

DB64

宁夏回族自治区地方标准

DB 64/T 1702—2020

湿陷性黄土地区低矮居住建筑地基处理技术规程

Technical code for ground treatment of low-rise buildings in collapsible loess regions

2020 - 05 - 18 发布

2020 - 08 - 18 实施

宁夏回族自治区市场监督管理厅 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 2

5 基本规定 3

 5.1 准备工作 3

 5.2 地基处理方法的确定 3

 5.3 地基承载力特征值 4

 5.4 地基处理的设计 4

6 防水设计措施 4

 6.1 一般规定 4

 6.2 场址选择与总平面防水设计 5

 6.3 建筑防水设计 6

 6.4 结构防水设计 6

 6.5 给水排水、供热与通风防水设计 7

 6.6 供热管道与风道防水设计 8

7 综合防水措施的换填垫层法 8

 7.1 适用范围 8

 7.2 垫层材料要求 8

 7.3 防水材料要求 8

 7.4 垫层厚度的确定 8

 7.5 垫层底面宽度要求 9

 7.6 垫层的压实标准 9

 7.7 地基承载力 10

 7.8 具体处理方法及防水措施 10

 7.9 施工 13

8 综合防水措施的土或灰土挤密桩法 14

 8.1 适用范围 14

 8.2 现场试验要求 14

 8.3 处理宽度及深度 14

 8.4 挤密桩参数 15

 8.5 施工要求 16

 8.6 承载力 17

9 强夯法 17

 9.1 适用范围 17

 9.2 强夯设计 17

 9.3 施工要求及质量检测 18

10 使用与维护 19

 10.1 一般规定 19

 10.2 维护与检修 19

 10.3 沉降观测和地下水位观测 20

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由宁夏回族自治区住房和城乡建设厅提出并归口。

本标准起草单位：宁夏固原建筑设计研究院（有限公司）。

本标准主要起草人员：李海东、李树海、张津生、张向东、王龙、浦兴学、叶岚、刘福友、许正虎、郭立民、王学信。

湿陷性黄土地区低矮居住建筑地基处理技术规程

1 范围

本标准规定了湿陷性黄土地区低矮建筑地基的术语和定义、符号、基本规定、防水设计措施、综合防水措施的换填垫层法、综合防水措施的土或灰土挤密桩法、强夯法、使用与维护等内容。

本标准仅适用于指导处理我区湿陷性黄土地区的低矮居住建筑工程的地基处理,对于受水浸可能性较大的重要及以上的建筑不适用于本标准。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50025 湿陷性黄土地区建筑标准
- GB 50290 土工合成材料应用技术规范
- JGJ 8 建筑变形测量规范
- JGJ 79 建筑地基处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适应于本文件。

3.1

低矮居住建筑

建筑总高度不超过 7.2 m 的二层及以下丙、丁类居住建筑(不包含重点设防类、地下及水工建筑)。

3.2

地基处理

提高地基承载力,改善其变形性能或渗透性能而采取的技术措施。

3.3

湿陷性黄土

在一定压力下受水浸湿,土的结构迅速破坏,并产生显著附加下沉的黄土。

3.4

自重湿陷性黄土

在上覆土的饱和自重压力作用下受水浸湿,产生显著附加下沉的湿陷性黄土。

3.5

非自重湿陷性黄土

在上覆土的饱和自重压力作用下受水浸湿,不产生显著附加下沉的湿陷性黄土。

3.6

综合防水措施的换填垫层法

挖除基底下面一定范围内的湿陷性黄土，回填性能稳定，无侵蚀性、强度较高且含水量适中的粉土或粉质黏土，并在散水底、素土垫层顶或垫层四周采取防水措施的综合地基处理方法。

3.7

综合防水措施的土或灰土挤密桩法

孔内分层夯填土或灰土形成的竖向增强体的复合地基，并在散水底、素土垫层顶或垫层四周采取防水措施的综合地基处理方法。

3.8

灰土墙

沿着基坑四周采用 2:8 或 3:7 灰土（石灰与土的体积比）分层夯实（压实系数不小于 0.95）形成的地下连续增强体。

3.9

防水土工合成材料

有防水或防渗功能的土工合成材料（如：防水土工布、防水土工膜等）。

3.10

散水

在建筑外墙四周勒脚下部铺设的具有排水和导流作用的混凝土保护层。

3.11

防护距离

防止建筑物地基受管道、水池等渗漏影响的最小距离。

4 符号

4.1 抗力和材料性能

E_s —压缩模量

f_a —修正后的地基承载力特征值

f_{ak} —地基承载力特征值

f_{az} —垫层底面处经深度修正后的地基承载力特征值

f_{spk} —挤密桩复合地基承载力

f_{sk} —处理后桩间土的承载力特征值

S_r —饱和度

W —含水量

W_L —液限

W_p —塑限

W_{OP} —最优含水量

γ —土的重力密度，简称重度

γ_a —基础底面以上土的加权平均重度，地下水位以下取有效重度

θ —地基的压力扩散角

ρ_d —土（灰土）垫层控制（或设计）的干密度

ρ_{do} —地基挤密前压缩范围内各层土的平均干密度

$\rho_{d\max}$ —轻型标准击实试验测的土（或灰土）的最大干密度

4.2 作用和作用效应

p_k —相应于作用的标准组合时，基础底面处的平均压力值

p_c —基础底面处的土自重压力值

p_z —相应于作用的标准组合时，垫层底面处的附加应力值

p_{cz} —垫层底面处的自重压力值

4.3 几何参数

A —基础底面积

b —基础底面的宽度

d —基础埋置深度、

D —成桩直径

l —基础底面的长度

S —孔心距

4.4 计算系数

m —面积置换率

n —桩土应力比

β —考虑基底下地基土的受力状态及地区等因素的修正系数

η_b —基础宽度的承载力修正系数

η_d —基础埋深的承载力修正系数

λ_c —压实系数

5 基本规定

5.1 准备工作

5.1.1 选择处理方案前，应完成如下工作：

- 排查场地时应参考 GB 50007 和 GB 50011 排查危险地段、大厚度填土区域；
- 搜集建设地点有关岩土工程及水文资料；
- 调查临近建筑、周边道路及有关管线等设施的排水情况；

5.1.2 根据岩土勘察报告确定湿陷性黄土的湿陷等级。

5.1.3 选择处理方案时，应按照湿陷性黄土地区建筑分类、建筑抗震设防分类、湿陷性黄土的湿陷等级等情况进行区分，并进行多种方案的技术经济比较，选择合理的地基处理方案。

5.2 地基处理方法的确定

地基处理方法的确定宜按下列步骤进行：

- 根据场地土的湿陷等级、结构类型、荷载大小，结合地形地貌、水文资料、环境情况和对临近建筑物的影响等因素进行综合分析，初步选出两种或两种以上的地基处理方案；
- 对初步选出的处理方案，分别从适用范围、耗费材料、施工机械、工期要求和对环境的影响等方面进行技术经济分析和对比，选出最佳的地基处理方案；

- c) 对已经选出的地基处理方案,宜在场地有代表性的区域进行相应的现场试验或试验性施工,并进行必要的测试,以检测设计参数及处理效果,如未能达到设计要求,应查明原因,调整地基处理方案。

5.3 地基承载力特征值

确定地基承载力,经处理后的地基,当按地基承载力确定基础底面积及埋深而需对本规程确定地基承载力特征值进行修正时,应符合基础宽度的修正系数均取零、基础埋深的地基承载力修正系数应取1.0的规定;地基承载力特征值按下式修正:

当基础宽度大于3m或埋置深度大于1.50m时,地基承载力特征值应按式(1)修正:

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (d - 1.50) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

f_a —修正后的地基承载力特征值(kPa);

f_{ak} —相应于 $b=3m$ 和 $d=1.5m$ 的地基承载力特征值(kPa);

η_b 、 η_d —分别为基础宽度和基础埋深的地基承载力修正系数;

γ —基础底面以下土的重度(kN/m^3),地下水位以下取浮重度;

γ_m —基础底面以上土的加权平均重度(kN/m^3),地下水位以下取浮重度;

b —基础底面宽度(m),当基础宽度小于3m或大于6m时,分别按3m或6m取值;

d —基础埋置深度(m),宜自室外地面标高算起;当为填方时,可自填土地面标高算起,但填方在上部结构施工后完成时,应自天然地面标高算起;对于地下室,采用箱形基础或筏形基础时,基础埋置深度可自室外地面标高算起;在其他情况下,应自室内地面标高算起。

5.4 地基处理的设计

5.4.1 处理后地基承载力应满足建筑物地基承载力、变形及稳定性要求,地基处理的设计尚应符合下列要求:

- 经处理后的地基,当在受力层范围内仍存在软弱下卧层时,应进行软弱下卧层地基承载力验算;
- 按地基变形设计或应作变形验算且需进行地基处理的建筑物,应对处理后的地基进行变形验算;
- 对建造在处理后的地基上受较大水平荷载或位于斜坡上的建筑物,应进行地基稳定性验算。

5.4.2 处理后的地基承载力验算,应同时满足轴心荷载作用、偏心荷载作用及软弱下卧层承载力要求。

5.4.3 地基处理所采用的材料,应根据场地类别符合有关标准对耐久性设计与使用的要求。

6 防水设计措施

6.1 一般规定

防止或减小建筑物地基浸水湿陷的设计措施,应根据建筑物类别和岩土工程勘察对场地和地基的湿陷性评价结果综合确定。

在总平面设计、场地排水、地面防水、排水沟、管道敷设、建筑物散水、屋面排水、管道材料和连接等方面采取加强措施,防止雨水或生产、生活用水的渗漏。对防护范围内的地下管道,增设检漏管沟和检漏井且提高设施的材料防水标准,如增设可靠的防水层、采用钢筋混凝土排水沟等。并在建筑物周围采取防止水从建筑物外侧渗入地基中的措施,如设置防水帷幕(连续灰土墙、密集灰土桩、防水土工织物等)、增大地基处理外放尺寸等。

- a) 洞顶与管道及管沟顶间的净空高度：消除地基全部湿陷量的建筑物，不宜小于 200mm；消除地基部分湿陷量和未处理地基的建筑物，不宜小于 300 mm。洞边与管沟外壁应脱离。
- b) 洞边与承重外墙转角处外缘的距离不宜小于 1 m；当不能满足要求时，可采用钢筋混凝土框加强。
- c) 洞底距基础底不小于洞宽的 1/2，并不宜小于 400 mm，当不能满足要求时，应局部加深基础或在洞底设置钢筋混凝土梁。

6.5 给水排水、供热与通风防水设计

6.5.1 给水、排水管道设计，应符合下列规定：

- a) 室内管道宜明装；暗设管道应设置便于检修的设施；
- b) 室外管道宜布置在防护范围外；布置在防护范围内的地下管道，应采取可靠的防水措施；
- c) 管道接口应严密不漏水，并应具有柔性；管道接口法兰、卡扣、卡箍等应安装在检查井或地沟内，不应埋在土层中；
- d) 设置在地下的管道检漏管沟和检漏井，应便于检查和排水，且应按照储水构筑物的相关规定进行地基处理。

6.5.2 屋面雨水引出外墙后，应导入室外雨水明沟、管道或检查井。

6.5.3 管沟应作防水处理，其材料与做法应符合下列规定：

- a) 在非自重湿陷性黄土地，应采用砖壁混凝土槽形底检漏管沟或砖壁钢筋混凝土槽形底检漏管沟；管沟高度大于 1.6 m 时应采用钢筋混凝土检漏管沟。
- b) 在自重湿陷性黄土地，应采用钢筋混凝土检漏管沟。地基受水浸湿可能性大的建筑，宜增设防水层，防水层应做保护层。
- c) 直径较小、长度较短的管道，采用检漏管沟确有困难时，可采用金属套管或钢筋混凝土套管代替管沟。

6.5.4 管沟设计，除应符合 6.5.6 的规定外，尚应符合下列规定：

- a) 检漏管沟的盖板不宜明设。当明设时或在人孔处，应采取防止地面水流入沟内的措施；
- b) 检漏管沟的沟底应设坡度，并应坡向检漏井。进、出户管的检漏管沟，沟底坡度宜大于 2%；
- c) 检漏管沟的截面，应根据管道管径、数量和安装与检修的要求确定。在使用和构造上需保持地面完整或当地下管道较多并需集中设置时，宜采用半通行或通行管沟；
- d) 不得利用建筑物和设备基础作为沟壁或井壁；
- e) 检漏管沟在穿过建筑物基础或墙处不得断开，并应加强其刚度。检漏管沟穿出外墙的施工缝，宜设在室外检漏井处或超出基础 3m 处。

6.5.5 穿基础或穿墙的地下管道、管沟，在基础或墙内预留洞的尺寸，应符合 6.4 的规定。

6.5.6 检漏井设计，应符合下列规定：

- a) 检漏井应设置在管沟末端和管沟沿线分段的每段下游检漏处；
- b) 检漏井内宜设集水坑，其深度不应小于 300 mm；
- c) 当检漏井与排水系统接通时，应防止倒灌。

6.5.7 检漏井、阀门井、消火栓井、消防水泵接合器井、洒水栓井、雨水篦井和检查井等，应做内壁防水处理，并应符合下列规定：

- a) 应采取防止地面水、雨水流入井内的措施；
- b) 防护范围内的各种井，宜采用与检漏管沟相应的材料；
- c) 不得利用检查井、消火栓井、消防水泵接合器井、洒水栓井和阀门井等兼做检漏井；但检漏井可与检查井或阀门井共壁合建；
- d) 不宜采用闸阀套筒代替阀门井。

式中:

p_z —相应于作用的标准组合时, 垫层底面处的附加压力值 (kPa);

p_{cz} —垫层底面处的自重压力值 (kPa);

f_{az} —垫层底面处经深度修正后的地基承载力特征值 (kPa)。

垫层底面处的附加应力值 p_z 可分别按式 (3) 和式 (4) 计算:

条形基础

$$p_z = \frac{b(p_k - p_c)}{b + 2Z \tan \theta} \dots\dots\dots (3)$$

矩形基础

$$p_z = \frac{bl(p_k - p_c)}{(b + 2Z \tan \theta)(l + 2Z \tan \theta)} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

b —矩形基础或条形基础底面的宽度 (m);

l —矩形基础底面的长度 (m);

p_k —相应于作用的标准组合时, 基础底面处的平均压力值 (kPa);

p_c —基础底面处的土自重压力值 (kPa);

θ —处理层地基压力扩散线与垂直线的夹角 ($^\circ$), 灰土、水泥土垫层可取 $28^\circ \sim 30^\circ$; 素土垫层当 $z/b < 0.25$ 时取 0° , $z/b = 0.25$ 时取 6° , $z/b \geq 0.5$ 取 23° , $0.25 < z/b < 0.5$ 时可内插确定。

Z —垫层的厚度 (m)。

7.5 垫层底面宽度要求

垫层底面的宽度应满足基础底面应力扩散的要求, 可按下式确定:

$$b' \geq b + 2Z \tan \theta \dots\dots\dots (5)$$

式中:

b' —垫层底面宽度;

垫层顶面宽度可从垫层底面两侧向上, 按基坑 (槽) 开挖期间保持边坡稳定的当地可靠经验及要求放坡确定。垫层顶面宽度每边超出基础底边不宜小于 300mm。

7.6 垫层的压实标准

7.6.1 土 (或灰土) 的最大干密度和最优含水量, 应在工程现场采取有代表性的扰动土样采用轻型标准击实试验确定。

7.6.2 土 (或灰土) 垫层的施工质量, 应用压实系数 λ_c 控制, 并应符合式 (6) 规定:

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

λ_c —压实系数;

ρ_d —土 (或灰土) 垫层控制 (或设计) 的干密度 (g/cm^3);

ρ_{dmax} —轻型标准击实试验测的土 (或灰土) 的最大干密度 (g/cm^3)。

厚度不大于 3 m 的垫层, λ_c 不应小于 0.97; 厚度大于 3 m 的垫层, 基底下 3 m 以内 λ_c 不应小于 0.97, 其以下部分不应小于 0.95。

7.7 地基承载力

7.7.1 地基处理厚度不大于 300 mm 时, 地基承载力特征值按照下卧层承载力特征值确定。

7.7.2 根据试验结果或静载试验确定原土地基承载力特征值。

7.7.3 处理后土(或灰土)垫层的承载力特征值, 对土垫层不宜超过 130 kPa, 对灰土垫层不宜超过 180 kPa。

7.8 具体处理方法及防水措施

7.8.1 I 级非自重湿陷性黄土场地

7.8.1.1 对于单层结构房屋可不进行地基处理, 但地基土承载力应满足设计要求。基础埋深宜大于当地的冻土深度, 并确保散水周边 4 m 内不得存在积水现象。散水构造作法如图 1 所示。

7.8.1.2 对于二层结构房屋, 地基换填厚度不应小于 1.0 m, 局部换填时每边应超出基础底面宽度的 1/4, 并不应小于 0.50 m。整片换填时, 超出建筑物外墙基础外缘的宽度, 每边不宜小于处理土层厚度的 1/2, 并不应小于 2.0 m。地基土承载力应满足设计要求, 基础埋深宜大于当地的冻土深度, 并确保散水周边 4.0 m 内不得存在积水现象。散水构造作法如图 1 所示。

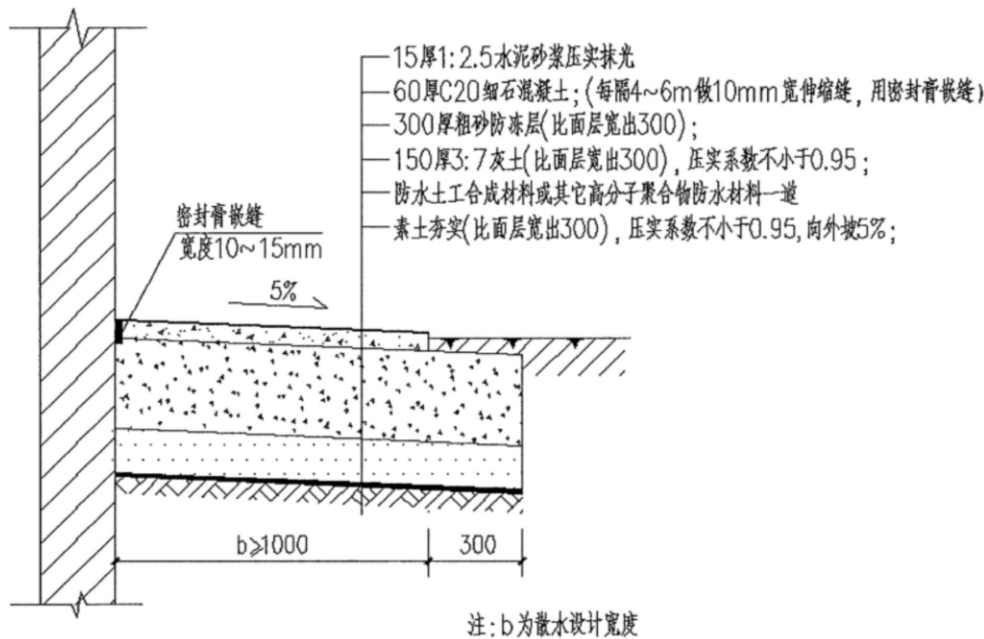


图1 散水构造作法一

7.8.2 II 级非自重湿陷性黄土场地

7.8.2.1 对于单层结构房屋, 地基换填厚度不应小于 1.0 m, 局部换填时每边应超出基础底面宽度的 1/4, 并不应小于 0.50 m。整片换填时, 超出建筑物外墙基础外缘的宽度, 每边不宜小于处理土层厚度的 1/2, 并不应小于 2.0 m。地基土承载力应满足设计要求, 基础埋深宜大于当地的冻土深度, 并确保散水周边 5 m 内不得存在积水现象。构造作法如图 1 所示。

7.8.2.2 对于二层结构房屋，宜采用整片换填法，处理范围应超出建筑物外墙基础外缘的宽度，每边不宜小于处理土层厚度的 1/2，并不应小于 2.0m。垫层外围应设置不小于 0.5m 宽、2.0m 厚的连续灰土墙，作法如图 3 所示。灰土墙内侧地基换填厚度不应小于 1.0m，基础底板下换填采用不小于 300mm 厚 3:7 灰土垫层。基础埋深宜大于当地的冻土深度，并确保散水周边 5m 内不得存在积水现象。构造作法如图 2 所示。

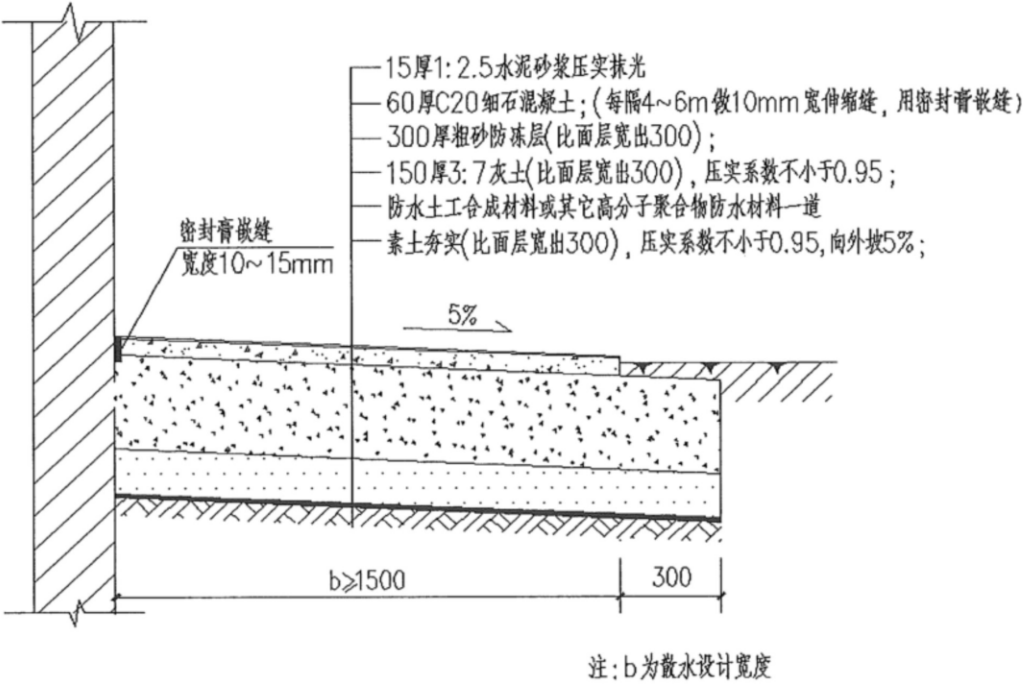


图2 散水构造示作法二

7.8.3 II级自重湿陷性黄土地

7.8.3.1 对于单层结构房屋，应采用整片换填法，处理范围应超出建筑物外墙基础外缘的宽度，每边不宜小于处理土层厚度的 1/2，并不应小于 2.0m。垫层外围应设置不小于 0.5m 宽、2.0m 厚的连续灰土墙，作法如图 3 所示。灰土墙内侧地基换填厚度不应小于 1.0m，基础底板下换填采用不小于 300mm 厚 3:7 灰土垫层。地基土承载力应满足设计要求，基础埋深宜大于当地的冻土深度，并确保散水周边 5m 内不得存在积水现象。构造作法如图 2 所示。

7.8.3.2 对于二层结构房屋，应采用整片换填处理，处理范围应超出建筑物外墙基础外缘的宽度，每边不宜小于处理土层厚度的 1/2，并不应小于 2.0m。垫层外围应设置不小于 0.5 m 宽、2.5m 厚的连续灰土墙，作法如图 3 所示。灰土墙内侧地基换填厚度不应小于 1.5m，基础底板下换填采用不小于 450mm 厚 3:7 灰土垫层。地基土承载力应满足设计要求，基础埋深宜大于当地的冻土深度并确保散水周边 5m 内不得存在积水现象。构造作法见如图 2 所示。

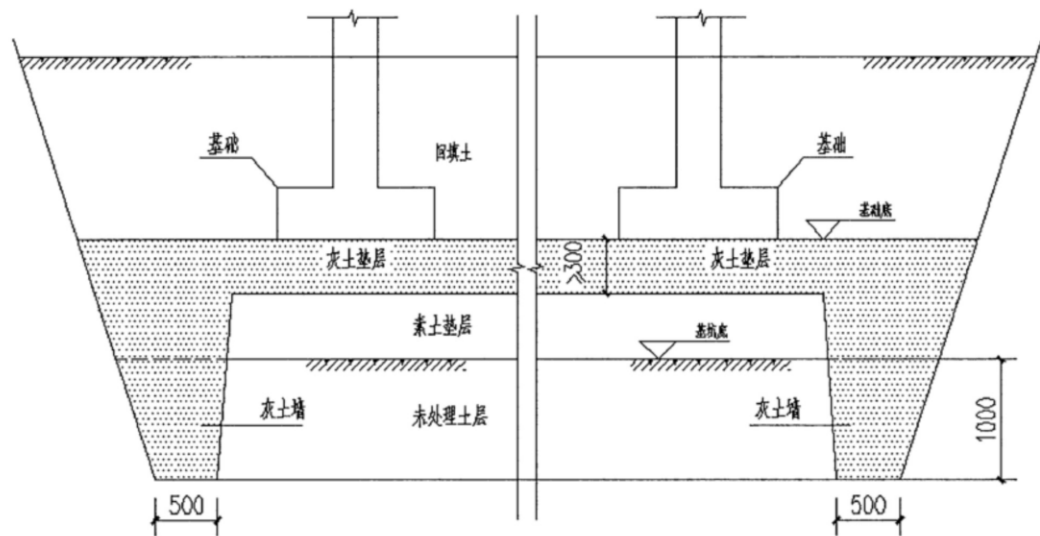


图3 II级自重湿陷性黄土场地基坑四周灰土墙示意图

7.8.4 III或IV级自重湿陷性黄土场地

7.8.4.1 对于单层结构房屋，应采用整片换填法，处理范围应超出建筑物外墙基础外缘的宽度，每边不宜小于处理土层厚度的 1/2，并不应小于 2.0m。垫层外围应设置不小于 0.5m 宽、2.5m 或 3.5m（IV 级）厚的连续灰土墙，作法如图 3 所示。灰土墙内侧地基换填厚度不应小于 1.5m 或 2.5m（IV 级），基础底板下换填采用不小于 450mm 厚 3:7 灰土垫层，当基础底板下铺设土工合成材料时，灰土垫层厚度宜根据具体工程项目适当减小。地基土承载力应满足设计要求，基础埋深宜大于当地的冻土深度，并确保散水周边 7m 或 9m（IV 级）内不得存在积水现象。构造作法如图 2 所示。

7.8.4.2 对于二层结构房屋，应采用整片换填法，处理范围应超出建筑物外墙基础外缘的宽度，每边不宜小于处理土层厚度的 1/2，并不应小于 2.0m。垫层外围应设置不小于 0.5m 宽、3.0m 或 4.0m（IV 级）厚的连续灰土墙，作法如图 4 所示。灰土墙内侧地基换填厚度不应小于 1.5m 或 2.5m（IV 级），基础底板下换填采用不小于 600mm 厚 3:7 灰土垫层，当基础底板下铺设土工合成材料时，灰土垫层厚度宜根据具体工程项目适当减小，并不应小于 450mm。地基土承载力应满足设计要求，基础埋深宜大于当地的冻土深度，并确保散水周边 7m 或 9m（IV 级）内不得存在积水现象。构造作法如图 2 所示。

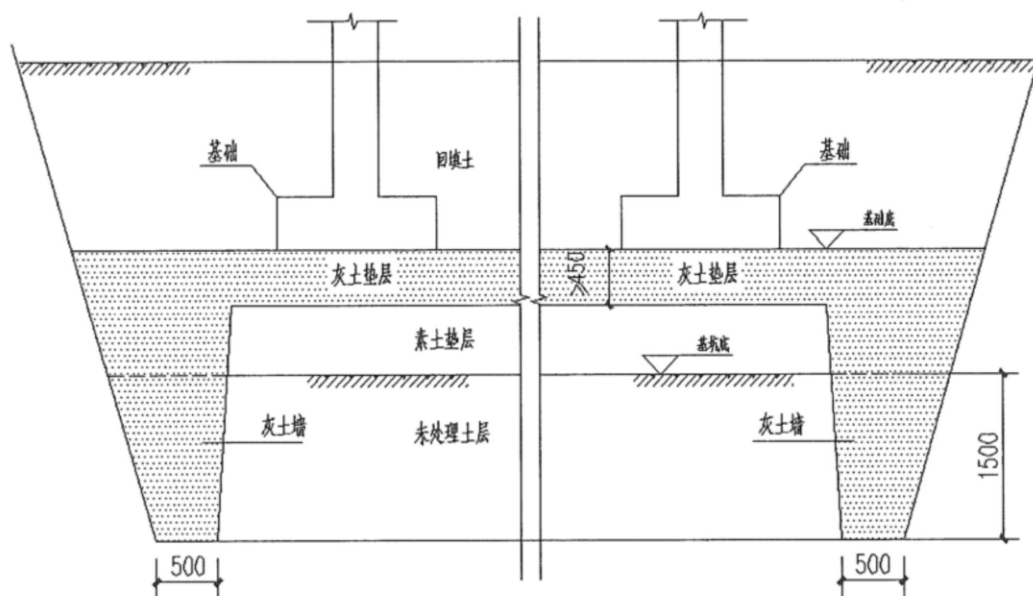


图4 III或IV级自重湿陷性黄土地基坑四周灰土墙示意图

7.9 施工

7.9.1 施工土、灰土或水泥土垫层前，应先将基底下拟处理的湿陷性黄土挖除，宜利用就地挖出的黄土或其他黏性土作材料，根据所选用的夯实或压实设备及试压确定的施工参数，在最优或接近最优含水量下分层回填、分层夯实或压实至设计标高。

7.9.2 垫层施工宜采用平碾、振动碾或羊足碾，中小型工程也可采用蛙式夯、柴油夯。

7.9.3 垫层的施工方法、分层铺填厚度、每层压实遍数等宜通过试验确定。除接触下卧软土层的垫层底部应根据施工机械设备及下卧层土质条件确定厚度外，一般情况下，垫层的分层铺填厚度可取200mm~300mm。为保证分层压实质量，应控制机械碾压速度。

7.9.4 垫层施工含水量宜控制在最优含水量 $\pm 2\%$ 的范围内，最优含水量可通过击实试验确定，也可按当地经验取用。

7.9.5 当垫层底部存在古井、古墓、洞穴、旧基础、暗塘等软硬不均的部位时，应根据建筑对不均匀沉降的要求予以处理，并经检验合格后，方可铺填垫层。

7.9.6 基坑开挖时应避免坑底土层受扰动，可保留约200mm厚的土层暂不挖去，待铺填垫层前再挖至设计标高。严禁扰动垫层下的软弱土层，防止其被践踏、受冻或受水浸泡。

7.9.7 换填垫层施工应注意基坑排水，不得在浸水条件下施工，必要时应采用降低地下水位的措施。

7.9.8 垫层底面宜设在同一标高上，如深度不同，基坑底土面应挖成阶梯或斜坡搭接，并按先深后浅的顺序进行垫层施工，搭接处应夯压密实。垫层分段施工时，不得在柱基、墙角及承重窗间墙下接缝。上下两层的缝距不得小于500mm。接缝处应夯压密实。灰土应拌合均匀并应当日铺填夯压。灰土夯压密实后3d内不得受水浸泡。每层验收后应及时铺填上层或封层，防止干燥后松散起尘污染，同时应禁止车辆碾压通行。垫层竣工验收合格后，应及时进行基础施工与基坑回填。

7.9.9 在施工土（或灰土）垫层进程中，应分层取样检验，并应在每层表面以下的 $2/3$ 厚度处取样检验土（或灰土）的干密度，然后换算为压实系数，取样的数量及位置应符合下列规定：

- 整片土（或灰土）垫层的面积每 $100\text{m}^2\sim 500\text{m}^2$ ，每层3处；
- 独立基础下的土（或灰土）垫层，每层3处；
- 条形基础下的土（或灰土）垫层，每10m每层1处；

- d) 取样点位置宜在各层的中间及离边缘 150mm~300mm。

7.9.10 土工合成材料的施工如下:

- a) 下铺地基层面应平整;
- b) 土工合成材料铺设顺序应先纵向后横向,且应把土工合成材料张拉平整、绷紧,严禁有皱折;
- c) 土工合成材料的连接宜采用搭接法、缝接法或胶接法,接缝强度不应低于原材料抗拉强度,端部应采用有效方法固定,防止卷材拉出;
- d) 应避免土工合成材料暴晒或裸露,阳光暴晒时间不应大于 8h。

8 综合防水措施的土或灰土挤密桩法

8.1 适用范围

综合防水措施的土或灰土挤密桩法适用于处理地下水位以上的Ⅲ级、Ⅳ级自重湿陷性黄土。当以消除地基土的湿陷性为主要目的时,宜选用土挤密桩法。当以提高地基土的承载力或增强其水稳性为主要目的时,宜选用灰土挤密桩法。当地基土的含水量大于24%,不宜选用灰土挤密桩法或土挤密桩法。

8.2 现场试验要求

缺乏建筑经验的地区,应在现场选择有代表性的地段进行试桩试验。如土性基本相同,试验可在同地段地进行,如土性差异明显,应在不同地段分别进行试验。取得需要的设计参数后,再进行地基处理设计和施工。

8.3 处理宽度及深度

灰土挤密桩和土挤密桩处理地基的面积,应大于基础或建筑物底层平面的面积,并应符合下列规定:

- a) 当采用整片处理时,超出建筑物外墙基础底面外缘的宽度,每边不宜小于处理土层厚度的 1/2,并不应小于 2.0m。
- b) 处理深度及平面布置:当场地土为Ⅲ级或Ⅳ级自重湿陷性时,处理深度不应小于 3.0m 或 4.0m。基坑四周挤密桩外围一定范围采用密集型挤密桩,通过密集型挤密桩及桩顶灰土垫层形成防水帷幕,密集桩桩端应进入非湿陷性土层或控制未处理土层剩余湿陷量不大于 200mm。桩平面布置示意图见图 5。

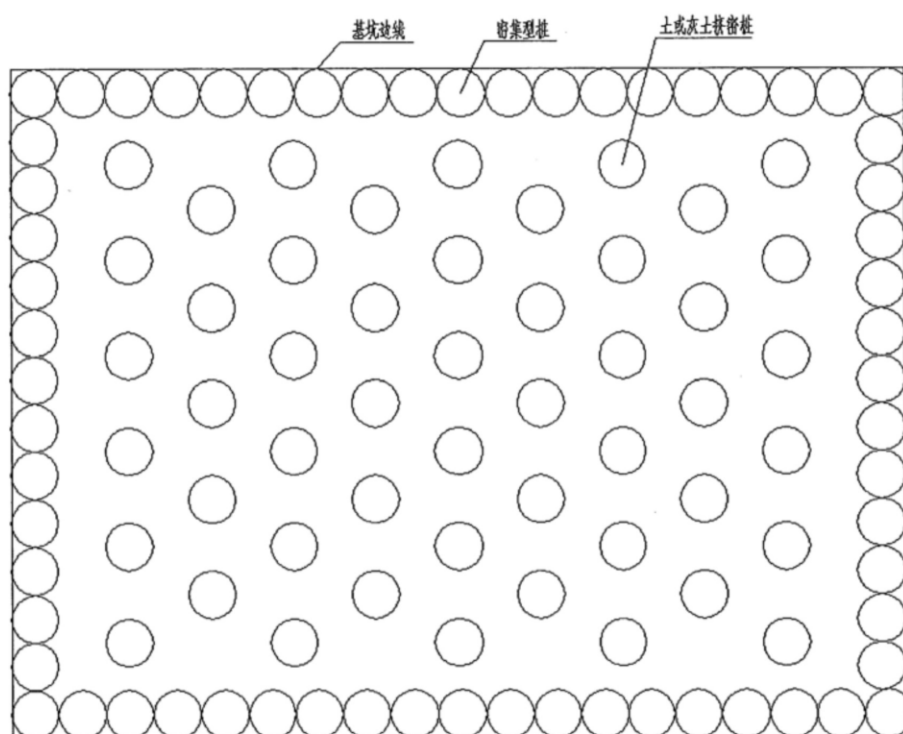


图5 土或灰土挤密桩平面布置图

8.4 挤密桩参数

8.4.1 挤密孔的孔位，宜按正三角形布置。当挤密处理深度不超过 12m 时，不宜预钻孔，挤密孔直径宜为 0.35 m~0.45 m；当挤密处理深度超过 12 m 时，可预钻孔，其直径 (d) 宜为 0.25 m~0.30 m，挤密填料孔直径 (D) 宜为 0.50 m~0.60 m。桩孔之间的中心距离，可为桩孔直径的 2.0~2.5 倍，也可按式 (7) 估算：

$$S = 0.95 \sqrt{\frac{\bar{\eta}_c \rho_{d\max} D^2 - \rho_{do} d^2}{\bar{\eta}_c \rho_{d\max} - \rho_{do}}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

S—孔心距 (m)；

D—成桩直径 (m)；

d—预钻孔直径 (m)，无预钻孔时取 0；

ρ_{do} —地基挤密前压缩范围内各层土的平均干密度 (g/cm³)；

$\rho_{d\max}$ —击实试验确定的最大干密度 (g/cm³)；

$\bar{\eta}_c$ —挤密填料 (达到 D) 后，3 各孔之间土的平均挤密系数不宜小于 0.93。

8.4.2 挤密填料后，3 个孔之间土的最小挤密系数，可按式 (8) 计算：

$$\eta_{d\min} = \frac{\rho_{dc}}{\rho_{d\max}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$\eta_{d\min}$ —土的最小挤密系数，低矮居住建筑不宜小于 0.84；

ρ_{dc} —挤密填孔后，相邻 3 个孔之间形心点部位土的干密度 (g/cm^3)

8.4.3 桩孔的数量可按式 (9) 估算：

$$n = \frac{A}{A_e} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

n —桩孔的数量；

A —拟处理地基的面积 (m^2)；

A_e —1 根土或灰土挤密桩所承担的处理地基面积 (m^2)，其中 A_e 按式 (10) 计算：

$$A_e = \frac{\pi d_e^2}{4} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

d_e —1 根桩分担的处理地基面积的等效圆直径 (m)；

桩孔按等边三角形布置 $d_e = 1.05s$ ；

桩孔按正方形布置 $d_e = 1.13s$ 。

8.5 施工要求

8.5.1 试验要求

挤密法处理地基施工前，应在现场选择有代表性的地段进行试验或试验性施工。预钻孔夯扩挤密工艺施工前应进行试验性施工。试验结果应满足设计要求，并应符合下列规定：

- 试验数量不宜少于 3 组。每组桩数三角形布桩时不应少于 7 根，矩形布桩时不应少于 9 根。
- 在桩间土开挖探井，分层检测桩体压实系数、桩间土平均挤密系数、相邻桩形心处桩间土湿陷性及常规物理力学指标。取样间距不应大于 1 m。
- 对预钻孔夯扩工艺，应根据试验结果确定施工采用机械、锤型、锤重、落距、夯击次数和填料量等施工参数，并应分段检测桩径。

8.5.2 孔内填料要求

土料：宜选用粉质黏土，土料中有机含量不得超过 5%。且不得有冻土或膨胀土，不得夹有砖、瓦或石块等，用于灰土、二灰的土料，人工拌和时，宜过筛，粒径不应超过 15 mm。

石灰：可选用新鲜的消石灰，粒径不应大于 5 mm，所含活性 CaO 或 MgO 不低于 60% 或 55%。

8.5.3 成孔挤密，可选用沉管、夯扩等方法。

8.5.4 挤密桩成孔挤密应间隔分批进行，成孔后应及时夯填。

8.5.5 预留松动层的厚度：机械挤密，宜为 0.50 m～0.70 m。冬季施工可适当增大。

8.5.6 挤密地基，在基底下设 0.50 m 厚的灰土垫层。

8.5.7 孔内填料的夯实质量，应及时抽样检查，其数量不得少于总孔数的 2%，每台班不应少于 1 孔。在全部孔深内，宜每 1 m 取土样测定干密度，检测点的位置应在距孔心 2/3 孔半径处。孔内填料的夯实质量，也可通过现场试验测定。

8.5.8 成孔和孔内回填夯实应符合下列要求：

- 成孔和孔内回填夯实的施工顺序，整片处理时，宜从里（或中间）向外间隔 1～2 孔进行，对大型工程，可采取分段施工；

- b) 向孔内填料前,孔底应夯实,并应抽样检查桩孔的直径、深度和垂直度;
- c) 桩孔的垂直度偏差不宜大于 1.5%;
- d) 桩孔中心点的偏差不得超过桩距设计值的 5%;
- e) 经检验合格后,应按设计要求,向孔内分层填入筛好的素土、灰土或其他填料,并应分层夯实至设计标高。

8.6 承载力

8.6.1 灰土挤密桩和土挤密桩复合地基承载力特征值,应通过现场单桩或多桩复合地基载荷试验确定,具体按照式(11)计算。初步设计当无试验资料时,可按当地经验确定,但对灰土挤密桩复合地基的承载力特征值,不宜大于处理前的 2.0 倍,并不宜大于 250 kPa;对土挤密桩复合地基的承载力特征值,不宜大于处理前的 1.4 倍,并不宜大于 180 kPa。

$$f_{spk} = [1 + m(n-1)]f_{sk} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

f_{spk} —挤密桩复合地基承载力(kPa);

f_{sk} —处理后桩间土的承载力特征值(kPa);

m 面积置换率, $m = d^2 / d_e^2$, d 为桩身平均直径(m), d_e 为一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径(m);等边三角形布桩 $d_e = 1.05s$, 正方形布桩 $d_e = 1.13s$, s 为桩间距;

n —桩土应力比。

8.6.2 当基础宽度大于 3 m 或埋置深度大于 1.5 m 时,复合地基承载力特征值应进行修正,其中深度修正系数取 1.0,宽度修正系数取 0。

9 强夯法

9.1 适用范围

强夯法适用于地下水位以上、湿陷性黄土的含水量小于 20% 的城市郊区或周围建筑物较少的自重湿陷性黄土场地整片处理,对非自重湿陷性黄土,也可参考自重湿陷性黄土地区处理方法。

9.2 强夯设计

9.2.1 土的天然含水量宜低于塑限含水量 1%~3%。在拟夯实的土层内,当土的天然含水量低于 10% 时,宜对其增湿至接近最优含水量;当土的天然含水量大于塑限含水量 3% 以上时,宜采用晾干或其他措施适当降低其含水量。

9.2.2 对低矮居住建筑,在湿陷性黄土场地,根据湿陷等级,基底处理最小厚度可按表 2 选用。

表2 基底处理厚度的选用

湿陷等级	基底处理厚度(m)
II级自重湿陷	≥2.5
III级自重湿陷	≥3.0
IV级自重湿陷	≥4.0

9.2.3 采用强夯法施工完成地基处理后,地面防水措施应参照垫层法的地面防水措施执行。

9.2.4 采用强夯法处理湿陷性黄土地基，应先在场地内选择有代表性的地段进行试夯或试验性施工，并应符合下列规定：

- a) 试夯点的数量，应根据建筑场地的复杂程度、土质的均匀性和建筑物的类别等综合因素确定。在同一场地内如土性基本相同，试夯或试验性施工可在一处进行；否则，应在土质差异明显的地段分别进行；
- b) 在试夯过程中，应测量每个夯点每夯击 1 次的下沉量（以下简称夯沉量）；
- c) 试夯结束后，应从处理深度范围内，每隔 0.50 m~1.00 m 取土样进行室内试验，测定土的干密度、压缩系数和湿陷系数等指标，必要时，可进行静载荷试验或其他原位测试；
- d) 测试结果，当不满足设计要求时，可调整有关参数（如夯锤质量、落距、夯击次数等）重新进行试夯；
- e) 夯点的夯击次数和最后 2 击的平均夯沉量，应按试夯结果或试夯记录绘制的夯击次数和夯沉量的关系曲线确定。

9.3 施工要求及质量检测

9.3.1 强夯的单位夯击能，应根据施工设备、黄土地层的时代、湿陷性黄土层的厚度和要求消除湿陷性黄土层的有效深度等因素确定。一般可取 1000 kN·m~4000 kN·m，夯锤底面宜为圆形，锤底的静压力宜为 25 kPa~60 kPa。

9.3.2 对湿陷性黄土地基进行强夯施工，夯锤的质量、落距、夯点布置、夯击次数和夯击遍数等参数，宜与试夯选定的相同，施工中应有专人监测和记录。夯击遍数宜为 2~3 遍。最末一遍夯击后，再以低能量（落距 4 m~6 m）对表层松土满夯 2~3 击，也可将表层松土压实或清除，在强夯土表面以上并宜设置 300 mm~500 mm 厚的灰土垫层。

9.3.3 采用强夯法处理湿陷性黄土地基，消除湿陷性黄土层的有效深度，应根据试夯测试结果确定。在有效深度内，土的湿陷系数 δ_s 均应小于 0.015。选择强夯方案处理地基或当缺乏试验资料时，消除湿陷性黄土层的有效深度，可按表 3 中所列的相应单击夯击能进行预估。

表3 强夯能级与夯实厚度对应关系

单击夯击能（kN·m）	夯实厚度（m）	
	全新世（ Q_4 ）黄土	晚更新世(Q_3)黄土
1000	3~4	
2000	4~5	
3000	5~6	
4000	6~6.5	

9.3.4 在强夯施工过程中或施工结束后，应按下列要求对强夯处理地基的质量进行检测：

- a) 检查强夯施工记录，基坑内每个夯点的累计夯沉量，不得小于试夯时各夯点平均夯沉量的 95%；
- b) 隔 7 d~10 d，在每 500 m²~1 000 m² 面积内的各夯点之间任选一处，自夯击终止时的夯面起至其下 5 m~12 m 深度内，每隔 1 m 取 1~2 个土样进行室内试验，测定土的干密度、压缩系数和湿陷系数；

- c) 强夯土的承载力, 宜在地基强夯结束 30d 左右, 采用静载荷试验测定;
 - d) 强夯锤质量可取 10 t~40 t, 对于低矮居住建筑, 一般采用 10 t~30 t 锤, 落距 10 m, 单击夯击能为 1 000 kN·m~4 000 kN·m, 其底面形式宜采用圆形或多边形, 锤底面积宜按土的性质确定, 锤底静接地压力值可取 25 kPa~40 kPa, 对于细颗粒土锤底静接地压力宜取较小值。锤的底面宜对称设置若干个与其顶面贯通的排气孔, 孔径可取 250 mm~300 mm。强夯置换锤底静接地压力值可取 100 kPa~200 kPa。
- 9.3.5 施工机械宜采用带有自动脱钩装置的履带式起重机或其他专用设备。采用履带式起重机时, 可在臂杆端部设置辅助门架, 或采取其他安全措施, 防止落锤时机架倾覆。
- 9.3.6 当场地表土软弱或地下水位较高, 夯坑底积水影响施工时, 宜采用人工降低地下水位或铺填一定厚度的松散性材料, 使地下水位低于坑底面以下 2 m。坑内或场地积水应及时排除。
- 9.3.7 施工前应查明场地范围内的地下构筑物和各种地下管线的位置及标高等, 并采取必要的措施, 避免因施工而造成损坏。
- 9.3.8 当强夯施工所产生的振动对邻近建筑物或设备会产生有害的影响时, 应设置监测点, 并采取挖隔振沟等隔振或防振措施。
- 9.3.9 强夯施工可按下列步骤进行:
- a) 清理并平整施工场地;
 - b) 标出第一遍夯点位置, 并测量场地高程;
 - c) 起重机就位, 夯锤置于夯点位置;
 - d) 测量夯前锤顶高程;
 - e) 将夯锤起吊到预定高度, 开启脱钩装置, 待夯锤脱钩自由下落后, 放下吊钩, 测量锤顶高程, 若发现因坑底倾斜而造成夯锤歪斜时, 应及时将坑底整平;
 - f) 重复步骤 e, 按设计规定的夯击次数及控制标准, 完成一个夯点的夯击;
 - g) 换夯点, 重复步骤 c 至 f, 完成第一遍全部夯点的夯击;
 - h) 用推土机将夯坑填平, 并测量场地高程;
 - i) 在规定的间隔时间后, 按上述步骤逐次完成全部夯击遍数, 最后用低能量满夯, 将场地表层松土夯实, 并测量夯后场地高程。

10 使用与维护

10.1 一般规定

- 10.1.1 建筑物及管道设施使用期间应定期检查和维修, 并应做好记录。
- 10.1.2 管理单位应存留完整的建设技术资料档案, 包括岩土勘察报告、设计及变更文件、检验检测报告及其他竣工资料。使用期间建筑物、附属设施和管道的改建、加固、维修等资料应一并归档。
- 10.1.3 管理单位应制定维护管理制度和实施细则, 并负责实施。
- 10.1.4 既有建筑物的防护范围内增添或改变用水设施时, 应采取相应的防水措施或其他措施。
- 10.1.5 既有建筑物周边水环境发生改变, 可能引起建筑物地基浸水或地下水位变化时, 管理单位应收集有关资料, 并宜会同原设计单位对建筑物的影响作出评估、根据评估结果采取相应措施。

10.2 维护与检修

- 10.2.1 使用期间给水、排水、和供热管道系统应定期进行维护, 保持其畅通。并应符合下列规定:
 - a) 发现漏水或故障, 应及时断绝水源、汽源, 故障排除后方可继续使用;

- b) 每隔 3 年~5 年,宜对埋地压力管道进行工作压力下的泄压检查,对埋地自流管道进行常压泄漏检查;发现泄露,应及时检修。

10.2.2 检漏设施和防水套管应定期检查。采用严格防水措施的建筑,宜每周检查一次,其他建筑宜每半个月检查一次。发现有积水或堵塞物,应及时修复和清除,并作记录。

10.2.3 防护范围内的防水措施应经常检查,并应符合下列规定:

- a) 防水地面、排水沟和雨水明沟应经常检查,发现裂缝及时修补。每年应全面检修 1 次。
- b) 散水的伸缩缝和散水与外墙交接处的填塞材料应经常检查和填补。散水发生倒坡时,应及时修补并应调整至原设计坡度。
- c) 建筑场地应保持原设计的排水坡度,发现积水地段,应及时填平夯实。
- d) 建筑物周围 6 m 以内的地面应保持排水畅通,不得堆放阻碍排水的物品和垃圾,不应绿化过量浇水。

10.2.4 每年雨季前和每次暴雨后,对防洪沟、缓洪调节池、排水沟、雨水明沟及雨水收集口等,应进行详细检查,清除淤积物,整理沟堤,保持排水畅通。

10.2.5 每年入冬以前,应对可能冻裂的水管采取保温措施。并应对所有管道进行系统检查,管沟或管道的过缝、过门处应重点检查。

10.2.6 当发现建筑物突然下沉,墙、梁、柱或楼板、地面出现裂缝时,应立即检查附近的供热管道、水管和水池、化粪池等。有漏水(汽)时,应迅速断绝水(汽)源,观测建筑物的沉降和裂缝发展情况,记录部位和时间,并应会同有关部门研究处理。

10.3 沉降观测和地下水位观测

10.3.1 管理单位在接管沉降观测和地下水位观测工作时,应根据设计文件、施工资料及移交清单,对水准基点、观测点、观测井及观测资料和记录,逐项检查、清点和验收。有水准基点或观测点损坏、不全或观测井填塞等情况时,应由移交单位补齐或清理。

10.3.2 水准基点、沉降观测点及水位观测井应妥善保护。并应定期根据地区水准控制网对水准基点进行校核。

10.3.3 建筑物的沉降观测应按 JGJ 8 执行;地下水位观测应按设计要求进行。观测记录应及时整理,并存入工程技术档案。

10.3.4 发现建筑物沉降和地下水位变化出现异常时,应及时反馈给有关单位研究处理。
