

住房和城乡建设部备案号:J15205—2020

DB64

宁夏回族自治区地方标准

DB64/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

宁夏回族自治区住房和城乡建设厅
宁夏回族自治区市场监督管理厅 发布

宁夏回族自治区住房和城乡建设厅

公 告

[2020]51号

自治区住房和城乡建设厅关于发布 《复合保温板结构一体化系统应用技术规程》 等3项地方标准的公告

经我厅会同自治区市场监督管理厅组织审查,批准《复合保温板结构一体化系统应用技术规程》《湿陷性黄土地区低矮居住建筑地基处理技术规程》《混凝土结构成型钢筋加工配送技术标准》为宁夏回族自治区地方标准。《复合保温板结构一体化系统应用技术规程》编号为DB64/T 1539—2020,《湿陷性黄土地区低矮居住建筑地基处理技术规程》编号为DB64/T 1702—2020、《混凝土结构成型钢筋加工配送技术标准》编号为DB64/T 1703—2020。

以上3项标准自2020年8月18日起实施,请各单位认真遵照执行,执行过程中发现问题,请及时反馈宁夏工程建设标准管理中心。

原《复合保温板结构一体化系统应用技术规程》(DB64/T 1539—2018)同时废止。

宁夏回族自治区住房和城乡建设厅
2020年5月27日

前 言

根据宁夏回族自治区住房和城乡建设厅《关于发布2017年度工程建设地方标准制修订项目计划的通知》[宁建(科)发(2017)]10号的要求,编制组经广泛调查研究、总结工程实践结果,参考国内相关技术标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本标准。

本标准的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.基本规定;4.防水设计措施;5.综合防水措施的换填垫层法;6.综合防水措施的土或灰土挤密桩法;7.强夯法;8.使用与维护。

本规程由宁夏回族自治区住房和城乡建设厅负责管理,由宁夏固原建筑设计研究院(有限公司)负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送宁夏固原建筑设计研究院(有限公司)(地址:宁夏固原市原州区泰合路,邮政编码756000,电子邮箱:nc-gysjy@126.com)

本规程主编单位:宁夏固原建筑设计研究院(有限公司)

本规程参编单位:宁夏建筑设计研究院有限公司

银川市规划建筑设计研究院有限公司

宁夏建设投资集团有限公司

宁夏昌学森项目管理有限公司

本规程主要起草人员:李海东 李树海 张津生 张向东

王 龙 刘福友 叶 岚 浦兴学

许正虎 郭立民 王学信 白银广

戴永军 魏 杰 黄卫舟

本规程主要审查人员:张拥军 薛 鹏 孔 青 高海宁

刘玉荣 韦 红 高宁泉

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	5
3.1	准备工作	5
3.2	地基处理方法的确定	5
3.3	地基承载力特征值	6
3.4	地基处理的设计	6
4	防水设计措施	8
4.1	一般规定	8
4.2	场址选择与总平面防水设计	8
4.3	建筑防水设计	10
4.4	结构防水设计	11
4.5	给水、排水管道防水设计	12
4.6	供热管道与风道防水设计	14
5	综合防水措施的换填垫层法	15
5.1	一般规定	15

5.2	设计	15
5.3	具体处理方法及防水措施	17
5.4	施工	22
6	综合防水措施的土或灰土挤密桩法	24
6.1	一般规定	24
6.2	设计	24
6.3	施工要求	26
6.4	承载力	28
7	强夯法	29
7.1	适用范围	29
7.2	强夯设计	29
7.3	施工要求及质量检测	30
8	使用与维护	33
8.1	一般规定	33
8.2	维护与检修	33
8.3	沉降观测和地下水位观测	34
	本标准用词说明	35
	引用标准名录	36
	附:条文说明	37

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
3.1	Preparations	5
3.2	Determination of foundation treatment method	5
3.3	The eigenvalue (Characteristic value) of foundation bearing capacity	6
3.4	Design of foundation treatment	6
4	Measures for waterproof design	8
4.1	General Requirements	8
4.2	Site selection and water—proof design of general layout	8
4.3	Architectural waterproof design	10
4.4	Structured waterproof design	11
4.5	Water Supply and drainage waterproof design	12
4.6	Waterproof design of heating pipeline and air duct	14

5	Replacement cushion method for comprehensive waterproof measures	15
5.1	General Requirements	15
5.2	Design Considerations	15
5.3	Concrete treatment method and waterproof measures. ...	17
5.4	Construction	22
6	Soil or lime—soil compaction pile method with comprehensive waterproof easures	24
6.1	General Requirements	24
6.2	Design Considerations	24
6.3	Construction requirements	26
6.4	Bearing capacity	28
7	Dynamic compaction	29
7.1	Application range	29
7.2	Dynamic compaction design	29
7.3	Construction requirements and quality inspection...	30
8	Use and maintenance	33
8.1	General Requirements	33
8.2	Maintenance and Overhau	33
8.3	Observation of Settlement and Groundwater Leve ...	34
	Explanation of Wording in This Standard	35
	List of Quoted Standard	36
	Addition:Explanation of Provisions	37

1 总 则

1.0.1 为确保湿陷性黄土地区低矮居住建筑的安全与正常使用,做到技术先进、经济合理、节约能源、制定本规程。

1.0.2 本规程规定了湿陷性黄土地区低矮居住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。

1.0.3 本规程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规程。

1.0.4 湿陷性黄土地区低矮居住建筑工程地基处理的建设与维护,除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定和要求。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 低矮居住建筑

建筑总高度不超过7.2m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)。

2.1.2 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。

2.1.3 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。

2.1.4 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。

2.1.5 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。

2.1.6 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。

2.1.7 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。

2.1.8 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。

2.1.9 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)。

2.1.10 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。

2.1.11 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。

2.2 符 号

2.2.1 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_m —— 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

2.2.2 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

2.2.3 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

2.2.4 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

3 基本规定

3.1 准备工作

3.1.1 选择处理方案前,应完成如下工作:

- 1 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;
- 2 搜集建设地点有关岩土工程及水文资料;
- 3 调查临近建筑、周边道路及有关管线等设施的排水情况;

3.1.2 根据岩土勘察报告确定湿陷性黄土的湿陷等级。

3.1.3 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。

3.2 地基处理方法的确定

3.2.1 地基处理方法的确定宜按下列步骤进行:

- 1 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;

- 2 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;

- 3 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。

3.3 地基承载力特征值

3.3.1 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。

3.3.2 当基础宽度大于3.0m或埋置深度大于1.50m时,地基承载力特征值应按下式修正:

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (d - 1.50) \quad (3.3.2)$$

式中: f_a ——修正后的地基承载力特征值(kPa);

f_{ak} ——相应于 $b=3.0m$ 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3.0m或大于6.0m时,分别按3.0m或6.0m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。

3.4 地基处理的设计

3.4.1 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:

- 1 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；

2 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；

3 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。

3.4.2 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。

3.4.3 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。

4 防水设计措施

4.1 一般规定

4.1.1 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。

4.1.2 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。

4.2 场址选择与总平面防水设计

4.2.1 场址选择应符合下列规定:

- 1 具有排水畅通或利于组织场地排水的地形条件;
- 2 避开洪水威胁的地段;
- 3 避开不良地质环境发育和地下坑穴集中的地段;
- 4 避开新建水库、人工湖等可能引起地下水位上升的地段;
- 5 避开由于建设可能引起工程地质环境恶化的地段。

4.2.2 总平面设计应符合下列规定:

- 1 合理规划场地,做好竖向设计,保证场地、道路等地表排水畅通;
- 2 在同一建筑场地,地基土的压缩性和湿陷性变化不宜过大;
- 3 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;
- 4 在挖填方厚度较大场区,宜避免在挖填交界处规划布局单体建筑。

4.2.3 山前地带的建筑场地,应整平成若干单独的台地,并应符合下

列规定：

- 1 台地应稳定；
- 2 雨水不应沿斜坡无组织排泄；
- 3 边坡宜做护坡或采取支护措施；
- 4 用陡槽沿边坡排泄雨水时，应使雨水由边坡底部沿排水沟平缓流动，陡槽的结构应使土在暴雨时不受冲刷。

4.2.4 埋地管道、排水沟、雨水明沟和水池等与建筑物之间的防护距离，不宜小于表4.2.4的规定。当不能满足要求时，应采取与建筑物相应的防水措施。

表4.2.4 埋地管道、排水沟、集水点(雨水明沟)与建筑物之间的防护距离(m)

建筑类别	地基湿陷等级			
	I	II	III	IV
丙	5	6~7	8~9	10~12
丁	4	5	6~7	8~9

- 注：1 区内地处陇东—陕北—晋西地区(II区)、陇西地区(I区)、边缘地区(VII区)建设场地，当湿陷性黄土层的厚度大于12.0m时，压力管道与各类建筑的防护距离，不宜小于湿陷性黄土层的厚度；
- 2 当湿陷性黄土层内有碎石土、砂土夹层时，防护距离宜大于表中数值；
 - 3 防护距离计算，建筑物应自外墙墙皮算起；管道和排水沟应自其外壁算起。

4.2.5 各类建筑与新建水渠之间的防护距离，在非自重湿陷性黄土场地不得小于12.0m，在自重湿陷性黄土场地不得小于湿陷性黄土层厚度的3倍，并不应小于25.0m。在自重湿陷性黄土场地各类建筑防护范围内不应设置喷水类水景的湖、水湾、瀑布及喷泉等设施。

4.2.6 建筑场地平整后的坡度，在建筑物周围6.0m内不宜小于2.0%，当为不透水地面时，可适当减小；建筑物周围6.0m外不宜小于0.5%。

4.2.7 当采用雨水明沟或路面排水时，其纵向坡度不应小于0.5%。

4.2.8 建筑物周围6.00m内应平整场地，当为填方时，填方土应分层

(虚铺厚度不大于0.30m)夯(或压)实,压实系数不得小于0.95,表层应设置150mm~300mm厚的灰土面层;当为挖方时,在自重湿陷性黄土地,表面夯(或压)实后宜设置150mm~300mm厚的灰土面层,压实系数不得小于0.95。

4.2.9 防护范围内的雨水明沟不应漏水。自重湿陷性黄土地宜设混凝土雨水明沟,防护范围外的雨水明沟,宜做防水处理,沟底下应设灰土或土垫层。

4.2.10 有下列情况之一时,应采取有组织排除建筑物周边雨水的措施:

1 临近有构筑物(包括露天装置)、露天吊车、堆场或其他露天作业场等;

2 临近有铁路通过;

3 建筑物的平面为E、L、H、L、□等形状构成封闭或半封闭的场地。

4.2.11 山前斜坡上的建筑场地,应根据地形修筑综合防水措施的雨水截水沟。

4.2.12 冲沟发育的山区,宜利用现有排水沟排走山洪,建筑场地位于山洪威胁的地段,应设置排洪沟。排洪沟和冲沟应平缓连接,宜采用较大的坡度,并应减少弯道。在转弯及跌水处应采取防护措施。

4.3 建筑防水设计

4.3.1 建筑防水设计应符合下列规定:

1 建筑物的体型和纵横墙布置,应有利于加强其空间刚度,并具有适应或抵抗湿陷变形的能力。二层砌体承重结构的建筑,体型应简单,长高比不宜大于3.0。

2 合理设计建筑物的雨水排水系统,单层建筑室内地坪应高出室外地坪,且高差不宜小于300mm;二层的室内地坪应高出室外地坪,且高差不宜小于450mm。

3 用水设施宜集中设置,缩短地下管线并远离主要承重基础,其

管道宜明装。

4 在防护范围内设置绿化带,应采取措施防止建筑物及其辅助设施地基土受水浸湿。

5 建筑物的屋面宜采用外排水;当采用有组织外排水时,宜选用耐用材料的水落管,其末端距离散水面不应大于300mm,并不应设置在沉降缝处。

4.3.2 建筑物的周围应设置散水,其坡度不得小于5%。散水外缘应略高于平整后的场地,散水的宽度应符合下列规定:

1 当屋面为无组织排水时,散水的宽度宜为1.50m;

2 当屋面为有组织排水时,非自重湿陷性黄土场地散水的宽度不得小于1.00m,自重湿陷性黄土场地不得小于1.50m。

4.3.3 散水应用现浇混凝土浇筑,并应符合下列规定:

1 其下应设置不小于150mm厚的灰土垫层,垫层应宽出散水边缘不小于300mm。

2 散水宜每隔4.00m~6.00m设置一条伸缩缝。散水与外墙交接处和散水的伸缩缝,应用柔性防水材料封填,沿散水外缘不宜设置排水明沟。

4.3.4 排水沟的材料和做法,应根据场地湿陷类型、建筑物类别和使用要求选定,并应符合下列规定:

1 排水沟下应设灰土或土垫层;

2 防护范围内排水沟宜采用有防水层的钢筋混凝土排水沟;

3 在非自重湿陷性黄土场地,室内小型排水沟可采用素混凝土浇筑,但内侧应做防水地面。

4.4 结构防水设计

4.4.1 结构设计应根据建筑物类别、地基湿陷等级或地基处理后下部未处理湿陷性黄土层的湿陷起始压力值或剩余湿陷量,以及建筑物对不均匀沉降的敏感度等确定采取的结构措施,并应符合下

列规定：

- 1 选择适宜的结构体系和基础型式；
- 2 墙体宜选用轻质材料；
- 3 加强结构的整体性和空间刚度；
- 4 预留适应沉降的净空。

4.4.2 湿陷性黄土地基上的建筑地下管道或管沟穿过建筑物的基础或墙时，应预留洞孔，并应符合下列规定：

1 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300mm。洞边与管沟外壁应脱离。

2 洞边与承重外墙转角处外缘的距离不宜小于1.00m；当不能满足要求时，可采用钢筋混凝土框加强。

3 洞底距基础底不小于洞宽的1/2，并不宜小于400mm，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。

4.5 给水、排水管道防水设计

4.5.1 给水、排水管道设计，应符合下列规定：

1 室内管道宜明装；暗设管道应设置便于检修的设施；

2 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；

3 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；

4 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。

4.5.2 屋面雨水引出外墙后，应导入室外雨水明沟、管道或检查井。

4.5.3 管沟应作防水处理，其材料与做法应符合下列规定：

1 在非自重湿陷性黄土场地，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1.60m时应采用

钢筋混凝土检漏管沟。

2 在自重湿陷性黄土场地,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。

3 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。

4.5.4 管沟设计,除应符合4.5.3的规定外,尚应符合下列规定:

1 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;

2 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%;

3 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;

4 不得利用建筑物和设备基础作为沟壁或井壁;

5 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3.0m处。

4.5.5 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4.4.2的规定。

4.5.6 检漏井设计,应符合下列规定:

1 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;

2 检漏井内宜设集水坑,其深度不应小于300mm;

3 当检漏井与排水系统接通时,应防止倒灌。

4.5.7 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:

1 应采取防止地面水、雨水流入井内的措施;

2 防护范围内的各种井,宜采用与检漏管沟相应的材料;

3 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；

4 不宜采用闸阀套筒代替阀门井。

4.5.8 在湿陷性黄土场地，地下管道及其附属构筑物，如检漏井、阀门井、检查井、管沟、消火栓井、消防水泵接合器井等的地基设计，应设150mm~300mm厚的土垫层；对埋地的重要管道或大型压力管道及其附属构筑物，还应在土垫层上设300mm厚的灰土垫层。

4.5.9 管道穿过井(或沟)时，应在井(或沟)壁处预留洞孔或预埋防水套管，管道与洞孔、套管间的缝隙，应采用不透水的柔性材料填塞。

4.5.10 管道穿过地下室外墙、屋面、水池的池壁处，宜设柔性防水套管或直接预埋翼环套管，且应在连接设备穿水池的池壁处设柔性防水套管并在管道上加设柔性接头或软管。水池的溢水管和泄水管，应接入能满足排水量的排水系统或明沟、集水坑。

4.6 供热管道与风道防水设计

4.6.1 采用直埋敷设的供热管道，管材选用应符合国家现行有关标准的规定。对重点监测管段，宜设置泄漏报警系统。

4.6.2 采用管沟敷设的供热管道，在防护距离内的管沟材料及做法应符合4.5.3和4.5.4的规定；各种地下井、室应采用与管沟相应的材料及做法。阀门不宜设在沟内。

4.6.3 供热管沟的沟底坡度宜大于2%，并应坡向室外检查井。检查井内应设集水坑，其深度不应小于300mm。检查井可与检漏井合并设置。在过门地沟的末端应设检漏孔，地沟内的管道应采取防冻措施。

4.6.4 直埋敷设的供热管道、管沟和各种地下井、室及固定墩等的地基处理，应符合4.5.8的规定。

4.6.5 直埋敷设管道的补偿器、阀门、疏水装置等宜布置在检查井内。

5 综合防水措施的换填垫层法

5.1 一般规定

综合防水措施的换填垫层法使用于湿陷性黄土场地上建设的地下水位以上的低矮居住建筑,地基处理厚度不宜大于3.0m。

5.2 设计

5.2.1 换填垫层材料可选用土、灰土和水泥土等,不应采用砂石、建筑垃圾、矿渣等透水性强的材料换填,换填材料要求如下:

1 土:土料中有机含量不得超过5%。且不得还有冻土或膨胀土,土料中不得夹有砖、瓦或石块等。

2 灰土:灰土的体积配合比宜为2:8或3:7。石灰宜选用新鲜的消石灰,其最大粒径不得大于5mm。土料宜选用黄土状粉土,且不得含有松软杂质,土料应过筛且最大粒径不得大于15mm。

3 土工合成材料:土工合成材料的品种与性能及填料,应根据工程特性和地基土质条件,按照现行国家标准GB 50290的要求并通过试验后确定。土工合成材料应采用抗拉强度高、耐久性好、抗腐蚀的土工布、土工垫或土工织物等具有防水功能的土工合成材料。

5.2.2 防水材料应选择在非暴露状态下,耐久年限大于50年且满足环保要求的防水土工合成材料及其他高分子聚合物防水材料。

5.2.3 垫层厚度的确定应符合下列规定:

1 应根据需换填湿陷性土层的厚度或下卧层的承载力确定,并应符合式(5.2.3—1)要求:

$$p_z + p_{cz} \leq f_{az} \quad (5.2.3—1)$$

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)。

2 垫层底面处的附加应力值 P_z 可分别按式(5.2.3—2)和式(5.2.3—3)计算：

条形基础

$$p_z = \frac{b(p_k - p_c)}{b + 2Z \tan \theta} \quad (5.2.3-2)$$

矩形基础

$$p_z = \frac{bl(p_k - p_c)}{(b + 2Z \tan \theta)(l + 2Z \tan \theta)} \quad (5.2.3-3)$$

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° ， $z/b \geq 0.50$ 取 23° ， $0.25 < z/b < 0.50$ 时可内插确定。

Z ——垫层的厚度(m)。

5.2.4 垫层底面宽度应符合下列规定：

1 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：

$$b' \geq b + 2Z \tan \theta \quad (5.2.4)$$

式中： b' ——垫层底面宽度；

2 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。

5.2.5 垫层的压实标准应满足下列规定：

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。

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(5.2.4)规定：

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{d\max}} \quad (5.2.4)$$

式中： λ_c —— 压实系数；

ρ_d —— 土(灰土)垫层控制(或设计)的干密度(g/cm^3)；

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

3 厚度不大于 3m 的垫层, λ_c 不应小于 0.97;厚度大于 3m 的垫层,基底下 3.0m 以内 λ_c 不应小于 0.97,其以下部分不应小于 0.95。

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

5.2.7 垫层的承载力特征值,应根据试验结果或静载试验确定原土地基承载力特征值。

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

5.3 具体处理方法及防水措施

(1) I 级非自重湿陷性黄土地

5.3.1 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 4m 内不得存在积水现象。散水构造作法如图 1 所示。

5.3.2 对于二层结构房屋,地基换填厚度不应小于 1.00m,局部换填时每边应超出基础底面宽度的 1/4,并不应小于 0.50m。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 2.00m。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 4.00m 内不得存在积水现象。散水构造作法如(图 5.3.2)所示。

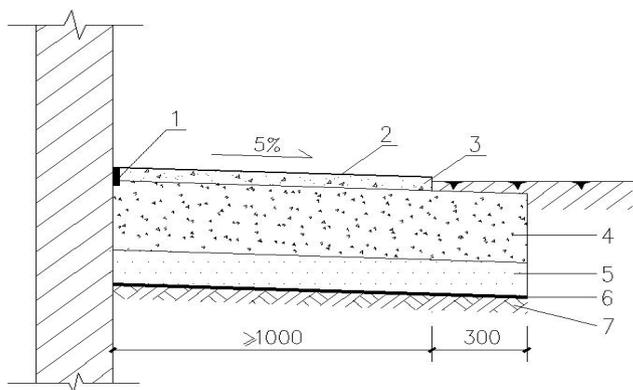


图 5.3.2 散水构造作法一

- 1—密封膏嵌缝宽度 10~15mm;
- 2—15 厚 1:2.5 水泥砂浆压实抹光;
- 3—60 厚 C20 细石混凝土;(每隔 4~6m 做 10mm 宽伸缩缝,用密封膏嵌缝);
- 4—300 厚粗砂防冻层(比面层宽出 300);
- 5—150 厚 3:7 灰土(比面层宽出 300),压实系数不小于 0.95;
- 6—防水土工合成材料或其它高分子聚合物防水材料一道;
- 7—素土夯实(比面层宽出 300),压实系数不小于 0.95,向外坡 5%

(II) Ⅱ 级非自重湿陷性黄土地

5.3.3 对于单层结构房屋,地基换填厚度不应小于 1.00m,局部换填时每边应超出基础底面宽度的 1/4,并不应小于 0.50m。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 2.00m。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 5.00m 内不得存在积水现象。构造

作法如图 1 所示。

5.3.4 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 2.00m。垫层外围应设置不小于 0.50m 宽、2.00m 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 1.00m,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。散水构造作法如(图 5.3.4)所示。

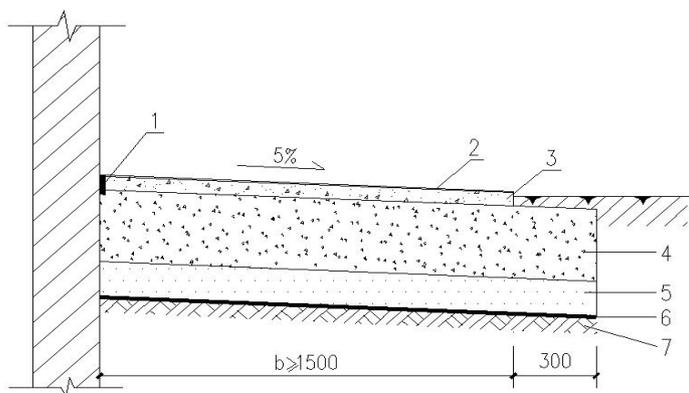


图 5.3.4 散水构造示作法二

- 1—密封膏嵌缝宽度 10~15mm;
- 2—15 厚 1:2.5 水泥砂浆压实抹光;
- 3—60 厚 C20 细石混凝土;(每隔 4~6m 做 10mm 宽伸缩缝,用密封膏嵌缝);
- 4—300 厚粗砂防冻层(比面层宽出 300);
- 5—150 厚 3:7 灰土(比面层宽出 300),压实系数不小于 0.95;
- 6—防水土工合成材料或其它高分子聚合物防水材料一道;
- 7—素土夯实(比面层宽出 300),压实系数不小于 0.95,向外坡 5%。

(III) II 级自重湿陷性黄土场地

5.3.5 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2.00m。垫层外围应设置不小于0.50m宽、2.00m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1.00m，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5.00m内不得存在积水现象。构造作法如图2所示。

5.3.6 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20.00m。垫层外围应设置不小于0.50m宽、2.50m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1.50m，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5.00m内不得存在积水现象。构造作法见如(图5.3.6)所示。

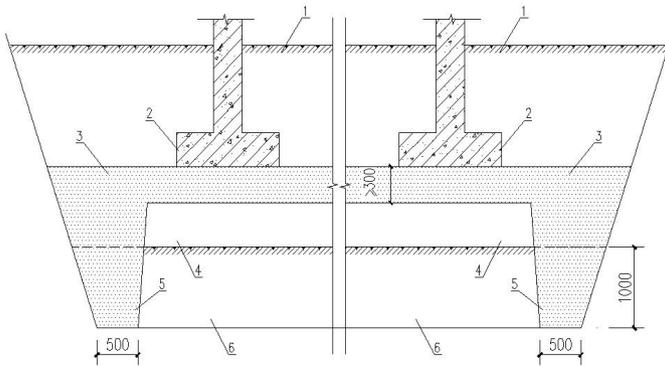


图5.3.6 II级自重湿陷性黄土地基坑四周灰土墙示意图

1—回填土；2—基础；3—灰土垫层；4—素土垫层；5—灰土墙；6—未处理土层

(IV) III或IV级自重湿陷性黄土地

5.3.7 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2.00m。垫层外围应设置不小于0.50m宽、2.50m或3.50m(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1.50m或2.50m(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7.00m或9.00m(Ⅳ级)内不得存在积水现象。构造作法如图2所示。

5.3.8 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2.00m。垫层外围应设置不小于0.50m宽、3.00m或4.00m(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1.50m或2.50m(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7.00m或9.00m(Ⅳ级)内不得存在积水现象。构造作法如(5.3.8)所示。

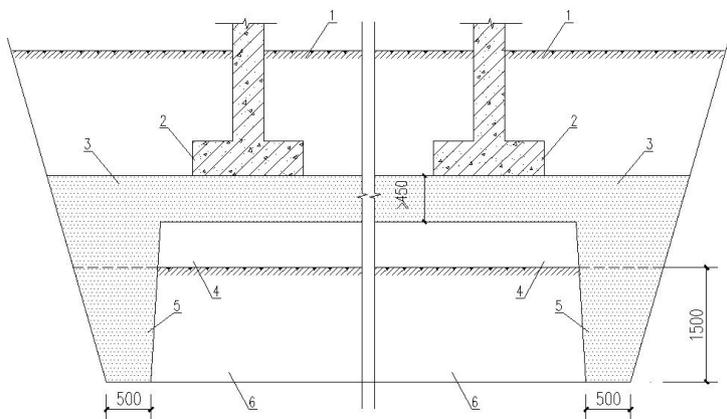


图5.3.8 Ⅲ或Ⅳ级自重湿陷性黄土场地基坑四周灰土墙示意图

1—回填土;2—基础;3—灰土垫层;4—素土垫层;5—灰土墙;6—未处理土层

5.4 施 工

5.4.1 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。

5.4.2 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。

5.4.3 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。

5.4.4 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。

5.4.5 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。

5.4.6 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。

5.4.7 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。

5.4.8 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。

5.4.9 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:

- 1 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;
- 2 独立基础下的土(或灰土)垫层,每层3处;
- 3 条形基础下的土(或灰土)垫层,每10.0m每层1处;
- 4 取样点位置宜在各层的中间及离边缘150mm~300mm。

5.4.10 土工合成材料的施工如下:

- 1 下铺地基层面应平整;
- 2 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;
- 3 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;
- 4 应避免土工合成材料暴晒或裸露,阳光暴晒时间不应大于8.0小时。

6 综合防水措施的土或灰土挤密桩法

6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.1.2 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。

6.2 设计

6.2.1 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:

1 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。

2 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6.2.1)。

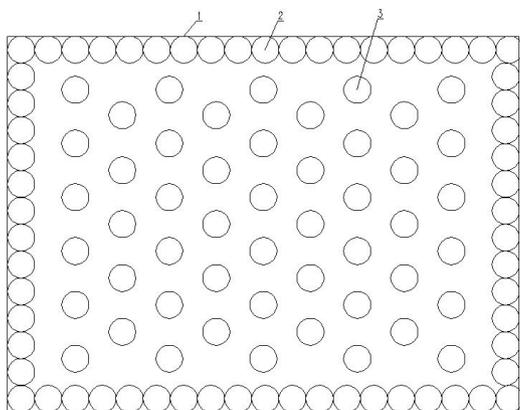


图 6.2.1 土或灰土挤密桩平面布置图

1—基坑边线；2—密集型桩；3—土或灰土挤密桩

6.2.2 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 0.35m~0.45m；当挤密处理深度超过 12.00m 时，可预钻孔，其直径(d)宜为 0.25m~0.30m，挤密填料孔直径(D)宜为 0.50m~0.60m。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：

$$S = 0.95 \sqrt{\frac{\bar{\eta}_c \rho_{d \max} D^2 - \rho_{do} d^2}{\bar{\eta}_c \rho_{d \max} - \rho_{do}}} \quad (5.2.2)$$

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)；

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

6.2.3 挤密填孔后,3个孔之间土的最小挤密系数,可按式(5.4.2)计算:

$$\eta_{d\min} = \frac{\rho_{dc}}{\rho_{d\max}} \quad (6.2.3)$$

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/cm³)

6.2.4 桩孔的数量可按式(5.4.3—1)估算:

$$n = \frac{A}{A_e} \quad (6.2.4-1)$$

式中:N ——桩孔的数量;

A ——拟处理地基的面积(m²);

A_e ——1根土或灰土挤密桩所承担的处理地基面积(m²),其中按式 A_e (5.4.3—2)计算:

$$A_e = \frac{\pi d_e^2}{4} \quad (6.2.4-2)$$

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 $d_e=1.13s$ 。

6.3 施工要求

6.3.1 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:

1 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。

2 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 1m。

3 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。

6.3.2 孔内填料应满足下列要求:

1 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 15mm。

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

6.3.3 成孔挤密,可选用沉管、夯扩等方法。

6.3.4 挤密桩成孔挤密应间隔分批进行,成孔后应及时夯填。

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

6.3.6 挤密地基,在基底宜设置 0.50m 厚的灰土垫层。

6.3.7 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 1m 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。

6.3.8 成孔和孔内回填夯实应符合下列要求:

1 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;

2 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;

3 桩孔的垂直度偏差不宜大于 1.5%;

4 桩孔中心点的偏差不宜超过桩距设计值的 5.0%;

5 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。

6.4 承载力

6.4.1 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250kPa;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180kPa。

$$f_{spk} = [1 + m(n-1)]f_{sk} \quad (6.4.1)$$

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。

6.4.2 当基础宽度大于3.0m或埋置深度大于1.5m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。

7 强夯法

7.1 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。

7.2 强夯设计

7.2.1 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。

7.2.2 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7.2.2选用。

表 7.2.2 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

7.2.3 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。

7.2.4 采用强夯法处理湿陷性黄土地基,应先在场内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:

1 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；

2 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)；

3 试夯结束后，应从处理深度范围内，每隔0.50m~1.00m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；

4 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；

5 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。

7.3 施工要求及质量检测

7.3.1 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 $1000\text{kN}\cdot\text{m}\sim 4000\text{kN}\cdot\text{m}$ ，夯锤底面宜为圆形，锤底的静压力宜为 $25\text{kPa}\sim 60\text{kPa}$ 。

7.3.2 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4m~6m)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300mm~500mm厚的灰土垫层。

7.3.3 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7.3.3中所列的相应单击夯击能进行预估。

表 7.3.3 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	

7.3.4 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:

1 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%;

2 隔7d~10d,在每500m²~1000m²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5m~12m深度内,每隔1m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;

3 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:

4 强夯锤质量可取10t~40t,对于低矮居住建筑,一般采用10t~30t锤,落距10m,单击夯击能为1000kN·m~4000kN·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25kPa~40kPa,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250mm~300mm。强夯置换锤底静接地压力值可取100kPa~200kPa。

7.3.5 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。

7.3.6 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2.0m。坑内或场地积水应及时排除。

7.3.7 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,以免因施工而造成损坏。

7.3.8 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。

7.3.9 强夯施工可按下列步骤进行:

- 1 清理并平整施工场地;
- 2 标出第一遍夯点位置,并测量场地高程;
- 3 起重机就位,夯锤置于夯点位置;
- 4 测量夯前锤顶高程;
- 5 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;
- 6 重复步骤5,按设计规定的夯击次数及控制标准,完成一个夯点的夯击;
- 7 换夯点,重复步骤3至6,完成第一遍全部夯点的夯击;
- 8 用推土机将夯坑填平,并测量场地高程;
- 9 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。

8 使用与维护

8.1 一般规定

- 8.1.1 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。
- 8.1.2 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。
- 8.1.3 管理单位应制定维护管理制度和实施细则,并负责实施。
- 8.1.4 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。
- 8.1.5 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。

8.2 维护与检修

8.2.1 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:

1 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;

2 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。

8.2.2 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。

8.2.3 防护范围内的防水措施应经常检查,并应符合下列规定:

- 1 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。

2 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。

3 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。

4 建筑物周围6m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,严禁绿化过量浇水。

8.2.4 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。

8.2.5 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。

8.2.6 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。

8.3 沉降观测和地下水位观测

8.3.1 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、不全或观测井堵塞等情况时,应由移交单位补齐或清理。

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

8.3.3 建筑物的沉降观测应按现行国家行业标准《建筑变形测量规范》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。

8.3.4 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。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

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

宁夏回族自治区地方标准

湿陷性黄土地区低矮居住建筑 地基处理技术规程

条文说明

目 次

1	总 则	40
2	术语和符号	41
2.1	术语	41
3	基本规定	42
3.1	准备工作	42
3.2	地基处理方法的确定	42
3.3	地基处理的设计	43
4	防水设计措施	44
4.1	一般规定	44
4.2	场址选择与总平面防水设计	44
4.3	建筑防水设计	45
4.4	结构防水设计	46
4.5	给水、排水管道防水设计	46
4.6	供热管道与风道防水设计	47
5	综合防水措施的换填垫层法	49
5.1	一般规定	49
5.2	设 计	49
5.3	具体处理方法及防水措施	50

5.4 施 工	53
6 综合防水措施的土或灰土挤密桩法	55
6.1 一般规定	55
6.2 设 计	55
6.3 施工要求	56
6.4 承载力	57
7 强夯法	58
7.1 适用范围	58
7.2 强夯设计	58
7.3 施工要求及质量检测	59
8 使用与维护	61
8.1 一般规定	61
8.2 维护与检修	62
8.3 沉降观测和地下水位观测	62

1 总 则

1.0.1 在湿陷性黄土地区进行建设,防止地基湿陷,保证建筑工程质量和建筑物(包括构筑物)的安全使用,做到技术先进、经济合理、保护环境、节约能源。是制定本规程的宗旨和指导思想。

节能是我国的大政方针,建筑耗能在我国总能耗中占据比例较高。在建设的各个环节除考虑技术、经济、安全、等因素外,同时还应考虑节能要求和对环境的影响。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围,对受水浸可能性较大的重要建筑不适用本规程,应以国家现行有关标准的规定和要求执行。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 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,并在素土垫层顶或垫层四周采取分层夯填3:7灰土防水措施,在建筑物周边散水底设置3:7灰土和土工合成材料或其他高分子聚合物防水材料的综合地基处理方法。

2.1.2 综合防水措施的土或灰土挤密桩法,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,以土或灰土桩形成的竖向增强体的复合地基。

2.1.3 灰土墙,沿基坑四周采用2:8或3:7灰土(消石灰与土的体积比)分层夯实(压实系数不小于0.95)形成的地下连续增强体。其与基础底灰土垫层共同形成建筑物基础底平面和基坑侧面封闭式防水帷幕。

3 基本规定

3.1 准备工作

3.1.1 本条规定是在选择地基处理方案前应完成的工作,强调进行现场调查研究的重要性。通过排查场地避开危险地段、大厚度填土区域等不利建设场地。

3.1.2 湿陷性黄土地区的低矮居住建筑地基处理首先要明确建筑分类、抗震设防分类、地基土湿陷等级,并进行多方案比选,满足技术经济要求。

3.2 地基处理方法的确定

3.2.1 本条规定了在确定地基处理方法时宜遵循的步骤。着重指出在选择地基处理方案时,宜根据各种因素进行综合分析,初步选出几种可供考虑的地基处理方案,其中强调包括选择两种或多种地基处理措施组成的综合处理方案。工程实践证明,当岩土工程条件较为复杂或建筑物对地基要求较高时,采用单一的地基处理方法,往往满足不了设计要求或造价较高,而由两种或多种地基处理措施组成的综合处理方法可能是最佳选择。地基处理是经验性很强的技术工作。相同的地基处理工艺,相同的设备,在不同成因的场地上处理效果不尽相同;在一个地区成功的地基处理方法,在另一个地区使用,也需根据场地的特点对施工工艺进行调整,才能取得满意的效果。因此,地基处理方法和施工参数确定时,应进行相应的现场试验或试验性施工,进行必要的测试,以检验设计参数和处理效果。

经换填处理后的地基,由于理论计算方法尚不够完善,或由于较难选取有代表性的计算参数等原因,而难于通过计算准确确定地

基承载力,所以,本条强调经换填垫层处理的地基其承载力宜通过试验、尤其是通过现场原位试验确定。

3.3 地基处理的设计

3.3.1 长期经验表明湿陷性黄土地区地基承载力在偏心荷载作用下,房屋基础易出现不均匀沉降。存在软弱下卧层的房屋地基基础不均匀沉降概率远大于无软弱下卧的房屋,所以,对湿陷性黄土地区低矮居住建筑必须满足该条文的规定,确保工程质量。

4 防水设计措施

4.1 一般规定

4.1.1 本规程制定的原则是加强防排水措施的低矮居住建筑地基处理规程,故在总平面设计、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《湿陷性换土地区建筑标准》中防水措施及侧向防水措施。湿陷性黄土地区建筑物发生不均匀沉降变形影响建筑物使用及安全的原因很多是由于地表水积水、绿化用水、管道检查井渗漏沿管道侧向浸入建筑物地基土导致未处理土层发生湿陷变形,故采用建筑物周边侧向防渗措施、增大地基处理外放尺寸、采取严格防水措施均能起到防止或降低地表水积水、绿化用水、管道检查井渗漏的浸水概率。

4.2 场址选择与总平面防水设计

4.2.1 宁南山区随着国家扶贫攻坚政策的落地,低矮居住建筑建设如雨后春笋,点多面广,尤其是连片建设的工程项目,场址选择一旦失误,不是给工程建设造成浪费,就是房屋存在安全隐患,为此本条将场址选择需要的岩土因素列出供参考。

4.2.2 山前斜坡地带,下伏基岩变化大,土层厚度不一,新近堆积黄土往往分布在这些地段,地基湿陷等级较复杂,填方厚度过大时,下部土层的压力明显增大,土的湿陷类型就会发生变化,即由非自重湿陷性黄土场地变为自重湿陷性黄土场地。

挖方区下部土层一般处于卸载状态,但挖方容易破坏或改变原有的地形、地貌和排水线路,有的引起边坡失稳,甚至影响建筑物的安全使用,故对挖方也应慎重对待,不可任意开挖。

4.2.3 随着基本建设的发展和尽量少占耕地的原则。山前斜坡地

带的利用矛盾比较突出,山前坡地地质情况比较复杂,应采取措施处理后方可使用。设计应根据山前斜坡地带黄土特性和地层构造、地形、地貌、地下水位等情况,因地制宜地将斜坡地带划分成单独的台地,以保证边坡的稳定性。边坡容易受地表水流的冲刷,在整平单独台地时,必须有组织的引导雨水排泄,边坡宜做护坡或在坡面种植草皮,防止坡面直接受雨水冲刷,导致边坡失稳或产生滑移。

4.2.4 近年来随着国家精准扶贫政策落地,连片建设项目越来越多,调查发现由于供水管网、排水明沟等渗漏造成建筑地基不均匀沉降屡见不鲜。所以本规程对防护距离要求严于《湿陷性黄土地区建筑标准》。

4.2.5 水渠渗漏可能性较大,新建水渠渗漏难以预知,建筑与水渠保持一定距离是必要的。本条沿用《湿陷性黄土地区建筑标准》相应条款。

4.3 建筑防水设计

4.3.1 多层砌体承重结构的建筑,体型应简单,长高比不宜大于3。单层建筑室内地坪应高出室外地坪,且高差不宜小于300mm;二层建筑的室内地坪应高出室外地坪,且高差不宜小于450mm。上述规定的目的是:前者在于加强建筑物的整体刚度,增强其抵抗不均匀沉降的能力;后者为建筑物周围排水通畅创造有利条件,减少地基浸水湿陷的概率。

4.3.2 沿建筑物外墙设置散水,有利于屋面水、地表水顺利地排向雨水明沟或其他的排水设施,以远离建筑物,避免雨水直接沿外墙基础侧面浸入地基。

4.3.3 基础施工后,其侧向一般比较狭窄,回填质量较差。为防止屋面水、周围地面水从侧向浸入地基,增加散水及其下垫层宽度较为有利,借以覆盖基础侧向回填土。宁南山区气候寒冷昼夜温差大,散水容易产生冻胀开裂,成为渗水隐患,因此规定伸缩缝间距较小。

4.3.4 排水沟的材料和做法选择原则,主要是考虑一旦产生渗漏造成后果的严重程度。同样的渗透量,湿陷等级高的场地湿陷变形量大,危害也必然严重。同理建筑类别高对沉降的要求相应也更严格,排水沟的材料应更加严格,措施也应更可靠。

4.4 结构防水设计

4.4.1 本条强调了采取结构措施时要根据建筑物类别和地基处理的具体情况等因素区别对待。建筑物类别高、剩余湿陷量大、对不均匀沉降敏感时,宜采取多种组合措施。

4.5 给水、排水管道防水设计

4.5.1 在建筑物内布置给排水管道时,从方便维护和管理考虑,有条件的宜采取明设方式。为了保证建筑物内、外合理设置给排水设施,对建筑物保护范围外和防护范围内的管道布置应有所区别。“室外管道宜布置在防护范围外”,这主要指建筑物内无用水设施,仅是户外有外网管道或其他建筑物的配水管道,此时就可以将管道远离该建筑物布置在防护距离外。该建筑物内的防水措施即可从简;若室内有用水设施,在防护范围内有管道敷设时,此情况下,则要求“应采取防水措施”。

无论是明装还是暗装,管道本身的强度及接口的严密性均是防止建筑物湿陷事故的第一道防线。所以本条规定“管道接口应严密不漏水,并具有柔性”。近年来国内外管道柔性接口连接技术已很成熟,这种接口有利于消除温差、施工误差或不均匀沉降引起的应力转移,增强管道系统及其与设备连接的安全性,降低地基土浸水概率。这种接口主要有柔性接口、柔性接口阀门、柔性管接头、密闭胶圈等。目前在压力管道工程中,逐渐采用的柔性接头形式有:卡箍式、松套式、避震喉、不锈钢波纹管、专用承插柔性接口管及管件等,这对由于各种原因引起的不均匀沉降都有很好的抵御能力。

位于地震高烈度、湿陷性黄土地区的宁南山区，兼有湿陷、震陷双重危害，基于此情况，应提高管材材质标准，且在适当的部位和有条件的地方，管材接口均应采用柔性连接，同时加强对管基的处理。

4.5.2 以往在严格防水措施的检漏管沟中，仅采用油毡防水层。近年来工程实践表明，新型的复合防水材料及高分子卷材均具有防水可靠、耐热、耐寒、耐久、施工方便，环保及价格适中等优点，如：涂膜防水层、水泥聚合物涂膜防水层、氰凝防水材料等，都是高效、优质防水材料。为此本规程规定的严格防水措施中，对管沟的防水材料采用可靠防水层。并应做防水层保护层。

4.5.3 非自重湿陷黄土场地管道工程，虽然管道、构筑物的基底压力小，一般小于湿陷起始压力。但管道安装属线性工程，管道与附属构筑物连接部位是受力不均匀的薄弱部位。受这种因素影响，易造成管道损坏，接口开裂。按非自重湿陷性黄土场地的工程经验，在一些输配水管道及其附属构筑物基底做土垫层和灰土垫层，效果很好，故本条扩大了使用范围，凡是湿陷性黄土场地的管基和基底均这样处理。

4.5.4 原《湿陷性黄土地区建筑规范》要求管道穿水池池壁处设柔性防水套管，管道从套管伸出，环形壁缝用柔性填料封堵。据调查反映，多数施工难以保证质量，普遍有渗水现象。工程实践中多改为在池壁处直接埋设带有止水环的管道，在管道外加设柔性接口，效果很好，故本条也增加了此种做法。

4.6 供热管道与风道防水设计

4.6.1 本条强调了在湿陷性黄土地区应重视选择质量可靠的直埋敷设供热管道的管材。现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81、国标《高密度聚乙烯外护管硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》GB/T 29047中对直埋供热管道的结构、技术要求、试验方法和检验规则等做出来具体规定。为保证湿陷性黄土

地区直埋敷设供热管道的总体质量,本规程不推荐采用玻璃钢保护壳,因其在现场施工条件下,质量难以保证。

4.6.2 热力管道的管沟遍布室内和室外,甚至防护范围外。室内暖气管沟较长,沟内一般有检漏井,检漏井可与检查井合并设置。所有本条规定,管沟的沟底应设坡向室外检漏井的坡度,以便将水引向室外。

4.6.3 直埋敷设供热管道在运行时承受较大的轴向应力,为细长不稳定压杆,管道是依靠覆土而保持稳定的,当管道地基发生沉陷时,有可能产生管道失稳,故应对“直埋供热管道”的管基进行处理,防止产生湿陷。

4.6.4 直埋敷设供热管道的补偿器布置在检查井内,便于及时发现故障,便于检修。因此有条件时宜将补偿器设置在检查井内。如采用直埋式补偿器,应尽量选用密闭性好、质量可靠的产品。

5 综合防水措施的换填垫层法

5.1 一般规定

本规程编制前期调查表明2000年以后建造的低矮建筑,尤其是广大农村村民自建居住用房,绝大部分都未采取有效的地基处理措施,如:海原县西安镇西安村(湿陷等级Ⅲ自重,2002年建造)居民自建两层楼,采用开槽处理,挖深1.8米(基础埋深1.5米)砖基础垫层下分层夯填300厚3:7灰土,外放0.3米,至调查时房屋完好无损;彭阳县王洼镇煤矿居委会(湿陷等级Ⅳ自重,2003年建造)采用大开挖处理,挖深2.4(基础埋深1.8米)基础垫层下分层夯填300厚3:7灰土,外放0.5米,至调查时房屋完好无损。大量的现场调查表明,换填垫层法在湿陷性黄土地区低矮建筑地基处理中是行之有效、安全可靠、因地制宜的首选地基处理方法。在湿陷性黄土场地上建设的地下水位以上的低矮居住建筑地基处理厚度宜为0.5m~3.0m,适合采用综合防水措施的换填垫层法。

5.2 设计

5.2.1 低矮居住建筑垫层土料一般采用就地取材的办法,清除地表0.5米—1.0米的填土层,过筛清除建筑垃圾,并控制好土料的最优含水量,当无试验资料时,土(或灰土)的最优含水量,宜取该场地天然土的塑限含水量为其填料的最优含水量。通过近年来固原市海绵城市下沉式绿地等一些重点工程的推广使用,证明土工合成卷材用于地基与基础处理,具有防水效果好、价格适中、施工方便的特点,故本条新增土工合成材料作为防水材料使用。

5.2.2 垫层设计应满足建筑地基的承载力和变形要求。首先垫层能换除基础下直接承受建筑荷载的软弱土层,代之以能满足承载力要

求的垫层；其次荷载通过垫层的应力扩散，使下卧层顶面受到的压力满足或小于等于下卧层承载力的要求；基础持力层被低压缩性的垫层代换，能有效减小基础的沉降量。因此，合理确定垫层厚度是垫层设计的主要内容。通常根据土层的情况确定需要换填的深度，对浅层软弱土层不大的工程，应置换掉全部软弱土层。对需换填的软弱土层，首先应根据垫层的承载力确定基础的宽度和基底压力，再根据垫层下卧层的承载力，设置垫层的厚度，经本规程5.2.3复核，最后确定垫层厚度。

下卧层顶面的附加应力值可以根据双层地基理论进行计算，但这种方法仅限于条形基础均布荷载的计算条件。也可以将双层地基视作均质地基，按均质连续各向同性半无限直线变形体的弹性理论计算。第一种方法计算较复杂，第二种方法的假定义与实际双层地基的状态有一定误差。最常用的是扩散角法，按本规程式(5.2.3—2)或式(5.2.3—3)计算的垫层厚度虽比较弹性理论计算的结果略偏于安全，但由于计算方法简单，易于理解便于接受，在工程设计中得到广泛的认可和使用。

压力扩散角应随垫层材料及下卧层材料及下卧层的力学特性差异而定，可按双层地基的条件来考虑。

5.2.3 确定垫层宽度时，除应满足应力扩散要求外，还应考虑换填垫层侧边土的强度条件，保证垫层应有足够的宽度，防止垫层材料向侧边挤出而增大垫层的竖向变形量。当基础荷载较大，或对沉降要求较高，或垫层侧边土的承载力较差时，垫层宽度应适当加大。

5.3 具体处理方法及防水措施

(1) I级非自重湿陷性黄土地

5.3.1 I级非自重湿陷性黄土地的单层建筑物，若场地土土质均匀，预留基坑底100mm—250mm原土，夯实至设计标高即可。据可靠

经验散水宽度不宜太小,尤其是散水边有绿化及灌溉用地时,应做好排水沟,因散水外绿化及灌溉用水渗漏导致建筑物地基不均匀沉降的案例很多。但未处理地基土承载力应满足设计要求。

5.3.2 对两层房屋换填厚度不应小于1.0m。可采用局部换填或整片开挖处理方案,处理范围应严格按照条文要求控制。土方施工过程中应考虑边坡稳定措施。但未处理地基土承载力应满足设计要求。

依据本次抽样调查结果看,从90年代至今建造的低矮居住建筑,换填厚度在0~0.5m,经核算下卧层顶面受到的压力均满足小于或等于下卧层承载力的条件,实际工程发生地基不均匀沉降的案例仅为0.8%。

基于湿陷性考虑,本规程依据当地经验和可靠性论证,采取对散水宽度、防冻胀、防渗水等方面进行严格规定要求,以最大限度减少不利因素对地基土垫层强度及变形的影响。

(II) II级非自重湿陷性黄土场地

5.3.3 依据本次抽样结果看,对II级非自重湿陷性黄土场地,从90年代至今建造的低矮居住建筑,换填厚度在0.3~1.0m,处理范围局部换填时,超出建筑物外墙基础外缘每边超出0.3~0.5m,整片换填时,超出建筑物外墙基础外缘0.3~0.5m,按本程式(5.2.3—2)或式(5.2.3—3)核算处理范围扩散角及下卧层顶面受到的压力满足小于或等于下卧层承载力的条件,实际工程发生地基不均匀沉降的案例还未发生。

基于湿陷性考虑,本规程依据当地经验和可靠性论证,采取对散水宽度、防冻胀、防渗水等方面进行严格规定要求,以最大限度减少不利因素对地基土垫层强度及变形的影响。基于发生湿陷破坏的案例本规程规定散水周边5m内不得存在积水现象。散水构造做法见5.3.4图2。

5.3.4 对于二层结构房屋,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,依据本次抽样结果,本规程要求Ⅱ级非自重湿陷性黄土场地,二层结构房屋基础底板下换填采用不小于300mm厚3:7灰土垫层,以配合散水防水(第一道)和基底土防水(第二道),垫层外围应设置不小于0.5m宽、2.0m厚的连续灰土墙(第三道),切实消除湿陷性浸水破坏途径。散水构造做法见5.3.4图2,散水周边5m内不得存在积水现象。

(Ⅲ) Ⅱ级自重湿陷性黄土场地

5.3.5 Ⅱ级自重湿陷性黄土场地:着重从处理范围入手,垫层外放尺寸不论单层还是二层均不应小于2.0m。对于单层结构房屋垫层采用垫层外围设置不小于0.5m宽、2.0m厚的连续灰土墙,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。

5.3.6 二层结构房屋垫层采用垫层外围应设置不小于0.5m宽、2.5m厚的连续灰土墙,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,基坑回填土四周增设不小于0.50m宽并周边闭合的3:7灰土墙。形成全方位立体防水措施,降低地基土浸水概率。散水构造做法见5.3.4图2,散水周边5m内不得存在积水现象。

(Ⅳ) Ⅲ或Ⅳ级自重湿陷性黄土场地

5.3.7 Ⅲ或Ⅳ级自重湿陷性黄土场地:基于当地经验,从防治湿陷性角度出发,明确不宜采用局部换填处理地基,单层建筑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(Ⅲ级)或3.5m(Ⅳ级)厚的连续灰土墙,作法如5.3.8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,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5.3.4图2所示。

5.3.8 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5.3.8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,形成全方位立体防水措施,降低地基土浸水概率。通过近年来固原市海绵城市建设项目中大量应用土工合成材料的案例,本规程增设为基础底敷设土工合成材料增强防水能力,从而减小灰土厚度,降低工程造价。土工布应平铺于灰土垫层顶面,四周上翻900mm固定于基坑壁。为避免基础沉降影响,敷设应留有适当余量。土工布主控项目:土工合成材料强度、土工合成材料延伸率符合质量检验规程。一般项目:土工材料搭接长度、土料有机质含量、层面平整度、每层铺设厚度符合土工合成材料质量检验规程,用人工滚铺;布面要平整,并适当留有变形余量。土工布的安装宜采用焊接和缝合方法,以焊接为主。焊接和缝合的宽度为不小于100mm。接缝须与坡面线相交;与坡脚平衡或可能存在应力的地方,水平接缝的距离须大于1.5米。土工布物理指标详见相关行业规程。

5.4 施 工

5.4.1 灰土(土)垫层施工方法是以质量控制指标压实系数为技术指标,主要控制填料每层虚铺厚度、合理选择施工机械,尤其是存在软弱下卧层的,软弱下卧层顶面的填料类型及施工机械应按软弱下卧

层土质条件进行合理选择,以防出现“橡皮土”及大面积“翻浆”。

5.4.2 最优含水量是实现压实度满足设计要求的重要指标。

5.4.3 为防止坑底土受机械扰动。可依据机械型号配置预留100mm—300mm土层暂不挖除,坑底依据土质条件用机械在预留土层顶前后左右按照基坑工程施工工艺规程来回碾压,经现场检测满足设计要求。

5.4.4 垫层施工时加强四周排水措施。尤其是雨季施工时,应建立可靠的雨水排出措施。坑壁要有应急防雨布遮挡,防止坑壁浸水坍塌。

5.4.5 土垫层受自然地势高差限制,有时必须做成台阶形成斜坡形,但设置位置应根据上部结构布置选择受力较小的部位,结合建筑功能需求设置在变形缝处,台阶按1:2坡度留置,斜坡坡度一般不大于2%。

5.4.6 换填垫层的施工必须在每层密实度检验合格后再进行下道工序施工。

6 综合防水措施的土或灰土挤密桩法

6.1 一般规定

6.1.1 工程实践经验表明当地基土的含水量略低于最优含水量(指击实试验结果)时,挤密效果最好,当含水量过大或过小时,挤密效果不好,当地基土含水量 $W \geq 24\%$ 饱和度 $S_1 > 65\%$ 时,一般不宜直接选用挤密法。但当工程需要时,应采取有效措施“吸湿”后加强孔填料强度,方可采用挤密法处理地基,反之,当整个地基土含水量 $W < 10\%$,一般采用增湿措施,应均匀增湿,放置 2—3d 效果更佳,对本规程低矮居住建筑地基土采用灰土桩或土桩加防水处理方法处理地基,主要是针对自重湿陷性黄土场地。中国工商银行固原市支行二层住宅楼项目(建造年代 2002 年,湿陷等级 III 级自重),由于受场地限制和处理后剩余湿陷量不大于 200mm 的规范要求,地基处理采用灰土挤密桩(桩长 8 米),该工程不论从建设工期还是经济效益都优于换填垫层法,竣工结算对比换填垫层法节约造价 25% 左右。在缺乏经验的地区,施工前应按设计要求,在现场进行试桩试验。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。以校核桩径、桩间距、施工机械、锤型、桩身回填每层虚铺厚度、锤重、锤落距。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,试验桩经剖桩取样间距不应大于 1m 的检测后桩间土挤密系数应满足本规程 7.3 节要求。

6.2 设计

6.2.1 湿陷性黄土地基的处理,宜采用整片处理。整片处理每边超出建筑物外墙基础边缘的宽度,不小于密桩处理土层厚度的 1/2,且不小于 2m。

整片处理是将大于建(构)筑物底层平面范围内的湿陷性黄土层进行处理,通过整片处理消除部分土层的湿陷性,通过密集型挤密桩及桩顶灰土垫层形成防水帷幕增强整片土层的防水性能,防止雨水、生产或生活用水,从上向下或侧向浸入下部未处理的湿陷性黄土层引起湿陷。自重湿陷性黄土场地的低矮居住建筑,采用该方法地基处理时,不论单层或二层建筑,对 III、IV 级自重湿陷性黄土场地,处理深度不应小于 3m 或 4m,有防水功能的密集桩下部未处理湿陷性黄土的剩余湿陷量不大于 200mm。

6.2.2—6.2.3 此条按《湿陷性黄土地区建筑标准》关于挤密地基的布孔原则和孔心距的确定方法。

6.3 施工要求

6.3.1 (略)

6.3.2 为防止填入桩孔内的灰土吸水后产生膨胀,不能使用生石灰与土拌合,而应采用消解后的石灰与黄土或其他黏性土拌合。石灰富含钙离子,与土混合后产生离子交换作用,在较短的时间内便成为凝结材料,因此拌合后的灰土放置的时间不可太长,并宜在 12h 内使用完毕。

6.3.3 现有成孔方法包括沉管(锤击、振动)和夯扩等方法,但都有一定的局限性,在城市或居民较集中的地区通常限制使用。如锤击沉管成孔,通常允许在新建场地使用,故选用上述方法时,应综合考虑设计要求、成孔设备或成孔方法、现场土质和对周围环境的影响等因素。

6.3.4 灰土(土)挤密桩施工时,在成孔或拔管过程中,对桩孔(或桩顶)上部土层有一定的松动作用,因此施工前应根据选用的成孔设备和施工方法,在基底标高以上预留一定厚度的土层、待成孔和桩间回填夯实结束后,将其挖除或按设计规定处理。

6.3.5 桩孔回填夯实结束后,宜清除桩顶松动层 500mm~700mm 后

分层碾压灰土垫层,调整桩土的应力比,并对减小桩身应力集中也有良好的作用。

6.3.6 为保证挤密桩复合地基的质量,施工过程中应抽样检验施工质量,并对检验结果进行综合分析或综合评价,桩孔夯填质量检验,是灰土挤密桩、土挤密桩复合地基质量检验的主要项目。宜采用开挖探井取样法检测,规程采用《建筑地基处理技术规程》的方法对抽样检验的数量作了明确规定,由于探井取土样对桩体和桩间土均有一定程度的扰动及破坏,因此选点应具有代表性并保证检验数据的可靠性。取样结束后,其探井应采用3:7灰土分层回填夯实,压实系数不应小于0.94。

6.4 承载力

6.4.1 为确定灰土(土)挤密桩复合地基承载力特征值应通过现场复合地基静载荷试验确定或通过灰(土)土桩的静载荷试验结果和桩周土的承载力特征值根据经验确定。

桩土应力比 n 由试验资料获取,初步设计无试验资料时,结合本地区工程数据结果,一般取2.5~4.0。原地基土强度低时取大值,原地基土强度高时取小值。

但应指出,由于地基土的固结条件不同。在长期荷载作用下的桩土应力比与试验条件的结果有一定差异,设计时应充分考虑。

对于工程设计的大部分情况,采用初步设计的估算值进行施工,并要求施工结束后达到设计要求,设计人员的地区工程经验非常重要。

7 强夯法

7.1 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处理。

7.2 强夯设计

7.2.1 采用强夯法处理湿陷性黄土地基,土的含水量至关重要。天然含水量低于10%的土,是坚硬状态。夯击时表层土容易松动,夯击能主要消耗在表层土上,深层土不易夯实。消除湿陷性土层的有效深度小;天然含水量大于塑限含水量3%以上的土,夯击时呈软塑状态,容易出现“橡皮土”;天然含水量相当于或接近最优含水量的土,夯击时土粒间阻力较小,颗粒于互相挤密,夯击能量向纵深方向传递,在相应的夯击次数下,总夯实量和消除湿陷性黄土层的有效深度均大。为方便施工,在施工现场可采用塑限含水量 W_p —(1%—3%)或 $0.6W_L$ (液限含水量)作为最优含水量。

7.2.2 根据近年工程经验,本条规定是处理厚度的下限,对湿陷性土层厚度不大的情况,也可全部处理。采用下限值时,应加强防排水措施作为补偿。

7.2.3 采用强夯法处理湿陷性黄土地基,在施工现场选点试夯可以确定不同夯击下消除湿陷性黄土层的有效深度,为设计、施工提供有关参数,并可进一步验证强夯方案在技术上的可行性和原理上的合理性。夯点的夯击次数以达到最佳次数为宜,超过最佳次数再夯击,容易将表层土夯松,消除湿陷性黄土层的有效深度并不增大。强夯施工,夯击次数即不是越少越好,也不是越多越好,最佳或合适的夯

击次数又按试夯记录绘制的夯击次数与夯击下沉量的关系确定。单击夯击能量不同,最后2击平均夯沉量也不同。单击夯击能量大,最后2击的平均夯沉量也大,反之则小。最后2击平均夯沉量符合规定,表示夯击次数达到要求。可通过试夯确定。

7.3 施工要求及质量检测

7.3.1 当湿陷性黄土地基的含水量满足强夯法处理湿陷性黄土地基的适用条件时,强夯能级就是达到夯实厚度、保证强夯法处理效果的关键指标。表2沿用《湿陷性黄土地区建筑标准》。一般来讲,夯实厚度越大,强夯等级即单位夯击能也就要求越大。但其两者关系并不成正比例关系。一般随着强夯能级的加大,夯实厚度增加的幅度越来越小。工程实践中,常用的夯击能级多为1000KN.m~4000KN.m,消除湿陷性黄土层的夯实厚度多为3.0m~6.5m。满足低矮居住建筑建设要求。

7.3.2 本条是强夯地基竣工验收检验的要求。经强夯的地基,其强度是随着时间增长而逐步恢复或提高的,因此,竣工验收质量检验应在施工结束间隔一定时间后方可进行。其间隔时间可根据土的性质而定。

强夯地基载荷试验和其他原位测试、室内土工试验检验点的数量,主要根据场地复杂程度和建筑物重要性确定。考虑场地土不均匀和测试方法可能出现的误差。本条规定了最少检测点数。对强夯地基,应考虑夯间土和夯击点土的差异。

7.3.4 本条是对强夯法施工所用起重设备的要求。国内用于强夯法地基处理施工的起重机械以改装后的履带式起重机为主,施工时一般在臂杆端部设置门字形或三角形支架,提高起重能力和稳定性,降低起落夯锤时机架倾覆的安全事故发生的风险,实践证明,这是一种行之有效的办法,但同时也出现改装后的起重机实际起重量超过设备出厂额定最大起重量的情况,这种情况不利于施工安全,因此,应

予以限制。

7.3.5 当场地表土软弱或地下水位高的情况,宜采用人工降低地下水位,或在表面铺填一定厚度的松散性材料,这样做的目的是在地表形成硬层,确保机械设备通行和施工,又可加大地下水和地表面的距离,防止夯击时夯坑积水,当砂土、湿陷性黄土的含水量低,夯击时表面松散层较厚,形成的夯坑很浅,以至影响有效加固深度时,可采用表面洒水、钻孔注水等人工增湿措施对回填地基,当可采用夯实法处理时,如果具备分层回填条件,应该选择采取分层回填方式进行回填,回填厚度尽可能控制在强夯法相应能级所对应的有效加固深度范围之内。

7.3.6 对振动有特殊要求的建筑物,或精密仪器设备等,当强夯产生的震动和挤压有可能对其产生有害影响时,应采取隔振或防震措施,施工时,在作业区一定范围设置安全警戒,防止非作业人员、车辆误入作业区而受到伤害。

7.3.7 当最后两击夯沉量未达到控制标准,地面无明显隆起,而因为夯坑过深出现起夯困难时,说明地基土的压缩性仍较高,还可以继续夯击。但由于夯锤与夯坑壁的摩擦阻力加大和锤底接触面出现负压的原因,继续夯击,需要频繁挖锤,施工频率降低,处理不当会引起安全事故,遇到此种情况时,应按夯坑回填后继续夯击,直至达到控制标准。

8 使用与维护

8.1 一般规定

8.1.1 本条规定的目的是确保防水措施发挥有效作用,防止建筑物和附属设施地基浸水湿陷。根据调查:建筑物使用期间发生地基湿陷事故的原因有管道漏水、地面水(雨水、绿化用水、积水明沟渗漏等)局部大量下渗、地下水上升等。其中管道漏水占绝大多数,且多为长期渗漏。管道大多埋设于地下,不主动检查很难发现初期渗漏,一般是由于已出现建筑物沉降或裂缝,或地面沉陷等明显现象时才发现,但此时为时已晚。由于建筑物使用期间环境的变化、管道材料的老化、腐蚀、堵塞等因素,渗漏很难避免,只有通过定期检查,及时发现问题,及时维修,才是避免湿陷事故的最佳办法。

8.1.2 在事故调查中,长发现很多资料不全,尤其是使用期间进行的改建和扩建资料缺失,这给分析事故原因带来不便,增加了许多调查工作量,延长了处理时间。因此管理单位应存留完整的建设档案,以备需要时使用。

8.1.3 建筑物使用期间如需在防护范围内增加用水设施,如水房、淋浴室、锅炉房等,应根据原设计要求检查防水设施是否符合本规程相关要求,如不符合应按本规程要求采取地基处理或防水措施等。并对新建用水设施可能的渗漏对临近建筑物的影响进行评估,有影响时应采取防范措施。

8.1.4 建筑物建成后,周边如有新建的水库、人工湖、喷泉水景等设施,均可能引起地下水环境变化。管理单位应及时收集相关资料和信息,会同原设计、勘察等单位,共同对可能的影响作出评估,采取相应对策,防止对建筑物产生危害。

8.2 维护与检修

8.2.1 ~ 8.2.6 本节各条都是维护和检修的一些要求和做法,其规定比较具体,故未作逐条说明。管理单位只要认真按本规程规定执行,建筑物的湿陷事故就有可能杜绝或减少到最少。

埋地管道未设置检漏设施,其渗漏水无法检查和发现。尽管埋地管道大都是设在防护范围外,但如果长期漏水,不仅使大量水浪费,而且还可能引起场地地下水位上升,甚至影响建筑物安全。为此,本条第 10.2.1 条规定,每隔(3~5)年,对埋地压力管道进行工作压力下的泄漏检查,以便发现问题及时采取措施进行检修。

8.3 沉降观测和地下水位观测

8.3.1 ~ 8.3.2 在使用期间,对建筑物进行沉降观测和地下水位观测时:

1 通过沉降观测可及时发现建筑物地基的湿陷变形。因为地基浸水湿陷往往需要一定时间,只要按标准规定坚持经常对建筑物和地下水位进行观测,即可为发现建筑物的不正常沉降情况提供信息,从而可以采取切断水源、制止湿陷变形的发展。

2 根据沉降观测和地下水位观测的资料,可以分析判断地基变形的原因和发展趋势,为是否需要加固地基提供依据。