

ICS 27.140

P 55

备案号: 60509-2018

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 3472—2018

微劈裂真空预压加固软土地基技术规范

Technical specification for microfracturing-assisted vacuum preloading technique
to improve soft soils

2018-11-09 发布

2018-11-30 实施

江苏省质量技术监督局 发布

微劈裂真空预压加固软土地基技术规范

1 范围

本规范规定了微劈裂真空预压加固软土地基的设计、施工、质量检验与评定及验收准备等。

本规范适用于深厚软土地基的加固处理工程。

微劈裂真空预压加固软土地基的设计与施工除应符合本规范规定外,尚应符合国家现行有关规范的规定。

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 50202 建筑地基基础工程施工质量验收规范

SL 223 水利水电建设工程验收规程

SL 260 堤防工程施工规范

JGJ 79 建筑地基处理技术规范

JTS 147-2 真空预压加固软土地基技术规程

JTS 206-1 水运工程塑料排水板应用技术规程

HG/T 20578 真空预压法加固软土地基施工技术规程

DB32/T 2334.1 水利工程施工质量检验与评定规范第1部分:基本规定

DB32/T 2334.2 水利工程施工质量检验与评定规范第2部分:建筑工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微劈裂真空预压 microfracturing-assisted vacuum preloading

设置排水系统、微劈裂系统和密封系统,通过气压微劈裂与真空预压的联合作用,使土体排水固结的软土地基处理方法。

3.2

排水系统 drainage system

由排水板带、集水管路和真空泵构成,通过真空作用析出土体中水、气,并排出的管路组合体。

注:改写 HG/T 20578-2013,术语和符号 2.1.3。

3.3

微劈裂系统 microfracturing system

由空压机、送气管和喷气管组成,通过压缩气体作用于土体以形成微小裂隙,增加土体渗透性的管路组合体。

3.4

密封系统 sealing system

由密封膜、密封沟、膜上覆水和密封墙组成,对加固区域进行密闭,以利于加固区域形成真空作用并向深层传递的组合体。

注：改写 JTS 147-2-2009，术语 2.0.2。

3.5

密封沟 sealing groove

在加固区域周边开挖的用于埋压密封膜边缘的沟槽，隔断加固区域与地表水、气的连通。

注：改写 HG/T 20578-2013，术语和符号 2.1.5。

3.6

密封墙 sealing wall

沿密封沟内侧周边设置的止水闭气帷幕，隔断加固区域与外界地下水、气的侧向连通。

4 一般规定

- 4.1 工程设计前，应对加固区域地质情况进行勘察和调查，勘察和调查深度应满足施工图设计要求。
- 4.2 工程设计单位应根据勘察和调查结果进行施工图设计，必要时选择有代表性的场地进行工艺试验。
- 4.3 工程施工前应编制施工组织设计，制定施工质量控制和安全管理措施，报监理工程师批准后实施。
- 4.4 施工过程中，应做好质量控制、安全生产、文明施工和环境保护等工作。
- 4.5 工程资料编制应及时、真实、准确、齐全。

5 设计

5.1 基本要求

- 5.1.1 勘察资料应包括各土层的含水率、重度、界限含水率、水平与垂直固结系数、水平与垂直渗透系数、抗剪强度等物理力学指标，地下水位、承压水层、透水透气层及其与水源的连通性等。
- 5.1.2 调查资料应包括附近建筑物的分布情况、结构特征、基础类型及与加固区域边线的距离，地下管线、构筑物及障碍物的分布情况。
- 5.1.3 建筑物地基加固时，加固范围应大于基础外缘尺寸，每边增加量不小于 3 m。
- 5.1.4 加固区域边线与附近建筑物、地下管线等之间应保持一定安全距离。当距离较近时，应采取保护措施。
- 5.1.5 施工图应明确施工场地坐标系统、高程系统，加固区域边线及规划红线角点坐标。明确加固区域场地平整、施工通道、排水路径、供电等要求。
- 5.1.6 施工图应明确固结度、沉降量、真空加载方式、有效加载时间和地基承载力等指标，明确施工监测与质量检查等要求。
- 5.1.7 编制施工图技术要求应经分析计算，选择经济合理的管网、设备，进行工程布置。

5.2 排水系统

- 5.2.1 排水板带应根据打设深度、土质条件等选择。常用排水板带的型号及性能指标见附录 A。
- 5.2.2 排水板带布设间距按公式 1 计算，或通过工艺试验确定，排水板带布设间距一般为 0.7 m～1.3 m。

$$d = \left[\frac{6.5C_h t}{\ln(d/d_w) \ln(0.81/(1-U_{rz}))} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

其中： $C_h = p_L k_h (1 + e_i) / a_h r_w$

$$d_w = 2\alpha(b + \delta) / \pi$$

式中：

d —相邻排水板带的中心间距，单位为厘米（cm）；

C_h —径向固结系数，单位为平方厘米/秒（cm²/s）；

t —工程允许的固结时间, 单位为秒 (s);
 d_w —排水板带的等效换算直径, 单位为厘米 (cm);
 U_{rz} —工程要求达到的应力固结度 (%);
 p_L —微劈裂状态下土体渗透系数调整系数, 一般取 2~3, 可根据工程实际进行修正;
 k_h —土体径向渗透系数, 单位为厘米/秒 (cm/s);
 e_i —孔隙比;
 a_h —土层径向压缩系数;
 r_w —水的重度, 单位为克/立方厘米 (g/cm³);
 α —换算系数, 无经验资料时可取 0.75~1.0;
 b —排水板带的宽度, 单位为厘米 (cm);
 δ —排水板带的厚度, 单位为厘米 (cm)。

- 5.2.3 排水板带打设深度宜穿透需加固的软土层, 但不应进入下卧透水层。
- 5.2.4 集水管路的布设间距应根据排水板带与集水管路的连接形式确定, 一般为排水板带间距的 2 倍。
- 5.2.5 集水管应具有一定的刚度和抗弯折性能, 满足 96 kPa 的真空度条件下具备良好的排水性能要求。集水管宜采用 $\Phi 25$ 钢丝软管, 壁厚不小于 2 mm, 钢丝螺距不大于 10 mm。
- 5.2.6 抽真空设备宜采用射流真空泵, 单机功率不宜小于 7.5 kW。在进气孔封闭状态下, 其真空度不应小于 96 kPa。
- 5.2.7 真空泵宜均匀布置在加固区域周边, 每台真空泵的控制面积宜为 900 m²~1200 m²。

5.3 微劈裂系统

- 5.3.1 空压机额定工作压力应不低于 0.8 MPa, 送气管压力不低于 0.5 MPa。
- 5.3.2 喷气管宜采用软质塑料管, 管径不小于 10 mm, 耐压不小于 1.0 MPa, 喷气管末端应封闭。喷气管末端 200 mm 范围内设置 4 个~6 个喷气孔, 孔径宜为 3 mm, 外用 150 g/m² 土工布包裹。
- 5.3.3 喷气管布设间距为排水板带布设间距的 2 倍~4 倍。喷气管平面布置图见图 1。
- 5.3.4 加固区域软土层厚度较大时, 喷气管宜按不同深度相互间隔布设, 相邻喷气管末端高差 3 m~5 m。喷气孔位置应避开透水夹层。喷气管立面布置图见图 2。

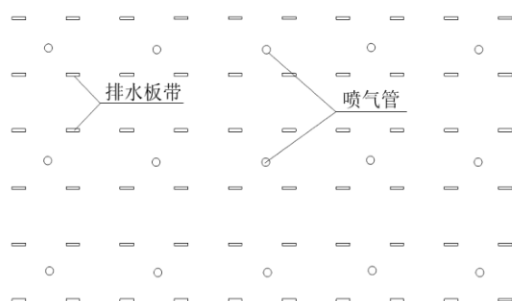


图 1 喷气管平面布置图

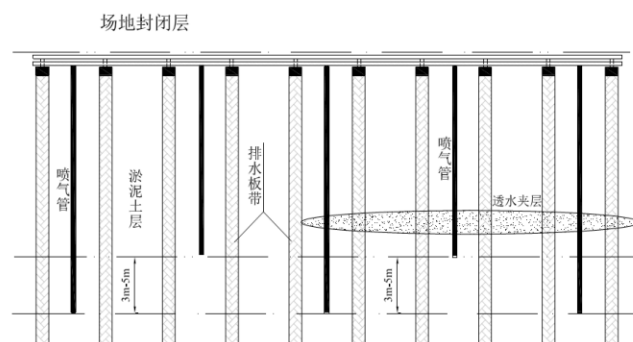


图 2 喷气管立面布置图

- 5.3.5 送气管应采用与喷气管相同材质的软质塑料管, 管径不小于喷气管。管间连接应采用专用管道接头, 且保持连接牢靠。
- 5.3.6 送气管与喷气管依序连接, 送气管从密封沟底部引出, 未送气时保持管口封闭。

5.4 密封系统

- 5.4.1 密封膜厚度宜为 0.12 mm~0.16 mm, 纵向抗拉强度不小于 18.5 MPa, 横向抗拉强度不小于 16.5 MPa, 最小断裂伸长率不小于 220%, 最小直角撕裂强度不小于 40 kN/m。
- 5.4.2 密封膜宜铺设 2 层或 3 层。密封膜每边尺寸应超出加固区域相应边长与密封沟深度总和 3 m~4 m。
- 5.4.3 密封沟底面应在弱透水、透气层顶面以下 50 cm, 沟底宽度应不小于 40 cm。当加固区域边界土体渗透系数大于 $A \times 10^{-3}$ cm/s、透气层超过 3 m 或加固区边界存在渗漏通道时, 应采用密封墙与密封沟相结合的形式。密封墙宜采用多头搅拌桩连续墙形式, 墙体渗透系数小于 $A \times 10^{-5}$ cm/s, 密封墙有效厚度不小于 200 mm。

5.4.4 边界密封条件较好时，真空荷载设计值宜不小于 85 kPa；边界密封条件复杂时，真空荷载设计值宜不小于 80 kPa。

5.5 地基参数计算

5.5.1 微劈裂真空预压加固软土地基的竖向平均应力固结度、径向平均应力固结度和平均总应力固结度，分别按公式 2、公式 3、公式 4 计算。

$$\bar{U}_z = 1 - \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 C_v t}{4 H^2}\right) \quad (2)$$

$$\bar{U}_r = 1 - \exp\left(-\frac{8 C_h t}{F d_e^2}\right) \quad (3)$$

$$\bar{U}_{rz} = 1 - (1 - \bar{U}_r)(1 - \bar{U}_z) \quad (4)$$

其中： $C_v = p_L k_v (1 + e_i) / a_v r_w$

$C_h = p_L k_h (1 + e_i) / a_h r_w$

$F = \ln(n) - 0.75$ 。

式中：

$\bar{U}_z$ —地基的竖向平均应力固结度（%）；

$\bar{U}_r$ —地基的径向平均应力固结度（%）；

$\bar{U}_{rz}$ —地基的平均总应力固结度（%）；

C_v —竖向固结系数，单位为平方厘米/秒（ cm^2/s ）；

H —排水层厚度；单面排水为土层厚度，双面排水为土层厚度之半，单位为厘米（ cm ）；

t —固结时间，单位为秒（ s ）；

F —井径比因子；

n —井径比； $n = d_e / d_w$ ；

d_e —排水板带径向影响范围的等效直径，单位为厘米（ cm ）； $d_e = \beta L$ ；

β —换算系数；正三角布置时取 1.05，正方形布置时取 1.13；

L —排水板带间距，单位为厘米（ cm ）；

k_h —土体竖向渗透系数，单位为厘米/秒（ cm/s ）；

a_v —土层竖向压缩系数；

e_i —孔隙比；

r_w —水的重度，单位为克/立方厘米（ g/cm^3 ）；

5.5.2 对于正常固结的地基，微劈裂管路真空地基的最终竖向沉降量可按公式 5 计算。沉降计算时，受压层的计算深度可取附加应力与自重应力的比值为 0.1 时的深度。

$$S_{d\infty} = m_s \sum_{i=1}^{n_l} \frac{e_{0i} - e_{1i}}{1 + e_{0i}} h_i \quad (5)$$

式中：

$S_{d\infty}$ —地基的最终竖向沉降量设计值，单位为厘米（ cm ）；

m_s —经验系数，可取 1.0~1.3，荷载较大、地基承载力较小时取高值；也可按地区经验；

n_l —计算压缩土层的分层数量；

e_{0i} —第 i 土层在平均自重压力设计值作用下压缩稳定时的孔隙比设计值，可取均值；

e_{1i} —第 i 土层在平均最终压力设计值作用下压缩稳定时的孔隙比设计值，可取均值；

h_i —第 i 土层厚度，当土层厚度较大时宜划分若干小层，单位为厘米（ cm ）。

5.5.3 对正常固结的粘性土地基，其强度增量标准值可按公式 6 计算：

$$\Delta S_{uk} = U_{rz} \sigma_z \tan \varphi_{cd} \quad (6)$$

式中：

- ΔS_{uk} —地基土强度增量的标准值，单位为千帕（kPa）；
 σ_z —地基垂直附加应力标准值，单位为千帕（kPa）；
 φ_{cd} —固结快剪内摩擦角标准值，可取均值，单位为度（°）。

5.5.4 对于欠固结地基，其固结度和沉降量宜根据现场工艺性试验结论确定。

6 施工

6.1 基本要求

- 6.1.1 施工前，应熟悉设计文件，分析水文和地质资料，复核施工坐标控制点、高程控制点，进行技术、安全交底。
 6.1.2 施工单位应按批准的施工组织设计和施工专项方案施工。
 6.1.3 排水板带、土工布、密封膜、管道等材料应经检验合格。排水板带应采取措施避免雨淋、浸泡、曝晒。
 6.1.4 加固范围较大时，应分区加固，分区面积一般为 20000 m²~40000 m²。
 6.1.5 施工单位应编制安全技术措施，制定安全生产事故应急救援预案并组织演练。有度汛要求的，应制定度汛专项方案。
 6.1.6 施工单位应配足设备和劳动保护用品，安全管理人员和特种作业人员应持证上岗。

6.2 排水系统

6.2.1 排水板带施工应符合下列要求：

- 排水板带打设前，应在加固场地表面铺设编织土工布，其搭接宜采用双线机械缝合搭接，搭接宽度应不小于 10 cm。
- 排水板带宜采用专用设备打设，打设点位误差应小于 5 cm，导管垂直度偏差小于 1.5%。
- 打入地基的排水板带宜为整板，需要接长时，每根不应多于 1 个接头，且有接头的根数不应超过打设总数的 10%。相邻布置的排水板带不应同时出现接头。
- 排水板带接长时采用芯板搭接，搭接长度大于 20 cm，搭接处采用线缝或枪钉锚固滤膜和芯板。
- 打设时应控制回带，回带长度应小于 50 cm，且回带数量应小于打设总数的 5%。
- 地表留存长度应不小于打设间距的 1/2，切口应平整。
- 排水板带宜采用双翼三通构件与集水管路连接，排水板带插入翼板长度不少于 4 cm，并用枪钉锚固。

6.2.2 排水板带施工记录表式见附录 B 表 B.1。

6.2.3 集水管路施工应符合下列要求：

- 宜铺设于相邻两排排水板带中间位置。
- 与双翼三通构件两端的接头套接，套接长度不少于 5 cm，并用枪钉锚固。
- 连接应保持松紧适度，能够适应地基变形。
- 各排集水管路连接后，采用变径接头连接至集水总管。集水总管采用直径不小于 50 mm 的 PVC 管，壁厚不小于 5 mm。
- 集水总管出膜口处宜用法兰与密封膜连接密封，集水总管出膜后，采用直径不小于 50 mm 的钢丝软管与真空泵连接。

6.2.4 真空泵安装应符合下列要求：

- 真空泵应顺长边依次布置，安放应稳固。
- 真空泵安装后应检查真空度，应满足设计要求。

6.3 微劈裂系统

6.3.1 喷气管与送气管施工应符合下列要求：

- 喷气管宜采用专用设备埋设，埋设深度偏差小于 20 cm，孔位偏差小于 10 cm，垂直度偏差小于 1.5%。
- 打入地基的喷气管宜为整管，需要接长时，每根不应多于 1 个接头。喷气管的连接应采用专用管道接头连接。

- c) 喷气管宜使用专用接头与送气管连接, 专用接头应具有一定的刚度及弯曲能力。
 - d) 各送气管采用专用接头连接至送气总管, 送气总管从密封沟下引出, 与空压机连接。
- 6.3.2 喷气管施工记录表式见附录 B 表 B.2。

6.3.3 空压机安装应符合下列要求:

- a) 空压机应顺长边外侧依次布置, 安放应稳固。
- b) 空压机安装后应检查工作压力, 应满足设计要求。
- c) 对微劈裂系统进行试运行, 送气管末端压力应满足设计要求。

6.4 密封系统

6.4.1 密封沟施工应符合下列要求:

- a) 密封沟的开挖应沿加固区域周边进行, 开挖的土料置于沟两侧, 开挖深度和宽度符合设计要求。
- b) 密封沟内侧土料沿密封沟内边线构筑覆水围堰, 围堰高度不小于 50 cm, 顶宽不小于 50 cm, 内外侧坡比不陡于 1:0.5。
- c) 密封沟内坡和覆水围堰应进行人工修整, 清除杂物和棱角。

6.4.2 密封膜施工应符合下列要求:

- a) 密封膜制作采用热合法焊接, 搭接宽度应不小于 10 cm, 且无热合不紧或热穿现象;
- b) 密封膜铺设层数应符合设计要求, 铺膜时风力宜小于 4 级, 并顺风向铺设。每层铺设完成后, 应检查密封膜的完好性;
- c) 密封膜制作和铺设过程中发现孔洞应修补, 现场修补应按照膜的特性采用胶结法粘结;
- d) 密封前先在密封沟内制作 50 cm 左右的泥浆层, 密封膜应依次埋入密封沟的泥浆层内。

6.4.3 采用密封墙与密封沟相结合的形式时, 密封沟应紧贴密封墙外侧开挖, 密封膜与密封墙搭接不小于 0.5 m。密封墙宜参照 SL 260 施工。

6.5 加载与卸载

6.5.1 真空设备安装完成后, 应试抽真空, 检查密封系统和设备运行状态, 发现问题应及时处理。试抽时间一般不少于 4 天。

6.5.2 当膜下真空度达到设计要求, 且连续 3 天稳定后, 进入抽真空运行阶段。膜下真空度达到设计要求之日作为有效加载计时起点。

6.5.3 微劈裂系统运行应符合下列要求:

- a) 连续 3 天实测平均沉降速率小于 3 mm/d, 开启微劈裂系统; 膜下真空度下降至 60 kPa 时, 停止微劈裂, 直到膜下真空度恢复到微劈裂前的压力值;
- b) 连续 3 天实测平均沉降速率再次小于 3 mm/d 时, 再次开启微劈裂系统, 依次往复;
- c) 当膜下真空度达到微劈裂前的压力值后, 连续 3 天实测平均沉降速率仍小于 3 mm/d 时, 终止微劈裂;
- d) 微劈裂实施时, 真空泵应保持连续工作状态。

6.5.4 抽真空运行阶段, 应经常检查密封膜完好性, 有破损时应及时修补。密封沟和密封膜上应覆水, 覆水深度宜为 0.2 m~0.4 m。

6.5.5 抽真空运行阶段, 应按设计要求对真空度、沉降量、孔隙水压力等参数进行监测, 做好数据整理分析, 发现问题及时处理。

6.5.6 卸载应满足下列条件:

- a) 实测沉降曲线推算的固结度 $\geq 85\%$;
- b) 连续 5 天实测平均沉降速率小于 2 mm/d;
- c) 有效加载时间达到设计要求。

6.6 施工监测

6.6.1 施工过程中, 应根据设计要求对加固区域地表沉降及分层沉降、膜下真空度、送气管压力、孔隙水压力、水平位移等项目进行监测。加固范围周边 1 倍加固深度范围内如有相邻建筑物, 应进行水平位移和沉降的专项监测。施工监测记录表式见附录 C 表 C.1~表 C.6。

6.6.2 施工监测仪器应按设计要求安装, 并与施工配合实施, 宜在打设排水板带后、铺设密封膜前布设。

6.6.3 监测仪器的布置应符合下列要求:

- a) 地表沉降的测点数量, 每 1000 m² 不少于 1 点;
- b) 膜下真空度的测点数量, 每 5000 m² 不少于 1 点, 且每个加固区域不少于 5 点;
- c) 送气管压力每组管路系统不少于 1 点;
- d) 孔隙水压力的测点数量, 每个加固区域不少于 3 组; 每组压力探头竖向布置间距宜为 2 m~4 m。

6.6.4 监测项目的观测频率宜满足下列要求:

- a) 地表沉降, 每天观测 1 次;
- b) 膜下真空度, 每天观测 1 次, 微劈裂期间每 30 min 观测 1 次;
- c) 送气管压力, 每 30 min 观测 1 次;
- d) 孔隙水压力, 每天观测 1 次。

6.6.5 根据现场监测资料计算加固地基的最终沉降量及固结度, 验证加固效果。计算公式如下:

- a) 地基最终沉降量按公式 7 计算:

$$S_{\infty} = \frac{S_3(S_2 - S_1) - S_2(S_3 - S_1)}{(S_2 - S_1) - (S_3 - S_2)} \quad (7)$$

式中:

S_{∞} —最终沉降量, 单位为毫米 (mm);

S_1 、 S_2 、 S_3 —加载停止后, 时间 t_1 、 t_2 、 t_3 相应的沉降量, 且 $t_2 - t_1 = t_3 - t_2$, 单位为毫米 (mm)。

- b) 地基的应变固结度按照公式 8 计算:

$$U_t = \frac{S_t}{S_{\infty}} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

U_t — t 时间地基的总应变固结度 (%);

S_t — t 时间的实测沉降量, 单位为毫米 (mm)。

- c) 地基的平均总应力固结度按照公式 9 计算:

$$\bar{U}_{rz} = \frac{\Delta u}{p + u_0} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

Δu —地基处理过程中孔隙水压力累计消散值, 单位为千帕 (kPa);

p —真空荷载, 单位为千帕 (kPa);

u_0 —地基处理前初始孔隙水压力, 单位为千帕 (kPa)。

6.7 场地整理

6.7.1 地基加固完成, 效果达到设计要求后, 应对场地进行整理, 排除场地覆水, 清理现场密封膜、土工布以及管路、管线等。

6.7.2 对密封沟内软土及残留的密封膜等杂物进行清除, 并回填压实。

6.7.3 场地遗留孔洞、观测孔等采用粘土回填密实。

6.7.4 对有特殊要求的场地, 按照设计要求进行整理。

6.8 施工安全

6.8.1 施工区域应按有关规定, 落实安全生产措施, 设置安全警示标志。

6.8.2 施工单位应组织施工人员进行安全教育及安全技术交底, 并配备劳动保护用品和救生设备。

6.8.3 采用高架桩机打设排水板带时, 应将桩机导管接地, 遇雷电天气应及时停止作业。

6.8.4 施工监测人员涉水作业时, 应穿戴救生衣。

6.8.5 现场临时用电、机械操作等作业, 按有关规定执行。

7 质量检验与评定

7.1 质量检验

7.1.1 应对工程使用的排水板带、密封膜、土工布等主要材料进行检验，检验项目和数量见表 1。

表 1 主要工程材料检验项目和数量

序号	材料名称	检验项目	检验数量
1	排水板带	宽度、厚度、纵向通水量、滤膜渗透系数、滤膜等效孔径、复合体抗拉强度、滤膜抗拉强度等	每批次不少于 1 组
2	密封膜	厚度、抗拉强度、断裂伸长率、直角撕裂强度、刺破强度、渗透系数、耐静水压力等	每 40000 m ² 检验 1 组，每个加固区域不少于 1 组
3	土工布	厚度、孔径、单位面积质量、撕破强度、顶破强度、透水性	每 40000 m ² 检验 1 组，每个加固区域不少于 1 组

7.1.2 加固前应对地基承载力的相关指标进行检测，检测应在打设排水板带前进行。

7.1.3 施工过程中，对排水板带及喷气管布设的高程、点位、垂直度，集水管与送气管安装质量，膜下真空度、送气管压力等进行检验。

7.1.4 卸载 7 天后应对加固区地基承载力的相关指标再次进行检测，以检验其加固效果。

7.2 质量评定

7.2.1 工程项目划分应符合 DB32/T 2334.1 的规定。

7.2.2 一般以 1000 m²~2000 m² 为 1 个单元工程，为多工序单元工程。

7.2.3 单元工程一般分为排水板带及喷气管布设、集水管与送气管安装及场地封闭、真空排水及微劈裂等 3 个工序。

7.2.4 排水板带及喷气管布设工序质量检验项目与标准见表 2。

表 2 排水板带及喷气管布设工序质量检验项目与标准

项次		检验项目		质量要求（允许偏差）	检验方法	检验数量
主控项目	1	原 材 料 质量	排水板带	规格、型号符合设计要求	观察，试验	全数，每批次不少于 1 组
			喷气管	规格、型号符合设计要求	检查	全数
	2	底高程	排水板带	±200 mm	测量	抽检 10%
			喷气管	±200 mm	测量	抽检 10%
一般项目	1	点位	排水板带	±100 mm	测量	抽检 10%
			喷气管	±100 mm	测量	抽检 10%
	2	垂直度	排水板带	1.5%	测量	抽检 10%
			喷气管	1.5%	测量	抽检 10%
	3	排水板插入时的回带		回带长度≤500 mm，且少于总数的 5%	测量	抽检 10%
注：参照 JGJ 79、JTS 206-1、JTS 147-2、HG/T 20578。						

7.2.5 集水管与送气管安装及场地封闭工序质量检验项目与标准见表 3。

表 3 集水管与送气管安装及场地封闭工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求（允许偏差）	检验方法	检验数量
主控项目	1 管材、管件质量	规格、型号符合设计要求	检查	全数
	2 密封膜质量	符合设计要求	试验	每 40000 m ² 检验 1 组, 每个加固区域不少于 1 组
一般项目	1 密封沟深度	低于密封墙顶 1.0 m 或进入透气层 0.5 m	测量	每 100 m 测 1 点
	2 密封膜铺设	松紧适度、平顺, 与密封墙紧密贴合	观察	全数
	3 密封沟回填	粘土不含杂质, 分层踩压	观察	全数
	4 管路连接质量	连接牢固、通畅、平顺	观察	全数
注: 参照 JTS 206-1、JTS 147-2、HG/T 20578。				

7.2.6 真空排水及微劈裂工序质量检验项目与标准见表 4。

表 4 真空排水及微劈裂工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求（允许偏差）	检验方法	检验数量
主控项目	1 膜下真空度	≥85 kPa, 条件复杂时≥80 kPa	真空表	全数
	2 卸载条件	符合设计要求	检查	全数
	3 地基强度	符合设计要求	查阅检测报告	每个加固区域不少于 6 点
一般项目	1 单泵控制面积	≤1200 m ²	测量	全数
	2 真空泵开启数量	前期 100%, 后期≥80%	查阅施工记录	全数
	3 送气管压力	≥0.5 MPa	压力表检查	全数
	4 空压机停机条件	膜下真空度≤60 kPa	真空表检查	全数
注: 参照 JTS 206-1、JTS 147-2、HG/T 20578。				

7.2.7 设有密封墙的, 密封墙作为独立单元工程, 按 DB32/T 2334.2 进行质量检验与评定。

8 验收准备

8.1 当工程具备验收条件时, 施工单位应及时报请验收。

8.2 工程完工后, 施工单位应提交符合要求的文字、图纸、图表、声像等施工记录。

8.3 工程验收资料应符合 GB 50202、SL 223、DB32/T 2334.1、DB32/T 2334.2 的相关规定。

附 录 A
(资料性附录)
常用排水板带的型号及性能指标

表 A.1 给出了常用排水板带的型号及性能指标。

表 A.1 常用排水板带的型号及性能指标

项目		型号				条件
		A 型	B 型	C 型	D 型	
打设深度 (m)		≤15	≤25	≤35	≤50	
纵向通水量 (cm ³ /s)		≥15	≥25	≥40	≥55	侧压力 350 kPa
滤膜渗透系数 (cm/s)		≥5×10 ⁻⁴				试件在水中浸泡 24 h
滤膜等效孔径 (mm)		<0.075				以 O ₉₅ 计
排水板带抗拉强度 (kN/10cm)		≥1.0	≥1.3	≥1.5	≥1.8	延伸率 10%时
滤膜抗拉强度 (N/cm)	干态	≥15	≥25	≥30	≥37	延伸率 10%时
	湿态	≥10	≥20	≥25	≥32	延伸率 15%时, 试件在 水中浸泡 24 h

附 录 B
(规范性附录)
排水板带、喷气管施工记录

表 B.1～表 B.2 给出了排水板带、喷气管施工记录表式。

表 B.1 排水板带施工记录

单位工程名称					单位工程编号			
分部工程名称					分部工程编号			
单元工程名称、部位					单元工程编号			
施工单位					施工班组			
排水板带型号					设计深度			
施工日期	排号	行号	施工深度 (m)	垂直度 (%)	平面偏差 (cm)	回带长度 (cm)	外观	备注
记录				校核				

表 B.2 喷气管施工记录

单位工程名称					单位工程编号			
分部工程名称					分部工程编号			
单元工程名称、部位					单元工程编号			
施工单位					施工班组			
喷气管型号					设计深度			
施工日期	排号	行号	施工深度 (m)	垂直度 (%)	平面偏差 (cm)	外观	备注	
记录				校核				

附 录 C
(规范性附录)
施工监测记录

表 C.1～表 C.6 给出了地表沉降、分层沉降、膜下真空度、送气管压力、孔隙水压力、水平位移等施工监测记录表式。

表 C.1 地表沉降监测记录

单位工程名称				单位工程编号	
分部工程名称				分部工程编号	
仪器编号				天气	
日期	测站	后视 (mm)	前视 (mm)	高程 (m)	
记录			校核		

表 C.2 分层沉降监测记录

单位工程名称				单位工程编号			
分部工程名称				分部工程编号			
仪器编号				天气			
日期	管口标高 (m)	测点距离 1(m)	测点距离 2(m)	测点距离 3(m)	测点距离 4(m)	测点距离 5(m)	...
记录				校核			

表 C.3 膜下真空度监测记录

单位工程名称					单位工程编号	
分部工程名称					分部工程编号	
观测时间	真空度值（kPa）					
	表 1	表 2	表 3	表 4	表 5	...
记录			校核			

表 C.4 送气管压力监测记录

单位工程名称					单位工程编号	
分部工程名称					分部工程编号	
劈裂起迄时间	送气管压力（kPa）					
	仪表 1	仪表 2	仪表 3	仪表 4	仪表 5	...
记录			校核			

表 C.5 孔隙水压力监测记录

单位工程名称				单位工程编号		
分部工程名称				分部工程编号		
仪器编号		初始频率 f_0 = 系数 k =				
日期	频率（Hz）	平均值（Hz）	绝对孔压（kPa）		超静孔压（kPa）	备注
记录				校核		

表 C.6 水平位移监测记录

单位工程名称				单位工程编号			
分部工程名称				分部工程编号			
测孔编号			仪器编号			日 期	
深度（m）		A+（0.01mm）	A-（0.01mm）		B +（0.01mm）		B -（0.01mm）
记录				校核			

参 考 文 献

- [1] GB 50026 工程测量规范
 - [2] GB 50286 堤防工程设计规范
 - [3] GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范
 - [4] SL 17 疏浚与吹填工程技术规范
 - [5] SL 176 水利水电工程施工质量检验与评定规程
 - [6] SL 398 水利水电工程施工通用安全技术规程
 - [7] TB10414 铁路路基工程施工质量验收标准
-