

## 关于特殊地基处理处理方法

### 1. 局部地基处理

#### 1.1 松土坑

(1) 松土坑在基槽中范围内的处理方法：将坑中松软土挖除，使坑底及四壁均见天然土为止，回填与天然土压缩性相近的材料。当天然土为砂土时，用砂或级配砂石回填；当天然土为较密实的粘性土，用 3:7 灰土分层回填夯实；天然土为中密可塑的粘性土或新近沉积的粘性土，可用 1:9 或 2:8 灰土分层回填夯实，每层厚度不大于 20cm。

(2) 松土坑在基槽中范围较大，且超过基槽边沿时的处理方法：因条件限制，槽壁挖不到天然土层时，则应将该范围内的基槽适当加宽，加宽部分的宽度可按下述条件确定：当用砂土或砂石回填时，基槽壁边均应按  $L_1:h_1=1:1$  坡度放宽；用 1:9 或 2:8 灰土回填时，基槽每边应按  $b:h=0.5:1$  坡度放宽；用 3:7 灰土回填时，如坑的长度  $\leq 2m$ ，基槽可不放宽，但灰土与槽壁接触处应夯实

(3) 松土坑范围较大，且长度超过 5m 时的处理方法：如坑底土质与一般槽底土质相同，可将此部分基础加深，做 1:2 踏步与两端相接，每步高不大于 50cm，长度不小于 100cm，如深度较大，用灰土分层回填夯实至坑（槽）底一平

(4) 松土坑较深，且大于槽宽或 1.5m 时的处理方法：按以上要求处理挖到老土，槽底处理完毕后还应适当考虑加强上部结构的强度，方法是在灰土基础上 1~2 皮砖处（或混凝土基础内）、防潮层下 1~2 皮砖处及首层顶板处，加配  $4\Phi 8\sim 12\text{mm}$  钢筋跨过该松土坑两端各 1m，以防产生过大的局部不均匀沉降

(5) 松土坑地下水位较高时的处理方法：当地下水位较高，坑内无法夯实时，可将坑（槽）中软弱的松土挖去后，再用砂土、砂石或混凝土代替灰土回填。如坑底在地下水位以下时，回填前先用 1:3 粗砂：碎石分层回填夯实；地下水位以上用 3:7 灰土回填夯实至要求高度

## 1.2 土井、砖井、废矿井

(1) 土井、砖井在室外，距基础边缘 5m 以内的处理方法：先用素土分层夯实，回填到室外地坪以下 1.5m 处，将井壁四周砖圈拆除或松软部分挖去，然后用素土分层回填并夯实。如在压缩层范围内，则应用 2:8 灰土分层夯实

(2) 土井、砖井在室内基础附近的处理方法：将水位降低到最低可能限度，用中、粗砂及块石、卵石或碎砖等回填到地下水位以上 50mm。砖井应将四周砖圈拆至坑（槽）底以下 1m 或更深些，然后再用素土分层回填并夯实，如井已回填，但不密实或有软土，可用大块石将下面软土挤紧，再分层回填素土夯实

(3) 土井、砖井在基础下或条形挤出 3B 或柱基 2B 范围内的处理方法：先用素土分层回填夯实，至基础底下 2m 处，将井壁四周松软部分挖去，有砖井圈时，将井圈拆至槽底以下 1~1.5m。当井内有水，应用中、粗砂及块石、卵石或碎砖回填至水位以上 50cm，然后再按上述方法处理；当井内已填有土，但不密实，且挖除困难时，可在部分拆除后的砖石井圈上加钢筋混凝土盖封口，上面用素土或 2:8 灰土分层回填、夯实至槽底

(4) 土井、砖井在房屋转角处，且基础部分或全部压在井上的处理方法：除用以上办法回填处理外，还应对基础加固处理。当基础压在井上部分较少，可采用从基础中挑钢筋混凝土梁的办法处理。当基础压在井上部分较多，用挑梁的方法较困难或不经济时，则可将基础沿墙长方向向外延长出去，使延长部分落在天然土上，落在天然土上基础总面积应等于或稍大于井圈范围内原有基础的面积，并在墙内配筋或用钢筋混凝土梁来加强

(5) 土井、砖井已淤填，但不密实的处理方法：可用大块石将下面软土挤密，再用上述办法回填处理。如井内不能夯填密实，而上部荷载又大，可在井内设灰土挤密坑或石灰桩处理；如土井在大体积及混凝土基础下，可在井圈上加钢筋混凝土盖板封口，上部再用素土或 2:8 灰土回填密实的办法处理，使基土内附加应力传布范围比较均匀，但要求盖板到

基底的高差 $h>d$

(6) 废矿井, 在基础下存在采矿废井, 基础部分或全部压在废矿井上的处理方法: 废矿井处理可用以下 3 种方法: ①瓶井法: 将井口挖成倒圆形的瓶塞状, 通过计算可得出 $a$ 或 $h$ , 将井口上部的载荷分布到井壁四周。瓶塞用毛石混凝土浇筑而成或用 3:7 灰土分层夯成, 应视井口的大小及计算而定, 较大的井口还应配筋; ②过梁法: 遇到建筑物轴线通过井口, 在上部做钢筋混凝土过梁跨过井口, 但应有适当的支撑长度 $a$ ; ③换填法: 井深在 3~5m 可直接来用换填的方法, 将井内的松土全部挖去, 用 3:7 灰土分层夯实至设计基底标高

### 1.3 地下人防通道、障碍物、管道

(1) 基础附近下部有人防通道或基础深于邻近建筑物基础的处理方法: ①当基础下有人防通道横跨时, 除人防通道的上部非夯实土层应分层夯实外, 还应对基础采取相应的跨越措施, 如钢筋混凝土梁、托底加固等。当人防通道与基础方向平行时,  $h/L \leq 1$  时, 一般可不作处理; 当  $h/L > 1$  时, 则应将基础落深至满足  $h/L \leq 1$  的要求 ②当所挖的基(坑)深于邻近建筑物基础时, 为了使邻近建筑物基础不受影响, 一般应满足下列条件:  $\Delta H/L \leq 0.5 \sim 1$

(2) 基础下局部遇障碍物或旧圪工的处理方法: ① 当基底下有旧墙基、老灰土、化粪池、树根、砖窑底、路基, 基

岩、孤石等，应尽可能挖除或拆掉，使至天然土层，然后分层回填与基底天然土压缩性相近的材料或 3:7 灰土，并分层夯实或加深基础。②如有硬物挖除困难，可在其上设置钢筋混凝土过梁；并与硬物间保持一定净空隙，或在硬物上部设置一层软性褥垫（砂或土砂混合物）以调整沉降

（3）基础上或基础下遇管道的处理方法：如在槽底以上或以下埋有上、下水管道时，可采用在管道上加做一道钢筋混凝土过梁；支撑过梁的墙、柱应与管道隔开一定距离，其过梁底与管道顶面至少留有 10cm 以上的空隙，以防房屋沉降，压坏水管

#### 1.4 古墓、坑穴

（1）基础下有古墓、地下坑穴的处理方法：①墓穴中充填物如已恢复原状结构的可不处理 ②墓穴中充填物如松土，应将松土杂物挖出，分层回填素土或 3:7 灰土夯实到土的密度达到规定要求 ③如古墓中有文物应及时报主管部门或当地政府处理（下同）

（2）基础下压缩土层范围内有古墓、地下坑穴的处理方法：①墓坑开挖时，应沿坑边四周每边加宽 50cm，加宽深入到自然地面下 50cm；重要建筑物应将开挖范围扩大，应沿四周每边加宽 50cm；开挖深度：当基坑深度小于基础压缩土层深度，仅挖到坑底；如基坑深度大于基础压缩土层深度，开挖深度应不小于基础压缩土层深度 ②墓坑和坑穴用 3:7 灰土回

填夯实；回填前应打 2~3 遍地行，回填土料宜选用粉质粘土分层回填，每层厚 20~30cm，每层夯实后用环刀逐点取样检查，土的密度应不小于  $1.55\text{t/m}^3$

(3) 基础外有古墓、地下坑穴的处理方法：①将墓室、墓道内全部充填物清除，对侧壁和底部清理面，要切入原土 150mm 左右，然后分别以纯素土或 3:7 灰土分层回填夯实 ②墓室、坑穴位于基坑平面轮廓外时，如  $L/h > 1.5$ ，则可不作专门处理

## 2 山区地基处理

### 2.1 软硬基础

(1) 基础下局部遇基岩、旧墙基、大孤石、老灰土或圯工构筑物的处理方法：尽可能挖去，以防建筑物由于局部落于坚硬地基上，造成不均匀沉降而使建筑物开裂；或将坚硬地基部分凿去 30~50cm 深，再回填土砂混合物或砂作软性褥垫，使软硬部分可起到调整地基变形作用，避免裂缝

(2) 基础一部分落于基岩或硬土层，一部分落于软弱土层上，其岩面坡度较大的处理方法：在软土层上采用现场钻孔灌注桩至基岩；或在软土部位作混凝土或砌块石支承墙（或支墩）至基岩；或将基础以下基岩凿去 30~50cm 深，填以中粗砂或土砂混合物作软性褥垫，使之能调整岩土交界部位地基的相对变形，避免应力集中出现裂缝；或采用加强基础和上部结构的刚度，来克服软硬地基的不均匀变形

(3) 基础落于厚度不一的软土层上，下部有倾斜较大的岩层的处理方法：如建（构）筑物处于稳定的单向倾斜的岩层上，基底离岩面不小于 300mm，且岩层表面坡度及上部结构类型符合表 1 要求时，此种地基的不均匀变形较小，可不作变形验算，也可不进行地基处理。为了防止建（构）筑物倾斜，可在软土层采用现场钻孔钢筋混凝土短桩直至基岩，或在基础底板下作砂石垫层处理，使应力扩散，减低地基变形；亦可调整基础的底宽和埋深，如将条形基础沿基岩倾斜方向分阶段加深，做成阶梯形基础，使其下部土层厚度基本一致，以使沉降土均匀。如建筑物下外基岩呈八字形倾斜，地基变形将为两侧大，中间小，建（构）筑物较易在两个倾斜面交界部位出现开裂，此时在倾斜交界处，建（构）筑物还宜设沉降缝分开

(4) 基础一部分落于原土层上，一部分落于回填土地基上

具有 15t 和 15t 以下吊车的一般单层排架结构  $\leq 15\% \leq 30\% \leq 50\%$

带墙的边柱和山墙 无墙的中柱  $\leq 30\% \leq 50\% \leq 70\%$

## 2.2 裂隙、软弱夹层、断裂地基

(1) 裂隙（受地壳构造运动及风化等作用所形成。在岩层内部或两种岩层交错处出现许多不同长度的垂直倾斜或水平的裂隙，将岩层分割成许多不规则形状的块体）的处理方法：宽度不大且填充密实的垂直、倾斜裂隙，可不进行处理；裂隙发育，裂隙宽度在 5cm 以上的，可在基础范围将上部 50cm 深裂隙中泥土碎石块清除，每边凿宽 20~30cm，用混凝土填充或配少量横向钢筋拉结；地基下部已被土砂、岩石碎块填充密实的、无地下水潜流的水平裂隙，亦可不处理；如有地下水潜流，且上下脱空的水平裂隙，应钻孔用水泥压力灌浆的方法进行加固，使之密实

(2) 软弱夹层（岩层裂隙长期受水侵蚀、风化作用，在裂隙、节理面存在软弱岩渣及泥土夹层）的处理方法：一般密实的软弱夹层可不处理，对倾斜度大的岩石边坡，如裂隙宽度较大，倾向相近，且夹有软弱破碎岩渣和软弱土夹层，可采取钻孔灌注钢筋混凝土桩加固处理，借桩的抗剪强度抵抗岩层沿软弱夹层面顺层滑动，夹杂物可不处理

(3) 断裂（由于地壳构造运动褶皱及地质等地球内部作用所造成，使岩层断裂成为不连续的两断块，使大断面岩层发生显著相对位移和错动）的处理方法：建筑物、构筑物应尽



可能避开建在大断裂层上，对较小的、局部的、已稳定的断裂层，可将断裂层中充填物清除，深度不少于基础宽的 1/3，清洗后用细石混凝土填灌密实，或进行水泥压浆处理

### 2.3 高差地基

(1) 基础落于高差较大的倾斜岩层上，部分基础落于基岩上，部分基础悬空的处理方法：在较低部分基岩上作低强度等级混凝土，或砌块石支承墙（或墩），中间用素土分层回填夯实，或将较高部分基岩凿去，使基础底板落于同一标高上，或在较低部分基础上用较低强度等级混凝土或毛石混凝土作填充造型

(2) 基础底板标高较高，下部为厚度不一的土层及倾斜较大的岩层的处理方法：采用扩大头桩或灌注桩至原土层或基岩，基础底板与原土层间分层填土夯实；或清除原土软弱部分后作卵石层，分层回填夯实至基础底部或采用深层基础

### 2.4 溶洞、溶沟、溶槽、土洞、石芽、石林地基

(1) 溶洞（由可溶性石灰岩、泥灰岩、白云岩、大理岩、硫酸盐类岩层或氯岩类岩层，长期受雨水、含碳酸的地下水潜蚀及机械作用，以及地表水通过裂隙进入内部流动等原因形成。常出现在斜坡断层附近，背斜层的顶部。溶洞大小不一，且沿水平方向延伸，有的已经干涸或泥砂填实，有的有经常性水流。由于有溶洞、伴随溶沟、溶槽的存在，在岩体自重或建筑物重量作用下，会发生地面变形，地基塌陷，影

响建筑场地或地基可能出现涌水淹没等突然事故) 的处理方法: ①对洞体稳定性进行评价(表 2)。建筑物场地最好选择在地势较高或地下水最高水位低于基岩表面的地段, 并避开岩溶强烈发育及基岩面上软粘土厚而集中的地段 ②对裸露地面、强度低的溶洞, 可挖除洞内的软弱填充物, 用块石、碎石、砾石、灰土或毛石混凝土分层填实 ③对埋藏较浅, 顶板破碎的溶洞, 应清除覆土, 爆开顶板, 挖除充填软土, 分层回填上细下粗碎石、土石混合物, 然后建造基础 ④当洞体强度较高, 洞顶岩体较好, 可采用料石或预制混凝土块砌拱, 外用素混凝土灌实, 或砌石柱、浇筑钢筋混凝土柱、桩墩, 或埋设沉井处理, 其附近小洞用浆砌块石找平等方法处理 ⑤对个别跨度不大, 洞壁坚固、完整, 强度较高的裂隙状深溶洞, 可在顶部作钢筋混凝土梁板跨越, 将结构置于梁板上; 或采取调整柱距的办法避开溶洞 ⑥埋深较深、较大、顶板较厚的溶洞, 可钻孔向洞内灌水泥砂浆或低强度等混凝土填塞; 如能进入洞内, 亦可用石砌石柱支承 ⑦洞顶无流动水、洞深 5m 左右, 且无连续贯通溶洞, 可在洞内埋压浆管, 填块石、碎石至洞顶, 再用压力灌浆方法压注 M5 水泥砂浆将石间缝隙填实 ⑧有流动水的、岩石较破碎的深溶洞, 挖除沉积物后用浆砌石柱作基础, 周围填块石, 灌浆填充, 柱顶用梁、板支承上部结构, 地下水用排水洞、渗水井、排水管等排除, 或改道

(2) 溶沟、溶槽（碳酸盐类岩石、硫酸盐类岩石表面或浅层，长期受地表雨水和含碳酸的地下水溶蚀作用，或非可溶岩石受大气的侵蚀，剥蚀作用，在岩面或浅层形成深浅、宽狭不一的锯齿状溶沟和溶槽）的处理方法：①当基岩表面为锯齿形、槽深小于 350cm 时，只需将风化的岩石凿去，将基础直接放在岩面上；若溶沟溶槽深度大于或等于 350cm 时，可在沟槽上部加双层钢筋网片加强 ②基底有面积不大的溶沟、溶槽通过时，应挖去其中填充物，回填碎石或毛石混凝土，但挖填深度不宜大于 3m ③如溶沟、溶槽位于单独基础的下部时，可将填充物挖去 2m 左右，填碎石浇筑填充混凝土 ④对基岩表面呈沟槽状、深度不大的，清除表面松散层后，可在上面加一层钢筋网片加强，随基础一块浇筑混凝土，如为倾斜面，倾斜度在  $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，应将溶沟、溶槽倾斜岩体打成 1:1~1:2（高：宽）的台阶 ⑤如溶沟、溶槽内有裂隙存在，可将其裂隙凿深 800mm 以上，当宽度不超过 100mm 时，可将淤泥掏出，插入钢筋上加双层钢筋网片，若基岩面一侧出现裂隙，且支承面小于基础底面的 80% 时，需扩大底面积，如溶沟、溶槽位于单独基础之边缘时，可将沟槽内填充物挖去 2m 深，填 50~60mm 粒径碎石 20~30cm 厚夯入下部粘性土中，再用 C10 毛石混凝土填灌至基础底平

(3) 土洞（是岩溶地区上覆的粘土层经地表水的冲蚀或地下水潜蚀作用，把粘土里的碳酸盐类溶解，将粘性的细颗粒

带走而形成。多出现在岩溶地区可溶性岩层上粘土层或碎石粘土混合层中土洞常埋藏浅，分布密，发育快，顶部土体强度低，这种洞穴，顶部的土体能塌陷成土坑和形成碟形洼地。它们对建筑物稳定性影响很大，不同程度威胁着建筑物的安全和正常使用）的处理方法：①、由地表水形成的土洞或塌陷地段，在采取地表截流防渗或堵漏措施后，再根据其埋深分别采用挖填、灌砂等办法处理。②、地下水形成塌陷及浅埋的土洞，应清除软泥，底填砂子或抛石块作反滤层，上部及面层用粘土国碎石夯实。对地下水采取截流改道的办法，阻止土洞和地表塌陷的发展。③、深埋土洞，可打洞用砂砾或细石混凝土填灌；对重要建筑物，可用桩或沉井穿过覆土层将上部建筑物荷载传至基岩，或采用梁、板跨越土洞，以支承上部建筑物，但应注意洞体的承载力和稳定性。④、采取结构处理，加强上部结构刚度；提高基底标高，减小基础对洞上部土层的附加压力。

（4）石牙（石笋）、石林（在埋藏石灰岩、硫酸盐类岩石地区，地表岩体受地表水的长期溶蚀作用而形成，中间多被粘土填充。地表露出顶端尖、下部粗的锥形岩体称“石芽”，又称“石笋”，石芽林立的称“石林”）的处理方法：①、基岩局部存在石芽，可将露出石尖凿至基底下 30~50cm，填以可压缩性炉渣、砂子或干土作褥垫；若岩石露出宽度超过基础宽度时，垫层宽度每边应超出基础 20cm ②、如局部

露头，可凿去部分石芽 ③、石芽较密，中间为坚实原土时，可不处理；如为软土，可挖去用碎石或土碎石混合物回填夯实 ④、基础落在土层上，仅局部下卧层有石芽，可不作处理；石芽密布均匀的，可在其上设梁板以支承上部结构；石芽间填充物松软，埋藏深度不大于 3m，亦可用跨盖的方法处理

洞体稳定性评价

表 2

| 因素        | 有利条件                           | 不利条件                            |
|-----------|--------------------------------|---------------------------------|
| 地质构造      | 无断裂褶曲，裂隙不发育或胶结填充好              | 有断层褶曲，裂隙发育张开，有二组以上裂隙切割，岩体呈干砌状   |
| 岩层产状      | 走向与洞轴正交或斜交，倾角平缓                | 走向与洞轴平行，倾角较陡                    |
| 岩性及厚度     | 层厚块状的石灰岩，强度高                   | 薄层泥灰岩、白云岩互层，强度低                 |
| 洞体形成及埋藏条件 | 埋藏深、覆盖厚、洞体小（与基础尺寸比较），呈竖井状、单体分布 | 埋藏浅，在基底附近，洞径大（与基础尺寸比较），呈扁平，洞体相连 |
| 顶板情况      | 顶板厚度与洞跨比值大，平板状或呈拱状，有钙质胶结       | 顶板厚度与洞跨比值小，有切割的悬挂岩块，未胶结         |
| 填充情况      | 有密实沉积物填满，且无被水冲蚀可能              | 未充填或充填不好                        |
| 地下水       | 无                              | 有水流或间歇性水流                       |

3. 异常地基

3.1 冲沟、落水洞、洞穴、窑洞

（1）冲沟（在黄土冲积阶地上或坡面上出现大量纵的或衡的较窄的沟谷及沟壁较陡的沟道，使地表凹凸不平 多由于暴雨冲刷剥蚀坡面形成，先在低凹处蚀成小穴，逐渐扩大

成浅沟，以后，进一步冲刷，就成为冲沟。在黄土地区常大量出现，有的深达 5~6m，表层土松散）的处理方法：对边坡上不深的冲沟，可用好土或三七灰土逐层回填夯实，或用浆砌块石填砌至坡面一平，并在坡顶作排水沟及反水坡，以阻截地表雨水冲刷坡面，对地面冲沟用土分层夯填，因其土质结构松散，承载力低，可采用加宽基础处理

（2）落水洞（在黄土地区地面或坡面出现落水暗道，有的表面成喇叭口下陷，造成边坡塌方或塌陷 落水洞多由于地表水的冲蚀形成，在黄土地区十分发育，常成为排泄地表径流的暗道，影响边坡或场地的稳定）的处理方法：将落水洞上部及塌陷地段挖开，清除松软土用好土分层回填夯实，面层用粘土夯填，并使之比周围地面略高，同时作好地表水的截流防渗漏，将地表径流引到附近排水沟中，不使下渗

（3）洞穴（陷穴、土洞）（在黄土层内存在许多大小不一的洞穴，有的互相串通，有的独立封闭，洞穴发达地区，洞内很少有充填物，壁面光滑 在黄土地层形成的过程中，由于水的潜蚀作用，在地层内常遗留下许多洞穴，有连续串通的，也有独立封闭的，外露土洞穴，在雨期常与地表径流连通，继续对黄土地层发生掏蚀作用，而多数为潜藏洞穴，它的存在对建筑物地基的稳定性和承载力产生严重影响）的处理方法：对浅层洞穴应全部开挖，在清除软土后，采用砂卵石垫层或用素土、灰土分层回填夯实；对深层洞穴，可采

用灌浆挤密法加固，方法是在地表钻两个孔至洞内，一为灌浆孔，一为排气孔，用压浆泵将水泥砂浆压入洞内，气体由排气孔排出，使灰浆充满洞穴空隙，硬化后形成实体，以保证地基土附加应力的均匀分布和传递

（4）窑洞（土洞）（在山坡地段，常在下部或中部出现各种大小不等的已搬迁废弃的窑洞 有的为人工开挖形成，作为生活居住的窑洞，有的是年久失修废气、形成的深埋窑洞）的处理方法：对住人窑洞一般采用人工分层回填至离顶 1.8m 左右，再从里向外分段回填至洞口 2m 处夯至洞顶，洞顶不好回填部分用块石堆砌填实；对废弃窑洞，多埋设在地下，再摸清部位后，用好土进行分层回填夯实处理 已伸入到基础下的窑洞，可采用包括桩跨越土层

### 3.2 故河道、古湖泊

（1）天然故河道、古湖泊（根据其原因，有年代久远经过长期大气降水及自然沉积，土质较为均匀、密实，含水量 20% 左右，含杂质较少的故河道、古湖泊。有年代近的土质结构均较松散，含水量较大的、含较多碎块、有机物的故河道、古湖泊。都由天然地貌的低洼处长期积水、泥砂沉积而形成；土层有粘性土、细砂、粗砂、卵石和角砾所构成）的处理方法：对年代久远的故河道、古湖泊，已被密实的沉积物填满，底部尚有砂卵石层，一般土的含水量小于 20%，且无被水冲刷的可能性，土的承载力不低于相接天然土的可不处理；对

年代近的故河道、古湖泊，土质较均匀，含有少量杂质，含水量大于 20%，如沉积物充填密实、承载力不低于同一地区的天然土，亦可不处理；如为松软含水量大的土，应挖除用好土分层夯实，或采用地基加固措施；用作地基部位用灰土分层夯实，与河、湖边坡接触部位做成阶梯形接槎，阶宽不小于 1m，接槎处应仔细夯实，回填应按先深后浅的顺序进行

(2) 人工故河道、古湖泊（为长期生活填积而成，内含有砖瓦碎块、草木灰的杂物，土质较均匀、密实、稳定，新填土形成的时间较短，沉降未稳定，土中含有较多的砖瓦、碎块、草木灰、炉渣垃圾等，结构组织松散、不均匀，含水量一般大于 20%的故河道、古湖泊）的处理方法：老填土形成的故河道、古湖泊，如已被填积物填塞密实，沉降已稳定，承载力不低于相接天然土的，可不处理；新填土而成的要将松软填土挖除，视情况用素土或灰土分层回填夯实，或采用地基加固处理措施 对于重要基础可用大套铲在基础底打两排圆孔，深入到原土下 20~30cm, 浇筑混凝土形成灌注桩，以承受上部载荷

## 4 特殊土地基处理

### 4.1 湿陷性黄土

现象、影响：凡天然黄土在上覆土的自重应力作用下，或在上覆土自重应力和附加应力共同作用下，受水浸湿后土的结构迅速硬化而发生显著附加下沉的黄土，称为湿陷性黄土。



湿陷性黄土天然强度很高，但浸水后会使得建筑物产生大量不均匀沉降导致裂缝、倾斜甚至破坏，会引起边坡滑动、崩塌，且这类破坏具有突然性，工程上难以预料其下沉的部位。湿陷性黄土地基建筑损坏的主要因素为：建筑物周围场地积水；给水管暖气管道漏水；排水管道漏水；渠、塘、水池漏水；地下水位上升等引起地面下陷，房屋不均匀下沉

特征、判定、分级、结构：黄土的特征为：1、在天然状态下，具有肉眼能看见的大孔隙，孔隙比一般大于 1，并常有由于生物作用所形成的竖向管状孔隙，天然剖面成竖向节理。 2、颜色在干燥时呈淡黄色，稍事橙黄色，湿润时呈褐黄色。 3、以粉土为主，粉粒含量一般占 60%以上；土中含有石英、高岭土成分，含碳酸钙盐量大于 0.3%，有时含有石灰质结构（姜石）。 4、透水性强，土样浸水后，很快崩解，同时有气泡冒出水面。 5、土在干燥状态下，有较高的强度和较小的压缩性，由于土质垂直方向分布的小管道几乎能保持竖立的边坡。遇水后，土的结构迅速破坏，发生显著的附加下沉（通常称湿陷），发生严重湿陷，故称湿陷性黄土。

防治处理措施方法：1、建筑结构措施——(1)在山前斜坡地带，建筑物宜沿等高线布置，填方厚度不宜过大；散水坡宜用混凝土，宽度不宜小于 1.5m，其下应设 15cm厚的灰土或 30cm厚的垫层，其宽宜超出散水 50cm，散水每隔 6-10cm设

一条伸缩缝。——(2)选择适应不均匀沉降的结构和基础类型（如框架结构和墩式基础）。——(3)加强建筑物的整体刚度，如控制长高比在 3 以内，设置沉降缝，增设横墙、钢筋混凝土圈梁等。——(4)局部加强构件和砌体强度，底层窗台下设置钢筋砖带（一股用  $3\phi 8\text{cm}$ ），底层横墙与纵墙交接处用钢筋拉结，宽大于是 1 m 的门窗设钢筋混凝土过梁等，以提高建筑物的整体刚度和抵抗沉降应变形的能力，保证正常使用。

2、地基处理措施——(1)垫层法 将基础下的湿陷性土层全部或部分挖出，然后用黄土（2:8、3:7 灰土）经过筛后，在最优质水量状态下分层回填夯或压实，垫层厚度约为 1.0—2.0 倍基础宽度，控制土的干密度不小于  $1.6\text{T/m}^3$ ，它能消除一定深度内（一般为 1-3m）土的湿陷变形，改善土的工程性质，增强地基的防水效果，费用较低，适于地下水位以上局部或整片处理。——(2)重锤夯击法 将 2-3t 重锤提到一定高度（4-6cm）自由下落，一夯一夯，如此重复夯打，使土的密实度增加，减小或消除地基的湿陷变形，一般能消除 1-2m 厚土层的湿陷性。适于地下水位以上、饱和度  $S_r < 60\%$  的湿陷性黄土局部下整片处理。——(3)强夯法 用 10t 以上的重锤从 10m 以上的高度自由下降，强力夯击土体，一般锤重 10-12t，落距 10-18m 时，可消除 3-6m 深土层的湿陷性，并提高地基的承载能力。适于饱和度  $S_r < 60\%$  的湿陷性黄土

深层局部或整片处理。——(4)挤密法 是用机械（人工或爆扩）成孔方法，在孔内填充素土或灰土分层夯实，要求密实度不低于 0.95，通过桩的挤密作用改善桩周土的物理力学性能，基本上可消除桩深度范围内黄土的湿陷性，处理深度一般可达 5-10m，造价低，适于地下水位以上局部或整片处理。鹤壁游泳馆黄土湿陷性地基就是采用此法处理的。

——(5)爆扩桩法 是利用爆扩桩将上部荷载重传至非湿陷土层上，以避免产生湿陷变形，桩长一般不大于 8m 为宜，扩大头直径一般控制在 1m 左右。——(6)预浸水法 利用黄土浸水后自重湿陷的特性，在施工前挖坑进行大面积浸水，水深不小于 30cm，使土体产生自重湿陷，其稳定标准为最后 5d 的平均湿陷量小于 5mm，从而达到消除黄土湿陷性；本法需足够水量，处理时间较长（约 3-6 个月），同时应注意浸水对附近建筑物和场地边坡稳定性的影响，要求其间距不小于 30m，处理后还应进行专门性的勘察工作，重新评定湿陷等级，并采取相应的设计措施；适于 III、IV 级自重湿陷性场地 6m 以下的处理，6m 以上尚应采用垫层等方法处理，可处理土层厚度大于 10m，自重湿陷量  $\Delta z_s \geq 50\text{cm}$  的场地。

——(7)灌注（预制）桩基础 作用与爆扩桩相同，将桩穿透厚度较大的湿陷性黄土层，使桩尖（头）落于承载力较高的非湿陷性黄土层上，使荷重通过桩身和桩尖（扩大头）传到非湿性黄土层中，桩的长度和入土深度以及桩的承载

力,应通过荷载试验或根据当地经验确定。处理深 30cm 以内,采用桩基,但需消耗材料较多,费用较贵。适于基础荷载大有可靠的持力层的处理。——(8) 单液硅化或碱液加固法 是先在加固部位钻孔,将一定浓度的硅酸钠(碱液)通过压力(或自重)灌入土中,与黄土化学反应生成钠、铝、钙硅酸盐复合物,使土粒胶结,增加土体强度和稳定性,一般用于加固地下水位以上的已有建筑物地基,深度小于或等于 10m,单液硅化加固的最大深度可达 20m

3、防水措施——(1) 做好总体的平面和竖向设计及防洪设施,保证场地排水畅通。——(2) 保证水池或管道与建筑物有足够的防护距离,防止管网和水池生活用水渗漏水。——(3) 做好屋面排水和地坪的防水措施

4、施工措施——(1) 合理安排施工顺序,先施工地下工程,后施工地上工程,对体型复杂的建筑物,先施工深、重、高的部分,后施工浅、轻、低的部分,敷设管道时先施工防洪、排水管道,并保证其畅通。——(2) 临时防洪沟、水池、洗料场等应距建筑物外墙不小于 12m,在自重湿陷性黄土场地不宜小于 25m,严防地面水流入基坑或基槽内。——(3) 基础施工完毕,应用素土在基础周围分层回填夯实,至散水垫层底或室内地坪垫层底面上,其压实系数不得小于 0.9。——(4) 屋面施工完毕,应及时安装天沟、水落管和雨水管道等,将雨水引至室外排水系统

## 4.2 膨胀土

现象、影响：膨胀土为一种高塑性粘土，强度一般较高，具有吸水膨胀，失水收缩和反复胀缩变形，浸水强度衰减，干缩裂隙发育等特性，性质稳定，常使建筑物产生不均匀的竖向或水平的胀缩变形，造成位移、开裂、倾斜、甚至破坏，而且往往成群出现，尤其以低层平房受害严重，危害性较大。裂缝特征有外墙垂直裂缝，端部斜向裂缝和窗台下水平裂缝，与外山墙对称或不对称的倒八字形裂缝等；地坪则出现纵向长条和网格状的裂缝，使建筑物开裂和破坏，一般于建筑物完工后半年到五年出现

防治处理方法：1、建筑措施——（1）选择场地条件简单，没有陡坎、地裂，重构不发育，地质分层不均匀的有利地段设置建（构）筑物。——（2）建筑物体形力求简单，不使过长，并尽可能依山就势平行等高线布置，保持自然地形，避免大挖大填。——（3）山梁处、建筑平面转折部位和高度（荷载）有显著差异部位、建筑结构类型（或基础）不同部位，适当设置沉降缝分隔开，减少膨胀的不均匀性。——（4）房屋四周场地种植草皮及蒸发量小的树种、花种或松柏等针叶树，减少水分蒸发。较大树种宜远离建筑物 8m 以外，以避免以水的集中

2、结构措施——（1）基础适当埋深（ $>0.1\text{m}$ ）或设置地下室，以减少膨胀土层厚度，增加基础自重，使作用于土层的

压力大于膨胀土的上举力，或采用墩式基础以增加基础附加荷重。或采用灌注桩穿透膨胀土层，并抵抗膨胀力。——（2）采用对地基沉降不大敏感的结构，加强上部结构刚度，如设置地梁、圈梁，在角端和内外墙连接处设置水平钢筋加强连结等；控制同一建筑地基土的分级变形量之差不大于 35mm

3、地基处理措施——采用换土、砂石垫层、土性改良等方法。换土系将膨胀土部分或全部挖出，采用非膨胀土或灰土置换，换土厚度应通过变形计算确定。平坦场地上 I、II 级膨胀土的地基处理，宜采用砂、碎石垫层，垫层厚度不应小于 300mm；垫层宽度应大于基底宽度

4、防水措施——（1）在建筑物周围做好地表防水、排水设施，如渗、排水沟等，沟底应作防水处理，以防下渗，尽量避免采用挖土，明沟散水坡适当加宽（可做成 1.2—1.5m），其下做砂或炉渣垫层，并设隔水层，防止地表水向地基渗透。——（2）对室内炉渣、窑、暖气沟等采取隔热措施，如做 300mm 厚的炉渣垫层，防止地基水分过多散失。——（3）管道距建筑物外墙基础外缘距离不少于 3m，同时严防埋设的管道漏水，是地基尽量保持原有天然湿度。——（4）屋面排水宜采用外排水。排水量较大时，应采用雨水明沟或管道排水

5、施工措施——（1）合理安排施工程序，先施工室外道路、排水沟、截水沟等工程，疏通现场排水，避免建（构）筑物

附近场地积水。——（2）施工临时用水点应离建筑物 5m 以上，水池、淋灰池、洗料场应离建筑物 10m 以上，加强施工用水管理，作好现场临时排水，防止管网漏水。——（3）基坑开挖采取分段连续快速作业，挖好后，立即施工基础，及时回填夯实，避免基础泡水或曝晒。填土料不宜用膨胀土，可掺入一定非膨胀土料混合使用。——（4）混凝土砌体养护宜用湿草袋覆盖，浇水次数宜多，水量宜少。——（5）对已因膨胀土胀缩产生裂缝的建筑物，应迅速修复沟漏水，堵住局部渗漏，加宽排水坡，作渗排水沟，以加快稳定。对裂缝进行修补加固，如加柱墩、抽砖加扒钉、配筋、压喷浆、拆除部分砖墙重新砌筑等，在墙外加砌砖垛和加拉杆，使内外墙连成整体，防止墙体局部倾斜、倒塌

### 4.3 软土

现象：软土是在静水或缓慢流水环境中沉积的、经生物化学作用形成。其为天然含水量大，压缩性高，承载力低的软塑性到流塑状态的饱和粘土。包括淤泥、淤泥质土等。软土按其沉积环境，可分为海岸沉积、湖泊沉积、河滩沉积、沼泽沉积等四种。软土具有沉降量大而不均匀；沉降速度快，沉降稳定时间较长（常在 10 年以上）等特点，因此易造成建筑物不均匀沉降，使房屋墙身开裂、倾斜破坏，管道断裂；污水不能排出等

特征、工程性质：软土的特征为：1、天然含水量高，一般

大于液限  $\omega_L$  (40%–90%) 2、天然孔隙比  $e$  一般大于 1.0 , 或等于 1; 当软土由生物化学作用形成, 并含有机质, 其天然孔隙比  $e$  大于 1.5 时为淤泥; 天然孔隙比  $e$  小于 1.5 而大于 1.0 时为淤泥质土。 3、压缩性高, 压缩系数  $a_{1-2}$  大于  $0.5\text{Mpa}^{-1}$ 。 4、强度低, 不排水抗剪强度不小于  $30\text{kPa}$ , 长期强度更低。 5、渗透系数小,  $K=1\times 10^{-6} \sim 1\times 10^{-8}\text{cm/s}$  6、粘度系数低,  $\eta=10^9\sim 10^{12}\text{Pa}\cdot\text{s}$

软土的工程性质为: 1、触变性 软土在未破坏时, 具固态特征, 一经扰动或破坏, 即转变为稀释流动状态。 2、高压压缩性 压缩系数大, 大部分压缩变形发生在垂直压力为  $0.1\text{Mpa}$  左右时, 造成建筑物沉降量大。 3、低透水性 软土的透水性很低, 可认为是不透水的, 因此软土的排水固结需要相当长的时间, 反映在建筑物的沉降延续时间长, 常在数年至 10 年以上。 4、不均匀性 软土由微细的和高分散的颗粒组成, 土质不均匀, 当平面上建筑荷载不均匀时, 将会使建筑物产生较大的差异沉降, 造成建筑物裂缝或损坏。 5、沉降速度快 沉降速度随荷载的增加而增加, 沉降速度最大时可达  $1\sim 2\text{mm/d}$  6、流变性 在一定剪应力作用下, 具有发生缓慢长期变形的性质, 因流变产生的沉降持续时间, 可达几十年。软土的长期强度小于瞬时强度

防治处理措施方法: 1、建筑措施——(1) 建筑设计力求体型简单, 载荷均匀, 过长或体型复杂的建筑物, 设置必要的



沉降缝或在中间用连接框架隔开。（2）选用轻型结构，如框架轻板体系、钢结构以及选用轻质墙体材料。

2、结构措施——（1）采用浅基础，利用软土上部硬壳层作持力层，避免室内过厚的填土。（2）选用筏片基础或箱形基础，提高基础刚度，减小基底附加压力，减小不均匀沉降。采用架空地面，减少回填土重量。（3）增强建筑物的整体刚度，如控制建筑物的长高比，不使过大（ $<2.5$ ），合理布置纵横墙，加强基础刚度，墙上设置多道圈梁等。

3、地基处理措施——（1）采用置换及拌入法，用砂、碎石等材料置换软弱土体，形成复合地基，或在软土中掺入水泥石灰等，形成加固体，与未加固部分形成复合地基，达到提高地基承载力，减少压缩量的目的。常用方法有振冲置换法、生石灰桩法、深层搅拌法、高压喷浆法等，对暗埋的塘、浜、沟、坑穴等可用局部挖除、换土垫层、灌浆、悬浮式短桩等方法。（2）对大面积厚层软土地基，采用砂井预压、真空预压、堆载预压等措施，以加速地基排水固结，提高其抗剪强度，适应荷载对地基的要求

4、施工措施——（1）建筑物各部差异较大时，合理安排施工顺序，先施工高度大、重量重的部分，使在施工期内先完成部分沉降，后施工高度低和重量轻的部分，以减少部分差异沉降。（2）施工注意基坑土的保护，通常可在坑底保留20 cm厚左右，施工垫层是再挖除，避免扰动而破坏土的结构。

如已被扰动，可挖去扰动部分，用砂、碎石回填处理，同时注意井点降低地下水位对邻近建筑物的影响。（3）对仓库建筑物或油罐、水池等构筑物，适当控制活荷载的施加速度，使软土逐步固结，地基强度逐步增长，以适应荷载增长的要求，同时可借以降低总沉降量，防止土的侧向挤出，避免建筑物局部破坏或倾斜

#### 4.4 盐渍土

现象、影响：土层内含有石膏、芒硝、岩盐（硫酸盐或氯化物）等易溶盐、其含量大于 0.5% 的土称盐渍土。盐渍土对工程的危害可概括为三个方面，即溶陷性，膨胀性和腐蚀性。盐渍土地基的强度变化大，随着季节和气候的变化而变化，在干燥时盐分呈结晶状态，地基强度较高，但浸水后，晶体溶解后变为液体，强度降低，压缩性增大，土中含硫酸盐类结晶，体积膨胀，溶解后体积缩小，易使地基的结构破坏，强度降低并形成松胀盐土，由于盐类遇水溶解，使地基容易产生溶蚀现象，降低地基的稳定性。有含盐量高的土料回填时，不易压实，且盐渍土对混凝土金属管道具有一定的侵蚀性。在天然状态下盐渍土是很好的地基，一旦因自然条件改变就会产生严重溶陷，膨胀和腐蚀等情况，使建筑物裂缝，倾斜或结构被腐蚀破坏。

形成原因、特征：盐渍土的成因主要是海水侵入到沿岸地区或内陆盆地或洼地中，易溶岩随水流有高出带往低处，或冲

积平原含易溶岩地下水位上升，经过蒸发作用，盐分残留，凝聚地面而形成。盐渍土形成条件是地下水的矿化度高，具有充分的盐分来源；地下水较高，毛细作用能达到地表或接近地表，有被蒸发作用影响的可能，气候比较干燥，一般年降水量小于蒸发量的地区，容易形成盐渍土。但盐渍土一般分布在地表至地下 1.5m 的部位，个别的可达 4.0m，土的含盐量多集中在近地表处，向深部逐渐减小，再受季节性变化很大，旱季盐分向地表大量聚集，表层含盐量增高，雨季盐分被水淋滤下渗，含盐量下降。盐渍土按土中含盐类型可分为氯盐、硫酸盐和碳酸盐三类：氯盐渍土：土中含有  $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  等盐类，具有很大的溶解度（330–750g/L），吸湿性强；在干燥时强度较高，易压实；在潮湿时，氯盐易溶解，使土变软，强度大大降低，从而具有很大的塑性和压缩性。硫酸盐渍土：土中主要含有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{MgSO}_4$  等盐类，具有结合水分子的能力，使体积膨胀，失水时体积又缩小，同时具有随昼夜温差变化而产生胀缩的性质，使土易被破坏而产生松动现象，这类土干旱时松散，潮湿时，土层湿软，承载能力降低。碳酸盐渍土：主要含  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  等盐类，也具有较大的溶解度，有明显的碱性反应，又称为“碱土”，此类土干燥时紧密坚硬，强度高潮湿时，具有很强的亲水性、塑性、膨胀性和压缩性，稳定性很低

防治处理措施方法：1、防水措施——（1）做好场地的竖向设计，避免大气降水、洪水、工业及生活用水、施工用水浸入地基或其附近场地；防止土中含水量的过大变化及土中盐份的有害运移，引起盐份向建筑场地及土中富聚，而造成建筑物材料的腐蚀及盐胀；（2）对湿润性生产厂房应设置防渗层；室外散水应适当加宽，一般不宜小于 1.5m，散水下部应做厚度不小于 15cm 的沥青砂或厚度不小于 30cm 的灰土垫层，防止下渗水流溶解土中可溶盐而造成地基的溶陷；（3）绿化带与建筑物距离应加宽，严格控制绿化用水，严禁大水漫灌

2、防腐措施——（1）采用耐腐蚀的建筑物材料，并保证施工质量，一般不宜用盐渍土本身作防护层；在弱、中盐渍土区不得采用砖砌基础，管沟、踏步等应采用毛石或混凝土基础；对于强盐渍土区室外地面以上 1.2m 墙体亦应采用浆砌毛石。（2）割断盐分与建筑物材料接触的途径。对基础及墙的干湿交替区和弱、中、强盐渍土区，可视情况分别采用常规防水、沥青类防水土层、沥青或树脂防腐层作外部防护措施。（3）对强和超强盐渍土地区，基础防腐应在卵石垫层上浇 100 mm 厚沥青混凝土，基础浇筑完后，外部先刷冷底子油一度、再刮沥青两度或贴二毡三油沥青卷材，室外贴至散水坡，室外贴至±0.00，外部回填土应用盐渍土回填分层夯实

3、防盐胀措施——（1）清除地基表层松散土层及含盐量超过规定的土层，使基础埋于盐渍土层以下，或采用含盐类型单一和含盐低的土层作为地基持力层或清除含盐多的表层盐渍土而代之以非盐渍土类的粗颗粒土层（碎石类土或砂土垫层），隔断有害毛细水的上升。（2）铺设隔绝层或隔离层，以防止盐分向上运移。（3）采用降排水措施，防止水分在土表层的聚集，以避免土层中盐分含水量的变化而引起盐胀

4、地基处理措施——（1）采用垫层、重锤击实及强夯法处理浅部土层，可消除基土的湿陷量，提高其密实度及承载力，降低透水性，阻挡水流下渗；破坏土的原有毛细结构，阻隔土中盐水的向上运移。（2）厚度不大或渗透性较好的盐渍土，可采用浸水预溶，水头高度不应小于 30 cm，浸水坑的平面尺寸，每边应超过拟建房屋边缘不小于 2.5m。（3）对溶陷性高、土层厚及荷载很大或重要的建筑物上部地层软弱的盐沼地，可视情况采用桩基础、灰土墩、混凝土墩或砾石墩，埋置深度应大于盐胀临界深度及蜂窝状的淋滤层或溶蚀洞穴。（4）盐渍土边坡的坡度宜比非盐渍土的软质岩石边坡适当放缓；对软弱夹层破碎带及中、强风化带应部分或全部加以防护

5、施工措施——（1）做好现场排水、防洪等，防止施工用水、雨水流入地基或基础周围，各种用水点均应离基础保持

10m以上距离；防止发生施工排水及突发性山洪浸入地基。

(2) 先施工埋置较深、荷重较大或需采取地基处理措施的基础。基坑挖好后应及时进行基础施工，完后及时回填，认真夯实填土。(3) 先施工排水管道，并保证其畅通，防止管道漏水。(4) 换土地基应清除含盐的松散表层，应用不含有盐晶、岩块或含盐植物根茎的土料分层夯实，并控制夯实后的干密度不小于  $1.55\text{t/m}^3$  (对粘土、粉土、粉质粘土、粉砂和细砂)  $\sim 1.65\text{ t/m}^3$  (对中砂、粗砂、砾石、卵石)。

(5) 配制混凝土、砂浆应采用防腐蚀性较好的火山灰水泥、矿渣水泥或抗硫酸盐水泥；水应注意不使用  $\text{Ph} \leq 4$  的酸性水和硫酸盐含量按  $\text{SO}_4^{2-}$  计超过 1.0% 的水；在强腐蚀的盐渍土地基中，应选用不含氯盐和硫酸盐

#### 4.5 冻土

现象、影响：凡具有负温或零温，其中含有冰的各种土都称冻土。而在冬季冻结，夏季融化的土层，称为季节性冻土。对冻结状态持续三年以上的土，称为多年冻土或永冻土。冻土对建筑物的影响表现在两个方面：一是地基胀时，使轻型建筑物上升，这种上升是由于对基础侧面的切向冻胀力和对基底的垂直冻胀力作用所引起的；另方面则是解冻时融化所引起的不均匀沉降。这种升降作用，造成基础拉断、墙体抬起、裂缝，墙面抹灰层剥落，地坪、天棚隆起，门窗歪斜，台阶变形，甚至房屋解体、破坏。

形成原因：土在冻结时体积增大，主要是由于水分积聚的原因。而水分积聚与土的性质、土中地温的变化、水分供给条件等因素有关。一般砂土和砾石类土的冻结，主要为土中原有水分的冻结，冻结时土颗粒被结晶水所包围，自由水体积的变化较小。而粘性土冻结时，孔隙水会因粘粒的吸附作用及水分转移而增加，冻胀量也加大。此外冻结时还有水分的补给作用，主要有二个方面：一是土种原有含水量的补给；另一方面是从地下水层中通过毛细管作用或直接从地下水层里吸取水量补给。在冻结期间，由于地表温度较低，水分少，下部土层地温较高，水分多，在地温梯度作用下，水分从下部不断转移到表层，使表层水分越集越厚，冻胀也随之增加，严冬季节长的地区，冻胀也较严重，深度也较大，所以在相同条件下，粘性土及饱和粉砂的冻胀性要比细、中、粗砂的冻胀性大很多。在同一地区地下水位愈高，冻结前土的天然含水量愈大，土的冻胀性也愈大

防治处理措施方法：1、建筑场地应尽量选择地势高、地下水位低、地表排水良好的地段。2、设计前应查明土质和地下水情况，正确判定土的冻胀类别、冻深，以便合理确定基础的埋置深度。当冻深和土的冻胀性较大时，宜采用独立基础、桩基或砂垫层等措施，使基础埋设在冻结线以下。3、建筑物的平面形式，在保证使用的前提下，应力求简单，尽量避免凸凹多角的平面造型，同时增加建筑物的刚度和强

度，如控制长高比、增加圈梁等，以增加对不均匀变形的抵抗能力。外门斗、门台阶等应与主体结构断开；散水坡应分段浇筑（或预制），每段长度以 1.0~1.5m 为宜。4、对低洼场地，宜在沿建筑物四周向外一倍冻深范围内，使室外地坪至少高出自然地面 300~500 mm。5、为避免施工和使用期间的雨水、地表水、生产废水和生活污水等浸入地基，应做好排水设施。在山区必须做好截水沟或在建筑物下设置暗沟，以排走地表水和潜水，避免因地基堵水而造成冻害。6、对标准冻深大于 2m 及标准冻深大于 1.5m、基地以上为冻胀土和强冻胀土上的非采暖建筑物，为防止冻切力对基础侧面的作用，可在基础侧面回填粗砂、中砂、炉渣等非冻胀性材料或其他保温材料。当基础梁下有冻胀性土时，应在梁下填以炉渣等松散材料，并留 5~15 cm 孔隙，以防止因冻胀将基础梁拱裂。7、对冬期开挖的工程，要随挖、随砌、随回填，严防地基受冻；对跨年度工程及冻前不能交付正常使用的工程，应对地基采用相应的过冬保暖措施

## 5 地基特殊问题的处理

### 5.1 滑坡

现象：斜坡的土岩体由于本身存在滑坡内在因素，在自然或人为因素诱发下，使斜坡

产生原因：产生滑坡的因素（或条件）是十分复杂的，归纳起来可分为内部条件和外部条件两个方面，不良的地质



条件是产生滑坡的内部（因）条件，而人类的工程活动和水的作用则是触发并产生滑动的主要外部（因）条件。产生滑坡的原因主要有：1、斜坡土（岩）体本身存在倾向相近、层理发达破碎严重的裂隙、断裂，或内部夹有一滑动的软弱带，如软泥、粘土质岩层，受水浸后滑动或塌落。2、土层下有倾斜度较大的岩层，或软弱土夹层；或土层下的岩层虽近于水平，但距边坡过近，边坡倾度过大，在堆土或堆置材料、建筑物荷重和地表水作用下，增加了土体的负担，降低了土与土、土体与岩面之间的抗剪强度而引起滑坡或塌方。3、边坡坡度不够，倾角过大，土体因雨水或地下水浸入，剪切应力增加，粘聚力减弱，使土体失稳而滑动。4、开垦挖方，不合理的切割坡角；或坡角被地表、地下水掏空；或斜坡地段下部被冲沟所切，地表、地下水浸入坡体；或开坡放炮坡角松动等原因，使坡体坡度加大，破坏了土（岩）体的内力平衡，使上部土（岩）体失去稳定而滑动。5、在坡体上不适当的堆土或填土，设置建筑物；或土工构筑物（如路堤、土坝）设置在尚未稳定的古（老）滑坡上，或已滑动的坡积土层上，填方或建筑物增荷后，重心改变，在外力（堆载震动、地震等）和地表地下水作用下，坡体失去平衡或触发古（老）滑坡复活，而产生滑坡

处理措施方法：1、加强工程地质勘察，对拟建场地（包括边坡）的稳定性进行认真分析和评价，工程和线路一定要选

在边坡稳定的地段，对具备滑坡形成条件的或存在有古老滑坡的地段，一般不应选作建筑物场地，或采用必要的措施加以预防。

2、做好泄洪系统，在滑坡范围外设置多道环形截水沟，以拦截附近的地下水；在滑坡区域内，修设或疏通原排水系统，疏导地表地下水，阻止渗入滑坡体内。主排水沟宜与滑坡滑动方向一致，支排水沟与滑坡方向呈  $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$  斜交，防止冲刷坡脚。

3、处理好滑坡区域附近的生活及生产用水，防止浸入滑坡地段。

4、如因地下水活动有可能形成山坡浅层滑坡时，可设置支撑盲沟、渗水沟，排除地下水。盲沟应布置在平行于滑坡滑动方向有地下水露头处。做好植被工程。

5、保持边坡有足够的坡度，避免随意切割坡脚。土体尽量削成较平缓的坡度，或做成台阶形，使中间有 1~2 个平台，以增加稳定；土质不同时，视情况刷成 2~3 种坡度。在坡脚处有弃土条件时，将土石方填至坡脚，使用权其起反压作用。筑挡土堆或修筑台地，避免在滑坡地段切去坡脚，且不设挡土墙时，应按切割深度将坡肢随原自然坡度由上而下削坡，逐渐挖至要求的坡肢深度。

6. 尽量避免在坡肢处取土，在坡肩上设置弃土或建筑物。在斜坡地段，挖方时，应遵守由下往上分层填压的施工和程序，避免在斜坡上集中弃土，同时避免对滑坡体的各种震动作用。

7. 对可能出现的浅层滑坡体全部挖空心思除；如土主量较大，不能全部挖除，且表层破碎含有滑坡夹层时，可对滑坡体采取深翻、

推压、打乱滑坡夹层、表面压实等措施，减少滑坡因素。8. 滑坡面土质松散或具有大量裂缝时，应进行填平、夯填，防止地表水下渗；在滑坡面植树、种草皮、浆砌片石等保护坡面。9. 倾斜表层下有裂隙滑动面面的，在基础下设置混凝土锚桩（墩）办法。土层下有倾斜岩层，将基础设置在基岩上用锚栓锚固或作成阶梯形，或采用灌注桩基减轻土体负担。10. 对已滑坡工程，稳定后采取设置混凝土锚固排桩、挡土墙、抗滑明洞、抗滑锚杆或混凝土。

## 5.2 崩塌

名称、影响：陡坡或悬崖上的岩土体，在重力作用下，突然向下崩落并顺山坡强烈翻落、撞击、破碎、解体，最后堆积于坡脚下的现象称为崩塌。一般大规模的崩塌称为山崩；而一处或多处大块岩体的崩落称为坠石。此外按崩塌物质的不同，以可分为岩崩和土崩。

崩塌对山区峡谷、岩岩边建造的工业与民用建筑均造成很大危害，使崩塌范围内的厂房设备和房屋被局部打坏或大部分毁坏。

产生原因：1. 岩土坡过陡（大于  $55^{\circ}$  以上），因重力作用而沿薄弱面产生崩塌。2. 易风化剥落的软质泥岩、灰岩、页岩常与硬质砂岩等交错构成，软质岩裸露在空气中受雨水侵蚀，风化很快，年长日久，将该种岩层掏空，使上部岩层变成悬岩，上部岩体失去支撑，在重力作用下沿节理崩塌。3.

坚硬性脆岩石抗剥蚀性强，常形成高而峻陡的山陂，在节理层面比较发育、岩体较破碎的情况下，常驻易发生崩塌。4. 气候及水的影响，气温变化能促使岩石风化，产生裂隙；降水渗入降低岩石强度，扩大裂隙，水沿坡面下流浸蚀，加速软质岩的剥落；河流水位升降冲刷坡脚，造成陡坡，最终导致岩土体崩塌。5. 整平场地挖成过陡过高的边坡或进行大的爆破，常造成崩塌。6. 土崩多发生在黄土地区河谷高阶地的前缘，或冲沟地段，开始能形成直立的边坡，加上垂直节理的发育，在暴雨、洪水或地震的诱导下而产生崩塌。

处理措施方法：1. 作好地质勘察工作, 对有可能崩塌地段，就避免选作建筑场地，线路应绕避或距坡脚有足够的安全距离。2. 开坡应保持足够的稳定坡度, 使控制在  $50^{\circ}$  以内。3. 对易风化的软质岩石或易被雨水冲蚀的土坡，应采取护面处理。4. 对悬头危岩应在危岩的下部建支术及支承墙，以支撑危岩；对有可能崩塌的岩体采用岩石锚杆钢筋或钢筋混凝土腰带固定在稳定的岩石土；对高度不大的探头悬岩用设支承墙的；办法支撑；对危岩及岩土边坡上的裂隙、节理，应进行封闭处理。5. 对崩塌较严重的地段，可修筑明洞、御崩棚等，以保证下部建筑物安全。6. 对难以加固的危岩，在工程场地整平时应用爆破或楔劈的方法将危岩清除，以消除隐患。

### 5.3 流砂

现象：当基坑（槽）开挖深于地下水位 0.5m 以下，采用坑内抽水时，坑（槽）底下面的土产生流动状态随地下水一起涌进坑内，边挖深的现象称为“流砂”。发生流砂时，土完全失去承载力，不但使施工条件恶化，而且流砂严重时，会引起基础边坡塌主，附近建筑物会因地基被掏空而下沉、倾斜、甚至倒塌。

形成原因：1. 当坑外水位高于坑内抽水后的水位，坑外水压向坑内流动的动水压等于或大于颗粒的浸水密度，使土粒悬浮失去稳定变成流动状态，随水从坑底或两侧涌入坑内，如施工时采取强挖，抽水愈深，动水压就愈大，流砂就愈严重。2. 由于土颗粒周围附着亲水胶体颗粒，饱和时胶体颗粒吸水膨胀，使土粒密度减小，因而在不大的水冲力下能悬浮流动。3. 饱和砂土在振动作用下，结构被破坏，使土颗粒悬浮于水中并随水流动。

易产生流砂的条件是：1. 水力坡度、流速大，当动水压力超过土粒重量，达到能使土粒悬浮时，即会产生流砂，其临界水力坡度可按下式计算： $I = (\rho - 1)(1 - \eta)$  式中： $I$ ——临界水力坡度； $\rho$ ——土粒的密度； $\eta$ ——土的孔隙率，以小数计。2. 土层中有较厚（>250mm）的粉砂土层。3. 土的含水率大于 30% 以上或空隙率大于 43%。4. 土的颗粒组成中，粘土粒含量小于 10%，粉砂粒含量大于 75%。5. 砂土的渗透系数很小，排水性能很差。6. 砂土中含有较多的片状矿物，

如云母、绿泥石等。

处理措施方法：主要是“减小或平衡动水压力”或“使动水压力向下”，使坑底土粒稳定，不受水压干扰。

常用处理措施方法有：1. 安排在全年最低水位季节施工，使基坑内动水压减小。2. 采取水下挖土（不抽水或抽水），使坑内水压与坑外地下水压相平衡或缩小水头差。3. 采用井点降水，使水位降至基坑底土面保持无水状态。4. 沿基坑外围四周打板桩，深入坑底下面一定深度，增加地下水从坑外流入坑内的渗流路线和渗水量，减小动水压力。5. 采用化学压力注浆或高压水泥注浆，固结基坑，周围粉砂层使形成防渗帷幕。6. 往坑底抛大石块，增加土的压重和减小动水压力，同时组织快速施工。7. 当基坑面积较小，也可采取在四周设钢板护筒，随着挖土不断加深，直到穿流砂层。

#### 5.4 砂土液化

现象：饱和的细砂和粉砂在强烈地震作用下，会产生急剧的状态变化，使原砂土结构受到破坏，抗剪强度丧失，成为液体状态，当覆盖土层被震裂，则受压水挟带砂砾喷出地面，出现喷水、冒砂现象，常常导致建筑物产生大量不均匀沉降，甚至失稳，造成建筑物开裂、倾斜或破坏。

形成原因条件：饱和细砂、粉砂是砂和水组成的复合体。在未地震前，外力由砂骨架所承担，水只承受其本身（静水）压力，此时砂土地基是稳定的；但经地震动荷反复作用下，

砂粒会产生移动，改变排列状态，而饱和砂土的体积保持不变，地震动荷载由原来砂骨架承受转移到由水来承受，这样造成土中孔隙水压力的急剧增大，待到孔隙水压力等于或大于土所承受的总应力时，饱和砂产生液化，结构完全被破坏，砂粒悬浮在水中，并在某一个地裂薄弱部位喷射出来，形成冒水、冒砂现象。砂土液化形成的条件与本身特性（土粒径密度）、土层埋深、地下水位（有效复盖压力）及振动特性（地震的强度、地震持时间）等密切相关，实际调查发现，砂土的粒径和级配是影响砂土液化的重要因素，土含粉土量大，土平均粒径 $D_{50}$ 在 $0.075\sim 0.10\text{mm}$ 之间的砂土，容易产生液化；砂土的密度是影响动力稳定性的根本因素，相对密实度 $D_r$ 小于70%时，往往会产生液化， $D_r$ 大于70%时，一般不易液化；土层埋深大，地下水位低，有效覆盖压力大。据调查有效覆盖压力小于 $50\text{kPa}$ 的地段，易发生液化喷水冒砂现象，地震是土层产生液化的外因，在地震烈度高的地区，由于地面运动强度大，作用于土层的往复剪应力大；地震持续时间长，由于振奋动次数多，孔压累积高，也容易引起液化。若土的颗粒粗，级配好，所受静载大，振动时间短，振奋动强度低时，则不易引起液化、冒水、冒砂。

处理措施方法：全部消除地基液化沉陷的措施有：1. 采用桩基穿透可液化土层，使桩端伸入稳定土层中。伸入长度对碎石土、砾、粗、中砂、坚硬粘性土不应小于 $0.5\text{m}$ ；对其他非

岩石土不小于 1.0m；2. 采用深基础，埋入液化深度以下稳定土层中不少于 0.5m；3. 采用加密法（如振夯冲振动加密、挤密砂桩、强夯等），至使可液化砂土骨架挤密，孔隙水排队去，土的密度增加，使成不液化地基。加固时，应处理至液化深度下界；4. 挖除全部液化土层，置换砂石或灰土垫层部分消除地基液化沉陷的措施有：（1）处理深度应使处理后的地基液化指数不大于 4；对独立基础、条形基础，尚不应小于基础底面下 5m 和基础宽度的较大值。（2）处理深度范围内，挖除液化土层或采用加密法加固，使处理后土层的标准贯入锤击数实测值大于液化临界标准贯入值。

减轻液化影响的措施有：（1）选择合适的基础埋置深度，调整基础底面积，减少基础偏心；（2）采用整体性好、刚性强的箱基、筏基等，以提高建筑物抗不均匀沉陷的能力；

（3）减轻荷载，增强上部结构整体刚度和均匀对称性，合理设置沉降缝，避免采用对不均匀沉降敏感的结构形式等；

（4）管道穿过建筑处应预留足够尺寸或采用柔性接头等。

## 5.5 橡皮土

现象：当地基为粘性土且含水量很大，趋于饱和时，夯（拍）打后，地基土变成踩上去有一种颤动感觉的土，称为“橡皮土”。

形成原因：在含水量很大的粘土、粉质粘土、淤泥质土、腐殖土等原状土上进行夯（压）实或回填土，或采用这类土进



行回填土工程时，由于原状土被扰动，颗粒之间的毛细孔遭到破坏，水分不易渗透和散发，当气温较高时，对其进行夯击或碾压，特别是用光面碾（夯锤）滚压（或夯实），表面形成硬壳，更加阻止了水分的渗透和散发，形成软塑状的橡皮土。进藏深的土水分散发慢，往往长时间不易消失。

处理方法：1. 暂停一段时间施工，避免再直接誓死钉，使“橡皮土”含水量逐渐降低，或将土层翻起进行晾晒。2. 如地基已成“橡皮土”，可采取在上面铺一层碎石或砖后进行夯击，将表土层挤紧。3. 橡皮土较严重，可将土层翻起并粉碎均匀，掺加石灰粉以吸收水分水化，同时改变原土结构成为灰土，使之具有一定强度。4. 当为荷载大的房屋地基，采取打石桩，将毛石（块度为 20~30cm）依次打入土中，或垂直打入M10 机砖，纵距 26cm，横距 30cm，直至打不下去为止，最后在上面满铺厚 50mm的碎石后再夯实。5. 采取换土，挖去“橡皮土”，重新填好土或级配砂石夯实。