**高速液压夯实机绿色节能路基补强压实应用技术规程**

山东交通学院

济南金曰公路工程有限公司

泰安恒大机械有限公司

二O二四年十月

目录

[1 总则 4](#_Toc178282768)

[2 术语和符号 5](#_Toc178282769)

[2.1 术语 5](#_Toc178282770)

[2.2 符号 6](#_Toc178282771)

[3 基本规定 7](#_Toc178282772)

[4 资料调查与地质勘察 8](#_Toc178282773)

[4.1 一般规定 8](#_Toc178282774)

[4.2资料调查 8](#_Toc178282775)

[4.3地质勘察 9](#_Toc178282776)

[5 材料 11](#_Toc178282777)

[5.1一般规定 11](#_Toc178282778)

[5.2材料类别 11](#_Toc178282779)

[6路基设计要求 14](#_Toc178282780)

[6.1一般规定 14](#_Toc178282781)

[6.2路基型式 14](#_Toc178282782)

[6.3荷载计算 15](#_Toc178282783)

[6.4承载力计算 16](#_Toc178282784)

[6.5沉降计算 16](#_Toc178282785)

[6.6稳定分析 17](#_Toc178282786)

[6.7特殊环境下的设计措施 17](#_Toc178282787)

[7施 工 18](#_Toc178282788)

[7.1一般规定 18](#_Toc178282789)

[7.2施工准备 20](#_Toc178282790)

[7.3施工机械 21](#_Toc178282791)

[7.4施工工艺 21](#_Toc178282792)

[7.5施工管理 23](#_Toc178282793)

[7.6安全与环境保护措施 24](#_Toc178282794)

[8 质量检验与工程验收 25](#_Toc178282795)

[8.1 一般规定 25](#_Toc178282796)

[8.2施工前检验 25](#_Toc178282797)

[8.3 施工中检验 25](#_Toc178282798)

[8.4 施工后检验 26](#_Toc178282799)

[8.5 工程质量验收 26](#_Toc178282800)

[附录A 高速液压夯实压实程度测定方法 28](#_Toc178282801)

[附录B 施工记录表 30](#_Toc178282802)

[附录C 施工前质量检验标准 31](#_Toc178282803)

[附录D 施工中质量检验标准 32](#_Toc178282804)

[附录E 施工后质量检验标准 33](#_Toc178282805)

[附录F 施工质量验收记录表本规范用词说明 34](#_Toc178282806)

1 总则

**1.0.1** 为规范高速液压夯实地基的设计、施工和检测验收，提高其技术水平，保证安全经济和工程质量，制定本标准。

**1.0.2** 本规程适用于填土地基、非自重湿陷性黄土等地基处理的设计、施工和质量检测。

**1.0.3** 高速液压夯实地基应符合因地制宜、就地取材、节约资源、保护环境的原则。

**1.0.4** 高速液压夯实地基工程除应符合本标准外，还应符合现行国家和行业有关标准、规范的规定。

2 术语和符号

## 2.1 术语

2.1.1 高速液压夯实 Rapid hydraulic compactor RHC

利用液压驱动、将落锤冲击能转换为动态压力能以夯实地基的施工方法。

2.1.2 有效加固深度 Effective Reinforcement Depth and Influence Depth

夯后地基强度或加固指标达到设计要求的深度。

2.1.3 夯击能 Energy of Single Rammer

在液压油缸有效行程下液压夯锤所具备的夯击能量，单位为kJ。

2.1.4 夯击次数 Tamping Times

对单个夯点连续或分遍施加的累计夯击次数。

2.1.5 夯击遍数 Number of Dynamic Compaction

采取隔行或隔点的顺序分遍夯击或对单个夯点采取的分遍夯击方式。

2.1.6 布点间距 Points Setting Spaces

是指在所处理范围之内所布置夯点的相邻距离。

2.1.7 夯点间距 Tamping Points Spaces

实施夯击时的夯点间隔距离。

2.1.8 满夯 Full Tamping

用低于点夯的能量对地基表层进行最终处理的方法。

2.1.9 平均夯沉量 Settlement of Dynamic Compaction

夯前夯后场地平均高程之差。

2.1.10 夯板直径 Static Pressure of Rammer Diameter

液压夯锤下部与地基土接触的垫板直径。

2.1.11 扰动层 Disturbance (Protection) Layer

满夯后地基表面呈松散状态的薄土层。

2.1.12 遍间隔时间 Intervals of Each Time and Aging Tim

两遍夯击之间的时间间隔。

2.1.13 时效时间 Ageing Time

夯后至开始检测的间隔时间。

2.1.14 安全振动距离 Safe Distance of Vibration

夯击时，不对周边环境造成损害影响的最小距离。

## 2.2 符号

CBR ——加州承载比；

CBRmax——最大加州承载比；

E0 ——路基回弹模量；

eps——膨胀土的胀缩总率；

Ip ——土的塑性指数；

*l*0——路基顶面实测代表弯沉；

*w ——*土的天然含水率；

*w*c ——土的天然稠度；

*w*CBR ——土的最大CBR 含水率；

*wl* ——土的液限；

*w*O*——*土的压实最佳含水率；

*w*p ——土的塑限。

3 基本规定

3.0.1 高速液压夯实法适用于处理碎石填土、杂填土、素填土、砂土、粉土，低饱和度的粘性土、非自重湿陷性黄土等地基。可用于对振动较敏感的建（构）筑物地基的浅层处理，深基坑肥槽、室内外填土加固以及机场、港口、铁路、公路路基的浅层夯实补强等工程。

3.0.2 应根据所加固地基土质类型，建（构）筑物荷载、基础形式及周边环境条件等提出夯后地基承载力特征值、有效加固深度、处理范围、夯后地基检测方法、数量等技术要求。

3.0.3 当施工的振动对邻近建筑物、精密仪器设备以及施工中的工程结构等产生影响时，应评估振动对周边环境的影响程度，明确施工安全距离和减振措施，必要时应设置监测点。

3.0.4 施工前应进行试夯或试验性施工，以确定施工工艺参数的适用性和处理效果，并根据试夯结果优化施工方案。试夯区数量应根据场地的复杂程度、建筑规模及建筑类型确定，试夯区应具有代表性，其面积不宜少于100m2。

3.0.5 地表土含水量较高时，宜铺填一定厚度的粗颗粒材料或采用人工降低地下水位的措施，使地下水位低于起夯面以下1.5m。对于饱和度较高的粘性土亦可采用夯坑内填料或换填粗颗粒垫层的方法施工。

3.0.6 地基的变形计算，应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007有关规定。夯后有效加固深度内土的压缩模量，应通过原位测试或土工试验确定。当受力层范围内存在软弱下卧层时，尚应验算下卧层的地基承载力和变形。

4 资料调查与地质勘察

## 4.1 一般规定

4.1.1 路基工程施工前应熟悉设计文件、领会设计意图。

4.1.2 应进行施工调查及现场核对，根据设计要求、合同条件及现场情况等编制施工

组织设计。

4.l.3 路基开工前应建立健全质量、环境、职业健康安全管理体系，对各类施工人员

进行岗位培训和技术、安全交底。

4.1.4 临时工程应满足正常施工需要，保证路基施工影响范围内原有道路、结构物的

使用功能，保护农田水利设施等。临时工程宜与永久工程相结合。

4.1.5 对拟采用新技术、新工艺、新材料、新设备的工程项目，应提前做好试验研究

和论证工作。

4.1.6 各级公路均须作工程地质调查。高速公路、一级公路、二级公路和独立工点，应进行工程地质测绘工作。对三、四级公路的不良地质地段也可测绘工程地质平面图和纵断面图。工程地质条件简单的一样公路，不进行地质测绘

4.1.7 工程地质调查与测绘的目的在于查明公路走廊范畴内的地貌、地质条件，并结合区域地质资料，对路基、桥梁、隧道及其他结构物的稳固性适宜性作出评判，且为工程地质勘探、测试工作及工点布置提供依据工程地质调查与测绘的内容应收集当地航空照片、气象、水文、质植 被、冻深、最高洪水位及其发生季节、埋住范畴等资料了解人类活动对不良地质的阻碍，调查了解当地公路建设及其有关工程的体会总结

## 4.2资料调查

4.2.1 地势、地貌

地势、地貌的类型、成因、特点与进展过程；地势、地貌与岩性、构造等地质因素的关系;地势、地貌与工程地质条件的关系，对路线布设及路基工程的阻碍等

4.2.2 地层、岩性

地层的层序、厚度、时代、成因及其分布情形;岩性、风化破裂程度及风化层厚度；土石的类不，工程性质及对工程的阻碍等。

4.2.3 地质构造

断裂、褶曲的位置、构造线走向、产状等形状特点和地质力学特点，岩层的产状和接触关系，脆弱结构面的发育情形及其与路线的关系、对路基的稳固阻碍等。

4.2.4 第四纪地质

第四纪沉积物的成因类型、土的工程分类及其在水平与垂直方向上的变化规律;土的物理、水理、化学、力学性质；专门土及地区性土的研究和评判。

4.2.5 地表水及地下水

河、溪的水位、流量、流速、冲刷、淤积、洪水位与埋住情形；地下水的类型、化学成分与分布情形，地下水的补给与排泄条件，地下水的埋藏深度、水位变化规律与变化幅度；地面水及地下水对公路工程的阻碍。

4.2.6 专门地质、不良地质

各种不良地质现象及专门地质咨询题的分布范畴、形成条件、发育程度、分布规律及其对公路工程的阻碍。

4.2.7 地震

按照沿线地震差不多烈度的区划资料，结合岩性、构造、水文地质等条件，通过调查访咨询，确定>7度的地震烈度界线。

## 4.3地质勘察

4.3.1 各级公路均须作工程地质调查。高速公路、一级公路、二级公路和独立工点，应进行工程地质测绘工作。对三、四级公路的不良地质地段也可测绘工程地质平面图和纵断面图。工程地质条件简单的一样公路，不进行地质测绘

4.3.2 工程地质调查与测绘的目的在于查明公路走廊范畴内的地貌、地质条件，并结合区域地质资料，对路基、桥梁、隧道及其他结构物的稳固性适宜性作出评判，且为工程地质勘探、测试工作及工点布置提供依据工程地质调查与测绘的内容应收集当地航空照片、气象、水文、质植被、冻深、最高洪水位及其发生季节、埋住范畴等资料了解人类活动对不良地质的阻碍，调查了解当地公路建设及其有关工程的体会总结

4.3.3 原地面坑、洞、穴等，应在清除沉积物后，用合格填料分层回填分层压实，压实度应符合《公路路基施工技术规范》的规定。对可能存在空洞隐患的，应结合具体情况采取相应的处置措施。

4.3.4 泉眼或露头地下水，应按设计要求采取有效导排措施将地下水引离后方可填筑路堤。

4.3.5 地基为耕地、松散土质、水稻田、湖塘、软土、过湿土等时，应按设计要求进行处理，局部软弹的部分应采取有效的处理措施。

4.3.6 陡坡地段、填挖结合部、土石混合地段、高填方地段地基等应按设计要求进行处理。

4.3.7 地下水位较高时，应按设计要求进行处理。

4.3.8 特殊地段路基应先核对地勘资料，确定设计资料与实际的符合性、处理方法的适用性，必要时重新补勘地质、水文资料，根据结果重新确定处理方案。

5 材料

## 5.1一般规定

5.1.1 桥台、涵洞及挡土墙等结构物背部的回填作业面小，压实困难；该处路基是结构物完成后再填筑，加之是路基与结构物的刚柔结合部，易产生跳车等病害。因此，对路基的填料与施工工艺提出相关特殊要求。

5.1.2 填料宜采用透水性材料、轻质材料、无机结合料稳定材料等。某些材料如崩解性岩石、膨胀土不得用于台背与墙背填筑。

## 5.2材料类别

5.2.1 粉煤灰路堤

5.2.1.1 粉煤灰可用于各级公路路堤填筑，不得用于高速公路、一级公路的路床和二级公路的上路床。用于路基填筑的粉煤灰的烧失量应不大于20%，SO3 含量宜不大于3%，粉煤灰中不得含团块、腐殖质及其他杂质。

5.2.1.2 储运粉煤灰应符合下列规定：

1 调节粉煤灰含水率宜在储灰场或灰池中进行。

2 粉煤灰的装卸、运输和堆放，应采取洒水封盖等防止扬尘的措施。

3 粉煤灰填料宜从厂家或渣场直接运输至施工作业面使用。

5.2.1.3 粉煤灰路堤填筑应符合下列规定：

1 大风或气温低于0℃时不宜施工。

2 有显著差别的灰源应分别堆放，分段填筑。

3 路堤高度超过4m 时，可在路堤中部设置土质夹层。

4 粉煤灰路堤应进行包边防护，包边土应与粉煤灰同步施工，宽度宜不小于2m。

5 施工过程中，作业面应及时洒水润湿，并应合理设置行车便道。

6 施工间歇期，作业面应洒水润湿，并应封闭交通；间隙期长时，应在粉煤灰压实层顶面覆盖封闭土层。

5.2.2 土工泡沫塑料

5.2.2.1 土工泡沫塑料可用于软土地基上路堤、桥涵与挡土墙构造物台背路堤、拓宽路堤和修复失稳路堤等。

5.2.2.2 土工泡沫材料密度宜不小于20kg/m3，10%应变的抗压强度宜不小于110kPa，抗弯强度宜不小于150kPa，压缩模量宜不小于3.5MPa，7d体积吸水率宜不大于1.5%。

5.2.2.3 土工泡沫塑料块体在工地堆放时，应采取防火、防风、防鼠、防雨水滞留、防有机溶剂及石油类油剂的侵蚀等保护措施，并应采取措施避免阳光直接照射。

5.2.2.4 土工泡沫塑料块体铺筑应符合下列规定：

1 铺筑前应对材料进行检测。

2 非标准尺寸土工泡沫塑料块体宜在生产车间加工，现场加工时，宜用电热丝进行切割。

3 铺筑前应设置垫层，垫层宽度宜超过路基边缘0.5〜1.0m；垫层顶面应保持干燥。

4 最底层块体与垫层之间、同一层块体侧面联结、不同层的块体之间的联结应牢固，联结件应进行防锈处理。

5 应逐层错缝铺设，缝隙或高差可用砂或无收缩水泥砂浆找平。

6 严禁重型机械直接在土工泡沫塑料块体上行驶。

7 与其他填料路堤或旧路基的接头处，土工泡沫塑料块体应呈台阶铺设，台阶宽度与坡度应满足设计要求。

8 顶面的钢筋混凝土薄板、土工膜或土工织物等，应覆盖全部土工泡沫塑料块体，并向土质护坡延伸0.5~1.0m。

9 土工泡沫塑料路堤两边应进行土质包边，包边法向厚度应不小于0.25m，并应分层夯实，防渗土工膜宜分级回包。

5.2.3 泡沫轻质土

5.2.3.1 用于公路路基的泡沫轻质土的无侧限抗压强度应满足设计要求，设计未规定时应符合表5.2.3.1的规定。

**表5.2.3.1 泡沫轻质土无侧限抗压强度**

|  |  |
| --- | --- |
| 路基部位 | 无侧限抗压强度(MPa) |
| 高速公路、一级公路 | 二级及二级以下公路 |
| 路床 | 轻、中等及重交通 | ≥0.8 | ≥0.6 |
| 特重、极重交通 | ≥1.0 |
| 上路堤、下路堤 | ≥0.6 | ≥0.5 |
| 地基置换 | ＞0.4 |

注：无侧限抗压强度为龄期28d、边长100mm 的立方体抗压强度。

5.2.3.2 泡沫轻质土施工湿重度应符合设计要求，设计未规定时泡沫轻质土施工最小湿重度应不小于5.0kN/m3，施工最大湿重度宜不大于11.0kN/m3。

5.2.3.3 泡沫轻质土施工流动度宜为170～190mm；特重、极重交通高速公路及一级公路路床部位的泡沫轻质土配合比宜采用掺砂配合比，流动度宜为150～170mm，且砂与水泥的质量比宜控制在0.5～2.0。

5.2.3.4 泡沫轻质土的原材料应符合下列规定：

1 水泥应符合现行《通用硅酸盐水泥》(GB 175)的规定，其强度等级宜为 42.5 级。

2 用水应符合现行《混凝土用水标准》(JGJ 63)的规定，且温度应不低于5℃。

3 泡沫剂应符合现行《泡沫混凝土用泡沫剂》(JC/T 2199)的规定。

4 外加剂、掺和料应满足相关规范要求，使用前应进行效果试验，确认对泡沫轻质土无不良影响。

5.2.4 煤矸石

5.2.4.1 煤矸石可用于公路路堤填筑，不宜用于高速公路、一级公路上路堤，不得用于路床。需要保护的水源地区域不宜采用煤矸石进行路堤填筑。

5.2.4.2 用于路堤填筑的煤矸石填料应符合下列规定：

1 经过充分氧化或存放3 年以上的煤矸石可直接用于路堤填筑。

2 煤矸石填料CBR 值应大于8%，耐崩解性指数应大于60%，硫化铁含量宜小于3%。

3 遇水崩解的软质煤矸石不得用于路堤浸水部位的填筑。

5.2.4.3 来源不同的煤矸石填料，性能相差大时，应分段填筑。

5.2.5 工业废渣

5.2.5.1 工业废渣可用于公路路堤填筑，不得用于高速公路、一级公路路床和路堤浸水部分。

5.2.5.2 工业废渣填料用于路堤填筑时，必须符合国家现行环境保护的有关规定，严禁采用有害物质超标的工业废渣作为路堤填料。

5.2.6 填砂

5.2.6.1 砂料可用于公路路堤填筑，不宜直接用于路床填筑。

5.2.6.2 含草皮、生活垃圾、树根、腐殖质的砂料不得作为路基填料，砂料中有机质含量应不超过5％。

6路基设计要求

## 6.1一般规定

6.1.1 路基设计应收集公路沿线气候、水文、地形地貌、地质、地震、筑路材料等资料，做好沿线地质、路基填料勘察试验工作，查明地层岩土性质、厚度、空间分布特征及有关物理力学参数。

6.1.2 路基设计宜避免高填深挖。不能避免时，，当路基中心填方高度超过20m或中心挖方深度超过 30m时，宜结合路线方案与桥梁、隧道等构造物或分离式路基进行方案比选。

6.1.3 路基设计应根据当地自然条件和工程地质条件，选择适当的路基横断面形式和边坡坡度。沿河路基不宜侵占河道，应根据冲刷情况，设置必要的防护支挡工程，并妥善处理路基废方，避免河床堵塞、河流改道或冲毁沿线构造物、农田、房屋等。

6.1.4 路基填料应满足路基强度和回弹模量的要求。土石方调配设计应对移挖作填集中取(弃)土、填料改良处理等方案进行技术经济比较，充分利用挖方材料，节约土地。

6.1.5 路基设计应控制路基工后沉降量。对软地基、路基与桥涵结构物连接处路基填挖交界处、高路堤、陡坡路堤等，应采取综合措施，防止路基不均变形。

6.1.6 路基设计应考虑水和冰冻对路基性能的影响，设置完善的防排水系统或防冻害设施，以及必要的路基防护工程，

## 6.2路基型式

6.2.1 填方路基

填方路基路堤高度应满足下列要求：

1 满足公路等级所对应的路基设计洪水频率及其设计洪水位；

2 路堤高度不宜小于中湿状态路基临界高度；

3 季节冻土地区，路堤高度不宜小于当地路基冻深。

6.2.2. 挖方路基

挖方路基设计应符合下列要求，

1 土质路堑边坡形式及坡率应根据工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水防护措施、施工方法等，并结合自然稳定边坡、人工边坡的调查及力学分析综合确定。

2 岩质路堑边坡形式及坡率应根据工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水防护措施、施工方法等，结合自然稳定边坡和人工边坡的调查综合确定。必要时可采用稳定分析方法予以验算。边坡高度不大于30m时，无外倾软弱结构面的边坡需确定岩体类型，根据相关规定确定边坡坡率。

6.2.3 半填半挖路基

## 6.3荷载计算

6.3.1 行车荷载是边坡稳定性分析的主要作用力之一,计算时将行车荷载换算成相当于路基岩土层的厚度,计入滑动体的重力中去。换算时可按荷载的最不利布置条件,取单位长度路段如图6.3.1-1所示，计算式如下:



图6.3-1

$$ℎ\_{o}=\frac{NQ}{BLγ}$$

式中：ho——行车荷载换算高度(m);

L——前后轮最大轴距,按《公路工程技术标准》(JTG BO1)规定对于标准车辆荷载为

12.8m；

Q——一辆重车的重力(标准车辆荷载为550kN)；

N——并列车辆数,双车道N=2,单车道N=1；

γ——路基填料的重度(kN/m)；

B——荷载横向分布宽度(m)，表示如下：

B = *Nb* +（N - 1）m + d

其中：b——后轮轮距，取1.8m；

m——相邻两辆车后轮的中心间距,取1.3m；

d——轮胎着地宽度，取0.6m。

行车荷载对较高路基边坡的稳定性影响较小，换算高度可以近似分布无路基命宽上简化滑动体的重力计算。采用近似方法(如图解或表解等)计算时，亦可以不计算行车荷载。

6.3.2 汽车荷载分为公路-I级和公路-Ⅱ级两个等级，由车道荷载和车辆荷载组成，并规定如下：

1 车道荷载由均布荷载和集中荷载组成，用于桥梁结构整体分析计算。

2 车辆荷载用于桥梁结构局部分析计算和涵洞、桥台、挡土墙土压力等的分析计算。车道荷载与车辆荷载的作用不得相互叠加。

## 6.4承载力计算

公路工程中的路基承载力设计必须满足以下要求：

6.4.1 荷载计算方法：路基承载力设计必须按照规范要求的荷载计算方法进行，包括静态荷载和动态荷载。

6.4.2 安全系数要求： 路基设计必须满足规范要求的安全系数，以保证路基在荷载作用下的稳定性。

6.4.3 土壤力学参数：路基设计必须根据实测数据或室内试验确定土壤的力学参数，包括黏聚力、内摩擦角等。

6.4.4 路基厚度和宽度要求:路基设计必须满足规范要求的厚度和宽度以承受设计车辆的荷载作用。

## 6.5沉降计算

地基沉降计算应符合下列要求：

6.5.1 对用于计算沉降的压缩层，其底面应在附加应力与有效自重应力之比不大于0.15处。

6.5.2 行车荷载对沉降的影响，对于高路堤可忽略不计。

6.5.3主固结沉降Sc应采用分层总和法计算。

6.5.4总沉降S宜采用沉降系数ms与主固结沉降按式（6.5.4-1）计算:

S=msSc （6.5.4-1）

式中:ms——沉降系数，与地基条件、荷载强度、加荷速率等因素有关;其范围值为1.1~1.7，应根据现场沉降监测资料确定，也可按式(6.5.4-2)估算;

ms=0.123*γ*0.7(*θH*0.2 + *νH*) + Y （6.5.4-2）

θ——地基处理类型系数，地基用塑料排水板处理时取0.95~1.1，用粉体搅拌桩处理时取0.85；一般预压时取0.90；

*H——*路堤中心高度(m)；

*γ——*填料重度(kN/m3)；

*ν——*加载速率修正系数，加载速率在20~70mm/d之间时，取0.025；采用分期加载，速率小于20mm/d时取0.005；采用快速加载，速率大于70mm/d时取0.05;

*Y*——地质因素修正系数，满足软土层不排水抗剪强度小于25kPa、软土层的厚度大于5m、硬壳层厚度小于2.5m三个条件时，Y=0，其他情况下可取=-0.1。

6.5.5 总沉降也可由瞬时沉降Sd、主固结沉降Sc及次固结沉降Ss之和计算，即:

S=Sd + Sc + Ss (6.5.5-1)

6.5.6 任意时刻地基的沉降量，考虑主固结随时间的变化过程，按下式计算

St=(ms -1 + Ut)Sc (6.5.6-1)

St=Sd + ScUt + Ss (6.5.6-2)

Ut——地基平均固结度，采用太沙基一维固结理论解计算；对砂井、塑料排水板等竖向排水体处理的地基，固结度按巴隆给出的太沙基——伦杜立克固结理论轴对称条件固结方程在等应变条件下的解计算。

## 6.6稳定分析

地基稳定性计算应符合下列要求:

6.6.1 软土地基路堤的稳定验算可采用瑞典圆弧滑动法中的有效固结应力法或改进总强度法，有条件时也可采用简化Bishop法或Janbu法。

6.6.2 验算时应按施工期和营运期的荷载分别计算稳定系数。施工期的荷载只考虑路堤自重，营运期的荷载应包括路堤自重、路面的增重及行车荷载。

## 6.7特殊环境下的设计措施

6.7.1 特殊路基施工前应进行必要的基础试验，核对地质资料、设计处理范围、设计参数等，编制专项施工方案。

6.7.2 实际施工中如地质状况与设计不符或设计处置方案因故不能实施，应及时反馈处理。

6.7.3 特殊路基施工宜进行动态监控。

7施 工

## 7.1一般规定

7.1.1 液压夯主要应用于各类地基、路基、路面的夯实作业，具有夯实效果好、效率高、操作灵活、适用范围广等特点。在各类工程建设项目中，液压夯都扮演着重要的角色。

7.1.2 高速液压夯实的施工设计，应根据被加固土质类别、厚度、基础形式和上部荷载要求，确定夯后地基承载力特征值和有效加固深度。

7.1.3 夯击能分四个等级：轻型能级小于36kJ；中型能级小于84kJ；重型能级为108kJ；超重型能级大于108kJ。

点夯能量应通过试夯确定，初步选择时可参照表7.1.1推荐的参数，满夯能量一般不低于点夯能量的1/2。

表7.1.1 液压快速夯实有效加固深度参考值（m）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 单击夯击能（kJ） | 填土地基（碎石填土、杂填土、素填土等） | 天然地基（粉土、一般粘性土、湿陷性黄土等） |
| 12~36 | 1.5~2.0 | 1.2~1.5 |
| 36~84 | 2.0~3.5 | 2.5~3.0 |
| 84~108 | 3.5~4.5 | 3.0~4.0 |
| >108 | >4.5 | >4.0 |

7.1.4 夯击次数应通过试夯确定，一般情况下最少夯击次数不得少于30击。

7.1.5 加固深度较大的填土、湿陷性黄土，饱和度较高的细颗粒土，可采取多遍点夯的方法施工;对于加固深度较浅的粗颗粒土或非饱和填土等可按点夯一遍的方法施工。

7.1.6 面积较大的阀基以及道路路基，可按正三角形或正方形布置夯点；对于办公、住宅等建筑，可根据承重墙位置布置夯点，工业厂房可按柱网来设置夯击点。

7.1.7 夯点间距宜为夯板直径的1.5倍~2.0倍，低能级夯点间距宜取小值，高能级夯点间距宜取大值。

7.1.8 两遍夯击之间，应有一定的时间间隔，间隔时间取决于土中超静孔隙水压力的消散程度。当不具备实测条件时，对于饱和度较高的粘性土地基，间隔时间不宜少于3周~4周；对一般非饱和粘性土、湿陷性黄土遍间隔时间不宜少于一周；渗透性较好的碎石填土、杂填土、砂土等，可连续夯击。

7.1.9 一般满夯的最少夯击次数为6击～9击，并使夯板互相叠压1/4直径;当夯坑较深时、应采取两遍满夯，当夯坑较浅时可采取一遍满夯。满夯时的夯板直径宜大于点夯。

7.1.10 天然地基每边超出基础外缘的宽度不宜小于3.0m。可液化地基以及回填厚度较大的填土，每边超出基础外缘的宽度宜为基底下设计处理深度的1/2~1/3。

7.1.11 场地平均夯沉量应通过试夯或根据施工经验确定。一般条件下平均夯沉量按20cm～50cm控制;夯后地基的保护层厚度一般为10cm左右。对于粗颗粒的碎石土、杂填土等地基，可不留保护层。

7.1.12 液压高速夯实机补强标准：

7.1.12.1 使用HC42液压高速夯实机对黄土路基的不同部位进行加固夯实，加固夯实厚度应为1.0m~1.2m，加固夯实厚度应为1.5m，加固作业应为12~18次，加固压实厚度应为1.0m~1.2m，加固压实厚度应为1.5m。

7.1.12.2 在高速液压夯开展夯实解决工作前涵背回填体需按规范化规定开展分层次回填,其压实度与平面度经当场检验达标后才可开展液压夯实的采点与布局;夯锤边沿距台背最少间距限制为50cm。

7.1.12.3 桥台涵背回填时每层填充1m加固一次，梅花布或夯点中心间距1.2m，15锤~18锤，最后3锤沉积不大于1cm，液压高速夯实机夯点边缘与桥台等结构之间的距离应不小于20cm，具体尺寸根据结构强度确定，纵向加固范围应超过过渡区1m~2m。

7.1.12.4 新旧路基拼接部分每台阶厚度加固一次，高强度墙背面每1.5m加固一次，夯点边缘与墙背面距离应不小于50cm，梅花布置，夯点中心间距1.2m，液压高速夯实机15锤~18锤，最后3锤沉积不大于1cm。横向加固范围为1~2排。

7.1.12.5 高填方短路基、鸡爪冲沟、填挖结合部等部位每层填筑1.5m加固一次，液压高速夯实机夯点采用梅花式布置，夯点中心间距1.2m~1.5m，三档12锤~15锤，最后3锤夯沉不大于1.5cm。填挖结合部加强夯实范围向外延伸至少3m。

7.1.12.6 上述部位加固夯实后，路基表面约20cm厚度的冲击虚土必须用机械清除刮平，下道工序应用光轮压路机或小平板夯实压平。

7.1.13 回填压实度要求：

7.1.13.1 台背部分：从填方基底(涵洞顶面)到路床顶面95%，锥坡90%。

7.1.13.2 表面部分：台背填土前，必须对原地面进行处理，压实度达到95%。

7.1.13.3 台阶开挖面：路基填筑部分开挖面的压实度要求与开挖处相邻路基的压实度一致。回填压实前，原土开挖台阶应压实至95%。

为保证砌石工程的稳定性，应减少或不使用振动压路机。静载压路机还应与墙体保持一定距离（30cm~50cm），并在压路机无法碾压的区域或角落使用振动平板夯。

根据现场实际情况，可采用核仪、灌砂等方法进行检验，使用前必须采用灌砂法进行验证。考虑到基坑底部回填宽度逐渐增加，每层检查3~5点（具体点根据现场实际需要确定）。锥体护坡每层1点。每层每层1点检查含水量。

7.1.14 液压夯的操作规范：

7.1.14.1 使用液压夯前，应首先检查设备状况是否良好，包括液压系统、夯板、操纵杆等部件。确认设备无故障，才能进行操作。

7.1.14.2 液压夯的操作应遵循先空载、再负载；先慢速、再快速；先单次、再连续的顺序。以确保设备在使用过程中的稳定性和安全性。

7.1.14.3 在确认设备正常后，根据施工要求调整液压夯的高度和夯实力度，进行有效的夯实作业。同时，要密切关注设备的运行状态，防止出现故障。

7.1.14.4 在完成夯实作业后，应先关闭液压夯的动力源，使设备停止运行。然后进行设备的检查和保养，确保设备在下次使用时正常运转。

7.1.15 液压夯的安全规范：

7.1.15.1 操作人员必须经过专业培训，熟悉液压夯的操作规程和安全注意事项。

7.1.15.2 在施工过程中，要确保现场的安全措施，如设置警示标志、提供安全通道等。

7.1.15.3 在操作过程中，操作人员要佩戴必要的劳动保护用品，如安全帽、防护镜等。

7.1.16 施工前，首先应详细了解施工图纸和技术要求，明确夯实部位和夯实标准。然后，根据施工需要，选择合适的液压夯型号和数量，确保施工进度和质量。同时，要组织专业的技术人员对液压夯进行检查和维护，确保设备在施工过程中正常运转。

## 7.2施工准备

7.2.1 施工前，施工人员应详细研读规程规范，详细研究设计图纸、技术要求及地质勘察报告，熟悉测量放线的有关资料。鉴于处理地基的复杂性，同类工程的地基处理经验对工程的实施具有重要的参考价值，因此，应结合工程实际情况了解同类工程的地基处理经验和使用情况等，调查并借鉴类似条件的地基加固经验。依据有关规程和设计要求编制施工组织设计，向施工人员进行技术、质量安全交底。

7.2.2 施工组织设计应根据《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502和设计技术要求编制。应明确主要的施工方法和施工参数，其工艺参数包括：夯击能量、夯击次数和夯击遍数、夯间距、布点间距及布点图、起夯面高程、遍间歇时间等。向施工人员进行技术、质量交底的内容包括施工参数、技术要求、质量标准、施工步骤方法、关键工序控制、质量通病预防措施等。所有参加施工的管理人员和技术工人都必须接受相关培训，持证上岗。

7.2.3 施工前应对施工场地和周边环境进行调查。调查施工场区内外的地下构筑物和各种管线的位置、埋深，必要时应采取探查措施，以避免施工对其造成损坏。临近施工场地的建筑物、精密仪器设备以及土建施工砌筑、浇灌混凝土时，应事先评估夯击产生的振动影响，必要时应设置监测点，并采取挖隔振沟等减振措施。起夯面高程应根据设计基底高程、预估场地平均沉降量和保护层厚度确定。

7.2.4 根据设计基底高程和确定的平均夯沉量，对夯击区域的土方进行挖方或填方作业，平整施工场地至起夯面高程并施放夯点，准备施工场地。

## 7.3施工机械

7.3.1 目前国产液压夯锤主要技术参数见下表。

表7.3.1 夯锤参数表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 单 位 | 轻型 | 中 型 | 重型 | 超重型 |
| 额定冲击能 | kJ | 12 | 16 | 20 | 30 | 36 | 42 | 60 | 84 | 108 | 180 |
| 落锤质量 | t | 1.2 | 1.6 | 2.0 | 3.0 | 3.6 | 4.2 | 6.0 | 8.4 | 9.0 | 12 |
| 夯锤行程 | m | 0.2~1.0 | 0.2~1.2 | 0.2~1.2 | 1.5 |
| 夯击频率 | 次/min | 40~80 | 40~70 | 90/36 |
| 夯板直径 | m | 0.63 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.5 |
| 夯锤质量 | t | 2.7 | 3.1 | 3.6 | 5.9 | 6.4 | 6.9 | 8.8 | 11.9 | 14.66 | 18.1 |

7.3.2 高速液压夯实机一般采用液压挖掘机、履带式起重机、装载机或其他专用设备。应根据所需夯击能量选用合适的主机功率，其主机的液压系统的压力和流量应满足驱动夯锤施工要求。与液压夯锤配套的主机设备应优先选用液压挖掘机、履带式起重机或轮式装载机。主机型号功率等选择应与液压夯锤的总重量、额定压力流量等相配套。例如HC180型夯锤可与460型挖掘机配套，HC30型夯锤可与50型装载机配套。辅助设备一般为推土机，压路机等。

## 7.4施工工艺

7.4.1 施工应按下列步骤进行：

1 按设计的夯点布置图标出夯点位置。 夯机就位，夯锤中心线置于夯点中心。

2 启动夯锤，按设计规定的夯击次数及控制标准，完成单个夯点的夯击。当夯坑较深但无明显隆起，而尚未达到停锤标准时，可将夯坑填平后继续夯击。应记录累记夯击次数。

3 换夯点，重复前述步骤，完成全部夯点的夯击。

4 用推土机将夯坑填平，并测量场地高程。

5 在规定的间隔时间后，按上述步骤逐次完成全部夯击遍数。

6 用低能量满夯，将场地表层松土夯实，并测量夯后场地高程。

7.4.2 按施放的夯点位置液压夯锤就位后，可按设置好的参数进行夯击。液压夯锤的夯击能量可按高、中、低三档根据需要分别设置。当在软弱松散的土层上施夯时，为防止液压夯锤发生空打现象、造成损害，开始阶段设定的油缸行程不宜过大，随着冲击次数的增多和土体强度提升，再将油缸行程调至最大。高速液压夯实机具备自动监测控制系统，可进行自动作业记录。施夯时宜采用扇形作业方法，每次左、中、右三点，再进行下排施夯。在基槽内施夯时，应先夯基槽两边，再夯中间。应记录单个夯点的总沉降量、最终十击平均夯沉量和场地平均夯沉量。当夯坑周边隆起较大或夯坑较深时，应采取原点分遍夯击方式，两遍之间应设定间隔时间。

7.4.3 根据高速液压夯实设备夯击频率高的特点，本条规定以控制最终十击的平均贯入度为停锤标准。由于加固深度主要依靠夯击次数来实现，因此应以控制夯击次数为主，以控制贯入度为辅。施工中应保证确定的夯击次数达到要求，当部分夯点贯入度偏大时，为保证夯后地基的均匀性，应当适当增加夯击次数。停锤标准应以控制锤击数为主，以控制贯入度为辅。轻、中、重型能级夯能的最终10击平均贯入度可分别按3cm、4cm、5cm控制。

7.4.4 液压夯锤的锤重小、落距低，一般不会周围环境造成影响，但是对于精密仪器设备、邻近的医院学校等对振动高度敏感的建筑物，还是需要明确振动控制标准。在施工区域与被保护建筑物之间，宜采取挖掘隔振沟的方法降振，隔振沟的深度一般为2m左右，长度应大于被保护建筑物。当在建筑物室内外处理回填土时，夯板外边缘距离墙柱不得小于1.0m。

7.4.5 高速液压夯施工放样部位到位，应使夯杆指向定位点，将冲击夯调强档开展夯击。

7.4.6 夯击频次规范：

7.4.6.1 每一个夯点夯实不可低于18锤(点射夯击能务必做到36kJ)。

7.4.6.2 夯实数达到15和18锤后需各自精确测量夯沉量及其开展数据分析，若相对性夯沉量误差超过10mm，则必须以3锤为最小单位增加夯实频次，直到最终3锤与前3锤的相对性夯沉量误差在10mm之内。

7.4.7 在所有地区的高速液压夯夯实工作结束后,须所有清除表层约20cm厚因为冲挤功效形成的虚土，随后采用机械设备方法平整并精确测量最后路基工程的标高，如此即可开展下一工序的施工。

7.4.8 《建筑工程冬期施工规程》JGJT 104允许冬期进行夯实作业。当气温低于冰点，由于土中富含水分，地表层将发生冻结，冻层的厚度与气温和冻结时间有关。冻层的存在会消耗夯击能，影响加固深度。对形成的冻土层应适当增加锤击数，以击穿冻土层，保证有效夯击次数和加固深度，冻土层被击穿前的夯击数不计入总夯击次数。平整夯坑后应及时满夯，且满夯能量和击数应适当提高。当表层土已冻结层且较厚时，不宜进行满夯施工。推填夯坑时应清除较大的冻土块，填入夯坑中冻土块的粒径和含量应符合《建筑工程冬期施工规程》 JGJ 104的有关规定要求。降雪后应及时清理作业面和夯坑中的积雪，避免将冰雪夯入地基土中。

7.4.9 雨期施工应在基坑或夯击区域四周设置挡水土埂，以防场外雨水倒灌。整个施工面应做成一定的排水坡度，边缘应挖排水沟和集水井，下雨时应及时抽排水。雨期施工宜采取分区块施工方法，即在某个时间段内，尽量将单位区块内的点夯和满夯全部处理完毕。因推入夯坑中的虚土会形成“海绵效应”大量吸水，增加地基土的含水量，满夯时会产生“橡皮土”。如果满夯前场地被雨水浸湿，雨后必须将夯坑内湿土挖除、换填处理后方可进行满夯施工。

7.4.10 含水量较大的粘性土地基，夯后应禁止轮式车辆碾压，防止产生“橡皮土”。当形成的“橡皮土”面积较小、深度较浅时可采用人工挖除换填干土或砂石处理；当“橡皮土”面积较大时，可用推土机的松土器将地表层翻松、晾晒后再满夯；当“橡皮土”较厚且范围较大时，可采取换填补夯的措施处理。对于冬期暂不施工的基础，可在夯后地基上铺填一定厚度的虚土防冻，土层的厚度不宜小于当地冻结深度。

## 7.5施工管理

7.5.1 现场作业人员应具备相关的施工技能和经验，并进行必要的技术培训。同时应配备专业的安全员，负责现场的安全管理和监督。

7.5.2 在施工前应制定详细的施工计划和安全预案，并做好现场交底工作，确保每一位作业人员都了解自己的任务和安全注意事项。

7.5.3 在夯击过程中进行监测。应使用专业监测设备进行监测，确保施工质量。

7.5.4 夯击参数控制。控制夯击次数、夯击能量和夯击频率等参数，以达到预期的夯击效果。

7.5.5 合理组织施工人员和机械设备，确保施工顺利进行。

7.5.6 确保施工安全，应对施工人员进行技术交底，确保施工人员理解施工要求和操作规程。

7.5.7 施工完成后，对夯实区域进行质量检测，包括压实度、承载力等指标。

## 7.6安全与环境保护措施

7.6.1 安全注意事项：

7.6.1.1 施工前应进行地质勘察，了解地层情况和土层特性，确保施工安全。

7.6.1.2 施工人员应穿戴好符合标准的安全防护用品，如安全帽、防护眼镜、手套等，严格遵守操作规程。

7.6.1.3 在液压夯设备运行过程中，严禁人员靠近或站在夯击范围内，以免发生意外。

7.6.1.4 应指派专人负责监控设备的工作情况，确保设备的稳定性。定期检查液压系统、液压油缸、发动机机油和过滤器工作状况。

7.6.1.5 在发生设备故障、人员伤害等紧急情况时，应立即切断液压夯的电源和油路进行停机检查，并通知维修人员处理，严禁带病作业。

7.6.1.6 施工现场应设置警示标志，防止非施工人员进入作业区。

7.6.2 环境保护：

7.6.2.1 施工过程中，应采取有效措施减少噪音、粉尘等污染物的排放。应合理安排施工时间，可选用低噪声设备或设置声屏障等方法降低噪声影响。

7.6.2.2 废弃的液压油、滤芯等废弃物应妥善处理，防止污染环境，保护周边生态环境。应及时清除施工现场内的垃圾和杂物，保持工地整洁。

7.6.2.3 施工应遵守国家土地管理、水土保持、环境保护、生态保护、资源利用、

能源利用、循环经济的有关法律法规，合理利用资源和能源，控制污染，保护环境。

**条文说明**

现行涉及环境保护的主要法律、法规有《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国水土保持法》、《中华人民共和国水土保持法实施细则》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国环境噪声污染防治法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国水污染防治法实施细则》、《中华人民共和国草原法》、《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国野生动物保护法》、《中华人民共和国野生植物保护条例》、《建设项目环境保护管理条例》、《中华人民共和国自然保护区条例》及《中华人民共和国文物保护法》、《中华人民共和国节约能源法》、《公路、水路交通实施<中华人民共和国节约能源法>办法》及《中华人民共和国循环经济促进法》、《中华人民共和国清洁生产促进法》等。

8 质量检验与工程验收

## 8.1 一般规定

8.1.1 工程质量主要在于施工过程控制，当施工不按方案进行，特别是夯击能、夯击次数不够时，直接影响加固深度和夯后承载力，因此强化施工过程的监管是非重要的。

8.1.2 参照《强夯地基处理技术规程》DB37/T5136-2019编制了液压快速夯实地基的施工质量监测检测标准。

## 8.2施工前检验

8.2.1 在施工前，应对液压夯设备进行全面检查，包括液压系统、夯板、操纵杆等部件，确保设备无故障，能够正常运行。检查液压夯锤的型号及夯击能量是否符合设计要求。操作人员应经过专业培训，熟悉液压夯的操作规程和安全注意事项。

8.2.2 施工前应进行场地清理和整平，确保场地平整、坚实，无障碍物，以便于液压夯的运行和操作。同时，应清除基坑内的杂物和水分，进行基础处理以提高夯击效果。

8.2.3 根据施工要求，应仔细确认液压夯的技术参数，如夯锤重量、行程、夯击势能等，确保满足施工标准。

8.2.4 按照设计要求布置夯击作业点，如填挖结合部、桥背、涵背等部位的夯实作业点应按照规定间距梅花形布置，并确保夯点覆盖全部设计夯实范围。

8.2.5 施工前必须确保现场的安全措施，如设置警示标志、提供安全通道等，同时操作人员要佩戴必要的劳动保护用品。

8.2.6 施工前应详细了解施工图纸和技术要求，明确夯实部位和标准，选择合适的液压夯型号和数量，并组织专业技术人员对液压夯进行检查和维护。

## 8.3 施工中检验

8.3.1 施工过程中应检查确认夯锤落距，对各夯点的锤击数进行检查和记录，应按5%的比例抽查记录夯点最终十击平均夯沉量、累计夯击次数、累计夯坑深度等。还应检查夯点位置偏差，发现偏差过大或漏夯应及时补夯纠正。施工结束后应测量场区平均夯沉量，确保施工质量。

8.3.2 根据施工规范，在施工过程中，要对液压夯的夯实高度、夯实角度、夯实力度等参数进行调整，如每个夯点的强档夯实不得少于一定次数，夯实完后进行测量比对，以满足不同的施工需求。在夯实过程中，要确保夯实均匀、密实，防止出现局部沉降或漏夯现象。同时，要密切关注设备的运行状态，一旦出现异常情况，要及时进行处理。

## 8.4 施工后检验

8.4.1 高速液压夯实地基施工质量检查检测应符合表8.4.1的规定。

表8.4.1 液压快速夯实地基质量检查标准

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检 查 项 目 | 允许偏差或允许值 | 检查方法 |
| 单位 | 数值 |
| 1 | 地基承载力 | 按设计要求 | 静载荷板试验 |
| 2 | 加固深度 | 按设计要求 | 标贯、动探 |
| 1 | 冲击能量  | kJ | ±5% | 检查夯锤油缸行程 |
| 2 | 夯击次数及夯击遍数 | 设计要求 | 计数法 |
| 4 | 夯点间距 | m | ±100 | 用钢尺量 |
| 5 | 夯击范围  | 设计要求 | 用钢尺量 |
| 6 | 遍间隔时间 | 设计要求 | — |

8.4.2 施工完成后，要对夯实部位进行质量检测，包括夯实密度、承载力等指标。对于不合格的部位，要及时进行补夯处理。同时，要对液压夯进行全面的检查和维护，包括液压系统、夯板等关键部件的保养，以确保设备在下次使用时正常运转。

8.4.3 检测夯实前后的沉降量，评估夯实效果。

8.4.4 对场地进行平整，清理现场，移除施工设备和材料，确保场地整洁。

## 8.5 工程质量验收

8.5.1 粗颗粒土不存在孔隙水压力消散问题，夯后地基强度提高很快，因此不需要时效；对于细颗粒饱和粘性土，其孔隙水压力消散时间比较长，夯后地基强度随着时间的增长缓慢，因此，应在时效一定时间后进行竣工验收质量检测。本条参照强夯地基处理技术规程，给出了时效时间的下限。

8.5.2 夯后地基承载力的检测应在时效满足要求后进行。对于碎石土、建筑碴土和砂土地基等粗颗粒土，时效时间宜为3d；对于非饱和的一般粘性土、Ⅰ级非自重湿陷性土、粉土等宜为7d；对于饱和软粘土地基，时效时间不应少于28d。

8.5.3 夯后地基应进行地基承载力、加固深度检测。地基承载力应根据静载荷板试验并结合其它检测方法综合确定；加固深度可采用动力触探或标准贯入试验、静力触探试验，以及室内土工试验等方法检测。检测深度应大于设计有效加固深度。检测方法不应少于两种。夯后地基土承载力和加固深度必须满足设计要求。当不满足设计要求时应采取补夯措施或采取其它方法进行处理。

8.5.4 静载荷板检测点的数量，应根据场地复杂程度和建筑物的重要性等特征综合确定。对于简单场地上的一般建筑物，单体建筑地基每500m2不应少于1个检验点，且检验点总数不应少于3点；对于复杂场地或重要建筑地基应增加检验点数，每300m2不应少于1个检验点，且检验点总数不应少于3点。原位检测数量可与静载荷板试验点合并计算。场道路基、码头堆场等的检测数量应遵照相关规范执行。检测点位置应结合建筑物轮廓线、轴线、中心线等均匀、对称布置。

8.5.5 在施工过程中，应对每一批次的夯实质量进行检验，以确保夯实质量和工程整体质量符合设计要求。在单项工程完成后，应进行单机验收，对液压夯实机的使用效果和施工质量进行全面检查。在整个工程完成后，应进行工序验收和竣工验收，对整个工程的质量进行综合评估。

附录A 高速液压夯实压实程度测定方法

**A.1 高速液压夯实机夯点布置**

**A.1.1** 在已施工完并按设计要求的压实标准检测合格的路基上放出夯点，用白灰标识并编号，之后按照编号测出每一点初始高程。液压夯实机按测量放样的位置就位，使夯锤对准点位。

**A.1.2** 台背补强处理区域为距离涵台6m范围，共6排。前3排夯点布点采取沿锤心距离1m呈梅花形布置，第4排夯点1.2m（横向）\*1m(纵向)，第5、6排夯点1.5m(横向）\*1m(纵向)，夯锤边缘距台背最小距离为0.2m。

**A.2 高速液压夯实机试验方法**

**A.2.1** 结合现场施工，试验工点选择在涵洞台背填。选用HC36型高速液压夯实机，夯锤重量为3.2吨，行程1.2米，夯击最大势能36千焦，夯板直径1.0米。试验中采用3档档位每次累加3锤夯实作业，利用水准仪测量每夯机3锤后的相对高程，得到对应累积沉降量和相对沉降量，采用动力触探试验分别检测夯实前后地表地基承载力变化。最后对夯实面测得最终台背填筑面整体沉降量。

**A.3 高速液压夯实机传感器的设置与检测方法**

**A.3.1** 实验前，为了更好地保证三个区段的基础可以承担高速液压夯实机的相互作用力，就必须先对其基本上承载能力开展测试，保证其承载能力合格才可以开展下一步的工艺流程。

**A.3.2** 试夯先利用振动压路机执行常规的辗压回填，保证压实度做到有关标准后，再应用高速液压夯实机执行加肋。而在振动压路机开展逐级辗压时就要立即地将感应器铺设下来并开展有关物理学标准的测试，必须铺设的感应器包含动态性土压力盒与装配式建筑地基沉降板，利用这两个感应器来检验高速液压夯实机加肋全过程中，纵向相互作用力的传送状况和对盖板涵水准相互作用力的情况。物理力学测试指标值测试有回填土的水流量与相对密度，进而让实验工作人员把握桥台夯实前回填土中不一样高度的具体压实度。由于安全通道桥盖板涵属于悬壁式，其高速液压夯实机操作流程中对盖板涵混泥土造成受弯的地方在桥台底部两侧，因此在两侧底端混泥土面粘帖应变片。

**A.3.3** 回填路基工程在应用振动压路机压实后确认其做到规定的压实度，应用中小型动力触探测试每一个区段的基本上承载能力，每一个区段设定了2个测试点。在设定测试点时须要留意，每一个测试点都必须安装在区段的不一样部位，还需要与感应器铺设部位开展交叠，那样才有利于以后的测试工作中。

在利用高速液压夯实机加肋时，必须进行动内应力地基沉降形变台背混泥土应变力与基本上承载能力测试。每一个段区在压实四次后都必须进行路基工程形变与基本上承载能力测试。测试点每一个区段一样设定为两处，而且互相分开。除此之外，每一次在使用高速液压夯实机加肋时必须进行动内应力与混泥土应变力测试。

**A.3.4** 对地基压实度检测是为了有效的避免地面裂开等危害。压实度与地基沉降有关系，压实度高沉降量就小。压实度不合格是导致地面损坏，应用情况差，道路通行能力差，道路交通事故多的首要缘故。

**A.3.5** 针对纯砂或粘聚性差的砂类土，通常使用基本压实度检验方式（灌砂）开展检验，基本上流程为：灌砂筒量砂校准→采点→挖试坑→灌砂→称重→数据统计分析。

附录B 施工记录表

**强夯施工记录表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合同段 |  | 工程名称 |  | 桩号或部位 |  | 施工日期 |  |
| 夯锤重量(t) | 锤底直径(m) | 夯锤落距(m) |  | 吊车名称 |  |
| 年月日 | 第\_遍 夯点编号 | 初测 读数 (mm) | 每击夯后水平仪观测读数(mm) | 最后两击平均夯沉值 (cm) | 总夯沉值 (cm) | 夯点布置示意图 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 检查人： 质检负责人： |

附录C 施工前质量检验标准

**C.1液压夯施工前检验**

C.1.1 设备验收

1 设备内部各零部件应完好无损，无松动、脱落现象。

2 各液压系统应正常工作，无泄漏现象。

3 打桩机液压缸、液压马达、液压泵等关键部件的性能指标应符合设计要求。

4 相关配电控制系统应稳定可靠，无断电、断线故障。

C.1.2 功能性验收

1 设备应按照规定的工作能力和性能要求，能够完成预定工作任务。

2 设备的启动、停止、运行等操作应方便、灵活、可靠。

3 设备的定位、定桩、拔桩等工作功能应正常可靠。

4 设备的桩长、冲桩深度等参数应符合设计要求。

C.1.3 安全性验收

1 设备应符合国家相关安全标准，配备完整的安全保护装置。

2 设备的操作手册及安全警示标志应齐全，操作人员应具备相应的操作技能。

3 设备在工作过程中应稳定可靠，不发生倾倒、滑移、爆炸等安全事故。

4 设备应符合相关噪声、振动等环境要求。

**C.2基层施工前检验**

C.2.1 施工前应按规范对路基的强度、平整度进行全面检查，以使路基能满足规范和设计要求，主要检查项目有：

1 碾压检查：用12-15T压路机碾压3-4遍，不得有弹簧、翻浆现象。

2 路基强度检验：对承载板检验数据或实测弯沉值不能满足设计E值要求时，应找出其周围界限，进行局部改处理，直到满足要求。

3 平整度检验：应每20米一处以上，质量标准应在2cm以内。

附录D 施工中质量检验标准

**D.1 施工监测**

 工程质量主要在于施工过程控制，当施工不按方案进行，特别是夯击能、夯击次数不够时，直接影响加固深度和夯后承载力，因此强化施工过程的监管是非重要的。

**D.2 施工质量检测标准**

 本条参照《强夯地基处理技术规程》DB37/T5136-2019编制了液压快速夯实地基的施工质量监测检测标准。

附录E 施工后质量检验标准

**E.1 工程质量检测和验收**

E.1.1 粗颗粒土不存在孔隙水压力消散问题，夯后地基强度提高很快，因此不需要时效；对于细颗粒饱和粘性土，其孔隙水压力消散时间比较长，夯后地基强度随着时间的增长缓慢，因此，应在时效一定时间后进行竣工验收质量检测。本条参照强夯地基处理技术规程，给出了时效时间的下限。

E.1.2 夯后地基承载力的检测应以静载荷板试验为主，加固深度检测可采用动力触探、标准贯入试验、靜力触探试验以及室内土工试验等方法。对于碎卵石土、建筑碴土、杂填土、砂砾土等粗颗粒地基，宜采用重型或超重型动力触探方法；对于砂土、粉土等可液化地基和一般粘性土、素填土等地基，宜采用标准贯入或静力触探方法；对于湿陷性黄土地基，应采用探井取原状土样做室内土工试验。

E.1.3 高速液压夯实地基静载荷板及其他试验检测点的数量，参照了强夯地基验收的有关规定。

附录F 施工质量验收记录表本规范用词说明

**强夯地基工程检验批质量验收记录表**

|  |  |
| --- | --- |
| 单位（子单位）工程名称 |  |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收部位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 施工执行标准名称及编号 |  |
| 施工质量验收规范的规定 | 施工单位检查评定记录 | 监理（建设）单位验收记录 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 主 控 项 目 | 1 | 地基强度 | 设计要求 |  |  |
| 2 | 地基承裁力 | 设计要求 |  |
| 一般 项 目 | 1 | 夯锤落距（mm） | ±300 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 锤重（kg） | ±100 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 夯击遍数及顺序 | 设计要求 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 夯点间距（mm） | ±500 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 夯击范围（超出基础范围距离） | 设计要求 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 前后两遍间歇时间 | 设计要求 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 专业监理工程师： （建设单位项目专业技术负贵人） 年 月 日 |

本规范用词用语说明

1 对执行规范条文严格程度的用词采用下列写法：

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） 表示稍有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1）在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚 应符合国家和行业现行有关标准的规定”；

2）在标准条文及其他规定中，引用标准为国家标准和行业标准时，表述为 “应 符合《××××××》（××）的有关规定。

3）引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”、“应 符合本规范第×.×节的有关规定” 、“应符合本规范第×.×. ×条的有关规定”或“ 应 按本规范第×.×. ×条的有关规定执行”。