

工学结合的特色教材（高职高专教育）

JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工 技术



主 编 / 顾昊星 张志刚



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

中国住房和城乡建设部推荐教材

住房和城乡建设部执业资格考试用书

建筑施工 技术

中国建筑工业出版社

工学结合的特色教材（高职高专教育）

建筑施工技术

主 编 顾昊星 张志刚

副主编 蒋伯华 陈志清

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书是根据建筑施工岗位的实际工作需要,严格按照《建筑工程施工质量验收规范》(GB 50300—2001)的要求内容和《施工工艺指南》中的相关工艺做法编写的,以期读者通过本书的学习,达到建筑工程专业技术人员应当具备的作业能力和职业水平。

本书共分8个单元,主要内容包括:地基与基础工程施工、砌筑工程施工、钢筋混凝土工程施工、结构安装工程施工、地面和楼面工程施工、层面及防水工程施工、装饰工程施工和建筑节能施工。

本书可作为高职高专教育建筑工程专业的教材,也可作为建筑施工人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术 / 顾昊星, 张志刚主编. —天津:
天津大学出版社, 2012. 1

工学结合的特色教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5618-4243-0

I. ①建… II. ①顾…②张… III. 建筑工程—工
程施工—施工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 002904 号

出版发行 天津大学出版社

出版人 杨欢

地址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)

电话 发行部: 022-27403647 邮购部: 022-27402742

网址 publish.tju.edu.cn

印刷 天津泰宇印务有限公司

经销 全国各地新华书店

开本 185mm × 260mm

印张 20

字数 499 千

版次 2012 年 2 月第 1 版

印次 2012 年 2 月第 1 次

定价 40.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与我社发行部联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

建筑施工技术是建筑工程专业的一门核心课程，是一门综合性很强的专业技术课，它与建筑材料、房屋建筑构造、建筑测量、建筑力学、建筑结构、地基与基础、建筑施工组织、建筑施工项目管理、建筑工程计量与计价等课程有密切关系。因此，要讲授好这门课，必须要有与专业人才培养方案相匹配，符合行业发展动态的课程标准。

在秉承坚持专业理论教学与实践性教学相结合的教学宗旨上，严格按照《建筑工程施工质量验收规范》（GB 50300—2001）的要求内容，强调《施工工艺指南》中相关的工艺做法，确保施工技术水平符合高职教育岗位实际工作需要，以期通过学习达到建筑工程专业技术人员应当具备的作业能力和职业水平。由于本课程涉及的知识面广、实践性强，在学习过程中需对内容进行更加形象、具体的讲授，让读者能够应用所学施工技术知识来解决实际工程中的问题，做到学以致用。

本教材由顾昊星、张志刚任主编，蒋伯华、陈志清任副主编。参加编写的有：昌吉职业技术学院张志刚（单元一、单元三）；昌吉职业技术学院宋长安（单元二）；吐鲁番地区建设工程安全监督站高级工程师艾比布拉·艾米都拉（单元四）；新疆曦隆实业集团公司总工程师蒋伯华（单元五）；昌吉职业技术学院吴孟红（单元七）；昌吉州建设局稽查办陈志清（单元六、单元八）。本书在编写过程中得到了校外实训基地单位的大力支持，并参考了许多同类专著、教材，引用了一些施工中的实际节点、构造和实例，在此，谨向原作者表示衷心的感谢。

本教材除了对课堂讲授的基本理论、基本知识加强介绍外，还重视习题和课程设计、现场工作、生产任务、技能训练等实践环节的操作，对建筑专业学习内容和知识体系编排进行了一些尝试和探索，是否能达到预期目的，还有待广大师生和读者进行检验。此外，由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2011年6月

目 录

绪 论 / 1

- 一、建筑施工技术课程的研究对象和任务 / 1
- 二、建筑施工技术发展简史 / 1
- 三、建筑施工技术课程的学习要求 / 2

单元一 地基与基础工程施工 / 3

- 项目一 开工前的技术准备工作 / 3
- 项目二 土方工程施工 / 6
- 项目三 垫层施工 / 31
- 项目四 桩基础工程施工 / 33
- 项目五 浅基础工程施工 / 48
- 项目六 土方工程质量标准与安全技术 / 55
- 复习思考题 / 57

单元二 砌筑工程施工 / 59

- 项目一 砌体工程施工准备 / 59
- 项目二 砌筑工程 / 64
- 项目三 砌筑工程的质量和安全要求 / 76
- 项目四 砌筑结构抗震措施 / 88
- 项目五 脚手架工程施工 / 89
- 复习思考题 / 98

单元三 钢筋混凝土工程施工 / 100

- 项目一 钢筋混凝土基本知识及过程分析 / 101
- 项目二 钢筋工程施工 / 103
- 项目三 模板工程施工 / 119
- 项目四 混凝土工程施工 / 131
- 项目五 钢筋混凝土工程的安全技术 / 152
- 复习思考题 / 154

单元四 结构安装工程施工 / 156

- 项目一 吊装设备 / 156
- 项目二 垂直机械的选用 / 161
- 项目三 工业厂房结构安装 / 168

- 项目四 钢结构单层工业厂房安装 / 176
- 项目五 结构安装工程质量及安全技术 / 181
- 复习思考题 / 185

单元五 地面和楼面工程施工 / 186

- 项目一 地面和楼面的概述 / 186
- 项目二 基层的处理要求 / 189
- 项目三 楼地面垫层的施工 / 190
- 项目四 楼地面面层施工 / 192
- 项目五 楼地面质量分析与防治措施 / 202
- 项目六 质量检查与评定标准 / 204
- 复习思考题 / 206

单元六 屋面及防水工程施工 / 207

- 项目一 屋面防水工程 / 207
- 项目二 地下防水工程 / 223
- 项目三 室内地面防水工程 / 234
- 项目四 防水工程质量问题及其防治措施 / 237
- 项目五 防水工程质量检查与评定标准 / 242
- 复习思考题 / 248

单元七 装饰工程施工 / 250

- 项目一 建筑装饰装修工程概述 / 251
- 项目二 墙面装饰工程施工 / 253
- 项目三 涂料及刷浆工程施工 / 272
- 项目四 吊顶和隔墙工程施工 / 277
- 项目五 门窗工程施工 / 283
- 项目六 装饰工程的冬期施工 / 287
- 复习思考题 / 289

单元八 建筑节能施工 / 290

- 项目一 建筑外墙节能施工 / 295
- 项目二 建筑门窗节能施工 / 303
- 项目三 建筑节能地面工程施工 / 309
- 复习思考题 / 312

参考文献 / 314

绪 论

一、建筑施工技术课程的研究对象和任务

建筑业在国家经济发展和建设中起着举足轻重的作用。从投资来看,国家用于建筑安装工程的资金,约占基本建设投资总额的65%。建筑业的发展对其他行业起着重要的促进作用,建筑业的发展要消耗大量的钢材、水泥、地方性建筑材料和其他产品;同时建筑产品又能为人民生活和其他部门服务,为国家经济部门的扩大再生产创造必要的条件。目前,不少国家已将建筑业列为国家经济的支柱产业。在我国,建筑业的经济支柱作用同样处于重要地位。

建筑工程项目的施工是一个复杂的过程。为了使项目便于组织施工和验收,常将建筑工程的施工划分为若干分部工程、分项工程和检验批。一般建筑工程按工程部位和施工先后次序,将工程项目划分为地基与基础工程、主体结构工程、建筑屋面工程、电气工程、给排水工程和建筑装饰工程等分部工程;按施工工种不同,分土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、屋面防水工程、装饰工程等分项工程。分部工程由若干分项工程组成,分项工程由若干检验批组成。

每个工程项目可以采用不同的施工方案、施工技术和机械设备及不同的劳动组织和施工组织方法来完成。“建筑施工技术”就是以建筑工程施工中不同的施工为研究对象,根据工程项目施工的特点、建筑规模、施工地点的地质水文条件、气候条件、机械设备和材料供应等客观条件,运用科学合理的施工技术,保证工程施工质量、成本、安全和进度,做到技术、经济、质量和安全的统一,即通过对主要工种操作工艺要求和施工方法以及保证工程质量、成本、安全和进度的措施,在经济、合理的方案指导下,保证工程按施工合同完成。

二、建筑施工技术发展简史

我们的祖先在建筑施工技术上有着辉煌的成就。如殷代采用木结构建造的宫室、秦朝修筑的万里长城、唐代的五台山佛光寺大殿,都说明了当时我国的建筑施工技术已达到了很高的水平。

中华人民共和国成立60多年来,随着建设业的发展,我国的建筑施工技术也得到了不断的发展和提高。在施工技术方面,掌握了工业建筑、民用建筑、公共建筑施工的成套技术,而且在模板工程中推广应用爬模、滑模、台模、隧道模、组合钢模板、大模板、早拆模板体系;在钢筋工程施工连接中应用了电渣压力焊、钢筋气压焊、钢筋冷压连接、钢筋螺纹连接技术;在混凝土工程施工中采用了泵送混凝土、喷射混凝土、高强混凝土及混凝土制备和运输的机械化、自动化设备;在钢结构工程施工方面,采用了高层钢结构技术、空间钢结构技术、轻钢结构技术、钢—混凝土组合结构技术、高强度螺栓连接与焊接技术和钢结构防护技术;在大型结构吊装方面,随着大跨度结构与高耸结构的发展,创造了一系列整体吊装技术,如集群千斤顶的同步整体提升技术,能把数百吨甚至数千吨的重

物按预定要求平稳地整体提升安装就位；在墙体材料方面，利用各种工业废料制成了粉煤灰矿渣混凝土大板、膨胀珍珠岩混凝土大板、煤渣混凝土大板、粉煤灰陶粒混凝土大板等各种墙板，同时发展了轻质混凝土小型砌块建筑、框架轻墙建筑、外墙保温隔热技术等，使墙体材料有了新的发展；在工程测量方面，采用激光技术进行施工测设，使工程施工精度得到提高，同时又保证了工程质量。另外，电子计算机、工艺理论、装饰材料等方面，也掌握和开发了许多新的施工技术，有力地推动了我国建筑施工技术的发展。

但是，我国目前的施工技术水平与发达国家相比，还存在一定的差距，我国西北地区与沿海地区在施工技术上也存在一定差距，特别是在机械化施工水平、新材料的施工应用、施工工艺标准掌握、计算机系统的工程项目管理应用等方面。

三、建筑施工技术课程的学习要求

建筑施工技术是一门综合性很强的职业技术课。它与建筑材料、房屋建筑构造、建筑测量、建筑力学、建筑结构、地基与基础、建筑施工组织、建筑施工项目管理、建筑工程计量与计价等课程有密切的关系。它们既相互联系，又相互影响，因此，要学好建筑施工技术这门课程，还应学好上述相关课程。

学习建筑工程施工技术，要在《建筑工程施工质量验收规范》（GB 50300—2001）的要求下，认真学习《施工工艺指南》，不断提高施工技术水平，保证工程质量，降低工程成本。除了要学好上述相关课程外，还必须认真学习国家颁发的建筑工程现行的法律及法规，这些法律及法规是国家的技术标准，是我国建筑科学技术和实践经验的结晶，也是我国建筑从业人员应共同遵守的准则。

由于本学科涉及的知识面广、实践性强，而且技术发展迅速，因此学习中必须坚持理论联系实际的学习方法。除了对课堂讲授的基本理论、基本知识加强理解和掌握外，还应利用幻灯片、录像等电化教学手段来进行直观教学，并应重视习题学习、现场教学、生产实习、技能训练等实践教学环节，让学生应用所学施工技术知识来分析实际工程中的问题及其发生的原因，进而在分析原因的基础上解决实际问题，做到学以致用。

单元一 地基与基础工程施工

地基是指建筑物下面支撑基础的土体或岩体。作为建筑地基的土层分为天然地基和人工填土（加固）地基。天然地基是不需要人工加固的天然土层。人工填土（加固）地基需要人工加固处理，常见的有回填土夯实、混合灰土回填夯实、强夯、重锤夯实等地基。基础是指建筑底部与地基接触的承重结构，其作用是承受由屋盖、楼层、墙、柱等传来的全部荷载，均匀地传给地基，在传递荷载的过程中，要保证自身的强度与刚度的要求。基础是整个建筑物或构筑物施工过程中极为重要的结构之一，其施工质量的优劣将直接影响到房屋的合理使用年限、人民的生命及财产安全。

基础工程是指室内地坪 ± 0.00 以下的结构工程。基础工程的施工阶段，主要由准备工作、土方工程、基础工程三大部分组成。准备工作又分开工前的技术准备和施工现场的准备工作；土方工程包括开挖、运输、回填和压实过程及排水、降水和土壁支撑等准备和辅助过程；基础工程包括垫层及基础施工。

基础工程施工阶段，按基础施工工序的先后次序（工艺逻辑关系），其工艺流程为：平整场地→土方开挖→地基验槽及处理→垫层与基础施工→室内地下管线的施工及验收→回填土→回填土的检查与评定。

项目一 开工前的技术准备工作

一、施工方案的确定

施工现场的场地平整方案通常有两种，即“先平后挖”方案和“先挖后平”方案。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，以便于施工的组织、开展。对于不同的方案，实施的主体单位不同；针对不同的工程类别，工程费用划分属性不同。

先平后挖方案的工作，一般先由建设单位进行场地平整，然后施工单位进行开挖。先平后挖方案适应于大型建筑物群或构筑物群的场地施工，根据设计规划要求、长远发展规划目标以及室外标高进行挖高填低。如有多余土方，应一次运至弃土地带，并防止土方的二次倒运。当施工对象为中小型单体工程，且现场高差不大时，亦可采用先挖后平方案，但必须做好土方挖填计划，力求土方运输量最小。不管采用何种方案，应依据场地地形，保证纵坡不小于2%坡度，挖好排水沟，以利于排水。

二、图纸的技术交底与会审

施工图是指导施工的依据。一套施工图，总是由建筑设计、结构设计、设备设计等几部分组成的。施工图已经过设计部门的审核、校对，并由政府指定的审图部门审查批准。但是，由于出图时间的限制、审查工作量较大，针对配套综合性难免出现差错、矛盾，再加上设计部门对施工技术水平、设备材料情况缺乏具体了解等原因，也往往可能会作出部分变更。这就要求设计人员对设计作出交底，让施工技术人员明确设计意图，同时也要求施工技术人员全面、系统、细致地核对施工图。这个过程由监理单位、施工单位独自进

行,并将图纸中存在的问题一一列出。

施工图会审由建设单位组织,监理单位、施工单位参加,施工单位的技术人员提出问题,设计人员进行确定解答,同时设计人员将设计意图向施工技术人员进行交底,作为施工的一部分依据。

(一) 图纸的核对内容

1. 尺寸的核对

在建筑图、结构图及水暖电照设备图上,核对定位轴线编号是否统一,标高是否一致,总尺寸、轴线尺寸、细部尺寸是否对应。发现问题应详细做好审图记录,在图纸会审时一并解决。保证施工符合设计、规范的要求。

2. 构造的核对

如构造不能满足本地使用功能,不利于施工,经济效益差,另有更为合理的建议,应当提供给监理单位的总监理工程师,由总监理工程师组织专业监理工程师审核。如果认为建议必要可行,总监理工程师将以书面形式建议业主,再由业主提供给设计人员,进行局部修改设计。

3. 查对有无遗漏项目

校对建筑图、结构施工图、设备施工图与详图有无遗漏的项目及尺寸、标高等。如有未加注明者应做好记录,施工图会审时提出,由设计人员确定。

4. 提出疑问或不明之处

针对设计交底后,如仍有部分疑问、设计意图不明确等,应向设计人员提出,在施工图会审时得到解决。

(二) 图纸技术交底与会审的内容

图纸技术交底是为了让施工技术人员领会设计意图,而图纸的技术交底与会审往往一起进行,这就要求施工技术人员熟悉图纸内容、明确技术要求、清楚施工图纸存在的问题以及技术准备工作。其方法是在监理单位、施工单位校对图纸后,由建设单位组织,设计单位进行设计交底,监理单位、施工单位参加,对施工图会审提出的问题,由设计人员作出明确答复。同时形成施工图会审记录,并由参加会审的代表签字认可,加盖各单位公章,分发到各单位,作为施工图的补充文件使用并存档。

会审包括如下内容。

1) 建筑结构、设备安装等设计图纸是否齐全,手续是否完备,设计是否符合国家强制性标准及有关的经济和技术要求、规范规定;图纸说明是否齐全、清楚、明确,图纸的设计尺寸有无错误或遗漏;图纸之间有无矛盾,预留孔洞、预埋件是否正确;采用标准配件图的型号、尺寸有无错误和矛盾。

2) 总图的建筑物坐标位置与单位工程建筑平面图是否一致,建筑物设计标高是否可行,基础设计与实际情况是否相符,建筑物与地下已有构筑物及管线之间有无矛盾。

3) 主要结构的设计在强度、刚度、稳定性等方面有无问题,主要部位的建筑构造是否合理,设计能否保证工程质量和安全施工。

4) 设计是否与当地施工条件及施工能力相一致,采用新工艺、新技术时,设计单位是否有措施性建议及指导书;施工单位能否完成,所需特殊建筑材料的品种、规格、数量

能否解决，专用机械设备能否保证。

5) 建筑安装与土建施工的配合是否存在技术问题；安装的一些特殊要求、土建施工水平能否达到；各种管线立体交叉有无矛盾。

6) 对设计图纸的合理化建议等。

三、定位放线

在基槽（坑）开挖前，必须做好房屋的定位放线工作，定位放线是施工准备的重要内容之一。

所谓定位，是指将建筑总平面图中该建筑物平面位置正确地定在地面上的测量工作。所谓放线（也称基槽放线），是指经过验线批准后，用钢尺沿各道轴线，确定出基础上口开挖宽度，并撒出灰线，以便开挖基槽（坑）土方。

定位放线就是根据房屋定位测设出来的主轴线，即定位角桩，按照基础平面图，详细标测出各道轴线延长桩的位置并且编出轴线桩号。

（一）定位放线的重要性

定位与放线是房屋开工交底必须做好的一项关键工作。定位是为了放线，放线是为了挖土方，所以施工项目总把定位与开工放线连在一起总称为定位放线。

定位放线工作直接影响着房屋平面位置和轴线尺寸的准确性，定位放线错误会引起返工、延误工程工期等后果，造成项目的经济损失。做好这项工作，对于保证工程施工质量，加快工程施工进度，提高工程投资效益起着重要作用。

（二）指导现场定位放线的内业工作

在施工单位审图的过程中，现场技术人员根据现场定位依据，对整个建筑物的定位步骤和方法进行确定，绘出建筑物定位依据与方法、仪器架设位置及先后顺序，并对反方向进行尺寸与角度检查，确定测量误差，定位的内作业用简图及文字交代清楚，保证指导现场定位的外业工作，避免在现场临时研究。现场测量定位人员，必须按定位放线记录要求的步骤进行，禁止现场作业时擅自修改。如需修改定位方法及尺寸，必须在内作业中找出依据，审查修改后实施，以保证定位放线记录的准确和完整。

（三）定位放线的外业工作

1. 明确建筑红线及坐标桩位

对城市的新建或扩建房屋及整体搬迁项目，均要由城市规划部门规划定出建筑物的边界位置线。建设单位向城市规划部门提出申请，由城市规划部门根据城市的总体规划及长期发展要求，在建设单位提出申请的建筑总平面上，画出限制建筑物边界的红色线条，称为建筑红线。而建设单位根据规划部门的红线图，向施工单位进行交底，施工单位根据红线图和建设单位的交底进行定位放线。定位放线结束后，施工单位申报放线记录，由建设单位申请规划部门对定位放线进行验收，验收合格后，方可进行下一道工序的施工。建筑红线具有法律效力，参建单位必须共同遵守。

2. 确定 ± 0.00 标高的现场依据

新建房屋 ± 0.00 标高的确定是建设单位对拟建房屋长期使用或建筑外观总体的要求。一般设计人员根据现场的条件进行设计，由建设单位结合设计要求进行，针对拟建项目的

地理位置及环境而确定，从而确定基槽（坑）的开挖深度、基础的埋置深度。 ± 0.00 标高一旦确定，就要以此为准测定建筑物各部分的标高。

3. 定位放线的测量准备

目前采用的经纬仪、全站仪、水准仪等测量放线工具，在使用前必须经有资质的校验单位检验，要求操作人员掌握仪器性能及使用方法，明确精度误差能否满足施工的要求；同时准备钢尺（30~50 m）一把（钢尺在使用前必须经有资质的单位标定校核，合格方可使用）、大小榔头各一把，尼龙线绳、小木桩、小铁钉、红铅笔、白灰或煤灰等，按需要确定。

项目二 土方工程施工

一、土方工程的施工特点

土方工程施工相对工期长、工程量大。建筑工程项目的土方工程量可达数万立方米以上，施工面积达数平方公里，施工条件极为复杂，再加上土方工程为露天作业，受气候、水文、地质等影响，土方工程施工不确定的因素多。因此在组织土方工程施工前，必须做好施工组织设计、选择好施工方法和机械设备，制定合理的施工调配方案，实行科学管理，以保证土方工程施工质量，取得较好的经济效益。

二、土的工程分类

土的分类方法有：根据土的颗粒级配或塑性指数分类、根据土的沉积年代分类、根据土的工程特点分类。在土方施工中，根据土的坚硬程度和开挖方法，可将土分为八类（见表1-1）。

表 1-1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类	土的名称	可松性系数		开挖方法及工具
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂；粉土；冲积砂土层；种植土；泥炭（淤泥）	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03	用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；种植土；填筑土及粉土混卵（碎）石	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05	用锹、条锄挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	中等密实黏土；重粉质黏土；粗砾石；干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质黏土；压实的填筑土	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07	主要用镐，少许用锹、锄挖掘
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土及含碎石、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	整个用镐、条锄挖掘，少许用撬棍挖掘
五类土 (软石)	硬质黏土；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，部分用爆破方法开挖

续表

土的分类	土的名称	可松性系数		开挖方法及工具
		K_s	K'_s	
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、微风化的安山岩、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 ——最初可松性系数; K'_s ——最后可松性系数。

三、土的基本性质

(一) 土的组成

土体由固体、液体、气体三部分组成,这三部分的比例随着周围条件的变化而变化,三者相互间比例不同,反映出的土体状态也不同,如干燥、稍湿或很湿,密实、稍密或松散。这些指标是土体基本的性质指标,用于评价土的工程性质,是土进行工程分类的依据。

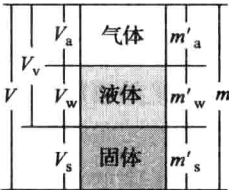


图 1-1 三相图

土的三相物质为阐述方便,一般用三相图(见图 1-1)表示,在三相图中,把土的固体、液体、气体各自划分。

图中符号如下:

m ——土的总质量 ($m = m'_s + m'_w + m'_a$) (kg);

m'_s ——土中固体颗粒的质量 (kg);

m'_w ——土中水的质量 (kg);

m'_a ——土中气体的质量 (kg);

V ——土的总体积 ($V = V_a + V_w + V_s$) (m^3);

V_a ——土中气体体积 (m^3);

V_s ——土中固体颗粒体积 (m^3);

V_w ——土中水所占的体积 (m^3);

V_v ——土中孔隙体积 ($V_v = V_a + V_w$) (m^3)。

(二) 土的物理性质

1. 土的天然含水量

在天然状态下,土的液体质量与土的固体质量之比叫土的天然含水量,反映了土的干

湿程度，用 W 表示，即：

$$W = m_w / m_s \times 100\%$$

式中 m_w ——土中水的质量 (kg)；

m_s ——土中固体颗粒的质量 (kg)。

2. 土的可松性与可松性系数

经过开挖（回填）后的土，其体积发生了变化，虽经过人为处理，但仍然不能恢复原样，这种现象称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示：

最初可松性系数 $K_s = V_2 / V_1$

最后可松性系数 $K'_s = V_3 / V_1$

式中 K_s 、 K'_s ——土的最初、最后可松性系数；

V_1 ——土在天然状态下的体积 (m^3)；

V_2 ——土方开挖后松散状态下的体积 (m^3)；

V_3 ——土方回填夯实状态下的体积 (m^3)。

土体在施工工程计算时，要充分考虑土的可松性影响。具体可松性系数见表 1-1。

3. 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做土的天然密度（简称密度）。一般黏土的密度为 $1\ 800 \sim 2\ 000\ kg/m^3$ ，砂土为 $1\ 600 \sim 2\ 000\ kg/m^3$ 。

土的密度按下式计算：

$$\rho = m / V$$

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值，用下式表示：

$$\rho_d = m_s / V$$

式中 ρ 、 ρ_d ——分别为土的天然密度和干密度；

m_s ——土中固体颗粒的质量 (kg)；

m ——土的总质量 (kg)；

V ——土的总体积 (m^3)。

4. 土的孔隙比和孔隙率

孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度，即说明土的干密度大小，孔隙比和孔隙率越小，土体就越密实。

孔隙比 e 是土的孔隙体积 V_v 与固体体积 V_s 的比值，用下式表示：

$$e = V_v / V_s$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积 V_v 与总体积 V 的比值，用百分率表示：

$$n = V_v / V \times 100\%$$

5. 土的渗透系数

土的渗透系数表示单位时间内水穿透土层的能力，用 K 表示。由于土的密实程度、土的类别、土的含水量等因素，土的渗透系数是不同的。土的渗透系数对施工降水与排水有直接影响，一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 K	土的名称	渗透系数 K
黏土	<0.005	中砂	$5.00 \sim 20.00$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.10 \sim 0.50$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.50$	圆砾石	$50 \sim 100$
粉砂	$0.50 \sim 1.00$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.00 \sim 5.00$		

四、土方施工准备与辅助工作

(一) 施工准备

1. 场地清理

场地清理包括拆除房屋、古墓，拆迁或改建通信/电力线路、上下水道以及其他建筑物，迁移树木，去除耕植土及河塘淤泥等工作。

2. 排除地面水

场地内低洼地区的积水必须排除，同时应注意雨水的排除，使场地保持干燥，便于土方施工。地面水的排除一般采用排水沟、截水沟、挡水土坝等措施。应尽量利用自然地形来设置排水沟，使水直接排至场外，或流向低洼处再用水泵抽走。主排水沟最好设置在施工区域的边缘或道路的两旁，其横断面和纵向坡度应根据最大流量确定，平坦地区排水困难，其纵向坡度不应小于 $2‰$ ，沼泽地区不应小于 $1‰$ ，保持排水畅通，阻挡雨水流入基坑（槽）内。

3. 修筑临时设施

修筑临时道路和供水、供电及临时停机棚与修理间等临时设施。

(二) 土方边坡与土壁支撑

土方开挖后，为了防止塌方，保证施工安全，在开挖深度超过土体稳定状态时，土壁应有一定斜坡，或者加以临时支撑以保持土壁的稳定。

1. 土方边坡

土方边坡的坡度是土方挖方深度 H 与底宽 B 之比，表示为：

$$\text{土方边坡坡度} = H/B = 1/ (B/H) = 1:m$$

式中： $m = B/H$ ，称为边坡系数。

土方边坡的大小根据边坡土质、土方开挖深度、土方开挖方法、土方边坡留置时间、边坡附近荷载的情况及基槽周围排水情况进行合理确定。当土体土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高时，挖方边坡可做成直立壁不加支撑，但深度不宜超过规范的规定。

当土方开挖深度超过规范的规定时，应考虑放坡或做成直立壁加支撑。当土体土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高时，挖方边坡可做成直立壁不加支撑，但深度在 5 m 以内不加支撑的边坡的最陡坡度应符合表 1-3 的规定。

表 1-3 深度在 5 m 内的基坑（槽）管沟边坡的最陡坡度（不加支撑）

土 的 类 别	边 坡 坡 度（高:宽）		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土（充填物为砂土）	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土（充填物为黏性土）	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土	1:1.00	—	—

注：1. 静载指堆土或材料等，动载指机械挖土或汽车运输作业等。静载或动载距挖方边缘的距离应保证边坡和直立壁的稳定，堆土或材料应距挖方边缘 0.8 m 以外，高度不超过 1.5 m。
2. 当有成熟施工经验时，可不受本表限制。

永久性挖方边坡应按设计要求放坡。临时性挖方边坡值应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 临时性挖方边坡值

土 的 类 别		边 坡 坡 度（高:宽）
砂土（不包括细砂、粉砂）		1:1.25 ~ 1:1.5
一般黏性土	坚硬	1:0.75 ~ 1:1
	硬塑	1:1 ~ 1:1.25
	软	1:1.50 或更缓
碎石类土	充填坚硬、硬塑黏性土	1:0.5 ~ 1:1
	充填砂土	1:1 ~ 1:1.5

注：1. 设计有要求时，应符合设计标准。
2. 如采用降水或其他加固措施，可不受本表限制，但应计算复核。
3. 开挖深度，对软土不应超过 4 m，对硬土不应超过 8 m。

2. 土壁支撑

在基坑（槽）开挖时，在满足施工要求的情况下，缩小施工面、减少土方量，可设置土壁支撑的方法进行土方工程的施工。

开挖较窄地沟槽多用横撑式支撑（见图 1-2）。支撑根据挡土板的不同，分为水平挡土板和垂直挡土板，水平挡土板的布置分断续式和连续式。湿度小的黏性土挖土深度小于 3 m 时，采用断续式水平挡土板支撑；松散、湿度大的土采用连续式水平挡土板支撑，挖土深度可达 5 m。对松散、湿度很大的土可用垂直挡土板支撑，挖土深度不限。

在采用横撑式支撑时，应随挖随撑，支撑要牢固。施工中应经常检查，出现松动、变形等现象时，应及时进行加固



图 1-2 土壁支撑