



高等学校土木工程专业规划教材

土木工程施工

Civil Engineering Construction

王丽荣 主 编
董艳秋 李成河 盛可鉴 副主编
王 钧 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

高等学校土木工程专业规划教材

Civil Engineering Construction

土木工程施工

	王丽荣	主 编
董艳秋	李成河	盛可鉴 副主编
	王 钧	主 审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为高等学校土木工程专业规划教材,是依据高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》所提出的核心知识,按照最低标准要求编写的。同时按照“大土木”的理念,较为系统地阐述了建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程等专业方向涉及的施工技术和组织管理等内容。

本书可作为土木工程、工程管理、道路桥梁与渡河工程等专业的本科、专科教材或参考书,也可作为其他相关专业或从事土木工程施工技术和管理工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工 / 王丽荣主编. — 北京:人民交通出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-114-11053-5

I. ①土… II. ①王… 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(2013)第 287631 号

高等学校土木工程专业规划教材

书 名:土木工程施工

著 作 者:王丽荣

责任编辑:岑 瑜 黎小东

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:30.25

字 数:605 千

版 次:2014 年 1 月 第 1 版

印 次:2014 年 1 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11053-5

定 价:58.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

按照教育部 2012 年颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》,土木工程本科专业属于工学门类的土木类,代号为 081001,与建筑环境与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑电气与智能化并列。土木工程涉及相当广泛的技术领域,建筑工程、交通土建工程、井巷工程、水利水运设施工程、城镇建筑环境设施工程、防护工程等,都属于广义的土木工程范围。

土木工程施工课程是土木工程专业的主要专业知识平台课之一,是主要研究土木工程的主要工种、工程施工技术和施工组织计划规律的技术课程。土木工程施工实践性强,涉及的知识面广,技术发展迅速,必须结合工程实践,综合运用相关学科的理论基础知识,才能正确掌握、学好这门课程,才能科学合理地解决生产过程中遇到的实际问题。

本书为高等学校土木工程专业规划教材,是依据高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》所提出的核心知识按照最低标准要求编写的。同时按照“大土木”的理念,较为系统地阐述了建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程等专业方向涉及的施工技术和组织管理等内容,充分体现人才培养的多样性和宽口径要求。在编写过程中注重基本理论、基本知识及基本技能的阐述,有较强的理论性和系统性。

本书可作为土木工程、工程管理、道路桥梁与渡河工程等专业的本科、专科教材或参考书,也可作为其他相关专业或从事土木工程施工技术和管理工作人员的参考用书。

本书的编写人员具有多年的工程实践经历和工程施工的教学经验,教材第 1、2 章由黑龙江工程学院李成河副教授编写,第 3、4 章由黑龙江工程学院董艳秋副教授编写,第 5 章由黑龙江工程学院林淋讲师编写,第 6 章由黑龙江工程学院王丽荣教授编写,第 7、8 章由黑龙江工程学院盛可鉴教授编写,第 9、10 章由黑龙江科技大学高雅茹副教授编写,第 11、13 章由黑龙江工程学院陈茜讲师编写,第 12、14、15 章由黑龙江工程学院柳鹏讲师编写。全书由黑龙江工程学院王丽荣教授统稿,东北林业大学王钧教授主审。

限于编者水平,书中可能存有不足之处和有待探讨的问题,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2013 年 11 月

人民交通出版社 公路出版中心教材

(◆教育部普通高等教育“十一五”、“十二五”国家级规划教材 ▲建设部土建类专业“十一五”规划教材)

一、交通工程类

1. 专业核心课

1. ◆交通规划(第二版)(王 炜)	33 元
2. ◆交通设计(杨晓光)	35 元
3. ◆道路交通安全(裴玉龙)	36 元
4. 交通系统分析(王殿海)	31 元
5. 交通管理与控制(徐建闽)	26 元
6. 交通经济学(邵春福)	25 元
7. ◆交通工程总论(第三版)(徐吉谦)	36 元
8. ◆交通工程学(第二版)(任福田)	38 元
9. 交通工程学(第二版)(李作敏)	28 元
10. ◆交通运输工程导论(第二版)(姚祖康)	23 元
11. ◆交通管理与控制(第四版)(吴 兵)	35 元
12. 交通管理与控制(罗 霞)	36 元
13. ◆道路交通管理与控制(袁振洲)	40 元
14. 交通调查与分析(第二版)(严宝杰)	38 元
15. ◆交通工程设计理论与方法(第二版)(马荣国)	36 元
16. 交通工程设施设计(李峻利)	35 元
17. ◆智能运输系统概论(第二版)(杨兆升)	25 元
18. 智能运输系统(ITS)概论(第二版)(黄 卫)	24 元
19. 交通工程专业英语(裴玉龙)	28 元
20. ◆运输经济学(第二版)(严作人)	44 元
21. ◆道路交通工程系统分析方法(第二版)(王 炜)	33 元

2. 专业选修课

1. ◆公路网规划(第二版)(裴玉龙)	30 元
2. ◆道路通行能力分析(第二版)(陈宽民)	28 元
3. ◆城市客运交通系统(李旭宏)	32 元
4. ◆交通运输设施与管理(第二版)(郭忠印)	38 元
5. 道路交通安全管理法规概论及案例分析(裴玉龙)	29 元
6. 交通与环境(陈 红)	30 元
7. 道路交通环境工程(张玉芬)	19 元
8. 交通地理信息系统(符铎砂)	31 元
9. 公路建设项目可行性研究(过秀成)	27 元
10. 道路运输统计(张志俊)	28 元
11. 交通项目评估与管理(谢海红)	36 元
12. 交通流理论(王殿海)	21 元
13. 停车场规划设计与管理(关宏志)	30 元

二、土木工程类

1. 专业基础课

1. 材料力学(郭应征)	25 元
2. 理论力学(周志红)	29 元
3. 工程力学(郭应征)	25 元
4. 结构力学(肖永刚)	32 元
5. 水力学(王亚玲)	19 元
6. 土质学与土力学(第四版)(袁聚云)	30 元
7. 土木工程制图(第三版)(林国华)	39 元
8. 土木工程制图习题集(第三版)(林国华)	25 元
9. 土木工程制图(第二版)(丁建梅)	39 元
10. 土木工程制图习题集(第二版)(丁建梅)	22 元
11. ◆土木工程计算机绘图基础(第二版)(袁 果)	45 元
12. ▲道路工程制图(第四版)(谢步瀛)	36 元
13. ▲道路工程制图习题集(第四版)(袁 果)	26 元
14. 交通土建工程制图(第二版)(和丕壮)	39 元
15. 交通土建工程制图习题集(第二版)(和丕壮)	22 元
16. 现代土木工程(付宏渊)	36 元
17. 土木工程概论(项海帆)	32 元
18. 道路概论(第二版)(孙家驷)	20 元
19. 桥梁工程概论(第三版)(罗 娜)	32 元
20. 道路与桥梁工程概论(黄晓明)	32 元
21. 道路与桥梁工程概论(苏志忠)	33 元
22. 公路工程地质(第三版)(姜明健)	23 元
23. 工程测量(胡伍生)	25 元

24. 交通土木工程测量(第四版)(张坤宜)	48 元
25. ◆测量学(第三版)(许姬姬)	36 元
26. ◆道路工程材料(第五版)(李立寒)	35 元
27. 道路工程材料(申爱琴)	45 元
28. ◆基础工程(第四版)(王晓谋)	37 元
29. ◆基础工程设计原理(第二版)(袁聚云)	36 元
30. ▲结构设计原理(第二版)(叶见曙)	51 元
31. Principle of Structural Design(结构设计原理)(第二版) (张建仁)	60 元
32. ◆预应力混凝土结构设计原理(第二版)(李国平)	30 元
33. 专业英语(第三版)(李 嘉)	39 元

2. 专业核心课

1. ◆路基路面工程(第三版)(邓学钧)	52 元
2. 路基路面工程(何兆益)	45 元
3. ◆路基工程(第二版)(凌建明)	25 元
4. ◆道路勘测设计(第三版)(杨少伟)	42 元
5. 道路勘测设计(第三版)(孙家驷)	52 元
6. 道路勘测设计(裴玉龙)	38 元
7. ◆公路施工组织及概预算(第三版)(王首绪)	32 元
8. 公路施工组织与管理(赖少武)	35 元
8. 公路工程施工组织学(第二版)(姚玉玲)	38 元
9. ◆桥梁工程(第二版)(姚玲森)	62 元
10. 桥梁工程(土木、交通工程)(第二版)(邵旭东)	52 元
11. ◆桥梁工程(上册)(第二版)(范立础)	54 元
12. ◆桥梁工程(下册)(第二版)(顾安邦)	49 元
13. 桥梁工程(第二版)(陈宝春)	49 元
14. ◆桥涵水文(第四版)(高冬光)	28 元
15. 水力学与桥涵水文(第二版)(叶镇国)	46 元
16. ◆公路小桥涵勘测设计(第四版)(孙家驷)	31 元
17. ◆现代钢桥(上)(吴 冲)	34 元
18. ◆钢桥(第二版)(徐君兰)	45 元
19. ▲桥梁施工及组织管理(上)(第二版)(魏红一)	39 元
20. ▲桥梁施工及组织管理(下)(第二版)(邵晓光)	39 元
21. ◆隧道工程(第二版)(上)(王毅才)	65 元
22. 公路工程施工技术(第二版)(盛可鉴)	38 元
23. 桥梁施工(第二版)(徐 伟)	49 元
24. ▲隧道工程(杨林德)	55 元
25. 道路与桥梁设计概论(程国柱)	42 元
26. ◆桥梁工程控制(向中富)	38 元
27. 桥梁结构电算(周水兴)	35 元
28. 桥梁结构电算(第二版)(石志源)	35 元
29. 建设工程监理概论(张 爽)	35 元
30. 建筑设备工程(刘丽娜)	39 元
31. 土木工程施工(王丽荣)	58 元

3. 专业选修课

1. 土木工程学(石 京)	38 元
2. 道路规划与设计(符铎砂)	46 元
3. ◆道路工程(第二版)(严作人)	46 元
4. 道路工程(第二版)(凌天清)	35 元
5. ◆高速公路(第三版)(方守恩)	34 元
6. 高速公路设计(赵一飞)	38 元
7. 城市道路设计(第二版)(吴瑞麟)	26 元
8. 公路施工技术与组织管理(第二版)(廖正环)	40 元
9. 公路养护与管理(马松林)	28 元
10. 道路与桥梁工程计算机绘图(许金良)	31 元
11. 公路计算机辅助设计(符铎砂)	30 元
12. 交通计算机辅助工程(任 刚)	25 元
13. 测绘工程基础(李芳芳)	36 元
14. GPS 测量原理及其应用(胡伍生)	28 元
15. 现代道路交通检测原理及应用(孙朝云)	38 元
16. 公路测设新技术(维 应)	36 元

17. 道路桥梁检测技术(胡昌斌)	31 元
18. 特殊地区基础工程(冯忠居)	29 元
19. 软土环境工程地质学(唐益群)	35 元
20. ◆环境经济学(第二版)(董小林)	40 元
21. 桥位勘测设计(高冬光)	20 元
22. 桥梁钢—混凝土组合结构设计原理(黄 侨)	26 元
23. 桥梁结构理论与计算方法(贺拴海)	58 元
24. ◆桥梁建筑美学(第二版)(盛洪飞)	30 元
25. 桥梁美学(和玉壮)	40 元
26. 桥梁检测与加固(王国鼎)	27 元
27. 桥梁抗震(第二版)(叶爱君)	20 元
28. 钢管混凝土(胡曙光)	38 元
29. 大跨度桥梁结构计算理论(李传习)	18 元
30. 浮桥工程(王建平)	36 元
31. 隧道结构力学计算(第二版)(夏永旭)	34 元
32. 公路隧道运营管理(吕康成)	22 元
33. 隧道与地下工程灾害防护(张庆贺)	45 元
34. 公路隧道机电工程(赵忠杰)	40 元
35. 路基支挡工程(陈忠达)	42 元
36. 机场规划与设计(谈至明)	35 元

4. 实践环节教材及教参教辅

1. 土木工程试验(张建仁)	38 元
2. 桥梁结构试验(第二版)(章关永)	30 元
3. 桥梁计算示例丛书—桥梁地基与基础(第二版)(赵明华)	18 元
4. 桥梁计算示例丛书—混凝土简支梁(板)桥(第三版)(易建国)	28 元
5. 桥梁计算示例丛书—连续梁桥(邹毅松)	58 元
6. 结构设计原理计算示例(叶见曙)	40 元
7. 土力学与基础工程习题集(张 宏)	20 元
8. 道路工程毕业设计指南(应荣华)	34 元
9. 桥梁工程毕业设计指南(向中富)	35 元

5. 研究生教材

1. 沥青与沥青混合料(郝培文)	35 元
2. 水泥与水泥混凝土(申爱琴)	30 元
3. 现代无机道路工程材料(梁乃兴)	42 元
4. 现代加筋土理论与技术(雷胜友)	24 元
5. 道路规划与几何设计(朱照宏)	32 元
6. 高等桥梁结构理论(第二版)(项海帆)	70 元
7. 桥梁概念设计(项海帆)	68 元
8. 桥梁结构体系(肖汝诚)	78 元
9. 高等钢筋混凝土结构(周志祥)	27 元
10. 结构分析的有限元法与 MATLAB 程序设计 (徐荣桥)	28 元
11. 工程结构数值分析方法(夏永旭)	27 元
12. 箱形梁设计理论(第二版)(房贞政)	32 元

6. 应用型本科教材

1. 结构力学(第二版)(万德臣)	30 元
2. 结构力学学习指导(于克萍)	22 元
3. 结构设计原理(黄平明)	47 元
4. 结构设计原理学习指导(安静波)	35 元
5. 结构设计原理计算示例(赵志蒙)	40 元
6. 工程力学(喻小明)	45 元
7. 土质学与土力学(赵明阶)	30 元
8. 水力学与桥涵水文(王丽荣)	27 元
9. 道路工程制图(谭海洋)	28 元
10. 道路工程制图习题集(谭海洋)	24 元
11. 土木工程材料(张爱勤)	39 元
12. 道路建筑材料(伍必庆)	37 元
13. 路桥工程专业英语(赵永平)	44 元
14. 工程测量(朱爱民)	30 元
15. 道路工程(资建民)	30 元
16. 路基路面工程(陈忠达)	46 元

教材详细信息,请查阅“中国交通书城”(www.jtbook.com.cn)

咨询电话:(010)85285983

17. 道路勘测设计(张维全)	32 元
18. 基础工程(刘 辉)	26 元
19. 桥梁工程(第二版)(刘龄嘉)	49 元
20. 工程招投标与合同管理(刘 燕)	33 元
21. 道路工程 CAD(杨宏志)	23 元
22. 工程项目管理(李佳升)	32 元
23. 公路施工技术(杨渡军)	64 元
24. 公路工程试验检测(乔志琴)	47 元
25. 工程结构检测技术(刘培文)	52 元
26. 公路工程经济(周福田)	22 元
27. 公路工程监理(朱爱民)	33 元
28. 公路工程机械化施工技术(徐永杰)	22 元
29. 城市道路工程(徐 亮)	29 元
30. 公路养护技术与管理(武 鹤)	58 元
31. 公路工程预算与工程量清单计价(第二版)(雷书华)	40 元

三、轨道交通类

1. ◆地铁与轻轨(第二版)(张庆贺)	40 元
2. 城市轨道交通概论(孙 章)	40 元
3. 城市轨道交通系统(彭 辉)	32 元
4. 城市轨道交通结构与施工(周顺华)	36 元
5. 城市轨道交通设备系统(周顺华)	32 元
6. 轨道工程(练松良)	36 元
7. 城市轨道交通工程案例集(顾保南)	25 元
8. 轨道工程(杨荣山)	49 元

四、工程管理类

1. 工程经济学(李雪琳)	22 元
2. 木工程造价控制(石勇民)	30 元
3. 公路工程造价(第二版)(周世生)	48 元
4. 公路工程定额原理与估价(第二版)(石勇民)	39.5 元
5. ◆工程质量控制与管理(第二版)(邹晓光)	30 元
6. 公路工程造价编制与管理(第二版)(沈其明)	43 元
7. 管理信息系统(李友根)	31 元
8. 道路管理与系统分析方法(黄晓明)	28 元
9. 工程风险管理(邓铁军)	21 元
10. 工程项目招标与投标(周 直)	30 元
11. 高速公路管理(第二版)(王选仓)	38 元
12. 公路经济学教程(袁剑波)	23 元
13. ◆工程项目融资(第二版)(赵 华)	29 元
14. 工程财务管理(杨成炎)	37 元
15. 工程项目投融资决策案例分析(王 治)	35 元
16. 工程项目成本管理学(贺云龙)	42 元
17. 工程项目审计学(张鼎祖)	32 元

五、机械类

1. ◆机械概论(第二版)(王 进)	36 元
2. ◆公路施工机械(第二版)(李自光)	43 元
3. 现代工程机械发动机与底盘构造(陈新轩)	38 元
4. 工程机械维修(许 安)	38 元
5. 工程机械状态检测与故障诊断(陈新轩)	29 元
6. 工程机械底盘设计(郁景平)	36 元
7. 公路工程机械化施工与管理(第二版)(郭小宏)	37 元
8. 工程机械设计(吴永平)	38 元
9. 工程机械技术经济学(吴永平)	23 元
10. 工程机械专业英语(宋永刚)	36 元
11. 工程机械发动机原理与底盘理论(曹源文)	29 元
12. 工程机械可靠性(吴永平)	20 元
13. 工程机械运用技术(许 安)	40 元
14. 工程机械机电液系统动态仿真(吴永平)	18 元
15. 现代工程机械液压与液力系统(颜荣庆)	39 元
16. 水泥混凝土路面施工与施工机械(何挺继)	30 元
17. 工程机械地面力学与作业理论(杨士敏)	35 元
18. 车辆—沥青路面系统力学分析(吕彭民)	27 元
19. 工程机械液压系统分析及故障诊断(张 奕)	26 元

目 录

第1章 土方工程	1
1.1 土的工程分类及性质	1
1.2 场地平整	4
1.3 基坑(槽)工程	18
1.4 爆破工程	40
本章小结	43
复习思考题	43
第2章 基础工程	44
2.1 桩基础工程	44
2.2 预制桩施工	45
2.3 混凝土灌注桩施工	51
2.4 地下连续墙施工	60
2.5 沉井基础施工	64
2.6 浅基础施工	71
本章小结	75
复习思考题	75
第3章 砌体工程	77
3.1 砌体材料	77
3.2 砌体施工工艺	80
3.3 构造柱的设置	89
3.4 砌体工程的冬期施工	90
3.5 脚手架与垂直运输设施	93
本章小结	100
复习思考题	101
第4章 混凝土工程	102
4.1 模板工程	102
4.2 钢筋工程	115
4.3 混凝土工程	128
4.4 预应力混凝土工程	146
本章小结	166
复习思考题	166
第5章 结构安装工程	168
5.1 安装工程中的起重机械	168

5.2 结构安装工程中的索具设备	176
5.3 单层工业厂房结构吊装	179
5.4 多层结构工程安装	196
5.5 钢结构安装中构件的加工制作及组装	198
5.6 钢结构的安装	202
本章小结	214
复习思考题	215
第6章 桥梁工程	216
6.1 桥梁结构施工常用机具与设备	216
6.2 混凝土桥梁墩台施工	217
6.3 混凝土桥梁上部结构施工方法	227
6.4 钢桥上部结构施工	249
本章小结	251
复习思考题	252
第7章 公路隧道施工	253
7.1 隧道施工简介	253
7.2 隧道基本施工方法	255
7.3 不良地质条件下的隧道施工及处理方法	277
本章小结	281
复习思考题	282
第8章 路面工程	283
8.1 路面基层、底基层施工技术	283
8.2 水泥混凝土路面面层施工技术	300
8.3 沥青混凝土路面施工技术	317
本章小结	333
复习思考题	334
第9章 防水工程	335
9.1 屋面防水工程	335
9.2 地下防水工程	347
9.3 厨卫防水工程	354
本章小结	354
复习思考题	355
第10章 装饰工程	356
10.1 抹灰工程	356
10.2 饰面工程	362
10.3 楼地面装饰工程	364
10.4 幕墙、吊顶及隔墙工程	367
10.5 涂料、油漆工程	372

10.6 裱糊工程·····	373
本章小结·····	374
复习思考题·····	375
第 11 章 工程施工组织概论 ·····	376
11.1 建筑产品与建筑产品生产的特点·····	376
11.2 基本建设与基本建设程序·····	377
11.3 工程的施工准备·····	382
11.4 施工组织设计·····	384
本章小结·····	387
复习思考题·····	387
第 12 章 工程流水施工原理 ·····	388
12.1 流水施工的基本概念·····	388
12.2 流水施工参数·····	391
12.3 流水施工的基本组织方式·····	394
12.4 有节奏流水施工·····	395
12.5 无节奏流水施工·····	396
本章小结·····	399
复习思考题·····	399
第 13 章 网络计划技术 ·····	400
13.1 网络计划技术·····	400
13.2 双代号网络计划·····	403
13.3 双代号网络计划的时间参数计算·····	413
13.4 双代号时标网络计划·····	421
13.5 单代号网络计划·····	423
13.6 网络计划的优化·····	426
本章小结·····	430
复习思考题·····	431
第 14 章 单位工程施工组织设计 ·····	433
14.1 施工组织设计的内容和编制程序·····	433
14.2 施工方案设计·····	435
14.3 施工方法和施工机械选择·····	436
14.4 单位工程施工进度计划的编制·····	439
14.5 单位工程施工平面图的设计·····	442
14.6 单位工程施工组织设计实例·····	444
本章小结·····	452
复习思考题·····	452
第 15 章 施工组织总设计 ·····	453
15.1 施工组织总设计编制依据及程序·····	453

15.2 施工部署和施工方案.....	454
15.3 施工总进度计划.....	455
15.4 施工总资源计划.....	457
15.5 全厂性暂设工程.....	458
15.6 施工总平面图.....	462
15.7 施工组织总设计实例.....	465
本章小结.....	473
复习思考题.....	473
参考文献.....	474

第1章 土方工程

学习要求

- 了解土的工程分类及现场鉴别方法;
- 掌握场地平整的方法及场地平整土方量的计算与土方调配方案;
- 掌握基坑(槽)开挖方法及土方量计算;
- 掌握土方开挖过程中边坡稳定及施工排降水等辅助工程施工;
- 熟悉土方的填筑与压实、回填土的质量要求及检验标准;
- 掌握土方工程中的机械化施工;
- 掌握土方爆破原理、材料及安全措施。

本章重点

场地平整、土方量的计算与调配、基坑(槽)开挖方法及土方量计算;土方工程的辅助工程;土方工程的机械化施工;土方爆破施工。

本章难点

土方的调配和轻型井点的设计。

土木工程中常见的土方工程有:场地平整、基坑(槽)与管沟开挖、人防工程开挖、地坪填筑、路基填筑及基坑回填等。

土方工程施工的特点是:面广量大、劳动繁重、大多为露天作业、施工条件复杂、施工易受地区气候条件影响;且土本身是一种天然物质,种类繁多,施工时受工程地质和水文地质条件的影响也很大。因此,为了减轻劳动强度、提高劳动生产效率、加快工程进度、降低工程成本,在组织施工时,应根据工程自身条件,制订合理施工方案,尽可能采用新技术和机械化施工。

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,岩土的工程分为八类,一~四类为土类,五~八类为岩石类。土的工程分类与现场鉴别方法见表1-1。

1.1.2 土的工程性质

1. 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)。一般黏土的密度为

1 800 ~ 2 000kg/m³,砂土为 1 600 ~ 2 000kg/m³。土的密度按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1-1}$$

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值,按下式计算:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \tag{1-2}$$

式中: ρ 、 ρ_d ——土的天然密度和干密度(kg/m³);

m ——土的总质量(kg);

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg);

V ——土的总体积(m³)。

土的工程分类与现场鉴别方法

表 1-1

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	绝大部分用镐、撬棍,然后用锹挖掘,少部分用楔子及大锤
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
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,风化痕迹的安山岩、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 为最初可松性系数; K'_s 为最终可松性系数。

土的干密度越大,则土越密实,它可作为填土压实质量的控制指标。一般黏性土的最大干密度 ρ_{dmax} 为 1 580 ~ 2 000kg/m³,砂土为 1 800 ~ 2 080kg/m³。

2. 土的可松性

土的可松性是指天然土经过开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能恢复原来形状的特性。土的可松程度用可松性系数表示,土的可松性系数可分为最初可松性系

数和最终可松性系数。

最初可松性系数:土经开挖后的松散体积与原自然状态下的体积之比。它是决定挖土机械和运输机械的重要参数。

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \tag{1-3}$$

式中: K_s ——最初可松性系数;

V_1 ——天然状态下土的体积(m^3);

V_2 ——开挖后松散土的体积(m^3)。

最终可松性系数:土经回填压实后的体积与自然状态下的体积之比,它是决定取土体积的重要参数。

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \tag{1-4}$$

式中: K'_s ——最终可松性系数;

V_3 ——经回填压实后土的体积(m^3);

V_1 ——同式(1-3)。

土的可松性系数是挖填土方时,计算土方机械生产率、回填土方量、运输机具数量、场地平整规划竖向设计、土方调配的重要参数。

3. 土的渗透性

土的渗透性是指水在单位时间内穿透土层的能力,一般以渗透系数 K (单位为 m/d) 作为衡量土的透水能力的指标。

法国学者达西根据砂土渗透试验发现水在土中的渗流速度 v 与水力坡度 i 成正比,即

$$v = Ki \tag{1-5}$$

式中: v ——水在土中的渗透速度(m/d);

i ——水力坡度;

K ——渗透系数(m/d)。

渗透系数 K 就是水在 $i=1$ 的土中的渗透速度。它反映土透水性的强弱,它影响施工降水与排水的速度。土的渗透系数可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定。一般土的渗透系数见表 1-2。

土的渗透系数 表 1-2

土 的 种 类	渗透系数 $K(\text{m/d})$	土 的 种 类	渗透系数 $K(\text{m/d})$
黏土、亚黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20 ~ 25
亚砂土	0.1 ~ 0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35 ~ 50
含黏土的粉砂	0.5 ~ 1.0	纯粗砂	50 ~ 75
纯粉砂	1.5 ~ 5.0	粗砂加鹅卵石	50 ~ 100
含黏土的细砂	10 ~ 15	卵石	100 ~ 200

4. 土的含水率

土的含水率(w)是土中水的质量与固体颗粒质量之比,以百分数表示。

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中: m_w ——土中水的质量;

m_s ——土中固体颗粒经温度为 105℃ 烘干后的质量。

一般土的干湿程度用含水率表示。含水率在 5% 以下的称为干土;在 5% ~ 30% 之间的称为潮湿土;大于 30% 的称为湿土。含水率对挖土的难易、施工时的放坡、回填土的夯实等均有影响。在一定含水率的条件下,用同样的夯实机具,可使回填土达到最大的密实度,此含水率称为最佳含水率。各类土的最佳含水率如下:砂土为 8% ~ 12%;粉土为 9% ~ 12%;粉质黏土为 12% ~ 15%。

5. 土的休止角

土的休止角是指在某一状态下的土体可以稳定存在的坡度,即保持边坡稳定时的边坡与地面的夹角。土壁在满足休止角时基本能保持稳定,否则应采取护坡措施。土石方大坝等水工建筑物,常采用休止角作为坡度角。

1.2 场地平整

场地平整就是将天然地面改造成工程上所要求的设计平面,由于场地平整时全场地兼有挖和填,而挖和填的体形常常不规则,所以在场地平整前要确定场地设计标高、土方开挖和回填的工程量以及土方的调配方案。一般采用方格网方法分块计算解决。

1.2.1 场地设计标高确定

确定场地设计标高时,应考虑以下因素:

- (1) 满足生产工艺和运输的要求。
- (2) 尽量利用地形,减少挖填方数量。
- (3) 争取在场地内挖填平衡,降低运输费。
- (4) 有一定泄水坡度,满足排水要求。

如设计文件对场地设计标高无明确规定和特殊要求,可参照下述步骤和方法确定。

1. 初步计算场地设计标高 H_0

初步计算场地设计标高的原则是场地内挖填平衡,即场地内挖方总量等于填方总量。

如图 1-1 所示,将场地划分成边长为 $a = 10 \sim 40\text{m}$ 的若干方格,并将每个方格角点的原地形标高标在图上。在地形平坦时,可根据地形图上相邻两条等高线的标高,用插入法求得;当地形起伏较大时(用插入法有较大误差)或无地形图时,则可在现场用木桩打好方格网,然后用测量的方法求得。

按照挖填平衡的原则,场地设计标高 H_0 可按下列式计算:

$$H_0 n a^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) \quad (1-7)$$

$$\text{即} \quad H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n} \quad (1-8)$$

式中: n ——方格数。

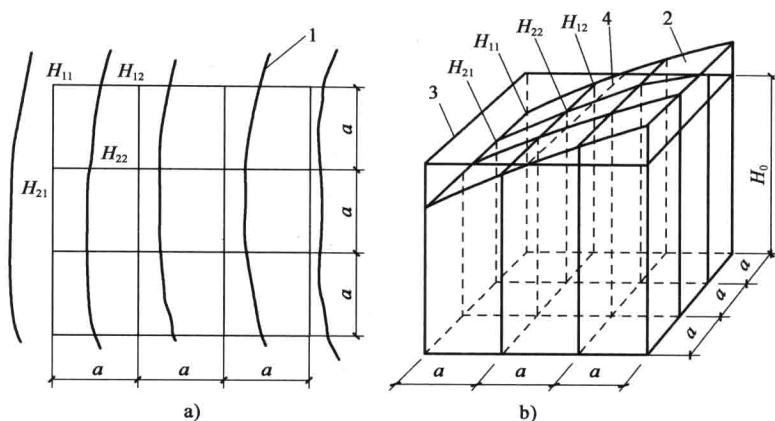


图 1-1 场地设计标高计算简图

a) 地形图上划分方格; b) 设计标高示意图

1-等高线; 2-自然地坪; 3-设计标高平面; 4-自然地面与设计标高平面的交线(零线)

由图 1-1 可见, H_{11} 是一个方格的角点标高 (m), H_{12} 、 H_{21} 是相邻两个方格公共角点标高 (m), H_{22} 则是相邻四个方格公共角点标高 (m), 它们分别在上式中要加一次、二次、三次、四次。因此, 上式可以改写成下列形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (1-9)$$

式中: H_1 ——1 个方格仅有的角点标高 (m);

H_2 ——2 个方格共有的角点标高 (m);

H_3 ——3 个方格共有的角点标高 (m);

H_4 ——4 个方格共有的角点标高 (m)。

2. 场地设计标高的调整

初步计算场地设计标高 H_0 为理论值, 实际上, 还需考虑以下因素对初步计算场地设计标高 H_0 进行调整。

1) 土的可松性影响

由于土具有可松性, 会造成填土的多余, 因此, 应该考虑由于土的可松性而引起的设计标高的增加值 Δh 。

把 V_w 、 V_T 分别叫按理论设计计算的挖、填方的体积, 把 F_w 、 F_T 分别叫按理论设计计算的挖、填方区的面积, 把 V'_w 、 V'_T 分别叫调整以后挖、填方的体积, K'_S 是最终可松性系数。

如图 1-2 所示, 设 Δh 为由于土的可松性引起的设计标高的增加值, 则设计标高调整后总挖方体积 V'_w 应为:

$$V'_w = V_w - F_w \Delta h \quad (1-10)$$

总填方体积为:

$$V'_T = V'_w K'_S = (V_w - F_w \cdot \Delta h) K'_S \quad (1-11)$$

填方区的标高应与挖方区的相同, 要提高 Δh , 则有

$$\Delta h = \frac{V'_T - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \cdot \Delta h) K'_S - V_T}{F_T} \quad (1-12)$$



图 1-2 设计标高调整示意图

a) 理论设计标高; b) 调整设计标高

移项整理简化得

$$\Delta h = \frac{V_w K'_S - V_T}{F_T + F_w K'_S} \quad (1-13)$$

故考虑土的可松性后场地设计标高应调整为:

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-14)$$

2) 借土或弃土的影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方,将部分挖方就近弃于场外(弃土)或将部分填方就近取土于场外等,均会引起挖填方量的变化。必要时,亦需重新调整设计标高。调整后的设计标高 H''_0 按下面的近似公式计算:

$$H''_0 = H'_0 \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1-15)$$

式中: Q ——假定按初步场地设计标高 H_0 平整后多余或不足的土方量(m^3);

n ——场地方格数;

a ——方格边长(m)。

3) 泄水坡度的影响

按调整后的同一设计标高进行场地平整时,整个场地表面均处于同一水平面,但实际上由于排水的要求,场地表面需要有一定的泄水坡度(不小于 2‰)。因此,还需要根据场地泄水坡度的要求,计算场地内各方格角点实际施工时的设计标高。

(1) 单向泄水时的设计标高计算。将已调整的设计标高 H''_0 作为场地中心线(与排水方向垂直的中心线)的标高,如图 1-3 所示。场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H''_0 \pm l \cdot i \quad (1-16)$$

式中: H_n ——场地内任一点的设计标高(m);

l ——该点至 $H''_0 - H''_0$ 中心线的距离(m);

i ——场地单向泄水坡度。

(2) 双向泄水时的设计标高计算。将已调整的设计标高 H''_0 作为场地纵横方向的中心线,如图 1-4 所示。场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H''_0 \pm l_x \cdot i_x \pm l_y \cdot i_y \quad (1-17)$$

式中: l_x, l_y ——该点沿 $x-x, y-y$ 方向至场地中心线的距离(m);

i_x, i_y ——该点沿 $x-x, y-y$ 方向的泄水坡度。

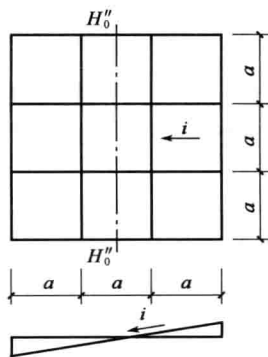


图 1-3 单向泄水坡度的场地

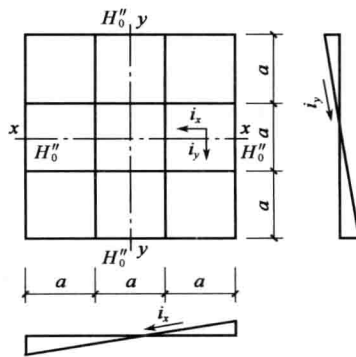


图 1-4 双向泄水坡度的场地

1.2.2 场地平整土方量计算

场地土方量的计算方法,通常有方格网法和断面法两种。方格网法适用于地形较为平坦或者面积宽大的场地或者计算精度要求较高的场地。断面法则适用于地形较复杂或挖填深度较大、截面不规则的工程。

1. 方格网法

用方格划分整个场地。方格边长通常多采用 20m。根据方格网各方格角点的自然地面标高和实际采用的设计标高,算出相应的角点填挖高度(施工高度),然后计算每一方格的土方量,求得整个场地的填、挖土方总量。其步骤如下:

1) 计算各方格角点的施工高度

$$h_n = H_n - H \quad (1-18)$$

式中: h_n ——角点施工高度,即填挖高度(m),以“+”为填,“-”为挖;

H_n ——角点的设计标高(m),若无调整,即为场地的设计标高;

H ——角点的自然地面标高(m)。

2) 计算零点位置

在一个方格网内同时有填方或挖方时,应先算出方格网边的零点位置,并标注于方格网上,连接零点就得零线,它是填方区与挖方区的分界线,如图 1-5 所示。

零点的位置按下式计算:

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot a \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot a \quad (1-19)$$

式中: x_1 、 x_2 ——角点至零点的距离(m);

h_1 、 h_2 ——相邻两角点的施工高度(m),均用绝对值;

a ——方格网的边长(m)。

在实际工作中,为计算方便,常采用图解法直接求出零点,如图 1-6 所示。用尺在各角上标出相应比例,同时连线,与方格相交点即为零点位置,此法可避免复杂计算或查表出错。

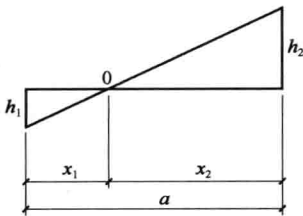


图 1-5 零点位置计算示意图

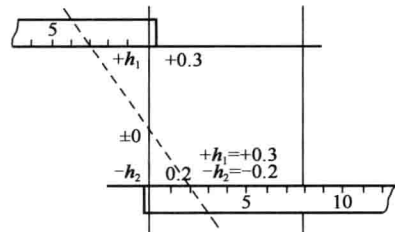


图 1-6 零点位置图解法

3) 计算场地挖填土方量

零线确定后,即可进行土方量的计算。常用方格网点计算公式见表 1-3。

2. 断面法

沿场地取若干个互相平行的断面(可利用地形图或实地测量定出),将所取的每个断面(包括边坡断面)划分为若干个三角形和梯形,如图 1-7 所示,则面积:

$$f_1 = \frac{h_1}{2} d_1; f_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} d_2; \dots$$

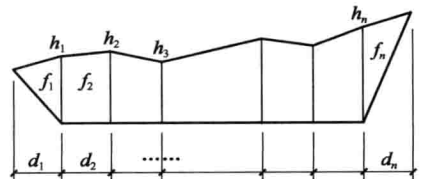


图 1-7 断面法