

土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列教材

建筑工程施工技术

王 钧 主 编
谢 颖 周 威 副主编



科学出版社

土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列教材

建筑工程施工技术

王 钧 主编

谢 颖 周 威 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

建筑工程施工技术是研究建筑物与构筑物建造过程中所涉及的各主要工种的施工工艺、施工顺序和施工方法的课程,是土木工程专业的一门重要专业必修课,也是一门实践性、综合性较强的应用学科。作者结合多年从事理论教学及工程实践的经验,力求编写内容精炼、体系完整,理论与实践紧密结合,规范应用与教学需求紧密结合,使之更为适用。

本教材共分为16章,内容包括土方工程、基础工程、砌体工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、钢结构工程、脚手架工程、防水工程、建筑装饰装修工程、建筑节能技术、施工组织设计概述、流水施工基本原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计。

本教材可作为全国高等学校建筑工程专业教材,也可作为土木工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程施工技术/王钧主编. —北京:科学出版社,2016
(土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列教材)

ISBN 978-7-03-048838-1

I. ①建… II. ①王… III. ①建筑工程—工程施工 IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第134285号

责任编辑:任加林 王杰琼 / 责任校对:刘玉靖
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年6月第一次印刷 印张:34 1/4

字数:791 000

定价:69.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈京华虎彩〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62137026

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

近年来,随着经济和科学技术的发展,新材料、新结构不断出现,大规模、技术复杂的工程结构也越来越多,施工技术水平也相应随之不断提升。各种高层建筑的开发与建设,极大地促进了现代施工技术和管理手段的改进与发展,涌现出一批新型材料、新型工艺和先进的施工技术与方法,并取得了良好的经济效益和社会效益。本书力求追随工程施工新技术、新方法的出现和使用,能够对建筑工程及其相关专业的本科生、研究生提供了解行业施工技术的途径,可为开设相应课程的专业提供参考。

建筑工程施工是研究建筑物与构筑物建造过程中所涉及的各主要工种的施工工艺、施工顺序和施工方法的课程,是建筑工程专业的一门重要专业必修课,也是一门实践性、综合性较强的应用学科。编者结合多年从事理论教学及工程实践的经验,编写中力求内容丰富、体系完整、理论与实践紧密结合、规范应用与教学需求紧密结合,取材上力图反映当前建筑工程的新技术、新工艺,以拓宽学生专业知识和相关学科的综合应用能力为目标,更好地适应社会发展的需要。

通过课程的学习,使学生能够综合应用所学的基础理论、基本原理、基本运算,培养其发现并分析、解决问题的能力,提高驾驭专业知识应用水平和实际工作能力,以适应市场经济条件下用人单位对人才知识结构的要求。

本教材主要介绍了建筑工程施工的主要工种、施工工艺、施工方法,包括土方工程、基础工程、砌体工程、混凝土工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、钢结构工程、脚手架工程、防水工程、建筑装饰装修工程、建筑节能技术、施工组织设计概述、流水施工基本原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计等十六章内容。为便于组织教学,根据教学特点,各章节附有工程案例及复习思考题,并以适当的方式体现在教材中。参加本书编写工作的有:黑龙江工程学院董艳秋(第一、二章)、哈尔滨工业大学周威(第三、四章)、东北林业大学王钧(第五、十一章)、东北林业大学徐嫚(第六、七、八章)、哈尔滨工业大学卢珊珊(第九、十章)、东北林业大学谢颖(第十二、十三、十五、十六章)、哈尔滨商业大学杨晓庄(第十四章)。

由于编者水平所限,对于书中存在的不足之处和有待探讨的问题,诚请读者提出宝贵意见和建议。

编 者

2016年3月

目 录

前言

绪论	1
0.1 建筑工程施工的概念、特点及研究对象	1
0.1.1 概念及特点	1
0.1.2 研究对象	1
0.2 建筑工程施工课程的任务及学习方法	1
0.2.1 课程任务	1
0.2.2 学习方法	2
0.3 建筑工程发展概况	2
0.3.1 古代建筑工程	2
0.3.2 近现代建筑工程	2
0.3.3 今后发展方向	3
第一章 土方工程	4
1.1 土的工程分类及性质	4
1.1.1 土的工程分类与鉴别方法	4
1.1.2 土的工程性质	5
1.2 场地平整	7
1.2.1 场地设计标高确定	7
1.2.2 场地平整土方量计算	10
1.2.3 土方平衡调配	13
1.2.4 场地平整施工	17
1.3 基坑(槽)工程	20
1.3.1 定位放线	20
1.3.2 土方边坡稳定	20
1.3.3 基坑排降水	25
1.3.4 基坑(槽)开挖	37
1.3.5 基坑、基槽土方量计算	39
1.3.6 土方填筑	40
1.4 爆破工程	43
1.4.1 爆破原理	43
1.4.2 爆破材料	44
1.4.3 爆破安全措施	46
工程案例	46
复习思考题	49

第二章 基础工程	51
2.1 桩基础工程	51
2.1.1 预制桩施工	51
2.1.2 混凝土灌注桩施工	59
2.2 地下连续墙施工	69
2.2.1 地下连续墙施工简介	69
2.2.2 地下连续墙的施工工艺	70
2.3 沉井基础施工	73
2.3.1 沉井基础	73
2.3.2 沉井基础施工	74
2.4 浅基础施工	80
2.4.1 无筋扩展基础（刚性基础）	81
2.4.2 钢筋混凝土扩展基础（柔性基础）	81
2.4.3 筏板基础	83
2.4.4 箱形基础	84
工程案例	85
复习思考题	89
第三章 砌体工程	90
3.1 砌筑砂浆	90
3.1.1 砌筑砂浆的种类	90
3.1.2 砂浆的原材料	90
3.1.3 砌筑砂浆的制备、运输及使用	92
3.1.4 砂浆的强度检验	94
3.2 砖砌体工程	95
3.2.1 砖墙的组砌形式	95
3.2.2 砌筑准备和砌筑工艺	96
3.2.3 砌筑基本要求	97
3.2.4 砖砌体的质量要求	98
3.2.5 冬期施工	100
3.3 砌块砌体工程	101
3.3.1 砌块的种类与规格	101
3.3.2 材料要求与施工准备	101
3.3.3 砌块施工工艺	102
3.3.4 砌块砌体的质量要求	102
3.3.5 排块设计	103
3.4 石砌体工程	103
3.4.1 石砌体材料	103

3.4.2 石基础构造与组砌形式	104
3.4.3 石墙构造与组砌	104
3.4.4 石砌体砌筑工艺要求	105
3.4.5 石砌体砌筑质量要求	106
工程案例	107
复习思考题	110
第四章 混凝土结构工程	111
4.1 模板工程	111
4.1.1 大模板	111
4.1.2 竹木胶合板模板	126
4.1.3 飞模(台模)	132
4.1.4 滑模施工	147
4.1.5 爬升模板	156
4.2 钢筋工程	164
4.2.1 钢筋的品种与规格	164
4.2.2 混凝土结构钢筋连接	168
4.3 混凝土工程	184
4.3.1 混凝土的拌制	184
4.3.2 混凝土运输与浇筑	189
4.3.3 泵送混凝土运输与浇筑	199
工程案例	202
复习思考题	206
第五章 预应力混凝土工程	208
5.1 预应力混凝土材料	208
5.1.1 预应力混凝土	208
5.1.2 预应力筋	208
5.2 预应力夹具、锚具、张拉设备	210
5.2.1 夹具、锚具和连接器	210
5.2.2 张拉设备	216
5.3 先张法施工	218
5.3.1 先张法施工台座	219
5.3.2 先张法施工工艺流程	222
5.4 后张法施工	226
5.4.1 预应力筋的制作	227
5.4.2 后张法施工工艺	229
5.4.3 无黏结预应力技术	233

5.5 整体预应力混凝土结构施工	237
5.5.1 现浇预应力混凝土框架结构	237
5.5.2 现浇预应力混凝土框架结构施工顺序	240
5.5.3 整体预应力板柱结构施工	242
工程案例	246
复习思考题	251
第六章 结构安装工程	252
6.1 起重机具	252
6.1.1 卷扬机	252
6.1.2 钢丝绳	253
6.1.3 滑轮组	254
6.1.4 锚锭	256
6.1.5 其他机具	257
6.2 起重机械	259
6.2.1 桅杆式起重机	259
6.2.2 履带式起重机	261
6.2.3 汽车起重机	264
6.2.4 塔式起重机	265
6.3 单层工业厂房结构安装	267
6.3.1 构件吊装前准备工作	267
6.3.2 构件吊装工艺	269
6.3.3 结构吊装方案	278
工程案例	288
复习思考题	293
第七章 钢结构工程	294
7.1 钢结构的加工	294
7.1.1 放样与样板	294
7.1.2 号料	295
7.1.3 切割	297
7.1.4 边缘与端部加工	298
7.1.5 弯制成型	299
7.1.6 折弯	300
7.1.7 制孔	300
7.1.8 矫正	301
7.1.9 组装	302
7.2 钢结构的连接	302
7.2.1 焊接施工	303

7.2.2 螺栓施工	306
7.3 钢结构的预拼装	310
7.3.1 钢构件预拼装工程施工一般规定	310
7.3.2 预拼装施工要点	310
工程案例	312
复习思考题	314
第八章 脚手架工程	315
8.1 扣件式钢管脚手架	315
8.1.1 构配件	315
8.1.2 扣件式脚手架的设计	318
8.1.3 搭设要求	323
8.2 碗扣式钢管脚手架	325
8.2.1 基本构造	325
8.2.2 搭设要求	326
8.3 门式钢管脚手架	328
8.3.1 基本构造	328
8.3.2 搭设要求	329
8.4 升降式脚手架	332
8.4.1 自升降式脚手架	332
8.4.2 互升降式脚手架	334
8.4.3 整体升降式脚手架	335
工程案例	337
复习思考题	340
第九章 防水工程	341
9.1 地下防水工程	341
9.1.1 防水混凝土	342
9.1.2 表面防水层防水	343
9.1.3 涂料防水层	346
9.1.4 止水带防水	346
9.2 屋面防水工程	347
9.2.1 普通卷材屋面防水	347
9.2.2 高分子卷材防水	351
9.2.3 涂膜防水屋面施工	352
工程案例	353
复习思考题	357

第十章 建筑装饰装修工程	358
10.1 抹灰工程	358
10.1.1 一般抹灰	358
10.1.2 装饰抹灰	359
10.2 饰面工程	360
10.2.1 材料及施工基本要求	361
10.2.2 饰面板(砖)工程施工	362
10.3 涂饰工程	365
10.3.1 基层处理	365
10.3.2 水溶型涂料涂饰施工	365
10.3.3 溶剂型涂料涂饰施工	366
10.3.4 美术涂饰	366
10.4 幕墙工程	367
10.4.1 玻璃幕墙	367
10.4.2 铝合金板幕墙	369
10.4.3 石材幕墙	370
工程案例	371
复习思考题	372
第十一章 建筑节能技术	373
11.1 建筑节能技术的基础知识	373
11.1.1 建筑能耗与建筑节能	373
11.1.2 节能建筑房屋	374
11.1.3 建筑节能总体目标及建筑节能设计标准	374
11.2 建筑保温材料	375
11.2.1 屋面保温材料	375
11.2.2 门窗保温材料	377
11.2.3 墙体保温材料	378
11.3 建筑节能施工	381
11.3.1 保温屋面施工	381
11.3.2 保温门窗施工	384
11.3.3 保温墙体施工	386
工程案例	395
复习思考题	401
第十二章 施工组织设计概述	402
12.1 工程项目及其生产特点	402
12.1.1 工程项目及其特点	402

12.1.2 工程项目建造特点	404
12.2 工程项目施工组织编制依据及原则	405
12.2.1 施工组织编制依据	405
12.2.2 施工组织编制原则	407
12.3 施工组织设计的分类与内容	407
12.4 施工组织设计编制程序	409
复习思考题	411
第十三章 流水施工基本原理	412
13.1 流水施工的基本概念	412
13.1.1 流水施工基本概念	412
13.1.2 流水施工的分类	414
13.2 流水参数的确定	415
13.2.1 组织流水施工的条件	415
13.2.2 流水参数	416
13.2.3 工期计算	423
13.3 等节拍专业流水	423
13.4 异节拍专业流水	426
13.4.1 异节拍专业流水的特点	426
13.4.2 异节拍专业流水的组织	426
13.5 无节奏专业流水	427
工程案例	429
复习思考题	432
第十四章 网络计划技术	433
14.1 双代号网络图	433
14.1.1 双代号网络图的概念	433
14.1.2 双代号网络图的绘制	435
14.1.3 双代号网络图的时间参数的计算	437
14.1.4 双代号时标网络计划	442
14.2 单代号网络图	447
14.2.1 单代号网络图的绘制	447
14.2.2 单代号网络图的计算	449
14.3 网络计划优化	453
14.3.1 工期优化	453
14.3.2 资源优化	455
14.3.3 费用优化	456
工程案例	457
复习思考题	464

第十五章 单位工程施工组织设计	467
15.1 编制依据和程序	467
15.2 施工方案	469
15.2.1 施工方案的施工程序	469
15.2.2 施工方案施工起点流向	470
15.2.3 分部分项工程的施工顺序	473
15.2.4 施工方法和施工机械的选择	480
15.3 施工进度计划	482
15.3.1 施工进度计划编制的依据与程序	483
15.3.2 施工进度计划的编制	484
15.4 资源需要量计划	488
15.4.1 劳动力需要量计划	488
15.4.2 主要材料需要量计划	489
15.4.3 构件和半成品需要量计划	489
15.4.4 施工机械需要量计划	489
15.5 施工平面图设计	489
15.5.1 设计原则	490
15.5.2 设计内容	490
15.5.3 设计依据	490
15.5.4 设计步骤和要求	491
工程案例	496
复习思考题	502
第十六章 施工组织总设计	503
16.1 施工部署	503
16.1.1 工程开展程序	503
16.1.2 主要工程施工方案	504
16.1.3 组织安排	505
16.1.4 施工准备工作总计划	506
16.2 施工总进度计划	507
16.2.1 施工总进度计划编制原则	507
16.2.2 施工总进度计划的编制步骤和方法	508
16.2.3 施工总进度计划的绘制	509
16.3 资源需要量计划	511
16.3.1 劳动力需要量计划	511
16.3.2 主要材料需要量计划	513
16.3.3 主要周转材料及加工件需要量计划	514
16.3.4 主要机具设备需要量计划	514

16.3.5 临时设施需要量计划	515
16.4 全场性暂设工程	515
16.4.1 工地加工厂组织	515
16.4.2 物资储存及施工机械停放临时设施	517
16.4.3 行政、生活及福利设施	519
16.4.4 工地供水	520
16.4.5 工地供电	524
16.5 施工总平面图	526
16.5.1 施工总平面布置依据	526
16.5.2 施工总平面布置原则	527
16.5.3 施工总平面图内容	527
16.5.4 施工总平面图设计步骤	527
16.5.5 施工总平面的优化	530
16.5.6 施工总平面图的科学管理	531
工程案例	531
复习思考题	533
主要参考文献	534

绪 论

0.1 建筑工程施工的概念、特点及研究对象

0.1.1 概念及特点

建筑工程施工是土木工程施工的一个分支，是指通过有效的组织方法和技术途径，按照工程设计图纸的要求在既定的位置上建成供使用的建筑工程实体的过程。建筑工程施工是一个将图纸转化成实体结构的过程。在确保设计者的意图和构思得以实现的前提下，如何达到使工程的实施安全可靠，产品质量好、施工工期短、消耗费用低的目标是工程施工主要目的。

建筑工程同样具有土木工程的特点：

(1) 社会性。随社会不同历史时期的科学技术和管理水平而发展。

(2) 综合性。运用多种工程技术，进行勘察、设计、施工工作的成果。

(3) 实践性。由于各种影响因素众多且错综复杂，使得建筑工程对实践的依赖性很强。

(4) 技术、经济和艺术统一性。建筑工程是为人类需要服务的，它必然是每个历史时期技术、经济、艺术统一的见证。

0.1.2 研究对象

建筑工程施工分为施工技术和施工组织两大部分。

建筑工程施工从地下基础到地上主体结构，再到内、外装修完毕，需要多工种工程（土方工程、基础工程、模板工程、钢筋工程、混凝土工程）相互协作完成整体建设。各工种工程中又包括各自的施工工法、施工材料、机具使用和工作作业人员管理等相关技术与管理措施，建筑工程施工以各工种施工技术为研究对象，以施工方案为核心，选择各工种工程中最合理的施工方法，采用最合理的施工技术措施。采用优良的施工工法、合理的施工工艺及最经济的造价保证施工任务的顺利完成，是建筑工程施工技术的主要研究内容。

根据施工对象的工程特点、工程性质、工程的客观条件合理安排施工，对劳动量、资金、材料等进行科学合理的调配，编制出用以指导施工的流水顺序、材料和构件布置方案等，此计划及方案即为建筑工程施工组织的主要研究对象。合理的施工组织设计可充分调整施工中时间、空间及人为活动等要素，依据各要素的重要性安排所占比例，调整各项关系，保持相互平衡，保证工程建设以最快、最好的方式完成。

0.2 建筑工程施工课程的任务及学习方法

0.2.1 课程任务

建筑工程施工是建筑工程专业的一门主要专业基础课程，课程综合了材料力学、理论

力学、结构力学、混凝土结构、钢结构等多门基础学科与专业学科。此课程的任务是使学生了解先进的新技术及发展动态,掌握国内、外建筑工程施工领域的基本施工工法、施工工艺及施工顺序;通过系统的学习过程,对建筑工程中从基础建设开始到建设工程结束的施工全过程建立系统的认识;掌握工种工程和单个建造项目施工方案的选择与施工组织设计的编制,具有解决一般施工常遇问题的能力。

对于建筑工程专业学生,无论日后从事工程施工、工程设计、工程咨询或是房地产开发,本课程均为必须掌握的基本理论和基本知识。

0.2.2 学习方法

由于本课程综合性较强,在学习本课程之前,从业人员应深入学习材料力学、测量学、结构力学、土木工程材料、混凝土结构及钢结构等相关基础课程。在学习本课程期间应做好与实际相结合的工作,多参与实践活动,深入到施工现场,重点观察实际工程的施工方法、使用材料与设备、工程进展等情况,加强对课程内容的理解;注意本课程内容与结构、测量、土力学及构造之间的联系;随时了解国内、外先进的施工工法与技术,注意法规的更新,广泛涉猎国内、外有关杂志与刊物。

0.3 建筑工程发展概况

我国建筑工程施工历史悠久,在 1000 年前,先秦人民用他们勤劳的双手建造了用来抵御侵略者的万里长城——我国古代最具有代表性的建筑之一。万里长城、嘉峪关等工程建设均为我国具有代表性的建筑,我国在建筑工程施工方面为世界科学文化的发展做出了卓越的贡献。

0.3.1 古代建筑工程

从旧石器时代到新石器时代,人类已经从逐水草而居的生活方式转变为定居式的农耕生活,人类急需类似洞穴一样的建筑保证安全,因此开始了架木巢居的建造运动,在河姆渡遗址内就发现有木板墙、夯土砖等早期建筑构件。到新石器时代后期,人类学会了烧制砖瓦,大大推动了建筑工程施工的发展。通过唐、五代十国、宋、明、清等时代的发展,先后建成过阿房宫、临安古城、故宫等规模宏大的建筑群落,集中地体现了我国古代工匠建筑技法的高超,表明我国的建造技术已经达到了很高的水平。

0.3.2 近现代建筑工程

中华人民共和国成立后,我国的建筑工程施工发生了根本性的变化。改革开放之前,国内建设主要以多层房屋及基础设施为主。改革开放之后,随着新思想新技术的快速涌入,全国各地相继建设了许多大面积、大体量的高层住宅及公共建筑,其中包括宝钢工业设施、长城饭店、白天鹅宾馆等地标性建筑。至 2008 年,全国年竣工房屋面积约 20 亿 m^2 ,接近全球年建筑总量的一半,标志着我国已发展成为建筑业大国。

进入 21 世纪以来,在建筑工程方面,不但面积、体量上有所突破,且不断挑战建筑工程施工的难度极限,建设了一大批颇具影响力的建筑工程。如基础埋深达 32.5m、独具特色

的国家大剧院，总面积 98.6 万 m^2 、列为全球航站楼之首的首都机场 T3 航站楼，10 500t 钢屋盖整体提升一次到位的首都机场 A380 机库，体型独特、用钢量达 12.9 万 t 的中央电视台新办公楼，每平方米用钢量达 0.5t 的国家体育场，492m 高的上海环球金融中心等。这些建筑成果不仅体现了我国的综合实力，也反映了我国建筑施工技术和组织管理达到了较高的水平。

在建筑工程施工组织方面，我国的施工组织设计始于第一个五年计划时期，但应用范围仅在一些重点建设项目上。在 20 世纪 80 年代和 90 年代许多大型的工程项目需要更为科学的施工组织设计来指导施工，加快了施工组织的推广。计算机结合网络计划技术和工程 CAD 技术以及虚拟建造技术的应用，正在逐步实现远程对施工现场进行实时监控的目标。将来计算机技术将更好地参与施工组织设计中去，为工程施工提供更加合理的施工计划。

0.3.3 今后发展方向

建筑工程施工将向着太空、海洋和地下发展。在地面资源已越来越少的情况下，随着科学技术的发展，人类将进一步开发在高空、地下和海洋的资源，将不可利用的资源转变为可供利用的资源。

建筑工程施工技术今后将向着节能环保化、工业化、智能化的方向发展。未来，鉴于现有可利用资源的不断减少，建筑工程专业人员将进一步研发新型施工器具及材料，改良现有器具及材料，减少施工能耗，保护环境，维持环境可持续发展。逐步实现施工的工业化，集约化利用和管理现有资源，在保证工程质量，减少工程事故及有效控制成本的前提下，将效益最大化。智能化施工将逐步替代现有施工，通过信息化施工和计算机仿真系统，更好的收集、处理和交流资源，高效地利用资源，提高工程结构的可靠性。

第一章 土方工程

内容提要:

本章主要介绍土的工程分类及性质、场地平整、基坑（槽）工程、爆破工程施工。在土的工程分类及性质中，主要介绍了土方的工程分类及特点、土的现场鉴别方法、土的工程性质等内容。在场地平整中，主要介绍了场地设计标高的确定、场地平整土方量的计算、土方平衡调配、场地平整施工等内容。在基坑（槽）工程中，主要介绍了定位放线、土方边坡稳定、基坑排降水、基坑（槽）开挖及土方量计算、土方填筑等内容。在爆破工程中，主要介绍了爆破原理、爆破材料、爆破安全措施等内容。

1.1 土的工程分类及性质

1.1.1 土的工程分类与鉴别方法

土是岩石经风化、搬运和沉积之后，所形成的粗细颗粒堆积在一起的散粒体。粗至粒径大于 200mm 的块石、细至粒径小于 0.005mm 的黏土颗粒，统称为土。土方工程施工和工程预算定额中，按开挖的难易程度，岩土的工程分类为八类，一～四类为土类，五～八类为岩石类。各类岩土在现场鉴别方法及工具见表 1.1。

表 1.1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的工程分类	土的名称	可松性系数		现场鉴别方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂，亚砂土，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)	亚黏土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，种植土，填筑土及亚砂土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土，重亚黏土，粗砾石，干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚黏土，压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	重黏土及含碎石、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、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬石炭纪黏土，中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土，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，部分使用爆破方法
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