

高等学校教材

水利工程施工

武汉水利电力学院施工教研室、华东水利学院施工教研组 编



中国工业出版社

高等学校教材



水利工程施工

武汉水利电力学院施工教研室、华东水利学院施工教研组 编



中国工业出版社

本教材是根据1962年12月水利电力部在武汉市召开的高等工业学校水利电力专业教学工作會議所編制的河川枢纽及水电站建筑专业教学計划(草案),和該专业的“水利工程施工”教学大綱(草案)来进行編写的。

全书共分为七篇,前四篇系基本工种施工部分,包括土方工程、爆破工程、混凝土和鋼筋混凝土工程、沉桩工程与灌浆工程;第五篇系施工导流、截流及基坑排水;第六篇系建筑物的施工与維修;第七篇系施工組織与管理。

本书可作为高等工业学校河川枢纽及水电站建筑专业的教材,其他水利工程专业教学参考书,也可供水利工程技术干部参考。

水 利 工 程 施 工

武汉水利电力学院施工教研室、华东水利学院施工教研組 編

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $25^{3/4}$ ·插頁 1·字数571,000

1965年6月北京第一版·1965年6月北京第一次印刷

印数0001—3,100·定价(科五)2.70元

*

統一书号: K 15165·3929(水电-513)

前 言

本教材是根据1962年12月水利电力部在武汉市召开的高等工业学校水利电力专业教学工作會議所編制的河川枢纽及水电站建筑专业教学計划（草案），和該专业的“水利工程施工”教学大綱（草案）来进行編写的。

本教材共分七篇，前四篇系基本工种施工部分，計有土方工程、爆破工程、混凝土和鋼筋混凝土工程、沉桩工程与灌浆工程等。第五篇系施工导流、截流及基坑排水，是水利工程施工所特有的部分。第六篇系建筑物的施工与維修，是在基本工种施工的基础上，較系統地介紹三种主要建筑物的一般施工方法，对于維修方面只概略地介紹普通維修方法。第七篇系施工組織与管理，概括地介紹了有关这方面的基本知識。

本书可作为高等工业学校河川枢纽及水电站建筑专业的教材，其他水利工程专业的教学参考书，也可供水利工程技术干部参考。

本教材的編写分工是：武汉水利电力学院施工教研室郭暄、吳国栋、袁光裕、李英明等同志編写緒論，土方工程，混凝土和鋼筋混凝土工程，灌浆工程，施工組織与管理等篇章；华东水利学院施工教研組汪龙腾、李开运、周家苞等同志編写了爆破工程，沉桩工程，施工导流、截流及基坑排水等篇章；以上两校几位同志合編建筑物施工与維修一篇。

在定稿时，承清华大学陈祖东教授对混凝土和鋼筋混凝土工程一篇和混凝土坝的施工一章，华东水利学院李崇德教授对沉桩工程与灌浆工程一篇，陝西工业大学蔣貴元教授、孙振天同志和黄自瑾同志对施工导流、截流及基坑排水和施工組織与管理两篇，和天津大学吕元平教授对爆破工程一篇及輓压式土坝施工与水工隧洞的施工两章，进行了細致的修改与补充，对保証教材的质量起了很重要的作用，特向他們几位同志表示感謝。

本书承天津大学吕元平教授审閱，对原稿提出了許多宝贵意見；另外还有許多同志为教材的抄写与繪图进行过辛勤的劳动，特借此机会表示感謝。

我們虽然作了一些努力，并严肃地对待編写教材的任务，但是限于水平，书中仍难免存在着一些缺点和錯誤，敬請讀者給以指正。意見請寄武汉市武汉水利电力学院施工教研室。

編 者

1964年2月

目 录

前 言 緒 論

前 言 1

第一篇 土方工程

第一章 土方开挖	7
§ 1-1 挖掘机械的分类	7
§ 1-2 正向鏟挖掘机作业	9
§ 1-3 索式挖掘机作业	15
§ 1-4 其他类型的单斗式挖掘机及单斗式 挖掘机的生产率	19
§ 1-5 多斗式采砂船作业	21
§ 1-6 鏟运机作业	24
§ 1-7 推土机、平土机、犁揚机和松土机 的特点和适用条件	29
第二章 土方运输	32
§ 2-1 土方运输的重要性及主要 运输方式	32
§ 2-2 铁路运输	32
§ 2-3 无轨运输	34
§ 2-4 絞車道运输	36
§ 2-5 牵引力計算	37
§ 2-6 运输的技术經濟特征	40
§ 2-7 带式运输机的連續运输	42
第三章 土料压实	45
§ 3-1 土料压实的基本理論和影响 压实的因素	45
§ 3-2 土料压实的基本方法与压实 机械的分类	46
§ 3-3 主要碾压机械的构造、特点、适用 条件及压实参数	48
§ 3-4 夯实机械与振动机械	53
§ 3-5 現場压实試驗	57
第四章 土工水力机械化施工	60
§ 4-1 概述	60
§ 4-2 水枪作业	63
§ 4-3 吸泥船作业	66
§ 4-4 土工建筑物的水力冲填	69

第二篇 爆破工程

第五章 爆破的基本理論及药包量的 計算原理	76
§ 5-1 爆破的基本理論	76
§ 5-2 药包分类与药包量的計算	77
第六章 爆破材料和起爆方法	82
§ 6-1 炸药	82
§ 6-2 起爆方法与起爆器材	85
第七章 钻孔	88
§ 7-1 浅孔的钻孔方法与凿岩设备	88
§ 7-2 深孔的凿岩设备	91
第八章 爆破的基本方法	93
§ 8-1 浅孔爆破法	93
§ 8-2 深孔爆破法	95
§ 8-3 药壺爆破法	96
§ 8-4 洞室爆破法	97
§ 8-5 裸露药包法	99
第九章 定向爆破	100
§ 9-1 定向爆破筑坝的地形与地质条件	101
§ 9-2 定向爆破筑坝药包布置与 爆破范围	102
§ 9-3 抛擲堆积体計算	109
§ 9-4 定向抛擲爆破修筑渠道	110
第十章 爆破工程的安全技术 及防爆措施	111
§ 10-1 安全技术	111
§ 10-2 防爆措施	113
第三篇 混凝土和鋼筋混凝土工程	
第十一章 骨料制备	117
§ 11-1 概述	117
§ 11-2 骨料加工	118
§ 11-3 骨料加工厂	124
§ 11-4 骨料的儲存	125
第十二章 模板作业	127
§ 12-1 概述	127

§ 12-2	模板側压力的确定	128	§ 19-2	錘击法沉桩	199
§ 12-3	拆移式模板	129	§ 19-3	振动沉桩	207
§ 12-4	固定式模板	131	§ 19-4	水射法沉桩	211
§ 12-5	移动式模板	131	§ 19-5	就地浇筑桩	212
§ 12-6	混凝土模板	132	第二十章	灌浆工程	215
§ 12-7	模板作业的組織	133	§ 20-1	概述	215
第十三章	鋼筋作业	135	§ 20-2	岩基水泥灌浆	216
§ 13-1	鋼筋加工	135	§ 20-3	砂砾地基灌浆	226
§ 13-2	鋼筋加工厂	140	第五篇	施工导流、截流及基坑排水	
§ 13-3	鋼筋的运输和安装	141	第二十一章	施工导流	229
第十四章	混凝土的制备	141	§ 21-1	概述	229
§ 14-1	概述	141	§ 21-2	导流方法	229
§ 14-2	水泥的儲存和供应	142	§ 21-3	围堰	235
§ 14-3	混凝土的配料	143	§ 21-4	施工导流設計	242
§ 14-4	混凝土的拌和	144	§ 21-5	施工导流实例	250
§ 14-5	混凝土工厂	147	第二十二章	截流工程	255
第十五章	混凝土运输	151	§ 22-1	概述	255
§ 15-1	概述	151	§ 22-2	截流日期与截流流量的选择	256
§ 15-2	混凝土的水平运输	152	§ 22-3	截流方法	256
§ 15-3	混凝土的垂直运输	155	§ 22-4	抛石截流的設計与施工	261
§ 15-4	混凝土的連續运输	167	第二十三章	基坑排水	265
§ 15-5	运输混凝土的輔助设备	172	§ 23-1	明式排水	265
第十六章	混凝土的浇筑和养护	175	§ 23-2	人工降低地下水位	271
§ 16-1	大体积混凝土的分块	175	第六篇	建筑物的施工与維修	
§ 16-2	浇筑混凝土前的准备工作	176	第二十四章	碾压式土坝施工	282
§ 16-3	混凝土的浇筑	178	§ 24-1	碾压式土坝施工的特点和应注意 的問題	282
§ 16-4	混凝土的养护	183	§ 24-2	料场的选择与规划	283
第十七章	混凝土工程的其他 施工方法	184	§ 24-3	坝基开挖与岸坡处理	286
§ 17-1	混凝土真空作业法	184	§ 24-4	土料的开挖与运输	287
§ 17-2	混凝土分部浇筑法	186	§ 24-5	土坝的填筑与压实	290
§ 17-3	水下浇筑混凝土	187	§ 24-6	质量的检查与控制	293
§ 17-4	喷浆作业	188	§ 24-7	冬、雨季施工措施	294
§ 17-5	装配式混凝土建筑物的 施工特点	190	§ 24-8	碾压式土坝的維修	295
第十八章	混凝土的冬夏季施工	193	第二十五章	水工隧洞的施工	297
§ 18-1	混凝土的冬季施工	193	§ 25-1	隧洞施工的工序与特点	297
§ 18-2	混凝土的夏季施工	197	§ 25-2	隧洞的开挖方式	298
第四篇	沉桩工程与灌浆工程		§ 25-3	隧洞开挖的炮孔布置与 钻机选择	300
第十九章	沉桩工程	199	§ 25-4	隧洞开挖的爆破	305
§ 19-1	桩的作用与种类	199			

§ 25-5 隧洞开挖的出碴.....	305	§ 28-2 定额手册.....	353
§ 25-6 隧洞开挖的支撑.....	307	第二十九章 施工进度计划.....	358
§ 25-7 隧洞开挖的辅助工作.....	311	§ 29-1 施工进度计划的任务与类型.....	358
§ 25-8 隧洞的混凝土衬砌和灌浆.....	313	§ 29-2 进度计划的编制.....	359
§ 25-9 隧洞施工组织.....	318	§ 29-3 技术供应与生活供应计划.....	364
§ 25-10 其他地下建筑物的 施工特点	323	第三十章 大型临时设施、辅助企业与 施工总体布置	366
§ 25-11 地下建筑物的施工 安全技术	324	§ 30-1 大型临时设施及施工总体 布置的内容.....	366
第二十六章 混凝土坝的施工.....	325	§ 30-2 施工辅助企业.....	367
§ 26-1 混凝土坝的施工特点.....	325	§ 30-3 仓库业务.....	371
§ 26-2 坝基开挖和处理.....	327	§ 30-4 施工运输.....	373
§ 26-3 混凝土坝的施工分期.....	328	§ 30-5 临时性居住与公用房屋.....	375
§ 26-4 混凝土制备系统的布置.....	330	§ 30-6 工地供水.....	376
§ 26-5 栈桥运输与门式起重机的 布置.....	331	§ 30-7 工地供电.....	381
§ 26-6 缆式起重机的布置.....	334	§ 30-8 压缩空气的供应.....	383
§ 26-7 大体积混凝土坝的温度控制.....	336	§ 30-9 施工总体布置的设计.....	385
§ 26-8 骨料预冷与水管冷却.....	341	第三十一章 水利工程概、预算.....	388
§ 26-9 坝体埋设件施工与接缝处理.....	343	§ 31-1 水利工程概、预算的意义 与组成.....	388
§ 26-10 混凝土坝的维修.....	346	§ 31-2 概(预)算书的编制.....	390
第七篇 施工组织与管理		§ 31-3 总概(预)算书的编制.....	396
第二十七章 概論	348	第三十二章 施工管理	397
§ 27-1 水利水电工程建设程序.....	348	§ 32-1 施工管理的内容与原则.....	397
§ 27-2 勘测、设计与施工的关系.....	349	§ 32-2 施工管理机构与调度制.....	398
§ 27-3 施工组织设计.....	350	§ 32-3 计划管理.....	399
第二十八章 定额	352	§ 32-4 技术管理.....	402
§ 28-1 定额的意义及分类.....	352	§ 32-5 安全管理.....	404
		§ 32-6 经济核算.....	405

緒 論

“水利工程施工”是一門新兴的学科，它介紹和研究国内外水利水电建設中所使用的施工机械、施工技术和施工組織与計劃。

本課程是河川枢纽及水电站建筑专业的主要专业課之一。通过本課程的学习和参加生产劳动、生产实习与毕业設計，使学生具有河川枢纽及水电站建筑物的施工技术及施工組織的基本知識，了解主要工种的施工机械，能初步从事施工組織設計和現場的施工工作。

一、水利工程施工的任务

由于生活和生产的需要，人类在很早以前就会修建防洪堤堰和排灌渠道来防范洪水的侵害和更有效地利用水利資源。人們在水利工程的实践中，获得了許多水利知識，認識了有关水利方面的一些自然規律，积累和总结这些知識和規律，就逐漸形成了一門水利科学。随着水利科学的不断发展，水利工程施工的規模日益扩大和技术日趋完善。近年来，由于水利水电建設的需要和水利科学进一步的发展，水利工程施工已从水利科学中发展成一門独立的新学科。

水利水电建設工作可以概括分为勘测、规划、設計、施工和管理五个阶段。各阶段的任务虽不相同，可是相互关系很密切。譬如施工与設計、管理的关系：施工必須以水工、机电設計为依据，水工、机电設計又在一定程度上受施工条件的限制，而設計与施工又都要重視水利工程的运轉和管理的便利。在初步設計阶段，水工、机电設計必須在施工設計之前制定；而在技术設計阶段，某些項目的施工設計又必須在水工、机电設計之前定案。如果沒有完整的水工、机电設計，盲目施工必然会造成浪费与錯誤；即使有較完善的設計，通过施工实践的驗證，总要或多或少地修改設計；而設計与施工的最后評价必然在运轉和管理上来体现。

水利工程施工的主要任务可归納如下：

(1) 遵照設計任务书和有關部門的要求，根据工程所在河流的自然条件、当地社会經濟情况、可能提供的人力物力、技术条件和工程特点，編制切实可行的施工組織設計。施工組織設計一般应包括施工条件分析、导流方案、主体工程施工方案、場内外交通运输方案、施工輔助企业及大型临时設施、施工总进度計劃、施工总体布置、技术供应計劃和概(預)算等。

(2) 按照施工組織設計，做好施工准备，加强施工的計劃性，合理組織劳动力，充分利用施工設備，保證施工质量，有效使用資金，多快好省地全面完成施工任务。

(3) 在施工过程中进行观测研究。水利工程本身是很好的原型研究对象，不能为試驗室的模型試驗所代替。水利科学的发展需要原型研究和模型試驗的相互配合与驗證。原型研究的范围很广，有的可以在完建的水利工程中来作，有的要在施工过程中来作。所研究的内容一般包括：水力学、水工結構、建筑材料、結構力学、土力学及地基基础、工程

地质学、水利工程施工和动力与机械等方面。

二、我国在水利工程施工方面的成就与展望

我国劳动人民在水利建设上有着卓越的贡献。几千年来在群众辛勤劳动下，修建了许多兴利除害的水利工程，摸索到很多宝贵的施工经验，例如：草土围堰和柳桩围堰的施工；在与洪水斗争中使用捆厢埽进占、捆厢埽结合柳枕进占、柳枕预先护底、平堵与进占相结合等堵口方法；钱塘江海塘条石的砌筑；以及堤防修筑等。然而在长期的封建统治和国民党反动统治的年代里，水利事业不仅得不到应有的发展，而且有些已建成的工程听任其荒废破坏。

解放后，在党和政府的正确领导下，我国的水利水电建设事业得到了蓬勃的发展，水电建设的技术力量很快地成长和壮大。在施工方面掌握和创造了许多新的技术，采用和发展了一些新的施工机械，积累了不少施工组织与管理的经验，因而也提高了施工理论与技术水平。例如，新安江水电站工程，集中了上万名的优秀工人和技术人员，使用了上千件的施工机械，在短短三年多的时间内，就建成了一座高100余米的混凝土拦江大坝。我国除了建成许多混凝土大坝外，还修建了许多的各种类型的当地材料坝，其中有的土坝的工程量在千万立方米左右，一般工期只有二、三年，而且施工质量良好。

我们在水电建设方面取得上述辉煌成绩，当然与施工水平的提高是分不开的。在混凝土工方面，我们已从半机械化施工发展成综合机械化施工，并开始试用装配式混凝土坝；在软基加固和砂砾石地基的防渗处理方面，采用了换土筑砂垫层、预压和砂井排水、深层爆破加密砂基、砂砾层防渗灌浆以及现场浇筑混凝土防渗墙等；在修建当地材料坝方面，掌握了高速优质的施工技术，创造出一种综合机械化施工方法，发展了水中填土筑坝和定向爆破筑坝等；在围堰与截流方面，不仅进一步发展了草土围堰，而且多次成功地使用抛石立堵截流，等等。其中，某些方面已接近或达到了世界先进水平。

应该指出，解放以来，我国在水利工程施工方面虽然取得了迅速的发展和巨大的成绩，但是我们的大型施工机械还比较落后，在数量上也不够多；施工机械的利用率还不够高；已有的机具还需要改进；有些新施工技术还需要钻研与推广；我们的施工组织与管理也还不够严密。目前所存在的这些问题，在党的正确领导下，在红旗照耀下，一定会迅速地得到解决。

我国江河的根治正在进行，而水利资源又非常丰富，随着国民经济的迅速发展，水电建设定将飞跃前进，水利工程施工的水平亦将攀登世界高峰！

三、水利工程施工的特点和施工组织的基本原则

水利工程施工的特点可概括如下：

(1) 水利工程施工经常是在河流上进行，受地形、地质、水文、水文地质、气候等因素影响很大。在河流上施工，常常需要进行施工导流和基坑排水，这就必须与洪水和渗水作斗争，而且也必须保证工期。在冬季、夏季或雨季施工时，又需要采取适当措施来保证工程质量。

(2) 河流上挡水建筑物的作用非常重要，往往关系着下游千百万人民的生命财产的安全。如果施工质量不良，会影响建筑物的寿命和效益，而且会大大增加经常维修的费用；

严重的会造成建筑物的失事,給国民經济带来不可弥补的损失。因此,必須保証施工质量。

(3) 在河流上修建水利工程,涉及的有关方面比較多,如航运、灌溉、工业与城市用水等都是,这就增加了施工上的复杂性。

(4) 水利枢纽往往位于交通不便的山谷地区,組織施工时,不仅需要修建为施工服务的輔助企业和道路,还要修筑职工及家屬的一系列房屋。因此,水利工地往往附有大量的临时工程,从而增加了施工的范围和费用。必須妥善安排临时工程,尽量减少这方面的开支。

(5) 水工建筑物一般都是由許多分部工程所組成,工程量比較庞大,施工强度高,施工干扰的机会也多。因此,組織施工时,应根据劳动力、机械設備、施工期限和对施工质量的要求等,因地制宜地选择最經濟合理的施工組織方案。

(6) 水利工程往往有許多爆破、地下、水上和高空等作业,必須重視施工安全。

总之,水利工程施工,特别是大中型的水利工程,具有工程量大、投資多、对施工质量要求严格和施工技术复杂等特点,因而必須加强党的領導,貫徹群众路綫。

根据以往的施工經驗,可总结出以下几項施工組織的基本原则:

(1) 水利工程施工,特别是大中型水利工程施工,是一种包罗万象、牵涉面很广的工作:不仅有方針政策問題,而且有技术經濟問題;不仅有組織問題,而且有专业技术問題;不仅在内部方面分工細、工种多、相互間牵联多,需要妥善的协作,而且在对外方面和工程有关的单位亦多,特別需要和勘测設計、器材生产与科学研究等单位取得密切的合作。为了正确貫徹党的方針政策,处理各种关系与解决专业技术問題,必須依靠党的領導,坚持群众路綫。多年来的經驗証明,凡是在施工过程中坚决依靠了党的領導,充分发动了群众,工程施工就会进行得多快好省,否則就会进行得少慢差费。

(2) 必須全面貫徹多快好省的原則。在工程建設中應該根据需求和可能,尽快地完成质量优良、数量众多、成本低廉的工程,任何片面強調某个方面而忽視另一方面都是錯誤的,都会造成不良后果。为了全面貫徹多快好省的原則,在施工中,必須遵守以下各項:

1) 按基本建設程序办事。水利工程施工应遵照上級批准的施工組織設計与設計图紙进行施工,如需要变动施工規模和技术标准等,必須事先取得上級与設計单位的同意。应在上述基础上,保証如期完工。

2) 貫徹执行百年大計、质量第一的质量要求,遵守技术規程规范,确保施工质量。

3) 貫徹勤俭建国的方針。因地制宜,因时制宜,充分利用現有的机械設備,并坚持不断地提高机械化施工水平。節約建筑材料,特别是木材、鋼材与水泥等。积极采用技术革新、技术革命的成果,但是必須坚持一切經過实验的原則。節約施工用地,尽量少占耕地和好地。

4) 技术措施和組織措施都应符合安全施工的要求,加强劳动保护,保証职工的安全和健康。

5) 一切从实际出发,做好人力物力的綜合平衡,力爭均衡有节奏地施工。

四、本課程的主要內容、特点与学习方法

本課程是一門直接为专业服务的专业課。它利用一般的理論来解决水利工程施工中的

問題，介紹一些基本的和当前常用的施工技术和施工机械，以及有代表性的主要建筑物施工和施工組織的基本內容等。

本課程的前四篇是介紹水利工程施工的基本工种，如土工、爆破工、混凝土工、桩工与灌浆工，着重闡述施工技术方面的基本內容。对施工机械的介紹是結合施工技术来进行的，只簡單介紹它們的构造，但較詳細地說明了它們的性能与适用条件。沉桩工程一章，因为目前水利工地使用不多，各校在讲课时可以根据具体情况加以取舍。

第五篇的前两章是水利工程施工所特有的部分。施工导流与截流往往是水利工程施工中的关键性工作，它們的內容和前四篇的有显著的不同，偏重于利用水力学和水文学的知識进行施工规划，对于施工方法只作概括的介紹。在基坑排水一章里，对排水的规划和施工作了一般性的介紹。

第六篇是建筑物的施工与維修。它是在前五篇的基础上，对碾压式土坝施工、水工隧洞施工和混凝土坝施工作輪廓性的介紹，提示在建筑物施工中如何运用前五篇所學的知識。着重闡明建筑物施工中各工种間的联系与配合，而对維修工作仅作扼要介紹。在內容上为了避免过多的重复，当用到前面已經介紹过的东西时，只概略地提醒一下。讀者可自行复习前面有关部分。对于各章共同有的內容采取分工叙述的办法，如碾压式土坝施工一章里着重介紹土基开挖与土料場的规划与土料挖运，而岩基开挖部分在混凝土坝施工一章里叙述。本篇各章是繼續有关篇章来叙述的，所介紹的只是其他篇章中不能包括的主要內容，因而必須与有关篇章貫通起来学习。

对于施工中的事故处理和已成建筑物的改建、扩建与維修工作，只能概略地介紹一般常用的方法。实际上，只有在查明情况与起因后，才能确定处理方法。具体施工措施須根据現場条件来选定。

第七篇各章系施工組織与管理的一些基本部分，为編制施工組織設計打下基础，也为施工管理提出原則性的說明。学习本篇应了解它的精神实质和基本原則，知道主要設計步驟和程序。

本課程的特点大致可概括如下：

(1) 由于水利工程施工的特点，本課程所包括的篇章較多，其中大部分可以单独讲解，前后次序可以变更。

(2) 包括半經驗公式、施工程序、施工特点、施工机械的适用条件、生产数据等內容較多，需要理解其实用的意义。

(3) 由于課程性质，叙述性的內容較多。

(4) 技术經濟問題是施工中最主要的問題，而施工机械又在这方面起着决定性的作用。本課程限于篇幅，仅給予必要的启示，沒有給出全面的数据。

从課程的內容和特点来看，学习本課程应对各段叙述、各公式、各数据深入体会其意义，理解了道理，才便于記憶和日后应用，不要呆板地背誦。学习时应掌握基本概念、基本方法和联系学习过的有关課程，循序前进。再通过施工生产实习、毕业前工地实习和毕业設計等教学环节，将会逐渐牢固地掌握本課程的基本內容，能根据工程具体条件，将所学的本課程內容应用到实际工作当中去。

第一篇 土方工程

一、土方工程在水利水电建设中的重要性及其分类

在修建一般水工建筑物，如堤坝、渠道、涵闸和水电站，以及兴建道路和开挖基坑等时，都有大量的土方工程，其数量常以万立方米计。

水工建筑物中以土工建筑物对基础的适应性最大，不能修建混凝土建筑物的地方，往往可以用土工建筑物来代替。一般说来，土料是最丰富的当地建筑材料。用土工建筑物来代替混凝土建筑物，对节省木材、钢材和水泥等贵重材料有重大的作用。近年来，由于土力学的发展和土工施工方面经验的积累，再加上大型土方机械的采用，使土石坝的设计与施工，不但在理论计算上有新的进展，而且在施工质量上也能保证，同时在造价上也有降低的趋势。由于一般的土工建筑物的施工技术容易为群众所掌握，因而我国每年都有大量的土方工程在施工。合理地进行土方工程施工，对加速社会主义建设有重大的意义。

土方工程主要分挖方和填方两类。在施工程序上，分开挖、装车、运输、卸车、铺土和压实等工序^①。各种建筑物的基础开挖、土料开采、运河渠道的开挖都属于挖方工程。挖方的弃土有时就地堆放，有时需要运输至其他地点。为开采土料而进行的挖方，则必须配合运输工作。对于开挖和运输的关系可以作以下几点说明：挖方场地布置与运输路线有密切关系；开挖设备与运输工具须联合作业；运输工作量取决于运距和开挖量，开挖能力应根据运输能力来考虑。土坝、堤防、建筑物的回填土、路基填方和场地填方等都属于填方工程。填方包括开挖、运输和填筑三个工序，其中填筑是主要工序，开挖和运输是从属工序。但在工程进行中，往往由于开挖和运输满足不了填筑所需要的土料，以致影响填筑的进展。所以在填方工程中，必须合理组织这三个工序的联合作业。

此外，某些工程如土坝等要求是密实的填方，因而在填筑中包括铺土和压实等工序，这就增加了填方工程的工作量。某些渠道和道路工程是半填半挖，有些场地平整亦是半填半挖。这是一种最经济的施工方法，但需要组织挖填平衡作业。

二、土方工程的基本施工方法及土工机械的类型

土工的基本施工方法可分列如下：

1.人工施工 用铁锹、镐、撬棍、丁字镐等工具挖土，用人力挑运或用小車运土，在填筑地点由人力铺土和压实。

2.一般机械化施工 一般机械化施工是用陆地上的土工机械，在土的正常含水量情况下进行施工的。土工机械按其工作性质可分为：

(1)挖掘机械：挖掘机主要用它的土斗来挖土，并提送到邻近的堆土地点或运输工具中。根据土斗的情况，挖掘机又可分为单斗式（正向铲，反向铲，索式，抓斗式）和多斗式（链斗式，轮斗式）。

^① 工序——施工组织中不可再分的组成单元。在一个工序中，施工成员、施工对象和所用工具没有变动。

(2) 挖土运土机械：它用土斗来挖土，并将土运到較远的距离堆放或鋪平。这种机械可以同时完成几个主要施工工序，对实现土工綜合机械化很有价值。属于这类机械的有鏟运机、索鏟等。

(3) 挖土平土机械：它用刀片来挖土，并在工作段范围内运土和鋪土。属于这类机械的有推土机和平土机等。

(4) 土工輔助机械：輔助机械的作业是用来改善土工机械的工作条件的，如用松土器先犁松坚硬土层后，再用鏟运机来挖土；又如用洒水汽車在碾压前先补足土料必要的含水量，等等。

上述土工机械均将在第一章內闡述。

(5) 土料运输机械：运输方式可分为循环式和連續式，前者有铁路运输、汽車运输和拖拉机运输，后者有带式运输机。循环式的生产是間断性的，每个循环时间具有生产的部分和非生产的部分。这类机械将在第二章內闡述。

(6) 土料压实机械：密实填方中常用的压实机械有夯板、羊足碾、气胎碾和振动碾等。它們的作用是使土料压实到設計的密实度。这类机械将在第三章內闡述。

3. 土工水力机械化施工 用水枪、泥泵或吸泥船等专门設備，借水力作用进行土方的开挖、运输和填筑。这些内容将在第四章內加以闡述。

4. 爆破方法 利用炸药的爆炸来松土，有时用定向爆破的方法将土直接抛填到指定地点。由于土方和石方爆破的方法大致相同，所以都在第二篇內闡述。

5. 綜合法 为了取得更好的施工效果，可将上述不同施工方法混合使用，例如用一般机械挖运土料，然后用水力拌和、水力冲填进行填方。这种綜合法也可叫做半水力机械化方法。

三、土的施工分級

土料按粒径的大小可分为砾石、砂、壤土和粘土等。它們的詳細分类和物理力学性质在土力学中已經介紹过，这里不再重复。从施工角度来看，主要是按照挖运的方法和挖掘的难易程度来分級，会更有实际应用的意義，因为可以用于比較生产率和估算工程造价等。我国在水利水电建設中，对于用人工和一般土工机械挖运，根据施工需要，通常把土分成七級（土工水力机械化另有单独的土料分級表）：

I 級——砂土，砂壤土；

II 級——砾质砂土，壤土，黄土；

III 級——砾石，砂砾石，干燥黄土，粘土，粘筐的淤泥；

IV 級——砂卵石，重粘土，含少量砾石的粘土，行走时陷脚的淤泥；

V 級——卵石，坚硬粘土，砾质粘土，糊状淤泥，流动甚緩的流砂；

VI 級——卵石，漂石，坚硬粘土，含卵石的粘土，稀淤，流动性較大的流砂；

VII 級——漂石，粘土质頁岩，胶結不紧的砾石，稀淤，流动性較大的流砂。

当开挖冻土时，应根据冻结情况，酌将土的級別提高两三級。

四、关于施工机械理論生产率、技术生产率和实用生产率的概念

施工机械的生产率是指它在一定時間內和一定条件下能够完成的工程数量。再进一步

分析，生产率可分为理论生产率、技术生产率和实用生产率三种。理论生产率是根据机械的结构与性能，假定在正常的情况下，不考虑工作对象条件，不停歇地工作所能达到的理想生产率。技术生产率是指机械在某种具体条件下，考虑到工作对象，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上各种停歇的时间（如修理、加燃料、换班、清理工作场地、小事故等）之后所能达到的生产率。

水利施工人员应合理地组织机械化施工，尽可能提高实用生产率，使它靠近技术生产率。至于理论生产率，主要是为设计与制造施工机械而用的。

第一章 土方开挖

§ 1-1 挖掘机械的分类

在本篇概论里已介绍了土工机械的类型。现就单斗式与多斗式挖掘机械作进一步的说明。

一、单斗式挖掘机

单斗式挖掘机是水利工地常用的挖掘机械，可以用来开挖渠道、建筑物基坑和挖取当地建筑材料等。按照它的工作机构，一般可分为正向铲、反向铲、索式和抓斗式挖掘机（图1-1）。由于它们的行驶机构、动力装置和操纵系统等基本上是相同的，所以只要把

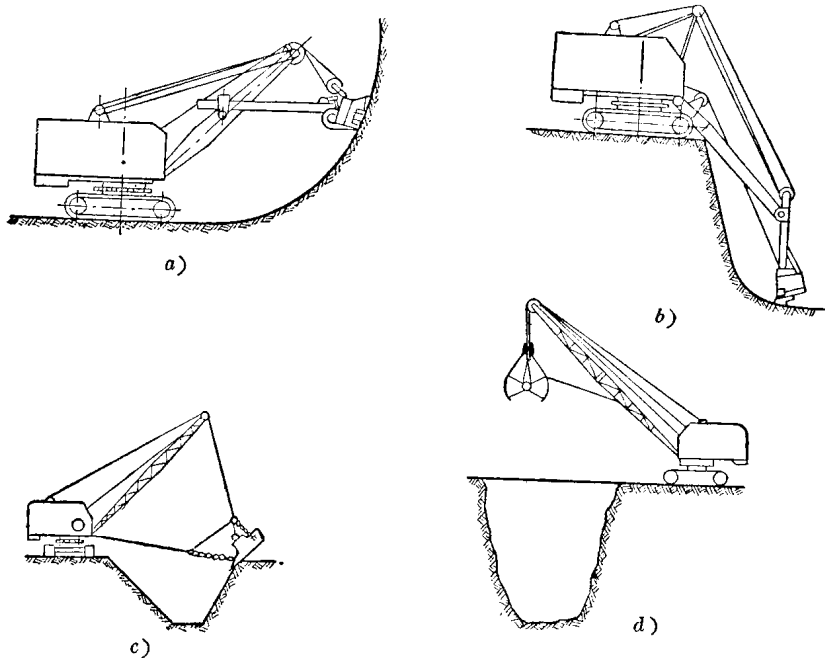


图 1-1 各种类型的单斗式挖掘机

a) 正向铲； b) 反向铲； c) 索式； d) 抓斗式

工作机构加以拆换，就可以改装成另一种挖掘机或其他用途的施工机械，如起重机、打桩机等。

挖掘机的行驶机构有四种型式：

1.履带式 对地面的单位压力小，能适应不平的道路和荒地。刚性多承履带（图1-2）受力的情况是：挖掘机的压力传到刚性多承座架上，座架下装有许多直径不大的支承滚轴2，滚轴把传来的压力分布在履带3下部的履片上。主动轮4带动履带移动，从动轮5使履带转到承重位置，把座架压力均匀地分布在地面上。这种直径不大的滚轴在行驶中不容易发生事故，因为石子或其他阻碍物根本塞不到履带滚轴中去。这种履带式挖掘机是最常用的一种。

2.轮胎式 这种行驶机构的承重量一般是较小的，多适用于小型挖掘机。它的行驶速度大，便于驾驶。

3.踏步式 在挖掘机的底部有一个大的圆形底盘，底盘两侧有两块大踏板。挖掘时，全部压力由底盘承受，由于底盘大，对地面的单位压力很小。挖掘机行驶时，整个挖掘机连底盘都支承在踏板上，由于偏心轴的转动使整个挖掘机向前移动，把重量又落在底盘上，以后在新的位置上开始另一个循环工作。这种装置的行速比同样斗容履带式的要快得多，不过机构比较复杂，只用在巨型挖掘机上。

4.铁路式 这种挖掘机是架在铁路上的车厢上，在水利工地很少使用。

挖掘机按发动机种类可分为内燃机式和电动机式。按驱动方式又可分为单机驱动和多机驱动。

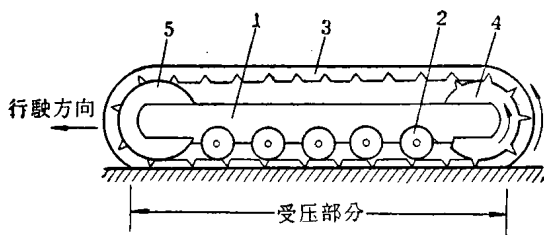


图 1-2 刚性多承履带

1—刚性座架；2—支承滚轴；3—履带；
4—主动轮；5—从动轮

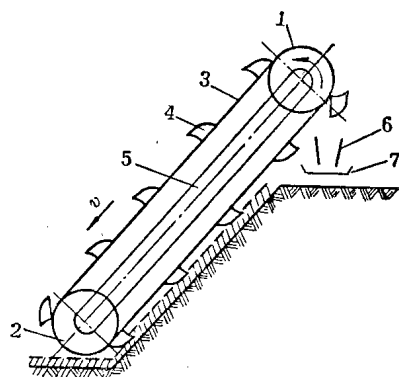


图 1-3 链式多斗挖掘机工作装置示意图

1—驱动链轮；2—从动链轮；3—片状斗链；4—土斗；
5—斗架；6—料斗；7—带式输送机

二、多斗式挖掘机

它是一种连续挖掘土石料的机械，适于开挖沟槽和运河、渠道，开采粘土料和砂砾料等。一般多斗式挖掘机比单斗式的装置复杂，如果从一工地运到另一工地去，往往需要完全拆开，拆装都比较费时，因此它比单斗式的应用范围要小些。但在土质合宜，工程量大，又可长期使用，采用多斗式挖掘机是比较经济合理的。它的能量消耗少，工作单价便宜，特别是开挖水下砂卵石效果更显得突出。多斗式挖掘机按斗的装置方式可分为链式与轮式两种。

1.链式 链式工作装置见图1-3，在驱动链轮1和从动链轮2间平行地装着两条铰接的

片状斗鏈 3，在两鏈上每隔一定的节距装一个土斗 4，鏈和斗装在斗架 5 上。斗架的高度和傾斜角度一般都可以改变。

2. 輪式 輪式的斗是装在刚性的輪子上，构造简单，挖掘效率较高。輪斗挖出来的土卸在带式运输机上，在功率消耗和零件磨損方面都比鏈式的情况要好些。

轉子式多斗挖掘機(图 1-4)是輪式的一种，在动臂 3 的上端装斗輪 1，斗輪上装了几个土斗 2，动臂一端靠支臂与絞索 4 悬挂，另一端装在小車上。土斗开挖的土由带式运输机 5，运到卸土堆 7 里，或直接装入运输工具里。挖掘机的整个上部结构装在轉台上，可以旋轉 360°，这种挖掘機兼有鏈式多斗挖掘機和单斗挖掘機的一些优点，在国外已有采用的，而且有逐渐推广采用的趋势。

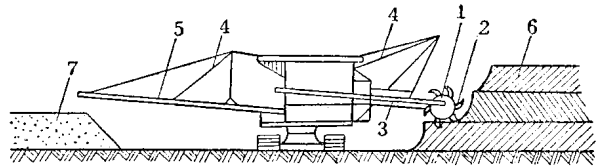


图 1-4 轉子式多斗挖掘機

1—斗輪；2—土斗；3—动臂；4—支臂与絞索；
5—带式运输机；6—挖土层；7—卸土堆

按挖掘機工作装置的位置，可分为側向式与纵向式两种。

1. 側向多斗式挖掘機 这种挖掘機工作时，挖掘機本身沿着渠道或采料場的邊緣不断地移动，鏈斗工作装置从机身一側伸出，可以仰挖所在地面以上的土方，也可以水平挖取所在地面的土方或俯挖所在地面以下的土方。

2. 纵向多斗式挖掘機 它的工作装置的开挖方向平行于挖掘機开行方向，一般常在开行方向的后边挖掘。在陆地上常用来挖沟槽，在水上工作的有一种采砂船，用来开采砂卵石。

§ 1—2 正向鏟挖掘機作业

正向鏟挖掘機(以下簡稱正向鏟)的工作过程为：

(1) 鏟土和装土：将土斗鏟入土中，土斗一面外伸，一面提升，自动将土装入土斗內。

(2) 向卸土方向旋轉：轉动正向鏟旋轉齒輪以上部分(机身)，使土斗正对卸土方向。

(3) 卸土：土斗在指定高度时，将斗門打开，土料自动下落，卸入运输工具中或棄土堆里。

(4) 轉回鏟土位置：一面旋轉机身，一面将土斗下放，并自动关上斗門，准备作下一次循环工作。

上述的四个工作过程形成了正向鏟的工作循环。在土斗适当装满的情况下，应尽量减少工作的循环时间，以求提高生产率。不过影响循环时间的因素頗多，如机械性能、土斗容量、土料种类、旋轉角度、掌子高度、施工組織条件以及司机的操作技术等都是。

一、正向鏟的构造

图 1-5 是正向鏟的构造簡图，支杆 1 是金屬梁，其长度随斗容而变，斗容 0.25~3.0 立

方米的杆长4.9~10.5米。杆的下端铰接在挖掘机的平台上，借助索16调整杆与水平面间的夹角——倾角（一般为30°~60°）。当进行工作时，倾角不变。

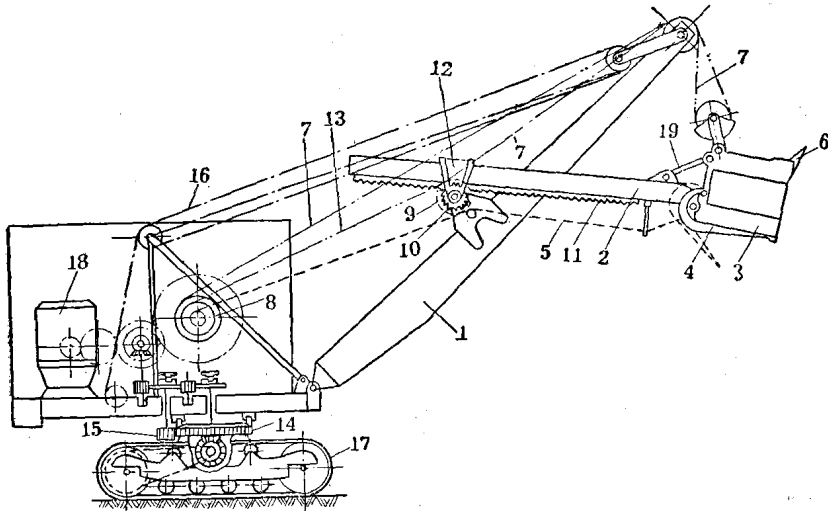


图 1-5 正向铲构造简图

1—支杆；2—斗柄；3—土斗；4—斗门；5—开启斗门用索；6—斗齿；7—升降索；8—双鼓轴主绞车；9—推力鼓轴；10—齿轮；11—齿杆；12—鞍式轴承；13—回拉索；14—支承齿轮；15—旋转齿轮；16—支杆索；17—履带；18—发动机；19—土斗拉杆

斗柄2是个钢梁，借助推力鼓轴9、齿轮10和齿杆11使斗柄可以来回移动。斗柄的外

端铰结着土斗3，由土斗拉杆19来固定和调整土斗的挖掘角度。斗的外上端装有3~5个可更换的斗齿，中间的斗齿较长，以便更利于铲土。土斗底部有斗门4，当要卸载时才打开。斗的内上端连接升降索7，由双鼓轴主绞车8、升降索7来控制土斗的升降。挖掘机的上部机构是借旋转齿轮15和固定在底架上的支承齿轮14的相互作用来固定或旋转的。

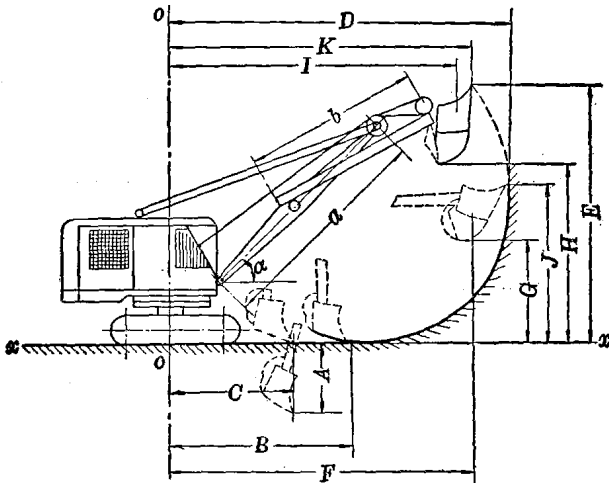


图 1-6 正向铲的工作参数

o—o—旋转轴线；x—x—履带地平线；a—支杆长度；b—斗柄长度；α—支杆倾角；A—地面以下挖掘深度；B—地面最大挖掘半径；C—地面最小挖掘半径；D—最大挖掘半径；E—最大挖掘高度；F—最大卸载半径；G—最大卸载半径时的卸载高度；H—最大卸载高度；I—最大卸载高度时的卸载半径；J—最大挖掘半径时的挖掘高度；K—最大挖掘高度时的挖掘半径

二、正向铲的技术性能

在设计正向铲挖掘工作面时，除应对开挖对象和运输条件等有所了解外，首先要掌握正向铲的技术性能，作为设计依据。正向铲工作参数的意义如图1-6所示。因为这是使用正向铲的工作依据，不能不予以足够的重视。所有水平尺寸都是从正向铲的铅