



土木工程应用型本科系列教材

土木工程施工技术

TU MU GONG CHENG SHI GONG JI SHU

◎ 主编 王利文 张立群

中国建材工业出版社

土木工程应用型本科系列教材

土木工程施工技术

主 编 王利文 张立群
副主编 李章珍 郑显春
主 审 白润山

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工技术/王利文, 张立群主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2007. 2

(土木工程应用型本科系列教材)

ISBN 978-7-80227-226-2

I. 土… II. ①王…②张… III. 土木工程—工程施工—施工技术—高等学校—教材 IV. TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 018679 号

内 容 简 介

本书是按照现行土木工程施工质量验收规范、土木工程勘察设计规范及部分土木工程现行标准、法规编写而成的。主要阐述了土木工程施工的基本知识, 力求在规范、标准、规程的基础上反映当前成熟先进的施工技术。全书共 10 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、建筑结构安装工程、钢结构工程、道路与桥梁工程、防水工程、建筑装饰工程。书中附录了大量的土木工程施工中应用到的规范、规程、标准。同时每章还附有思考题。

本书可作为高等院校土木工程专业、建筑工程技术专业及其他相关专业的教材, 同时可作为土木工程施工技术人员学习用书。

土木工程施工技术

主 编 王利文 张立群

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 30

字 数: 814 千字

版 次: 2007 年 2 月第一版

印 次: 2007 年 2 月第一次

书 号: ISBN 978-7-80227-226-2

定 价: 45.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

《土木工程施工技术》是土木工程专业学生的必修专业课之一。它是研究土木工程施工技术的一门实践性强、涉及面广、技术发展迅速的学科。本教材是依据教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》及高等学校土木工程专业指导委员会制定的《土木工程施工》课程教学大纲编写的。

本书主要介绍建筑、道桥的施工技术、工艺原理，定位是土木工程专业在校学生和土木工程施工技术人员。

本教材的特点是以施工技术实践为主线，在施工技术中适度补充现行施工、设计规范的具体内容。目的是在全面系统介绍土木工程施工技术的知识、理论、方法的同时，培养读者利用规范、规程、标准解决土木工程施工中技术问题的能力，加强对土木工程施工理论与应用的研究，以促进我国土木工程施工学科技术的发展。本教材为避免在介绍施工技术中出现“见相关规范”及类似的字眼，把土木工程施工中应用到的规范、规程、标准尽量附注在文中，让读者在学习施工技术的同时，了解和掌握相关规范的要求，达到一举两得的目的。

本教材的编写分工为：王利文编写第一章、第二章；郑显春编写第三章、第十章；李雪飞编写第七章、第九章；张立群编写第五章、第六章；李章珍、赵文娟编写第八章；崔宏环编写第四章

编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编者
2006 年 12 月

目 录

第一章 土方工程	1
第一节 概 述	1
第二节 土的有关工程性质	4
第三节 土方量计算与土方调配	7
第四节 土方边坡与降水	18
第五节 土方的挖填与压实	59
思考题	74
习题	75
第二章 地基与基础工程	76
第一节 地基处理	76
第二节 桩基础	89
第三节 筏形与箱形基础	120
第四节 扩展基础	128
思考题	137
第三章 砌体工程	138
第一节 脚手架及垂直运输设施	138
第二节 砌体材料	149
第三节 砌体工程施工	153
第四节 砌体工程冬期施工	169
思考题	172
第四章 混凝土结构工程	174
第一节 模板工程	174
第二节 钢筋工程	207
第三节 混凝土工程	237
思考题	266
习题	267
第五章 预应力混凝土工程施工	268
第一节 概 述	268
第二节 先张法施工	271
第三节 后张法施工	279
第四节 无粘结预应力混凝土工程施工	295

思考题.....	299
习题.....	300
第六章 建筑结构安装工程.....	301
第一节 起重机械及选用.....	301
第二节 单层工业厂房结构安装.....	309
思考题.....	326
第七章 钢结构工程.....	328
第一节 钢结构加工.....	328
第二节 钢结构的拼装和连接.....	332
第三节 钢结构单层厂房安装.....	338
第四节 高层钢结构安装.....	341
第五节 钢管、型钢混凝土结构施工	346
第六节 网架钢结构吊装.....	351
思考题.....	362
第八章 道路与桥梁工程施工	363
第一节 路基工程施工.....	363
第二节 路面工程施工.....	371
第三节 桥梁工程施工.....	384
思考题.....	403
第九章 防水工程	405
第一节 地下工程防水施工.....	405
第二节 卷材防水屋面施工.....	423
第三节 涂膜防水屋面施工.....	430
第四节 刚性防水屋面施工.....	433
思考题.....	435
第十章 建筑装饰工程	436
第一节 抹灰工程.....	436
第二节 饰面工程.....	441
第三节 涂饰工程.....	446
第四节 楼地面工程.....	448
第五节 门窗工程.....	456
第六节 吊顶工程.....	459
第七节 幕墙工程.....	462
第八节 轻质隔墙、裱糊与软包工程	465
思考题.....	470
参考文献	472

第一章 土方工程

第一节 概 述

在土木施工中，常见的土方工程有：场地平整、基坑（槽）开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填、人防工程及地下构筑物的土方开挖等。土方工程的施工工艺过程包括：开挖、运输、填筑与压实等施工过程，以及排水、降水和土壁支撑等准备和辅助过程。

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，工程量要少、工期要短、费用要省。

一、土方工程施工内容

依据《建筑地基基础工程施工质量验收规范》^①，土方工程的施工内容主要包括：

1. 根据工程条件，土方工程施工前应进行挖、填方的平衡计算，选择适宜的施工方案；
2. 合理调配土方，使总施工工作量最小；尽可能与城市规划和农田水利相结合将余土一次性运到指定弃土场，做到文明施工；
3. 合理组织机械施工，保证使用效率；
4. 安排好运输道路、排降水、土壁支撑等准备工作及辅助工作；
5. 合理安排施工计划，尽量避免雨季施工；
6. 做好土方施工的技术措施工作，如水位、流砂、管涌、边坡稳定问题的控制与处理；
7. 做好保证施工安全的措施。

根据《建筑工程施工质量验收统一标准》，地基基础分部按有无支护划分为不同的子分部，见表 1-1。土方工程作为地基与基础子分部工程应该由总监理工程师（建设单位项目负责人）组织施工单位项目负责人和技术、质量负责人等进行验收，勘察、设计单位工程项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人也应参加相关分部工程验收^②，在实践中主要体现在地基验槽工作中。

① 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002) 规定：

6.1.2 当土方工程挖方较深时，施工单位应采取措施，防止基坑底部土的隆起并避免危害周边环境。

6.1.3 在挖方前，应做好地面排水和降低地下水位工作。

6.1.5 土方工程施工，应经常测量和校核其平面位置、水平标高和边坡坡度。平面控制桩和水准控制点应采取可靠的保护措施，定期复测和检查。土方不应堆在基坑边缘。

6.1.6 对雨季和冬季施工还应遵守国家现行有关标准。

② 《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001) 规定：

6.0.1 检验批及分项工程应由监理工程师（建设单位项目技术负责人）组织施工单位项目专业质量（技术）负责人等进行验收；

6.0.2 分部工程应由总监理工程师（建设单位项目负责人）组织施工单位项目负责人和技术质量负责人等进行验收，地基与基础、主体结构分部工程的勘察、设计单位工程项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人也应参加相关分部工程验收。

表 1-1 土方子分部的划分

分部工程	子分部工程	分 项 工 程
地基与基础	无支护土方	土方开挖、土方回填
	有支护土方	排桩、降水、排水、地下连续墙、锚杆、土钉墙、水泥土桩、沉井与沉箱、钢及混凝土支撑

二、土方工程施工准备内容

1. 应具备建设单位提供的实测地形图（包括测量成果），原有地下管线或构筑物竣工图，土石方施工图以及工程地质、气象等技术资料，以便编制施工组织设计（或施工方案），并应提供平面控制点和水准点，作为施工测量和工程验收的依据。具体应包括：

- （1）附有坐标和地形的拟建建（构）筑物的总平面布置图；
- （2）拟建建（构）筑物的性质、结构特点及可能采取的基础形式、尺寸和埋置深度；
- （3）边坡高度、坡底高程和边坡平面尺寸；
- （4）拟建场地的整平标高和挖方、填方情况；
- （5）场地及其附近已有的勘察资料和边坡支护形式与参数；
- （6）边坡及其周边地区的场地等环境条件资料。

2. 根据规划部门规划的建筑界线、街道控制点和水准点进行土方工程施工测量及定位放线之后，方可进行土方施工。施工场地内机械行走的道路开工前要修筑好，并开辟适当的工作面，以利施工。

3. 对施工区域内的所有障碍物，如已有建筑物或构筑物、道路、沟渠、通讯、电力设备、地上和地下管道、坟墓、树木等，均应在施工前进行拆除或妥善处理。在施工区域内，影响工程质量的软弱土层、腐殖土、大卵石、草皮、垃圾等应进行处理。

4. 了解现场的水文地质情况，尤其对于山区施工，应了解当地地层岩石性质、地质构造和水文、地形、地貌等。如因土石方施工可能产生滑坡时，应采取措施。在山坡脚下施工，应事先检查山坡坡面情况，如有危岩、孤石、崩塌体、滑坡体等不稳定迹象，应做妥善处理。在施工区域内应设置临时性或永久性排水设施。山坡地区在较高处（离边坡上沿 5~6m）设置截水沟，以阻止地面雨水流入挖填区域内。

5. 其他准备工作包括做好现场供水、供电，搭设临时生产和生活用的设施以及施工机具、材料进场等准备工作。

三、地质勘测

（一）勘测范围

基坑工程的勘察范围在基坑水平方向应达到基坑开挖深度的 1~2 倍。深基坑内拟建建筑物的详细勘察，大多数是沿建筑物外轮廓布置勘探工作，往往使基坑工程的设计和施工所依据的地质资料不足，所以要求勘察及勘探范围应超出建筑物轮廓线，一般取基坑周围相当基坑深度的 2 倍，当有特殊情况时，尚需扩大范围。

（二）勘察深度

勘察深度应按基坑的复杂程度及工程地质、水文地质条件确定，宜为基坑深度的 2~3

倍。当在此深度内遇到厚层坚硬黏性土、碎石土及岩层时,可根据岩土类别及支护要求适当减少勘察深度。在软土中的基坑开挖,勘探点的深度即使相当于基坑深度的2倍也往往不够,这时,可结合地基详勘的深孔资料一并考虑,在必要时也可补充布置深孔。

(三) 勘察含水层的水文地质、工程地质参数

勘察时应查明各含水层的水文地质、工程地质参数,包括含水层的类型、埋藏条件、补给条件及水力联系、各含水层的渗透系数、影响半径及压缩模量、孔隙比、水位变化,并对流砂、流土、管涌等现象可能产生的影响进行评价。

水文地质参数值宜采用抽水试验确定。基坑地下水的控制设计事先需仔细调查邻近地下管线的渗漏情况及地表水源的补给情况。

四、监测^①

大面积填方填海等地基处理工程应对地面沉降进行长期监测;施工过程中需要降水时,例如人工挖孔桩降水、基坑开挖降水等都对环境有一定的影响,为了确保周边环境的安全和正常使用,施工降水过程中应对地下水位变化、周边地形、建筑物的变形、沉降、倾斜、裂缝和水平位移等情况进行监测。

五、土方工程安全事故应急救援体系的建立

1. 建立应急救援领导小组,落实应急救援人员、通信联络设备、机械设备、运输车辆、救援材料和抢险物资,编制土方工程专项施工技术方案、安全方案及安全事故应急预案。

2. 当施工现场的监控人员发现土方或建筑物有裂纹或发出异常声音时,应立即报告给应急救援领导小组组长,并立即下令停止作业,组织施工人员快速撤离到安全地点。

3. 当土方发生坍塌,造成人员被埋、被压的情况,应急救援领导小组全员上岗。除应立即逐级报告给主管部门之外,还应保护好现场,立即组织抢救受伤人员。

4. 当少部分土方坍塌时,现场抢救组专业救护人员要用铁锹进行撮土挖掘,并注意不要伤及被埋人员;如采用吊车、挖掘机进行抢救,现场要有指挥并监控,防止机械伤及被埋或被压人员。

5. 被抢救出来的伤员,要由现场医疗室或急救中心的救护人员进行抢救,用担架把伤员抬到救护车上,对伤势严重的人员要立即进行吸氧和输液。同时将土方坍塌位置进行拍照或录像,禁止无关人员进入事故现场,等待事故调查组进行调查处理。

① 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)第10.2条规定:

10.2.9 下列建筑物应在施工期间及使用期间进行变形观测:

1. 地基基础设计等级为甲级的建筑物;
2. 复合地基或软弱地基上的设计等级为乙级的建筑物;
3. 加层扩建建筑物;
4. 受邻近深基坑开挖施工影响或受场地地下水等环境因素变化影响的建筑物;
5. 需要积累建筑经验或进行设计反分析的工程。

(本条所指的建筑物沉降观测包括从施工开始,整个施工期内和使用期间对建筑物进行的沉降观测。并以实测资料作为建筑物地基基础工程质量检查的依据之一,建筑物施工期的观测日期和次数,应根据施工进度确定,建筑物竣工后的第一年内,每隔2~3个月观测一次,以后适当延长至4~6个月,直至达到沉降变形稳定标准为止。)

六、土方工程专项施工技术及安全方案的编制^①

土方工程应合理选择施工方案，尽量采用新技术和机械化施工，必须单独编制专项的施工方案、安全技术措施，防止土方坍塌，尤其是制定防止毗邻建筑物坍塌安全技术措施。

1. 按土质放坡或护坡：施工中，要按土质的类别，较浅的基坑，要采取放坡的措施；较深的基坑，要考虑采取护壁桩、锚杆等技术措施。

2. 降水处理：当工程基底标高低于地下水位时，首先要降低地下水位，对毗邻建筑物必须采取有效的安全防护措施，并进行认真观测。

3. 土方挖掘过程中，要加强监控：基坑边堆土要有安全距离，严禁在坑边堆放建筑材料，防止动荷载对土体的震动造成原土层内部颗粒结构发生变化。

第二节 土的有关工程性质

一、土的分类

1. 土的种类繁多，分类的方法也不同。在建筑施工中按土开挖的难易程度将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石等八类，前四类属于一般土，后四类属岩石。

2. 土的野外鉴别方法见表 1-2。

表 1-2 土的野外鉴别方法

项 目		黏 土	亚黏土	轻亚黏土	砂 土
湿润时用刀切		切面光滑 有粘刀阻力	稍有光滑 切面平整	无光滑面 切面稍粗糙	无光滑面 切面粗糙
湿土用手捻摸		滑腻粘手	稍滑腻粘滞 有少量砂粒	轻微粘滞 感砂粒较多	无粘滞粗糙 感觉全是砂粒
土 态	干土	坚硬用锤击碎	用力压碎	手捏碎	松散
	湿土	粘物，干后难剥	能粘物，干后易剥	不粘物	不粘物
搓条		搓成 0.5mm 长条不断	0.5~2mm 短条	2~3mm 短条	不能搓条

二、土的有关工程性质

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响，在进行土方量的计算、确定运土机具的数量等情况时，要考虑到土的可松性；在进行基坑、基槽的开挖，确定降水方案等情况时，要考虑到土的渗透性；在考虑土方边坡稳定、进行填土压实等情况时，要考虑到土的含水量和密实度。

① 《建设工程安全生产管理条例》第 26 条规定：施工单位应当在施工组织设计中编制安全技术措施和施工现场临时用电方案，对下列达到一定规模的危险性较大的分部分项工程编制专项施工方案，并附具安全验算结果，经施工单位技术负责人、总监理工程师签字后实施，由专职安全生产管理人员进行现场监督：基坑支护与降水工程；土方开挖工程；模板工程；起重吊装工程；脚手架工程；拆除、爆破工程；国务院建设行政主管部门或者其他有关部门规定的其他危险性较大的工程。对上述工程中涉及深基坑、地下暗挖工程、高大模板工程的专项施工方案，施工单位还应当组织专家进行论证、审查。

(一) 土的可松性

土的可松性是指自然状态下的土，经过开挖后体积增大，回填压实不能恢复其原来的体积，这种性质称为土的可松性。土方工程量是以自然状态的体积来计算的，而土方挖运施工则是以松散体积来计算的，土的可松性与土质有关。在进行土方的平衡调配，计算填方所需挖方体积，确定基坑（槽）开挖时的留弃土量以及计算挖、运土机具数量时，应考虑土的可松性。土的可松性程度可用可松性系数表示，即：

最初可松性系数：

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-1)$$

最终可松性系数：

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中 K_s ——最初可松性系数是选择土方机械的重要参数；

K'_s ——最终可松性系数是场地平整、土方填筑的重要参数；

V_1 ——土在天然状态下的体积 (m^3)；

V_2 ——土挖出后的松散状态下的体积 (m^3)；

V_3 ——土经回填压实后的体积 (m^3)。

【例 1-1】 某土坑 $25 \times 46 \text{m}^2$ ，深 1.2m，需用黏土回填，问需多少土方，多大取土坑？($K_s=1.27$ ， $K'_s=1.05$)

【解】 所需土坑
$$V = \frac{25 \times 46 \times 1.2}{1.05} = 1314 \text{ (m}^3\text{)}$$

所需土方
$$V = 1314 \times 1.27 = 1668.8 \text{ (m}^3\text{)}$$

(二) 土的渗透性

1. 定义

土的渗透性是指土体被水透过的性质。土体孔隙中的水在重力作用下会发生流动，流动速度与土的渗透性有关。

2. 达西 (Darcy) 定律 (直线渗透定律)

法国学者达西根据砂土渗透实验 (图 1-1) 发现水在土中的渗流速度 v 与 A, B 两点水位差成正比，与渗流路程长度 L 成反比。

$$v = \frac{Kh}{L} = Ki \quad (1-3)$$

$$i = h/L \quad (1-4)$$

式中 v ——水在土中的渗流速度 (m/d)，单位时间内透过单位土截面的水量称为水在土中的渗透速度；

K ——土的渗透系数 (m/d)，渗透系数 K 用来表示土的透水性。 K 由试验确定，也可参考表 1-3；

i ——水力坡度；

h —— A, B 两点的水位差 (m)；

L ——渗流路程长度 (m)。

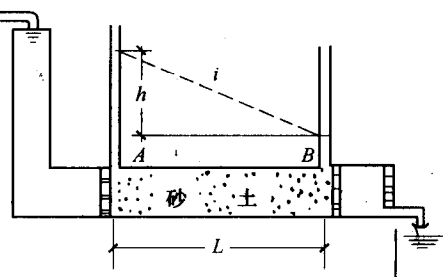


图 1-1 砂土渗透实验示意图

表 1-3 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 (m/d)	土的名称	渗透系数 (m/d)
黏土	<0.005	中砂	5.00~20.00
亚黏土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
轻亚黏土	0.10~0.50	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.50	圆砾石	50~100
粉砂	0.50~1.00	卵石	100~500
细砂	1.00~5.00		

注：1. 含水层含泥量多或颗粒不均匀系数大于 2 时，取小值。

2. 表中数据为试验室理想条件下获得，实际采用时，宜根据具体情况调整。

3. 渗透系数的试验确定

渗透系数 K 可通过室内渗透试验确定或现场抽水试验测定。 K 现场测试方法如下：

设置一眼抽水井，距抽水井 X_1 与 X_2 处设置两个观测井（三井在同一直线上），根据抽水稳定后，观测井内的水深 Y_1 与 Y_2 及抽水孔相应的抽水量 Q ，依据下面公式（1-4）解出渗透系数。

$$K = \frac{Q \lg \frac{X_2}{X_1}}{1.366(Y_2^2 - Y_1^2)} \quad (1-5)$$

（三）土的含水量

土的含水量是土中水的质量与固体颗粒质量之比，以相对百分比表示。

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 m_1 ——含水状态下土的质量；

m_2 ——烘干后土的质量。

土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化，土的含水量对挖土的难易、土方边坡的稳定性、填土的密实程度均有影响。所以在制定土方施工方案、选择土方机械和决定地基处理时，均应考虑土的含水量。

（四）土的密实度

土的密实度是指土被固体颗粒所充实的程度，反映了土的紧密程度，土的紧密程度用土的压实系数表示。填土压实后，必须要达到要求的密实度，现行的《建筑地基基础设计规范》规定，压实填土的质量以设计规定的压实系数 λ_c 的大小作为控制标准。

$$\lambda_c = \rho_d / \rho_{dmax} \quad (1-7)$$

式中 λ_c ——土的压实系数；

ρ_d ——土的实际干密度。干密度越大，表明土越坚实，在土方填筑时，常以土的干密度控制土的夯实标准；

ρ_{dmax} ——土的最大干密度，由实验室击实试验测出。

压实填土的最大干密度和最优含水量，宜采用击实试验确定，当无试验资料时，最大干密度可按式计算：

$$\rho_{dmax} = \eta \frac{\rho_w d_s}{1 + 0.01 w_{op} d_s} \quad (1-8)$$

式中 ρ_{dmax} ——分层压实填土的最大干密度；

η ——经验系数；

ρ_w ——水的密度；

d_s ——土粒相对密度；

w_{op} ——填料的最优含水量。

细颗粒黏性土的干密度可以用“环刀法”进行测定^①，即用环刀取样，测出天然密度 ρ ，烘干后测出含水量 (w)，然后用式： $\rho_d = \rho / (1 + 0.01w)$ 计算实际干密度。而以粗颗粒砂石作填料的干密度可以用现场“灌砂法”进行测定。^②

第三节 土方量计算与土方调配

一、基坑、基槽土方量计算

(一) 基坑土方量计算

基坑土方量是按立体几何拟柱体体积公式（即由两个平行的平面做底的一种多面体）来计算的（图 1-2）。

计算公式为：

$$V = \frac{H(A_1 + 4A_0 + A_2)}{6} \quad (1-9)$$

式中 H ——基坑深度 (m)；

A_1, A_2 ——基坑上、下两底面积 (m^2)；

A_0 ——基坑中截面面积 (m^2)。

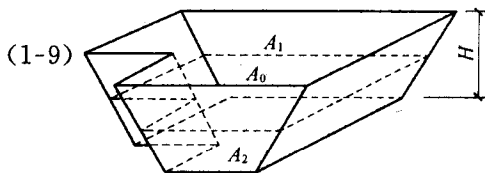


图 1-2 基坑土方量

(二) 基槽土方量计算

基槽或路堤的土方量计算，可以沿长度方向分段，分段后用前面的方法进行计算（图 1-3）。

计算公式为：

$$V_1 = \frac{L_1(A_1 + 4A_0 + A_2)}{6} \quad (1-10)$$

式中 V_1 ——第一段长度的土方量 (m^3)；

L_1 ——第一段的长度 (m)；

① 《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999) 规定：

3.1.4 第 2 条根据试验要求用环刀切取试样时，应在环刀内壁涂一薄层凡士林，刃口向下放在土样上，将环刀垂直下压，并用切土刀沿环刀外侧切削土样，边压边削至土样高出环刀，根据试样的软硬采用钢丝锯或切土刀整平环刀两端土样，擦净环刀外壁称环刀和土的总质量。

5.1.1 本试验方法适用于细粒土。

5.1.2 本试验所用的主要仪器设备应符合下列规定：环刀内径 61.8mm 和 79.8mm，高度 20mm。

5.1.5 试样的干密度应按式 $\rho_d = \rho / (1 + 0.01w)$ 计算。

5.1.6 本试验应进行两次平行测定，两次测定的差值不得大于 $0.03g/cm^3$ ，取两次测值的平均值。

② 《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999) 规定：

5.4.6 灌砂法试验应按下列步骤进行：

1. 按本标准第 5.3.3 条 1~3 款的步骤挖好规定的试坑尺寸，并称试样质量；

2. 向容砂瓶内注满砂，关阀门，称容砂瓶漏斗和砂的总质量；

3. 将密度测定器倒置（容砂瓶向上）于挖好的坑口上，打开阀门，使砂注入试坑。在注砂过程中不应震动。当砂注满试坑时关闭阀门，称容砂瓶、漏斗和余砂的总质量，准确至 10g，并计算注满试坑所用的标准砂质量。

- A_1 ——此段基槽一端的面积 (m^2);
 A_2 ——此段基槽另一端的面积 (m^2);
 A_0 ——此段基槽中间截面面积 (m^2).

同样的方法,把各段体积的土方量计算出来,然后相加,即得到总的基槽土方量。

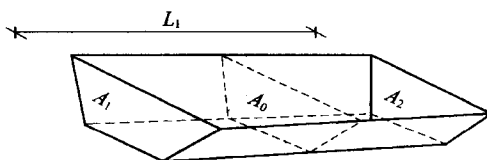


图 1-3 基槽土方量

二、场地平整土方量计算

对于在地形起伏的山区、丘陵地带修建较大厂房、体育场、车站等占地广阔工程的平整场地,主要是削凸填凹,移挖方做填方,将自然地面改造平整为场地设计要求的平面。场地上土方量计算方法有两种:方格网法和断面法。断面法计算精度较低,可用于地形起伏变化较大地区。对于地形较平坦地区,一般采用方格网法。

(一) 场地设计标高的确定

1. 场地设计标高的确定原则

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。在确定场地设计标高时,需考虑以下因素:

- (1) 应满足建筑规划、建筑功能、生产工艺和运输要求;
- (2) 力求使场地内土方挖填平衡且土方量最小;
- (3) 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。如果场地设计标高没有其他的特殊要求时,则可以根据挖、填平衡的原则加以确定;
- (4) 要有一定的泄水坡度 ($\geq 2\%$),使其能满足场地排水要求。

2. 场地设计标高的确定方法和步骤

(1) 初步确定场地设计标高 H_0

初步确定场地设计标高是根据场地挖填土方量平衡的原则进行,即场内土方的绝对体积在平整前后是相等的。

1) 在具有等高线的地形图上将施工区域划分为边长 $a=10\sim 40\text{m}$ 的若干方格 (图 1-4)。

2) 确定各小方格的角点自然高程。可根据地形图上相邻两等高线的高程,用插入法计算求得,见图 1-5, $H_{13}=252.00-0.6\times(252.00-251.50)=251.7(\text{m})$ 。也可以用一张透明纸,在上面画上 6 根等距离的平行线,把透明纸放到标有方格网的地形图上,将 6 根平行线的最外两根分别对准两条等高线上的两点 A, B, 这时 6 根等距离的平行线将 A, B 之间的高差分成 5 份,于是便可以读出 C 点的地面标高。

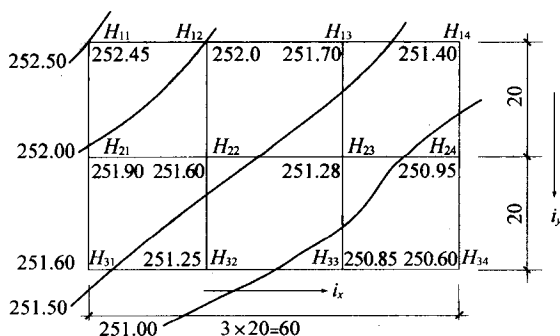


图 1-4 在等高线地形图上划分方格

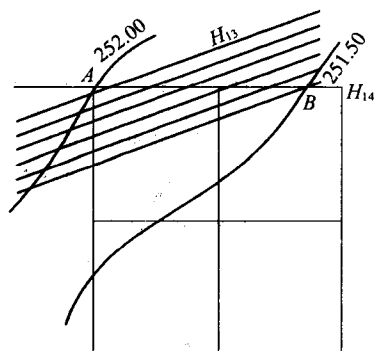


图 1-5 插入法计算方格角点高程

此外，在无地形图的情况下，也可以在地面上用木桩或钢钎打好方格网，然后用仪器直接测出方格网角点标高。场地初步设计标高即为各个方格平均标高的平均值。

从图 1-4 可知， H_{11} 系一个方格的角点标高， H_{12} 和 H_{21} 均系两个方格公共的角点标高， H_{22} 则是四个方格公共的角点标高，因此，有：

$$H_0 = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4}{4N} \quad (1-11)$$

式中 H_1 ——方格仅有的一个角点标高 (m)；

H_2 ——两个方格共有的角点标高 (m)；

H_3 ——三个方格共有的角点标高 (m)；

H_4 ——四个方格共有的角点标高 (m)；

N ——方格数。

(2) 场地设计标高 H_0 的调整

以上求出了设计标高 H_0 ，只是一个理论值，实际上还应该考虑一些其他的因素，对 H_0 进行调整，这些因素有：

1) 土的可松性影响

由于土具有可松性，所以挖出一定体积的土，不可能等体积回填，出现多余。因此，应该考虑由于土的可松性而引起的设计标高增加值 Δh 。

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

如图 1-6 所示，设 Δh 为由于土的可松性引起的设计标高增加值，则设计标高调整以后总挖方体积 V'_w 应为：

$$V'_w = V_w - F_w \Delta h$$

总填方体积应为：

$$V'_T = V_T K'_s$$

(a) 代入 (b)：

$$V'_T = (V_w - F_w \Delta h) K'_s \quad (c)$$

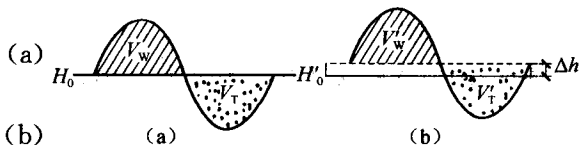


图 1-6 可松性引起的设计标高增加值

由于填方区的标高也应该和挖方区一样，要提高 Δh ； $V_w = V_T$ ，则有：

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-12)$$

求出 Δh 值，场地的设计标高应调整：

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

2) 规划场地内挖填方及就近取、弃土影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修路、筑堤填高的土方以及从经济角度考虑，部分土方就近弃土或就近借土，都会引起挖、填土方量的变化，有必要时，也要调整设计标高。

为了简化计算，场地设计标高调整可以按下面近似公式确定为：

$$H'_0 = H_0 \pm Q/(Na^2) \quad (1-14)$$

式中 Q ——假定按原设计标高平整以后，多余或不足的土方量；

N ——方格数；

a ——方格网边长。

3) 泄水坡度影响

当按设计标高调整后的同一设计标高 H'_0 进行平整时, 则整个场地表面均处于同一水平面, 但是, 实际上由于排水的要求, 场地表面需要有一定的泄水坡度。因此, 还必须根据场地泄水坡度的要求, 计算出场地内各方格角点实际施工所用的设计标高。

① 场地为单向泄水坡度

场地具有单向泄水坡度时, 设计标高的确定方法, 是把已经调整后的设计标高 H'_0 作为场地中心的标高 (图 1-7a), 场地内任意一点的设计标高则为:

$$H_{ij} = H'_0 \pm li \quad (1-15)$$

式中 H_{ij} ——场地内任意一点的设计标高;

l ——场地任意一点至场地中心线设计标高 H'_0 的距离;

i ——场地泄水设计坡度 (不少于 2‰)①。

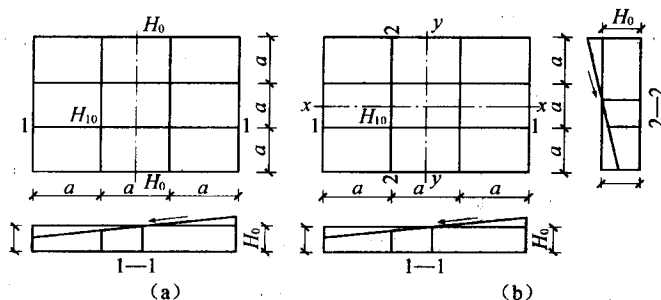


图 1-7 考虑泄水坡度角点标高示意图

(a) 单向泄水坡度; (b) 双向泄水坡度

例如, 见图 1-4, 原 $H_{11} = 252.45\text{m}$, 场地的设计标高 H'_0 为 251.47m , 那么, 考虑沿 $x-x$ 具有 2‰泄水坡度以后, H_{11} 的设计标高为:

$$H_{11} = H'_0 + 1.5ai_x = 251.47 + 1.5 \times 20 \times 2\text{‰} = 251.47 + 0.06 = 251.53 \text{ (m)}$$

那么该角点需要挖: $251.53 - 252.45 = -0.92 \text{ (m)}$

② 场地具有双向泄水坡度

场地具有双向泄水坡度时, 设计标高的确定方法同样是把已调整后的设计标高 H'_0 , 作为场地的纵向和横向中心点标高 (图 1-7b), 场地内任意一点的设计标高为:

$$H_{ij} = H'_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-16)$$

式中 l_x, l_y ——分别为任意一点沿 $x-x, y-y$ 方向距场地中心的距离;

i_x, i_y ——分别为任意一点沿 $x-x, y-y$ 方向的泄水坡度。

例如, 见图 1-4, 原 $H_{34} = 250.60\text{m}$, 场地的设计标高为 251.47m , 那么, 考虑具有双向泄水坡度以后, 如果沿 $x-x, y-y$ 的坡度分别为 3‰, 2‰, H_{34} 角点的设计标高为:

$$H_{34} = H'_0 - 1.5ai_x - ai_y = 251.47 - 1.5 \times 20 \times 3\text{‰} - 20 \times 2\text{‰} = 251.47 - 0.09 - 0.04 = 251.34 \text{ (m)}$$

那么该角点需要填: $251.34 - 250.60 = +0.74 \text{ (m)}$

① 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002) 规定:

6.1.4 平整场地的表面坡度应符合设计要求, 如设计无要求时, 排水沟方向的坡度不应小于 2‰。平整后的场地表面应逐点检查。检查点为每 100~400m² 取 1 点, 但不应少于 10 点; 长度、宽度和边坡均为每 20m 取 1 点, 每边不应少于 1 点。

(二) 用方格网法计算场地土方量

首先把场地上各方格角点的自然标高与设计标高分别标注在方格角点上(图 1-15), 计算各角点设计标高与自然标高的差值, 并填在各角点上, 即为各角点的施工高度, 习惯上“+”号表示填方, “-”号表示挖方。施工高度有了以后, 然后就可以计算每一个方格的挖、填土方量, 还应计算场地边坡的土方量, 最后将填方区域和挖方区域内所有的土方量以及边坡土方量进行汇总, 就得到总的平整场地土方量。

1. 场地土方量计算步骤

(1) 求各方格角点的施工高度

用 h_0 表示各角点的施工高度, 亦即挖填高度, 并且以“+”为填, 以“-”为挖。 H_{0ij} 表示各角点的设计标高, H_{ij} 表示各角点的自然标高, 那么有: $h_{ij} = H_{0ij} - H_{ij}$ 。

(2) 绘出“零线”

“零点”是某一方格的两个相邻挖、填角点连线与该方格边线的交点。两个相邻“零点”的连线即为“零线”。

(3) 计算场地挖、填土方量

“零线”求出以后, 场地内的挖、填方区域就可以标出来, 然后用四方棱柱体法和三角棱柱体法进行计算。

2. 各种网格的土方量计算

(1) 四方棱柱体法

1) 全挖全填(图 1-8)

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-17)$$

式中 V ——挖方或填方的土方量 (m);

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点的施工高度 (m), 以绝对值代入。

2) 部分挖部分填(图 1-9)

$$V_{\text{挖}} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{\text{挖}})^2}{\sum h} \quad (1-18)$$

$$V_{\text{填}} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{\text{填}})^2}{\sum h} \quad (1-19)$$

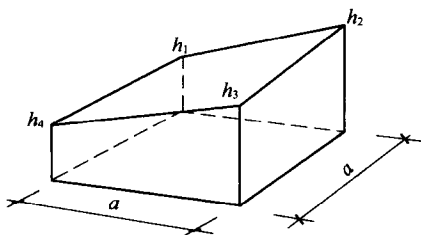


图 1-8 全挖全填

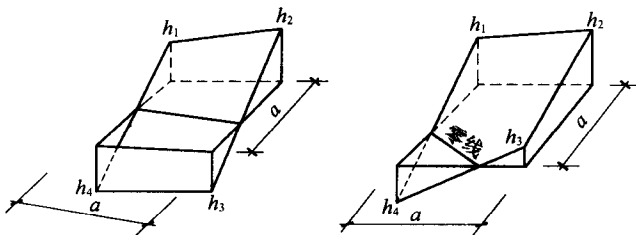


图 1-9 部分挖部分填

(2) 三角棱柱体法

1) 全挖全填(图 1-10)

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-20)$$