

286269

中等专业学校交流讲义

水利工程施工

上册

黄河水利学院等编

只限学校内部使用



中国工业出版社

27

519
43127
T.1

中等专业学校交流讲义



水利工程施工

上册

黄河水利学院等编

中国工业出版社

CAS807

812
1816
17

本书是根据1961年3月水利电力部重庆教材工作会议(中技校水利类专业)决定由黄河水利学院负责主编,安徽水利电力学院、北京水力发电学校、江苏水利学院和重庆水利水电学校等院校共同编写的。

本书基本上根据水利工程建筑专业四年级180学时编写的。内容共分三篇,分上下两册出版。本书为上册,其中内容包括:总论(绪论、基本概念),第一篇(土方工程、爆破工程、砖石工程、混凝土和钢筋混凝土工程及基坑施工等)。

本书可作为水利工程建筑、农田水利工程及中小型水电站专业的教材。同时也可供中小型水利水电工程建设的施工人员参考。

水利工程施工

上册

黄河水利学院等编

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092¹/₁₆·印张16³/₈·字数333,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—6,437·定价(9-4)1.55元

统一书号: 15165·654(水电-26)

前 言

我国水利水电建设事业自1958年以来，在总路线、大跃进和人民公社三面红旗的光辉照耀下有了巨大的发展。党的教育为无产阶级的政治服务，教育与生产劳动结合的教育方针全面深入的贯彻，促进了教学工作的根本改革。但适应我国社会主义建设形势与满足专业教学需要的水利工程施工的教材，迄今尚感缺乏。黄河水利学院中技部在院党委正确领导下，在历年组织师生参加生产劳动与现场教学中，进行了多次水利施工课程教材的修正编写工作。在1960年上半年教学改革中，对该教材集中进行了理论体系的调整和内容的充实提高，并在教学实践中得到了一定的验证与进行了部分修改。最近根据中央关于选编教材的指示精神，遵照水利电力部今年四月召开的中技学校的教材工作会议决定的，由黄河水利学院负责主编，安徽水利电力学院、北京水力发电学校、江苏水利学院和重庆水利水电学校等院校各派教师一人参加编写中技“水利工程施工”教材。

在黄河水利学院党委的直接领导下，在原有教材的基础上经过编审教师研究讨论与吸取了各院校编写教材的经验，进行了系统编写。在教材取舍与理论深度上尽量适应中技学校水利类专业的需要。

本书基本上是根据水利工程建筑专业四年制180学时编写的，内容共分三篇，分上下两册出版。第一篇施工技术为上册；第二篇水工建筑物施工和第三篇水利工程施工组织与计划两篇合并为下册。本书取材与要求以水利工程建筑专业为主，并考虑了农田水利工程、中小型水电站及三年制相同专业的需要，各校采用时，可以适当精简和增添。

有关施工机械构造部分内容因四年制水工建筑专业已在建筑机械课中讲授，本书仅作简单的介绍。由于编写教师的实际工作经验及知识均很不足和编写任务的紧迫，内容可能存在很多问题、缺点和错误，深望读者多提宝贵意见，以便再版时修改。

1961年5月于开封

目 录

总 论

第一章 緒 論	4
§1-1 課程的任务与內容	4
§1-2 我国水利水电建設的发展与成就	4
§1-3 水利水电工程施工特点	5
§1-4 水利水电工程施工組織的主要原則	6
第二章 基本概念	7
§2-1 劳动生产率	7
§2-2 技术定額	7
§2-3 作业、施工过程与工序	8
§2-4 劳动組織	8
§2-5 工作場地	8
§2-6 保安技术与劳动保护	9

第一篇 施工技术

第三章 土方工程	10
§3-1 概述	10
§3-2 土方开挖	16
§3-3 土方运输	46
§3-4 土方压实	69
§3-5 土方工程綜合机械化施工	80
§3-6 土方工程的冬季施工与雨季施工	82
§3-7 土方工程保安技术	87
第四章 爆破工程	89
§4-1 概述	89
§4-2 钻孔	91
§4-3 炸药、引爆工具及起爆	94
§4-4 爆破的基本理論	100
§4-5 常用爆破方法的設計与施工	105
§4-6 爆破工程安全措施	113
第五章 砖石工程	121
§5-1 概述	121
§5-2 磚工	122
§5-3 干砌块(片)石与卵石	125
§5-4 浆砌块石与条石	129
§5-5 磚石拱的砌筑	131
§5-6 磚石工程的冬季施工	135

第六章 混凝土及钢筋混凝土工程	137
§6-1 概述	137
§6-2 骨料制备	139
§6-3 模板与脚手架	151
§6-4 钢筋工程	166
§6-5 混凝土的制备	177
§6-6 混凝土运输与浇筑	190
§6-7 混凝土的特殊施工方法	211
§6-8 混凝土工程的保安技术	221
第七章 基坑施工	221
§7-1 概述	221
§7-2 基坑排水	222
§7-3 基坑开挖	237
§7-4 地基处理	242

总 論

第一章 緒 論

§1-1 課程的任务与內容

水利水电事业的发展,决定于水利水电基本建設的規模和速度,也决定于水利水电建設工程的施工。

本門課程的任务:就是系統地研究水利水电工程建筑中各个工种的施工技术与主要水工建筑物的施工方法,以及如何組織現場施工。通过以上內容的学习,使能够正确地选择施工机械与施工方法,經濟合理地組織与指导施工,以达到提高工效,保証质量,降低成本,縮短工期的目的。因此本門課程在水利水电工程的各个专业中,就成为主要的专业课程之一。

本門課程的內容包括:总論(緒論、基本概念);第一篇施工技术(土方工程、爆破工程、磚石工程、混凝土工程与基坑施工等施工技术);第二篇水工建筑物施工(土坝、堆石坝、定向爆破筑坝、混凝土閘坝、渠道隧洞与水电站等水工建筑物的施工方法);第三篇施工組織与計劃(施工导流与截流、定額、施工进度計劃、施工总体布置預算、施工組織設計)。它与水工建筑专业的其他各門課程,特别是建筑材料、建筑机械和水工建筑物等有着密切的联系。

由于本門課程的內容是随着施工技术的不断发展而不断的变化与充实的。因此学习时必须注意密切結合生产实际,把理論学习与生产劳动、現場參觀等紧密地結合起来,才能够获得先进的、全面的和实际的施工知識。

§1-2 我国水利水电建設的发展与成就

我們祖国是有着五千年历史的大国,地域辽阔,資源丰富。古代劳动人民在与自然斗争中,特别是在河流的除害与兴利的工作中,有着丰富的經驗与貢獻。在防洪灌溉方面,如蜿蜒数千里的黄河大堤,高达数十米的荆江大堤,都是几千年来劳动人民相继修建而成。这些修堤、筑坝、堵口等施工技术,沿傳至今仍被广泛采用。秦朝李冰父子领导修建的都江堰,劈山引水,灌溉成都平原的500多万亩土地,至今对四川省农业的大丰收仍起着重要的作用。在航运方面,除了隋朝开凿的举世聞名的长达1700余公里的南北大运河以外,还有湘江、漓江相連的灵渠,在江苏沟通太湖、石西湖、丹阳湖,以及长江的胥溪等航运工程。这些偉大的建設工程,工程量的巨大,施工技术的复杂,都充分說明了我国劳动人民的勤劳、智慧和在水利建設方面的卓越成就。但后来由于长期遭受封建帝王与国民党反动派的統治,他們从来不关心人民的生活,施工技术更不被重視,可惜这些宝贵的施工技术未能載入史册,因而后来的发展甚为迟緩。

解放后,在偉大的中国共产党和毛泽东主席的英明领导下,以及偉大盟邦苏联的无私援助及亲密的合作下,我国水利水电建設事业取得了輝煌的成就。

在解放初期,水利工程是着重在消除水旱灾害,广大羣众响应了毛主席所提出的

“一定要把淮河修好”的号召，开展了大规模的治淮工程。对黄河也着手全面治理，因此，解放以来从未发生决口现象，创造了历史上的奇蹟。同时并在江汉流域修建了荆江与杜家台等分洪工程。

1958年以来，在总路线、大跃进和人民公社三面红旗的光辉照耀下，党及时地提出了一整套“两条腿走路”的方针与水利建设的“三主”方针（即以蓄为主、以小型为主、群众自办为主，结合必要的大中型工程），在全国范围内掀起了声势浩大的水利化运动高潮，在水利方面，十年内修建了蓄水一亿立方米以上的大型水库六十座，中小水库和渠道四百多万处，兴修塘坝一千五百多万处，完成土石方八百多亿立方米。在水电方面第一个五年计划期间新建或改建的水电站共26座，其中投入生产的水电站9座，总装机容量60.9万千瓦，为解放前40年间建造的水电站总容量的38倍。1958年大跃进以来开工的大型水电站有49处，其中20万千瓦以上的16处，连同以防洪为主的大型水库上的电站，总装机容量达1,169万千瓦。

随着水利水电建设事业蓬勃发展，在大量生产实践活动中开展了技术革新与技术革命的群众运动使我国的施工技术呈现了一个崭新的面貌。

在筑坝技术方面，我国已经试验成功水中倒土、定向爆破等等新式筑坝方法，并在逐步推广采用。在筑坝速度方面，土坝的上坝强度达25万乃至30万立方米，混凝土坝的浇筑强度将近一万立方米。在隧洞等地下开挖工程中，也创造了许多长度和断面上的先进记录。在水工建筑物地基处理方面，我国已经掌握了连锁管柱、混凝土或粘土孔柱防渗墙、灌浆帷幕等新的技术，来对付砂砾石地基的漏水问题。在细砂地基、软土（淤泥）地基的处理方面，我们已经成功的应用了深孔爆破加密，预压沙井加固、电化加固等一系列的处理方法。在土石方及基础开挖方面，应用了大爆破及定向爆破技术。在大型河道截流方面，不仅在流量超过2000及落差达5~6米的情况下胜利的完成了合龙工作，而且创造性的利用河流中泥沙规律进行了反滤合龙法，随着我国钢铁工业及机器制造业的发展，很多大型施工机械（如3立方米电铲，25吨塔式起重机），我国均已能自己制造。至于广大群众在实践中所进行的工具改革与所创造的施工方法，更是数以万计，不胜枚举。可以预料，在党的正确领导下，在三面红旗的光辉照耀下，施工技术将会以更新的面貌，更高的发展速度，出现在今后的社会主义和共产主义建设事业中。

§1-3 水利水电工程施工特点

水利水电工程的施工，由于必须考虑河流的各种影响，因而增加了施工的复杂性，它主要有以下几个特点：

1. 工程量大，施工期限受洪水的影响：水利水电工程的工程量一般是巨大的而且往往需要在较短的时间内完成，同时工期的划分与进度计划的编制，必须考虑汛期的影响。
2. 需要导流与排水或者进行水下施工：在水利水电工程施工中，建筑物通常是建造在河床中或河滩，河岸上。因而施工中常需要修筑围堰，开挖临时泄水道，排除积水及降低地下水位等措施，或者采取水下施工的方法。
3. 施工技术复杂：由于水工建筑物对质量方面有特殊的要求，因而，施工技术也比较复杂；如：建筑物本身和地基应采取防渗措施，建筑物表面应具有耐磨性与抗冻性；

金属结构和木结构应采取防腐措施等。

4. 受工程位置及地形条件限制，运输任务大，组织施工比较困难：水利枢纽及水电站常常需要在河谷中修建，距离城市较远，场外运输任务很大，并且需要在工地建立较多的附属企业来满足施工需要，同时由于施工场地窄狭，干扰性大，工地布置也比较复杂。

§1-4 水利水电工程施工组织的主要原则

社会主义建设经验告诉我们，任何工作的进行，不论是国民经济各部门的生产工作，还是各项事业发展中基本建设的施工工作，都必须坚持政治挂帅，大搞群众运动，都必须贯彻一整套“两条腿走路”的方针，都必须贯彻既要有高速度，又要能有计划按比例发展的原则，也就是说要坚决贯彻执行党的社会主义建设总路线，这些指导原则，对于水利水电建设工程施工作业也不例外，我们在施工组织中除了按这一总的原则办事以外，还有下列的一些主要原则。

1. 作好施工准备工作实行快速施工：缩短水利水电工程的施工期限，使它们提早使用，不仅可以收到更多的效益，加速了国家建设资金的周转，而更重要的是水利水电建设工程是一项与洪水争时间，与洪水搏斗的工作，高速度施工，就可以跑在洪水前面，战胜洪水，免除洪水对人们的危害，否则就可能带来不可弥补的损失，因此快速施工是最重要的原则之一，为了使施工高速度进行，首先必须充分的利用空间和时间，组织平行作业和立体交叉作业，使各项工作同时并进。其次，集中优势兵力于关键性工程中，缩短战线，各个击破，也可以收到快速完成任务，缩短工期的实效；此外，采用先进的施工技术施工机械，也是进行快速施工的重要手段。

2. 严格的计划性和组织协调的生产：如果只有以上的一些加快施工速度的措施，而没有全面统一的安排，严格的计划，仍然不能达到快速的目的，或者是虽然达到快，却不能多、好、省，因此必须首先了解一切需要进行的施工项目，分别轻重缓急然后根据现有的人力、物力情况，按流水作业的精神，从大到小，从抽象到具体，全面的安排计划，作到有条不紊，施工协调。这是社会主义制度下所独有的原则，在资本主义制度下是无法实现的。

3. 施工过程的机械化与自动化：用机械代替人力施工，不仅可以提高劳动生产率，加快施工速度，降低工程成本，而更重要的是减轻工人繁重的体力劳动，为消灭三大差别创造条件，因此它是社会主义重要施工组织原则之一，但是在目前我国机械还不够的情况下，应当根据中央提出的“土洋结合”，“大中小结合”的方针，也就是一方面要采用大型的先进的机械，另一方面在群众中开展技术革新和技术革命运动，改进操作方法，改良工具，创造一些简易的中小型机械来代替手工操作和体力劳动。才是机械化的正确道路。

4. 工业化施工：把建筑物构件在现场的制作改为在工厂中预制，使施工的现场变为安装现场，不仅可以加快施工速度，保证工程质量，降低成本，而且也便于机械化，改善劳动条件，但在我国当前的条件下，也必须以集中和分散相结合的精神，根据现场具体情况逐步实现。

5. 组织全年施工：施工在全年内均匀的进行，不仅可以保证施工进度，减少施工费

用，降低成本，而且使工人工作固定，便于熟练技术，提高劳动生产率，因此必须作好防汛、防寒、防暑、防风、防雨等措施，消灭一切施工中断的因素。

6. 采用最合理的劳动组织和施工组织方式，促使劳动生产率的不断提高：为了使施工过程中的人力，物力，财力发挥最大的经济效益，尽可能的使劳动生产率提高，改善劳动组织和施工组织，是一项重要的手段。

作为一个水利水电建设者，作为一个工程技术人员，只要我们坚决贯彻执行党的社会主义建设总路线，灵活地掌握这些施工组织的主要原则，就一定能在施工中正确的指导生产，组织生产，使水利水电建设工作，达到多快好省的目的。

第二章 基本概念

§2-1 劳动生产率

劳动生产率是一个工人(或一个工作队)在一定的时间内所创造的产品数量。它是用完成“单位产品”(例如1立方米混凝土)所消耗的时间来确定。生产同样的产品所用的时间越少，劳动生产率就越高，反之就越低。劳动生产率的高低是衡量生产完成好坏的主要标志。

劳动生产率水平的提高，在政治上和经济上都有着非常重大的意义。列宁曾经指出“劳动生产率归根到底是保证新社会制度胜利的最重要最主要的条件。资本主义造成了在农奴制度下所没有过的劳动生产率。资本主义可以被彻底战胜，而且一定会被彻底战胜，是因为社会主义能造成新的更高得多的劳动生产率。”^①

要使劳动生产率不断提高，必须在党的领导下，坚持政治挂帅，充分发挥人的主观能动作用，并借助于技术革命、技术革新、施工机械化和完善的劳动组织等。

§2-2 技术定额

定额简单的说就是标准。任何企业的经营和生产，都必须用一定的劳动力、原材料、工具或机械设备，才能完成一定的产品。如果把生产过程中所消耗的人力、物力和时间，以及所获得的产品数量和质量，根据先进的、可能的条件和生产任务的要求，用科学的方法制定出一个标准，则这个标准就叫做“技术定额”。

1. 劳动定额：劳动定额也叫做“功效定额”。它表示生产中使用劳动力的数量，劳动定额可有以下两种型式：

(1) 工时定额：在正确的劳动组织和施工组织的条件下用一定的劳动手段，生产质量合格的单位产品所需的劳动时间，叫做“工时定额”，劳动量的单位通常以“工时”或“工日”表示；

(2) 产量定额：在正确的劳动组织和施工组织条件下用一定的劳动手段，在单位时间内所生产的质量合格的产品数量，叫做“产量定额”。

2. 机械使用定额：表示生产中使用劳动手段的数量。也可用机械时间定额或机械产

① 列宁著“伟大的创举”。列宁全集第29集第388页。

量定額两种形式表示。

3. 材料消耗定額：在施工中注意節約与合理使用材料的条件下，完成质量合格的单位产品所需要一定規格材料的数量，叫做材料消耗定額。

§2-3 作业、施工过程与工序

1. 作业：为了建造各种水工建筑物，必須完成一系列的施工作业，这些作业可以分为三类：

- (1) 一般性施工作业：如土工作业，磚石工作业，混凝土工作业等；
- (2) 运输作业：指将材料运至施工地点的場外运输；
- (3) 专门作业：如电气作业，排水作业和通风作业等。

2. 施工过程：每一个施工作业，都是由一系列逐次进行的施工过程所組成，施工过程是按照施工的特征而划分的。当施工过程完成之后，就得到一定数量的产品。例如：修筑土坝的土工作业是由挖土、运土、填土和压实等施工过程所組成。

3. 工序：每一个施工过程，又可以分为若干工序。工序是組織上不可再分的最小工作单元。它的特征是施工成員、劳动对象及劳动工具的不变性。如果工人在工作时改变了加工的材料或使用的工具，这就是由某一工序，轉变到另一工序了。例如：人工挖掘硬土是由松土与鏟土两个工序組成。

最简单的施工过程，也可以只包括一道工序。

§2-4 劳动組織

合理的劳动組織，應該是在遵守安全技术条件下，能保証劳动生产率的不断增长和工程质量的不断提高。

科学的社会分工与合理的社会組合是劳动組織的基本方法。劳动分工可以省去許多不必要的操作和动作，可以节省許多調換工具的时间，而且还可以专于一門，易于熟练，使每一个工人都担任了适合于他們技术水平的工作，發揮他們最大的工作能力，因而能提高劳动生产率。劳动分工以后，还必须进行合理的組合，使互相有关連的工序能够恰当地配合而进行連續協調的工作，这就須要根据定額通过計算来安排人力，使每个工人的劳动量相等，以創造不間断工作的均衡生产。

由同一专业的几个工人或者按上述劳动組織的原则由几个技术熟练程度不同的工人組成的工作組織称工人小組，再由几个小組組成工作队，其中不同专业工人小組所組成的工作队叫做“混合工作队”，相同专业的工人小組組成的工作队叫做“专业工作队”。組織各有关工种的混合工作队，常能培养多面手，充分的利用空間和时间，进行快速施工，达到多快好省的要求。而专业工作队在开展劳动竞赛和施工管理上有一定的便利条件。

§2-5 工作場地

在一切施工过程中工人操作、材料、机械設備放置和运轉所占的空間，称为“工作場地”，简称“工地”。

为了完成某一作业或施工过程，分配給某一工作队的区段，称为“工作前綫”。工作

前綫又可分为若干“工作段”(工段)分配給各个工作小組。

按流水作业原理划分“工作段”的大小，应适合整班時間内的工作量，它应保証在一个班的時間内(或至少半个班時間内)能在一处工作，不变更工作地点。工作段的大小可以面积計(平方米)，或以建筑物的长度計。

§2-6 保安技术与劳动保护

在进行社会主义的建設中，安全生产是党一貫所坚持的重要方針。“生产必須安全，安全为了生产”。正是反映了社会主义制度下国家同劳动人民利益的一致性。

政府对于保安技术与劳动保护問題經常給予极大的重視，并且都制訂有詳細的規章。在現場工作的行政及施工技術人員的主要任务之一，就是要在施工中消灭伤亡事故。要經常关心施工方法的安全，并且根据各种施工过程的种类，决定保安技术的措施。

在施工现场內，铁路，公路，电綫，房屋，倉庫等的布置，应保証免除不幸事故的可能性。施工中不幸事故，經常发生在以下的情况：进行施工时土方的坍塌；山地铁路坡度过陡；工人从高处摔下来；被从高处掉下来的工具或材料所打伤；建筑物某一部分的倒塌；被灼热的蒸汽或材料燒伤；对机械的轉动部分缺乏遮护；对于机械的运用不善；触电；爆破及失足落水等。在不同的情况下应当采取不同的措施，避免以上事故的发生。

这里必須指出，在沒有根据保安技术与劳动保护的規章指示，以及沒有作好应有的設備与措施前，不允許开工，同时必須对全体工人进行有关安全技术教育，沒有受到安全技术教育的工人，不允許参加施工。

只有在施工中認真貫徹了安全措施，随时注意改善劳动条件，切实执行劳动保护条例，密切关心生产的安全，才能使工人在生产中毫无顾虑，保持充沛的精力和集中注意力于生产上，也才能使生产效率稳步提高。

第一篇 施工技术

第三章 土方工程

§3-1 概 述

一、土方工程在水利建筑中的地位

我国水利建设十年来的成就，特别是1958年以来的成就，显著的说明了总路线、大跃进和人民公社辉煌胜利。十年来我国人民在水利建设方面共完成土石方工程 800 亿立方米，按一米高一米宽的土堤排起来可以围绕地球赤道1971周，相当于 300 多条巴拿马运河，其中有 580 亿立方米是1958年一年完成的，这充分说明了我国建设事业的规模宏大，以及土方工程在水利工程建筑中所占的重要地位。

修建任何水利工程结构时，都需要进行土方工程。有些水工建筑物，如、土堤、土坝、运河、渠道等，几乎全部是土方工程。土方工程的工程量往往是非常巨大的，如果没有周密的施工组织 and 适当的施工方法，是很难多、快、好、省完成任务的。

二、土壤的类别

土壤的分类方法很多，下面介绍施工中常用的三种分类方法：按照颗粒组成分：

1. 沙土：含80%以上时沙粒，5%以下的粘土；

2. 沙壤土：含50%以上的沙粒，12%以下的粘土；

3. 壤粘土：含12~35%的粘土颗粒；

4. 粘土：含35%以上的粘土颗粒。粘土颗粒的粒径在0.005毫米以下。

在施工中根据它们施工困难的程度，将土壤分为十六级（见表3-1）。易于开挖的土壤（如沙和植物性土壤）属于第1级，非常坚硬的岩石（如玄武石，石英岩等）则属于XVI级“前水利部颁布的1958年”“建筑安装工程统一施工定额”，系按施工难易程度将非岩石性土壤分为七级（见表3-2）。

三、土壤的特性

土壤对施工方面影响较大的特性有下列几项：

1. 容重（单位体积重或比重）：容重就是一立方米土壤的重量。单位体积湿土的重量称为“湿容重”。

土壤保持其天然组织、结构和含水量的情况（即原状土样）的比重称为“自然比重”。单位体积土中干土的重量称为“干容重”它是显示粘性土壤密实程度的标志。在填方工程中，常用它来控制压实的质量。

2. 含水量：表示土壤孔隙中含水的程度，常用土壤中含水重量与土壤中固体部分重量的百分比表示。土壤含水量的大小直接影响到工程的质量与施工的难易，所以必须注意控制。在挖方时，如果含水量过大或过小，都往往会增加施工的困难，在填方时，若含水量过大，则易压成橡皮状，达不到设计容重，含水量过小，则土粒间的摩阻力增大，夯压不实，容易形成虚土或蜂窝。

表 3-1 土 壤 分 类

土 壤 等 级	土 壤 名 称	紧密土壤在天 然湿度下的平 均 重 量 (公斤/立方米)	使用直径30 毫米的钻头 钻入1米所 需的时间 (分)	开 挖 的 方 法 与 工 具
I	沙和壤母..... 植物性土壤.....	1500~1600 1200	— —	用铁锹挖掘
II	轻质及黄土质壤母粘土..... 细的和中等卵石..... 泥炭与含有直径30毫米以下的植物根的植 物性土壤..... 混有碎石与卵石的腐植土.....	1600 1700 1100 1750	— — — —	用铁锹和略用丁字镐疏松
III	稀软粘土..... 重质壤母质粘土..... 粗砾石和15—40毫米的碎石及卵石..... 干黄土.....	1800 1750 1750 1800	— — — —	用铁锹和丁字镐或部分地使 用凿棍挖掘
IV	重质粘土..... 含有重50公斤以下块石的粘土, 块石所占体 积不及10%..... 含有重10公斤以下石块之粗卵石.....	1950 2000 1950	— — —	用铁锹丁字镐与撬棍或部分 地使用凿子和铁锤挖掘
V	紧密坚实的黄土..... 软质泥炭岩..... 不坚的页岩.....	1800 1900 2000	小于 3~5	用铁锹丁字镐或部分地使用 爆炸方法挖掘
VI	质软且裂缝很多的石灰岩..... 中等坚实的泥灰岩和页岩.....	1200 2300~2700	4.0	用爆炸的方法和部分地使用 气锤开采
VII	被风化的粘土质沙岩和由水成岩与石灰浆结 合成的砾岩.....	2000	6	用爆炸方法与部分气钻开采
VIII	泥灰质石灰岩..... 粘土质沙岩.....	2300 2200	8.5	用爆炸方法开采
IX	紧密的石灰岩和砂岩风化的花岗石, 片麻岩 和正长岩.....	2500	11.5	用爆炸方法开采
X	白云岩和坚实的石灰岩..... 石灰质胶结成的砂岩.....	2700 2600	15	用爆炸方法开采
XI	粗颗粒的正长岩和花岗岩.....	2100~2800	17~20	
XII	片麻岩..... 非常坚硬的石灰岩.....	2600 2900	20~25	用爆炸方法开采
XIII	中等颗粒的正长岩和花岗岩..... 辉绿岩.....	2800~3100 2700	25~30	用爆炸方法开采
XIV	最坚硬的石灰岩..... 坚硬的斑岩.....	3100 2700	30~34	用爆炸方法开采
XV	极坚硬的辉绿岩和闪长岩.....	2900	40~60	
XVI	玄武岩..... 辉长岩, 石英岩和非常坚硬的斑岩.....	3300 3300	大于60	用爆炸方法开采

表 3-2 水利工程施工定额统一土质分级表

统一分级 土的特性		I	II	III	IV	V	VI	VII
粘 聚 性 和 中 性 土	土壤名称	砂壤土耕植土	坡土、黄土 含草根耕植土	干燥黄土粘 土	重粘土、含 少量砾石粘土	坚硬粘土、 含砾质粘土	坚硬粘土、 含卵石粘土	页岩粘土胶 结不紧砾石
	自然湿容 度	1650~1750 公斤/立方米	1750~1850 公斤/立方米	1800~1950 公斤/立方米	1900~1950 公斤/立方米	1900~2050 公斤/立方米	2000~2100 公斤/立方米	2100~2150 公斤/立方米
	外形特征	疏松、粘盖 力差	开挖时能块 并易打碎	粘手、看不 见砂粒				
	开挖方法	用铁锹开挖	用铁锹开挖	用铁锹开挖需 用脚踩	用力踩锹开 挖	二人踩锹开 挖或用三齿耙 撬开挖	用抓钩或洋 镐开挖	用洋镐或绿 棍开挖
	其他组织							
粘 滞 性 和 流 性 土	土的名称			淤土	淤土	淤土、磁砂	稀淤、流砂	稀淤、流砂
	自然湿容 重			1800~2000 公斤/立方米	1800~2000 公斤/立方米	1800~2000 公斤/立方米	1800~2000 公斤/立方米	1800~2000 公斤/立方米
	外形特征			粘锹 粘筐	行走 陷脚	流动缓成糊 状	成稀糊状挖 后无痕流动性 大	淤泥稀糊状 挖后无痕流沙 流动性很大
	开挖方法			用锹开挖	用锹	用锹开挖布 兜装运	布兜或木桶 装运	屏水斗挖运
疏 松 无 粘 聚 性 土	土的名称	砂 土	砾质砂土	砾石、沙砾石	砂 卵 石	卵 石	卵石、漂石	卵石、漂石
	自然湿容 重	约1600 公斤/立方米						
	外形特征	松软无塑性						
	开挖方法	用铁锹挖装						
	砂卵石组 织	含砂粒50% 以上含少量砾 的砂石						

3.可松性:表示土壤掘后,其体积较未挖掘时自然体积的增加。土壤的可松程度系用土壤的可松性系数($K_{松}$)或其倒数($K'_{松}$)表示之。表3-3中所列数据为各种土壤的可松性系数的近似值,这些数据对收方或计算生产率来说,都是非常重要的。

4.自然倾斜角:自然堆积土壤的表面与水平面所成的角度,叫做“自然倾斜角”。

表 3-3 土壤的可松性系数

土 壤 的 级 别	可 松 性 系 数 ($K_{松}$)	$K'_{松} = \frac{1}{K_{松}}$
I	1.08~1.30	0.93~0.77
II	1.14~1.28	0.88~0.78
III	1.24~1.30	0.81~0.77
IV	1.26~1.37	0.80~0.73
V~VII	1.30~1.45	0.77~0.69
VII~VIII	1.45~1.50	0.69~0.67

表 3-4 土壤的自然倾斜角

土 壤 种 类	干 燥		潮 湿		潮 湿	
	角 度	高与底之比	角 度	高与底之比	角 度	高与底之比
植物性土	40°	1:1.2	35°	1:1.4	25°	1:2.15
粗砂	30~35°	1:1.75~1:1.4	32~40°	1:1.6~1:1.2	25~27°	1:2.16~1.2
中砂	25~30°	1:1.9~1:1.75	35°	1:1.4	25°	1:2.15
细砂	25°	1:2.15	30~35°	1:1.75~1:1.4	15~20°	1:3.75~1:2.75
壤粘土	40~50°	1:1.2~1:0.8	35~40°	1:1.4~1:1.2	25~30°	1:3.13~1:1.25
砂质粘土	40~45°	1:1.2~1:1	35°	1:1.4	15~20°	1:3.75~1:2.75
砂砾	35~40°	1:1.4~1:1.2	35°	1:1.4	35°	1:1.75
无岩块的泥炭	40°	1:1.2	25°	1:2.15	15°	1:3.75

挖方与填方边坡(纵、横)的大小,决定于土壤的自然倾斜角,土壤成分的胶结程度以及上部土层所给压力的大小若在不同土质的地层中进行挖方时,则其边坡可作成折线形。

在土壤相同的地区进行挖方,或用同样土壤进行填方时,如果挖的较深或填的较高时,也可考虑土壤的压力而将边坡作成折线形,如图3-1所示。

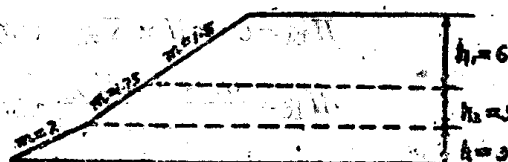


图 3-1 同种土壤时的曲折边坡

四、土方工程的基本施工方法

土方工程的基本类型是“挖方”及“填方”。当修建各种排灌渠道和开挖闸坝的基坑时,都需要进行挖方。在修建堤坝路基和围堰时,则需要进行填方。土方工程的基本施工方法可分为以下几种:

1.人工法与半机械法:人工法是用铁锹、洋镐等手工工具挖土,用抬筐、簸箕或手推车等运土,然后用碾、夯等工具压实;

半机械法施工是部分工序或施工过程用人工来完成,而另一部分工序或施工过程,采用机械来完成的人工与机械互相配合的施工方法例如用人工挖土用汽车运土。

2.机械法:用各种土工机械如:挖土机、铲运机、推土机和平土机等来进行土方工

程的施工。用自卸汽車、皮帶輸送器、寬軌及窄軌鐵路來運送土壤，然後再用羊定碾或平碾等來進行土壤的壓實；

3. 水力機械法：利用水力來完成土方工程的挖、運、填、壓等工作；

4. 爆破法：利用炸藥的爆炸作用進行松土或拋土，有時並能把土壤按照施工圖，採用定向爆破的方法將土壤拋至預定位置；

5. 聯合法：為以上方法的聯合使用。如用，爆破法松土水力機械法運土等。

選擇施工方法的主要根據是：工作量的大小，挖土難易程度（土壤級別），土層含水情況，地形及工地附近有無水源等。

必須指出，土方工程是一項繁重的工作，應當盡量採用機械法、水力機械法與爆破法，以減輕工人體力勞動，提高生產率，降低成本。但我國目前機械化施工的程度還不夠高，組織施工時仍需根據具體情況用人工或半機械法來完成。

五、土方機械的分類與生產率

1. 分類：按照工作性質的不同，土方機械可分為下述幾種類型：

(1) 準備工作用機械：松土機、砍樹機等；

(2) 鏟運機械：鏟運機、推土機等；

(3) 挖土機械：單斗式挖土機、多斗式挖土機、採砂船等；

(4) 平整機械：平土機、平土升送機等；

(5) 壓實機械：羊足碾、光面碾、夯土機等。

2. 生產率：任何機械的生產率，系視機械的類型和構造，所處材料的性質和工作的組織而定，因此生產率有理論生產率、技術生產率和實用生產率三種：

(1) 理論生產率（結構生產率）：它是機械的技術性能作基礎而決定的。是以設計速度和設計能力不斷工作時的生產率。

(2) 技術生產率：除了機械本身的性能以外，還考慮到所處理材料的狀態變化（疏松），材料的性質和施工條件的影響。在一定的施工條件下，技術生產率決定了某型機械的最大能力。

(3) 實用生產率：實用生產率是技術生產率乘以機械的時間利用系數。

例如：單斗式挖土機的各种生產率為：

$$\Pi_{理} = 60 \times \Pi \times K_{充} \quad (\text{立方米/小時})(\text{堅實土壤}),$$

$$\Pi_{技} = \frac{60 \times \Pi \times K_{充}}{K_{松}} \quad (\text{立方米/小時})(\text{堅實土壤}),$$

$$\Pi_{實} = \frac{60 \times \Pi \times K_{充} \times K_{時}}{K_{松}} \quad (\text{立方米/小時})(\text{堅實土壤}),$$

式中 q ——土斗幾何體積(立方米)；

Π ——每分鐘循環次數、與機械的性能有關；

$K_{充}$ ——土斗充盈系數、與工作條件有關；

$K_{時}$ ——時間利用系數；

$K_{松}$ ——土壤的可松性系數。

六、土方工程的准备工作

在挖土或填土工作开始前，應作一系列的准备工作，以方便工程的实施。这些准备