

全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材

JIANZHU SHIGONG

建筑施工

主 编 李松岭

副主编 雒六元 王丽英 丁纯刚



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材

要 参 考 内 容

JIANZHU SHIGONG

建筑施工

本书是根据教育部《“十一五”普通高等教育土建类专业国家教学大纲》和《“十一五”普通高等教育土建类专业国家教学大纲》的要求，结合我国建筑业的发展现状，参照国外先进教材编写而成的。本书可作为土建类专业及相关专业的教材，也可供从事建筑工作的工程技术人员参考。

主 编 李松岭

副主编 雒六元 王丽英 丁纯刚

附录 (A) 目录附录在书后

附录 (B) 附录在书后

8092

“十一五”普通高等教育土建类专业国家教学大纲

附录在书后

附录 (C) 附录在书后

附录 (D) 附录在书后

附录 (E) 附录在书后

附录 (F) 附录在书后

附录 (G) 附录在书后

附录 (H) 附录在书后

附录 (I) 附录在书后

附录 (J) 附录在书后

附录 (K) 附录在书后

附录 (L) 附录在书后

附录 (M) 附录在书后

附录 (N) 附录在书后

附录 (O) 附录在书后

附录 (P) 附录在书后

附录 (Q) 附录在书后

附录 (R) 附录在书后



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书属“全国应用型高等院校（高职高专）土建类‘十一五’规划教材”之一，依据我国现行的规程规范，结合院校学生实际能力和就业特点，根据教学大纲及培养技术应用型人才的总目标来编写。本书在取材选用上反映了国内外先进的技术水平，内容上以国家强制性规范为主，力求结合工程施工的实际需要，解决工程施工中的技术问题，本书每章均有实际施工案例，便于现场施工技术人员参考。

本书共 11 章，内容包括土方工程、地基处理、砌体工程与脚手架、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、防水工程、装饰工程、外墙外保温工程、结构安装工程、钢结构工程、高层建筑主体结构施工。

本书图文并茂、深入浅出、简繁得当，可作为高职高专院校、应用型本科院校土建类建筑工程、工程造价、建设监理等专业教材使用；也可供相关工程技术人员学习参考，也可作为成人教育、函授教育、网络教育、自学考试等参考用书使用。

图书在版编目（CIP）数据

建筑施工/李松岭主编. —北京：中国水利水电出版社，
2008

全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”
规划教材

ISBN 978-7-5084-5529-7

I. 建… II. 李… III. 建筑工程—工程施工—高等学校：
技术学校—教材 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 111086 号

书 名	全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材 建筑施工
作 者	李松岭 主编 雒六元 王丽英 丁纯刚 副主编
出版发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路 6 号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话：(010) 63202266（总机）、68367658（营销中心） 北京科水图书销售中心（零售） 电话：(010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 28.5 印张 676 千字
版 次	2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	46.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编写委员会

主任委员：郭维俊 王皖临 李洪军

副主任委员：王丽玫 王明道 郭大州 薛新强 张新华 杜俊芳

委员：(按拼音先后排序)

安 昶	白香鹤	曹雪梅	常积玉	陈志华	邓智勇
丁纯刚	丁小艳	范建洲	樊松丽	归晓慧	韩 庆
贺 云	侯 捷	计荣利	江传君	李广辉	李松岭
李艳华	李险峰	李学田	李 泽	刘 琦	刘 勇
刘永坤	刘玉芸	刘 云	雒六元	罗秋滚	马光鸿
马守才	暮雪华	彭 颖	皮凤梅	钱 军	覃爱萍
盛培基	汪 辉	王丽英	王 玲	汪 洋	王一举
魏大平	吴春光	邬琦妹	姚艳红	杨锦辉	杨文选
杨晓军	杨晓宁	杨志刚	许崇华	徐凤纯	张国玉
张国珍	张海燕	张 军	张明朗	张彦鸽	张志鹏
赵冬梅	赵书远	赵珍玲	周 巍	庄 森	邹露萍

本 册 主 编：李松岭

本册副主编：雒六元 王丽英 丁纯刚

本 册 参 编：李宏福 于明明 杜惠芳

序

随着我国建设行业的快速发展，建筑行业对专业人才的需求也呈现出多层面的变化，从而对院校人才培养提出了更细致、更实效的要求。我国因此大力发展职业技术教育，大量培养高素质的技能型、应用型人才，教育部也就此提出了实施要求和教改方案。快速发展起来的高等职业教育和应用型本科教育是直接为地方或行业经济发展服务的，是我国高等教育的重要组成部分，应该以就业为导向，培养目标应突出职业性、行业性的特点，从而为社会输送生产、建设、管理、服务第一线需要的专门人才。

在上述背景下，作为院校三大基本建设之一的高等职业及应用型本科教育的教材改革和建设必须予以足够的重视。目前，技术型、应用型教育的办学主体多种多样，各种办学主体对培养目标也各有理解，使用的教材也复杂多样，但总体来讲，相关教材建设还处于探索阶段。

有鉴于此，中国水利水电出版社于2007年组织了全国几十所院校共同研讨土建类高职高专、应用型本科教学的现状、特点和发展，启动了《全国应用型高等院校土建类“十一五”规划教材》的编写和出版工作。

本套教材从培养技术应用型人才的总目标出发予以编写，具有以下特点：

(1) 教材结合当前院校生源和就业特点、以培养“有大学文化水平的能工巧匠”为教学目标来编写。

(2) 教材编写者均经过院校推荐、编委会资格审定筛选而来，均为院校一线骨干教师，具有丰富的教学和实践经验。

(3) 教材结合新知识、新技术、新工艺、新材料、新法规、新案例，对基本理论的讲授以应用为目的，教学内容以“必需、够用”为度；在教材的编写中加强实践性教学环节，融入足够的实训内容，保证对学生实践能力的培养。

(4) 教材编写力求周期短、更新快，并建立新法规、新案例等新内容的网上及时更新地址，从而紧跟时代和行业发展步伐，体现高等技术应用性人才的培养要求。

本套教材图文并茂、深入浅出、简繁得当，可作为高职高专院校、应用型本科院校土建类建筑工程、工程造价、建设监理等专业教材使用，其中小部分教材根据其内容特点明确了适用的细分专业；该套教材亦可为工程技术人员的

参考借鉴，也可作为成人、函授、网络教育、自学考试等参考用书使用。

《全国应用型高等院校土建类“十一五”规划教材》的出版是对高职高专、应用型本科教材建设的一次有益探索，限于编者的水平和经验，书中难免有不妥之处，恳请广大读者和同行专家批评指正。

编委会

2008年5月

前 言

“建筑施工”是建筑工程技术及相关专业方向的一门主干技术课程。它的任务是研究土木工程施工各主要工种的施工工艺、施工技术、施工方法。

“建筑施工”实践性强，综合性大，社会性广，新技术发展快，施工方法更新快，必须结合工程施工中的实际情况，综合解决工程施工中许多技术问题。建筑施工技术涉及有关学科的综合运用，因此，本书力求拓宽专业面，扩大知识面，以适应发展的需要。本书力求综合运用有关学科的基本理论和知识，理论联系实际，以解决工程建设中的实际问题。本书以一般民用建筑与工业建筑的施工技术为主，对主要施工工艺、施工技术和施工方法均按新规范要求编写。

本书在编写时，取材上力图反映国内外先进的技术水平，内容上尽量符合施工现场的实际需要，以适应教学需要和社会发展的需要。在每章的章首都写有“本章要点”，且每章均采集有“工程实践案例”，以便于学习领会，并可供现场施工技术人员参考。在每章末列有“本章小结”和“复习思考题”，以利于学生温故知新，巩固所学的知识和技能。

本教材由李松岭任主编，雒六元、王丽英、丁纯刚任副主编。编写人员如下：第1章由河南理工大学高等职业学院的王丽英编写；第2章、第5章、第9章由兰州工业专科学校的雒六元编写；第3章由新疆农业职业技术学院的李宏福编写；第4章由河南理工大学高等职业学院的李松岭编写；第7章、第11章由河南职业技术学院的丁纯刚编写；第6章、第10章由新疆农业职业技术学院的于明明编写；第8章由焦作市市政工程建设有限公司的杜惠芳编写。

限于时间和编者水平，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2008年7月

导 言

一、本课程的研究对象和任务

国家的发展、城市的建设以及国民经济各部门的扩大再生产均离不开基本建设。国家用于基本建设领域的资金巨大且不断增加。而建筑业的发展又对国民经济的其他行业起着重要的促进作用，它消耗大量的钢材、水泥、地方性建筑材料和其他国民经济部门的多种产品，又带动了如机械制造、交通运输，甚至服务等各个行业的发展。随着我国改革开放政策的深入贯彻、国民经济和四个现代化建设的不断发展，建筑业的支柱作用日益得到发挥。

建筑产品与人们的生产、生活活动息息相关，其质量的优劣对国家和人民的生命财产安全具有直接的影响。建筑产品的施工生产过程又是整个建设程序中的关键阶段，对于从事建筑安装工程施工的有关人员，学好和掌握“建筑施工”课程是十分重要的。

建筑物的施工是一个复杂的过程。为了研究方便，也为了便于组织施工，常将建筑工程的施工划分为若干个分部和分项工程。一般建筑工程按专业性质、建筑部位划分为地基与基础工程、主体结构工程、建筑屋面工程、建筑装饰装修工程以及给排水采暖、电气、智能、通风与空调、电梯9个分部。每一分部工程又可划分为若干个子分部工程，一个子分部工程又可划分为若干个分项工程，如钢筋混凝土子分部工程可划分为模板工程、钢筋工程和混凝土工程等分项工程。每一分部分项工程的施工，都可以结合地质水文条件、气候条件，采用不同的施工方案、不同的施工技术方法、选择不同的机具设备来完成。本课程就是以各分部分项工程为对象，研究其在各种不同的条件下，合理的施工工艺方法、质量保证措施和施工安全的技术措施。本课程的任务就是从提高经济效益的角度出发，选择各分部分项工程最经济合理的施工方案和施工工艺方法，确保工程质量和施工安全，做到技术和经济的高度统一。

二、建筑施工技术发展概况

在古代，我们的祖先在建筑领域就已取得了辉煌的成就，建筑技术达到了相当高的水平。随着建设事业的不断发展，特别是新中国成立50多年来，我国的建筑施工技术水平发展很快，掌握了大型工业建筑，多、高层民用建筑和公共建筑施工的成套技术，而且在很多方面推广应用了先进的施工技术、施工方法。地基处理和基础工程中推广应用了钻孔灌注桩、旋喷桩、压力注浆桩、大

直径挖孔桩、夯扩桩、振冲法、深层搅拌法、强夯法、化学加固法等。大型深基坑支护方面推广了地下连续墙与“逆作法”结合应用、土层锚杆支护等方法。钢筋混凝土工程中推广应用了模板、爬模、滑模、台模；粗钢筋的电渣压力焊、气压焊、机械连接；泵送混凝土、高性能混凝土施工等。预应力混凝土工程采用了高效的后张有黏结、无黏结工艺及整体预应力结构。钢结构工程中采用了高层钢结构技术、空间钢结构技术、轻钢结构技术、钢—混凝土组合结构技术、高强螺栓连接技术和钢结构防护技术等。此外，在墙体改革、构件制作、大型结构整体吊装、先进的施工仪器与方法等各方面均掌握开发应用了许多新的材料和新的施工技术，有力地推动了我国建筑施工技术的发展。

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，还存在着差距，尚需要我们加倍努力，加快实现建筑施工现代化的步伐。

三、本课程的学习要求

“建筑施工”是建筑工程技术及相关专业的主干课程，综合性很强。它涉及建筑力学、建筑材料、建筑测量、建筑构造、建筑结构、地基与基础等多学科的知识，因此，要求学员必须学好以上这些相关课程，为学好本课程打下良好的基础。同时，本课程又与建筑施工组织与管理、建筑工程预算等课程有着密切的联系，学好本课程对学习建筑施工组织与管理、建筑工程预算起着重要的作用。它们之间既相互联系，又相互影响。

“建筑施工”课程具有较强的实践性。学习中必须坚持理论与实践相结合的学习方法。除了掌握课堂讲授的基础理论、基本知识和基本施工方法外，还应利用多媒体等电化教学手段进行直观教学，重视课程设计、现场教学、认识实习、生产实习、技能训练等实践环节，做到融会贯通，学以致用。

在学习本课程的过程中，应注意掌握各主要分部工程施工的基本知识、基本原理和基本方法；还应深入了解国家的有关标准、规范等知识。国家颁发的《建筑工程施工质量验收统一标准》和相应的各专业施工验收规范是国家的统一技术标准，是全国建筑界所有人员应共同遵守的准则。另外，部颁的技术规程和安全规范也是我们应学习并遵守的准则。

目 录

序
前言
导言

第1章 土方工程	1
1.1 概述	1
1.2 土方工程量计算	5
1.3 土方边坡与土壁支护.....	13
1.4 施工排水与降水.....	17
1.5 土方工程机械及其选择.....	27
1.6 土方开挖与填筑.....	33
1.7 土方工程验收与安全技术.....	44
1.8 工程实践案例.....	46
本章小结	48
复习思考题	49
第2章 地基处理	50
2.1 概述.....	50
2.2 换土垫层法.....	51
2.3 强夯法.....	56
2.4 重锤夯实法.....	59
2.5 灰土桩或土桩法.....	61
2.6 振冲法.....	63
2.7 深层搅拌法.....	67
2.8 地基的其他加固方法.....	69
2.9 工程实践案例.....	70
本章小结	71
复习思考题	71
第3章 砌体工程与脚手架	72
3.1 脚手架与垂直运输设备.....	72
3.2 砌筑砂浆.....	88
3.3 砖砌体施工.....	90
3.4 砌块施工	100

3.5 砌体工程安全技术	107
3.6 工程实践案例	109
本章小结	110
复习思考题	111
第4章 混凝土结构工程	112
4.1 模板工程	113
4.2 钢筋工程	131
4.3 混凝土工程	152
4.4 混凝土预制构件制作	172
4.5 混凝土工程冬期施工	178
4.6 工程实践案例	183
本章小结	193
复习思考题	194
第5章 预应力混凝土工程	196
5.1 概述	196
5.2 预应力钢筋	197
5.3 预应力施工工艺	201
5.4 预应力混凝土质量检查与安全措施	229
5.5 工程实践案例	232
本章小结	235
复习思考题	235
第6章 防水工程	237
6.1 概述	237
6.2 防水材料 with 验收	239
6.3 屋面防水工程	242
6.4 地下防水工程	247
6.5 工程实践案例	253
本章小结	255
复习思考题	255
第7章 装饰工程	256
7.1 抹灰工程	256
7.2 楼地面工程	265
7.3 饰面工程	274
7.4 门窗工程	285
7.5 吊顶与轻质隔墙工程	294
7.6 涂饰工程	310
7.7 工程实践案例	315

本章小结·····	318
复习思考题·····	319
第8章 外墙外保温工程·····	320
8.1 概述·····	320
8.2 聚苯乙烯泡沫塑料板薄抹灰外墙外保温工程·····	322
8.3 胶粉聚苯颗粒外墙外保温工程·····	327
8.4 钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温工程·····	331
8.5 外墙外保温工程的施工验收·····	335
本章小结·····	336
复习思考题·····	337
第9章 结构安装工程·····	338
9.1 索具设备和起重机械·····	338
9.2 单层工业厂房结构施工·····	352
9.3 结构安装质量要求及安全措施·····	370
9.4 工程实践案例·····	372
本章小结·····	376
复习思考题·····	376
第10章 钢结构工程·····	378
10.1 钢结构构件的加工制作·····	378
10.2 钢结构连接施工·····	382
10.3 钢结构涂装工程·····	384
10.4 钢结构安装安全技术·····	388
10.5 工程实践案例·····	390
本章小结·····	393
复习思考题·····	394
第11章 高层建筑主体结构施工·····	395
11.1 高层建筑及其施工特点·····	395
11.2 高层建筑施工的垂直运输机械与脚手架·····	398
11.3 高层建筑基础施工·····	409
11.4 高层建筑主体结构施工·····	418
11.5 高层建筑施工安全技术·····	424
11.6 工程实践案例·····	428
本章小结·····	435
复习思考题·····	436
参考文献·····	438

第1章 土方工程

本章要点

掌握：土的工程性质及土的工程分类；土方工程量的计算方法；回填土的土料选择、压实方法；影响填土压实的主要因素及压实质量的检验方法。

熟悉：土方工程分类及施工特点；常用边坡护面及支护结构的适用范围；轻型井点降水设计、施工与使用，以及井点降水时邻近环境的影响及预防措施；土方开挖机械的特点及适用范围；土方开挖过程中应注意的问题；土方工程的验收及安全技术。

了解：土方工程施工的特点；地面排水和地下水的处理方法；基坑支护结构的组成、类型及其适用范围；基坑支护现场监测的主要内容和要求；土方开挖的方法。

1.1 概 述

1.1.1 土方工程的施工特点

1. 土方工程分类

根据土方工程的施工内容与方法的不同，常见的土方工程包括场地平整、土方的开挖、土方回填与压实等主要工作和运输，排水、降水，土壁边坡和支护结构等辅助性工作。

2. 土方工程施工特点

土方工程是建筑工程施工的主要工程之一，其施工特点有以下几点。

(1) 工程量大，劳动强度高。如大型项目的场地平整，土方量可达数百万立方米以上，面积达数十平方公里，工期长。因此，为了减轻繁重的劳动强度，提高劳动生产率，缩短工期，降低工程成本，在组织土方工程施工时，应尽可能采用机械化或综合机械化方法进行施工。

(2) 施工条件复杂。土方工程施工，一般为露天作业，土为天然物质，种类繁多。施工时受地下水文、地质、地下障碍、气候等因素的影响较大，不可确定的因素也较多。因此，施工前必须做好各项准备工作，进行充分的调查研究，详细研究各种技术资料，制定合理的施工方案进行施工。

(3) 受场地限制。任何建筑物都需要有一定埋置深度，土方的开挖与土方的留置存放都受到施工场地的限制，特别是城市内施工，场地狭窄，周围建筑较多，往往由于施工方案不当，导致周围建筑设施不安全并失去稳定。因此，施工前必须详细了解周围建筑的结

构形式及各种管线的分布走向，熟悉地质技术资料，制定切实可行的施工安全方案，充分利用施工场地。

1.1.2 土的工程分类

土的种类繁多，其分类方法也很多。工程中常用的有两种分类方法。

1. 按土开挖的难易程度分类

按土开挖的难易程度将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类。

土的开挖难易程度直接影响土方工程的施工方案，劳动量消耗和工程费用。土越硬，劳动量消耗越多，工程成本越高。

土按土开挖的难易程度分类与现场鉴别方法如表 1-1 所示。

表 1-1 土的分类与现场鉴别方法

土的分类	土的级别	土 的 名 称	密度 (kg/m ³)	开挖方法及 工具
一类土 (松软土)	I	砂土、粉土、冲积砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	600~1500	用锹、锄头挖掘，少许用脚蹬
二类土 (普通土)	II	粉质黏土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，粉土混卵(碎)石，种植土，填土	1100~1600	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实黏土，重粉质黏土，砾石土，干黄土、含有碎石卵石的黄土，粉质黏土，压实的填土	1750~1900	主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的黏性土或黄土，含碎石、卵石的中等密实的黏性土或黄土，粗卵石，天然级配砂石，软泥灰岩	1900	整体先用镐、撬棍，后用锹挖掘；部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	V	硬质黏土，中密的页岩、泥灰岩、白垩土，胶结不紧的砾岩，软石灰岩及贝壳石灰岩	1100~2700	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	VI	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，片麻岩及正长岩	2200~2900	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	VII	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，微风化安山岩，玄武岩	2500~3100	用爆破方法开挖
八类土 (特坚土)	VIII	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、角闪岩、玢岩、辉绿岩	2700~3300	用爆破方法开挖

2. 按工程地质分类

《建筑地基基础设计规范》(GB50007 — 2002)按照土颗粒的大小、粒组的土颗粒含量把地基土分成岩石、碎石土、砂土、粉土和黏性土和人工填土。其中岩石、碎石、砂土、黏性土又可细分为下面几种。

岩石根据岩块的饱和单轴抗压强度又分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩；根据岩体完整程度划分为完整、较完整、较破碎、破碎和极破碎岩石。

碎石土按颗粒的大小、粒组的土颗粒含量分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾；按密实度，分为松散、稍密、中密、密实。

砂土按颗粒的大小、粒组的土颗粒含量分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂；按密实度，也分为松散、稍密、中密、密实。

黏性土按塑性指数，分为黏土和粉质黏土。黏性土的状态分为坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑五种状态。

对于土按工程地质详细的分类方法，在后续课《地基与基础》中会详细介绍。

1.1.3 土的工程性质

土由固体颗粒（固相）、液体（液相）和气体（气相）三部分组成，各部分含量的比例关系，直接影响土的物理性质和土的状态。例如，同一种土，松散时强度较低，经过外力压密后，强度会提高。对于黏性土，含水量不同，其性质也有明显差别：含水量多，则软；含水量少，则硬。因此土的工程性质对土方工程施工有直接影响，也是进行土方工程施工必须掌握的基本资料。土的三相组成示意图如图 1-1 所示。

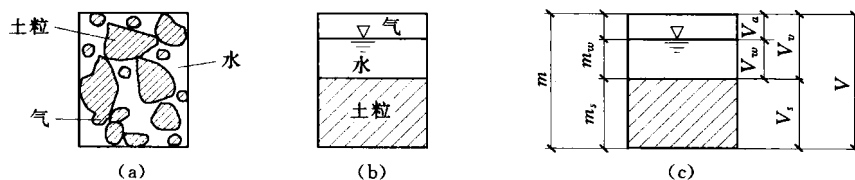


图 1-1 土的三相组成示意图

(a) 实际土体；(b) 土的三相图；(c) 各相的质量与体积

图 1-1 (c) 中土样的体积 V 为土中空气的体积 V_a 、水的体积 V_w 和土粒的体积 V_s 之和；土样的质量 m 为土中空气的质量 m_a 、水的质量 m_w 和土粒的质量 m_s 之和；由于空气的质量可以忽略，故土样的质量 m 可用水和土粒质量之和 ($m_w + m_s$) 表示。

1. 土的天然含水量 ω

土的天然含水量 ω 是指土中液体的质量 m_w 和土颗粒质量 m_s 之比，用百分比表示。

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100\%$$

其中土粒的质量 m_s 就是干土的质量，是把土烘干至恒量后称得的，气体的质量忽略不计，液体的质量由总质量 m 和干土的质量 m_s 相减而得。

土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化，对土方边坡的稳定性及填方密实程度有直接的影响。

2. 土的密度 ρ

土的密度 ρ 是指单位体积土的质量，即是总质量与总体积之比。单位用 g/cm^3 或 kg/m^3 计。

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_w + V_a}$$

土的密度与土的密实程度和含水量有关。

3. 土的干密度 ρ_d

土的干密度 ρ_d 是土被完全烘干时的密度，在忽略气体质量的条件下，干密度在数值上等于单位体积中土粒的质量。公式为

$$\rho_d = \frac{m_s}{V}$$

在一定程度上，土的干密度反映了土的颗粒排列紧密程度。土的干密度愈大，表示土愈密实。

4. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质，土的渗透性用渗透系数表示。渗透系数表示单位时间内水穿透土层的能力，公式为

$$K = \frac{L}{t}$$

式中 K ——土的渗透系数，m/d（或 m/h，m/s）；

L ——渗流路程长度，m；

t ——渗流路程 L 所需的时间，d（或 h，s）。

土的渗透系数大小对施工排降水方案的选择、涌水量的计算等有很大影响，土的渗透系数参见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数

土 的 名 称	渗透系数 (m/d)	土 的 名 称	渗透系数 (m/d)
黏 土	<0.005	中 砂	5.00~20.00
粉质黏土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
粉 土	0.10~0.25	粗 砂	20~50
黄 土	0.25~0.50	圆 砾 石	50~100
粉 砂	0.50~1.00	卵 石	100~500
细 砂	1.00~5.00	漂石（无砂质填充）	500~1000

5. 土的可松性

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，土的这种性质称为土的可松性。

土的可松性用可松性系数表示，即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1}$$

式中 K_s 、 K'_s ——土的最初、最终可松性系数；

V_1 ——土在天然状态下的体积， m^3 ；

V_2 ——土挖出后在松散状态下的体积， m^3 ；

V_3 ——土经压（夯）实后的体积， m^3 。

土的最初可松性系数 K , 是计算车辆装运土方体积及挖土机械的主要参数; 土的最终可松性系数 K' , 是计算填方所需挖土工程量的主要参数, 各类土的可松性系数如表 1-3 所示。

表 1-3 土的可松性系数

土的类别	K	K'	土的类别	K	K'
一类土	1.08~1.17	1.01~1.03	四类土	1.26~1.45	1.06~1.20
二类土	1.14~1.24	1.02~1.05	五类土	1.30~1.50	1.10~1.30
三类土	1.24~1.30	1.04~1.07	六类土	1.45~1.50	1.28~1.30

1.2 土方工程量计算

土方工程施工前, 必须对土方工程量进行计算。其计算方法可根据土方工程的特点, 将其划分成一定的几何形状, 并采取较为符合实际情况的近似方法进行。工程量计算时, 应以开挖前的天然密实状态为准计算。

1.2.1 基坑、基槽土方工程量的计算

1.2.1.1 土方边坡

在开挖基坑、沟槽或填筑路堤时, 为了防止塌方, 保证施工安全及边坡稳定, 其边沿应考虑放坡。土方边坡的坡度 i 以其高度 H 与底宽 B 之比表示, 如图 1-2 所示, 即

$$i = \frac{H}{B} = \frac{1}{\frac{B}{H}} = 1 : m$$
$$m = \frac{B}{H}$$

式中 m ——坡度系数。

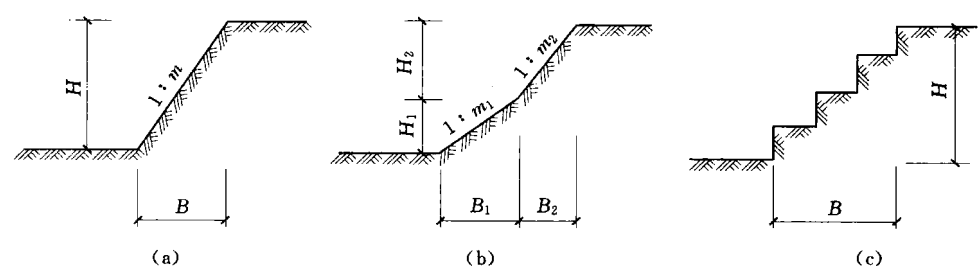


图 1-2 边坡的放坡形式
(a) 直线形; (b) 折线形; (c) 阶梯形

1.2.1.2 基坑土方工程量的计算

1. 形状规则的基坑

对于形状规则的基坑, 可以按立体几何中的体积计算公式进行计算。

若只考虑留工作面而不放坡时, 土方量计算如图 1-3 所示。