术、新方法、新设备不断涌现，加之编者水平和掌握的技术资料有限，编写时间仓促，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2020年5月30日



目录

CONTENTS

学习情景一 土方及压实机械在施工中的应用·····	001
一、主要施工机械·····	002
二、施工作业·····	025
三、施工机械的选用·····	050
学习情景二 路面机械在施工中的应用·····	062
一、主要施工机械·····	062
二、施工作业·····	085
三、主要施工机械的选用·····	100
四、路面施工机械的使用要求·····	105
学习情景三 桥梁机械在施工中的应用·····	111
一、主要施工机械·····	112
二、施工作业·····	139
学习情景四 养护机械在道路维护中的应用·····	164
一、主要施工机械·····	165
二、施工作业·····	178
参考文献·····	210

学习情景一

土方及压实机械在施工中的应用

学习目标

知识目标

- (1) 能描述挖掘机、推土机、铲运机、装载机、平地机的用途、分类及特点。
- (2) 能描述挖掘机、推土机、铲运机、装载机、平地机的基本工作过程和基本作业方法。
- (3) 能描述压实机械的分类及各机种的使用范围。
- (4) 能描述路基压实作业的一般方法。

能力目标

- (1) 能识别土方及压实机械的每一种机型。
- (2) 能进行土方机械和压实机械的选用。
- (3) 能运用土方机械和压实机械进行施工作业。

土方及压实机械包括推土机、装载机、挖掘机、铲运机、平地机、压路机等几个重要机种，它们是工程机械中用途最广泛的一类机械，也是公路建设特别是高等级公路建设中的主要施工机械。同时，土方及压实机械还广泛应用于铁路、水利、矿山、港口、机场、农田及国防等工程建设中，在国民经济建设中有着重要的作用。

在公路路基工程中，土方机械担负着土方的铲装、填挖、运输、整平等作业，其具有施工速度快、作业质量高、生产效率高等优点，是现代公路建设中不可缺少的机种。土方机械的作业对象是各种土、砂、石等物料。在进行施工作业时，土方机械承受负荷重、外载变化波动大、工作场地条件差、环境比较恶劣，因此，要求土方机械具有良好的低速作业性、足够的牵引力、整机的高可靠性和较高的作业生产能力。

压实机械用于道路、铁路、机场、港口和堤坝等建设工程的压实作业。

由于现代工程中大型工程越来越多，土方及压实机械也向大型化方向发展，以适应巨大工程机械化施工的需要；同时为满足市政建设、环保和窄小场地以及小型土方工程的要求，小型、多功能、机动性好的机种也得到进一步发展。现代计算机、电子和激光等技术的发展将大大提高土方及压实机械的自动控制和智能

化程度。同时，操纵便捷、安全防护、降低噪声、提高可靠性和驾驶人员的舒适性等，也将是这些机械继续发展的方向。

一、主要施工机械

（一）挖掘机

1. 挖掘机的用途及工作对象

挖掘机是工程机械中的一个主要机种，是土石方施工工程中的主要机械设备之一。

各种类型与功能的挖掘机械，在国民经济建设的许多行业，如工业与民用建筑、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被广泛采用。据统计，工程施工中有 60% 以上的土石方量是靠挖掘机来完成的。在各类工程施工中，挖掘机主要用于完成下列工作：

（1）开挖路堑或山体土层时，可以实现 I ~ V 类土和纹理清晰、风化严重的砂岩石的直接开挖，同时可用于建筑物或厂房基础的开挖。

（2）挖掘土料，剥离采矿场覆盖层。

（3）采石场、隧道内、地下厂房和堆料场中的装载作业。

（4）开挖沟渠、运河和疏浚水道。

（5）更换工作装置后可进行混凝土浇筑、起重、安装、打桩、夯土等作业。

另外，由于履带式挖掘机自重大、工作速度低，一般情况下不考虑采用履带式挖掘机运土。

2. 挖掘机的分类、特点及适用范围

1) 分类

挖掘机按用途及结构特征分为周期作业式的单斗挖掘机和连续作业式的多斗挖掘机两大类。单斗挖掘机又分为建筑型单斗挖掘机、采矿型单斗挖掘机、剥离型单斗挖掘机、塔索型单斗挖掘机和隧道挖掘机五种，其中建筑型单斗挖掘机应用最广，有履带式和轮胎式两种。多斗挖掘机常用的有链斗式挖掘机、轮斗式挖掘机等。

挖掘机按工作装置与主机的连接方式分为刚性连接和挠性连接两类。前者包括正铲、反铲、刨铲和刮铲挖掘机，后者包括拉铲挖掘机等。

2) 特点及适用范围

（1）建筑型单斗挖掘机

建筑型单斗挖掘机具有正铲、反铲、拉铲、抓斗、起重吊钩等工作装置（见图 1-1），其中以反铲为主，可进行多种作业。反铲挖掘机结构如图 1-2 所示。

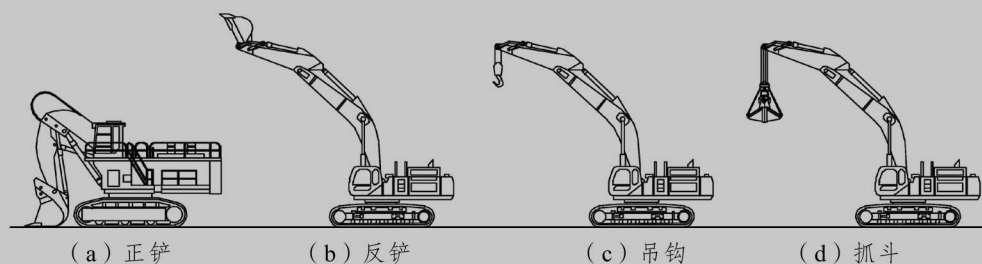
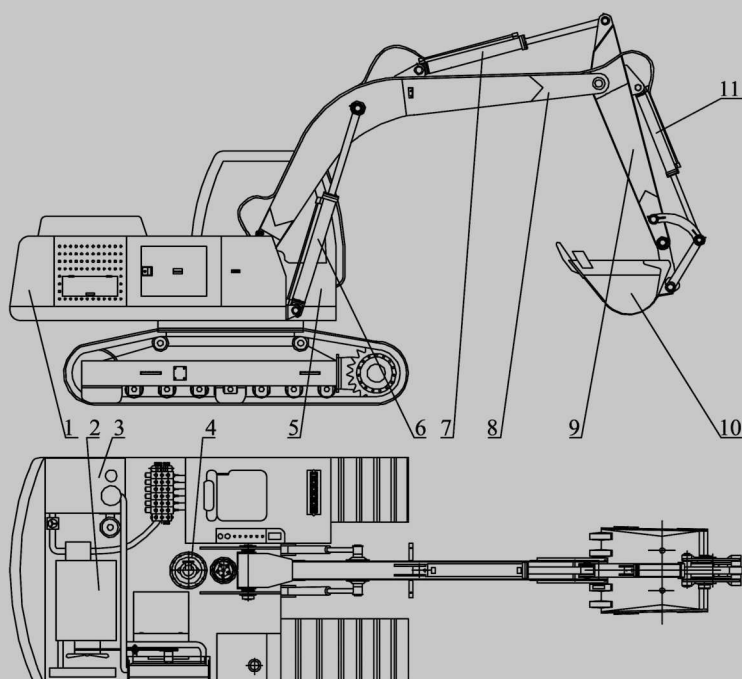


图 1-1 建筑型单斗挖掘机工作装置的主要形式



1—配重；2—发动机；3—液压油箱；4—回转机构；5—驾驶室；6—动臂油缸；
7—斗柄油缸；8—动臂；9—斗柄；10—铲斗；11—铲斗油缸。

图 1-2 反铲挖掘机结构

正铲挖掘机适用于开挖含水量不大于 27% 的 I ~ IV 级土壤，主要用于开挖挖掘机停机面以上的挖掘面（停机面以下也可以挖掘一定的深度）、运距超过 1 km、有运输道路的挖运土方工程；挖掘集中的土堆及松散堆集的矿石、碎石、砂子和煤等；挖掘大于正铲最小回转半径的路堑、基坑、沟渠等工程；配备自卸汽车和其他运输工具，进行填筑路堤和其他一些回填土方工程。

反铲挖掘机主要用于开挖停机面以下的 I ~ IV 级土壤（停机面以上者，难以装斗），适用于开挖基坑、沟渠和水上挖土。其挖出的土由自卸汽车运走，也可直接甩在坑渠两边。

拉铲挖掘机由于有抛斗的工作特点，难以采用液压操纵，所以至今只能用钢索操纵。其适合于开挖停机面以下 I ~ III 级土壤，如路堑、基坑、河道和管沟等。被开挖的土壤不论其含水量的大小、水上或水下作业，均可用拉铲来挖掘。拉铲挖掘机还可以用来填筑路堤。

抓斗挖掘机由于受其铲斗自重的限制，只能挖掘停机面以上或以下的一般土壤（Ⅰ～Ⅱ级）、砾石和其他松散物料，尤其适用于挖掘基坑与桩孔，也可用于水下挖掘工作，常在码头、仓库等处装载碎石、煤等松散物料。

建筑型单斗挖掘机多数是小型挖掘机，斗容量一般较小，在 2 m^3 以下。近年来，也有斗容量 $2\sim 6\text{ m}^3$ 、自身质量达 200 t 的建筑型挖掘机出厂。

单斗挖掘机一般用一台柴油机驱动，也有用一台或多台电动机驱动的。其行走装置有履带式 and 轮胎式两种，行驶速度快，能远距离自行转场，且机体重心低、运行稳定性好。单斗挖掘机操纵主要采用液压或气压形式，适用于挖掘Ⅰ～Ⅴ类土及爆破后的坚硬岩石。

（2）采矿型单斗挖掘机

其主要工作装置为正铲，个别配有拉铲装置和起重装置，斗容量较大，一般为 $2\sim 8\text{ m}^3$ 。采矿型单斗挖掘机大部分为机械式，主要用于露天矿的挖掘和装载作业。

（3）剥离型单斗挖掘机

剥离型单斗挖掘机有履带式 and 步行式两种，用于露天矿表层剥离、大型基建工程、河道疏浚和挖掘、土壤改良等工程中。履带式为正铲工作装置，斗容量一般为 $4\sim 53\text{ m}^3$ 。步行式工作装置为拉铲，斗容量一般为 $4\sim 76.5\text{ m}^3$ ，行走装置采用步行机构，接地比压小。

（4）隧道挖掘机

隧道挖掘机具有特种工作装置和较小的转台尾部回转半径，专用于隧道、坑道、地铁等狭窄的工作环境。

（5）多斗挖掘机

多斗挖掘机是一种由若干个挖斗连续循环进行挖掘作业的挖掘机械，主要用于Ⅳ类以下土壤的挖取土方或开挖沟渠、剥离采料场或露天矿场上的浮土、修理坡道以及装卸松散物料等作业。

链斗式多斗挖掘机：挖斗连接在挠性构件（斗链）上。现代链斗式多斗挖掘机的挖掘深度已超过 40 m ，高度达到 27 m ，斗容量达 2.5 m^3 ，生产率达到 $3\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ ，机体质量达 $3\ 500\text{ t}$ 。

轮斗式多斗挖掘机：挖斗固定在刚性构件（斗轮）上，以刚性斗轮取代斗链，并用简单高效的输送带将土运出，因此，它具有切削力大、切削速度快、生产效率高、运转平稳、动载荷小、卸土简便、可靠性高等优点。斗轮装在动臂端部，动臂长度和倾角可调，转台可旋转，故能挖出多种多样的掌子面，理论生产率为 $70\sim 15\ 000\text{ m}^3/\text{h}$ ，上下挖掘总采掘高度为 $3\sim 77\text{ m}$ ，斗轮直径为 $1.9\sim 2.2\text{ m}$ ，斗容量为 $0.05\sim 8.6\text{ m}^3$ ，斗臂长为 $5\sim 10.5\text{ m}$ ，动力装置功率为 $45\sim 14\ 300\text{ kW}$ ，机体质量为 $17.5\sim 7\ 250\text{ t}$ 。

3. 挖掘机的基本工作过程

带各种基本工作装置的单斗挖掘机是循环作业式机械，每一工作循环包括挖掘、回转、卸土和返回4个工作过程。

1) 正铲挖掘机的基本工作过程

(1) 挖掘过程

利用动臂油缸、斗柄油缸和铲斗油缸的工作，使动臂或斗柄带动铲斗下移至工作面最下部，并切入土层一定深度，借助动臂、斗柄或铲斗的向上摆动，在工作面上挖出一层弧形的土层（称内弧形挖掘带，见图 1-3），土被装入铲斗内。

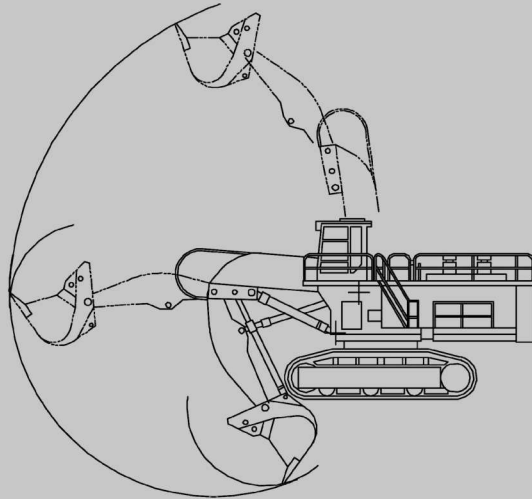


图 1-3 正铲挖掘机的挖掘过程

根据铲斗向上摆动的驱动形式不同，正铲挖掘机的挖掘方式可分为 4 种。

① 动臂挖掘，即铲斗与斗柄相对固定，由动臂摆动实现挖掘。② 斗柄挖掘，即铲斗、动臂相对静止，由斗柄摆动实现挖掘。③ 铲斗挖掘，即动臂、斗柄相对静止，由铲斗摆动实现挖掘。④ 组合挖掘，即利用动臂、斗柄和铲斗三部分联合运动实现某种特殊形体工作面的挖掘。

挖掘开始时通常以停机面作为起点向上逐层挖掘，随着挖掘层次的增多，起点可逐渐向停机面以下转移。

(2) 回转过程

在土装满铲斗后，先将铲斗返离工作面，然后转动回转平台，使动臂带着铲斗转到卸土处上空。在回转过程中，可适当调节铲斗的伸出度和离地高度，以适应卸土的要求。应该注意，挖掘机不能进行横扫作业（铲斗插入土层中，回转平台转动，带动铲斗回转切土），避免动臂、斗柄或铲斗被折断。

(3) 卸土过程

正铲挖掘机的卸土方式有两种：一是开斗卸土，利用斗底油缸活塞伸缩，打开斗底，将土卸入运输车辆内或就地弃土；二是转斗卸土，利用铲斗油缸活塞的伸缩带动铲斗转动，借助土层重力卸入运输车辆或地面。

应该指出的是，由于开斗卸土的挖掘机铲斗的特殊结构，斗底通过铰链与斗体结合，在特殊工作状态下，斗底与斗体之间形成一种钳口，借助这个钳口可以实现对大体积石块、小型构件或其他大体积物体进行夹持搬运和装卸，从而做到多功能工作。

(4) 返回过程

旋转回转平台，使动臂带着空斗返回挖掘面，在此过程中放下铲斗，斗底在油缸作用下关闭。

2) 反铲挖掘机的基本工作过程

全液压反铲挖掘机的基本工作过程见图 1-4，与全液压正铲挖掘机工作过程类似，所不同的是铲斗在动臂或斗柄的带动下，在工作面上部由上向下运动实现挖掘，其挖掘面也是呈内弧面。

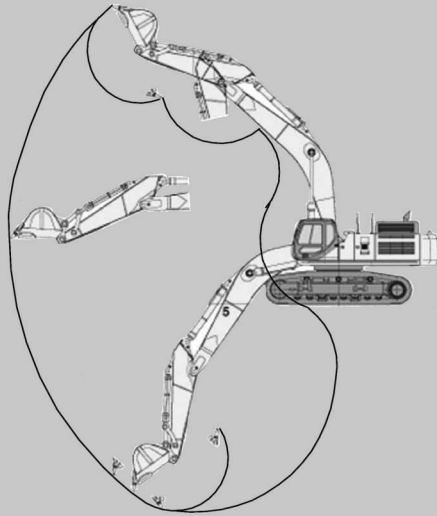
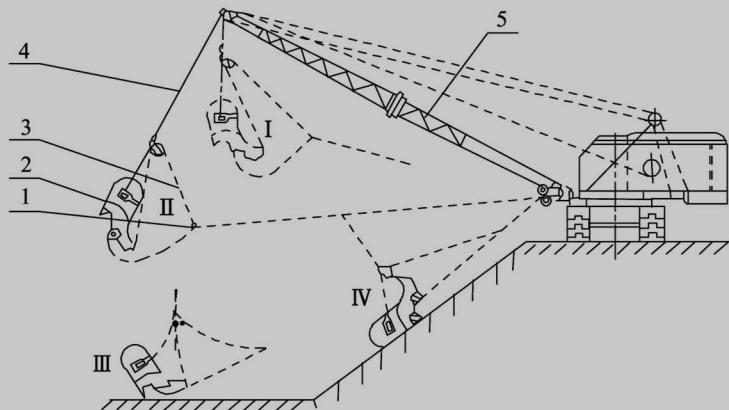


图 1-4 反铲挖掘机的挖掘过程

3) 拉铲挖掘机的基本工作过程

拉铲挖掘机的基本工作过程与前述挖掘机工作过程类似，见图 1-5 中的步骤 I ~ IV。



1—铲斗；2—提升钢索；3—牵引钢索；4—卸料钢索；
5—起重臂；I ~ IV—挖掘过程。

图 1-5 拉铲挖掘机的挖掘过程

4. 单斗挖掘机的基本作业方法

1) 正铲挖掘机的基本作业方法

正铲挖掘机的基本作业方法有侧向开挖法和正向开挖法两种。

(1) 侧向开挖法

挖掘机只开挖一侧工作面，另一侧作为汽车的运输路线（见图 1-6）。汽车与挖掘机平行，在挖掘机侧面受料。此方式的主要优点是，挖掘机卸土时，其动臂回转角小于 90° ，避免了运输汽车的倒车，缩短了工作循环的时间，可提高生产率。

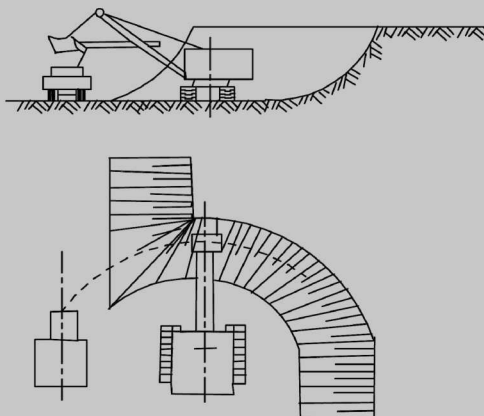


图 1-6 正铲挖掘机侧向开挖法

(2) 正向开挖法

挖掘机以最大挖掘宽度在挖掘断面上进行前方挖土，运输汽车在机后两侧受料，运输路线位于挖掘机开行路线的正面（见图 1-7）。此方式的优点是机械移位次数较少；缺点是挖掘机动臂回转角度大于 90° ，增加了工作循环的时间，降低了生产率。此外，其运输线路较窄，汽车要倒进去或在窄道上掉头，造成施工现场拥挤，影响挖掘机卸料。因此，该方法只限于挖掘工地进口处时使用。

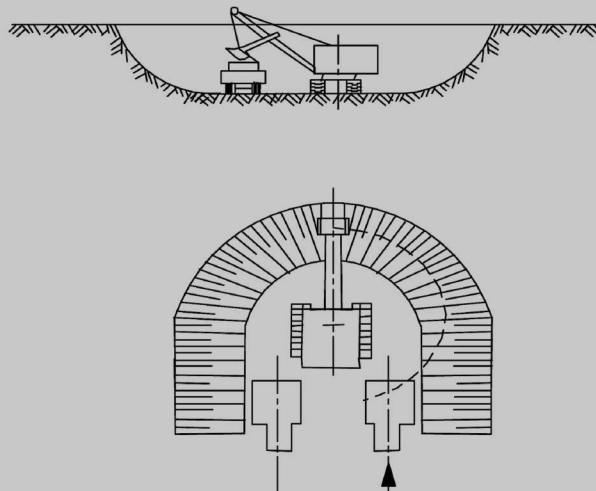


图 1-7 正铲挖掘机正向开挖法

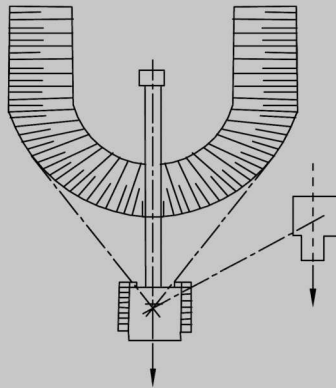
2) 反铲挖掘机的基本作业方法

反铲挖掘机的开挖方法有沟端开挖法和沟侧开挖法两种。

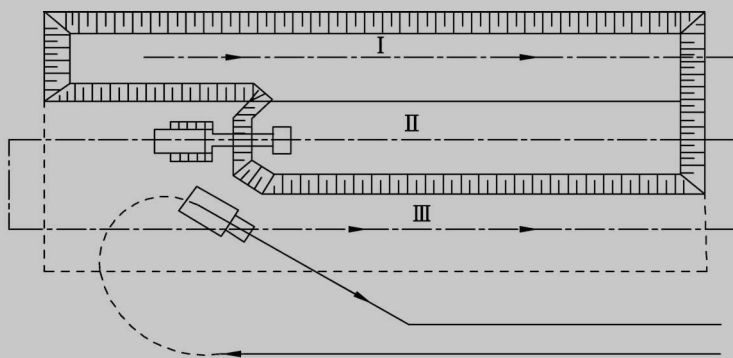
(1) 沟端开挖法

开挖时, 挖掘机沿着沟端逐渐倒退, 逐渐向后开挖, 如图 1-8 (a) 所示。汽车停在沟侧, 动臂只要回转 $40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 即可卸料。如果所挖沟宽为机械最大挖掘半径的 2 倍时 (即机械每停置一处, 在 180° 的回转范围内挖掘), 汽车只能停在挖掘机侧面, 反铲要做 90° 回转才能卸料。

该方法在挖掘更宽的渠道 (超过最大挖掘半径的 2 倍) 时, 可分段开挖, 如图 1-8 (b) 所示, 机械在倒退挖到尽头后, 由该端转换位置反向开挖毗邻一段。该方法每段的挖掘宽度不宜过大, 以汽车能在沟侧行驶为原则, 以减少每一工作循环的时间, 提高机械生产率。



(a) 沟端开挖法



(b) 沟端分段开挖法

图 1-8 反铲挖掘机沟端开挖法

(2) 沟侧开挖法

反铲在沟侧开挖, 汽车在沟端受料, 机械做 90° 回转卸料 (见图 1-9)。该方法每次挖掘宽度 (沟宽) 只能在其挖掘半径范围以内, 其缺点是所挖沟的边坡较大。

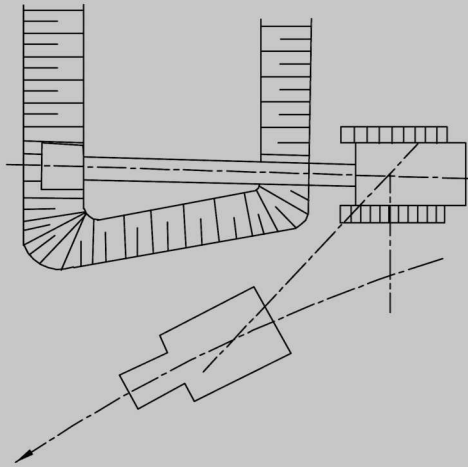
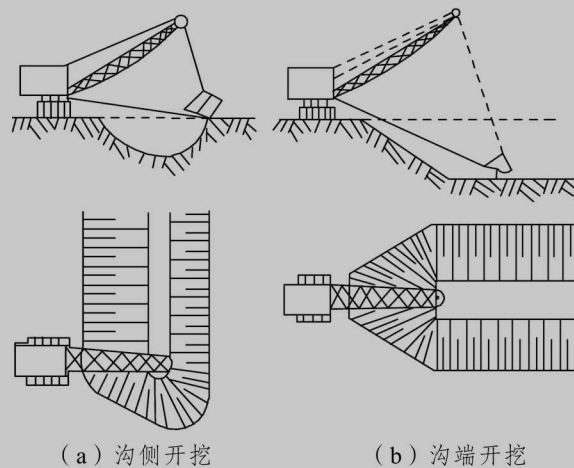


图 1-9 反铲挖掘机沟侧开挖法

3) 拉铲挖掘机的基本作业方法

拉铲挖掘机的基本作业法与反铲挖掘机基本相同(见图 1-10),但其挖掘半径较大,挖得较深,可以一侧弃土,也可两侧弃土。



(a) 沟侧开挖

(b) 沟端开挖

图 1-10 拉铲挖掘机开挖法

(二) 推土机

1. 推土机的用途及工作对象

推土机是以工业拖拉机或专用牵引车为主机,前端装有推土装置,依靠主机的顶推力,对土石方或散状物料进行切削或短距离搬运的铲土运输机械。其外形如图 1-11 所示。

推土机在建筑、筑路、采矿、油田、水电、港口、农林及国防等各类工程中,均获得十分广泛的应用。推土机可进行切削、推运、开挖、填积、回填、平整、疏松、局部碾压等多种繁重的土石方作业。大型推土机加装松土器后还可以进行土石方的劈松作业,加装多齿松土器后可用于劈开较薄的硬土、冻土等,加装单齿

松土器除能疏松硬土、冻土外，还可以劈松具有风化和有裂缝或节理发达的岩石。此外，推土机还可给铲运机助铲或预松土，配合挖掘机修整工作面，给大型混凝土搅拌楼喂料，拔除树根，切断直径 300 mm 以下的树木，以及牵引各种拖式土方机械作业。因此，推土机是土石方施工中最基本的工程机械。



图 1-11 履带式推土机外形

推土机的合理作业范围是 50 ~ 100 m，最长一般不超过 150 m。与轮式推土机相比，履带式推土机具有很好的越野性能和较大的牵引力，在降低接地比压之后，可在比压 0.01 MPa 左右的沼泽地带工作。如果采用无线电遥控和激光控制等，推土机还可以在高温或对人体有害的环境下进行推土工作。水陆两用及水中作业推土机还可进行潜水作业。

目前，公路工程施工常用的推土机分类、特点及适用范围见表 1-1。

表 1-1 常用的推土机分类、特点及适用范围

分类形式	分 类	特点及适用范围
按发动机功率分	小型	发动机功率小于 44 kW
	中型	发动机功率为 59 ~ 103 kW
	大型	发动机功率为 118 ~ 235 kW
	特大型	发动机功率大于 235 kW
按行走机构分	履带式	此类推土机与地面接触的行走部件为履带。它具有附着牵引力大、接地比压低、爬坡能力强以及能胜任较为险恶的工作环境等优点，是推土机的代表机种
	轮胎式	此类推土机与地面接触的行走部件为轮胎，具有行驶速度高、作业循环时间短、运输转移不损坏路面、机动性好等优点
按用途分	普通型	此类推土机具有通用性，广泛应用于各类土石方工程中，其主机为通用的工业拖拉机
	专用型	此类推土机适用于特定工况，具有专一性能，属此类推土机的有：湿地推土机、水陆两用推土机、水下推土机、爆破推土机、船舱推土机、军用快速推土机等

续表

分类形式	分 类	特点及适用范围
按铲刀形式分	直铲式	也称固定式。此类推土机的铲刀与底盘的纵向轴线构成直角，铲刀的切削角是可调的。对于重型推土机，铲刀还具有绕底盘的纵向轴线旋转一定角度的能力。一般来说，特大型与小型推土机采用直铲式的居多，其经济性与坚固性较好
	角铲式	也称回转式。此类推土机的铲刀除了能调节切削角度外，还可在水平方向上回转一定角度（一般为 $\pm 25^\circ$ ）。角铲式推土机作业时，可实现侧向卸土，应用范围较广，多用于中型推土机上
按传动方式分	机械传动式	此类推土机的传动系全部由机械零部件所组成，具有制造简单、工作可靠、传动效率高等优点，但其操作繁重，发动机容易熄火，作业效率较低
	液力机械传动式	此类推土机的传动系由液力变矩器、动力换挡变速箱等液力与机械相配合的零部件组成，具有操纵便捷、发动机不易熄火、可不停车换挡、作业效率高等优点，但制造成本较高、工地修理较难。它是目前产品发展的主要方向
	全液压传动式	此类推土机除工作装置采用液压操纵外，其行走装置的驱动也采用了液压马达，具有结构紧凑、操作轻便、可原地转向、机动灵活等优点，但制造成本高，维修较难
	电气传动式	此类推土机的工作装置、行走机构均采用电动机作动力，具有结构简单、工作可靠、作业效率高、污染少等优点，但受电源、电缆的限制，使用受到局限，一般用于露天矿、矿井作业
按铲刀操纵方式分	钢绳式	铲刀升降由钢绳操纵，简单可靠、维修方便，但不能强制切土，影响性能，所以发展受到一定限制
	液压式	铲刀在液压油缸作用下升降，可实现强制切土，作业性能较好，是目前铲刀操纵的主要方式

2. 推土机的基本作业方法

推土机也是循环作业式机械，每一工作循环包括铲土、运土、卸土和空回 4 个工作过程。其中，铲土作业有以下几种作业方法。

（1）波浪式铲土法

其优点是可使发动机功率得到充分发挥，并缩短铲土时间和距离；其缺点是空回时产生颠簸。

（2）接力式推土法

在取土场较长而土质较硬的场地作业时，可自近而远分段将土推送成堆，然后再由远而近地将各段土堆一次推送到卸土点。

（3）槽式推土法

在运送土壤时，为了尽可能减少运土损失，可在一个固定作业线上多次推运，

使之形成一条土槽，或者利用铲刀两端外漏的土壤形成土埂而产生的土槽推运，这样可以增加一次推运土壤的体积，提高生产率。

(4) 并列推土法

即两台以上同类型推土机并列起来同步推运土壤，可以减少运土损失，两铲刀间隔以 15~21 cm 为宜，同时必须掌握好每台推土机的运行速度和方向，避免碰车。

(5) 下坡推土法

利用下坡时推土机重力的分力，加速铲土过程和增大运土量，以提高作业效率；一般坡度不宜超过 20°。

(三) 铲运机

1. 铲运机的用途及工作对象

铲运机的外形如图 1-12 所示，它是一种生产率高、经济效益好的理想土方运输机械。与推土机相比，它的斗容量比推土机的推土量大得多，因而在土方工程中比推土机具有更高的效率和经济性。与挖掘机相比，一台斗容量为 10 m³ 的自行式铲运机，只需一名驾驶员，在合理运距内一个台班完成的土方量，相当于一台斗容量为 1 m³ 的挖掘机再配备 4 辆载重量为 10 t 的自卸汽车共 6 名驾驶员完成的土方量，其技术经济指标高于单斗挖掘机 5~8 倍。



图 1-12 铲运机外形

铲运机可在一次工作循环中依次连续完成铲土、装土、运土和铺卸 4 个工作过程，主要用于公路、铁路、农田、水利、机场和港口等大规模的土方工程中。

铲运机可以用来直接完成 II 级以下较软土体的铲挖，对 III 级以上较硬的土，应对其进行预先疏松后再进行铲挖。铲运机还可以对土进行铺卸平整作业，将土逐层填铺到填方地点，并对土进行一定的压实。应注意的是，铲运机适宜于在湿度较小的松散砂土和粉性土中施工，不适宜在干燥的粉砂土及潮湿的黏土中作业。

2. 铲运机的分类、特点及适用范围

铲运机主要根据斗容量、卸载方式、装载方式、行走机构、动力传递方式及操纵系统等进行分类。常用的国产铲运机的分类见表 1-2。