

模块一 地基与基础及土地组成与性质



知识目标

1. 了解地基与基础的基本概念；
2. 了解地基面临的问题及处理的方法；
3. 了解土的组成与结构；
4. 熟悉土的物理状态指标描述；
5. 熟悉地基土的分类方法。



能力目标

1. 通过了解地基与基础的基本概念，明确地基与基础的关系；
2. 掌握地基与基础在建筑工程中的重要性及设计原理；
3. 能够确定工程中的地基土的状态和名称；
4. 能够充分掌握地基土的分类与状态；
5. 熟悉土体物理性质指标的三相换算。

学习单元一 地基与基础概述

一、地基的概述

地基是指建筑物下面支承基础的土体或岩体。作为建筑地基的土层分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土。地基有天然地基和人工地基两类。



小提示

天然地基是不需要人工加固的天然土层。人工地基需要人工加固处理，常见有石屑垫层、砂垫层、混合灰土回填再夯实等。

建筑物的地基一般面临的问题如下：

(一)强度及稳定性问题

当地基的抗剪强度不足以支承上部结构的自重及外荷载时，地基就会产生局部或整体剪切破坏。它会影响建(构)筑物的正常使用。地基的稳定性或地基承载力大小，主要与地基土体的抗剪强度有关，也与基础形式、大小和埋深有关。承载力较低的地基容易产生地

基承载力不足问题而导致工程事故。

(二) 变形问题

地基变形主要与荷载大小和地基土体的变形特性有关,也与基础形式、基础尺寸大小有关。高压缩性土的地基容易产生变形问题。当地基在上部结构的自重及外界荷载的作用下产生过大的变形时,会影响建(构)筑物的正常使用;当超过建筑物所能容许的不均匀沉降时,结构可能开裂。

(三) 建筑物地基变形的特征

- (1) 沉降量是指基础中心点的沉降值。
- (2) 沉降差是指同一建筑物中相邻两个基础沉降量的差。
- (3) 倾斜是指基础倾斜方向两端点的沉降差与其距离的比值。
- (4) 局部倾斜是指砌体承重结构沿纵墙 6~10 m 内基础两点的沉降差与其距离的比值。



小提示

一些特殊土地基在大气环境改变时,由于自身物理力学特性的变化而往往会在上部结构荷载不变的情况下产生一些附加变形。这些变形都不利于建(构)筑物的安全。

(四) 渗漏问题

渗漏是由于地基中地下水运动产生的问题。地基渗漏问题主要与地基中水力比降大小和土体的渗透性有关。渗漏问题分为以下两种情况:

- (1) 水量流失。水量流失是由于地基土的抗渗性能不足而造成水量损失,从而影响工程的储水或防水性能,或者造成施工不便。
- (2) 渗透变形。渗透变形是指渗透水流将土体的细颗粒冲走、带走或局部土体产生移动,导致土体变形。渗透变形又分为流土和管涌。在堤坝工程和地下结构施工过程中,经常会发生由于渗透变形造成的工程事故。

(五) 液化问题

在动力荷载(地震、机器及车辆、爆破和波浪)作用下,会引起饱和松散砂土(包括部分粉土)产生液化,它是使土体失去抗剪强度近似液体特性的一种动力现象,并会造成地基失稳和震陷。当建筑物的天然地基存在上述问题之一或其中几个时,需要对天然地基进行地基处理。天然地基通过地基处理,形成人工地基,从而满足建筑物对地基的各种要求。

静力触探和标准贯入试验均可对液化进行判别,最常用的是用标准贯入击数来判定。

(六) 不均匀沉降问题

当地基在上部结构的自重及外荷载作用下产生过大的变形时,会影响结构物的正常使用,特别是超过建筑所能容许的不均匀沉降时,结构可能开裂破坏。

基础不均匀沉降的主要原因如下:

- (1) 地质勘察精度不够,试验资料不准;
- (2) 地基地质差异太大;
- (3) 结构荷载差异太大;
- (4) 结构基础类型差别大;

- (5)分期建造的基础;
- (6)地基冻胀;
- (7)桥梁基础置于滑坡体、溶洞或活动断层等不良地质时,可能造成不均匀沉降;
- (8)桥梁建成后,原有地基条件变化。

(七)地基处理的措施

当建筑物的天然地基存在上述问题之一或其中几个时,需要对天然地基进行地基处理,天然地基通过地基处理,形成人工地基,从而满足建筑物对地基的各种要求。

地基处理的目的是采取各种地基处理方法以改善地基条件,这些措施包括以下五方面的内容:

- (1)改善强度特性;
- (2)改善压缩特性;
- (3)改善透水特性;
- (4)改善动力特性;
- (5)改善特殊土的不良地基特性。

(八)地基处理的方法

地基处理方法就是按照上部结构对地基的要求,对地基进行必要的加固或改良,提高地基土的承载力,保证地基稳定,减少房屋的沉降或不均匀沉降,消除湿陷性黄土的湿陷性及提高抗液化能力的方法。

孔内深层强夯法、换填垫层法、强夯法、强夯置换法、砂石桩法、振冲法、水泥土搅拌法、高压喷射注浆法、预压法、夯实水泥土桩法、水泥粉煤灰碎石桩法、石灰桩法、灰土和土挤密桩法、柱锤冲扩桩法、单液硅化法和碱液法等属于常用方法。

1. 孔内深层强夯法

孔内深层强夯法(DDC)地基处理专利新技术(专利号 ZL92114452.0),是先在地基内成孔,将强夯重锤放入孔内,边加料边强夯或分层填料后强夯。孔内深层强夯法(DDC)技术在第 52 届尤里卡世界发明博览会上获得了最高奖——尤里卡金奖,这也是中国地基处理技术到目前为止在国际上获得的唯一金奖。

孔内深层强夯法(DDC)技术适用范围广,可适用于大厚度杂填土、湿陷性黄土、软弱土、液化土、风化岩、膨胀土、红黏土及具有地下人防工事、古墓、岩溶土洞、硬夹层软硬不均等各种复杂疑难的地基处理。该技术可根据不同的地质情况和设计要求,就地取材,如建筑渣土、工业无毒废料、素土、砂、毛石、砂卵石、粉煤灰、土夹石、灰土和混凝土等材料均可做成各种 DDC 桩。孔内深层强夯法(DDC)技术大幅度降低工程造价,施工质量容易控制、地面振动小、施工噪声低、施工速度快;成桩直径 0.6~3.0 m,单桩处理面积 1.0~14.0 m²,不受季节限制,同时能消纳大量建筑垃圾,可在城区或危房改造居民区施工等。

2. 换填垫层法

换填垫层法适用于浅层软弱地基及不均匀地基的处理。其主要作用是提高地基承载力,减少沉降量,加速软弱土层的排水固结,防止冻胀和消除膨胀土的胀缩。

3. 强夯法

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土、杂填土和

素填土等地基。

4. 强夯置换法

强夯置换法适用于高饱和度的粉土、软-流塑的黏性土等地基上对变形控制不严的工程,在设计前必须通过现场试验确定其适用性和处理效果。强夯法和强夯置换法主要用来提高土的强度,减少压缩性,改善土体抵抗振动液化能力和消除土的湿陷性。对饱和黏性土宜结合堆载预压法和垂直排水法使用。

5. 砂石桩法

砂石桩法适用于挤密松散砂土、粉土、黏性土、素填土、杂填土等地基,提高地基的承载力和降低压缩性,也可用于处理可液化地基。对饱和黏土地基上变形控制不严的工程也可采用砂石桩置换处理,使砂石桩与软黏土构成复合地基,加速软土的排水固结,提高地基承载力。

6. 振冲法

振冲法分加填料和不加填料两种。加填料的通常称为振冲碎石桩法。振冲法适用于处理砂土、粉土、粉质黏土、素填土和杂填土等地基。对于处理不排水抗剪强度不小于 20 kPa 的黏性土和饱和黄土地基,应在施工前通过现场试验确定其适用性。不加填料振冲加密适用于处理黏粒含量不大于 10% 的中、粗砂地基。振冲碎石桩主要用来提高地基承载力,减少地基沉降量,还可用来提高土坡的抗滑稳定性或提高土体的抗剪强度。

7. 水泥土搅拌法

水泥土搅拌法分为浆液深层搅拌法(简称湿法)和粉体喷搅法(简称干法)。水泥土搅拌法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、黏性土、粉土、饱和黄土、素填土及无流动地下水的饱和松散砂土等地基。不宜用于处理泥炭土、塑性指数大于 25 的黏土、地下水具有腐蚀性 & 有机质含量较高的地基。若需采用时必须通过试验确定其适用性。当地基的天然含水量小于 30% (黄土含水量小于 25%)、大于 70% 或地下水的 pH 小于 4 时不宜采用本法。连续搭接的水泥搅拌桩可作为基坑的止水帷幕,受其搅拌能力的限制,该法在地基承载力大于 140 kPa 的黏性土和粉土地基中的应用有一定难度。

8. 高压喷射注浆法

高压喷射注浆法适用于处理淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、人工填土和碎石土地基。当地基中含有较多的大粒径块石、大量植物根茎或较高的有机质时,应根据现场试验结果确定其适用性。对地下水流速度过大、喷射浆液无法在注浆套管周围凝固等情况不宜采用。高压旋喷桩的处理深度较大,除地基加固外,也可作为深基坑或大坝的止水帷幕,目前最大处理深度已超过 30 m。

9. 预压法

预压法适用于处理淤泥、淤泥质土、冲填土等饱和黏性土地基,按预压方法分为堆载预压法及真空预压法。堆载预压分塑料排水带或砂井地基堆载预压和天然地基堆载预压。当软土层厚度小于 4 m 时,可采用天然地基堆载预压法处理,当软土层厚度超过 4 m 时,应采用塑料排水带、砂井等竖向排水预压法处理。对真空预压工程,必须在地基内设置排水竖井。预压法主要用来解决地基的沉降及稳定问题。

10. 夯实水泥土桩法

夯实水泥土桩法适用于处理地下水位以上的粉土、素填土、杂填土、黏性土等地基。

该法施工周期短、造价低、施工文明、造价容易控制,在北京、河北等地的旧城区危改小区工程中得到不少成功的应用。

11. 水泥粉煤灰碎石桩法

水泥粉煤灰碎石桩(CFG桩)法适用于处理黏性土、粉土、砂土和已自重固结的素填土等地基。对淤泥质土应根据地区经验或现场试验确定其适用性。基础和桩顶之间需设置一定厚度的褥垫层,保证桩、土共同承担荷载形成复合地基。该法适用于条基、独立基础、箱基、筏基,可用来提高地基承载力和减少变形。对可液化地基,可采用碎石桩和水泥粉煤灰碎石桩多桩型复合地基,达到消除地基土的液化和提高承载力的目的。

12. 石灰桩法

石灰桩法适用于处理饱和黏性土、淤泥、淤泥质土、杂填土和素填土等地基。用于地下水位以上的土层时,可采取减少生石灰用量和增加掺和料含水量的办法提高桩身强度。该法不适用于地下水下的砂类土。

13. 灰土和土挤密桩法

灰土和土挤密桩法适用于处理地下水位以上的湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基,可处理的深度为5~15 m。当用来消除地基土的湿陷性时,宜采用土挤密桩法;当用来提高地基土的承载力或增强其水稳定性时,宜采用灰土挤密桩法;当地基土的含水量大于24%、饱和度大于65%时,不宜采用这种方法。灰土挤密桩法和土挤密桩法在消除土的湿陷性和减少渗透性方面效果基本相同,土挤密桩法地基的承载力和水稳定性不及灰土挤密桩法。

14. 柱锤冲扩桩法

柱锤冲扩桩法适用于处理杂填土、粉土、黏性土、素填土和黄土等地基,对地下水位以下的饱和松软土层,应通过现场试验确定其适用性。地基处理深度不宜超过6 m。

15. 单液硅化法和碱液法

单液硅化法和碱液法适用于处理地下水位以上渗透系数为0.1~2 m/d的湿陷性黄土等地基。在自重湿陷性黄土场地,对Ⅱ级湿陷性地基,应通过试验确定碱液法的适用性。

(九)软弱地基

1. 排水固结法

排水固结法又称预压法,其包括堆载预压法、超载预压法、真空预压法、真空与堆载联合作用法、降低地下水位法和电渗法等多种方法;通过在预压荷载作用下使软黏土地基土体中孔隙水排出,土体发生固结,土中孔隙体积减小,土体强度提高,达到减少地基施工后沉降和提高地基承载力的目的。

2. 振密挤密法

振密挤密法有表层原位压实法、强夯法、振冲密实法、挤密密实法、爆破挤密法和土桩、灰土桩等多种方法;采用一定措施,通过振动和挤密使深层土密实,使地基土孔隙比减小,强度提高。

3. 置换及拌入法

置换及拌入法有换填垫层法、振冲置换法、高压喷射浆法、深层搅拌法、褥垫法等多种方法。它采用砂、碎石等材料置换软弱土地基中部分软弱土体或在部分软弱土地基中掺入水泥、石灰或砂浆等形成加固体,与未被加固部分的土体一起形成复合地基,从而达到

提高地基承载力减少沉降量的目的。

4. 加筋法

加筋法有加筋土法、锚固法、树根桩法、低强度混凝土桩复合地基法、钢筋混凝土桩复合地基法等多种方法。通过在土层埋设强度较大的土工聚合物、拉筋、受力杆件等达到提高地基承载力，减小沉降，维持建筑物稳定的目的。

(十)地基的类型

1. 天然地基

如果天然土层具有足够的承载力，不需要经过人工改良和加固，就可直接承受建筑物的全部荷载并满足变形要求，就可称这种地基为天然地基。岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土等，一般均可作为天然地基。

2. 人工地基

当土层的承载能力较低或虽然土层较好，但因上部荷载较大，土层不能满足承受建筑物荷载的要求时，必须对土层进行地基处理，以提高其承载能力，改善其变形性质或渗透性质，这种经过人工方法进行处理的地基称为人工地基。

(十一)地基处理的程序

地基处理程序建议按图 1-1 所示的程序进行。

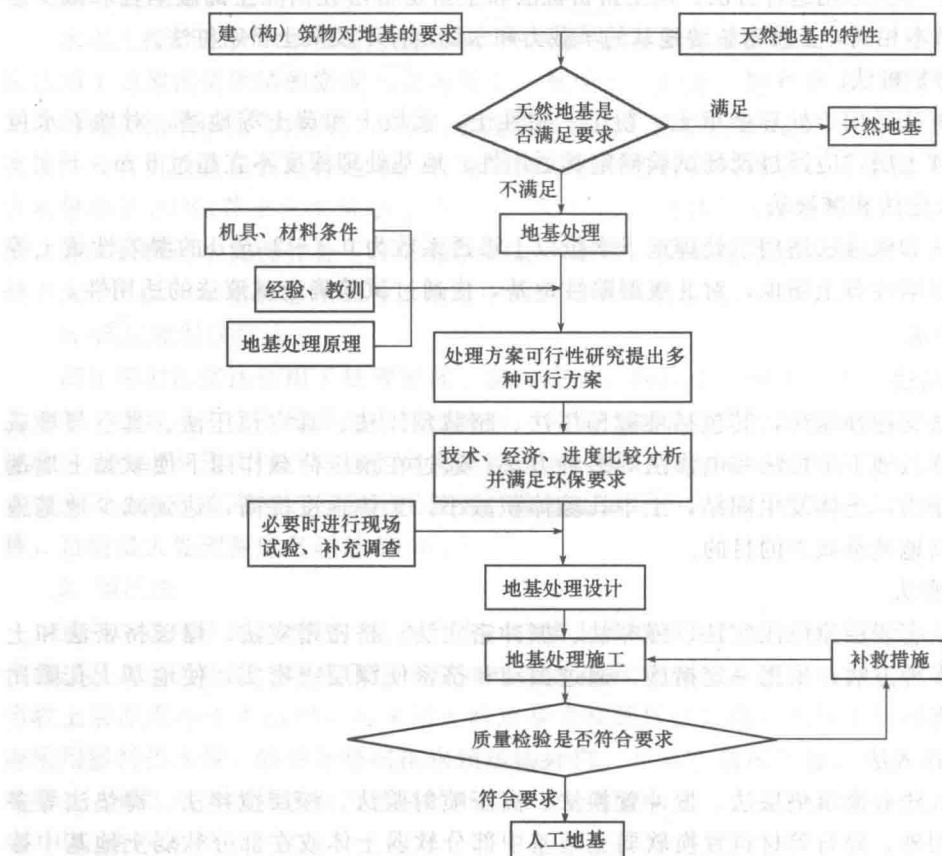


图 1-1 地基处理程序

首先,根据建筑物对地基的各种要求和天然地基条件确定地基是否需要处理。当天然地基能够满足建筑物对地基的要求时,应尽量采用天然地基。若天然地基不能满足建筑物对地基的要求,则需要确定进行地基处理的天然地基的范围及地基处理的要求。

二、基础的概述

(一)基础的概念

建筑物埋入土层一定深度的向地基传递荷载的下部承重结构称为基础。根据不同的分类方法,基础可以有多种形式,但不论是何种基础形式,其结构本身均应具有足够的承载力和刚度,在地基反力作用下不发生破坏,并应具有改善沉降与不均匀沉降的能力。

(二)基础的类型

基础类型很多,按基础埋置深度的不同可分为深基础和浅基础,埋深小于 5 m 的称为浅基础,埋深大于 5 m 的称为深基础;按基础材料及受力特点,分为刚性基础及非刚性基础;按构造形式,分为条形基础、独立基础、筏形基础、箱形基础、桩基础等,如图 1-2 所示。

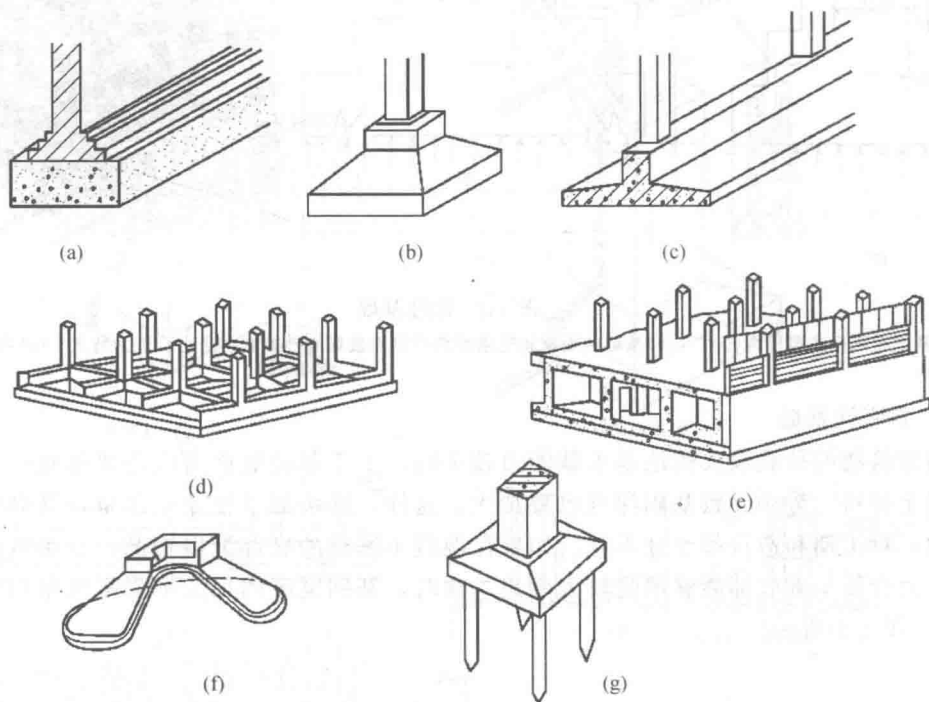


图 1-2 基础类型

(a)条形基础 (b)独立基础 (c)柱下联合条形基础 (d)筏形基础 (e)箱形基础 (f)壳体基础 (g)桩基础

(三)按材料及受力特点分类

1. 刚性基础

由刚性材料制作的基础称为刚性基础。在常用的建筑材料中,砖、石、素混凝土等抗压强度高,而抗拉、抗剪强度低,均属刚性材料。据试验得知,上部结构(墙或柱)在基础

中传递压力沿一定角度分布, 这个传力角度称为压力分布角, 或称为刚性角, 用 α 表示。由于刚性材料抗压能力强、抗拉能力差, 因此, 压力分布角只能在材料的抗压范围内控制。刚性基础底面宽度的增大要受刚性角的限制, 如图 1-3 所示。

小提示

在刚性材料构成的基础中, 墙或柱传来的压力是沿一定角度分布的。在压力分布角度内, 基础底面受压而不受拉, 这个角度称为刚性角。刚性基础底面宽度不可超出刚性角控制范围, 多用于地基承载力高的, 建造低层和多层房屋的基础。

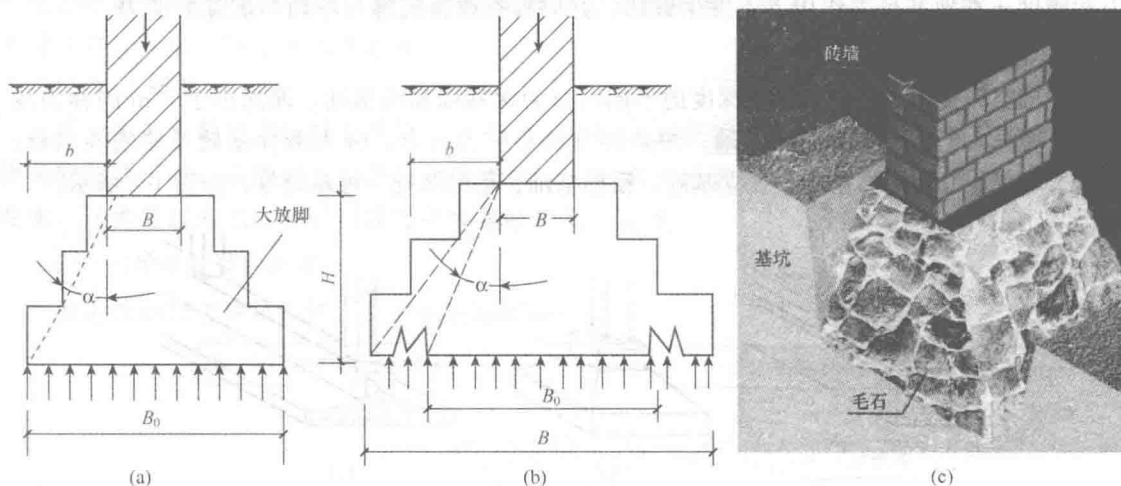


图 1-3 刚性基础

(a) 基础在刚性角范围内传力 (b) 基础的面宽超过刚性角范围而破坏刚性基础的受力、传力特点 (c) 毛石基础

2. 非刚性基础

当建筑物的荷载较大而地基承载力较小时, 由于基础底面宽度需要加宽, 若仍采用素混凝土材料, 势必导致基础深度也要加大。这样, 既增加了挖土工作量, 又会使材料用量增加, 对工期和造价都十分不利。如果在混凝土基础的底部配以钢筋, 利用钢筋来承受拉力, 就会使基础底部能够承受较大弯矩。这时, 基础宽度的加大不受刚性角的限制, 如图 1-4、图 1-5 所示。

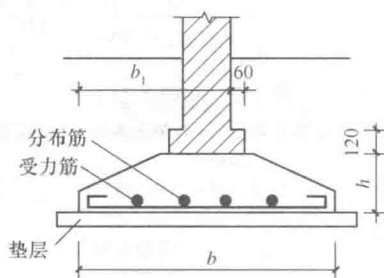


图 1-4 墙下钢筋混凝土条形基础构造

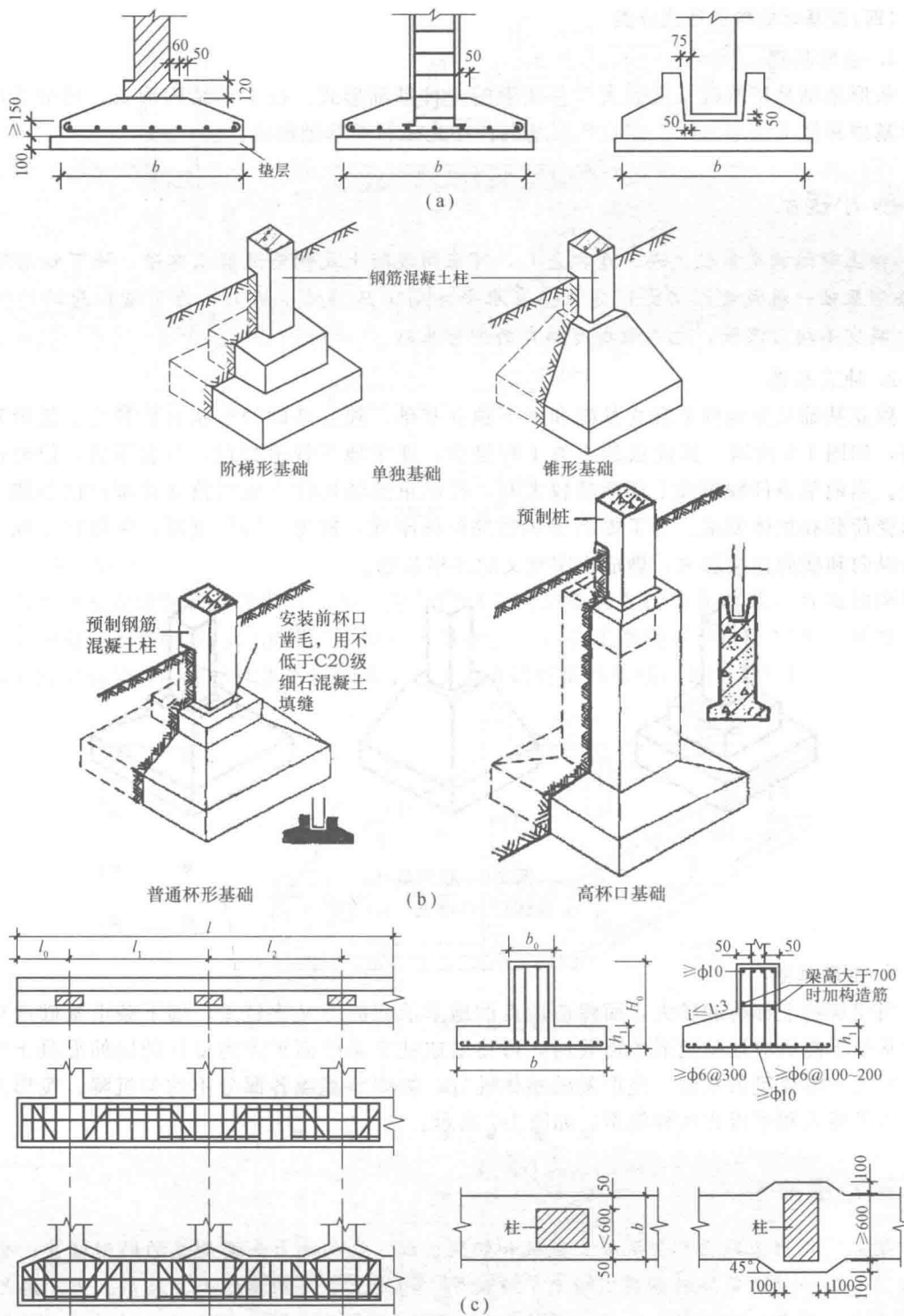


图 1-5 钢筋混凝土独立基础

(a)、(b)柱下钢筋混凝土独立基础 (c)柱下钢筋混凝土条形基础

(四)按基础的构造形式分类

1. 条形基础

条形基础是指基础长度远大于其宽度的一种基础形式。按上部结构形式,可分为墙下条形基础和柱下条形基础,而且条形基础往往是砖石墙基础形式。



小提示

当上部结构荷载较大而土质较差时,可采用混凝土或钢筋混凝土建造,墙下钢筋混凝土条形基础一般做成无肋式;如地基在水平方向上压缩性不均匀,为了增加基础的整体性,减少不均匀沉降,也可做成有肋式的条形基础。

2. 独立基础

独立基础又分为柱下独立基础和墙下独立基础。独立基础的形状有阶梯形、锥形和杯形等,如图 1-6 所示。其优点是土方工程量少,便于地下管道穿过,节省用料,但整体刚度差。当地基条件较差或上部荷载较大时,在承重的结构柱下使用独立柱基础已不能满足其承受荷载和整体要求。为了提高建筑物的整体刚度,避免不均匀沉降,常将柱下独立基础沿纵向和横向连接起来,做成十字交叉的井格基础。

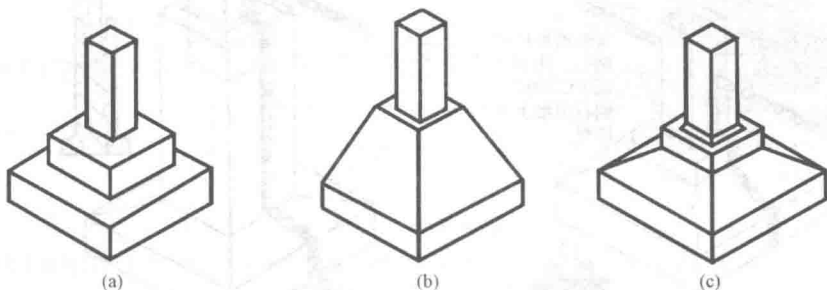


图 1-6 独立基础

(a)阶梯形 (b)锥形 (c)杯形

3. 筏形基础

当建筑物上部荷载较大,而建造地点的地基承载能力又比较差,墙下条形基础或柱下条形基础不能适应地基变形的需要时,可将墙或柱下基础面扩大为整片的钢筋混凝土板状基础形式,形成筏形基础。筏形基础整体性好,能调节基础各部分不均匀沉降。筏形基础又分为梁板式和平板式两种类型,如图 1-7 所示。



小提示

梁板式筏形基础由钢筋混凝土筏板和肋梁组成,在构造上如同倒置的肋形楼盖;平板式筏形基础一般由等厚的钢筋混凝土平板构成,构造上如同倒置的无梁楼盖。为了满足抗冲击要求,常在柱下做柱托。柱托可设在板上,也可设在板下。当设有地下室时,柱托应设在板底。

筏形基础的整体性好,能调节基础各部分的不均匀沉降,常用于建筑荷载较大的高层建筑。

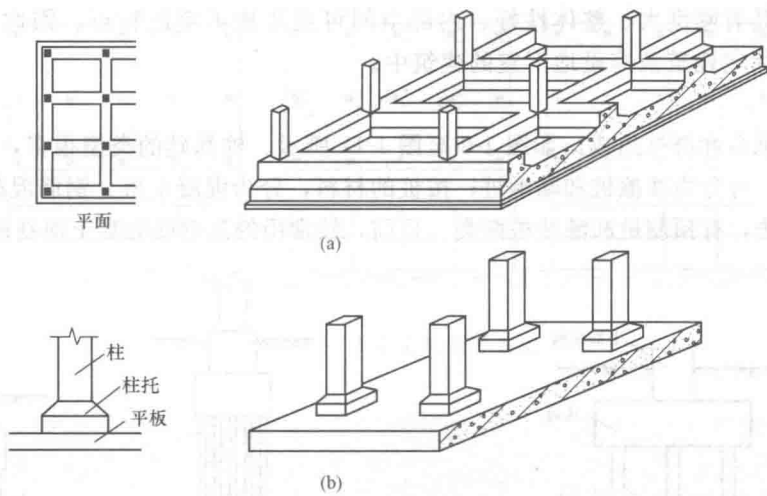


图 1-7 筏形基础
(a)梁板式 (b)平板式

4. 箱形基础

当筏形基础埋置深度较大时，为了避免回填土增加基础上的承受荷载，有效地调整基底压力和避免地基的不均匀沉降，可将筏形基础扩大，形成钢筋混凝土的底板、顶板和若干纵横墙组成的空心箱体作为房屋的基础，这种基础叫箱形基础，如图 1-8 所示。

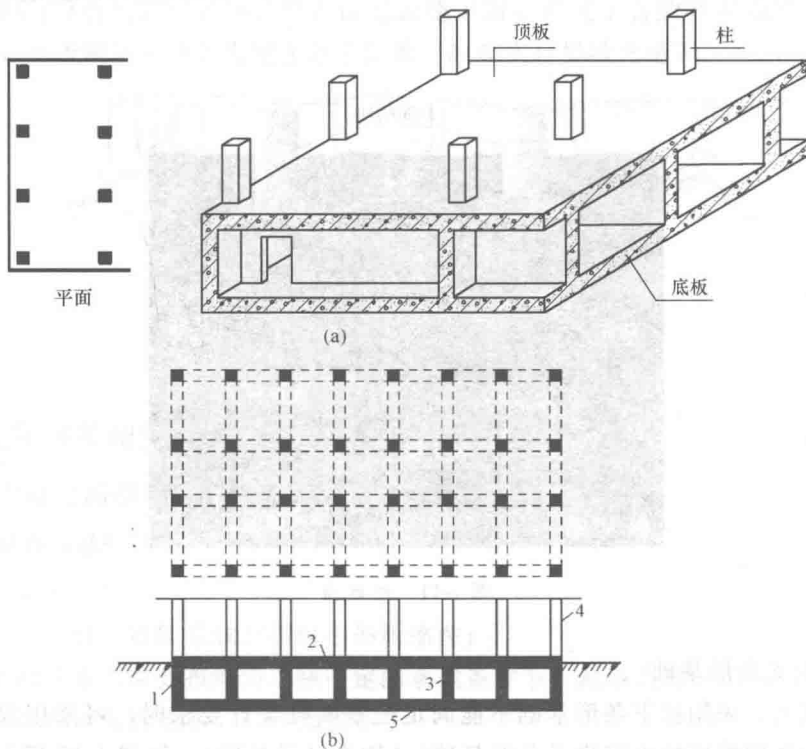


图 1-8 箱形基础
1—侧壁 2—顶板 3—内壁 4—柱 5—底板

箱形基础具有刚度大、整体性好、内部空间可用作地下室的特点。因此，其适用于高层公共建筑、住宅建筑及需设地下室的建筑中。

5. 桩基础

桩基础由承台和群桩组成，如图 1-9 至图 1-11 所示。桩基础的类型很多，按桩的形状和竖向受力情况，可分为摩擦桩和端承桩；按桩的材料，分为混凝土桩、钢筋混凝土桩和钢桩；按桩的制作方法，有预制桩和灌注桩两类。目前，较常用的是钢筋混凝土预制桩和灌注桩。

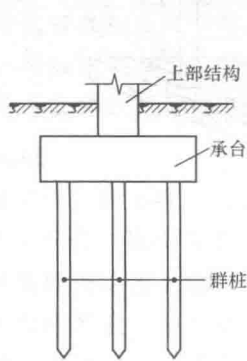


图 1-9 桩基础的组成图

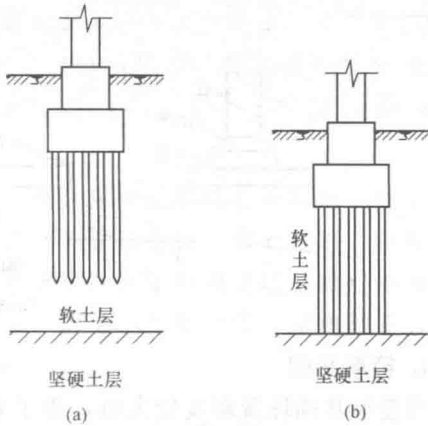


图 1-10 桩基础示意图
(a)摩擦桩 (b)端承桩

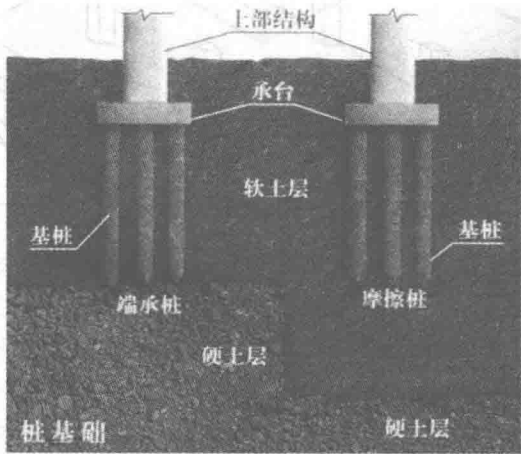


图 1-11 桩基础

6. 十字交叉条形基础

当荷载很大，采用柱下条形基础不能满足地基基础设计要求时，可采用双向的柱下钢筋混凝土条形基础形成的十字交叉条形基础(又称交叉梁基础)，如图 1-12 所示。这种基础纵横向均具有一定的刚度。

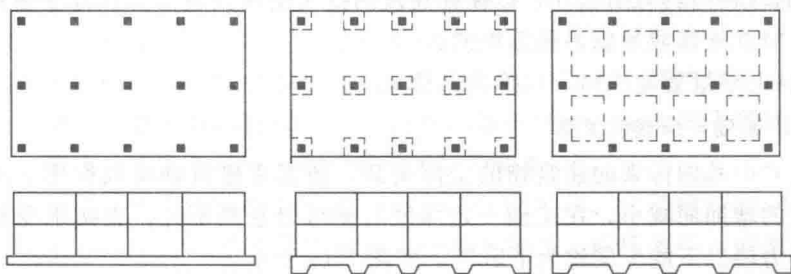


图 1-12 十字交叉条形基础

小提示

当地基软弱且在两个方向的荷载和土质不均匀时，十字交叉条形基础对不均匀沉降具有良好的调整能力。

7. 壳体基础

如图 1-13 所示，正圆锥形及其组合形式的壳体基础，用于一般工业与民用建筑柱基和筒形的构筑物(如烟囱、水塔、料仓、中小型高炉等)基础。这种基础使大部分径向内力转变为压应力。可比一般梁、板式的钢筋混凝土基础减少混凝土用量 50% 左右，节约钢筋 30% 以上，具有良好的经济效果。但壳体基础施工时，修筑土台的技术难度大，易受气候因素的影响，布置钢筋及浇捣混凝土施工困难，较难实行机械化施工。

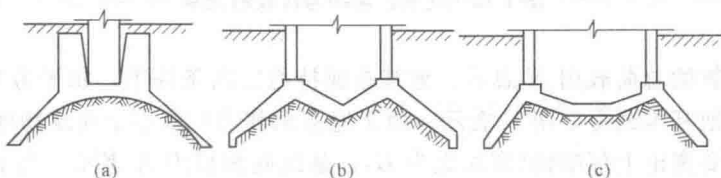


图 1-13 壳体基础的结构形式

(a) 正圆锥壳 (b) M 形组合壳 (c) 内球外锥组合壳

三、地基与基础的关系

地基与基础之间相互影响、相互制约。

(一) 对地基与基础的要求

1. 对地基的要求

- (1) 地基应具有一定的承载力和较小的压缩性；
- (2) 地基的承载力应分布均匀，在一定的承载条件下，地基应有一定的深度范围；
- (3) 要尽量采用天然地基，以降低成本。

2. 对基础的要求

- (1) 基础要有足够的强度，能够起到传递荷载的作用；

(2)基础的材料应具有耐久性,以保证建筑的持久使用。因为基础处于建筑物最下部并且埋在地下,对其维修或加固是很困难的;

(3)在选材上尽量就地取材,以降低造价。

(二)地基、基础与荷载的关系

地基承受着由基础传来的建筑物的全部荷载。地基在建筑物荷载作用下的应力和应变随着土层深度的增加而减小,在达到一定深度后就可以忽略不计。直接承受荷载的土层称为持力层,持力层以下的土层称为下卧层,如图 1-14 所示。

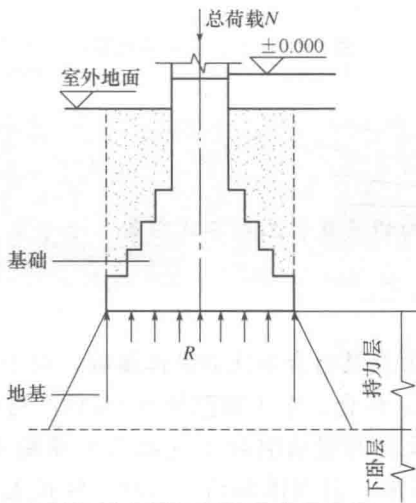


图 1-14 地基、基础与荷载的关系

例如,建筑物的总荷载用 N 表示。地基在保持稳定的条件下,每平方米所能承受的最大垂直压力称为地基承载力,用 R 表示。由于地基承载力一般小于建筑物地上部分的强度,所以基础底面需要宽出上部结构(底面宽为 B),基础底面积用 A 表示。当 $R \geq N/A$ 时,说明建筑物传给基础底面的平均压力不超过地基承载力,地基能够保证建筑物的稳定和安全。



小提示

地基对保证建筑物的坚固耐久性具有非常重要的作用。基础传给地基的荷载如果超过地基的承载能力,地基就会出现较大的沉降变形和失稳,甚至会出现土层的滑移,直接影响建筑物的安全和正常使用。在建筑设计中,当建筑物总荷载确定时,可通过增加基础底面积或提高地基的承载力来保证建筑物的稳定和安全。

四、地基与基础的重要性及设计原理

建筑物的地基、基础和上部结构三个部分,虽然各自的功能不同、研究方法相异,然而,对一个建筑物来说,在荷载作用下,这三个部分却是彼此联系、相互制约的整体。

地基与基础是建筑物的根本,又属于地下隐蔽工程。它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。实践表明,建筑物事故的发生,很多与地基和基础有关,而且,地

基与基础事故一旦发生,补救并非易事。另外,基础工程费用与建筑物总造价的比例,视其复杂程度和设计、施工的合理与否,可以变动在百分之几到百分之几十之间。因此,地基与基础在建筑工程中的重要性是显而易见的。在工程实践中,虽然地基与基础事故屡有发生,但是,只要严格遵循基本建设原则,按照勘察—设计—施工的先后顺序,并切实抓好这三个环节,那么,地基与基础事故一般是可以避免的。

地基与基础设计是整个建筑物设计的一个重要组成部分。它与建筑物的安全和正常使用有着密切的关系。设计时,要考虑场地的工程地质和水文地质条件,同时也要考虑建筑物的使用要求、上部结构特点及施工条件等各种因素,使基础工程做到安全可靠、经济合理、技术先进和便于施工。



小技巧

地基与基础在设计时应考虑的因素

一般认为,地基与基础在设计时应考虑的因素如下:

- (1)施工期限、施工方法及所需的施工设备等;
- (2)在地震区,应考虑地基与基础的抗震性能;
- (3)基础的形状和布置,及与相邻基础和地下构筑物、地下管道的关系;
- (4)建造基础所用的材料与基础的结构形式;
- (5)基础的埋置深度;
- (6)地基土的承载力;
- (7)上部结构的类型、使用要求及其对不均匀沉降的敏感度。

学习单元二 土的组成与分类

一、土的组成、结构和构造

土是连续、坚固的岩石长期受到风、霜、雨、雪的侵蚀和生物活动的破坏作用,逐渐破碎,崩解成为大小悬殊的颗粒,经过不同的搬运方式在各种自然环境下沉积下来并堆积在一起而组成的松散集合体,土中密布着孔隙,孔隙中存在水和空气。

(一)土的组成

天然状态下,土是由固体颗粒、水和气体组成的三相分散体系。其中,固体颗粒构成土的骨架,是三相体系中的主体;水和气体填充土骨架之间的空隙。土体三相组成中每一相的特性及三相比例关系都对土的性质有显著影响。

1. 土的固体颗粒

土的固体颗粒是由大小不等、形状不同的矿物颗粒或岩石碎屑按照各种不同的排列方式组合在一起,构成土的骨架,是土的主要组成成分。

(1)土的颗粒级配。土中固体颗粒(简称土粒)的大小和形状、矿物成分及其组成情况是决定土的物理力学性质的重要因素。当土粒的粒径由大到小逐渐变化时,土的性质也相应

发生变化。随着土粒粒径变小,无黏性且透水性强的土逐渐变为有黏性且低透水性可塑性土。所以应根据土中不同粒径的土粒,按某一粒径范围分成若干组,通常将土划分为六大粒组,即漂石或块石颗粒、卵石或碎石颗粒、圆砾或角砾颗粒、砂粒、粉粒及黏粒。各粒组的界限粒径分别是 200 mm、60 mm、2 mm、0.075 mm 和 0.005 mm,见表 1-1。

表 1-1

土粒粒组划分

粒组名称		粒径范围/mm	一般特征
漂石或块石颗粒		>200	透水性很大,无黏性,无毛细水
卵石或碎石颗粒		200~60	
圆砾或角砾颗粒	粗	60~20	透水性大,无黏性,毛细水上升高度不超过粒径大小
	中	20~5	
	细	5~2	
砂粒	粗	2~0.5	易透水,当混入云母等杂质时透水性减小,而压缩性增加,无黏性,通水不膨胀,干燥时松散,毛细水上升高度不大,随粒径变小而增大
	中	0.5~0.25	
	细	0.25~0.1	
	极细	0.1~0.075	
粉粒	粗	0.075~0.01	透水性小,湿时稍有黏性,遇水膨胀小;干时稍有收缩,毛细水上升高度较大、较快,极易出现冻胀现象
	细	0.01~0.005	
黏粒		<0.005	透水性很小,湿时有黏性、可塑性,遇水膨胀大,干时收缩显著,毛细水上升高度大,但速度较慢

为了说明天然土颗粒的组成情况,不仅要了解土颗粒的大小,还需要了解各种颗粒所占的比例。在实际工程中,常以土中各个粒组的相对含量(各粒组占土粒总质量的百分数)表示土中颗粒的组成情况,称为土的颗粒级配。土的颗粒级配直接影响土的性质,如土的密实度、透水性、强度、压缩性等。

为了直观起见,工程中常用颗粒级配曲线直接表示土的级配情况。曲线的横坐标用对数表示土的粒径(因为土粒粒径相差常在百倍、千倍以上,所以宜采用对数坐标表示),单位为 mm;纵坐标则表示小于或大于某粒径的土质量含量或称累计百分含量。从曲线中可直接求得各粒组的颗粒含量及粒径分布的均匀程度,进而估测土的工程性质,如图 1-15 所示。由曲线的形态可以大致判断土粒大小的均匀程度。若曲线较陡,则表示粒径范围较小,土粒较均匀,级配不良;若曲线平缓,则表示粒径大小相差悬殊,土粒不均匀,级配良好。

为了定量反映土的级配特征,工程中常用不均匀系数 C_u 来评价土的级配优劣,即

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$$

式中 d_{10} ——土的颗粒级配曲线上的某粒径,小于该粒径的土的质量占总土质量的 10%,称为有效粒径

d_{60} ——土的颗粒级配曲线上的某粒径,小于该粒径的土的质量占总土质量的 60%,

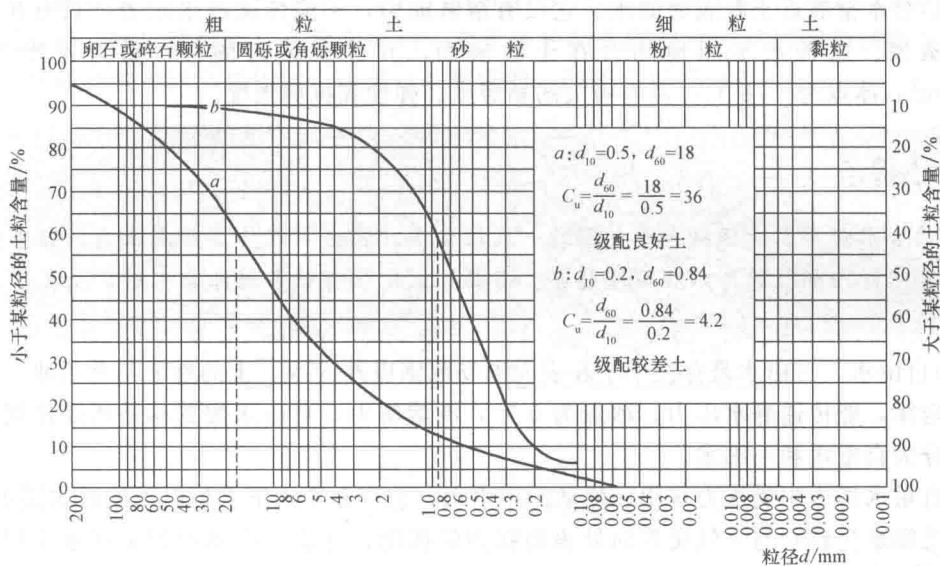


图 1-15 土的颗粒级配曲线

称为有效粒径

在工程建设中，常根据不均匀系数 C_u 值来选择填土的土料，若 C_u 值较大，表明土粒不均匀，则其较颗粒均匀的土更容易被夯实（级配均匀的土不容易被夯实）。通常把 $C_u < 5$ 的土看作级配均匀的土，把 $C_u > 10$ 的土看作级配良好的土。

(2)土粒的矿物成分。土粒的矿物成分主要决定于母岩的成分及其所经受的风化作用。不同的矿物成分对土的性质有着不同的影响，其中以细粒组的矿物成分尤为重要。漂石、卵石、圆砾等粗大土粒都是岩石的碎屑，它们的矿物成分与母岩相同。砂粒大部分是母岩中的单矿物颗粒，如石英、长石和云母等。其中，石英的抗化学风化能力强，在砂粒中尤为多见。

2. 土中的水

土中的水在自然界中存在的状态可以分为固态、气态和液态三种形态。

固态水又称为矿物质内部结晶水，是指在温度低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时土中水以冰的形式存在，形成冻土。其特点是冻结时强度高，而解冻时强度迅速降低。

气态水是指土中的水蒸气，对土的性质影响不大。

液态水包括存在于土中的结合水和自由水两大类。

(1)结合水。结合水是指在电场作用力范围内，受电分子吸引力作用吸附于土粒表面的土中水。它距离土颗粒越近，作用力越大；距离越远，作用力越小，直至不受电场力作用（见图 1-16）。结合水的特点是包围在土颗粒四周，不传递静水压力，不能任意流动。由于土颗粒的电场有一定的作用范围，因此，结合水有一定的厚度，其厚度与颗粒的黏土矿物成分有关。

结合水又可分为强结合水和弱结合水，强结合水相当于固定层中的水，而弱结合水则相当于扩散层中的水。