



国家高等教育“十三五”规划教材
国家应用型大学实用教材
“互联网+校企合作”重点推广教材



含微课

土木工程施工技术

TUMU GONGCHENG SHIGONG JISHU

主编◎张春姝

航空工业出版社

国家高等教育“十三五”规划教材

国家应用型大学实用教材

“互联网+校企合作”重点推广教材

土木工程施工技术

主编 张春姝

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书以现行施工验收规范、规程和工程实践为依据,以方便教学和学生自主学习为原则,针对应用型本科的教学需要编写而成。全书共分为10章,分别为土方工程、地基处理与桩基工程、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、钢结构工程、防水工程、装饰工程、道路和桥梁工程,内容覆盖了土木建筑工程中的各分部分项工程的施工工艺。

本书可作为高等学校土木工程、工程管理等相关专业的教材,也可作为土木工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术 / 张春姝主编. — 北京: 航空工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-5165-1343-9

I. ①土… II. ①张… III. ①土木工程—工程施工—高等学校—教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第242413号

土木工程施工技术

Tumu Gongcheng Shigong Jishu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2017年9月第1版

2017年9月第1次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 25.75

字数: 595千字

印数: 1—3000

定价: 68.00元

前言 QIANYAN

土木工程施工技术是建筑类专业的一门主干专业课程，主要介绍建筑工程各分部分项工程的施工工艺流程、施工方法、技术措施和要求，以及质量验收方法等，对培养学生从事施工一线的岗位工作及相关的工程管理和工程造价等工作都有着极其重要的作用。

土木工程施工技术涉及面广，综合性、实践性强，发展日新月异。随着高等教育改革的深入，如何培养既适应建筑市场需求，又具备工程素质和岗位技能的应用型人才，成为了土木工程教育亟待解决的问题。为此，我们精心编写了这本具有实用性、创新性和先进性的立体化教材。本书主要具有如下特点。

1. 主线清晰，内容实用

本书以最新颁布的施工验收规范的分部分项工程划分为主线编写，重点突出主要分部分项工程的施工工艺流程和施工验收标准两大内容。其中，施工工艺流程包括施工准备、工序流程、操作要点、常见质量通病预防等主要内容，施工验收方法包括材料取样方法和施工验收规范的相关内容，着重培养学生综合运用建筑施工技术理论知识分析、解决工程实际问题的能力。

2. 结构合理，重点突出

本书根据实际工程中施工工艺的先后顺序，循序渐进地进行各分部分项工程施工工艺的分析与介绍，便于学生学习和掌握；同时，突出钢筋混凝土工程的重点工艺方法，以及与其他分部工程的有机结合，使学生能够更深刻地了解各工艺步骤之间的相互联系。

3. 随堂微课，易教易学

本书配有大量微课，如“柱施工”“电弧焊和电阻点焊”“混凝土的浇筑”等，学生扫描二维码即可观看精彩视频。随堂微课的应用，不仅使教师的教学变得更加轻松、生动，也使得学生的学习更加直观、有趣。

4. 模块丰富，直击现场

本书在讲解时，穿插有“经验传承”“职业常识”“知识拓展”等小模块，并配有大量土木工程施工中的实物图片和现场照片，把抽象化为具象，力求为学生营造一个更加直观的认知环境。

5. 紧跟时代，知识前沿

本书在编写时结合了新技术、新标准和新法规，紧扣当前施工现状，紧跟时代发展趋势。



由于本课程涉及的分部分项工程内容较多，综合性和实践性较强，建议采用多媒体教学，各学校可根据自己的教学目标对部分教学内容进行取舍，学时安排建议：少学时 60 学时；多学时 80 学时。

本书由辽宁石油化工大学张春姝担任主编，辽宁石油化工大学刘恩、辽宁石油化工大学王亚军、抚顺市城市建设工程项目管理中心王胜虎、辽宁石油化工大学李琦、辽宁石油化工大学李艳杰担任副主编。参加编写人员的分工如下：张春姝编写第四章和第六章，刘恩编写第一章和第二章，王亚军编写第三章和第九章，王胜虎编写第五章和第七章，李琦编写第十章，李艳杰编写第八章。

本书在编写过程中，参考了多种规范、教材、手册、著作和论文及网络资料，引用了一些实际工程案例，在此对这些资料的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限和时间仓促，书中难免存在不足之处，诚挚希望广大师生和读者提出宝贵意见，给予批评指正。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅联合出版中心网站（www.bjjqe.com）下载。

编者

2017年8月

目录MULU

第一章 土方工程	1
第一节 概述	1
一、土方工程的内容及施工要求	1
二、土的工程分类	2
三、土的工程性质	3
第二节 场地平整	5
一、场地竖向规划设计	6
二、场地平整土方工程量的计算	9
三、土方调配	17
第三节 基坑开挖	24
一、土方边坡及其稳定	24
二、土壁支护	26
三、基坑降水	30
第四节 土方工程的机械化施工	44
一、推土机	44
二、铲运机	45
三、挖掘机	46
四、土方机械的选择与合理配置	47
第五节 填土压实	49
一、土料选择与填土要求	49
二、填土的压实方法	50
三、影响填土压实质量的因素	52
四、填土压实的质量检查	53
综合练习题	54
第二章 地基处理与桩基工程	57
第一节 地基处理	57
一、地基处理概述	57
二、地基处理的方法	58

第二节 桩基工程概述	61
第三节 预制桩施工	62
一、预制桩的制作、起吊、运输和堆放	62
二、预制桩沉桩	65
第四节 灌注桩施工	78
一、沉管灌注桩施工	78
二、钻孔灌注桩施工	83
三、人工挖孔灌注桩施工	88
综合练习题	89
第三章 砌筑工程	91
第一节 砌体材料	91
一、块材	91
二、砂浆	93
第二节 砌筑脚手架	94
一、扣件式钢管脚手架	95
二、碗扣式钢管脚手架	99
三、框式脚手架	100
四、附着升降脚手架	103
五、常用里脚手架	104
六、脚手架的安全管理	105
第三节 垂直运输	106
第四节 砖砌体施工	109
一、砖墙砌体的组砌形式	109
二、砖墙砌体施工工艺	109
三、砖墙砌体的质量要求及验收标准	111
四、砖砌筑工程常见质量问题	115
五、砌体工程的冬期施工	117
第五节 其他砌体的施工	119
一、石砌体施工	119
二、砌块砌体施工	124
综合练习题	132

第四章 混凝土结构工程	134
第一节 模板工程	134
一、模板的要求和种类	134
二、木模板	135
三、定型组合钢模板	141
四、滑升模板	149
五、大模板	150
六、爬升模板	152
七、现浇混凝土结构模板的设计	155
第二节 钢筋工程	164
一、钢筋的种类和验收	164
二、钢筋的加工	169
三、钢筋的连接	171
四、钢筋配料与代换	182
五、钢筋的绑扎与安装	189
第三节 混凝土工程	193
一、混凝土的配料	193
二、混凝土的拌制	199
三、混凝土的运输	201
四、混凝土的浇筑	206
五、混凝土振捣	214
六、混凝土的养护	217
七、混凝土冬季施工技术与管理措施	220
八、混凝土工程中常见质量问题	224
综合练习题	229
第五章 预应力混凝土工程	232
第一节 预应力混凝土工程施工概述	232
一、预应力混凝土的分类及优缺点	232
二、预应力混凝土常用的材料	233
三、施工主要机具	236
第二节 先张法施工	243
一、预应力筋的铺设、张拉	244
二、混凝土浇筑与养护	246
三、预应力筋的放张	247

第三节 后张法施工	247
一、后张法有黏结预应力施工工艺	248
二、后张法无黏结预应力施工工艺	251
综合练习题	253
第六章 结构安装工程	255
第一节 起重机械与设备	255
一、桅杆式起重机	255
二、自行杆式起重机	257
三、塔式起重机	260
四、索具设备	263
第二节 单层工业厂房结构安装	268
一、构件吊装前的准备工作	268
二、构件吊装工艺	271
三、结构安装方案	279
第三节 装配式框架结构安装	291
一、起重机械的选择和布置	292
二、构件的平面布置和堆放	293
三、构件的吊装工艺	295
综合练习题	298
第七章 钢结构工程	301
第一节 钢结构构件的制作、运输与堆放	301
一、钢结构构件的制作	301
二、钢结构构件的运输与堆放	305
第二节 钢结构的安装	305
一、钢结构安装前的准备工作	305
二、钢结构构件的安装	310
第三节 大跨度钢结构的安装	314
综合练习题	316
第八章 防水工程	317
第一节 建筑防水的分类与等级	317
一、建筑防水分类	317
二、建筑防水等级	317

第二节 屋面防水工程	319
一、卷材防水屋面	319
二、涂膜防水屋面	323
三、刚性防水屋面	326
第三节 地下防水工程	329
一、卷材防水屋	329
二、防水混凝土	332
三、水泥砂浆防水层	334
四、止水带	335
五、地下防水工程渗漏及防治方法	336
综合练习题	341
第九章 装饰工程	342
第一节 抹灰工程	342
一、抹灰工程概述	342
二、一般抹灰施工	343
三、装饰抹灰施工	348
第二节 饰面工程	351
一、饰面材料的选用及质量要求	351
二、饰面板(砖)的施工	352
第三节 涂饰与裱糊工程	354
一、涂饰工程	354
二、裱糊工程	357
第四节 幕墙与吊顶工程	361
一、幕墙工程	361
二、吊顶工程	366
综合练习题	368
第十章 道路和桥梁工程	370
第一节 道路工程	370
一、路基的施工	370
二、路面的施工	371
第二节 桥梁工程	383
一、概述	383
二、预制安装法	384
三、悬臂施工法	386

四、转体施工法.....	390
五、顶推施工法.....	395
六、逐孔施工法.....	398
综合练习题	399
参考文献	401

第一章

土方工程

【本章主要内容】

- 土方工程内容及施工要求。
- 土的工程分类、土的工程性质。
- 场地设计标高的确定。
- 场地平整土方工程量的计算。
- 土方调配的原则与计算。
- 基坑开挖的边坡稳定支护与排降水措施。
- 土方工程机械化施工。
- 土方的填土与压实。

第一节 概述

一、土方工程的内容及施工要求

1. 土方工程的内容

土方工程包括一切土的挖掘、填筑、运输等过程，以及排水降水、土壁支撑等准备工作和辅助工程。常见的土方工程施工有以下内容。

① 场地平整。场地平整是指将天然地面改造成所要求的设计平面时所进行的土石方施工全过程（厚度在 300 mm 以内的挖填和找平工作）。场地平整的特点是工作量大、劳动繁重和施工条件复杂。

② 基坑（槽）及管沟开挖。基坑（槽）及管沟开挖是指开挖宽度在 3 m 以内的基槽且长度 \geq 宽度 3 倍或开挖底面积在 20 m^2 且长为宽 3 倍以内的土石方工程，它是为浅基础、桩承台及沟等施工而进行的土石方开挖。基坑（槽）及管沟开挖的特点是要求开挖的标高、断面、轴线准确，土石方量少，受气候影响较大。



③ 地下工程大型土石方开挖。

地下工程大型土石方开挖是指对人防工程、大型建筑物的地下室、深基础施工等进行的地下大型土石方开挖工程（宽度大于3 m，开挖底面积大于20 m²，场地平整土厚大于300 mm）。地下工程大型土石方开挖的特点是涉及降低地下水位、边坡稳定与支护、地面沉降与位移、邻近建筑物的安全与防护等一系列问题。

④ 土石方填筑。土石方填筑是指对低洼处用土石方分层填平的工程，可分为夯填和松填。土石方填筑特点是对填筑的土石方，要求严格选择土质，分层回填压实。

2. 土方工程的施工要求

土方工程施工要求标高、断面准确，土体有足够的强度和稳定性，工程量小，工期短，费用省。但土方工程的面广量大、劳动繁重、施工条件复杂（土方工程多为露天作业，施工受当地气候条件影响大；土的种类繁多，成分复杂；工程地质及水文地质变化多，也对施工影响较大）。因此，在组织土方工程施工前，应根据现场条件，制定出技术可行、经济合理的施工方案。

二、土的工程分类

土的种类繁多，分类方法也较多。不同的土，其物理、力学性质也不同，只有充分掌握各类土的特性及其对施工过程的影响，才能选择正确的施工方法。

与建筑施工技术联系较大的，是根据土的开挖难易程度，在现行预算定额中，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，称为土的工程分类。前四类属一般土，后四类属岩石，各类土的施工方法也各有不同，如表 1-1 所示。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的名称	密度 (kg/m ³)	开挖方法
一类土 (松软土)	砂土；粉土；冲积砂土层；疏松的种植土；淤泥	600~1 500	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；粉土混卵（碎）石；种植土；填土	1 100~1 600	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；重粉质黏土；砾石土；干黄土；含碎（卵）石的黄土；粉质黏土；压实的填土	1 750~1 900	主要用镐，少许用锹、锄头，部分用撬棍

表 1-1 (续)

土的分类	土的名称	密度 (kg/m^3)	开挖方法
四类土 (砂砾坚土)	坚实密实的黏性土或黄土; 中等密实的含碎(卵)石黏性土或黄土; 粗卵石; 天然级配砂石; 软泥灰岩	1 900	用镐或撬棍, 部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬质黏土; 中密的页岩、泥灰岩、白垩土; 胶结不紧的砾岩; 软石灰岩及贝壳石岩	1 100~2 700	用镐或撬棍、大锤, 部分用爆破
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	2 200~2 900	用爆破方法, 部分用风镐
七类土 (坚石)	大理岩; 辉绿岩; 粉岩; 粗、中粒花岗岩; 坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩	2 500~3 100	用爆破方法
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	2 700~3 300	用爆破方法

三、土的工程性质

影响土方工程施工的土的工程性质有土的可松性、渗透性和含水量等。

1. 土的可松性

自然状态下的土, 经开挖后, 其体积因松散而增加, 以后虽经回填压实, 仍不能恢复成原来的体积, 这种性质称为土的可松性。它对土方平衡调配, 基坑开挖时留弃土方量及运输工具的选择有直接影响。

土的可松性的大小用可松性系数表示, 分为最初可松性系数和最终可松性系数。

1) 最初可松性系数 K_s

自然状态下的土, 经开挖成松散状态后, 其体积的增加, 用最初可松性系数表示。

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}$$

式中, V_1 ——土在自然状态下的体积;

V_2 ——土经开挖成松散状态下的体积。

土的最初可松性系数是计算挖掘机械生产率、运土车辆数量及弃土坑容积的重要参数。

2) 最终可松性系数 K'_s

自然状态下的土, 经开挖成松散状态后, 回填夯实后, 仍不能恢复到原自然状态下体积, 夯实后的体积与原自然状态下体积之比, 用最终可松性系数表示。

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1}$$

式中, V_3 ——土经回填压实后的体积。

最终可松性系数是计算场地平整标高及填方所需的挖方体积等的重要参数。各类土的可松性系数如表 1-2 所示。

表 1-2 土的可松性系数参考值

土的种类	体积增加百分数		可松性系数	
	最初	最终	最初 K_s	最终 K'_s
一类土 (种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
二类土 (植物土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类土	14~28	2.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土 (除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类土 (泥灰岩、蛋白)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五~七类土	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类土	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

【例 1-1】某工程欲挖一个为 48 m×56 m 的基坑，深 1.2 m，地基土为粉质黏土。若这部分土方外运，需要运送多少土方？若用所挖出的土填充 50 m×50 m 基坑，可填深度为多少？（已知 $K_s=1.11$ ， $K'_s=1.03$ ）

解：挖方量 $V_1=48 \times 56 \times 1.2=3\,225.6\text{ (m}^3\text{)}$
 运方量 $V_2=V_1 \times K_s=3\,225.6 \times 1.11=3\,580.4\text{ (m}^3\text{)}$
 填方量 $V_3=V_1 \times K'_s=3\,225.6 \times 1.03=3\,322.4\text{ (m}^3\text{)}$
 填土深度 $h=V_3/S=3\,322.4/(50 \times 50)=1.33\text{ (m}^3\text{)}$

【例 1-2】某基坑尺寸为 35×56 m，深 1.25 m，拟用粉质黏土回填。已知 $K_s=1.16$ ， $K'_s=1.03$ 。问需用多少土方和挖多大的取土坑。

解：需用取土体积： $V_1=V_3 \div K'_s=35 \times 56 \times 1.25 \div 1.03=2\,379\text{ (m}^3\text{)}$
 需运土体积： $V_2=V_1 \times K_s=2\,379 \times 1.16=2\,760\text{ (m}^3\text{)}$

2. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质，水流通过土中孔隙的难易程度。土的渗透性是用渗性系数 K 表示。渗透系数 K 值直接影响降水方案的选择和涌水量计算的准确性。其参考值如表 1-3 所示。

表 1-3 土的渗透系数参考值

土的种类	K (m/d)	土的种类	K (m/d)
亚黏土、黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20~25
亚黏土	0.1~0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35~50

表 1-3 (续)

土的种类	K (m/d)	土的种类	K (m/d)
含亚黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹砾石	50~100
含黏土的细砂	10~15	砾石	100~200

土的渗透性系数的实验室测定方法是由法国学者达西发明的, 根据实验发现水在土中渗流速度 V 与水力坡度成正比, 即

$$V = K \cdot i$$

式中, i ——水力坡度, 又叫水力梯度, 是两点的水位差与渗流路程之比。

3. 土的含水量

土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量之比, 以百分数表示, 即

$$W = (G_1 - G_2) / G_2 \times 100\%$$

式中, G_1 ——含水状态土的质量;

G_2 ——烘干后土的质量 (土经 105℃ 烘干后的质量)。

土的含水量表示土的干湿程度, 是反映土的湿度的一个重要物理指标。含水量影响土方施工方法的选择、边坡的稳定和回填土的质量。

天然状态下土层的含水量称天然含水量, 其变化范围很大, 与土的种类、埋藏条件及其所处的自然地理环境等有关。一般干的粗砂土, 其值接近于零, 而饱和砂土可达 40%; 坚硬的黏性土的含水量约小于 30%, 而饱和状态的软黏性土 (如淤泥), 则可达 60% 或更大。一般说来, 同一类土, 当其含水量增大时, 强度就降低。土的含水量超过 25%~30%, 机械化施工就困难, 容易产生打滑和陷车的现象。

在定含水量的条件下, 用同样的夯实工具, 可使回填土达到最大密实度, 此含水量称为最佳含水量。常见土的最佳含水量: 砂土为 8%~12%; 粉土为 9%~15%; 粉质黏土为 12%~15%; 黏土为 19%~23%。

第二节 场地平整

场地平整就是将原始地面改造成满足人们生产、生活所要求的平面 (如满足后续建筑场地与已有建筑场地的标高对应关系, 满足整个场地的排水系统要求等), 并力求使场地内土挖填平衡且土方量最小。其主要内容是先进行场地竖向规划设计确定设计



标高, 然后依据设计标高计算挖、填土方量, 最后合理地进行土方调配。

一、场地竖向规划设计

场地竖向规划设计的主要内容是确定满足建筑规划和生产工艺方面要求的场地最佳设计标高。

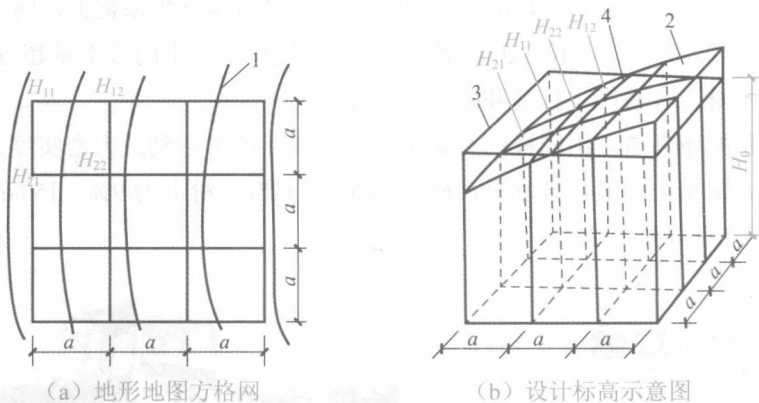
场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据, 也是总图规划和竖向设计的依据。合理地确定场地的设计标高, 对减少土方量和加速工程进度均具有重要的意义。在确定场地设计标高时, 应结合现场的具体条件反复进行技术经济比较, 选择其中一个最优的方案, 其原则如下。

- ① 应满足生产工艺和运输的要求。
- ② 充分利用地形, 分区或分台阶布置, 分别确定不同的设计标高。
- ③ 使挖填平衡, 土方量最少。
- ④ 要有一定泄水坡度 ($\geq 2\%$), 使能满足排水要求。
- ⑤ 要考虑最高洪水位的影响。

1. 场地设计标高确定的一般方法 (挖填平衡法)

对小型场地平整时, 若对场地标高无特殊要求 (不考虑边坡、泄水坡等), 一般可根据平整前后土方量相等的原则, 确定场地设计标高。具体如下。

- ① 将场地地形图根据要求的精度划分为长 $10\sim 40\text{ m}$ 的方格网, 如图 1-1 所示。



1—等高线; 2—自然地面; 3—设计地面

图 1-1 场地设计标高计算示意图

- ② 求出各方格角点的地面标高。地形平坦时, 可根据地形图相邻两等高线的标高, 用插入法求得; 地形不平坦时, 用插入法有较大误差, 可在地面上用木桩打好方格网, 然后用仪器直接测出。