



机械工业出版社高职高专土建类“十二五”规划教材

BUILDING

建筑施工技术



第2版

侯洪涛 主编

- ✓ 适应相关行业岗位考证，有利就业
- ✓ 既有必要的基础理论，又有实训操作内容
- ✓ 与新技术、新规范同步
- ✓ 强化识图、加强技能培训



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

免费提供
电子教案

机械工业出版社高职高专土建类
“十二五”规划教材

建筑施工技术

第2版

主 编 侯洪涛

副主编 李东朋 唐 芳

参 编(以姓氏笔画为序)

王喜红 朱 峰 刘 宇

赵继伟 葛文慧

主 审 刘振华



机械工业出版社

本书分 11 章,内容有土石方工程、桩基工程、脚手架及垂直运输机械、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、屋面及地下防水工程、建筑地面工程、装饰工程、季节性施工等。

本书力求全面、实用,但又不同于施工规范与施工规程等工具书,对比较特殊的施工工艺方法,只简单介绍其工艺流程,对一些专业分项工程,只讲主要内容。每一种分项工程主要内容包括基础知识、施工方法、质量检验和安全措施等。

本书可作为高职高专院校土建类专业及其他成人高校相应专业的教材,也可供建筑施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术 / 侯洪涛主编. —2 版. —北京:
机械工业出版社, 2014. 8
机械工业出版社高职高专土建类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-46961-2

I. ①建… II. ①侯… III. ①建筑工程—工程施工—
高等职业教育—教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 120751 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张荣荣 责任编辑: 张荣荣

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔

封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2014 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 19.75 印张 · 479 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-46961-2

定价: 42.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010)68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010)88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

第 2 版 序

近年来，随着国家经济建设的迅速发展，建设工程的发展规模不断扩大，建设速度不断加快，对建筑类具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。2008 年，我们通过深入调查，组织了全国三十余所高职高专院校的一批优秀教师，编写出版了本套教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲，编写中注重培养学生的实践能力，基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则，基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法，基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写过程中，力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果，在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写，在编写中紧密结合职业要求，力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专土建类专业的教材建设。

本套教材出版后，经过四年的教学实践和行业的迅速发展，吸收了广大师生、读者的反馈意见，并按照国家最新颁布的标准、规范进行了修订。第 2 版教材强调理论与实践的紧密结合，突出职业特色，实用性、实操性强，重点突出，通俗易懂，配备了教学课件，适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类专业使用，也可作为相关从业人员的培训教材。

由于时间仓促，也限于我们的水平，书中疏漏甚至错误之处在所难免，殷切希望能得到专家和广大读者的指正，以便修改和完善。

本教材编审委员会

第2版前言

“建筑施工技术”是高等职业教育建筑工程专业学生的一门必修的专业主干课，主要研究建筑工程施工技术一般规律的技术课程。

本学科涉及的专业知识面广，专业的实践性和法规性强，综合性大、发展快，必须结合实际情况，综合运用有关学科的基本理论和知识，采用新技术和现代科学成果，解决生产实际问题。

本书共分11章：土石方工程、桩基工程、脚手架及垂直运输机械、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、屋面及地下防水工程、建筑地面工程、装饰工程、季节性施工。本书着重基本理论、基本工艺和基本方法的学习和应用，阐述主要分项工程的主要施工工艺和方法、常用的工程机械、工具、质量要求、安全技术措施以及新工艺、新技术的发展方向。

建筑施工技术是一门实践性很强的专业技术课，学习中应结合工程实际组织学生到施工现场去参观、学习。

本书可作为土建类专业高职高专建筑施工技术课程教材，也可作为土建工程技术人员参考用书。通过本书的学习，学生可以掌握施工技术的基本知识。

本书可用于土建工程技术人员岗位培训。配套教材有教师用书：施工组织设计和专项方案；实训指导书：指导学生在工地现场实习；电子教案。

本书由济南工程职业技术学院侯洪涛任主编，济南工程职业技术学院李东朋、炎黄职业技术学院唐芳任副主编。全书由侯洪涛统稿，绪论、第9章、第10章(部分)由侯洪涛编写；第1章、第8章由济南工程职业技术学院赵继伟编写；第2章、第7章由济南工程职业技术学院朱峰编写；第3章、第6章由济南工程职业技术学院刘宇编写；第4章由山西综合职业技术学院葛文慧编写；第10章(部分)、第11章由李东朋编写，第5章由炎黄职业技术学院唐芳和济南工程职业技术学院王喜红共同编写。

在本书编写过程中，得到土建学科高等职业教育教学委员会和编写者所在单位的大力支持，在此一并致谢。

限于编者的水平，书中尚有不足之处，恳切希望读者批评指正。

目 录

第 2 版序	
第 2 版前言	
绪论	1
第 1 章 土石方工程	4
1.1 概述	4
1.2 场地平整	6
1.3 基坑(槽)开挖	9
1.4 基坑施工排水与降低地下水位	16
1.5 土方的填筑与压实	24
思考题与习题	27
第 2 章 桩基工程	29
2.1 桩基的作用和分类	29
2.2 混凝土预制桩工程	29
2.3 混凝土灌注桩工程	32
思考题与习题	42
第 3 章 脚手架及垂直运输机械	43
3.1 脚手架	43
3.2 垂直运输机械	64
思考题与习题	72
第 4 章 砌筑工程	73
4.1 砌筑材料	73
4.2 砌砖施工	75
4.3 砌石施工	84
4.4 砌块施工	85
4.5 砌体的冬期施工	90
4.6 工程案例	92
思考题与习题	95
第 5 章 钢筋混凝土工程	96
5.1 钢筋工程	96
5.2 模板工程	117
5.3 混凝土工程	132
思考题与习题	149
第 6 章 预应力混凝土工程	151
6.1 概述	151
6.2 预应力混凝土工程施工	152
6.3 无粘结预应力混凝土	162
思考题与习题	165
第 7 章 结构安装工程	166
7.1 起重机械	166
7.2 结构安装工艺	169
思考题与习题	183
第 8 章 屋面及地下防水工程	184
8.1 屋面工程	184
8.2 地下防水工程	201
8.3 室内房间防水工程	211
思考题与习题	213
第 9 章 建筑地面工程	215
9.1 基本规定	215
9.2 基层	216
9.3 整体面层铺设	219
9.4 板、块面层铺设	221
9.5 木、竹面层铺设	224
思考题与习题	226
第 10 章 装饰工程	227
10.1 抹灰工程	227
10.2 门窗工程	237
10.3 吊顶工程	251
10.4 轻质隔墙工程	255
10.5 饰面工程	265
10.6 幕墙工程	275
10.7 涂饰工程	284
10.8 裱糊与软包工程	290
思考题与习题	294
第 11 章 季节性施工	295
11.1 冬期施工	295
11.2 雨期施工	303
思考题与习题	305
参考文献	306

绪 论

1. 建筑施工技术课程的研究对象和任务

建筑产品的各项功能满足了人们生产、生活需要，与建筑产品生产有关的行业有房地产业、建筑业、建材业等，现阶段，这些行业在国民经济发展和四个现代化建设中起着重要的作用。

建筑产品(项目)的建设过程是一个复杂的过程，一般要经历决策、设计、施工、竣工验收这四个阶段。建筑产品生产过程，即施工阶段是实现建设过程的一个重要环节，在这个阶段就是将设计图纸变成高楼大厦。本课程就是从技术层面上研究如何将设计图纸变成建筑产品，就是以建筑工程为研究对象，研究其施工规律、施工工艺、施工方法、质量要求和施工安全措施。

建筑产品比起一般的工业产品，是体形庞大、功能复杂的产品。为了便于施工和验收，我们常将建筑的施工划分为若干分部和分项工程。根据《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013)，将单位建筑工程分为地基与基础，主体结构，建筑装饰装修，建筑屋面，建筑给水、排水及采暖，建筑电气，智能建筑，通风与空调，电梯等九个分部工程，前四项称为土建工程，是本书的研究内容。

土建各分部工程可以按材料种类、施工特点、施工程序、专业系统及类别等划分为土石方工程、桩基工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、屋面工程、楼地面工程、抹灰工程等子分部工程。子分部工程可以按主要工种、材料、施工工艺、设备类别等划分为分项工程。

这样，建筑产品生产就是完成各个分项工程的施工。为此，必须研究各分项工程的施工规律、施工工艺、施工方法(工种、材料、机具)、质量要求和施工安全措施等。

2. 我国建筑施工技术发展和现状

古代，我们的祖先在建筑技术上有着辉煌的成就，如殷代用木结构建造的宫室，秦朝所修筑的万里长城，唐代的山西五台山佛光寺大殿，辽代修建的山西应县 66m 高的木塔及北京故宫建筑，都说明当时我国的建筑技术已达到相当高的水平。

新中国成立 50 多年来，随着社会主义建设事业的发展，我国的建筑施工技术也得到了不断的发展和提高。建设部自 1994 年开始在建筑业推广应用 10 项新技术，现已扩充为以房屋建筑工程为主要内容的 10 大类新技术。通过各地示范工程的带动，对促进建筑业进步发挥了积极作用。随着建筑市场秩序逐步规范，科学技术作为第一生产力的作用日益突出，一批具有核心竞争力、技术实力强的企业在市场竞争中迅速做大做强。但总体看，我国建筑业仍处于增长方式粗放、效益较低的发展阶段，一些企业缺乏主动采用新材料、新工艺、新技术的动力，众多工程仍在使用落后的工艺和技术。为了树立和落实科学发展观，促进经济增长方式的转变，要在建筑业继续加大以 10 项新技术为主要内容的新技术推广力度，带动全行业整体技术水平的提高。

在地基基础和地下空间工程施工中推广了灌注桩后注浆、水泥粉煤灰碎石桩(CFG 桩)

复合地基成套技术、强夯法处理大块石高填方地基、深基坑支护及边坡防护、复合土钉墙支护、预应力锚杆、组合内支撑支护、逆作法、盾构法、非开挖埋管等新技术。

对于钢筋混凝土结构，在混凝土工程中推广运用了混凝土裂缝防治、自密实混凝土、清水混凝土、超高泵送混凝土、高强混凝土、商品混凝土等技术；在钢筋工程采用了高效钢筋（HRB400、冷轧带肋钢筋）、焊接钢筋网、粗直径钢筋直螺纹机械连接等技术；在模板工程中应用了清水混凝土模板、大模板、早拆模板、爬模、滑模等技术；在预应力施工技术方面，由有粘结预应力发展到无粘结预应力、拉索施工技术。

脚手架工程中在广泛应用扣件式脚手架的基础上，推广了碗扣式脚手架、爬升脚手架、外挂式脚手架、悬挑式脚手架等技术。

随着国民经济的发展，钢结构技术得到迅速发展，钢结构 CAD 设计与 CAM 制造、厚钢板焊接、钢结构安装施工仿真技术、大跨度空间结构与大型钢构件的滑移施工、大跨度空间结构与大跨度钢结构的整体顶升与提升施工、劲钢混凝土结构、预应力钢结构、住宅钢结构、高强度钢材的应用、钢结构的防火防腐等技术得到发展并逐渐成熟。

在节能和环保建筑方面，一大批应用技术出现在各种建筑中，主要有：新型墙体材料、节能门窗应用、节能建筑检测与评估技术、新型空调和供暖技术、地源热泵供暖空调技术、供热系统温控与热计量技术、预拌砂浆等技术。

为解决中国建筑渗漏的通病，各种新型防水材料和技术的应用起到了很好的效果，如：高聚物改性沥青防水卷材应用、自粘型橡胶沥青防水卷材、合成高分子防水卷材、建筑防水涂料、建筑密封材料、刚性防水砂浆、防渗堵漏技术等。

在施工过程监测和控制技术方面，GPS（全球定位系统）、全站仪、激光投垂仪等先进仪器在施工过程测量、施工控制网、施工放样中的应用极大地提高了测量精度，降低了技术人员的工作强度。另外，地下工程自动导向测量、特殊施工过程监测和控制技术、深基坑工程监测和控制、大体积混凝土温度监测和控制、大跨度结构施工过程中受力与变形监测和控制等方面也有大的发展和进步。

当今世界进入信息化时代，建筑企业管理信息化技术在工具、管理信息、信息标准化等方面也得到一定的发展。

但是，我国目前的施工技术水平，与发达国家的一些先进施工技术相比，还存在一定的差距，特别是在机械化施工水平、安全保障、新材料的施工工艺、建筑节能及信息化技术的应用方面，尚需加倍努力，加快实现建筑施工现代化的步伐。

3. 本课程的学习要求

建筑施工技术是一门综合性很强的专业技术课。它与建筑工程测量、建筑材料、建筑力学、建筑结构、地基与基础、建筑机械、房屋建筑学、建筑施工组织、建筑工程概预算等学科领域有密切联系，学习中应注意与相关课程的有关内容衔接、配合。

本书是以教材为目的编写的，不是工具书，只介绍了主要分项工程的常用施工工艺的主要施工方法，学习中要结合国家颁发的建筑工程施工和验收规范和规程，这些规范、规程是我国建筑科学技术和实践经验的结晶，规范是建筑产品要达到的国家技术标准，也是建筑人员必须遵守的准则。各地区或企业的施工规程是将规范落实到具体

施工工艺过程中。规范规定了标准，规程阐明了方法。只有按规程施工，才能达到规范要求。

建筑施工技术是一门实践性很强的专业技术课。学习中应理论、经验和实践相结合；课堂讲授和幻灯、录像等电化教学方法相结合；理论教学、认识实习相结合；并应重视习题和课程设计、技能训练。在掌握大量理论知识的基础上，到施工现场进行生产实习，参与施工，培养施工管理和解决技术问题的能力，为继续提高打下基础。

第 1 章 土石方工程

土石方工程是建筑施工主要分部工程之一，也是建筑工程施工过程中的第一道工序。通常包括场地平整，土方的开挖、填筑和运输等主要施工过程，以及排水、降水和基坑支护等辅助工作。其特点是工程量大，劳动繁重，施工条件复杂，受地形、水文地质和气候影响大。

1.1 概述

1.1.1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的种类繁多，其分类方法各异。土方工程施工中，按土的开挖难易程度分为八类，见表 1-1。表中一至四类为土，五至八类为岩石。在选择施工挖土机械和套用建筑安装工程劳动定额时要依据土的工程类别。

表 1-1 土的工程分类与现场鉴别方法

土 的 分 类	土 的 名 称	可松性系数		开挖方法 及工具
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂；粉土；冲积砂土层；种植土；泥炭(淤泥)	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03	能用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；种植土；填筑土及粉土混卵(碎)石	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05	用锹、条锄挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	中等密实黏土；重粉质黏土；粗砾石；干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质黏土；压实的填筑土	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07	主要用镐，少许用锹、条锄挖掘
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土及含碎石、卵石的黏土；粗卵石；密实的黄土；天然级配砂石；软泥灰岩及蛋白石	1.26 ~ 1.32	1.06 ~ 1.09	整个用镐、条锄挖掘，少许用撬棍挖掘
五类土 (软石)	硬质黏土；中等密实的页岩、泥灰岩、白恶土；胶结不紧的砾岩；软的石灰岩	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分用爆破方法
六类土 (次坚石)	泥岩；砂岩；砾岩；坚实的页岩；泥灰岩；密实的石灰岩；风化花岗岩；片麻岩	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	大理岩；辉绿岩；玢岩；粗、中粒花岗岩；坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩、微风化的安山岩、玄武岩	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	安山岩；玄武岩；花岗片麻岩、坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩	1.45 ~ 1.50	1.20 ~ 1.30	用爆破方法开挖

注： K_s ——最初可松性系数。

K'_s ——最后可松性系数。

1.1.2 土的基本性质

1. 土的组成

土一般由土颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成,这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化,三者之间比例不同,反映出土的物理状态不同,如干燥、稍湿或很湿,密实、稍密或松散。这些指标是最基本的物理性质指标,对评价土的工程性质、进行土的工程分类具有重要意义。

土的三相物质是混合分布的,为阐述方便,一般用三相图(图 1-1)表示。三相图中,把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来。

图中 m ——土的总质量($m = m_s + m_w$)(kg);

m'_s ——土中固体颗粒的重量(kg);

m'_w ——土中水的质量(kg);

V ——土的总体积($V = V_a + V_w + V_s$)(m^3);

V_a ——土中空气体积(m^3);

V_s ——土中固体颗粒体积(m^3);

V_w ——土中水所占的体积(m^3);

V_v ——土中孔隙体积($V_v = V_a + V_w$)(m^3)。

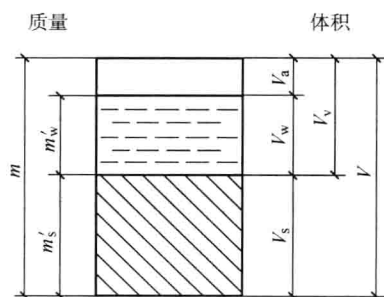


图 1-1 土的三相示意图

2. 土的物理性质

(1) 土的可松性与可松性系数 天然土经开挖后,其体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍然不能完全复原,这种现象称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示,即:

最初可松性系数:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-1)$$

最终可松性系数:

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中 K_s 、 K'_s ——土的最初、最后可松性系数;

V_1 ——土在天然状态下的体积(m^3);

V_2 ——土挖后松散状态下的体积(m^3);

V_3 ——土经压(夯)实后的体积(m^3)。

经分析可知 $K_s > K'_s > 1$ 。可松性系数对土方的调配,计算土方运输量都有影响。各类土的可松性系数见表 1-1。

(2) 土的天然含水量 在天然状态下,土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率叫土的天然含水量,反映了土的干湿程度,用 ω 表示,即:

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 m_w ——土中水的质量(kg);

m_s ——土中固体颗粒的重量(kg)。

ω 的取值范围是 $0 < \omega < \infty$, 当然,若 ω 值过大(例如 $60 < \omega$)则意味着湿土呈泥浆状态,

没有工程意义，所以我们不去研究。

(3) 土的天然密度和干密度 土在天然状态下单位体积的质量，叫土的天然密度(简称密度)。一般黏土的密度约为 $1800 \sim 2000\text{kg/m}^3$ ，砂土约为 $1600 \sim 2000\text{kg/m}^3$ 。土的密度按式(1-4)计算：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值，用式(1-5)表示：

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-5)$$

式中 ρ 、 ρ_d ——土的天然密度和干密度；

m ——土的总质量(kg)；

V ——土的体积(m^3)。

(4) 土的孔隙比和孔隙率 孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度。孔隙比和孔隙率越小土越密实。

孔隙比 e 是土的孔隙体积 V_v 与固体体积 V_s 的比值，用式(1-6)表示：

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-6)$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积 V_v 与总体积 V 的比值，用百分率表示：

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-7)$$

(5) 土的渗透系数 土的渗透性系数表示土中的水在单位水力坡度作用下，单位时间内渗透的距离，即： $K = v/i$ (v 表示水的渗透速度, i 表示水力坡度)， K 的单位由 m/d 表示。根据土的渗透系数不同，可分为透水性土(如砂土)和不透水性土(如黏土)。它影响施工降水与排水的速度，一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数参考表

土 的 名 称	渗透系数 $K/(\text{m/d})$	土 的 名 称	渗透系数 $K/(\text{m/d})$
黏土	< 0.005	中砂	$5.00 \sim 20.00$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.10 \sim 0.50$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.50$	圆砾石	$50 \sim 100$
粉砂	$0.50 \sim 1.00$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.00 \sim 5.00$		

1.2 场地平整

1.2.1 确定场地平整后的设计标高

有时候考虑到市政排水、道路和城市规划等因素，设计文件中明确规定了场地平整后的

设计标高，施工单位只能依照设计文件施工。若设计文件对场地设计标高无明确规定或要求，则可通过计算来确定设计标高。计算方法一般采用方格网法。

确定场地设计标高时应考虑以下因素：

- 1) 满足建筑规划和生产工艺及运输的要求。
- 2) 尽量利用地形，减少挖填方数量。
- 3) 场地内的挖、填土方量力求平衡，使土方运输费用最少。
- 4) 有一定的排水坡度，满足排水要求。

1.2.2 场地平整施工准备

土方开挖前需做好下列主要准备工作：

(1) 场地清理 场地清理包括拆除房屋、古墓，拆迁或改建通信、电力线路、上下水道以及其他建筑物，迁移树木，去除耕植土及河塘淤泥等工作。

(2) 排除地面水 地面水的排除一般采用排水沟、截水沟、挡水土坝等措施。

应尽量利用自然地形来设置排水沟，使水直接排至场外，或流向低洼处再用水泵抽走。主排水沟最好设置在施工区域的边缘或道路的两旁，其横断面和纵向坡度应根据最大流量确定。一般排水沟的横断面尺寸不小于 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ，纵向坡度一般不小于 $3‰$ 。平坦地区，如排水困难，其纵向坡度不应小于 $2‰$ ，沼泽地区可减至 $1‰$ 。场地平整过程中，要注意排水沟保持畅通。

(3) 测量放线 边线、方格网线及零线的水平位置由经纬仪确定，木桩(钢桩、混凝土桩等)固定，然后用白石灰撒出控制线；各角点的施工标高由水准仪确定并标定在木桩(钢桩、混凝土桩等)上，由标定位置向上、向下进行控制；长度尺寸由钢尺量取。通常采用回测或闭合回路来消除测量误差。场地平整时若要确定实际网格边长，应将边长尺寸换算成坡面斜长。

1.2.3 土方工程的机械化施工

1. 推土机施工

推土机(图 1-2)是集铲、运、平、填于一身的综合性机械，由于操纵灵活，运转方便，

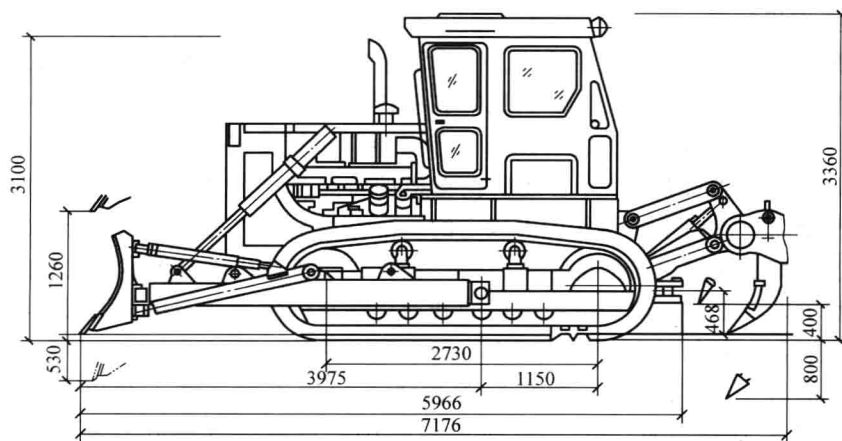


图 1-2 T-180 型推土机外形图

所需工作面较小、行驶速度快、易于转移，能爬 30° 左右的缓坡，因此应用较广。多用于场地清理和平整、开挖深度 1.5m 内的基坑，填平沟坑，以及配合铲运机、挖土机工作等。推土机可以推挖一至三类土，经济运距 100m 以内，效率最高为 60m 。

推土机的生产率主要决定于推土机推移土的体积及切土、推土、回程等工作的循环时间。为了提高推土机的生产率，可采取下坡推土、并列推土、多刀送土和利用前次推土的槽推土等方法来提高推土效率，缩短推土时间和减少土的失散。

(1) 下坡推土 在斜坡上推土机顺下坡方向切土与推运(图 1-3a)可以提高生产率，但坡度不宜超过 15° ，以免后退时爬坡困难。下坡推土也可与其他推土方法结合使用。

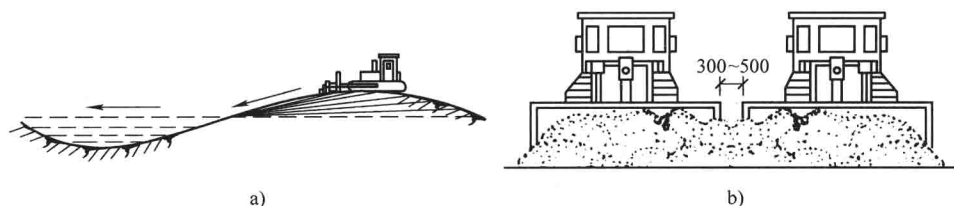


图 1-3 推土机推土方法

a) 下坡推土 b) 并列推土

(2) 并列推土 用 2~3 推土机并列作业(图 1-3b)，铲刀相距 $15\sim 30\text{cm}$ ，可减少土的散失，提高生产率。一般采用两机并列推土可增加堆土量 $15\sim 30\%$ ，采用三机并列可增大堆土量 $30\sim 40\%$ 。平均运距不宜超过 $50\sim 75\text{m}$ ，也不宜小于 20m 。

(3) 多刀送土 在硬质土中，切土深度不大，可将土先堆积在一处，然后集中推送到卸土区。这样可以有效地提高推土的效率，缩短运土时间。但堆积距离不宜大于 30m ，推土高度以 2m 内为宜。

(4) 槽形推土 推土机重复在一条作业线上切土和推土，使地面逐渐形成一条浅槽，在槽中推运土可减少土的散失，可增加 $10\sim 30\%$ 的推运土量。槽的深度在 1m 左右为宜，土埂宽约 50cm 。当推出多条槽后，再将土埂推入槽中运出。当推土层较厚，运距远时，采用此法较为适宜。

2. 单斗挖掘机施工

单斗挖掘机在土方工程中应用较广，种类很多。按其行走装置，分为履带式和轮胎式两类。按其工作装置，分为正铲、反铲、拉铲和抓铲等。因反铲、拉铲、抓铲等三种类型的挖土机适用于“坑、槽、沟”的开挖，所以下面着重讲正铲挖掘机。

正铲挖掘机外形如图 1-4 所示。正铲挖掘机的特点是“向前向上，强制切土”。其挖掘能力大，生产率高，适用于开挖停机面以上的一至三类土，它与运土汽车配合能完成整个挖运任务。由于挖掘面在停机面的前上方，所以正铲挖掘机适用于开挖大型的、低地下水位的且排水通畅的基坑以及土丘等。根据挖掘机的开挖路线与运输工具的相对位置不同，其开挖方式可分为正向挖土、侧向卸土和正向挖土、后方卸土两种。

(1) 正向挖土、侧向卸土 挖掘机沿前进方向挖土，运输工具停在侧面装土。采用这种作业方式，挖掘机卸土时动臂回转角度小，运输工具行驶方便，生产率高，使用广泛。

(2) 正向挖土、后方卸土 挖土机沿前进方向挖土，运输工具停在挖掘机身后装土。

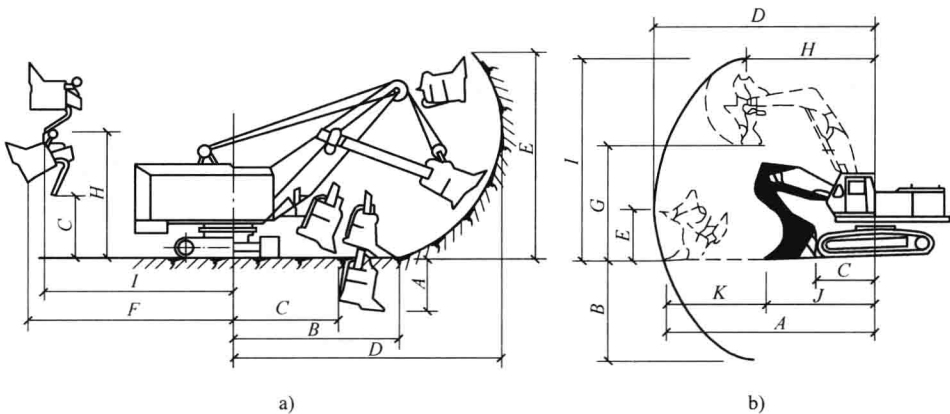


图 1-4 正铲挖掘机与外形图

a) 机械式 b) 液压式

这种作业方式所开挖的工作面较大，但挖掘机卸土时动臂回转角大，生产率低，运输车辆要倒车开入，一般只宜用来开挖工作面较狭小且较深的基坑。

3. 土方机械的选择

土方机械的选择，通常先根据工程特点和技术条件提出几种可行方案，然后进行技术经济比较，一般可选用土方单价最小的机械。选择要点如下：

(1) 当地形起伏坡度在 20° 以内，挖填平整土方的面积较大，土的含水量适当，平均运距短(一般在 1km 以内)时，采用铲运机较为合适。如果土质坚硬或冬季冻土层厚度超过 $100 \sim 150\text{mm}$ 时，必须由其他机械辅助翻松再铲运。当一般土的含水量大于 25% ，或坚硬的黏土含水量超过 30% ，铲运机要陷车，必须使水疏干后再施工。

(2) 地形起伏较大的丘陵地带，一般挖土高度在 3m 以上，运输距离超过 1km ，工程量较大且又集中时，可采用下述三种方式进行挖土和运土。

1) 正铲挖土机配合自卸汽车进行施工，并在弃土区配备推土机平整土堆。选择铲斗容量时，应考虑到土质情况、工程量和工作面高度。当开挖普通土，集中工程量在 1.5万 m^3 以下时，可采用 0.5m^3 的铲斗；当开挖集中工程量为 $1.5 \sim 5 \text{万 m}^3$ 时，以选用 1.0m^3 的铲斗为宜，此时，普通土和硬土都能开挖。

2) 用推土机将土推入漏斗，并用自卸汽车在漏斗下承土并运走。该法适用于挖土层厚度在 $5 \sim 6\text{m}$ 以上的地段。漏斗上口尺寸为 3m 左右，宽 3.5m 的框架支承。其位置应选择在挖土段的较低处，并预先挖平。漏斗左右及后侧土壁应予支撑。

3) 用推土机预先把土推成一堆，用装载机把土装到汽车上运走，效率也很高。

1.3 基坑(槽)开挖

场地平整工程完成后其后续工作就是基坑(槽)的开挖。在开挖基坑(槽)之前，首先应根据有关规范、规程和具体现场的地质水文情况确定开挖尺寸、制定边坡稳定措施，进而计算土方工程量，然后现场定位放线、实施开挖，最后验槽。

1.3.1 确定开挖尺寸

确定基坑(槽)的开挖尺寸就是计算确定基坑(槽)在自然地坪上的长、宽尺寸和开挖深度尺寸。对于场地比较宽阔,土壁可以采用放坡形式的基坑(槽),其自然地坪上的长、宽,是依据槽底尺寸、土壁边坡值(高/宽)和开挖深度(即土壁边坡值中的“高”)反算确定的,即:自然地坪上的长、宽尺寸=槽底尺寸+开挖深度/土壁边坡值。其中,槽底尺寸等于基础垫层外边缘尺寸加上两侧各200~300mm(为支设模板预留的空间);土壁边坡值可根据《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002),见表1-3。

表 1-3 临时性挖方边坡值

土的类别		边坡值(高:宽)
砂土(不包括细砂、粉砂)		1:1.25~1:1.5
一般黏性土	硬	1:0.75~1:1
	硬、塑	1:1~1:1.25
	软	1:1.50或更缓
碎石类土	充填坚硬、硬塑黏性土	1:0.5~1:1
	充填砂土	1:1~1:1.5

注:1. 设计有要求时,应符合设计标准。
2. 如采用降水或其他加固措施,可不受本表限制,但应计算复核。
3. 开挖深度,对软土不应超过4m,对硬土不应超过8m。

开挖深度应根据设计基础埋深、已确定的室内地坪标高及地基持力层位置,进行综合分析确定。对于采用板桩、钢筋混凝土桩、重力式深层搅拌水泥土桩等形式进行护壁的基坑(槽),其开挖长、宽范围应以护壁结构所围的范围为准,开挖深度的确定与上述相同。

1.3.2 保证边坡稳定的措施

1. 土方边坡

土方边坡的坡度是以土方挖方深度 H 与底宽 B 之比表示。即

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{\frac{B}{H}} = \frac{1}{m}$$

式中, $m = B/H$ 称为边坡系数。

土方边坡的大小主要与土质、开挖深度、开挖方法、边坡留置时间的长短、边坡附近的各种荷载状况及排水情况有关。对临时性挖方边坡值应按表1-3规定取用。

2. 土壁支撑

在基坑或沟槽开挖时,为了缩小施工面,减少土方量或因受场地条件的限制不能放坡时,可采用设置土壁支撑的方法施工。

(1) 横撑式支撑 开挖较窄的沟槽多用横撑式支撑。横撑式支撑根据挡土板的不同,分为水平挡土板(图1-5a)和垂直挡土板(图1-5b)两类,前者挡土板的布置又分断续式和连

续式两种。湿度小的黏性土挖土深度小于 3m 时，可用断续式水平挡土板支撑；松散、湿度大的土可用连续式水平挡土板支撑，挖土深度可达 5m。对松散和湿度很大的土可用垂直挡土板式支撑，挖土深度不限。

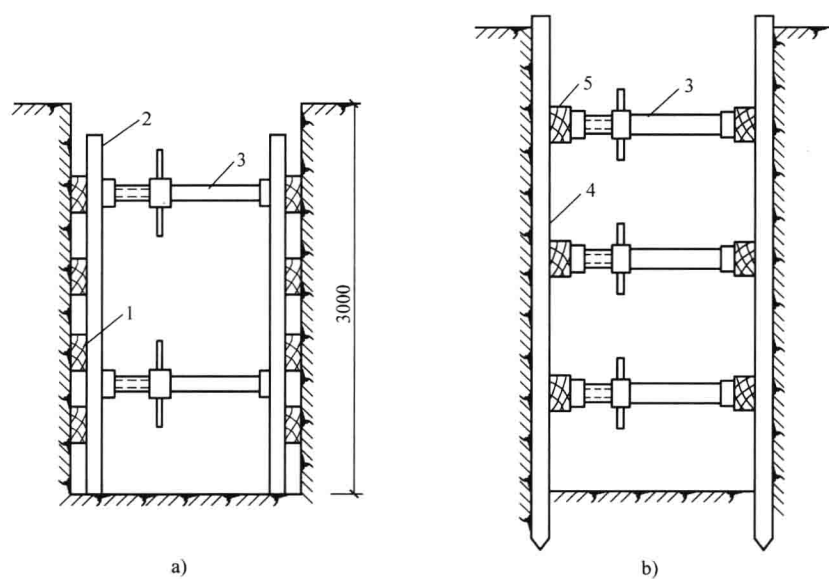


图 1-5 横撑式支撑

a) 断续式水平挡土板支撑 b) 垂直挡土板支撑

1—水平挡土板 2—竖楞木 3—工具式横撑 4—竖直挡土板 5—横楞木

采用横撑式支撑时，应随挖随撑，支撑要牢固。施工中应经常检查，如有松动、变形等现象时，应及时加固或更换。支撑的拆除应按回填顺序依次进行，多层支撑应自下而上逐层拆除，随拆随填。

(2) 土钉支护 基坑开挖的坡面上，采用机械钻孔，孔内放入钢筋注浆，在坡面上安装钢筋网，喷射厚度为 80 ~ 200mm 的 C20 混凝土，使土体、钢筋与喷射混凝土面板结合为一体，强化土体的稳定性。这种深基坑的支护结构称为土钉支护，又称喷锚支护、土钉墙。

1) 土钉支护的作用机理。基坑开挖的边坡中应用土钉，可形成复合土体。由于土钉本身具有刚度和强度以及在土体内，浆体与土体粘结而形成复合土体的骨架，骨架起约束土体变形的作用。

在复合土体内，土钉与土体共同承受外荷载和自重应力。土钉有很强的抗拉、抗剪能力及与土体无法相比的抗弯刚度，所以当土体进入塑性状态后，应力逐渐向土钉转移，当土体出现裂缝时，土钉内出现弯剪、拉剪等复合应力，导致土钉锚体中浆体碎裂，钢筋屈曲。复合土体塑料变形延迟、渐进性开裂，与土钉支护的分担作用是密切相关的。土钉支护通过应力传递作用，将滑裂区域内的部分应力传递到后面稳定土体中，并分散到较大范围的土体内，降低了应力集中程度。

喷射混凝土面板对坡面起约束作用，面板约束力取决于土钉表面与土的摩阻力。复合土体开裂面区域扩大并连成片时，摩阻力主要来自开裂区域后面的稳定复合