



面向21世纪课程教材

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
教育部普通高等教育精品教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

土木工程施工

(第三版)

重庆大学 同济大学 哈尔滨工业大学 合编
天津大学 主审

中国建筑工业出版社

面向 21 世纪课程教材

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
教育部普通高等教育精品教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

土 木 工 程 施 工

(第三版)

重庆大学 同济大学 哈尔滨工业大学 合编
天津大学 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工/重庆大学, 同济大学, 哈尔滨工业大学
合编. —3 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 12
面向 21 世纪课程教材. “十二五”普通高等教育本科
国家级规划教材. 教育部普通高等教育精品教材.
高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材 (经典精
品系列教材)

ISBN 978-7-112-18707-2

I. ①土… II. ①重… ②同… ③哈… 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 (2015) 第 278324 号

面向 21 世纪课程教材
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
教育部普通高等教育精品教材
高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材
(经典精品系列教材)

土木工程施工

(第三版)

重庆大学 同济大学 哈尔滨工业大学 合编
天津大学 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 40 $\frac{3}{4}$ 字数: 840 千字

2016 年 2 月第三版 2016 年 2 月第三十一次印刷

定价: 78.00 元

ISBN 978-7-112-18707-2
(28007)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本教材是教育部认定的“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，以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》为依据，在第二版基础上修订而成。

本次修订将第二版的上、下两册教材合并为一本，内容进行了精简和重新编排，以满足各学校学时和学生知识能力的要求。本教材分为土木工程施工技术和施工组织原理两篇，主要内容包括：土石方工程、桩基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、结构安装工程、道路工程、桥梁工程、地下工程、脚手架工程、防水工程、装饰装修工程、施工组织概论、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。

本书可作为高等学校土木工程及相关专业教材，也可供从事土木工程施工的工程技术人员参考使用。

责任编辑：朱首明 张 晶 吉万旺

责任校对：张 颖 刘梦然

出版说明

1998年教育部颁布普通高等学校本科专业目录，将原建筑工程、交通土建工程等多个专业合并为土木工程专业。为适应大土木的教学需要，高等学校土木工程学科专业指导委员会编制出版了《高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲》，并组织我国土木工程专业教育领域的优秀专家编写了《高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材》。该系列教材2002年起陆续出版，共40余册，十余年来多次修订，在土木工程专业教学中起到了积极的指导作用。

本系列教材从宽口径、大土木的概念出发，根据教育部有关高等教育土木工程专业课程设置的教學要求编写，经过多年的建设和发展，逐步形成了自己的特色。本系列教材投入使用之后，学生、教师以及教育和行业行政主管部门对教材给予了很高评价。本系列教材曾被教育部评为面向21世纪课程教材，其中大多数曾被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和普通高等教育土建学科专业“十五”、“十一五”、“十二五”规划教材，并有11种入选教育部普通高等教育精品教材。2012年，本系列教材全部入选第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

2011年，高等学校土木工程学科专业指导委员会根据国家教育行政主管部门的要求以及新时期我国土木工程专业教学现状，编制了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》。在此基础上，高等学校土木工程学科专业指导委员会及时规划出版了高等学校土木工程本科指导性专业规范配套教材。为区分两套教材，特在原系列教材丛书名《高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材》后加上经典精品系列教材。各位主编将根据教育部《关于印发第一批“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材书目的通知》要求，及时对教材进行修订完善，补充反映土木工程学科及行业发展的最新知识和技术内容，与时俱进。

高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

第一版前言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门主干课。其主要任务是研究土木工程施工技术和施工组织的一般规律；土木工程中主要工种工程施工工艺及工艺原理；施工项目科学的组织原理以及土木工程施工中的新技术、新材料、新工艺的发展和应用。

本教材是以全国高等土木工程专业指导委员会通过的“土木工程施工课程教学大纲”为依据组织编写的。本教材是面向 21 世纪课程改革研究成果，按照 21 世纪土木工程专业人才培养方案和教学要求，在原《建筑施工》（国家九五重点教材）基础上作了重大的调整、加工和修改。鉴于我国经济建设快速发展及西部大开发的需要，工程建设愈来愈需要宽口径、厚基础的专业人才。因此，本教材在内容上涵盖了建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程等专业领域，力求构建大土木的知识体系。

本教材阐述了土木工程施工的基本理论及其工程应用，在内容上力求符合国家现行规范、标准的要求，反映现代土木工程施工的新技术、新工艺及新成就，以满足新时期人才培养的需要；在知识点的取舍上，保留了一些常用的工艺方法，注重纳入对工程建设有重大影响的高新技术，突出综合运用土木工程施工及相关学科的基本理论和知识，以解决工程实践问题的能力培养。本教材力求层次分明、条理清楚、结构合理，既考虑了大土木工程的整体性，又结合现阶段课程设置的实际情况，在土木工程的框架内，建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程等自成体系，便于组织教学。本教材文字规范、简练，图文配合恰当，图表清晰，准确，符号、计量单位符合国家标准，版面设计具有鲜明的时代特征。由于水平有限，本教材难免有不足之处，诚挚地希望读者提出宝贵意见，以便再版时修订。

本教材至此经历了三次修订，共四版，是从事土木工程施工教学、科研及出版工作的几代人不懈努力的结果。在此谨向参与前三版编写工作的卢忠政教授、毛鹤琴教授、赵志缙教授、江景波教授、关柯教授等致敬。

本教材由重庆大学、同济大学、哈尔滨工业大学三校合编，为保证教材编写质量，实行分主编负责制，全书由重庆大学林文虎教授、姚刚副教授统稿。具体分工如下：

重庆大学分主编：姚刚副教授。参与编写者有：姚刚、关凯（第 1 篇：第 5、7 章）；李国荣、张宏胜（第 1 篇：第 4 章）；华建民（第 1 篇：第 8 章）；姚刚、关凯、李国荣、张宏胜、华建民、胡美琳（第 3 篇：第 1 章）；朱正刚（第 3 篇：第 2 章、§ 3.4）；杨春（第 2 篇：§ 3.1、§ 3.2、§ 3.3）；华建民（第 3 篇：§ 4.1）、张利（第 3 篇：§ 4.2）、王桂林（第 3 篇：§ 4.3）、刘新荣（第 3

篇：§4.4)。

同济大学分主编：应惠清教授。参与编写者有：应惠清（第1篇：第1、2、3章）；金瑞珺（第6章）。

哈尔滨工业大学分主编：张守健教授。张守健（第2篇：第1章）；许程洁（第2篇：第2章）；张守健、许程洁（第2篇：第3章）；杨晓林（第2篇：第4章）；李忠富（第2篇：第5章）；刘志才（第2篇：第6章）。

本教材由天津大学赵奎生教授主审。参加审稿的还有天津大学丁红岩副教授（第2篇），河北工业大学黄世昌教授（第3篇第2、3、4章）。

第二版前言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门主干课。其主要任务是研究土木工程施工技术和施工组织的一般规律；土木工程中主要工种工程施工工艺及工艺原理；工程项目的施工组织原理以及土木工程施工中的新技术、新材料、新工艺的发展和应用。

本教材是以全国高校土木工程专业指导委员会通过的“土木工程工程施工课程教学大纲”为依据组织编写的。本教材是面向 21 世纪课程改革研究成果，按照 21 世纪土木工程专业人才培养方案和教学要求，在原《土木工程施工》（建设部十五规划教材）基础上，结合新规范、新标准作了相应的调整及修改。

由于水平有限，本次修订难免有不足之处，诚挚地希望读者提出宝贵意见，以便再版时修订。

本教材是从事土木工程施工教学、科研及出版工作的几代人不懈努力的结果。在此谨向本教材编写提供支持的卢忠政教授、毛鹤琴教授、林文虎教授、赵志缙教授、江景波教授、关柯教授等致敬。

本教材由重庆大学、同济大学、哈尔滨工业大学三校合编，编写工作得到了三所学校的大力支持和帮助，本教材获得了重庆大学教材建设基金资助，在此，向关心支持本教材编写工作的所有单位和人们表示衷心感谢。

为保证教材编写质量，实行分主编负责制，全书由重庆大学姚刚教授统稿。具体分工如下：

重庆大学分主编：姚刚教授。参与编写者有：姚刚、关凯（第一篇：第五、七章）；李国荣、张宏胜（第一篇：第四章）；华建民（第一篇：第八章）；姚刚、关凯、李国荣、张宏胜、华建民、罗琳（第三篇：第一章）；朱正刚（第三篇：第二章，第三章第三节、第四节）；赵亮（第三章第一节）；陈天地（第三章第二节）；华建民（第三篇：第四章第一节）、刘光云（第三篇：第四章第二节）、张爱莉（第三篇：第四章第三节）、王桂林（第三篇：第四章第四节）、刘新荣（第三篇：第四章第五节）。

同济大学分主编：应惠清教授。参与编写者有：应惠清（第一篇：第一、二、三章）；金瑞珺（第一篇：第六章）。

哈尔滨工业大学分主编：张守健教授。参与编写者有：张守健（第二篇：第一章）；许程洁（第二篇：第二章）；张守健、许程洁（第二篇：第三章）；杨晓林（第二篇：第四章）；李忠富、王莹莹（第二篇：第五章）；刘志才（第二篇：第六章）。

本教材由天津大学赵奎生教授主审。参加审稿的还有天津大学丁红岩副教授（第二篇），河北工业大学黄世昌教授（第三篇第二、三、四章）。

第三版前言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门主干课。其主要任务是阐述土木工程施工技术和施工组织的一般规律；其主要内容包括土木工程中主要工种工程施工工艺及施工方法；工程项目的施工组织原理及土木工程施工中的新技术、新材料、新工艺的发展和应用。

本教材以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》为依据，在《土木工程施工》（第二版）教材（普通高等教育“十一五”国家级规划教材）基础上，结合新规范、新标准进行了相应调整及修订，特别是对内容进行了重新梳理和精简，更方便教学使用。

本教材是从事土木工程施工教学、科研及出版工作的几代人不懈努力的结晶。在此谨向参与此教材编写的卢忠政教授、毛鹤琴教授、林文虎教授、赵志缙教授、江景波教授、关柯教授等致敬。

本教材由重庆大学、同济大学、哈尔滨工业大学三校合编，编写工作得到了三所高校的大力支持和帮助，本教材获得了重庆大学教材建设基金资助，在此，向关心支持本教材编写工作的所有单位和人员表示衷心感谢。

本教材分为土木工程施工技术和土木工程施工组织两篇，土木工程施工技术篇由重庆大学、同济大学组织编写；土木工程施工组织篇由哈尔滨工业大学组织编写。本教材实行分主编制，全书由重庆大学姚刚教授统稿。具体分工如下：

重庆大学分主编：姚刚教授。编者：李国荣、刘光云（第1篇：第4章）；姚刚、康明、张爱莉（第1篇：第5章）；朱正刚（第1篇：第6章、第7章）；张爱莉、王桂林、刘新荣（第1篇：第8章）；关凯（第1篇：第10章）；华建民（第1篇：第11章）

同济大学分主编：应惠清教授。编者：应惠清（第1篇：第1章、第2章、第3章）；金瑞珺（第1篇：第9章）

哈尔滨工业大学分主编：张守健教授。编者：张守健（第2篇：第1章）；许程洁（第2篇：第2章、第4章）；张守健、许程洁（第2篇：第3章）；杨小林（第2篇：第5章）

本教材由天津大学主审。

由于水平有限，本次修订存在的不足之处，望读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

目 录

第 1 篇 土木工程施工技术

第 1 章 土石方工程	1
§ 1.1 概述	1
§ 1.2 场地平整	3
§ 1.3 基坑工程	11
§ 1.4 土方的填筑与压实	47
§ 1.5 爆破工程	51
思考题	59
习题	59
第 2 章 桩基础工程	61
§ 2.1 预制桩施工	61
§ 2.2 灌注桩施工	70
思考题	78
第 3 章 砌筑工程	79
§ 3.1 砌筑材料	79
§ 3.2 砌筑施工工艺	80
§ 3.3 砌体的冬期施工	85
思考题	86
第 4 章 混凝土结构工程	87
§ 4.1 模板工程	87
§ 4.2 钢筋工程	107
§ 4.3 混凝土工程	147
§ 4.4 预应力混凝土工程	187
思考题	205
习题	206
第 5 章 结构安装工程	208
§ 5.1 单层工业厂房结构安装工程	208
§ 5.2 多高层混凝土结构安装工程	229
§ 5.3 钢结构安装工程	243
思考题	270

习题	271
第6章 道路工程	272
§ 6.1 沥青路面工程	272
§ 6.2 水泥混凝土路面工程	277
思考题	282
第7章 桥梁工程	283
§ 7.1 沉井施工	283
§ 7.2 围堰施工	284
§ 7.3 桥墩施工	285
§ 7.4 桥梁结构施工	288
思考题	326
第8章 地下工程	328
§ 8.1 逆作法施工技术	328
§ 8.2 盾构法施工	338
§ 8.3 地下工程顶管法	368
思考题	385
第9章 脚手架工程	386
§ 9.1 扣件式钢管脚手架	387
§ 9.2 碗扣式钢管脚手架	389
§ 9.3 门式脚手架	391
§ 9.4 升降式脚手架	392
§ 9.5 里脚手架	395
思考题	397
第10章 防水工程	398
§ 10.1 概述	398
§ 10.2 屋面防水工程	399
§ 10.3 地下防水工程	416
思考题	425
第11章 装饰装修工程	426
§ 11.1 抹灰工程	426
§ 11.2 饰面板(砖)工程	432
§ 11.3 涂饰工程	435
§ 11.4 建筑幕墙工程	438
§ 11.5 裱糊工程	441
思考题	444

第2篇 施工组织原理

第1章 施工组织概论	445
§ 1.1 工程项目施工组织的原则	445
§ 1.2 建筑产品及其生产的特点	448
§ 1.3 工程项目施工准备工作	450
§ 1.4 施工组织设计	455
思考题.....	463
第2章 流水施工基本原理	464
§ 2.1 流水施工的基本概念	464
§ 2.2 流水参数的确定	469
§ 2.3 等节拍专业流水	480
§ 2.4 成倍节拍专业流水	484
§ 2.5 无节奏专业流水	489
小结.....	492
思考题.....	493
习题.....	493
第3章 网络计划技术	496
§ 3.1 概述	496
§ 3.2 双代号网络计划	499
§ 3.3 单代号网络计划	527
§ 3.4 单代号搭接网络计划	538
§ 3.5 网络计划优化	551
思考题.....	571
习题.....	571
第4章 单位工程施工组织设计	574
§ 4.1 概述	574
§ 4.2 施工方案设计	577
§ 4.3 施工进度计划	592
§ 4.4 施工准备计划和资源配置计划	596
§ 4.5 施工平面图设计	597
思考题.....	601
第5章 施工组织总设计	603
§ 5.1 施工部署和施工方案	604
§ 5.2 施工总进度计划	606
§ 5.3 施工准备工作计划资源配置计划	610

§ 5.4 全场性暂设工程	612
§ 5.5 施工总平面图	624
§ 5.6 施工组织总设计简例	627
思考题	633
参考文献	634

第1篇 土木工程施工技术

第1章 土石方工程

§ 1.1 概 述

在土木工程中，最常见的土石方工程有：场地平整、基坑（槽）开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填等。此外，排水、降水、基坑支护等准备工作和辅助工程也是土石方工程施工中必须认真设计与实施安排的。

土石方工程施工往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点；土石方工程施工又受气候、水文、地质、地下障碍等因素的影响较大，不可确定的因素也较多，有时施工条件极为复杂。因此，在组织工程施工前，应根据现场条件，制定出技术可行经济合理的施工方案。

1.1.1 土壤和岩石的工程分类

在土木工程施工中，按土石方开挖难易程度分为一至四类土和极软岩至坚硬岩五类岩石（表1-1-1），这也是确定土木工程劳动定额的依据。

土壤分类表

表 1-1-1a

土壤分类	土壤名称	开挖方法
一、二类土	冲填土、软土（淤泥质土、泥炭、泥炭质土）、粉土、粉质黏土、砂土（粉砂、细砂、中砂、粗砂、砾砂）、弱中盐渍土、软塑红黏土	用锹、少许用镐、条锄开挖；机械能全部直接铲挖满载者
三类土	素填土、黏土、碎石土（圆砾、角砾）混合土、可塑红黏土、硬塑红黏土、强盐渍土、压实填土	主要用镐、条锄、少许用锹开挖；机械需部分刨松方能铲挖满载者或直接铲挖但不能满载者
四类土	杂填土、碎石土（卵石、碎石、漂石、块石）坚硬红黏土、超盐渍土	全部用镐、条锄挖掘、少许撬棍挖掘；机械须普遍刨松方能铲挖满载者

岩石分类表

表 1-1-1b

岩石分类		代表性岩石	开挖方法
极软岩		权风化的各种岩石； 各种平成岩	部分用手凿工具、 部分用爆破法开挖
软 质 石	软岩	强风化的坚硬岩或较硬岩； 中等风化-强风化的较软岩； 未风化-微风化的页岩、泥岩、泥质砂岩等	用风镐或爆破法 开挖
	较软岩	中风化-强风化的坚硬岩或较硬岩； 未风化-未风化的凝灰岩、千枚岩、泥灰岩、砂质泥岩等	用爆破法开挖
硬 质 石	较硬岩	微风化的坚硬岩； 未风化-微风化的大理岩、板岩、石灰岩、白云岩、钙质砂岩等	用爆破法开挖
	坚硬岩	未风化-微风化的花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、 片麻岩、石英岩、石英砂岩、硅质砾岩、硅质石灰岩等	用爆破法开挖

1.1.2 土的工程性质

土的工程性质对土方工程施工有直接影响，也是进行土方施工设计必须掌握的基本资料。土的主要工程性质如下：

1. 土的可松性

土具有可松性。即自然状态下的土，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。由于土方体积按天然密度体积（亦称自然方）计算；回填土按压实后的体积（亦称实方）计算，所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等的时候，必须考虑土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示，即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}; \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-1-1)$$

式中 K_s ——最初可松性系数；

K'_s ——最后可松性系数；

V_1 ——土的天然密实体积（ m^3 ）；

V_2 ——土经开挖后的松散体积，亦称虚方（ m^3 ）；

V_3 ——土经回填压实后的体积（ m^3 ）。

在实际工程中，土方的工程量计算也可运用表 1-1-2 的折算系数以简化计算。对于填土，当设计密实度超过规定时，按设计要求执行。

土方体积折算系数表

表 1-1-2

天然密实体积	虚方体积	压实后体积	松填体积
1.00	1.30	0.87	1.08
0.77	1.00	0.67	0.83
1.15	1.50	1.00	1.25
0.92	1.20	0.80	1.00

说明：虚方指未经压实、堆积时间小于等于1年的土壤。

2. 原状土经机械压实后的沉降量

原状土经机械往返压实或经其他压实措施后，会产生一定的沉陷，根据不同土质，其沉降量一般在3~30cm之间。可按下述经验公式计算：

$$S = \frac{P}{C} \quad (1-1-2)$$

式中 S ——原状土经机械压实后的沉降量 (cm)；

P ——机械压实的有效作用力 (kg/cm^2)；

C ——原状土的抗陷系数 (MPa)，可按表 1-1-3 取值。

不同土的 C 值参考表

表 1-1-3

原状土质	C (MPa)	原状土质	C (MPa)
沼泽土	0.01~0.015	大块胶结的砂、潮湿黏土	0.035~0.06
凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025	坚实的黏土	0.1~0.125
松砂、松湿黏土、耕土	0.025~0.035	泥灰石	0.13~0.18

此外，土的工程性质还有：渗透性、密实度、抗剪强度、土压力等，这些内容在土力学中有详细分析，在此不再赘述。

§ 1.2 场地平整

大型工程项目通常都要确定场地设计平面，进行场地平整。场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。场地设计标高应满足规划、生产工艺及运输、排水及最高洪水位等要求，并力求使场地内土石方挖填平衡且土石方量最小。

1.2.1 场地竖向规划设计

1. 场地设计标高确定的一般方法

对小型场地平整，如原地形比较平缓，对场地设计标高无特殊要求，可按场地平整施工中挖填土石方量相等的原则确定。

将场地划分成边长为 a 的若干方格，并将方格网角点的原地形标高标在图上

(图 1-1-1)。原地形标高可利用等高线用插入法求得或在实地测量得到。

按照挖填土石方量相等的原则，场地设计标高可按式计算：

$$n a^2 z_0 = \sum_{i=1}^n \left(a^2 \frac{z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}}{4} \right)$$

$$\text{即} \quad z_0 = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}) \quad (1-1-3)$$

式中 z_0 ——所计算场地的设计标高 (m)；

n ——方格数；

z_{i1} 、 z_{i2} 、 z_{i3} 、 z_{i4} ——第 i 个方格四个角点的原地形标高 (m)。

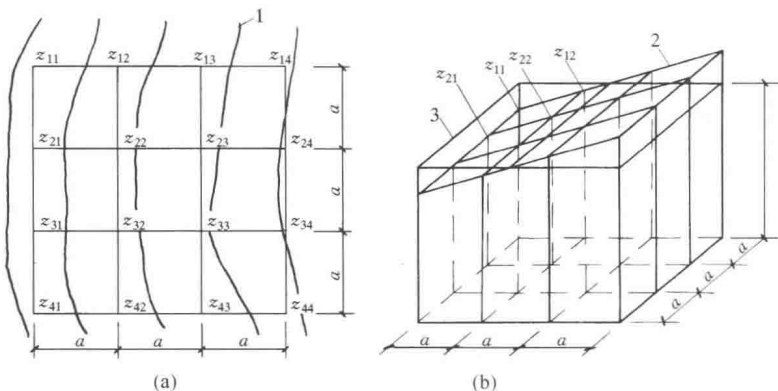


图 1-1-1 场地设计标高计算示意图

(a) 地形图方格网；(b) 设计标高示意图

1—等高线；2—自然地面；3—设计平面

由图 1-1-1 可见，11 号角点为一个方格独有，而 12、13、21、24 号角点为两个方格共有，22、23、32、33 号角点则为四个方格所共有，在用式 (1-1-3) 计算 z_0 的过程中类似 11 号角点的标高仅加一次，类似 12 号角点的标高加两次，类似 22 号角点的标高则加四次，这种在计算过程中被应用的次数 P_i ，反映了各角点标高对计算结果的影响程度，测量上的术语称为“权”。考虑各角点标高的“权”，式 (1-1-3) 可改写成更便于计算的形式：

$$z_0 = \frac{1}{4n} (\sum z_1 + 2 \sum z_2 + 3 \sum z_3 + 4 \sum z_4) \quad (1-1-4)$$

式中 z_1 ——一个方格独有的角点标高；

z_2 、 z_3 、 z_4 ——分别为二、三、四个方格所共有的角点标高。

按式 (1-1-4) 得到的设计平面为一水平的挖填方相等的场地，实际场地均应有一定的泄水坡度。因此，应根据泄水要求计算出实际施工时所采用的设计标高。