



高等学校教材

农田水利工程施工

(第三版)

陕西机械学院 黄自瑾 主编



高等学校教材

农田水利工程施工

(第三版)

陕西机械学院 黄自瑾 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书包括结论、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、隧洞钢筋混凝土衬砌、装配式渡槽、砌石拱等建筑物施工。

本书为高等院校农田水利工程专业教材,也可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
(第三版)
陕西机械学院 黄百城 主编

水利电力出版社出版

(北京三里河路8号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 10.25印张 231千字

1980年7月第一版 1986年5月第二版

1992年6月第三版 1995年8月北京第五次印刷

印数25781—27810册

ISBN 7-120-01534-6/TV·658

定价 5.90 元

前 言

本书是1986年5月出版的《农田水利工程施工》第二版的修订本。

《农田水利工程施工》第二版出版后，在水利工程施工中出现了一些新的情况。如水利工程普遍实行工程承包制、我国第一部《水利水电工程施工组织设计规范》于1990年1月颁布执行、新的水利水电工程概算定额与概算编制方法于1989年颁布实施、混凝土面板堆石坝与碾压混凝土坝施工在我国有了成功的实践、劈裂灌浆与土工织物在水利工程中均得到成功的应用等。这些新的内容有待补充到教材中去。但限于篇幅，对原书作了必要的精简。

本次修订保持了第二版的体系，对原书各章均作了精简，增加了一些新的施工技术和施工管理的内容与优化方法，对施工导流标准、施工总组织、工程概（预）算等部分作了修订。

为了帮助学生复习，在每章后均增加了复习题、思考题与作业题。有些作业题中数据未给出，需由学生自己去查阅有关手册与参考资料，这是为了培养学生的独立工作能力。

本书由北京农业大学傅建平主审，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，错误和不妥之处在所难免，诚恳希望读者批评和指正。

编者

1990年9月

第一版前言

《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，努力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术成就，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.

第二版前言

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。

本书由武汉水利电力学院董振华担任主审。在审查过程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，诚恳的希望读者提出批评和指正。

编者

1984.12.

目 录

前 言	
第一版前言	
第二版前言	
绪 论	1
第一章 土石方工程施工	4
第一节 土方工程的施工方法及施工机械	4
第二节 土石坝填筑施工	13
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	49
第一节 混凝土工程施工的准备工作	49
第二节 混凝土的拌制、运输与浇筑	59
第三节 混凝土水闸施工	68
第四节 混凝土坝施工	74
第五节 隧洞钢筋混凝土衬砌施工	78
第六节 预制钢筋混凝土装配式渡槽施工	81
第七节 浆砌石坝施工	86
第八节 浆砌石拱施工	90
第三章 地基处理	96
✓第一节 灌浆法	96
第二节 连续防渗墙	103
第三节 其他处理方法	106
第四章 施工导流与基坑排水	109
第一节 施工导流方式	109
第二节 围堰	110
✓第三节 截流	113
第四节 施工渡汛	116
第五节 导流方案选择与控制性施工进度	117
第六节 基坑排水与泉眼处理	119
第五章 施工总组织、概(预)算及施工管理	125
第一节 施工进度	125
第二节 施工总布置	131
第三节 定额	134
第四节 工程概、预算	136
第五节 工程承包制与施工管理	144
参考文献	157

绪 论

《农田水利工程施工》是研究农田水利工程施工的施工方法、施工组织与施工管理的学科。

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。两千多年以前就修建了黄河与长江大堤、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。我国历代劳动人民还创造了不少施工工具，如夯、戙、钎、打桩吊锤等，并积累了许多宝贵经验，如梢掘、竹笼、杗槎及草土围堰截流；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。

新中国成立后，随着我国水利建设的蓬勃的发展，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；定向爆破筑坝与整地；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，不少土石坝、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，如斗容量 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劈裂灌浆、旋喷桩、碾压混凝土坝施工、钢筋混凝土面板堆石坝施工，系统工程在施工中的应用等的研究，成果已用于生产实践。

在管理方面，已经由原来的自营制转变为承包制，将竞争机制引入施工企业。促进了施工企业采用新技术，提高管理水平。在管理方面落后的面貌已逐渐改变，经济效益有显著提高。

水利工程施工的主要任务是根据工程承包合同、设计说明书与设计图纸，编制施工计划、做好施工准备、加强施工管理，合理使用机械设备、材料、人力和资金，有计划地、科学地组织施工，按期完成工程建设，保证工程质量，确保安全，降低工程成本。

在组织水利工程施工时，必须注意它所具有的特点：①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；②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，从而决定了施工方法的多样性；③农田水利工程分布面广，且多处山谷、农村。工种多、施工前线长，这就增加了施工组织上的困难；④水

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，且对质量要求较高。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，因时制宜采用先进的、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：①严格按照基本建设程序办事，工程承包合同必须以国家计划为依据；②严格遵守承包合同规定的工期，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；③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；④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；⑤百年大计，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；⑥“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；⑦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、地基处理等工种的施工机械、施工方法与施工技术；土石坝、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、研究和总结以提高施工科学技术、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。

复 习 题

- 1.我国在水利工程施工方面有哪些成就？
- 2.水利工程施工的主要任务是什么？在施工中如何完成这些主要任务？
- 3.水利工程有哪些特点？在组织水利工程施工时如何适应这些特点？
- 4.水利工程施工应遵循的基本原则是什么？
- 5.水利工作者的光荣职责是什么？

思 考 题

1. 实行工程承包制与自营制相比有何优点？工程承包合同与国家计划有何关系？
2. 如何理解“施工条件不同的水利工程，必须采用不同的施工方法”与“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”？

第一章 土石方工程施工

第一节 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，我国水利部门把土方分为四级：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级土则介于上两者之间。土的施工级别不同，施工挖掘所消耗的劳动量和机械台时也不同。

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、土料开挖与开挖机械

1. 正铲挖掘机挖土 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。具有挖掘力大、操纵灵活、生产率高、使用可靠等优点。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。

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 、 4m^3 几种。

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。

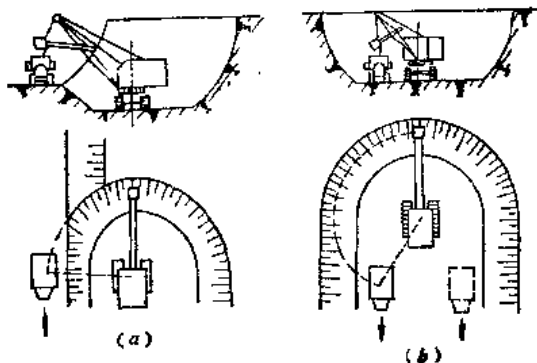


图 1-1 正铲挖掘机开挖方式
(a)侧向开挖；(b)正向开挖

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1-1）。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。在设计土掌尺寸时，为了操作安全，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 $5\%\sim 10\%$ 使用；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；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量不同而异（表1-1）。

正铲挖掘机的实用生产率（ P ）可用下式计算：

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 (m³)							
	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

$$P = \frac{T}{t} q K_c K_r K_{tj} \quad (\text{m}^3/\text{台班}) \quad (1-1)$$

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

式中 T ——工作班时间, s;

t ——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, 一般为15~30s;

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_r ——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_{c_1} ——铲斗装土的充满系数, 一般等于或小于1;

K_{c_2} ——土的折实系数, 是土方挖掘前后实土与松土体积之比值, I级土为0.83~0.91, II级土为0.78~0.88, III级土为0.71~0.81, IV级土为0.73~0.79;

K_{tj} ——工作班内时间利用系数, 视机械的完好程度、操作技术和施工管理水平而定, 一般为0.8~0.9。

2. 拉铲挖掘机挖土 拉铲挖掘机的斗容量一般为1~4m³, 最大者有达14~27m³。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。由于支杆较长(13~40m), 支杆的倾角较小(30°~45°), 所以挖掘机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4m³以下斗容量的拉铲, 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1-2)。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。

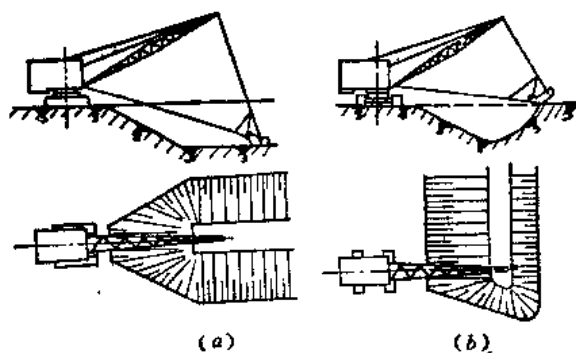


图 1-2 拉铲挖掘机的开挖方式
(a)正向开挖; (b)侧向开挖

3. 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1-3为牵引式液压操纵铲运机的工作过程。

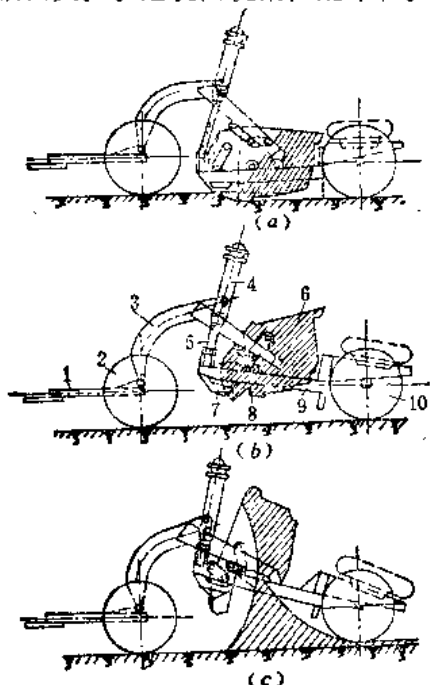


图 1-3 牵引式液压操纵铲运机的工作过程

(a) 铲土; (b) 运土; (c) 卸土

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

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 $100 \sim 150\text{m}$ 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 、 15m^3 , 最大有达 65m^3 的。

牵引式铲运机需拖拉机牵引。选配拖拉机需计算所需牵引力。牵引力根据铲土及装土阻力、行驶阻力、爬坡坡度而定, 可用下式计算:

$$F \geq K_p b h + K_{\text{土}} Q + (Q + q) w_0 + 9.81(W + Q + q)i \quad (1-2)$$

式中 F ——挂钩牵引力, kN ;

K_p ——单位铲土阻力, kN/m^3 , 砂土为 49 , 壤土为 78.5 , 粘土为 117.7 ;

b ——铲土宽度, m ;

h ——铲土深度, m ;

$K_{\text{土}}$ ——土挤入土斗的单位阻力, kN/t , 斗容在 1m^3 以内时为 9.81 ; 斗容大于 1m^3

时, 挖砂土为 $\frac{13.34}{\sqrt{Q}}$, 挖粘土时为 $\frac{14.42}{\sqrt[3]{Q}}$;

Q ——土斗中的土重, t ;

q ——铲运机的重量, t ;

w_0 ——单位行驶阻力, kN/t , 在压实土上为 $0.98 \sim 1.47$, 在松散土上为 $1.96 \sim 2.45$;

W ——拖拉机重量, t ;

i ——铲运机铲土或运土时的地面坡度, 以小数计, 下坡时用负值。

用上列公式求出挂钩牵引力, 即可选择拖拉机。常用拖拉机的工作性能见表1-2。

由上列公式可以看出, 铲土宜在平坦地面进行(即 $i = 0$), 最好下坡铲土, 可以减小牵引力。另外, 在运土过程中, 应根据不同的道路坡度(所需牵引力不同), 采用不同

表 1-2

履带式拖拉机工作性能

档 位	红旗-100		东方红-75	
	前进速度 (km/h)	挂钩牵引力 (kN)	前进速度 (km/h)	挂钩牵引力 (kN)
一 档	2.36	88.29	4.45	35.32
二 档	3.78	52.97	5.68	26.08
三 档	4.51	43.16	6.54	22.76
四 档	6.45	26.49	7.82	18.25
五 档	10.13	14.72	10.31	12.16

档位，以加速行驶速度，缩短循环时间。

用铲运机进行土方施工时，有环形和“∞”字形两种基本开行方式。例如在开挖渠道时，开行路线如图1-4所示。当采用环形开行时，若挖填方高差不超过1.5m，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。

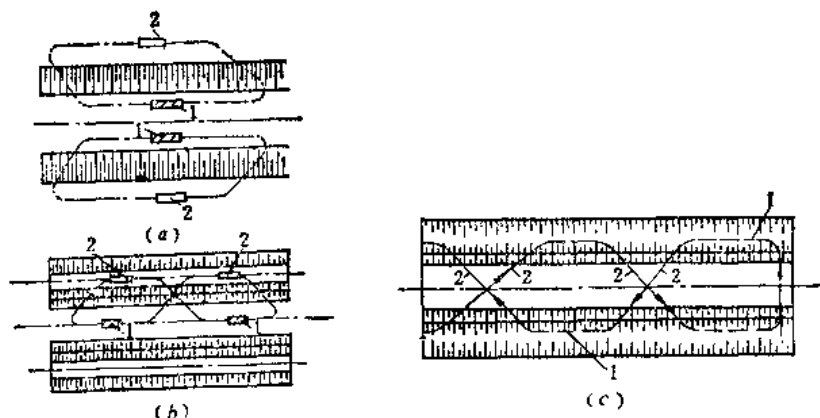


图 1-4 铲运机开挖渠道及填筑路堤的开行路线

(a) 环形开行；(b) “∞”字形开行；(c) 折线形开行

1—铲土；2—卸土

铲运机铲土和卸土的长度 (L) 可由下式计算：

$$L_{\text{铲}} = \frac{VK_s K_r K_l}{bh} \quad (\text{m}) \quad (1-3)$$

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

上二式中 V ——铲运机土斗容积， m^3 ；

K_s ——土斗装土的充满系数，干砂为0.6，密实土为0.95，中等密实土为1.17，松软土为1.26；

K_r ——土的折实系数；

K_l ——铲土过程中土的漏失系数，取1.2；

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:

$$P = \frac{T}{t} \cdot VK_s K_v K_{ij} \quad (\text{m}^3/\text{台班}) \quad (1-5)$$

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

式中 T —— 工作时间;

t —— 循环时间;

$L_{\text{铲}}$ 、 $L_{\text{运}}$ 、 $L_{\text{卸}}$ 、 $L_{\text{空}}$ 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 ——分别为每一循环的换挡和转弯次数;

$t_{\text{换}}$ 、 $t_{\text{弯}}$ ——分别为每次换挡和转弯的时间;

其余符号的代表意义与公式(1-1)、(1-2)、(1-3)同。

为了提高铲运机的生产率, 除了尽量采用大斗容量、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。

4. 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。

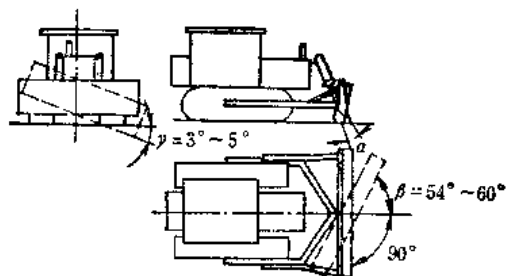


图 1-5 推土机推土刀角度的调整

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(1马力=735.5W)等类型。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上层。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1-5),

以适应不同的施工要求。

推土机的生产率(P)由下式计算:

$$P = \frac{T}{t} \cdot VK_s S_i K_{ij} \quad (\text{m}^3/\text{台班}) \quad (1-7)$$

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

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

上式中 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 ——推土机的换档、调向时间；

其它符号代表意义与公式(1-5)、(1-6)同，并见图1-6。

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1-7)。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。

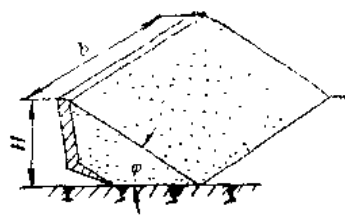


图 1-6 推土机推土刀前土方体积计算

5. 流砂(泥)开挖 开挖排水沟或建筑物基坑，有时遇到流砂或流泥，难于挖进。形成流砂、流泥的原因是土颗粒很细且均匀，水力坡度较大。当动水压力超过土粒容重，达到能使土粒悬浮时，即会形成流砂或流泥。遇到流砂或流泥时，应采取措施，减小或平衡动水压力，使土颗粒稳定。具体措施有：①在低水期施工，使水头差不高于0.5m；②水中挖土，不抽水或少抽水，减小水头差；③人工降低地下水位；④沿基坑四周打板桩，深入到不透水层，减少坑内动水上涌。

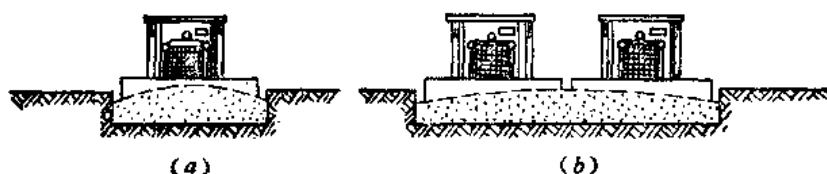


图 1-7 推土机推土方法的改进
(a)沟槽推土法；(b)多机并列推土法

二、土料运输与带式输送机

土料运输当与挖掘机配合时，通常采用自卸汽车。当地形复杂，坡度较大，通过窄狭地带和跨越深沟等时，采用带式输送机更为适宜。

带式输送机是一种连续式运输设备，生产率高，机构简单轻便，造价低廉；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；运输距离可达数千米。

带式输送机有固定式和移动式两类(图1-8)。由胶带(皮带)、两端的鼓筒、承托带条的辊轴、拉紧装置、电动机、机架和喂料、卸料设备等组成。移动式带式输送机一般长15m，可用手把调整它的上仰坡度，底部安有轮子可以移动。胶带由多层织物构成、外涂橡胶保护。胶带在接头处可以用氯丁橡胶进行粘接。承托承重带条的辊轴一般为槽形，承托空带条的空载辊轴为水平形。带条的宽度有300~1400mm，其运行速度为1.25~4m/s。此外，还有一种钢索带式输送机，它是用两根钢索支承刚度较大的胶带并牵引带条运行的运输机。这种运输机单机长度可达数千数，适用于地点固定、距离长、大量粒状材料的运输。

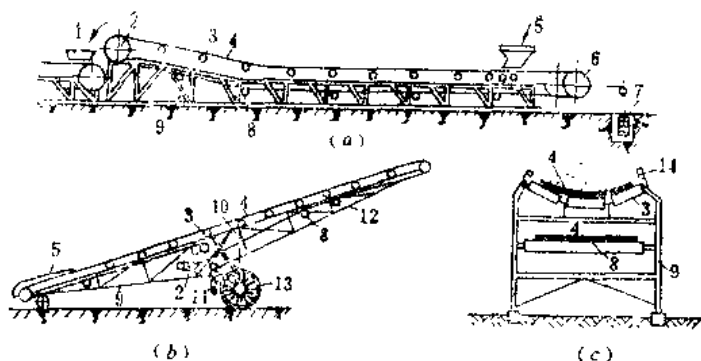


图 1-8 带式输送机

(a)固定式; (b)移动式; (c)运输带剖面图

- 1—卸料槽; 2—主动鼓筒; 3—承重辊轴; 4—带条; 5—喂料器;
6—拉紧鼓筒; 7—拉紧装置; 8—空载辊轴; 9—机架; 10—活动关节;
11—手动绞车; 12—上机架; 13—移动轮; 14—防偏辊轴

工程中应用带式输送机, 要正确选择适当的带条宽度和运行速度。选择带条宽度时除考虑物料的尺寸外, 主要决定于要求的施工生产率。而带条的运行速度, 可根据运送物料的种类和带宽进行选择, 以保证物料在运输中不从带条上跳出为原则。各种宽度的带条, 其最大运行速度可分为: 400mm—1.5m/s; 650mm—2.0m/s; 800mm—2.5m/s; 1000mm—2.75m/s; 1200mm—3.0m/s; 1400mm—4~5m/s。但在上坡运行时带条的运行速度应作适当降低。在布置带式输送机时, 其坡度不应超过各种物料的最大允许坡度, 以防物料在运行中下滑。带式输送机运送各种物料的允许上升坡度可采用: 土—25°; 砂—18°; 卵砾石—20°; 水泥—20°; 混凝土—坍落度小于4cm时为20°, 坍落度为4~8cm时为15°, 其相应的允许下降坡度为12°和10°。

带式输送机是一种连续运输设备, 槽形带的生产率(P)可按式计算:

$$P = 400B^2vK'_1K_2K_3K_4 \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (1-10)$$

式中 B ——带条宽度, m;

v ——带条运行速度, m/s;

K'_1 ——土石料的折实系数;

K_2 ——带条上的物料装载系数, 可采用0.5~1.0;

K_3 ——时间利用系数;

K_4 ——坡度影响系数, 当倾角 $<10^\circ$ 时, $K_4=1.0$; 当倾角为 $11^\circ\sim15^\circ$ 时, $K_4=0.95$; 当倾角为 $16^\circ\sim18^\circ$ 时, $K_4=0.9$; 当倾角为 $18^\circ\sim22^\circ$ 时, $K_4=0.85$ 。

三、土料压实与压实机械

在土石堤坝等水工建筑物的填筑施工中, 对土石方必须充分压实。压实土石方的机械按其作用原理有碾压压实、振动压实和夯击压实三类。常用的压实机械见图1-9。

压实粘性土通常采用羊足碾与气胎碾。

羊足碾一般重约5~8t, 由于碾重主要由与压实面接触的一排羊足来承受, 故羊足下