第一章
土方工程

学习目标

知识目标

了解土的工程特点、分类及其工程物理性质；基坑（槽）土方量计算，维护坑（槽）稳定的做法；拉锚和土层锚杆的构造及施工工艺，制订土方开挖的方法；了解降低地下水位的方法；了解集水坑降、井点降水；了解轻型井点设计及计算方法，理解轻型井点计算实例。

技能目标

能计算土方工程量；能根据工程具体情况选择合理的排水与降水方法，并能进行排水、降水量的计算；能选择合理的机械土方开挖和平整场地；能利用土方工程质量验收标准进行现场土方开挖，质量和安全验收。

素质目标

通过对土方工程量、排水降水的计算，培养学生求真务实、一丝不苟的工作作风；通过对现场土方开挖及填筑压实设备的选型及组织，锻炼学生运用理论知识解决实际问题的能力，培养学生团队协作精神。

学习方法

结合工程实际进行学习，场地平整、土方开挖、填筑压实等以工地现场参观学习为例进行，也可以通过专业教师模拟工程实际环境，学生以 3～4 人为一组进行综合实训。

第一节　土方工程概述

一、土方工程主要施工内容及特点

土方工程是建筑施工的一个主要分部工程，也是建筑工程施工的第一道工序。它包括土的开挖、运输和回填压实等主要施工过程，以及排水、降水和土壁支护等准备和辅助过程。

常见的土方工程有平整场地、挖基坑、挖基槽、挖土方和土方回填。

1. 平整场地

平整场地是指厚度在 300 mm 以内的挖填、找平工作。

2. 挖基坑

挖基坑指挖土底面积在 20 m^2 以内，且底长为底宽 3 倍者。

3. 挖基槽

挖基槽指挖土宽度在 3 m 以内，挖土长度等于或大于宽度 3 倍以上者。

4. 挖土方

挖土方指挖土宽度在 3 m 以上，挖土底面积在 20 m^2 以外，平整场地厚度在 300 mm 以外者。

5. 土方回填

常见的有基础回填、室内回填和管道沟槽回填。

土方工程的施工特点：

土方工程施工具有工程量大，施工工期长，施工条件复杂，劳动强度大的特点。建筑工地的场地平整，土方工程量可达数百万立方米以上，施工面积达数平方千米，大型基坑的开挖，有的深达 30 多米。土方施工条件复杂，又多为露天作业，受气候、水文、地质等影响较大，难以确定的因素较多。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，制订合理的土方调配方案，实行科学管理，以保证工程质量，并取得好的经济效果。

二、土的工程分类

土的种类繁多，其工程性质直接影响土方工程施工方法的选择、劳动量的消耗和工程费用。

土的分类方法很多，如按照土的沉积年代、按照颗粒级配、按照密实度分类等。在土方工程施工中，按土的开挖难易程度分为八类，一至四类为土，五至八类为岩石。土的分类与现场鉴别方法见表 1.1。

表 1.1　土的分类与现场鉴别方法

土的分类	土的名称	可松性系数		现场鉴别方法
		K'_s	K_s	
一类土（松软土）	砂，亚砂土，冲积砂土层，种植土，泥炭（淤泥）	1.08～1.17	1.01～1.03	能用锹、锄头挖掘
二类土（普通土）	亚黏土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，种植土，填筑土及亚砂土	1.14～1.28	1.02～1.05	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土（坚土）	软及中等密实黏土，重亚黏土，粗砾石，干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚黏土，压实的填筑土	1.24～1.30	1.04～1.07	要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土（砂砾坚土）	重黏土及含碎石、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、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤

五类土（软石）	硬石炭纪黏土，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，部分使用爆破方法
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，风化痕迹的安山岩、玄武岩	1.30～1.45	1.10～1.20	用爆破方法开挖
八类土（特坚硬石）	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

施工现场部分工具依次为：铁锹、锄头、镐、风镐（图 1.1）。

图 1.1　施工工具

三、土的组成

土由土颗粒、水和空气组成，我们一般把它们叫作土的固相、液相和气相。这三部分之间的比例关系是不断变化的。三者之间的比例不同，所反映的物理状态也不同，如干燥、湿润，密实、稍密或松散。这些物理指标对评价土的工程性质，进行土的工程分类具有重要意义。

土的三相物质是混合分布的，为研究阐述方便，一般用土的三相图表示，把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来，一般也利用土的三相图来掌握土的组成（见图 1.2）。

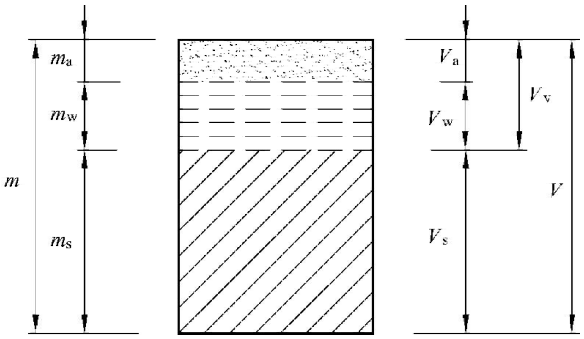

图 1.2　土的三相图

图 1.2 中各符号的含义：

m：土的总质量（kg），$m = m_a + m_w + m_s$

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（m^3），$V = V_a + V_w + V_s$

V_a：土中空气体积（m^3）

V_w：土中水所占的体积（m^3）

V_s：土中固体颗粒体积（m^3）

V_v：土中孔隙体积（m^3），$V_v = V_a + V_w$

四、土的物理性质

1. 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，反映了土的干湿程度，用ω表示，即：

$$\omega = m_w / m_s \times 100\% \tag{1.1}$$

土的含水量测定方法为：

把土样称量后放入烘箱内进行烘干，温度为 100～105 °C，直至重量不再减少为止，进行称量。第 1 次称量为含水状态土的质量 G_1，第 2 次称量为烘干后土的质量 G_2，利用公式可计算出土的含水量。

土的含水量表示土的干湿程度：土的含水量在 5%以内，称为干土；土的含水量为 5%～30%，称为潮湿土；土的含水量大于 30%，称为湿土。

2. 土的天然密度和干密度

土的天然密度：在天然状态下，单位体积土的质量。它与土的密实程度和含水量有关。土的天然密度用ρ来表示，按下式计算：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值，用下式表示：

$$\rho_d = m_s / V \tag{1.2}$$

式中　ρ，ρ_d——土的天然密度和干密度。

图 1.3　环　刀

土的密度一般用环刀法测定，即用一个体积已知的环刀切入土样中，上下端用刀削平，称出质量，减去环刀的质量，与环刀的体积相比，就得到土的天然密度。不同的土，密度不同，密度越大，土越密实，强度越高，压缩变形越小。

在一定程度上，土的干密度反映了土的颗粒排列紧密程度。土的干密度越大，表示土越密实。

3. 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。孔隙比和孔隙率越小，土越密实。孔隙比 e 是土的孔隙体积与固体体积的比值，用下式表示：

$$e = V_v / V_s$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积与总体积的比值，用百分率表示，即：

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

4. 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，以 m/d 表示。根据土的渗透系数的不同，可分为透水性土（如砂土）和不透水性土（如黏土）。它影响施工降水与排水的速度，一般土的渗透系数见表 1.2。

表 1.2　土的渗透系数

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	1.005～5.00		

5. 土的可松性

土具有可松性，即自然状态下的土经开挖后，其体积因松散而增大，以后虽经回填压实，仍不能恢复其原来的体积。土的可松性程度用可松性系数表示，分为最初可松性系数 K_s 和最终可松性系数 K_s'，见表 1.3。

表 1.3　土的可松性系数

土的类别	K_s	K'_s	土的类别	K_s	K'_s
一类土	1.08～1.17	1.01～1.04	五类土	1.30～1.45	1.10～1.20
二类土	1.14～1.28	1.02～1.05	六类土	1.30～1.45	1.10～3.20
三类土	1.24～1.30	1.04～1.07	七类土	1.30～1.45	1.10～1.20
四类土	1.26～1.37	1.06～1.09	八类土	1.45～1.50	1.20～1.30

（1）最初可松性系数　$K_s = V_2/V_1$　（1.3a）

（2）最终可松性系数　$K'_s = V_3/V_1$　（1.3b）

式中　V_1——土在天然状态下的体积（m^3）；

V_2——土挖出后在松散状态下的体积（m^3）；

V_3——土经回填压（夯）实后的体积（m^3）。

特别提示：

土的最初可松性系数 K_s 是计算车辆装运土方体积及挖土机械的主要参数。

土的最终可松性系数 K'_s 是计算填方所需挖土工程量的主要参数。