

普通高等教育规划教材

土木工程施工技术 与组织管理

◎ 陈云钢 主编



普通高等教育规划教材

土木工程施工技术与管理

主 编 陈云钢
副主编 方金苗 刘百国 宗志芳
参 编 桑卓伟 于清缘 周天旭

机械工业出版社

本书编写注重满足“土木工程施工”课程教学大纲的基本要求。本书介绍了土木工程施工的基本规律、施工工艺、施工方法,力求反映当前先进的施工技术和施工组织方法。全书共13章,主要内容包括土方工程、基础工程、砌筑与脚手架工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、钢结构、结构安装工程、防水工程、装饰工程、流水施工原理、网络计划技术、施工组织设计、施工组织课程设计案例,体系完整、内容精练、图文并茂,引用了大量的土木工程施工中应用到的规范、标准,同时加入了阅读材料以及思考题和习题。

本书可作为普通高等院校土木工程、工程管理专业及其他相关专业的本科生教材,也可作为相关工程技术及管理人士的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术与组织管理/陈云钢主编. —北京:机械工业出版社, 2016.7

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-53611-6

I. ①土… II. ①陈… III. ①土木工程-工程施工-高等学校-教材②土木工程-施工组织-高等学校-教材③土木工程-施工管理-高等学校-教材
IV. ①TU7

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第119024号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林辉 责任编辑:林辉 吴苏琴 臧程程

责任校对:肖琳 封面设计:马精明

责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2016年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·23印张·2插页·610千字

标准书号:ISBN 978-7-111-53611-6

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

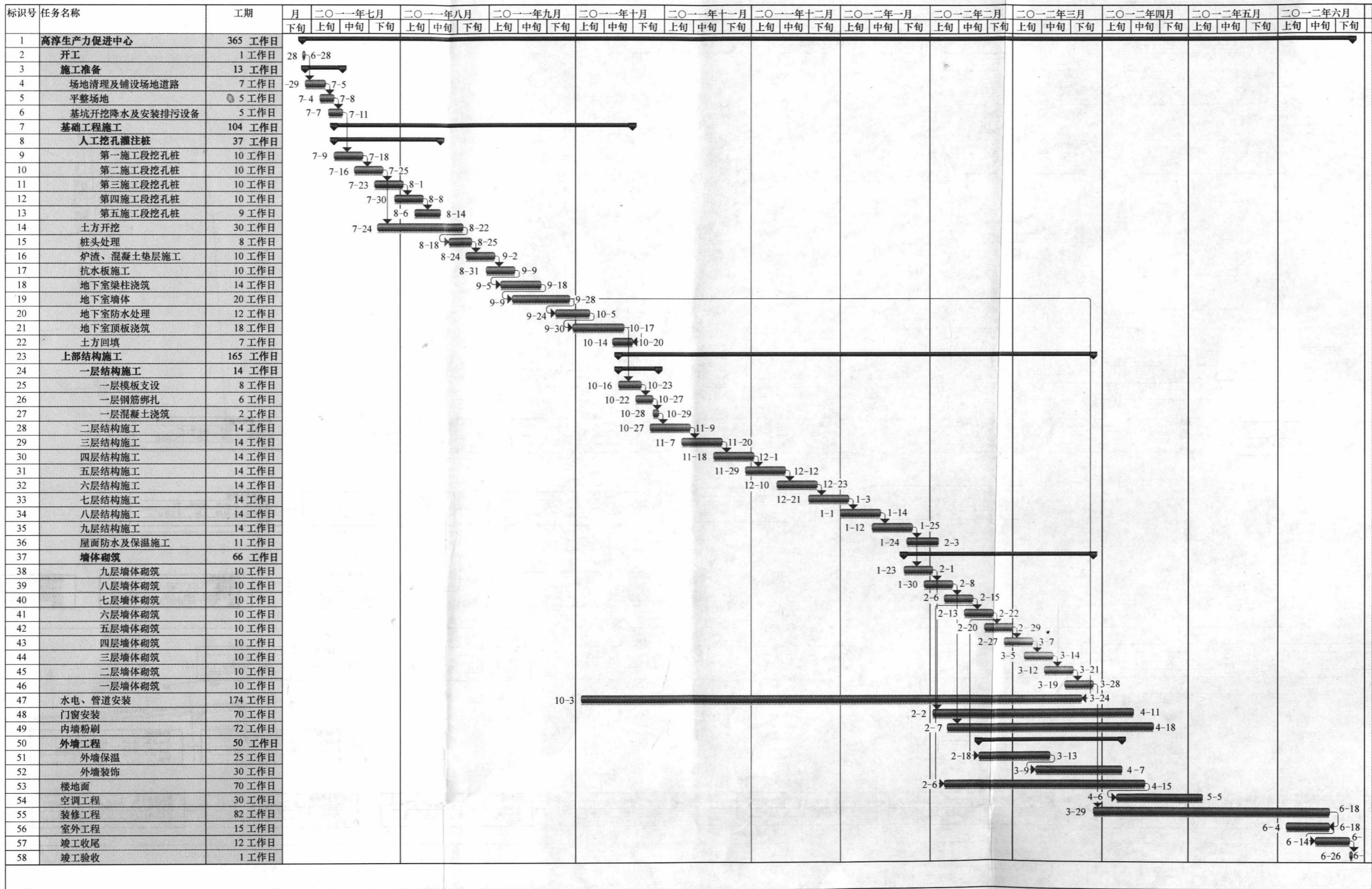
土木工程专业是一门涉及范围很广的综合性学科，在我国的工程建设中发挥着重要的作用。“土木工程施工”课程作为土木工程专业的一门必修专业基础课，在帮助学生培养独立思考能力、掌握土木工程施工中有关的施工技术与组织管理的基本知识与基本技能方面起着重要的作用。

“土木工程施工”课程有其独特的特点，它涉及面广、实践性强、发展迅速。本书编写注重满足“土木工程施工课程教学大纲”的基本要求，并与国家现行施工及验收规范等紧密联系。作为一门应用性和实践性很强的课程，土木工程施工研究的内容大多是现有的工程实践。伴随着土木工程的发展，土木工程施工技术也不断地发展，新的施工技术、施工工艺、新材料、新方法不断出现。

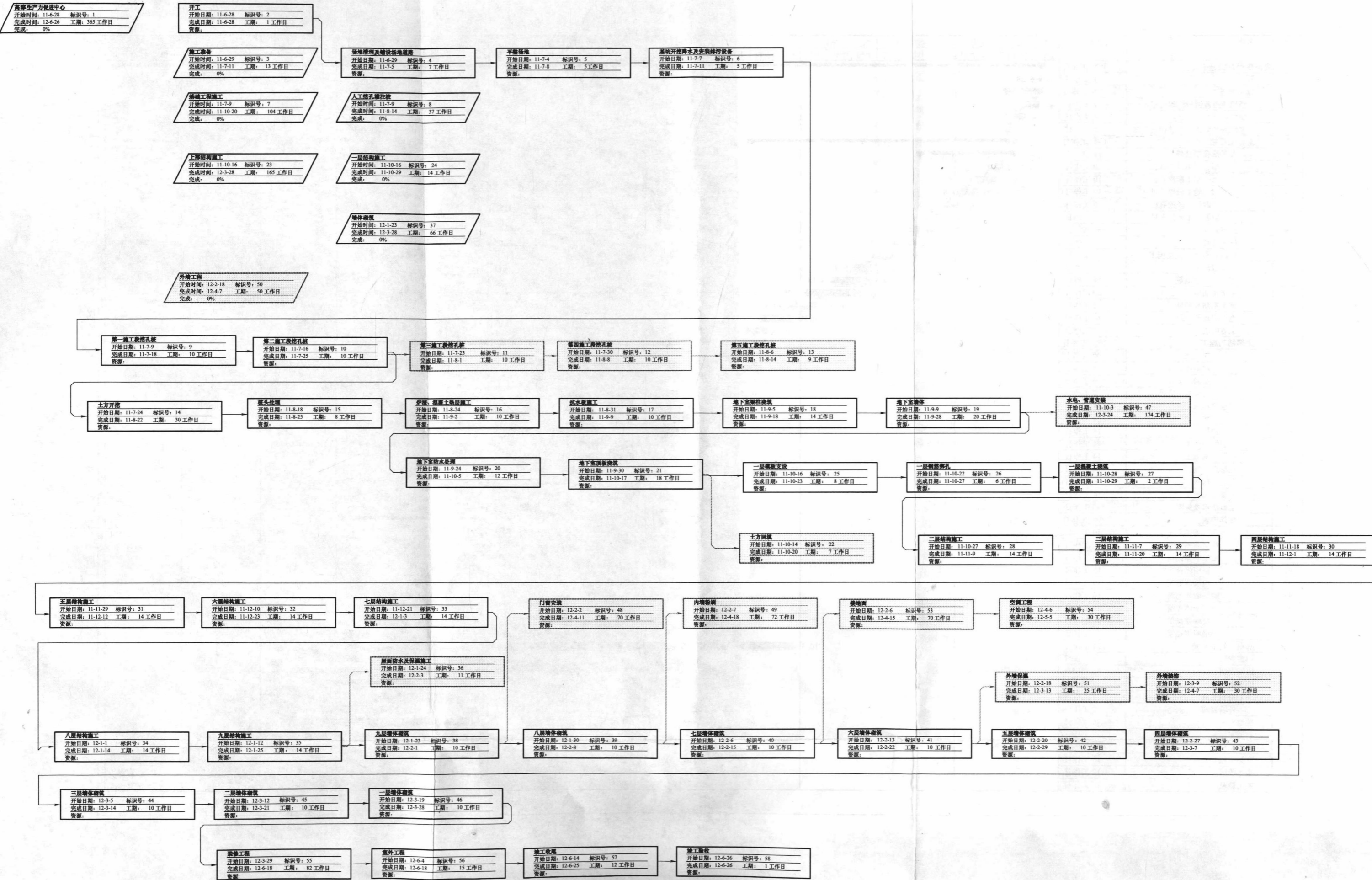
本书在编写时，参照了最新的施工及验收规范，将大量工程施工中的图片引入书中。考虑到学生的自主学习特点，本书在章末加入了阅读材料、思考题和习题，以巩固所学知识。本书可作为普通高等院校土木工程、工程管理专业及其他相关专业的本科生教材，也可作为相关工程技术及管理人士的参考书。

本书由安徽工业大学陈云钢任主编，并编写第5、13章；安徽铜陵学院刘百国任副主编，并编写第1、4章；皖西学院方金苗任副主编，并编写第2章；安徽工业大学宗志芳任副主编，并编写第10、11章。安徽工业大学于清缘编写第6、7章，桑卓伟编写第3、9章，周天旭编写第8、12章。

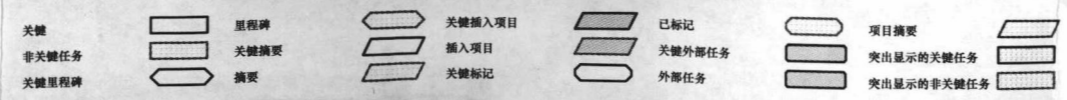
本书在编写过程中，参考和引用了许多专家、学者的著作及相关资料，在此表示衷心的感谢！由于编者水平有限，时间仓促，不妥之处在所难免，衷心希望广大读者批评指正。



附图3 案例网络图



项目: MSProj11
 日期: 2011年6月17日



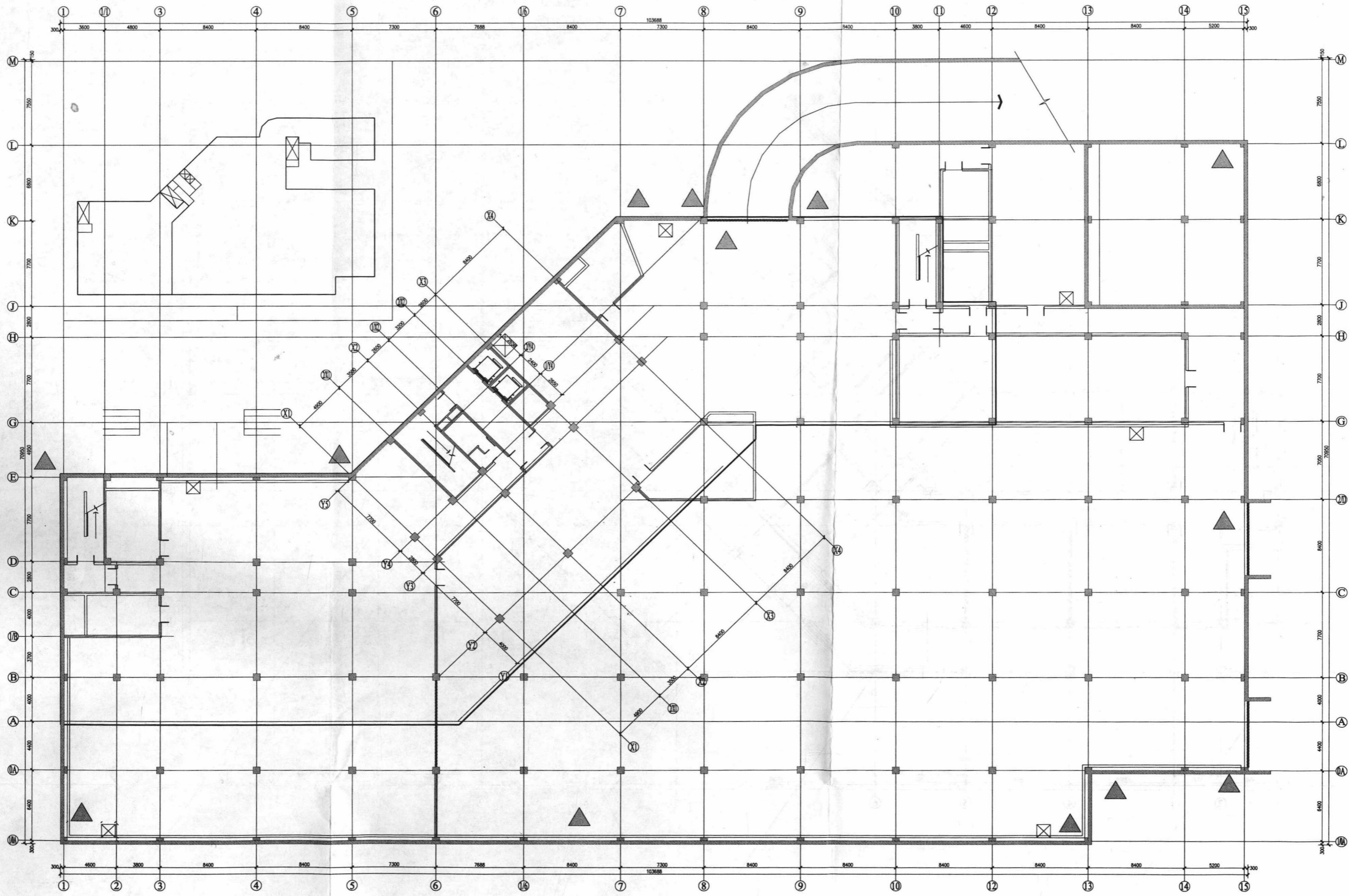


图 13-5 沉降观测点布置图



CONTENTS

录

前言

第 1 章 土方工程	1
学习目标	1
1.1 概述	1
1.2 土方工程量计算及场地土方调配	3
1.3 排水与降水	13
1.4 土方边坡与支护	27
1.5 土方机械化施工	38
思考题	47
习题	47
第 2 章 基础工程	50
学习目标	50
2.1 浅基础工程施工	50
2.2 桩基础施工	56
思考题	75
习题	75
第 3 章 砌筑与脚手架工程	78
学习目标	78
3.1 砌筑工程	78
3.2 砌筑施工工艺	80
3.3 砌筑脚手架	89
思考题	100
习题	100
第 4 章 混凝土结构工程	101
学习目标	101
4.1 模板工程	101
4.2 钢筋工程	113
4.3 混凝土工程	128
思考题	147

习题	148
第5章 预应力混凝土工程	150
学习目标	150
5.1 概述	150
5.2 先张法施工	151
5.3 后张法施工	160
5.4 无粘结预应力混凝土技术	175
5.5 预应力混凝土施工的质量要求	177
思考题	187
习题	187
第6章 钢结构	189
学习目标	189
6.1 钢结构的加工	190
6.2 连接与拼装	198
思考题	212
习题	212
第7章 结构安装工程	214
学习目标	214
7.1 起重安装机械	214
7.2 索具设备	226
7.3 单层工业厂房结构吊装	232
思考题	247
习题	247
第8章 防水工程	249
学习目标	249
8.1 屋面防水工程	249
8.2 地下防水工程	256
思考题	263
习题	264
第9章 装饰工程	266
学习目标	266
9.1 抹灰工程	266
9.2 饰面工程	271
9.3 涂饰工程	276
思考题	279
第10章 流水施工原理	280
学习目标	280
10.1 流水施工的基本概念	280
10.2 流水施工的参数	283
10.3 流水施工的组织方式	287

思考题	292
习题	292
第 11 章 网络计划技术	293
学习目标	293
11.1 网络计划技术概述	293
11.2 双代号网络图 (时标网络计划)	294
11.3 单代号网络图	307
11.4 网络计划的优化	310
思考题	316
习题	316
第 12 章 施工组织设计	318
学习目标	318
12.1 单位工程施工组织设计概述	318
12.2 单位工程施工方案设计	319
12.3 单位工程施工进度计划与资源供应计划	321
12.4 单位工程施工平面图设计	324
12.5 施工组织总设计概述	327
12.6 施工部署和主要项目施工方案	327
12.7 施工总进度计划	328
12.8 施工总资源需要量计划	330
12.9 全场性暂设工程	330
12.10 施工总平面图	332
思考题	335
第 13 章 施工组织课程设计案例	336
13.1 施工组织课程设计	336
13.2 单位工程施工组织设计实例	336
案例附图	359
参考文献	361

第 1 章

土方工程

学习目标

掌握土方工程施工的基本原理，包括进行场地设计标高的确定、场地平整土方量计算、土方施工机械的选择、土方开挖及回填压实、土方的调配、基坑支护、基坑降排水的设计计算及施工技术。

1.1 概述

土方工程是土木工程施工的主要工种之一。常见土方工程内容有：场地平整、基坑（槽）与管沟开挖及回填，路基开挖与填筑，人防工程开挖，地下建筑物或构筑物的土方开挖与回填，地坪填土与碾压，以及排水、降水、土壁支护等准备工作和辅助工程。

1.1.1 土方工程施工的特点

土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，且受气候、水文、地质、场地限制、地下障碍等因素的影响，施工难度大。根据上述特点，在土方工程施工前，应详细分析与核对各项技术资料（如地形图、工程地质和水文地质勘察资料、地下管道、电缆和地下地上构筑物情况及土方工程施工图等），进行现场调查并根据现有施工条件，制定出技术可行、经济合理的施工方案。土方工程尽可能采用机械化施工，以降低劳动强度。

1.1.2 土的工程分类及性质

土的种类繁多，分类方法各异。按开挖的难易程度将土分为八类（见表 1-1）。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。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的名称	开挖方法及工具	可松性系数	
			K_s	K'_s
一类土 (松软土)	砂、粉土、冲积砂土层	用锹、锄头开挖，少许用脚蹬	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03
	疏松的种植土、淤泥(泥炭)		1.20 ~ 1.30	1.03 ~ 1.04
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	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土，重粉质黏土，砾石土，干黄土、粉质黏土，压实的填土	主要用镐，少许用锹、锄头，部分用撬棍	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07

(续)

土的分类	土的名称	开挖方法及工具	可松性系数	
			K_s	K'_s
四类土 (砾砂坚土)	重黏土及含碎石、卵石的黏土,密实的黄土,粗卵石,天然级配砂石	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分使用风镐	1.26 ~ 1.32	1.06 ~ 1.09
	软泥灰岩及蛋白石		1.33 ~ 1.37	1.11 ~ 1.15
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,软石灰岩及贝壳石灰岩	用镐或撬棍、大锤,部分用爆破方法	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
六类土 (次坚石)	泥岩,砂岩,砾岩,坚硬的页岩、泥灰岩,密实的石灰岩,风化花岗岩、片麻岩及正常岩	用爆破方法,部分用风镐	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
七类土 (坚石)	大理石,辉绿岩,玢岩,粗、中粒花岗岩,坚实的白云岩、砾岩、砂岩、片麻岩、石灰岩,微风化的安山岩,玄武岩	用爆破方法	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
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、角闪岩	用爆破方法	1.45 ~ 1.50	1.20 ~ 1.30

土的工程性质对土方工程的施工方法及工程量大小有直接影响,其基本的工程性质有土的可松性、渗透性、含水量及质量密度。

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,称为土的最初可松性;以后虽经回填压实,仍不能恢复到原来的体积,称为土的最终可松性。土的可松性程度用可松性系数表示,即

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

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \tag{1-2}$$

式中 K_s ——土的最初可松性系数;

K'_s ——土的最终可松性系数;

V_1 ——土在自然状态下(原状土)的体积(m^3);

V_2 ——土(原状土)经开挖后的松散体积(m^3);

V_3 ——松散土经填筑压实后的体积(m^3)。

由于土方工程量是依据自然状态时土的体积计算的,所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量时,必须考虑土的可松性。

2. 土的渗透性

土的渗透性是指土体具有被水透过的性能,以渗透系数表示。渗透系数一般由试验确定,它表示单位时间内水穿透土层距离的能力。岩土体中水渗流呈层流状态时,其流速与作用水力梯度成正比关系的比例系数即为渗透系数的取值,单位为 m/d 或 cm/s 。常见土的渗透系数见表 1-2。根据渗透系数不同,土可分为透水性土(如砂土)和不透水性土(如黏土)。当施工降低地下水位时,渗透系数是确定降水方案和计算涌水量的重要参数。

3. 土的含水量

土的含水量 w 是土中的水与固体颗粒之间的质量比,以百分数表示。

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \tag{1-3}$$

式中 m_w ——土中水的质量 (g);

m_s ——土中固体颗粒的质量 (g)。

土的含水量会影响土方开挖、边坡稳定和回填土夯实等的施工。在一定压实条件下,能使土达到最大干密度时土中的含水量为最佳含水量。

表 1-2 常见土的渗透系数

土的名称	渗透系数 $k/(m/d)$	土的名称	渗透系数 $k/(m/d)$
黏土	<0.005	粗砂	20 ~ 50
粉质黏土	0.005 ~ 0.1	均质粗砂	60 ~ 75
粉土	0.1 ~ 0.5	圆砾	50 ~ 100
黄土	0.25 ~ 0.5	卵石	100 ~ 500
粉砂	0.5 ~ 1.0	无充填物卵石	500 ~ 1000
细砂	1.0 ~ 5	稍有裂隙岩石	20 ~ 60
中砂	5 ~ 20	裂隙多的岩石	> 60
均质中砂	35 ~ 50		

4. 土的质量密度

土的质量密度是单位体积岩土的质量,分为天然密度和干密度。天然密度是岩土在天然状态下单位体积的质量,用 ρ 表示。干密度是单位体积岩土中所含固体成分的质量,用 ρ_d 表示,它是检验填土压实质量的控制指标。

1.2 土方工程量计算及场地土方调配

在土方工程施工之前,通常需要计算土方工程量,以便拟定土方工程的施工方案。土方工程量计算主要有场地平整土方量计算、开挖土方量计算和土方调配量计算。一般情况下,可将土方以一定的几何形状划分,使计算具有一定的精度。

1.2.1 场地平整土方量计算

场地平整就是将建筑范围内的自然地面改造成工程所要求的设计平面。场地设计标高应满足总体规划、生产施工工艺及交通运输、排水等要求,并尽量使土方的挖填平衡,减少运土量和重复挖运。由设计平面的标高和自然地面的标高之差可以得到场地各点的施工高度,据此可计算场地平整土方量。

场地平整土方量的计算方法通常有方格网法和断面法。方格网法适用于地形较为平坦的地区,断面法多用于地形起伏变化较大的地区。下面以方格网法为例,介绍场地平整土方量的计算步骤。

1. 场地设计标高的确定

场地设计标高需考虑以下因素:①满足生产工艺和运输的要求。②尽量利用地形,以减少挖方量。③场地以内的挖方与填方能达到相互平衡以降低土方运输费用。④要有一定的泄水坡度 ($\geq 0.2\%$),使其满足排水要求。⑤考虑最高洪水位的要求。

场地设计标高一般应在设计文件上规定,若设计文件无规定时,可采用“挖、填土方量平衡法”或“最佳设计平面法”来确定。“最佳设计平面法”既能满足土方工程量最小,又能满

足平整前后土方量相等（即挖、填土方量平衡），但此方法计算较复杂。“挖、填土方量平衡法”概念直观，计算简便，精确度能够满足施工要求，实际施工时常采用此方法，但此法不能保证总土方量最小。“挖、填土方量平衡法”计算场地设计标高的步骤如下：

(1) 初步计算场地设计标高 首先在地形图上划分若干个边长为 20~40m 方格的方格网，如图 1-1a 所示。每个方格的角点标高，一般根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得。当无地形图或场地地形起伏较大时，可用木桩在地面上打好方格网，然后用仪器直接测出标高。

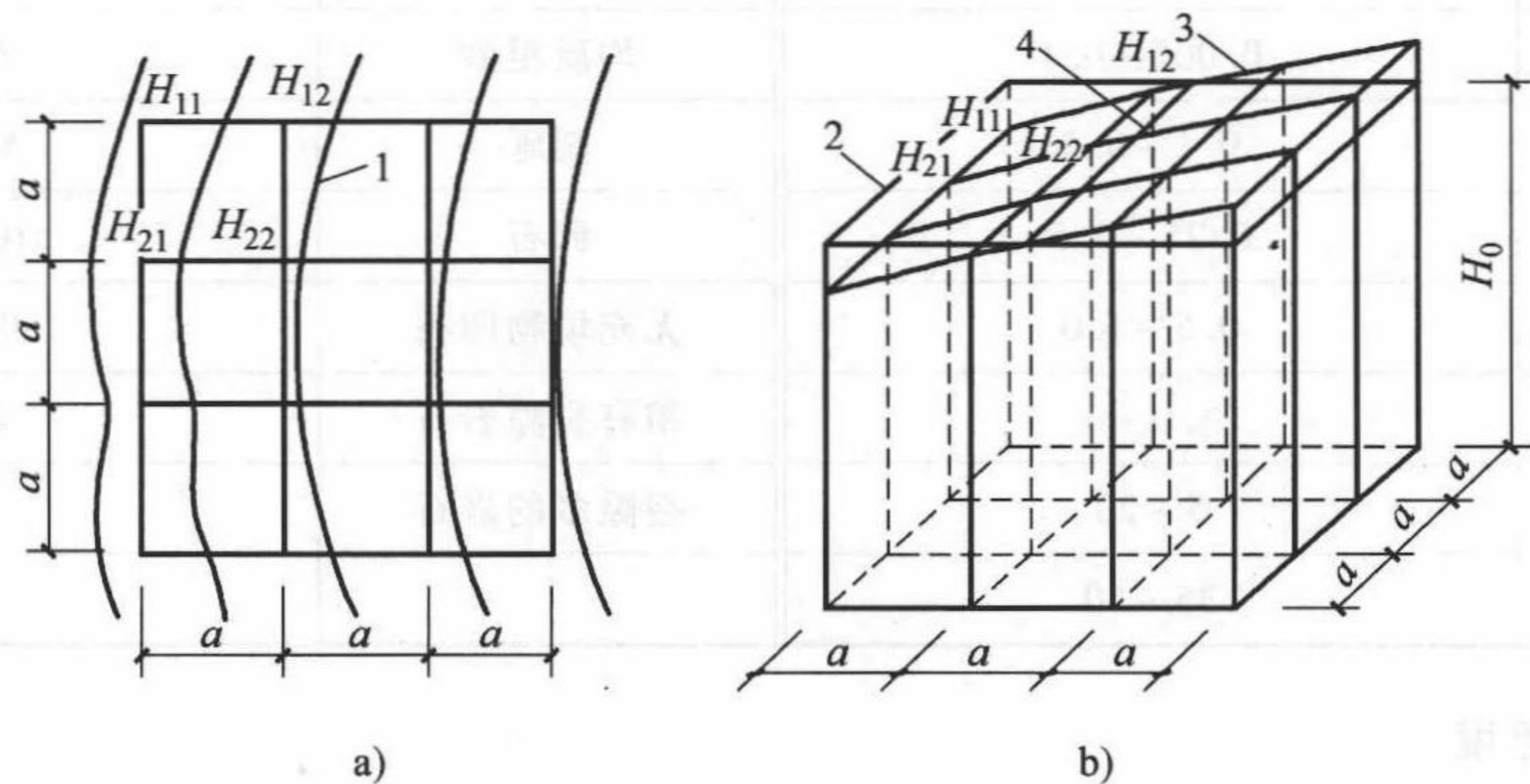


图 1-1 场地设计标高计算简图

a) 地形图上划分方格 b) 设计标高示意图
1—等高线 2—设计标高平面 3—自然地面 4—零线

为使场地内的土方量在平整前和平整后相等而达到挖方和填方的平衡，如图 1-1b 所示，场地设计标高可按下式计算

$$H_0 = \sum \left(\frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4N} \right) \quad (1-4)$$

式中 H_0 ——计算的场地设计标高 (m)；
 N ——方格个数；

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一个方格的四个角点的标高 (m)。

从图 1-1 中可看出， H_{11} 为一个方格的角点标高， H_{12} 和 H_{21} 均为两个方格公共的角点标高， H_{22} 则为四个方格公共的角点标高。如果将所有方格的四个角点标高相加，那么，类似 H_{11} 这样的角点标高加了 1 次，类似 H_{12} 和 H_{21} 的标高加了 2 次，而类似 H_{22} 的标高则加了 4 次。因此，式 (1-4) 可改写为

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-5)$$

式中 H_1 、 H_2 、 H_3 、 H_4 ——一个方格、二个方格、三个方格、四个方格所共有的角点标高 (m)。

(2) 计算设计标高的调整值

1) 由于土具有可松性，必要时相应地提高设计标高。如图 1-2 所示，设 Δh 为因考虑土的可松性而引起的设计标高的增加值，则设计标高调整后的总挖方体积 V'_w 应为调整前的总挖方体积 V_w 减去 $A_w \Delta h$ ，即

$$V'_w = V_w - A_w \Delta h \quad (1-6)$$

式中 A_w ——设计标高调整前的挖方区总面积。

设计标高调整后，总填方体积变为

$$V'_T = V'_W K'_s = (V_W - A_W \Delta h) K'_s \quad (1-7)$$

式中 V'_T ——设计标高调整后的总填方体积；

K'_s ——土的最终可松性系数；

填方的标高提高 Δh ，即

$$V'_T = V_T + A_T \Delta h \quad (1-8)$$

式中 V_T ——设计标高调整前的总填方体积；

A_T ——设计标高调整前的填方区总面积。

由式 (1-7) 和式 (1-8) 得

$$\Delta h = \frac{V_W (K'_s - 1)}{A_T + A_W K'_s} \quad (1-9)$$

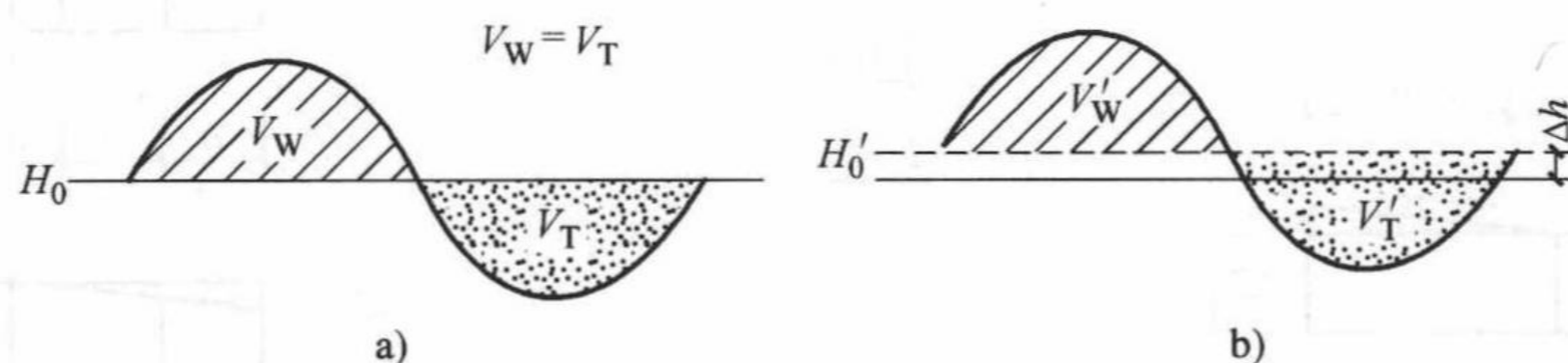


图 1-2 考虑土的可松性，设计标高调整计算示意图

a) 理论设计标高 b) 调整设计标高

设计标高以上的各种填方工程用土量（如填筑路基）会影响设计标高的降低。设计标高以下的各种挖方工程（如开挖水池等）会影响设计标高的提高。边坡挖、填土方量不等（特别是坡度变化大时）会影响设计标高的增减。根据经济比较结果，将部分挖方就近弃土于场外，或将部分填方就近取土于场外，会引起挖、填土的变化。以上所述情况均需调整设计标高。

2) 考虑泄水坡度对设计标高的影响。如图 1-3 所示，设场地中心点的标高为 H_0 ，则场地内任意一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-10)$$

式中 H_n ——场地内任意一角点的设计标高 (m)；

l_x 、 l_y ——计算点沿 x 、 y 方向距场地中心点的距离 (m)；

i_x 、 i_y ——场地在 x 、 y 方向的泄水坡度（如设计无要求时，不小于 0.2%）；

“ \pm ”——由场地中心点沿 x 、 y 方向指向计算点时，若其方向与 i_x 、 i_y 反向取“+”号，同向取“-”号。

例如，图 1-3 所示场地内 H_{42} 角点的设计标高为

$$H_{42} = H_0 - 1.5 a i_x - 0.5 a i_y$$

单向泄水时 ($i_x = 0$ 或 $i_y = 0$)，如图 1-4 所示 H_{52} 角点的设计标高为

$$H_{52} = H_0 - 1.5 a i$$

2. 场地平整土方量的计算方法

首先根据每个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；然后计算每一个方格的土方量，并算出场地边坡的土方量；最后将场地上所有方格和边坡的挖、填土方量分别求和得到整个场地的挖、填土方总量。

(1) 计算各方格角点的施工高度（即挖、填高度） 各方格网点的挖填高度 h_n 计算公式

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-11)$$

式中 h_n ——角点的施工高度 (m), 以“+”为填方,“-”为挖方;
 H_n ——角点的设计标高 (m);
 H'_n ——角点的自然地面标高 (m)。

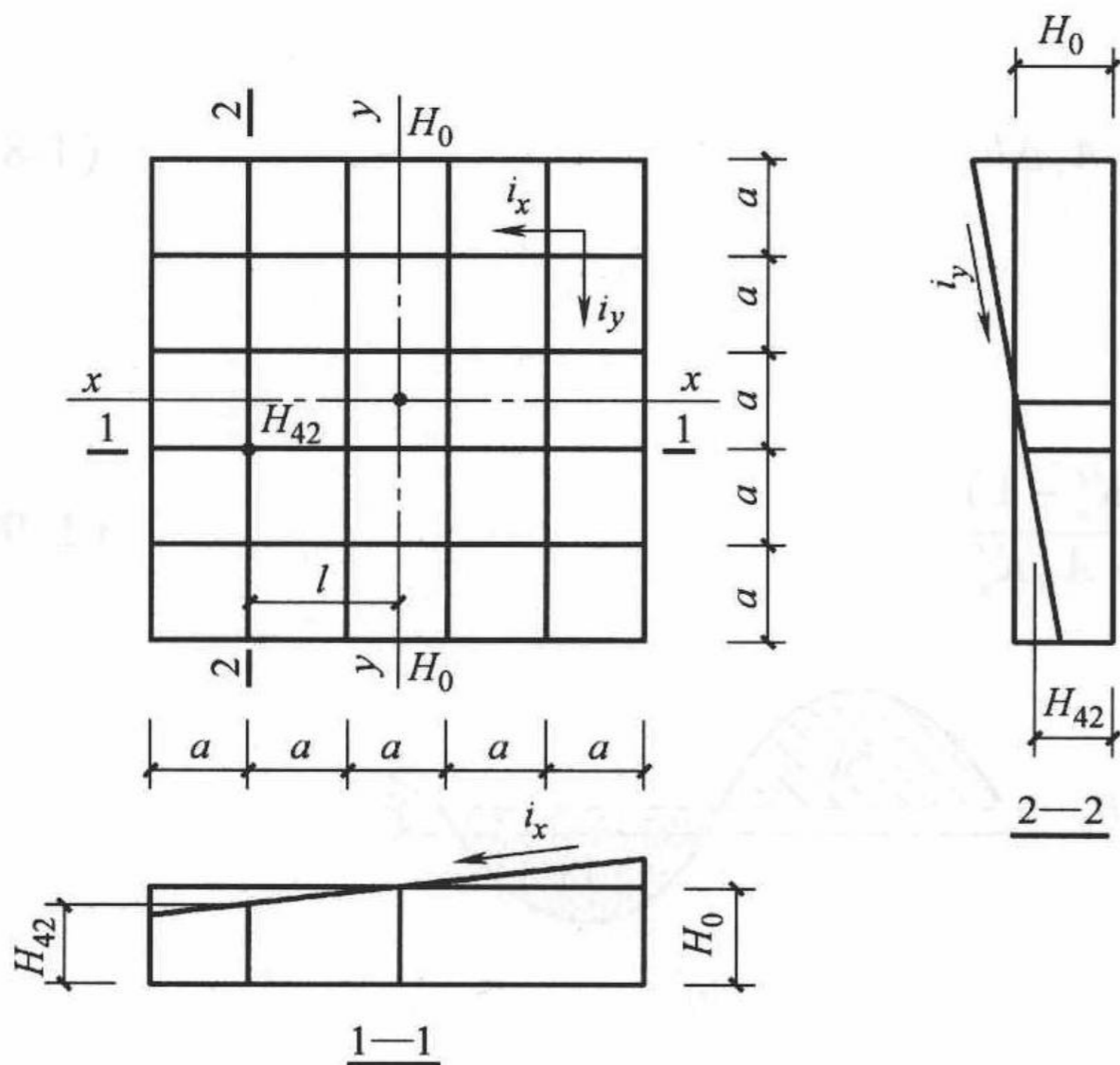


图 1-3 双向泄水坡度的场地

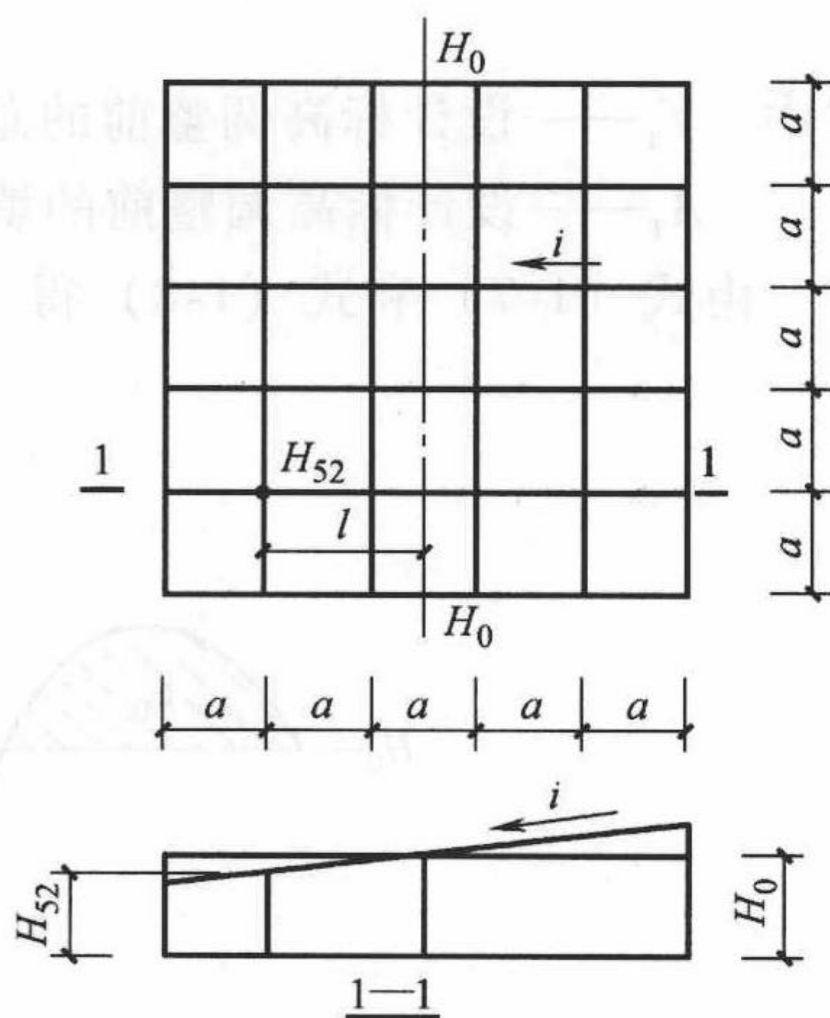


图 1-4 单向泄水坡度的场地

(2) 计算零点位置 在一个方格网内同时有填方和挖方时, 要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。零线是填方区与挖方区的分界线。零点分布在相邻两角点施工高度分别为“+”、“-”的方格线上, 如图 1-5 所示。零点位置可采用下式确定。

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a \quad (1-12)$$

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)。

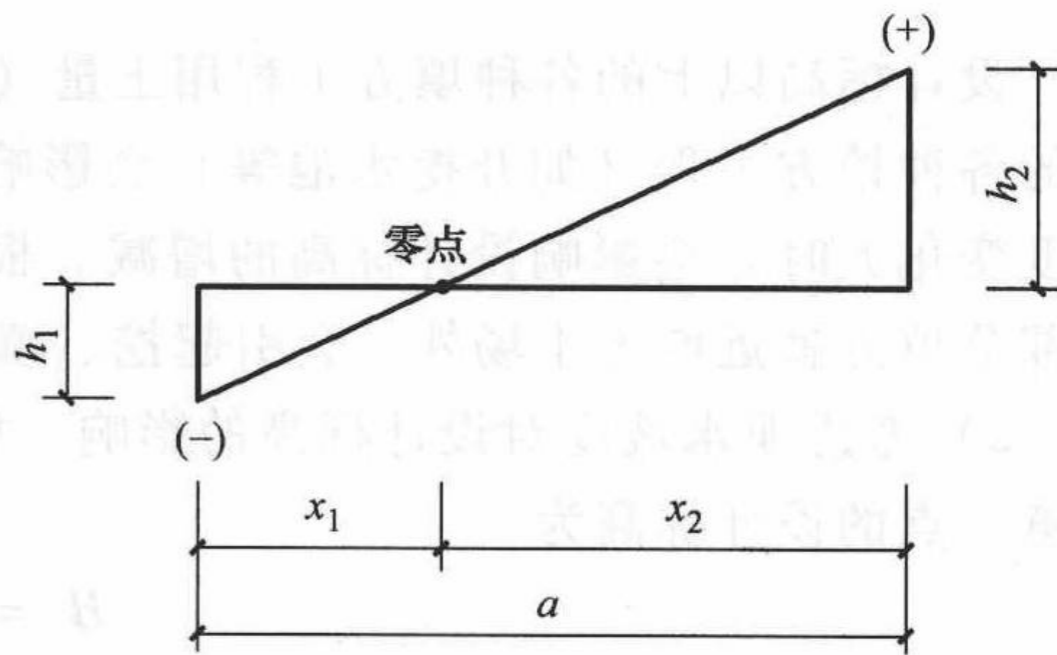


图 1-5 求零点示意图

(3) 计算方格土方量 一般可将场地各方格的土方量分为全挖或全填、两挖两填、三挖(填)一填(挖)三种类型进行计算。

1) 全挖或全填。方格四角点均为填或挖, 如图 1-6 所示, 其土方量为

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-13)$$

式中 V ——填方或挖方的土方量 (m^3);
 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ——方格四个角点的施工高度, 以绝对值代入 (m);
 a ——方格网的边长 (m)。

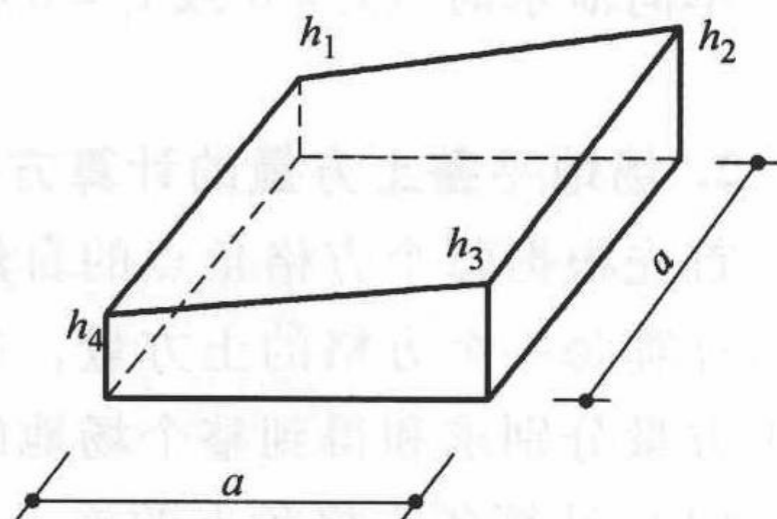


图 1-6 全挖或全填方格

2) 两挖两填。方格的相邻两角点为挖方, 另外两点为填方, 如图 1-7 所示, 其挖方部分的工程量为