

881853

• 高等学校教学用书 •

建筑施工技术

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

5
5103

56
5103

高等学校教学用书

建筑施工技术

西安冶金建筑学院 冯广渊 主编

冶金工业出版社

心
适
剂
。
纹
的
光
膜
名
或
防
的
磨
是
理
及
地
成
底
应
油
281

高等学校教学用书

建筑施工技术

西安冶金建筑学院 冯广渊 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷99号)

新华书店总店科技发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 18 字数 430 千字

1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷

印数00,001~6,300册

ISBN 7-5024-0455-4

TU·22 (课) 定价3.55元

前 言

“建筑施工技术”是从工程实践中总结而来又用以指导工程实践，理论与实践紧密结合的一门学科。它的内容包含建筑物的施工工艺及建筑技术的各个方面，涉及范围广阔。

“建筑施工技术”是工业与民用建筑专业本科生必修的一门主要专业课。本课程的教学目的，在于使学生运用所学到的理论知识去解决生产中的实际工程问题，培养他们独立分析和解决问题的能力，故教学内容除以本教材为基础的课堂教学外，还需辅以必要的现场实践。

西安冶金建筑学院建筑施工教研室曾于1983年编写了“建筑施工技术”试用教材，并经过三年的教学实践。鉴于近年来我国建筑施工技术与工艺方面发展迅速，建筑工程各工种工程的“施工及验收规范”都有所更新，所以，在编写本教材中对原试用教材作了相应的修改和补充，并增加基础工程一章；在装饰工程方面，也给予了足够的重视和加强。

本书的绪论、第二章、第三章及第八章由冯广渊编写；第一章及第五章由周本祯编写；第四章、第六章及第七章由张福惠编写；全书最后由冯广渊统一审定。由于编者水平有限，加之时间仓促，错误和不当之处在所难免，尚希有关专家予以指正。

编 者

一九八七年十月

目 录

绪 论	1
第一章 土方工程	5
第一节 土方量计算	7
第二节 土方工程事故的原因及其防治	11
第三节 基坑排水	19
第四节 土方的开挖与运输	32
第五节 填土与压实	41
第六节 爆破工程	47
第二章 基础工程	65
第一节 振冲地基	65
第二节 旋喷地基	69
第三节 桩基础	77
第四节 地下连续墙	93
第三章 钢筋混凝土工程	102
第一节 模板工程	102
第二节 钢筋工程	117
第三节 混凝土工程	131
第四节 滑升模板施工	159
第五节 混凝土冬期施工	169
第四章 砖砌体工程	181
第一节 砖砌体材料	181
第二节 砖砌体施工	182
第三节 砌砖工程冬期施工	186
第四节 砌砖工程的运输与脚手架	187
第五节 中小型砌块施工	193
第五章 预应力混凝土工程	196
第一节 先张法	196
第二节 后张法	206
第三节 电热张拉法	218
第六章 结构安装工程	221
第一节 起重机械	221
第二节 单层工业厂房结构吊装	227
第三节 多层房屋结构吊装	243
第四节 大跨度屋盖结构安装	252
第七章 防水工程	259
第一节 屋面防水工程	259

第二节	防水混凝土地下防水工程	264
第八章	装饰工程	267
第一节	抹灰工程	267
第二节	饰面板安装	274
第三节	建筑涂料	276
第四节	墙纸裱糊	279
第五节	油漆	280

绪 论

居住问题是人类生活的要素之一，它随人类历史的演变而发展。远古时代人类为了避风雨和防止外界的侵袭，从穴居到半穴居，而后逐渐演变成可供居住的房屋。从西安半坡遗址中可清楚地了解到当时住房的规模和大体的构造。半穴居房屋的形式是在不深的黄土坑上方构以木架而成。屋顶形式在遗址中虽不可见，但从古文字中可知，凡房屋、室、堂等意都用宀字表示，凡与房屋有关的字也都有宀形符号。故可认为当时已经形成了两坡屋顶，所用材料可能即是树枝和草束。图1为西安半坡遗址建筑的复原想像图。

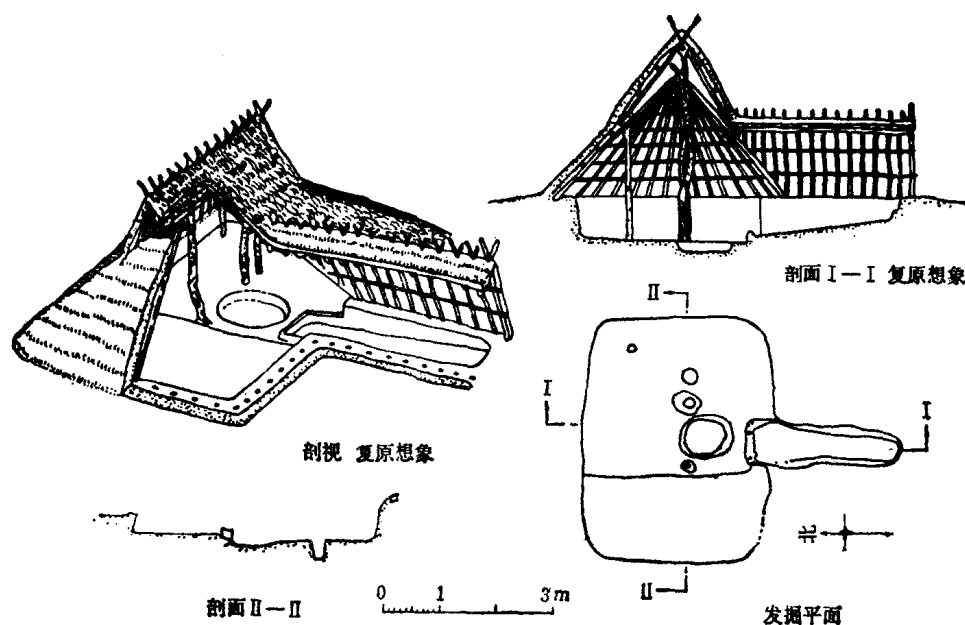


图 1 西安半坡村原始社会住房

人类的劳动是一种有目的活动，这种活动既改变了自然也改变了人类自己。人类利用生产工具改变自然，并利用自然界的物质创造人类所必需的产品和资料。房屋建筑也即是人类向自然界作斗争的产物，是人类发展到一定时期的结果。在石器时代显然只能利用石器加工木材而不能加工石材，而木材既易于取得又易于加工，故木材成为当时主要建筑材料。工具、材料及必要的加工手段构成建筑物赖以产生的基础，也是赖以发展的基础。经过漫长岁月的历史演变与发展，当人们掌握了更有效的工具及加工手段，就能生产出更多可利用的材料，因而就有可能建造出功能更完善的建筑物。在发展的过程中人类的生产和生活活动逐渐趋于复杂，对建筑的要求也逐渐提高，这又反过来促进建造手段的进一步发展。在这种辩证关系中，生产能力一直是主导因素。当发展到一定阶段建造手段就会很自然地与一定的科学技术相结合，如对材质性能的认识，计算方法与材料的量度等，此时即可称之为建造技术。在我国古代建筑史上，建造技术一直是由匠人掌握，建造过程只是根

据人们的意识与设想由掌握这种技艺的匠人按传统的方式去建造。建筑技术在长期的实践与发展中,也逐渐形成了一定的模式,如房间的比例、构架的形式、尺寸关系等。由于地区和生活方式的差异、技术状况及可能获得的材料,这种模式也是多种多样的。至今在我国广大农村建筑中,一定的模式仍然在起着作用。所谓模式即是规范化。我国的建筑技术经过长期发展。至唐宋时代已相当成熟,建筑规模日趋宏大,建筑的模式已经确立。宋人总结了前人及当时建造技术,完成了我国有关建造技术的第一部法典式著作《营造法式》。它犹如目前使用的技术规范,把已经形成的模式以具体的尺寸关系确定下来,形成了我国建筑的独特风貌。中国建筑在其后的发展中,建筑技术则更臻细腻与完美,清朝又总结明清两代的经验,制订出《工程做法则例》。这两部著作可以说是我国古代建筑技术的总结,其内容是以大型木结构建筑为主。我国的砖石建筑技术不但历史悠久,而且技术高超,秦砖汉瓦的质量之高至今仍称颂人口。但一些古代大型砖石建筑物的建造技术未能留下文字记载,故至今仍鲜为人知。

建筑技术发展至今已相当复杂,涉及的范围日益广阔,出现了为数众多的地下建筑物,有些高层建筑高度已达数百米,涉及的领域广泛,需要其他很多专业部门加以配合,诸如机械制造、建材、化工、电工等,分工也越来越细诸如勘察、设计、施工、科研、管理等。目前建筑部门已经形成一个拥有一千多万人的庞大群体,在国民经济中占有重要地位。建国以来,全国城镇已经完成30多亿 m^2 的工业、民用和公共建筑。预计今后15年全国房屋建造总量约达165亿 m^2 ,每年的建造量达11亿 m^2 ;不但数量大增,对产品的质量、功能、效益也将有新的要求。面临如此重大任务,建筑业的生产能力必然需要更大的发展。

建筑技术是建筑发展的主要因素,工具、材料和手段构成了在生产中起主导作用的生产力。现代的工具和材料即是先进的机械设备和性能优异的多种建筑材料。可以说没有这两个部门的发展,建筑技术的发展是不可能的。近年来在民用建筑中,高层建筑发展很快,全国各大城市都在兴建,仅在1981~1985五年中北京就完成了约700万 m^2 高层建筑面积;而且建筑层数也在不断增加,20~30层的建筑在一些大城市都相继出现,高100m以上的建筑物日益增多,如上海锦江分馆43层高153m,北京京城大厦52层高183.5m,有的已达200m以上。建筑物高度的增大,致使基础工程随之复杂化,施工难度必然随之增加,无论是地上还是地下都需要更高的技术条件。近十年来我国的建筑机械发展也较快,出现了不少新机型,其中供高层建筑使用的有120t-m自升塔式起重机等。但仍跟不上目前这一发展形势,不得不进口一部分性能更优良的起重机械。建筑高度的增大对建材也提出了新的要求,即使用轻型墙体材料和高强度结构材料。目前我国钢材还感不足,尚不能大量用于结构,钢筋混凝土仍是主要结构材料。层数增多必然引起柱断面的加大,不仅增加了建筑物的自重,也减少了低层的使用面积。这就要求发展C50~80的高标号混凝土,以减小柱断面。在装饰工程上的要求也日益增高。近年来我国的装饰材料发展较快,各种涂料大量出现,其他材料的品种也不断增多,质量不断提高。但在旅游业的发展高潮中,仍感到不足,也需引进生产设备和进口部分高档材料。由此可以看出,我们的技术发展水平仍不能完全满足工程实践的实际需要。这也反过来对建筑技术的发展起到一种促进作用。

就建筑技术本身而言,近十年来的发展是迅速的,在工程实践中应用了很多新技术与新的施工工艺。在地基与基础工程中,地基加固技术有了很大的进展,一些新技术相继应

用,如强夯地基、振冲地基、旋喷地基等。桩基础出现了多种新桩型与新的施工工艺。五、六十年代我国桩基础以钢筋混凝土预制打入桩为主,七十年以后逐渐为施工简便造价较低的灌注桩所代替,其后在工程中相继使用了多种成桩方法的扩底灌注桩以及大直径的钻孔或挖孔灌注桩。地下连续墙用于高层建筑基础,是近年来国际上的一项新技术,我国也已用于工程实践。在主体结构方面主要是钢筋混凝土工程。我国50年代基本上是使用木模板现场浇筑混凝土的施工方法。其后在建筑业中曾提出工业化生产,故很多混凝土工程改由加工厂生产预制构件运至现场安装的方法施工。它的优点是构件的质量可以得到保证,现场的工期可以缩短,但此种生产方法需设置预制厂,结构用钢量增大且整体性不好,施工复杂,成本提高。至70年代中期以后,混凝土工程又向现浇的方向发展。其原因有二,一是机械设备的发展,如塔式起重机的普遍应用,以组合钢模板取代了木模板以及其他一些新机械设备的应用等;二是混凝土本身性能的改善,如水泥标号的提高、混凝土外加剂的快速发展与普遍应用,使得现浇混凝土完全可以保证工程质量。另外是采用了一些新的施工工艺,如液压滑模施工、大模板法施工、升板法施工等,较之预制安装方法结构整体性增强,施工工序简化,造价降低。目前民用及公共建筑的混凝土工程已普遍采用现浇施工。其他如脚手架也有较大幅度的发展,主要是以扣件式钢管脚手代替了长期使用的木脚手。目前钢管脚手的类型更有进一步的发展,脚手架是建筑工程不可缺少的设备。另外装饰、防水发展的也较迅速。

前面曾谈到我国古代建筑发展到一定阶段其模式已定,建造技术多是由匠人掌握,按照人们的意识与设想去建造,并不存在设计与施工的分工。如果有设计的话,也是由匠人根据业主的意图按照一定的模式绘出简略图样,经业主同意后建造。设计者也即是建造者。但发展到现代的建筑业,伴随着其本身的复杂化及社会的分工,也必然出现设计与施工的分工。我们不能把这种分工看成是绝对独立的。它本应是一个统一的整体,任何设计都不能与生产工艺割裂开来。很难设想一个根本不懂服装加工工艺的人,能设计出一套适于缝制的合体服装。故设计必须与其制造工艺相结合,否则就难于达到预期的目的。例如某单位的高层住宅楼确定采用滑模施工,而设计者出的图纸根本不适于采用滑模技术。要解决这一矛盾,除非改变设计,否则就是放弃这项新技术的应用。类似的情况很多,如大模板法与升板法施工以及现浇与预制安装等。总之不论简单和复杂的建筑物,在设计阶段都必须考虑其施工工艺的特殊性。这就要求设计者必须了解生产工艺,而最好是能精通生产工艺,只有这样才能作到设计与生产工艺紧密地相结合。设计应能够给新技术新工艺的使用与推广创造有利条件,而不应起阻碍作用。多年来在我国的建筑业中,设计与施工不协调或矛盾的现象屡见不鲜,这一事实足以说明问题的存在。由此不难看出,那种认为建筑技术是专为现场施工人员设置的课程的观点是不全面的。建筑技术的内容应是由多方面的因素所构成并共同促进其发展。

建筑技术涉及到建筑工程的各个领域,故其所包含的内容相当广泛。同时它又是从工程实践中总结出来的成果又用于指导工程实践的知识,故所涉及的又多是一些具体的技术问题。总之它是内容既多涉及面又广而且实践性很强的一门专业知识,对初学者来说往往由于缺乏实践知识而感到全面掌握有些困难,但对于解决工程实际问题来说这些知识都是必备的。一些困难问题通过理论与实践的各个教学环节,可以得到逐步解决。

由于建筑技术在不断的发展与完善,见诸文字的资料只能是技术发展到某一阶段的总

结以便于推广应用，而不能把它看作是一成不变的。同一项工程可能有多种施工方法与方案，作为工程技术人员应该能够根据具体的条件从中选择最有效最经济的方案，同时也应具备在总结经验的基础上创造出新技术与新工艺的能力以及利用所学到的各种知识解决实际工程问题的能力。在工程实践中可能遇到的问题是多种多样的，而且往往是突发性的。故作为一名工程技术人员知识面必须非常广泛，诸如在力学、结构、机械、材料、化学、电工以至热工等方面，都会是在工程实践中遇到的问题，必须懂得如何正确处理。除此之外还须具备高度负责精神，对工程质量负责，对国家财产负责，对每一个施工人员的安全负责。

第一章 土方工程

工业与民用建筑的施工，首先都要进行土方工程，它包括场地平整，修筑道路，基坑或管沟的开挖及其施工后的回填，古墓、枯井及杂填土地基的处理等。所以土方工程施工过程中的主要工作有：开挖、运输、填筑与夯实，以及失稳土壁的加固和基坑排水等辅助性的工作等。

土方工程的施工具有工期长、劳动繁重和施工条件复杂等特点，其施工的难易程度，直接受地形、地质、水文、施工季节及施工场地周围环境等因素的影响。所以施工前应深入调查，详尽地掌握以上种种对于施工顺利进行有直接影响的各种资料，然后根据该工程的特点和规模，选择适宜的施工时期，拟定合理的施工方案及其相应的技术措施，尽量采用机械化施工，以减轻劳动强度，加快施工速度；对于工程场地内的土方挖填量，应该调配合理，目的在于减少工程量与运距，使土方工程不仅能够顺利进行，工程费用低，而且能够确保工程质量和施工安全。

土的种类繁多，分类方法亦有多种，例如按颗粒级配、塑性指数、沉积年代与工程特性等分类，但在建筑施工中则按开挖难易程度（即土的坚实程度）进行分类，如表 1-1-1 所列，共分为八类十六个级别。土的松软或坚硬程度也可用坚实系数大小反映，一类土的

土的工程分类

表 1-1

土的分类	土的级别	土 的 名 称	坚实系数 (f)	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂，亚砂土，冲积砂土层，种植土，泥炭（淤泥）	0.5~0.6	可用机械直接挖掘，人工可用锹、锄
二类土 (普通土)	II	亚粘土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂、种植土、填筑土及亚砂土	0.6~0.8	可用机械直接挖掘，人工可用锹、锄，辅以镐
三类土 (坚土)	III	软及中等密实粘土，重亚粘土，粗砾石，干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土，压实的填筑土	0.8~1.0	可用机械直接挖掘，人工主要用镐，再用锹挖，辅以撬棍
四类土 (砂砾坚土)	IV	重粘土及含碎石、卵石的粘土，粗卵石，密实的黄土，天然级配砂石，软泥灰岩及蛋白石	1.0~1.5	可用机械直接挖掘，人工用镐、撬棍，再用锹挖，辅以楔子和大锤
五类土 (软石)	V~VI	硬石灰岩粘土，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	1.5~4.0	用镐、撬棍、大锤破碎，或辅以爆破方法，再用人工、或机械挖掘
六类土 (次坚石)	VII~IX	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	4.0~10	用爆破方法破碎，辅以风镐，再用机械或人工挖掘
七类土 (坚石)	X~XIII	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	10~18	用爆破方法破碎，再用人工或机械挖掘
八类土 (特坚石)	XIV~XVI	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	18~25以上	同 上

注：1. 土的级别为相当于一般16级土石分类级别；

2. 坚实系数f为相当于普氏岩石强度系数。

坚实系数小，八类土则大。显然，坚实系数愈小的土愈容易开挖，反之则难；所以在施工时土的工程分类目的，在于据以确定施工手段，也是国家制定土方工程劳动定额的依据。

自然状态下的土称之为原状土，开挖后土粒松散体积增大，如再将其用以回填，虽经压实但仍不能恢复至原状土相同的体积。土的这种经扰动而体积改变的性质称之为可松性。可松性的程度用可松性系数表示如下：

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1}$$

式中 K_s ——最初可松性系数；

K'_s ——最后可松性系数；

V_1 ——原状土的体积；

V_2 ——经开挖后的松散体积；

V_3 ——经回填压实后的体积。

K_s 和 K'_s 的大小取决于土的类别，可以参考表1-1-2取值。在组织土方工程施工时， K_s 可用于计算挖土机的生产率、相应需要配备的运输车辆数以及所需工期， K'_s 则用于计算场内填方时需要取土的数量。

工程场地内挖填土方的调配，一般原则是移挖作填。当场内的挖方量不敷平整填筑时，需要从场外运入差量，一般称其为借土；如场内的挖方量经利用后仍有余额需要运出场外，一般称其为弃土。借土和弃土都是指松散的土（虚土），但是填方则指业经压实的土，此土仍不同于原状土，三者主要表现其密实性各不相同。所以在计算借土或弃土时，应注意如何运用上述可松性系数。首先，应将挖方或填方折算成相同的密实程度，再求差量。例如用 $1/K'_s$ 表示经压实后的每单位填方量所需原状土的土体量，用 K_s/K'_s 表示经压实后的每单位填方量所需松散土的土体量，则：

$$\text{弃土量} = \left(V_w - V_f \frac{1}{K'_s} \right) K_s$$

$$\text{借土量} = (V_f - V_w K'_s) \frac{K_s}{K'_s}$$

式中 V_w ——场内的全部挖方体积（ m^3 ）；

V_f ——场内的全部填方体积（ m^3 ）。

各类土的可松性参考值

表 1-1

土 的 类 别	扰动后体积增加（%）		可 松 性 系 数	
	最 初	最 后	K_s	K'_s
一（种植土除外）	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一（植物性土、泥炭）	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四（泥灰岩、蛋白石除外）	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四（泥灰岩、蛋白石）	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五~七	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

第一节 土方量计算

土方工程开工前, 需要先算出土方工程量, 以便拟定施工方案, 配备人力和物力, 安排施工进度, 控制施工进度, 预算工程费用。

工程中需要挖掘或填筑的土方几何形体与大小, 随工程种类、要求与地形等各异; 对于不规则的土方几何体积, 一般是先将其划分成若干较规则的形状, 然后逐一计算, 再求其总和, 基本可以满足所需的计算精度。常见几类土方体积的计算如下:

一、基坑、沟槽的土方量计算

(一) 基坑

当自然地面比较平整时, 可按正四棱台的几何体积 (图1-1-1a) 计算如下:

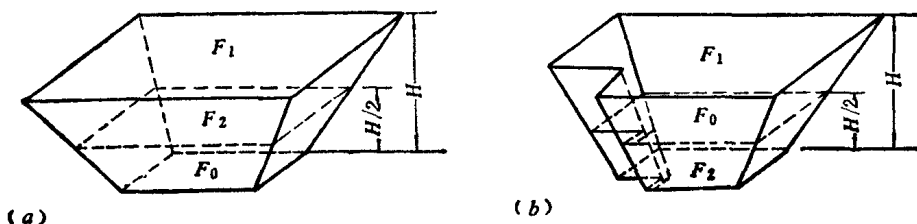


图 1-1-1 自然地面比较平整的基坑土方量计算

$$V = \frac{H}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2)$$

或

$$V = \frac{H}{3} (F_1 + \sqrt{F_1 F_2} + F_2)$$

式中 V ——基坑土方体积 (m^3);

F_1 、 F_2 ——基坑上下两底面积 (m^2);

F_0 ——基坑中部横截面面积 (m^2);

H ——基坑深度 (m)。

以上两式的计算结果相同, 按立体几何推演, 凡上下两底为两平行面的任意棱台 (图1-1-1b), 均可同样按以上两式计算体积。如果自然地表不为水平面, 尤其当开挖大型基坑, 反映相对两坑沿的高差显著或呈倾斜面时, 简单的计算方法是取基坑的平均深度, 仍按棱台的体积计算其近似值。

(二) 沟槽

沟槽的土方量计算, 常用断面法, 因为沟槽一般纵向延伸较长。当地面不平时, 先沿长度分段, 各段的长短是按纵向地形变化特点及要求计算精度而定, 取10m或20m不等。然后根据地形图或现场实测标高分别绘制各段的两端断面图, 逐一计算出面积, 则得沟槽的土方量如图1-1-2所示为:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \\ &= \frac{F_1 + F_2}{2} l_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} l_2 + \dots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} l_{n-1} \end{aligned}$$

式中 V ——沟槽的土方总体积 (m^3);

V_1 、 V_2 ... V_n ——沟槽各段的土方体积 (m^3);

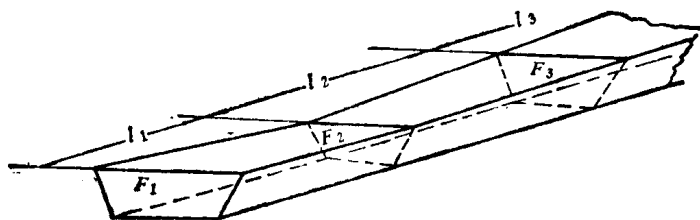


图 1-1-2 沟槽的土方量计算

$F_1, F_2 \dots F_n$ ——沟槽各段端部的横断面面积 (m^2);

$l_1, l_2 \dots l_{n-1}$ ——沟槽各段的长度 (m)。

二、场地平整的土方量计算

场地平整工作的特点是面积大，全场地兼有挖与填，则决定所需计算的挖填体形也大，常不规则。对此一般采用方格网方法分块计算解决，其计算工作步骤如下。

(一) 划分方格网

在地形图上的工程范围画方格网如图1-1-3(a)所示；方格网的边长一般为10~20m，根据地形变化程度及要求的计算精度选定；在各方格的左上角逐一标出其角点的编号。

(二) 计算各角点的地面标高

各角点处的地面标高是由地形图上的等高线按插入法求出，所以要求方格网必须按比例尺画准。

(三) 计算各角点的设计标高

设计标高一般由设计单位按竖向规划给定，或施工单位自行确定。单纯平整性的设计标高确定原则，一般是按场内挖填平衡计算出，如图1-1-3(b)所示。设方格网各角点的自然地面标高分别为 $H_1, H_2, \dots$ ，方格网的边长为 a ，则方格网中的若干四方棱柱体的体积总和为：

$$V = \left(\frac{H_1 + H_2 + H_{21} + H_{22}}{4} \right) a^2 + \left(\frac{H_2 + H_3 + H_{22} + H_{23}}{4} \right) a^2 + \dots$$

$$= \left(\frac{\sum H_{1-i} + 2 \sum H_{2-i} + 3 \sum H_{3-i} + 4 \sum H_{4-i}}{4} \right) a^2$$

如果场地划分的方格网数为 N ，则从设计标高 H_0 计算至海平面的土方总体积为：

$$V' = H_0 a^2 N$$

因为挖填平衡，所以 $V' = V$

$$\text{即} \quad H_0 a^2 N = \left(\frac{\sum H_{1-i} + 2 \sum H_{2-i} + 3 \sum H_{3-i} + 4 \sum H_{4-i}}{4} \right) a^2$$

$$\text{所以} \quad H_0 = \frac{\sum H_{1-i} + 2 \sum H_{2-i} + 3 \sum H_{3-i} + 4 \sum H_{4-i}}{4 N}$$

式中 $H_{1-i} \dots H_{4-i}$ 分别表示在各方格网中所共有的角点地面标高数。计算出设计标高后还要考虑场地的泄水坡度，所以需要根据 H_0 再逐一计算各角点在满足泄水坡度要求时的设计标高，并分别标注于角点的左下角（图1-1-3a）。

(四) 计算各角点的施工高度

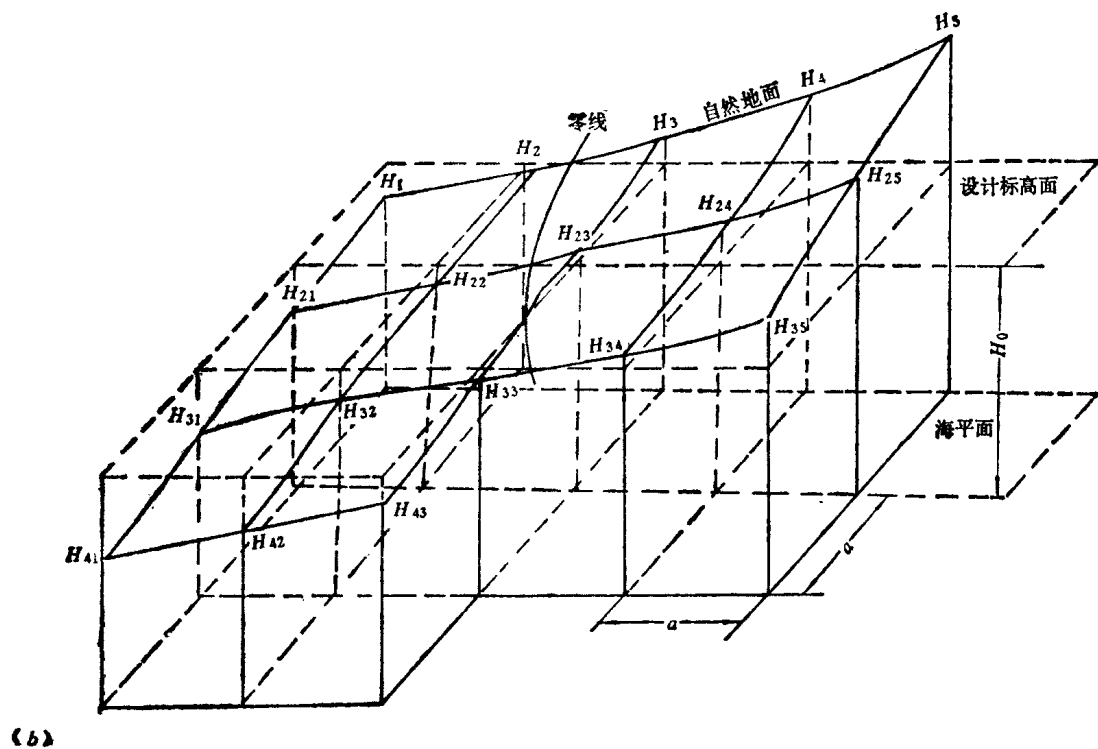
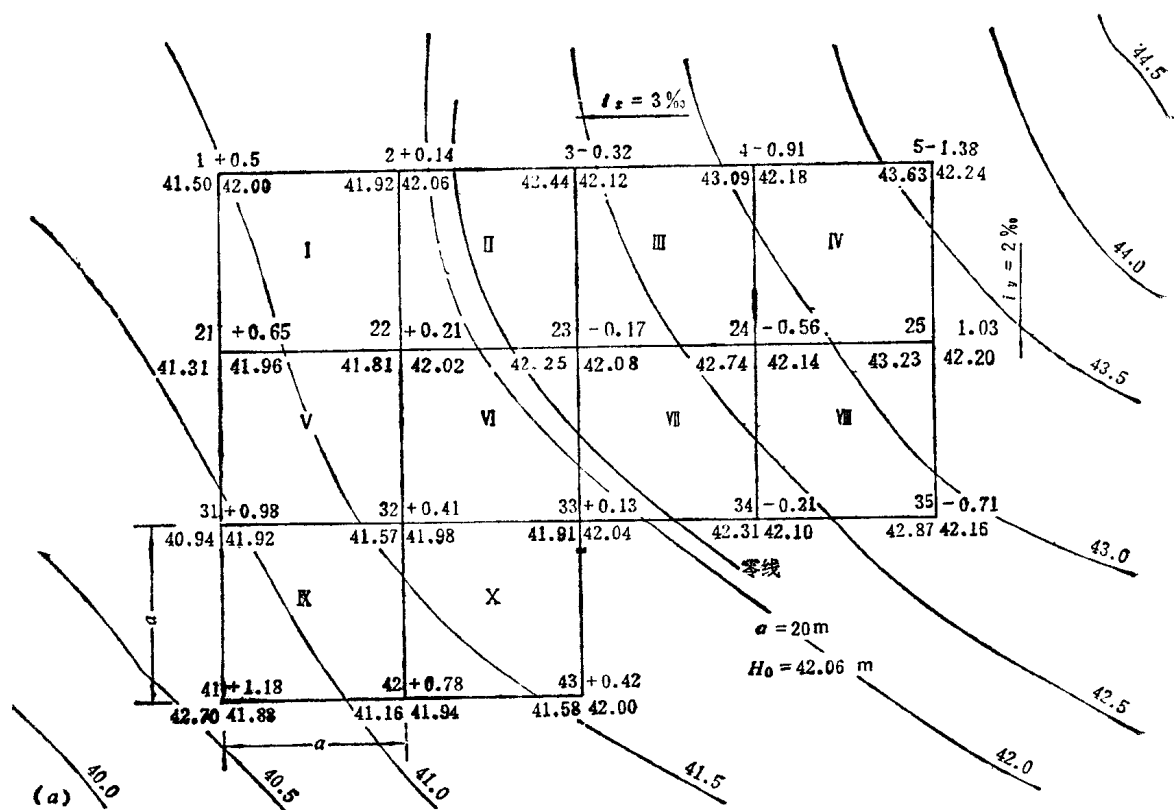


图 1-1-3 场地平整方格网法计算图

(a) 平面图; (b) 立体示意图

施工高度即需要挖或填的高度，由设计标高减以地面标高而得，习惯将其两者差的（+）值为填方，（-）值为挖方，并分别标注于角点的右上角（图1-1-3a）。

（五）计算不开挖点，并描绘出不开挖的零线

在方格的某边上相邻两个角点的施工高度出现（+）与（-）时，则表示该边从填至挖的全长中存在一个不填不挖的点，称之为不开挖点或零点，如图1-1-4所示。该不开挖点的位置可按式计算：

$$x = \frac{ah_A}{h_A + h_B}$$

式中 x ——零点距角点A的距离（m）；

a ——方格边长（m）；

h_A, h_B ——相邻两角点A与B的填、挖施工高度，以绝对值代入（m）。

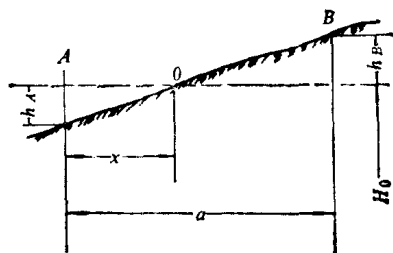


图 1-1-4 零点位置的计算

将方格网中的各零点描绘连线，即为不开挖的零线（图1-1-3）。零线将场地划分为挖方范围和填方范围两部分。

（六）计算各方格内的挖或填方体积

由图1-1-3方格网各角点的施工高度可知，方格中挖或填的土方几何形体一般有如图1-1-5所示的四种类型，相应的计算如下。

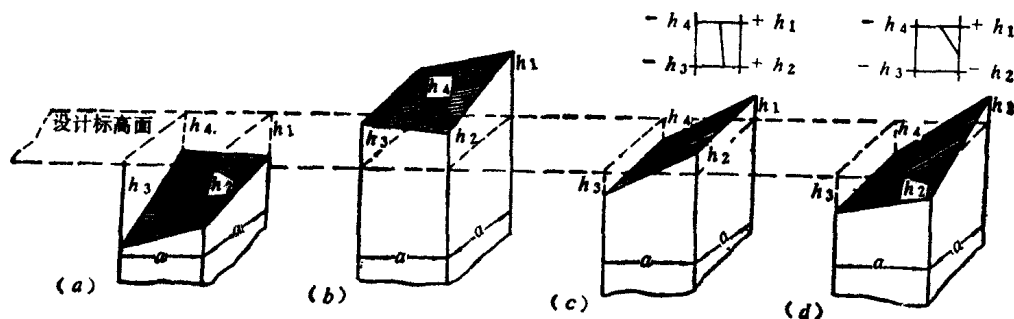


图 1-1-5 由方格网与零线分割成挖或填的土方几种几何形状

(a) 四点全填；(b) 四点全挖；(c) 两点填两点挖；(d) 三点填一点挖或相反

1. 四个角点全部为填方或挖方，其几何体积可按四方棱柱体计算（图1-1-5 a、b）。

$$V_i = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$$

式中 h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格的四个角点施工高度。

2. 相邻两角点为填方, 另两点为挖方 (图1-1-5c)。

$$V_{wi} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right)$$

$$V_{ti} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_3^2}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^2}{h_1 + h_4} \right)$$

3. 三个角点为填方, 一个角点为挖方, 或者相反 (图1-1-5d)。

$$V_{wi} = \frac{a^2}{6} \times \frac{h_1^3}{(h_1 + h_2)(h_1 + h_4)}$$

$$V_{ti} = \frac{a^2}{6} (2h_2 + h_3 + 2h_4 - h_1) + V_{wi}$$

在以上计算中施工高度如出现正负值时, 均应以绝对值代入。以上不规则的土方体积计算, 也可用初等几何或其它方法求近似值, 但计算结果一般偏小。为提高计算精度, 也可将方格网按等高线走向再划成三角棱柱体等进行计算, 于此不作赘述。

(七) 统计挖、填土方量

将计算出的各方格中挖、填土方体积分别相加, 即得全场地的总挖方量与填方量。

$$V_w = \sum V_{wi}, \quad V_t = \sum V_{ti}$$

(八) 调整设计标高

当设计标高由施工现场自行确定时, 按 H_0 计算出的挖、填土方量满足 $V_w = V_t$, 这只是挖、填土方的几何体积相等, 但是由于土的可松性, 经扰动后的 V_w 将大于 V_t ; 此外, 在挖方区和填方区均需做成倾斜的边坡, 以及场内或有高筑、深挖的要求等等, 使土方量增加或减少时, 一般均以调整设计标高解决。

第二节 土方工程事故的原因及其防治

土方工程在进行中, 可能会发生的事故主要有边坡塌方与流砂, 所以需要采取相应的防治措施, 此属于土方工程中的辅助性工作, 现分别介绍如下。

一、边坡塌方

深挖或高筑成倾斜的自由面称之为边坡, 当其土体失稳坍塌, 不仅会影响工程正常进行, 延误工期, 甚至引起人身事故, 应该予以重视。

(一) 原因

边坡土体失稳的形式, 有波及底平面呈大体积的滑坡, 或为局部坍塌。其原因虽多, 但基本是由于自由面内的土体中剪应力超过其抗剪强度所致。故当施工时出现下述情况, 就会发生边坡塌方。

1. 开挖坑、沟太深, 筑堤过高, 或设置的边坡太陡, 使边坡内的土体自重所引起的剪应力超过土体本身的抗剪强度。如图1-2-1所示, 滑动的土体 ABC 沿剪力面 AC 滑动坍塌, 显然边坡的坡角 α 或挖深 h 愈大, 滑动的土体体积 ABC 也愈大, 其所引起的剪应力愈大, 失稳塌方的可能性就大。因为土体的抗剪强度 $\tau_f = \sigma_n \tan \phi + C$, 可以认为其中内聚力 C 在不同角度的滑裂面上会产生不同的抗力作用。如果取其产生最大抗力作用时的边坡极限稳定状态 (即将有最大的滑动土体时), 可以按图1-2-1分析求导出挖深的理论值为: