



房屋建筑工程专业技术管理人员培训系列教材

FANGWU JIANZHU GONGCHENG ZHUANYE JISHU GUANLI RENYUAN PEIXUN XILIE JIAOCAI

施工员 专业知识与实务

SHIGONGYUAN
ZHUANYE
ZHISHI YU SHIWU

本书编委会组织编写

张若美 主编



中国环境科学出版社

房屋建筑工程专业技术管理人员培训系列教材

施工员专业知识与实务

本书编委会组织编写

张若美 主编

中国环境科学出版社
地址：北京市西城区
邮编：100061

电话：(010) 63392114

网址：http://www.eol.cn

电子邮箱：zhangruomei@eol.cn

印刷：(010) 63392114

发行：(010) 63392114

中国环境科学出版社

地址：北京市西城区

邮编：100061

电话：(010) 63392114

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

施工员专业知识与实务/张若美主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2007.5

(房屋建筑工程专业技术管理人员培训系列教材)

ISBN 978-7-80209-567-0

I. 施… II. 施… III. 建筑工程—工程施工—技术培训—教材 IV. TU7

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第 057270 号

中国环境科学出版社

（北京）

责任编辑 高峰
责任校对 刘凤霞
封面设计 康巴朗斯

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 成都市教仪印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2007 年 6 月第一版
印 次 2007 年 6 月第 1 次印刷
开 本 787 × 1092 1/16
印 张 15.5
字 数 360 千字
定 价 32.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

房屋建筑工程专业技术管理人员培训系列教材

编审委员会

顾 问：杨洪波 张其光

主 任 委 员：谭新亚 杨其淮

副主任委员：李 辉 何志方 陈福忠 殷时奎

余 萍 胡兴福 张 曦 张跃林

委 员：沈津慧 谈云均 李 波 程 刚

彭 梅 任兆祥 罗进元 王岐峰

王小明 周 冰 王其贵 刘德甫

袁建新 薛本蓉 丁云波 刘 胜

吕国安 杨文建 吉庆祝 侯宜军

王 斌 孟晓鸣 赵朝前 秦永高

张 莉

出版说明

为进一步贯彻落实全国职业教育工作会议精神,促进建筑业发展,全面提升施工企业专业技术管理人员素质,在原建筑企业“十一大员”岗位培训的基础上,根据行业发展需要并结合我国研究建立职业水平认证制度的思路,受四川省建设厅委托,四川省建设系统岗位培训与建设执业资格注册中心和四川建筑职业技术学院组织编写了房屋建筑工程专业技术管理人员培训系列教材。

本套系列教材首批推出包括《房屋建筑工程专业基础知识》(属于各岗位公共教材)、《施工员专业知识与实务》、《材料员专业知识与实务》、《质量员专业知识与实务》、《安全员专业知识与实务》、《预算员专业知识与实务》、《资料员专业知识与实务》、《试验员专业知识与实务》共8本,主要用于房屋建筑工程专业技术管理人员培训使用。

本套教材以现行国家规范、标准为依据,从专业人员职业需要出发,力求体现行业特点,既重视专业基础理论,更注重职业能力培养,内容强调科学性、先进性和实用性。该系列教材主要作为房屋建筑工程施工、质检、安全、材料、预算、试验、资料管理等相关人员岗位培训及职业水平认证的培训用书,也可供高、中等职业院校实践教学使用和建筑行业专业技术管理人员自学。

由于时间紧,水平有限,本套教材还需在教学和实践中不断完善,敬请广大施工管理人员和教师提出宝贵意见。

本套教材经房屋建筑工程专业技术管理人员培训教材编审委员会审定,由中国环境科学出版社出版。

四川省建设系统岗位培训与建设执业资格注册中心

四川建筑职业技术学院

2007年3月

前 言

本书是依据行业岗位准入标准和施工员培训考试大纲,并结合现行国家规范、标准编写的,主要内容有:建筑施工测量知识、土方工程施工技术、砌体工程施工技术、钢筋混凝土工程施工技术、结构安装工程施工技术、装饰工程施工技术、防水工程施工技术、特殊季节施工技术、建筑施工组织、常用建筑机械和施工用电知识、建筑施工项目管理知识、施工招投标和合同管理知识、建筑工程造价知识等。

本书尽可能地紧密结合建筑施工实际,突出实践性和可操作性,全书文字简练,深入浅出,通俗易懂。

本书主要作为建筑工程施工员考试培训教材,也可供建设单位及施工单位的有关技术、管理人员参考。

本书由张若美主编。第一章、第十章、第十二章由四川建筑职业技术学院张若美编写,第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章由四川建筑职业技术学院孟晓鸣编写,第十一章、第十三章由四川建筑职业技术学院刘渊编写。全书由张若美统稿,王其贵高级工程师(四川华西集团有限公司)审稿。王其贵同志对该书提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢!

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足甚至错误,我们恳切希望广大读者批评指正。

编者

2007年3月

目 录

第一章 建筑施工测量知识	1
第一节 建筑施工测量前的准备工作	1
第二节 建筑工程施工测量	3
复习思考题	7
第二章 土方工程施工技术	8
第一节 土的基本性质与现场鉴别	8
第二节 土方开挖与回填	10
第三节 地基的处理	19
第四节 降水施工知识	24
复习思考题	29
第三章 砌体工程施工技术	30
第一节 施工脚手架	30
第二节 砌体工程施工	48
第三节 质量与安全措施	53
复习思考题	56
第四章 钢筋混凝土工程施工技术	57
第一节 模板工程施工技术	57
第二节 钢筋工程施工技术	64
第三节 混凝土工程施工技术	73
第四节 质量与安全措施	88
复习思考题	95
第五章 结构安装工程施工技术	96
第一节 混凝土结构安装技术	96
第二节 单层钢结构安装技术	109
第三节 质量与安全措施	114
复习思考题	115
第六章 装饰工程施工技术	117
第一节 抹灰工程施工	117
第二节 饰面工程施工	122
第三节 楼地面工程施工	124
第四节 涂料工程施工	126
第五节 质量与安全措施	128
复习思考题	129
第七章 防水工程施工技术	130

第一节 屋面防水工程施工技术	130
第二节 地下防水工程施工技术	137
第三节 质量与安全措施	144
复习思考题	148
第八章 特殊季节施工技术	149
第一节 冬期施工技术	149
第二节 雨期施工技术	158
第三节 冬期与雨期施工的质量安全措施	160
复习思考题	161
第九章 建筑施工组织	162
第一节 流水施工	162
第二节 网络计划技术	171
第三节 施工组织设计编制	175
复习思考题	177
第十章 常用建筑施工机械与施工用电知识	179
第一节 常用建筑施工机械	179
第二节 施工临时用电知识	197
复习思考题	199
第十一章 建筑施工项目管理知识	200
第一节 建筑施工项目成本管理	200
第二节 建筑施工项目进度管理	205
第三节 建筑施工项目质量管理	208
复习思考题	217
第十二章 施工招投标与合同管理知识	218
第一节 施工招投标	218
第二节 施工合同管理知识	223
复习思考题	227
第十三章 建筑工程造价知识	228
第一节 建筑工程造价概述	228
第二节 建筑工程定额	229
第三节 建筑工程人工、材料、机械台班单价	232
第四节 建筑工程计价	234
第五节 工程量清单	237
第六节 综合单价的确定	238
第七节 竣工结算	239
复习思考题	240
附录 施工员主要岗位职责	241

第一章 建筑施工测量知识

第一节 建筑施工测量前的准备工作

一、检定与检校仪器、钢尺

仪器与器具的检定必须送授权计量检测单位进行。

(一) 经纬仪

对光学经纬仪和电子经纬仪应按《光学经纬仪检定规定》(JJG 414—2003)与《全站型电子速测仪检定规程》(JJG 100—2003)的要求按期送检,此外每季度应进行以下项目的检校:

- (1) 水准管轴垂直于竖轴,误差小于 $1/4$ 水准管分划值;
- (2) 视准轴垂直于横轴,对 J6、J2 仪器误差的 2 倍应在 $\pm 20''$ 、 $\pm 16''$ 之内;
- (3) 横轴垂直于竖轴, J6、J2 仪器的误差应在 $\pm 20''$ 、 $\pm 15''$ 之内;
- (4) 光学对中器。

(二) 水准仪

应按《水准仪检定规程》(JJG 425—2003)的要求按期送检,此外每季度应进行以下项目的检校:

- (1) 水准盒轴平行于竖轴;
- (2) 视准线不水平的检校, S3 仪器误差应在 $\pm 12''$ 之内。

(三) 测距仪与全站仪

应按《光电测距仪检定规程》(JJG 703—2003)与《全站型电子速测仪检定规程》(JJG 100—2003)的要求定期送检。

(四) 钢尺

应按《钢卷尺检定规程》(JJG 4—1999)的要求按期送检。

二、了解设计意图、学习与校核设计图纸

(一) 总平面图校核

- (1) 建设用地红线桩点(界址点)坐标与角度、距离是否对应;
- (2) 建(构)筑物定位依据及定位条件是否明确、合理;
- (3) 建(构)筑物群的几何关系是否交圈、合理;
- (4) 各幢建筑物首层室内地面设计高程、室外设计高程及有关坡度是否对应、合理。

(二) 建筑施工图校核

- (1) 建筑物各轴线的间距、夹角及几何关系是否交圈;
- (2) 建筑物的平、立、剖面及节点大样图的相关尺寸是否对应;

(3) 各层相对高程与总平面图中有关部分是否对应。

(三) 结构施工图校核

(1) 以轴线图为准，校对基础、非标准层及标准层之间的轴线关系是否一致；

(2) 核对轴线尺寸、层高、结构尺寸是否合理；

(3) 对照建筑图，核对两者相关部位的轴线、尺寸、高程是否对应。

(四) 设备施工图校核

(1) 对照建筑、结构施工图，核对有关设备的轴线、尺寸及高程是否对应；

(2) 核对设备基础、预留孔洞、预埋件位置、尺寸、高程是否与土建图一致。

三、校核红线桩（定位桩）与水准点

(1) 核算总平面图上红线桩的坐标与其边长、夹角是否对应；

(2) 校测红线桩边长及左夹角；

(3) 校测水准点。

四、制定测量放线方案

根据设计与施工方案，并遵照《施工测量规程》与《质量管理和质量保证标准》（GB/T 19000—2000、ISO 9000—2000 系列标准）制定切实可行的施工测量方案。

测量放线方案的主要内容有：

(1) 工程概况

场地位置、面积与地形情况，工程总体布局、建筑面积、层数与高度，结构类型与室内外装饰，施工工期与施工方案要点，工程特点以及对施工测量的基本要求。

(2) 施工测量基本要求

场地、建筑物与建筑红线的关系，定位条件，工程设计及施工对测量精度与进度的要求及所依据的各种规范。

(3) 场地准备测量

根据设计总平面图与施工现场总平面布置图，确定拆迁次序与范围，测定需要保留的原有地下管线、地下建（构）筑物与名贵树木的树冠范围，场地平整与暂设工程定位放线工作。

(4) 测量起始依据校测

对起始依据点（包括测量控制点、建筑红线桩点、水准点）或原有地上、地下建（构）筑物，均应进行校测。

(5) 场区控制网测设

根据场区情况、设计与施工的要求，按照便于施工、控制全面、能长期保留的原则，测设场区平面控制网与高程控制网。

(6) 建筑物定位于基础施工测量

建筑物定位与主要轴线控制桩、护坡桩、基础桩的定位与监测，基础开挖与 ± 0.000 以下各层施工测量。

(7) ± 0.000 以上施工测量

首层、非标准层与标准层的结构测量放线、竖向控制与高程传递。

(8) 特殊工程施工测量

高层钢结构、高耸建(构)筑物与体育场馆、演出厅等的施工测量。

(9) 室内外装饰与安装测量

如玻璃幕墙、各种管线、电梯等的测量。

(10) 竣工测量与变形观测

竣工现状总图的绘制与各单位工程竣工测量,根据设计与施工要求的变形观测的内容、方法及要求。

(11) 验线工作

明确各单位工程测量放线后,应由哪一级验线以及验线的内容。

(12) 施工测量的组织管理

测量进度计划、使用仪器型号与数量、附属工具、记录表格等用量计划、测量人员与组织等。

施工测量方案经审批后,填写施工组织设计(方案)报审表,报建设监理单位审查、审批。

第二节 建筑工程施工测量

一、建筑物定位放线和基础放线

(一) 建筑物定位放线基本步骤

- (1) 校核定位依据桩是否有误或移动;
- (2) 根据定位依据桩测设建筑物四大角外的控制桩;
- (3) 在控制网各边上测设各大角轴线以及各细部轴线的控制桩;
- (4) 测设出各大角及各轴线的交叉点;
- (5) 按基础施工图及测量方案测设基础开挖线;
- (6) 经自检互检合格后,按规定填写“工程定位测量记录”,报请有关部门和单位验线。沿红线兴建的建筑物定位后,还要经当地城市规划部门验线合格后方可破土开工。

(二) 建筑物基础放线的基本步骤、验线的要点

(1) 基础放线的基本步骤

- 1) 校核轴线控制桩位置是否正确;
- 2) 在控制桩上用经纬仪向垫层上投测主轴线;
- 3) 在垫层上闭合校测合格后,测设各细部轴线;
- 4) 根据基础施工图,弹出基础施工所需的边界线、墙宽线、柱位线、集水坑线等;
- 5) 经自检互检合格后,按规定填写“基槽验线记录”,提请有关单位验线。

(2) 建筑物基础验线要点

- 1) 验基槽外的轴线控制桩位置是否正确;
- 2) 验主轴线投测位置的偏差是否符合要求;
- 3) 验各细部轴线的位置;
- 4) 验垫层表面及电梯井、集水坑的高程。

二、结构施工和安装测量

(一) 砌体结构的施工放线

在条形基础施工完后，即可进行维护结构的施工放线。

(1) 校核轴线控制桩

检查有无碰动，确保其位置准确。

(2) 找平层上弹轴线

用经纬仪将建筑物四廓主轴线投测到防潮找平层上，弹出墨线，并进行闭合校测。

(3) 弹竖向轴线

当确认主轴线间距与角度均符合规范要求时，将其引测至基础墙立面上，作为轴线竖向投测的依据。

(4) 测设细部轴线

为使各轴线间距精度均匀，应将钢尺拉平并准确标出各细部轴线点位。

(5) 根据细部轴线弹出墙边线及门窗洞口位置线

纵横墙线应相互交接，门窗洞口线应留出延长出墙外的线头。

(6) 测设皮数杆

在皮数杆上划出每层砖及灰缝位置，还要划出门窗、过梁、各种预留孔洞等的位置。

(7) 抄测“50”线

墙体砌筑一步架后，用水准仪测设“50”或1m水平线。

二层以上放线时先将主轴线及标高线投测到施工层，然后重复以上步骤。

(二) 现浇钢筋混凝土框架结构施工放线

(1) 依据控制桩测设首层柱线

将轴线和柱边线弹于基础表面。能通视时直接测设，不能通视时采用平行借线法。柱边线应延长出线头便于模板安装和质量检查。

(2) 测设柱顶标高线

柱钢筋安装完毕后，将柱顶标高测在两根对角主筋上，可用白油漆做出明显标记。

(3) 测设1m水平线

柱模拆除后在柱身上测设1m水平线。矩形柱四角各测一点，圆形柱在圆周上测设三点，用墨线连接。

(4) 测设各轴线于柱身

将各轴线投测到柱身上，弹出墨线，作为梁板结构支模以及维护结构墙体施工的依据。

二层以上结构施工放线仍以控制桩为依据向上投测。

(三) 单层厂房结构施工放线

(1) 杯口弹线

根据校测后的厂房平面控制网，经纵横轴线投测到基础上口平面上。当设计轴线不在柱正中时，应加弹柱中心线。

(2) 杯底抄平

根据标高控制网或 ± 0.000 水准点，在杯口内壁四周测设一条水平线，作为检查杯底

标高的依据。

(3) 检查构件几何尺寸

用钢尺校测柱底到牛腿面的长度。应以牛腿埋件四角到柱底的最大尺寸为准，确定杯底找平层厚度。

(4) 构件弹线

1) 柱子弹线：

①柱身弹线。先在柱身三面弹出中心线。由于上柱截面变小中心线不能成为通线而影响观测，工字形截面柱中心线不在同一平面上观测时易产生视差，因此应在带有上柱的一边弹一道与中心线平行的安装线，作为垂直校测的标志。

②牛腿面弹线。牛腿表面应弹出两道相互垂直的十字线，横线与牛腿上下柱小面中心线一致。纵线与纵向轴线平行，其位置需根据吊车梁轨距与柱轴线的关系计算，然后由中线（或安装线）量取，作为屋架安装的依据。

③柱顶弹线。上柱柱顶也应弹出两道相互垂直的十字线，横线与柱小面中线一致；纵线与纵向轴线平行，其位置需根据屋架跨度轴线至柱轴线距离计算，然后由中线（或安装线）量取，作为屋架安装的依据。

2) 吊车梁弹线：在吊车梁端部弹出其安装中心线，在其顶面弹出吊车轨道安装线。

3) 屋架弹线：在屋架端部弹出其安装中心线，在其上弦表面弹出屋面板、天窗架等的安装中心线。

(5) 柱子安装校测

用两台经纬仪安置在相互垂直的两个方向上，同时进行校测。为保证校测精度，应注意以下几点：

1) 对仪器进行严格校验，尤其是对横轴垂直于竖轴的校验。

2) 正对变截面柱，经纬仪应严格安置在轴线或中线上，且尽量后视杯口平面上的轴线或中线标记。

3) 尽可能将经纬仪安置在较远处。

4) 对柱长大于 10m 的细长柱子，校测时应考虑温差影响。

5) 柱子就位固定后应进行复测。

三、建筑物高程传递和轴线竖向投测方法

(一) 建筑物高程传递

(1) 传递位置

选择高程竖向传递的位置，应满足上下贯通铅直量尺的条件。主要为结构外墙、边柱、楼梯间等处。一般高层结构至少由 3 处向上传递。

(2) 传递步骤

1) 用水准仪在各传递点准确测出统一的起始高程线；

2) 从起始高程线用钢尺沿铅直方向向上量取各层高程线，划出整数水平线；

3) 水准仪在施工层校测传递上来的各水平线，误差应在 $\pm 3\text{mm}$ 之内。

(二) 建筑物轴线竖向投测方法

(1) 外控法

外控法是指在建筑物外用经纬仪进行竖向投测的方法。外控法是常用的控制竖向偏差的方法。根据不同的场地条件可以有 3 种方法。

1) 延长轴线法：当场地四周宽敞时，可将主轴线延长至大于建筑总高度的位置或附近的多层建筑顶上，在延长线上架设经纬仪，向上投测轴线。

2) 侧向借线法：当场地狭小无法延长时，可将主轴线向建筑物外侧平移（借线）。移出的尺寸视外脚手架情况而定。一般在满足通视条件下应尽可能小。将经纬仪架设在借线点上向上投测，并指挥施工层上的测量人员垂直仪器视线横向移动尺杆，以视线为准向内测出借线尺寸，则可在楼层上定出轴线位置。

3) 正倒镜挑直法：当场地内无法架设经纬仪进行投测时，可将经纬仪安置在施工层上，用正倒镜挑直线的方法直接在施工层上投测出轴线位置。

(2) 内控法

内控法是指在建筑物内用铅直线原理将轴线铅直投测到施工层的方法。根据使用仪器工具的不同可以有 4 种方法。

1) 吊线锤法：用特制线坠以首层地面上的轴线标志为依据逐层向上悬吊引测轴线。不同引测高度下悬挂线坠应有要求的重量，以保证线坠悬吊稳定。

2) 激光铅直仪法：将激光铅直仪架设在竖向投测控制点上，向上发射激光束，在施工层的相应处设置接收靶，用以传递轴线和控制竖向偏差。

3) 经纬仪天顶法：在经纬仪上加装 90°弯管目镜后，将望远镜物镜指向天顶方向，通过弯管目镜观测，若仪器水平旋转一周视线均为同一点，说明视线方向铅直，用以向上传递轴线和控制竖向偏差。

4) 经纬仪天底法：与天顶法相反，将特制的经纬仪（竖轴为空心，望远镜可铅直向下照准）直接架设在施工层上，通过预留洞口铅直照准首层地面上的轴线控制点，向施工层投测轴线。

四、建筑工程施工中的沉降观测

(一) 沉降观测的主要作用

- (1) 监测施工对邻近建（构）筑物安全的影响；
- (2) 监测施工期间基坑护坡以及施工塔吊的安全情况；
- (3) 监测工程设计、施工是否符合预期要求，为地基基础及结构设计是否安全、合理、经济等反馈信息；
- (4) 监测高低跨之间的沉降差异，以决定后浇带浇筑的时间。

(二) 沉降观测的基本内容

- (1) 施工对邻近建（构）筑物影响的观测；
- (2) 基坑护坡的安全监测；
- (3) 施工塔吊基座的沉降观测；
- (4) 建（构）筑物自身的沉降观测。

(三) 沉降观测操作要求

沉降观测的操作要求是二稳定、三固定。

二稳定是指沉降观测所依据的基准点和被观测物体上的沉降观测点其位置要稳定。

三固定是指仪器固定、人员固定、观测的线路固定。

(四) 沉降观测点布置的原则

- (1) 布置在变形明显而又有代表性的部位；
- (2) 稳固可靠、便于保存、不影响施工及建筑物的使用和美观；
- (3) 避开暖气管、落水管、窗台、配电盘及临时构筑物；
- (4) 承重墙可沿墙的长度每隔 8 ~ 12m 设置一个观测点，在转角处、纵横墙连接处、沉降缝两侧均应设置观测点；
- (5) 框架结构应在柱基上设置沉降观测点；
- (6) 观测点的埋设应符合《施工测量规程》附录 W “沉降观测点的埋设”的要求；
- (7) 高耸构筑物的沉降观测点应布置在基础轴线的对称部位，每个构筑物应不少于 4 个观测点。

五、建筑工程竣工测量

(一) 竣工测量资料的内容

- (1) 测量控制点的点位和数据资料；
- (2) 地上、地下建筑物的位置、尺寸、高程、层数、建筑面积以及开、竣工日期；
- (3) 室外地上、地下各种管线与构筑物的位置、高潮、管径、管件材质等；
- (4) 室外环境工程的位置、尺寸及高程等。

(二) 竣工测量的工作要点

- (1) 有次序、一项不漏地积累各项技术资料；
- (2) 隐蔽工程一定要在下道工序前及时测出竣工位置；
- (3) 做好各种技术资料的保管工作；
- (4) 竣工资料编绘完毕后应由编绘人员和工程负责人签名。

复 习 思 考 题

1. 建筑施工测量前有哪些准备工作？
2. 建筑定位放线有哪些基本步骤？
3. 建筑物轴线竖向传递有哪些方法？
4. 建筑工程沉降观测有哪些内容？
5. 建筑工程竣工测量有哪些内容？

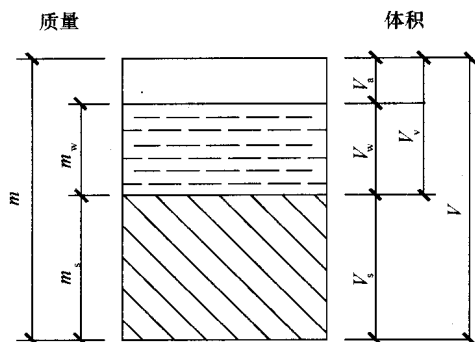
第二章 土方工程施工技术

第一节 土的基本性质与现场鉴别

一、土的基本性质

(一) 土的组成

土一般由土颗粒（固相）、水（液相）和空气（气相）三部分组成，如图 2-1 所示。这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化，表现出土的不同物理状态，如干燥与潮湿、密实与松散等。



图中符号：

m —土的总质量 ($m = m_s + m_w$) (kg)

m_s —土中固体颗粒的质量 (kg)

m_w —土中水的质量 (kg)

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

V_a —土中空气体积 (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 —土中孔隙体符号 $V_v = V_a + V_w$ (m^3)

图 2-1 土的三相示意图

土的干湿程度，用下式表示：

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (2-3)$$

式中 m_w ——土中水的质量 (kg)；

m_s ——土中固体颗粒的质量 (kg)。

(3) 土的孔隙比和孔隙率

(二) 土的物理性质

(1) 土的天然密度和干密度

土在天然状态下单位体积的质量，叫土的天然密度（简称密度）。一般黏土的密度约为 $1800 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$ ，砂土的密度约为 $1600 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$ 。土的密度按下式计算：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值，用下式表示：

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (2-2)$$

式中 ρ, ρ_d ——分别为土的天然密度和干密度；

m ——土的总质量 (kg)；

m_s ——土中固体颗粒的质量 (kg)；

V ——土的体积 (m^3)。

(2) 土的天然含水量

在天然状态下，土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率叫土的天然含水量，反映了

孔隙比和孔隙率是土中孔隙的比率，它反映了土的密实程度。孔隙比和孔隙率越小土越密实。

孔隙比

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

(2-4)

孔隙率

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

(2-5)

式中 V ——土的总体积 (m^3), $V = V_s + V_v$;
 V_s ——土的固体体积 (m^3);
 V_v ——土的孔隙体积 (m^3)。

(4) 土的可松性

天然土经开挖后，其体积因松散而增加，虽经振动夯实，仍然不能完全复原，这种现象称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示：

土的最初可松性系数

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}$$

(2-6)

土的最后一可松性系数

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1}$$

(2-7)

式中 K_s 、 K'_s ——土的最初、最后一可松性系数；
 V_1 ——土在天然状态下的体积 (m^3)；
 V_2 ——土挖后松散状态下的体积 (m^3)；
 V_3 ——土经压（夯）实后的体积 (m^3)。

(5) 土的透水性

土的透水性是指水流通过土中孔隙的难易程度，用渗透系数 K （单位时间内水穿透土层的能力，单位 m/d ）表示。土的透水性影响施工降水与排水的速度，根据土的渗透系数不同，可分为透水性土（如砂土）和不透水性土（如黏土）。一般土的渗透系数见表 2-1。

表 2-1 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、亚黏土	< 0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20 ~ 25
亚砂土	0.1 ~ 0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35 ~ 50
含黏土的粉砂	0.5 ~ 1.0	纯 粗 砂	50 ~ 75
纯 粉 砂	1.5 ~ 5.0	粗砂夹卵石	50 ~ 100
含黏土的细砂	10 ~ 15	卵 石	100 ~ 200

二、土的现场鉴别

在建筑施工中，根据土的坚硬程度及开挖的难易程度，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 8 类。土的这种 8 类分类法及其现场鉴别方法见表 2-2。前四类属一般土，后四类属岩石。土的类别对土方工程施工方法的选择、劳动量和机械台班的消耗及工程费用都有较大的影响。