(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111910679 A
(43)申请公布日 2020.11.10

(21)申请号 202010803900.5

(22)申请日 2020.08.12

(71)申请人 中建八局第二建设有限公司
地址 250014 山东省济南市历下区文化东路16号中建大厦18层

(72)发明人 张勇 许珂 李宁 孙庚 王兵

(74)专利代理机构 济南信达专利事务所有限公司 37100
代理人 陈婷婷

(51)Int.Cl.
E02D 29/02(2006.01)
E02D 17/04(2006.01)
E02D 17/20(2006.01)
E02D 31/02(2006.01)
E02D 15/02(2006.01)
E02D 17/18(2006.01)

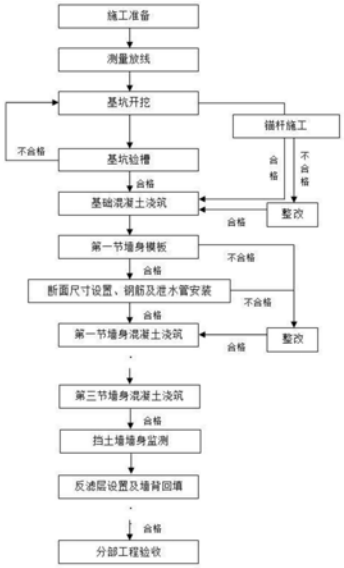
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54)发明名称

复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法

(57)摘要

本发明公开了复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，属于边坡支护施工技术领域，挡墙基础开挖过程中采用跳仓法施工，挡土墙结构采用水平跳仓竖向分层的方式组织施工，模板采用钢模板与木模板结合的方式，且采用模板斜拉自平衡固定；墙身混凝土分层浇筑，墙背反滤层分层施工；挡墙基础开挖时将墙后地面挖成反坡台阶，挡土墙施工完毕后进行墙背回填。本发明能够解决施工中基坑临时边坡失稳、墙身模板支设难度大以及大体积混凝土施工、挡土墙泄水及墙背回填质量不易控制等难题，具有显著地经济效益和社会效益。



CN 111910679 A

1.复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法,其特征在于挡墙基础开挖过程中采用跳仓法施工,挡土墙结构采用水平跳仓竖向分层的方式组织施工,模板采用钢模板与木模板结合的方式,且采用模板斜拉自平衡固定;

墙身混凝土分层浇筑,墙背反滤层分层施工;

挡墙基础开挖时将墙后地面挖成反坡台阶,挡土墙施工完毕后进行墙背回填。

2.根据权利要求1所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法,其特征在于该方法的具体施工过程为:

1)、测量放线、基坑开挖,并进行基坑验槽以及锚杆施工;

2)、基础混凝土浇筑;

3)、墙身模板安装,选择合适的模板及安装形式,进行断面尺寸设计、钢筋及泄水管的安装;

4)、进行墙身混凝土的浇筑,并进行挡土墙墙身监测;

5)、反滤层施工;

6)、墙背回填。

3.根据权利要求2所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法,其特征在于陡坡地貌在基坑开挖前先将挡墙基坑两侧边坡开挖成反坡台阶,并将墙背侧距基坑边3m范围内覆土翻运至墙面侧地势较低处,防止开挖过程中基坑顶部塌方及滑坡。

4.根据权利要求1或2或3所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法,其特征在于基槽开挖前将所有墙体结构逐一放样排布,按照由高到低的顺序分段分层流水作业;

基坑开挖采用机械跳仓开挖,开挖至每层锚杆设计标高后,先行施工完成当层锚杆后继续下层开挖;

基坑边坡、台阶及基底预留20cm采用人工开挖,人工开挖前重新进行测量放样,在确定开挖正确不偏位的情况下改用人工进行基底清理,确保基底符合设计及相关规范要求;

基坑开挖完成后,及时进行地基验槽,然后进行混凝土挡墙的基础混凝土浇筑。

5.根据权利要求4所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法,其特征在于采用永临结合方式确保临时边坡的稳定性;采用信息法施工,利用理正岩土6.5进行边坡稳定性分析,从而做好施工过程中临时边坡的巡视和监测,保证施工安全。

6.根据权利要求1或2所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法,其特征在于墙面及墙背模板采用钢模板,墙身侧模采用胶合板,胶合板竖向背楞选用木方支撑,横向背楞选用双钢管和对拉螺栓拉结;

墙身模板的安装顺序为:搭设模板操作架,安装水平拉杆和剪力撑→立墙体两侧模板→用斜拉螺栓拉结侧模板横向背楞→紧固检查→调垂直度→验收;

基础首层混凝土满灌浇筑,浇筑完成后预埋钢筋作为插筋,预埋混凝土长度不小于40cm,采用内外两排,根据挡墙坡率适当调整,确保每根插筋上顶层斜拉杆与混凝土面呈45度角;

模板斜拉杆采用螺纹钢,对拉采用同尺寸螺杆;

对拉杆与插筋采用双面焊接,搭接长度不小于15cm,焊接质量满足规范要求;

钢模板采用1托2跳仓浇筑,每次浇筑高度1.94m,木模板每次支设两模,浇筑高度同钢模板;

木模板加固方式同钢模板，每块模板横向设置三排拉杆；

模板支设时采用上下定位的方式确定斜率。

7.根据权利要求1或2所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，其特征在于；

优化混凝土的配合比及原料选择，选用低水化热的矿渣水泥，减少水泥用量，降低水灰比；

水泥选用P.042.5R级散装水泥；

粗骨料选用5～20mm卵碎石；

细骨料天然砂选用特细砂，细度模数MX≥0.8，含泥量≤2.0％，无潜在碱活性；卵石机制砂(中砂)，含泥量≤1.0％；细度模数控制范围为2.6～2.9；含粉量≤5.0％，母岩强度大于80MPa，压碎指标值小于25％，无潜在碱活性；

粉煤灰选用F类Ⅱ级粉煤灰；

外加剂选用PCA-R聚羟酸型缓凝高性能减水剂；

控制混凝土入模温度在10℃至20℃之间，混凝土的浇筑温度(振捣后50～100mm深处的温度)不得高于28℃；采取分层浇筑，每层厚度控制在300mm～500mm，以伸缩缝为分界线，每次混凝土分三至四层自左向右连续进行浇筑；

进行墙身混凝土的浇筑时，采用定型化操作平台辅助施工，定型化操作平台包括操作平台、主梁、次梁、斜撑、支腿以及钢爬梯。

8.根据权利1或2所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，其特征在于反滤层施工过程中每浇筑三层或浇筑高度不超过6m进行一次滤水层施工，并在混凝土强度达到100％时进行基础及台背的回填工作；

滤水层分为三层，第一层为20mm粗砺或碎石，第二层为1-4mm砂砾或石屑，第三层为300-400g/m^2土工布，滤水层施工过程中控制泄水孔5％的流水坡度；采用透水性编织袋将滤水材料分包码放。

9.根据权利要求1或2所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，其特征在于所述墙背回填，在挡墙基础开挖时，将墙后地面挖成反坡台阶，台阶宽度不小于3m，高宽比不大于1:2，台阶面呈5％反坡。

10.根据权利要求9所述的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，其特征在于墙背25m范围内地基处理采用40cm/层振动碾压+2m/冲击碾压，碾压盲区采用人工夯实。

复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及边坡支护施工技术领域，具体地说是复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法。

背景技术

[0002] 随着我国基础设施建设步伐的不断加快，城市土地资源供应日趋紧张，通过对不良地形、地质实施技改，提高土地规划效益和利用率，对缓解城市土地供需压力具有极其重要的意义，尤其是像重庆、四川、云南和贵州这些山区城市，往往是通过采取边坡挡护的形式来实现土地资源从不可用到可用的目标转换。因此，随着优质土地资源的逐步匮乏，土地技改过程中对边坡挡护结构的设计和施工都提出了更高的挑战。

发明内容

[0003] 本发明的技术任务是针对以上不足之处，提供复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，解决施工中基坑临时边坡失稳、墙身模板支设难度大以及大体积混凝土施工、挡土墙泄水及墙背回填质量不易控制等难题，具有显著地经济效益和社会效益。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：

[0005] 复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，挡墙基础开挖过程中采用跳仓法施工，挡土墙结构采用水平跳仓竖向分层的方式组织施工，模板采用钢模板与木模板结合的方式，且采用模板斜拉自平衡固定；

[0006] 墙身混凝土分层浇筑，墙背反滤层分层施工；

[0007] 挡墙基础开挖时将墙后地面挖成反坡台阶，挡土墙施工完毕后进行墙背回填。

[0008] 该方法优化施工顺序，采用跳仓法施工和利用开挖台阶有效保证施工安全，同步解决山体陡坡便道施工难题；模板斜拉自平衡固定法代替传统对拉，有效解决大跨度长拉杆的拉伸变形、弹性变形问题，降低了施工成本，保证了施工安全和质量；墙背采用边浇筑混凝土边回填的方式，极大的减少了操作架体的搭设量，方便施工，有效降低安全风险。

[0009] 优选的，该方法的具体施工过程为：

[0010] 1)、测量放线、基坑开挖，并进行基坑验槽以及锚杆施工；

[0011] 2)、基础混凝土浇筑；

[0012] 3)、墙身模板安装，选择合适的模板及安装形式，进行断面尺寸设计、钢筋及泄水管的安装；

[0013] 4)、进行墙身混凝土的浇筑，根据施工地区气候特点进行衡重式挡土墙大体积混凝土的施工，并进行挡土墙墙身监测；

[0014] 5)、反滤层施工；

[0015] 6)、墙背回填。

[0016] 进一步的，陡坡地貌在基坑开挖前先将挡墙基坑两侧边坡开挖成反坡台阶，并将墙背侧距基坑边3m范围内覆土翻运至墙面侧地势较低处，防止开挖过程中基坑顶部塌方及

滑坡。

[0017] 优选的，基槽开挖前将所有墙体结构逐一放样排布，按照由高到低的顺序分段分层流水作业；

[0018] 基坑开挖采用机械跳仓开挖，开挖至每层锚杆设计标高后，先行施工完成当层锚杆后继续下层开挖；

[0019] 基坑边坡、台阶及基底预留20cm采用人工开挖，人工开挖前重新进行测量放样，在确定开挖正确不偏位的情况下改用人工进行基底清理，确保基底符合设计及相关规范要求；

[0020] 基坑开挖完成后，及时进行地基验槽，然后进行混凝土挡墙的基础混凝土浇筑。

[0021] 进一步的，采用永临结合方式确保临时边坡的稳定性；采用信息法施工，利用理正岩土6.5进行边坡稳定性分析，从而做好施工过程中临时边坡的巡视和监测，保证施工安全。

[0022] 优选的，墙面及墙背模板采用钢模板，墙身侧模采用胶合板，胶合板竖向背楞选用木方支撑，横向背楞选用双钢管和对拉螺栓拉结；

[0023] 墙身模板的安装顺序为：搭设模板操作架，安装水平拉杆和剪力撑→立墙体两侧模板→用斜拉螺栓拉结侧模板横向背楞→紧固检查→调垂直度→验收；

[0024] 基础首层混凝土满灌浇筑，浇筑完成后预埋钢筋作为插筋，预埋混凝土长度不小于40cm，采用内外两排，根据挡墙坡率适当调整，确保每根插筋上顶层斜拉杆与混凝土面呈45度角；

[0025] 模板斜拉杆采用螺纹钢，对拉采用同尺寸螺杆；

[0026] 对拉杆与插筋采用双面焊接，搭接长度不小于15cm，焊接质量满足规范要求；

[0027] 钢模板采用1托2跳仓浇筑，每次浇筑高度1.94m，木模板每次支设两模，浇筑高度同钢模板；

[0028] 木模板加固方式同钢模板，每块模板横向设置三排拉杆；

[0029] 模板支设时采用上下定位的方式确定斜率，测量人员在垫层上弹出每段模板下口线，上口采用锤球吊点进行定位，为模板定位提供依据。

[0030] 优选的，优化混凝土的配合比及原料选择，选用低水化热的矿渣水泥，并适当使用缓凝减水剂，在保证混凝土设计强度等级前提下，适当降低水灰比，减少水泥用量；

[0031] 水泥选用P.042.5R级散装水泥，该水泥对混凝土的早期强度提高并不明显，前期产生的水化热符合规范要求；

[0032] 粗骨料选用5～20mm卵碎石，其压碎指标值不大于8％，最大粒径为20mm，含泥量小于1.0％，针片状颗粒含量小于5.0％；

[0033] 细骨料天然砂选用特细砂，细度模数MX≥0.8，含泥量≤2.0％，无潜在碱活性；卵石机制砂(中砂)，含泥量≤1.0％；细度模数控制范围为2.6～2.9；含粉量≤5.0％，母岩强度大于80MPa，压碎指标值小于25％，无潜在碱活性；

[0034] 粉煤灰选用F类Ⅱ级粉煤灰，粉煤灰对降低水化热、改善混凝土和易性有利，但掺加粉煤灰的混凝土早期极限抗拉值均有所降低，对混凝土抗渗抗裂不利，因此粉煤灰的掺量严格按混凝土配合比报告进行控制，采用外掺法，即不减少配合比中的水泥用量，按配合比要求计算出每立方米混凝土所掺加粉煤灰量；

[0035] 外加剂选用PCA-R聚羟酸型缓凝高性能减水剂，该外加剂能显著增大混凝土的流动性，改善操作性，可延缓水泥水化放热峰值，避免施工结合层冷缝现象，有效提高其抗裂防水性能，各项检测指标符合以下之规定：与生产用P.042.5R级水泥、矿渣粉、混凝土膨胀剂、纤维等材料具有良好的适应性。每次材料进厂必须取样检测，检验合格后方可使用。每次进场取样检测其净浆流动度、减水率、混凝土坍落度经时损失、凝结时间；

[0036] 控制混凝土入模温度在10℃至20℃之间，混凝土的浇筑温度(振捣后50～100mm深处的温度)不得高于28℃；为减少每次浇筑的蓄热量，减少水化热的积聚，减小温度应力，采取分层浇筑，每层厚度控制在300mm～500mm，以伸缩缝为分界线，每次混凝土分三至四层自左向右连续进行浇筑，每层浇筑完成后，上一层混凝土浇筑之前，应清除浇筑表面的浮浆、软弱混凝土层及松动的石子，并均匀的露出粗骨料，用压力水冲洗混凝土表面的污物，充分润湿，但不得有积水；

[0037] 进行墙身混凝土的浇筑时，采用定型化操作平台辅助施工，定型化操作平台包括操作平台、主梁、次梁、斜撑、支腿以及钢爬梯。

[0038] 衡重式挡土墙墙身截面较大时，在浇筑混凝土时，墙身中心混凝土无法有效振捣，而传统的脚手架操作平台搭设复杂，稳定性差，操作难度大，不利于混凝土浇筑振捣及整体工期进度。定型化操作平台能够解决这些难题，采用轻型钢骨架制作而成，操作简单、快速，能够有效提升施工进度和施工质量。

[0039] 优选的，由于衡重式挡墙高度较大，偏心距较大，若待全部浇筑完成后施工滤水层并回填台背存在较多安全隐患，如填筑质量不易保证和墙身及地基容易损坏等问题，因此反滤层施工过程中每浇筑三层或浇筑高度不超过6m进行一次滤水层施工，并在混凝土强度达到100％时进行基础及台背的回填工作；

[0040] 滤水层分为三层，第一层为20mm粗砺或碎石，第二层为1-4mm砂砾或石屑，第三层为300-400g/m2土工布，滤水层施工过程中控制泄水孔5％的流水坡度，并保证泄水孔向外排水顺畅，确保墙背积水可及时通过泄水孔排出，减少墙背压力，确保挡墙安全；采用透水性编织袋将滤水材料分包码放，即避免了挂网施工工艺对墙身结构破坏的影响，克服了挡板工艺施工难题，同时解决了隐蔽验收难题，该工艺施工操作简单，成本低，可大大提高工程施工质量，保证滤水效果。

[0041] 优选的，对于山坡状的施工地貌，所述墙背回填，在挡墙基础开挖时，将墙后地面挖成反坡台阶，台阶宽度不小于3m，高宽比不大于1:2，台阶面呈5％反坡，当基岩面上的覆盖层较薄时，须先清除覆盖层再开挖台阶，当覆盖层较厚且稳定时，可予以保留，在原地面挖台阶后填筑填料。

[0042] 进一步的，墙背25m范围内地基处理采用40cm/层振动碾压+2m/冲击碾压，碾压盲区采用人工夯实。

[0043] 为降低地基处理对墙身产生挤压影响变形，挡土墙25m范围内不采用强夯，改为40cm/层振动碾压+2m/层冲击碾压，其中碾压盲区采用人工夯实，每层松散摊铺厚度不大于40cm，采用振动压路机逐层碾压，每2m再进行冲击碾压，每层振动碾压完成后进行压实度检测，确保压实度不小于94％，每层冲击碾压完成后进行地基承载力、有效加固深度及弹性模量检测。

[0044] 本发明的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法与现有技术相比，具有以下

有益效果：

[0045] 该方法通过优化施工顺序，采用跳仓法施工和利用开挖台阶有效保证施工安全，同步解决山体陡坡便道施工难题；采用模板斜拉自平衡固定法代替传统对拉，有效解决大跨度长拉杆的拉伸变形、弹性变形问题，降低了施工成本，保证了施工安全和质量；墙背采用边浇筑混凝土边回填的方式，极大的减少了操作架体的搭设量，方便施工，有效降低安全风险。

[0046] 通过采用定型化浇筑振捣平台施工，安全美观，与传统脚手架搭设操作平台相比较，具有操作简单、安全稳固、外观效果好的特点；墙背反滤层施工利用反滤包形成反滤层，解决了墙体挂网难度大、回填破坏、隐蔽验收及墙体静水压力等一系列难题，保证了滤水效果及挡土墙结构安全。

[0047] 本方法工期快、成本低，经济效益和社会效益显著，解决了施工中基坑临时边坡失稳、墙身模板支设难度大以及大体积混凝施工、挡土墙泄水及墙背回填质量不易控制等一系列难题，为同类项目的施工提供了技术参考，具有显著的经济效益和社会效益，适用于复杂地形地貌条件下的超长、超大、单阶超高衡重式挡土墙边坡支护施工。

附图说明

[0048] 图1是本发明实施例提供的复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法工艺流程图；

[0049] 图2是本发明实施例中的典型原地貌断面示意图；

[0050] 图3是本发明实施例中的边坡修整示意图；

[0051] 图4是本发明实施例中的基坑开挖工序示意图；

[0052] 图5是本发明实施例中的钢模板设计图；

[0053] 图6是本发明实施例中的木模板设计图；

[0054] 图7是本发明实施例中的钢模板安装加固示意图；

[0055] 图8是本发明实施例中的温度监测点平面布置图；

[0056] 图9是本发明实施例中的温度监测点剖面图；

[0057] 图10是本发明实施例中的定型化操作平台的俯视图；

[0058] 图11是本发明实施例中的定型化操作平台的正视图；

[0059] 图12是本发明实施例中的定型化操作平台的侧视图；

[0060] 图13是本发明实施例提供的墙背台阶开挖示意图。

[0061] 图9中，a、混凝土，b、传感器。图10-11中，1、操作平台，2、钢爬梯，3、操作平台护栏，4、主梁，5、次梁，6、斜撑，7、旋转轴，8、钢丝网片，9、定位片，10、操作平台前支腿，11、操作平台中支腿，12、操作平台后支腿。图12中，13、衡重式挡墙，14、破裂线。

具体实施方式

[0062] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明。

[0063] 下面以我公司承接的重庆市轨道交通四号线一期为例对本方法进行详细说明，重庆市轨道交通四号线一期唐家沱车辆段工程场平过程中在场地东侧及南侧形成高约30m的高填方边坡，设计采用衡重式挡土墙进行边坡支护。

[0064] 本工程施工环境复杂，安全风险较大，为确保安全快捷的施工，我公司组织技术骨干，从施工组织顺序、工艺历程和施工顺序等方面，通过理论计算和大胆创新总结，形成了先进的超长超高超大衡重式挡土墙施工工法，完全解决了施工中基坑临时边坡失稳、墙身模板支设难度大以及大体积混凝施工、挡土墙泄水及墙背回填质量不易控制等一系列难题，为同类项目的施工提供了技术参考，具有显著的经济效益和社会效益。

[0065] 复杂地形下超长超高衡重式挡土墙施工方法，挡墙基础开挖过程中采用跳仓法施工，挡土墙结构采用水平跳仓竖向分层的方式组织施工，模板采用钢模板与木模板结合的方式，且采用模板斜拉自平衡固定；墙身混凝土分层浇筑，墙背反滤层分层施工；挡墙基础开挖时将墙后地面挖成反坡台阶，挡土墙施工完毕后进行墙背回填。主要包括：

[0066] 基坑开挖：根据现场施工条件，合理优化施工顺序，施工前将所有墙体结构逐一放样排布，按照由高到低的顺序分段分层流水作业。挡墙基础开挖过程中，采用跳仓法开挖，开挖至每层锚杆设计标高后，锚杆施工完成后继续下层开挖，采用永临结合方式，并利用理正岩土6.5进行边坡稳定性分析，进一步确保临时边坡的稳定性，保证施工安全。

[0067] 模板安装：挡土墙结构采取水平跳仓竖向分层的方式组织施工，模板采用钢模板与木模板结合方式；创新采用模板斜拉自平衡固定法，有效解决大跨度长拉杆的拉伸变形及弹性变形，保证施工质量及施工安全。

[0068] 混凝土浇筑：根据重庆地区气候特点，结合总体施工工期要求，合理部署土石方等交叉工序作业范围，将衡重式挡土墙施工时间安排在自然气温在10℃-20℃之间的季节组织大体积混凝土施工，同时，优化大体积混凝土配合，采用定型化操作平台保证浇筑操作条件，保证施工质量。

[0069] 反滤层施工：将反滤层材料采用包体码放，切实解决墙体挂网难度大、回填破坏及隐蔽验收等一系列难题，保证滤水效果，有效避免墙后积水现象的发生。

[0070] 墙背回填：将墙后地面挖成反坡台阶，台阶宽度不小于3m，高宽比不大于1:2，台阶面成5％反坡，提高基底原状土体抗滑移能力，并在后期回填施工中方便施工机械作业。优化墙背25m范围内地基处理设计做法，将重锤夯击调整为40cm/层分层碾压+2m/层冲击碾压+盲区人工夯实，通过工艺性试验指导施工，保证墙背回填地基处理施工质量的同时，避免重锤夯击对墙体稳定性的影响。

[0071] 该方法优化施工顺序，采用跳仓法施工和利用开挖台阶有效保证施工安全，同步解决山体陡坡便道施工难题；模板斜拉自平衡固定法代替传统对拉，有效解决大跨度长拉杆的拉伸变形、弹性变形问题，降低了施工成本，保证了施工安全和质量；墙背采用边浇筑混凝土边回填的方式，极大的减少了操作架体的搭设量，方便施工，有效降低安全风险；采用定型化浇筑振捣平台施工，安全美观，与传统脚手架搭设操作平台相比较，具有操作简单、安全稳固、外观效果好的特点；墙背反滤层施工利用反滤包形成反滤层，解决了墙体挂网难度大、回填破坏、隐蔽验收及墙体静水压力等一系列难题，保证了滤水效果及挡土墙结构安全。

[0072] 如图1所示，该方法的具体施工过程为：

[0073] 1)、测量放线、基坑开挖，并进行基坑验槽以及锚杆施工；

[0074] 2)、基础混凝土浇筑；

[0075] 3)、墙身模板安装，选择合适的模板及安装形式，强身混凝土分层浇注，一次进行

每一节墙身混凝土的浇注以及进行断面尺寸设计、钢筋及泄水管的安装；

[0076] 进行墙身混凝土的浇筑，根据施工地区气候特点进行衡重式挡土墙大体积混凝土的施工，并进行挡土墙墙身监测；

[0077] 4)、反滤层施工；

[0078] 5)、墙背回填；

[0079] 6)、分部工程验收。

[0080] 具体的施工方法和操作要点如下：

[0081] 1、基坑开挖：

[0082] 场地原地貌主要为陡坡，基础开挖前先采用挖掘机将挡墙基坑两侧边坡开挖成反坡台阶，并将墙背侧距基坑边3m范围内覆土翻运至墙面侧地势较低处，防止开挖过程中基坑顶部塌方及滑坡。开挖边坡严格按照设计及规范要求进行放坡，不允许偏陡，防止塌方或滑坡，保证施工边坡稳定。

[0083] 基槽开挖前将所有墙体结构逐一放样排布，按照由高到低的顺序分段分层流水作业。基坑开挖采用机械跳仓开挖，开挖至每层锚杆设计标高后，先行施工完成当层锚杆后继续下层开挖，采用永临结合方式，进一步确保临时边坡的稳定性，采用信息法施工，利用理正岩土6.5进行边坡稳定性分析，做好施工过程中临时边坡的巡视和监测，保证施工安全。基坑边坡、台阶及基底预留20cm采用人工开挖。人工开挖前重新进行测量放样，在确定开挖正确不偏位的情况下改用人工进行基底清理，确保基底符合设计及相关规范要求。基坑开挖完成后，及时进行地基验槽，然后进行混凝土挡墙的基础混凝土浇筑。

[0084] 参考图2-图4所示，进一步说明基坑开挖过程。

[0085] 2、墙身模板安装：

[0086] 1)、模板选择，

[0087] 挡墙基础放坡、未嵌入中风化岩层部分及墙身混凝土浇筑必须安装模板。

[0088] 本工程因挡土墙高度不同，导致基础尺寸及墙背坡率不一致，综合考虑工期及经济性，墙面及墙背模板采用钢模板，墙身侧模因两侧放坡且坡率不同，采用1.5cm厚胶合板。胶合板竖向背楞选用50×100mm的木枋支撑，间距300mm；横向背楞采用选用φ 48×3.5mm双钢管间距410mm，采用M18的对拉螺栓(两头焊接对拉片)间距600×640mm进行拉结；钢模板采用组合小钢模，每块模板截面尺寸为1.5m×1.0m，模板支设采用1托2形式，模板设计参考图5、图6所示。

[0089] 2)、自平衡斜拉杆设计与模板安拆，

[0090] 待基础混凝土浇筑完成后，将基础上立模位置用水泥砂浆找平，将第一节模板的每块小钢模人工拼装，

[0091] 校准其垂直度和平面位置、模内尺寸，用对拉螺杆将模板与预埋钢筋连接并紧固。所有模板的轴线位置、截面尺寸、平整度、垂直度通过自检、互检、交接检严格检查，确认无误后，进入下一道工序施工。每次模板安装高度为2.0m，并根据挡墙的断面尺寸进行调整。

[0092] 安装顺序为：搭设模板操作架(包括安装水平拉杆和剪力撑)→立墙体两侧模板→用斜拉螺栓拉结横向背楞→紧固检查→调垂直度→验收。

[0093] a、基础首层混凝土满灌浇筑，浇筑完成后预埋Φ25HRB335钢筋作为插筋，每根长度60cm，预埋混凝土长度不小于40cm，采用内外两排，内排间距局模板内边80cm，外排间距

距模板内边175cm，并根据挡墙坡率适当调整，确保每根插筋上顶层斜拉杆与混凝土面呈45度角；

[0094] b、模板斜拉杆采用Φ18螺纹钢，对拉采用M18螺杆；

[0095] c、对拉杆与插筋采用双面焊接，搭接长度不小于15cm，焊接质量满足规范要求；

[0096] d、钢模板采用1托2跳仓浇筑，每次浇筑高度1.94m，木模板每次支设两模，浇筑高度同钢模板。

[0097] e、木模板加固方式同钢模板，每块模板横向设置三排拉杆。

[0098] 3)、斜率控制方法，

[0099] 模板支设时采用上下定位的方式确定斜率，测量人员在垫层上弹出每段模板下口线，上口采用锤球吊点进行定位，为模板定位提供依据。

[0100] 3、混凝土浇筑：

[0101] 1)、配合比优化及原材料选择，

[0102] 进行混凝土配比时，应优先选用低水化热的矿渣水泥，并适当使用缓凝减水剂；在保证混凝土设计强度等级前提下，适当降低水灰比，减少水泥用量。

[0103] 表3-1木模板材料规格参数

[0104]

序号	原材种类	优化前用量(kg/m^3)	优化后用量(kg/m^3)
1	水泥	300	240
2	天然特细砂	231	147
3	机制中砂	525	586
4	5-10mm碎石	336	344
5	10-20mm碎石	784	803
6	粉煤灰	60	72
7	矿粉	/	50
8	减水剂	5.7	5.3
9	水	160	155

[0105] 水泥，选用P.042.5R级散装水泥。该水泥对混凝土的早期强度提高并不明显，前期产生的水化热符合规范要求。

[0106] 粗骨料，选用5～20mm卵碎石。其压碎指标值不大于8%，最大粒径为20mm，含泥量小于1.0%，针片状颗粒含量小于5.0%。

[0107] 细骨料，天然砂选用特细砂，细度模数MX≥0.8，含泥量≤2.0%，无潜在碱活性；卵石机制砂(中砂)，含泥量≤1.0%；细度模数控制范围为2.6～2.9；含粉量≤5.0%，母岩强度大于80MPa，压碎指标值小于25%。无潜在碱活性。

[0108] 粉煤灰，选用F类Ⅱ级粉煤灰。粉煤灰对降低水化热、改善混凝土和易性有利，但掺加粉煤灰的混凝土早期极限抗拉值均有所降低，对混凝土抗渗抗裂不利，因此粉煤灰的掺量严格按混凝土配合比报告进行控制，采用外掺法，即不减少配合比中的水泥用量。按配合比要求计算出每立方米混凝土所掺加粉煤灰量。

[0109] 外加剂，选用PCA-R聚羟酸型缓凝高性能减水剂。该外加剂能显著增大混凝土的流动性，改善操作性，可延缓水泥水化放热峰值，避免施工结合层冷缝现象，有效提高其抗裂防水性能。各项检测指标符合以下之规定：与生产用P.042.5R级水泥、矿渣粉、混凝土膨胀

剂、纤维等材料具有良好的适应性。每次材料进厂必须取样检测，检验合格后方可使用。每次进场取样检测其净浆流动度、减水率、混凝土坍落度经时损失、凝结时间。

[0110] 2)、混凝土浇筑时间的选择，

[0111] 考虑到重庆地区夏季昼夜温差较大，雨季时间较长，为避免气温升到最高时加剧混凝土内部温升及混凝土表面温度与大气温度差值过大，同时有效控制混凝土入模温度，保证衡重式挡土墙及护脚墙大体积混凝土施工质量。通过合理部署土石方施工，结合挡土墙施工工期要求，在充分调查重庆地区历年气候，并与参建各方协商同意后，本工程衡重式挡土墙施工时间全部安排在自然气温在10℃-20℃之间的2015年10月1日至2016年4月30日。

[0112] 3)、混凝土浇筑，

[0113] a、加强混凝土入模温度监测，严格控制混凝土入模温度在10℃至20℃之间，混凝土的浇筑温度(振捣后50～100mm深处的温度)不得高于28℃。

[0114] b、为减少每次浇筑的蓄热量，减少水化热的积聚，减小温度应力，混凝土采取分层浇筑，每层厚度控制在300mm～500mm。本工程明确以伸缩缝为分界线，每次混凝土分三至四层自左向右连续进行浇筑。每层浇筑完成后，上一层混凝土浇筑之前，应清除浇筑表面的浮浆、软弱混凝土层及松动的石子，并均匀的露出粗骨料，用压力水冲洗混凝土表面的污物，充分润湿，但不得有积水。

[0115] c、严格控制振捣时间，采用插入式振动器振实。混凝土施工中充分振捣可使骨料和水泥浆在模板中得到致密排列，有助于混凝土的密实性和抗裂性的提高，但过分振捣将使粗骨科沉落并使表层混凝土有较大收缩性，水分蒸发后易集聚形成凝缩缝。因此要求振捣手控制在20秒一30秒，或观察混凝土表面不冒气泡且已有部分泛浆即可。

[0116] 4)、混凝土测温，

[0117] 由于大体积砼浇筑量大，浇筑后在砼硬化过程中释放大量水化热。砼内外温差增大，容易产生较高温度应力和收缩应力，处理不好会导致产生温度裂缝，危害结构使用性能。因此，对于墙体大体积砼的测温监控成为难点之一，必须予以足够重视。

[0118] a、混凝土温度测算：砼浇筑体的里表温差(不含砼收缩的当量温度)不宜大于25℃；砼浇筑体的降温速率不宜大于2.00C/d；砼浇筑体表面与大气温差不大于20℃。

[0119] b、浇筑后的测温及温控：温度指标要求：

[0120] ①砼入模板基础上温升值≤50℃；

[0121] ②里表温差≤25℃；

[0122] ③降温速率≤2℃/d；

[0123] ④砼表面与大气温差≤20℃

[0124] 混凝土测温在混凝土不同部位进行，从浇筑到养护期全部过程进行跟踪和监测，随时了解内部的温度状况。有的放矢地采取相应技术措施，确保施工质量。在混凝土部设测温点，平面纵横向间距不大于4m，并均匀布置，用Φ8钢筋固定测温线，详见图8所示测温点平面布置图。

[0125] 由于在养护开始阶段，混凝土温升比较快，在第1～3天，测温每2个小时进行一次；第4～28天，测温每4个小时进行一次。内外温差小于25℃时停止测温；如发现温差超过25℃，及时增加覆盖保温。

[0126] 5)、混凝土养护，

[0127] 加强混凝土的养护，严格控制混凝土内部温度不超过60℃。每次混凝土浇筑完成后，表面实行保温潮湿养护，降低混凝土表面散热速度，使其表面温度与内部温度差控制在25℃以内。采用带模板养护，在模板外挂草帘，混凝土侧面及表面喷涂保水率在90％以上的无机砼保护剂并覆盖毛毡。当实测温差过大时必要时加盖草帘进行保温养护。养护在混凝土浇筑完成后12h内开始，养护时间不少于7d。且在任意养护时间，若淋注于混凝土表面的养护水温度低于混凝土表面温度，二者间温差不得大于15℃，最大不得超过65℃。

[0128] 6)、定型化操作平台，

[0129] 本工程衡重式挡土墙墙身截面最大为30米×18米，在浇筑混凝土时，墙身中心混凝土无法有效振捣，而传统的脚手架操作平台搭设复杂，稳定性差，操作难度大，不利于混凝土浇筑振捣及整体工期进度。定型化操作平台能够解决这些难题，采用轻型钢骨架制作而成，操作简单、快速，得到了业主及监理的认可。定型化操作平台参考图10-图12所示。

[0130] 4、墙背反滤层施工：

[0131] 本工程衡重式挡墙由于高度较大，偏心距较大，若待全部浇筑完成后施工滤水层并回填台背存在较多安全隐患，如填筑质量不易保证和墙身及地基容易损坏等问题。因此施工过程中每浇筑3层，即浇筑高度不超过6m进行一次滤水层施工，并在混凝土强度达到100％时进行基础及台背的回填工作。

[0132] 本工程滤水层共分为三层，第一层为20mm粗砾或碎石，厚300mm，第二层为1～4mm砂砾或石屑，厚200mm，第三层为300～400g/㎡土工布。滤水层施工过程中严格控制泄水孔5％的流水坡度，并保证泄水孔向外排水顺畅，确保墙背积水可及时通过泄水孔排出，减少墙背压力，确保挡墙安全。

[0133] 常规采用的挂网分层和挡板临时分层方式难以保证施工质量，常因回填破坏导致虑水效果不佳，对结构使用造成较大安全隐患。因此，反滤层第一层材料选用20mm粒径成品碎石，采用40*63*35cm透水性编织袋分装扎孔后码放，每层码放高度50cm，第二层材料选用1～4mm粒径机制砂，采用40*63*28cm透水性编织袋分装扎孔后码放，每层码放高度同第一层，包裹土工布后进行分层回填，回填碾压过程中做好土工布的保护。

[0134] 采用透水性编织袋将滤水材料分包码放的做法，即避免了挂网施工工艺对墙身结构破坏的影响，克服了挡板工艺施工难题，同时解决了隐蔽验收难题，该工艺施工操作简单，成本低，可大大提高工程施工质量，保证滤水效果。

[0135] 5、墙背高填方施工：

[0136] 本工程现场地貌呈山坡状，挡墙基础开挖时，将墙后地面挖成反坡台阶，台阶宽度不小于3m，高宽比不大于1:2，台阶面成5％反坡，当基岩面上的覆盖层较薄时，须先清除覆盖层再开挖台阶。当覆盖层较厚且稳定时，可予以保留，在原地面挖台阶后填筑填料。

[0137] 1)、基础施工完成后，将墙趾坡体采用M7.5水泥砂浆砌筑片石回填。砌筑前清除片石表面泥垢、水锈等杂质，并用水清洗干净。

[0138] 2)、施工中回填填料选择级配良好(Cu≥5，且Cc＝1～3)的砂土或碎石类土作填料，不得将淤泥、耕土以及有机质含量大于5％的土进行回填。以砾石、卵石或块石作填料时，其最大粒径不大于200mm，且粒径大于60mm颗粒含量超过总质量的50％，细粒含量5％～15％。液限大于32％、塑性指数大于26的细粒土，不得作为填料填筑，且满足墙背填料计算

内摩擦角不小于35°。并结合现场实际情况优化填料，就地取材形成级配碎石土填料。

[0139] 表5.2.5-1级配碎石土填料配比表

[0140]

序号	填料类别	比重	累计比重
1	D≤10cm碎石	≥20%	70%
2	10cm<D<20cm碎石	≥50%	
3	20cm≤D≤30cm碎石	≤30%	
4	粉质粘土	/	30%

[0141] 3)、墙背前检测回填填料含水量，确保控制在最优含水量ωop±2范围。

[0142] 4)、为降低地基处理对墙身产生挤压影响变形，挡土墙25m范围内不采用强夯，改为40cm/层振动碾压+2m/层冲击碾压，其中碾压盲区采用人工夯实，每层松散摊铺厚度不大于40cm，采用振动压路机逐层碾压，每2m再进行冲击碾压，每层振动碾压完成后进行压实度检测，确保压实度不小于94％，每层冲击碾压完成后进行地基承载力、有效加固深度及弹性模量检测。

[0143] 5)、碾压时，振动压路机从低到高，从边到中，适当重叠碾压。为保证碾压的均匀性，碾压速度不能太快，先快后慢，行驶速度控制在2km/h以内。冲击碾压施工时自边坡坡脚一侧开始，顺(逆)时针行驶，以冲压面中心线为轴转圈，而后按纵向错轮冲压，全路幅排压后，再自行向内冲压，压实机的行进速度应控制在10～12km/h左右。为防止漏压，碾压时横向接头的轮迹重叠宽度为15cm～25cm，每块连接处的重叠碾压宽度为1m～1.5m，碾压遍数根据现场试验以施工时冲击轮轮迹高差小于15mm控制，并确保检测结果满足设计相关参数要求。

[0144] 墙背回填施工完成后，为切实保证回填质量，在过程检测全部合格的基础上，采用单孔剪切波速法试验、地表面波测试、超重型动力触探和浅层平板载荷试验等手段进行成品检测。

[0145] 6、监控量测：

[0146] 1)、衡重式挡土墙采用分层分仓浇筑混凝土，根据墙面及墙背坡率计算每层模板的斜率，确定模板上下角点的坐标，为保证整个墙身的线型和坡率，模板支设过程中，采用全站仪进行精准定位，模板定位偏差为±1cm。

[0147] 2)、高边坡施工前编制系统的开挖监控方案，监控方案应包括监控目的、监控项目、监控报警值、监测方法及精度要求、监测点的布置、监测周期、工序管理和记录制度以及信息反馈系统等。

[0148] 表5.2.6-1场内监测点布置情况统计表

[0149]

监测项目	监测点布置
支护桩（墙）、边坡顶部水平位移监测	每15m至20m布置一个监测点，且基坑各边测点不少于3个，共布置81个。
支护桩（墙）、边坡顶部垂直位移监测	

[0150] 3)、基准点的布设及标识：

[0151] 平面基准网按《规程》中二级导线相关技术要求和作业方法布设。根据场地实际情

况，在支挡工程影响区域外的稳定地区埋设基准点4点组成导线网。基准点采用混凝土现场浇灌，嵌入铜质预制标心，以标心顶部十字丝为测量标识。基准点按一般标志埋设。

[0152] 重庆市轨道交通四号线一期工程唐家沱车辆段场地内自然地势北高南低，场地自然高差大，衡重式挡墙最大高度约为31米，总长度约801m，混凝土浇筑量达17万方。项目部最先投入部分木模板施工，但受到其工效差、耗时长、混凝土外观粗糙等多项缺点的制约。因此，综合考虑工期及现场情况，决定采用钢模板及墙背侧随浇筑混凝土随回填的方法施工，有效的提高了挡土墙混凝土成型外观效果，加快了工程进度，同时降低了施工成本。该工法赢得业主及监理的一致认可，为企业带来良好的社会效益。

[0153] 将本工法应用在该项目产生的效益主要表现在以下几个方面：

[0154] 1、工期效益

[0155] 钢模板施工方便，安装简单牢固，按照挡土墙同一浇筑高度计算，钢模板安装工期为1天/节，而木模板由于加固时间长，耗时1.5天/节。缩短工期30％，加快了挡土墙施工进度，为整个平基工程的提前完工奠定了基础。

[0156] 2、经济效益

[0157] 模板产生效益：钢模板成本高，但周转使用率高，按照浇筑一仓衡重式挡土墙施工来计算，每仓墙身长20米，高度平均20米，每节浇筑混凝土高度2米，均采用翻模法施工：

[0158] a、使用钢模板施工投入(每节钢模板重35kg，规格尺寸为：1m×1.5m，)：(20m/1.5m×2×2节)×0.035t/节×4850元/t＝9053元

[0159] b、使用木模板施工投入(每块模板规格尺寸：1.22m×2.44m，模板按照周转3次考虑，且损耗率考虑17％)：

[0160] (20m×2×2×2节)/(1.22m×2.44m)×(1+17％)×105元/张＝13206元

[0161] 根据工期要求，综合考虑现场情况，由于挡土墙采用跳仓开挖的形式，故周转材料投入墙身全长的一半，本工程共计43仓，故需配置22套模板。由此可得，

[0162] 共节省投入：(13206元-9053元)×22套＝91366元。

[0163] 操作平台产生效益：定型化混凝土振捣操作平台因操作简单，较传统脚手架搭设工序，每次浇筑混凝土节省人力投入2个工日，架子工人工费按照180元/工日计。故节省人工费：10次/仓×43仓×180元/工日×2＝154800元。

[0164] 斜拉自平衡锚固产生效益：

[0165] 节省钢筋拉杆：若按照平均每根斜拉杆3m计算，两根拉杆共用1根预埋钢筋，则每孔位拉杆所需投入钢筋用量为18钢筋6m，25插筋0.6m；若采用对拉杆，经计算平均每根拉杆长度为13.7m，且必须采用25钢筋，本工程累计使用拉杆数量为18200根，因此节省钢筋用量如下：

[0166] 【3.86kg/m×(13.7m/根-0.6m/根)-2kg/m×6m/根】×18200根＝701901.2kg

[0167] 节省费用：重庆市场钢材价格为3700元/t，则节省费用为：

[0168] 701.9t×3700元/t＝2597034.44元

[0169] 累计产生经济效益＝284.3万元。

[0170] 3、社会效益

[0171] 该工法采用钢模板施工，混凝土外观质量好，线型流畅。墙背采用随浇筑随回填的施工方法，规避了脚手架高空作业的安全风险，赢得了良好的社会口碑。

[0172] 通过上面具体实施方式，所述技术领域的技术人员可容易的实现本发明。但是应当理解，本发明并不限于上述的具体实施方式。在公开的实施方式的基础上，所述技术领域的技术人员可任意组合不同的技术特征，从而实现不同的技术方案。

[0173] 除说明书所述的技术特征外，均为本专业技术人员的已知技术。

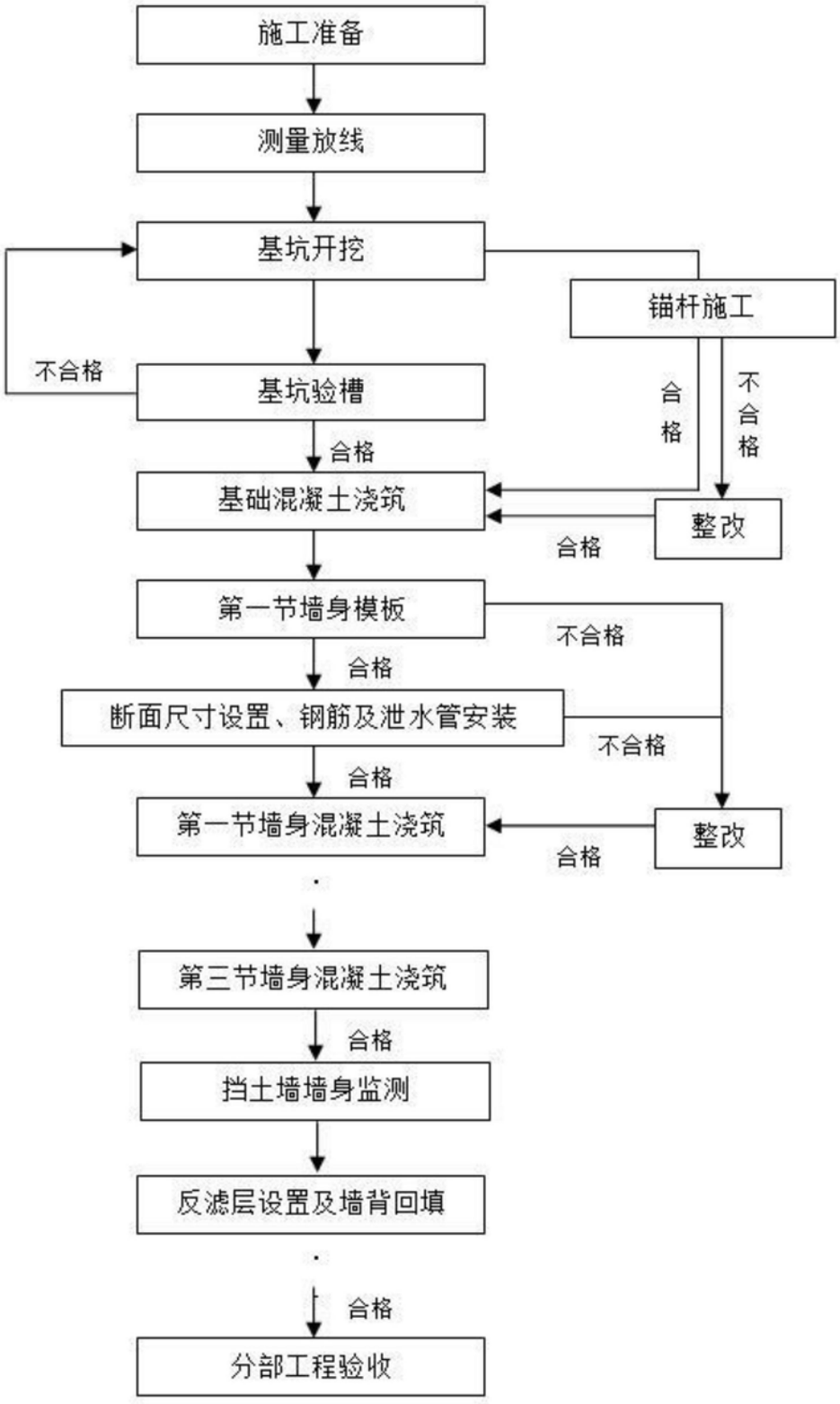

施工准备
测量放线
基坑开挖
锚杆施工
不合格
基坑验槽
合格
不合格
合格
基础混凝土浇筑
整改
合格
第一节墙身模板
不合格
合格
断面尺寸设置、钢筋及泄水管安装
不合格
合格
第一节墙身混凝土浇筑
整改
合格
第三节墙身混凝土浇筑
合格
挡土墙墙身监测
反滤层设置及墙背回填
合格
分部工程验收

图1

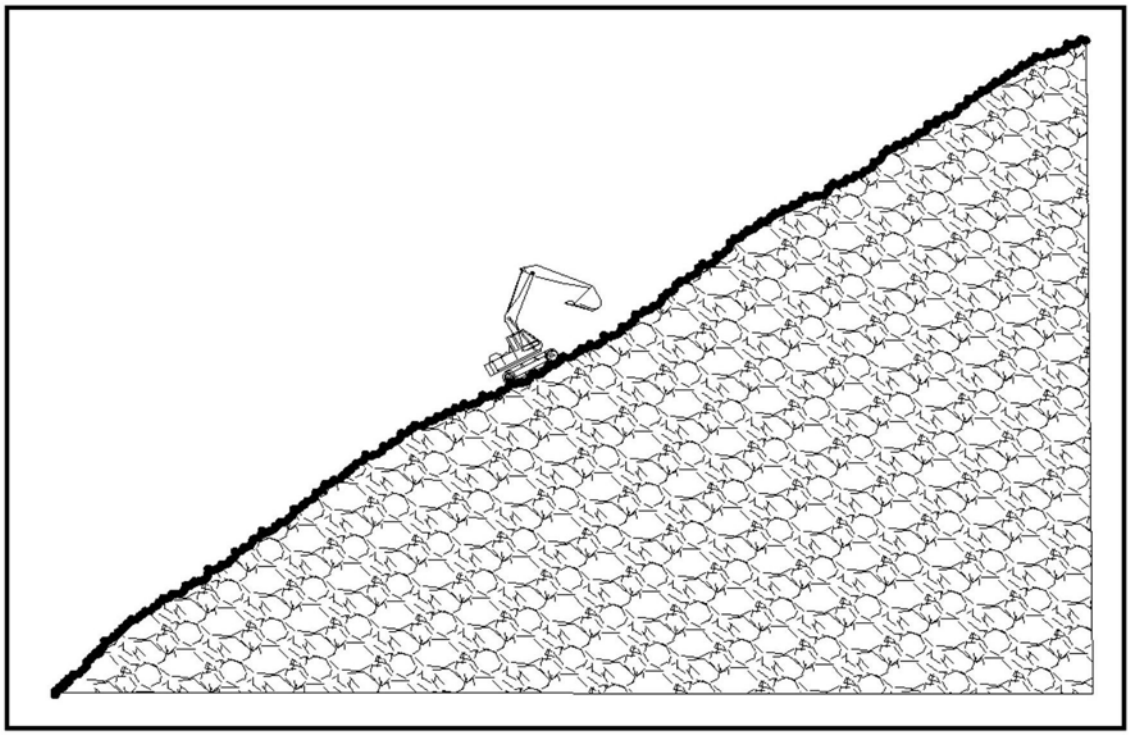


图2

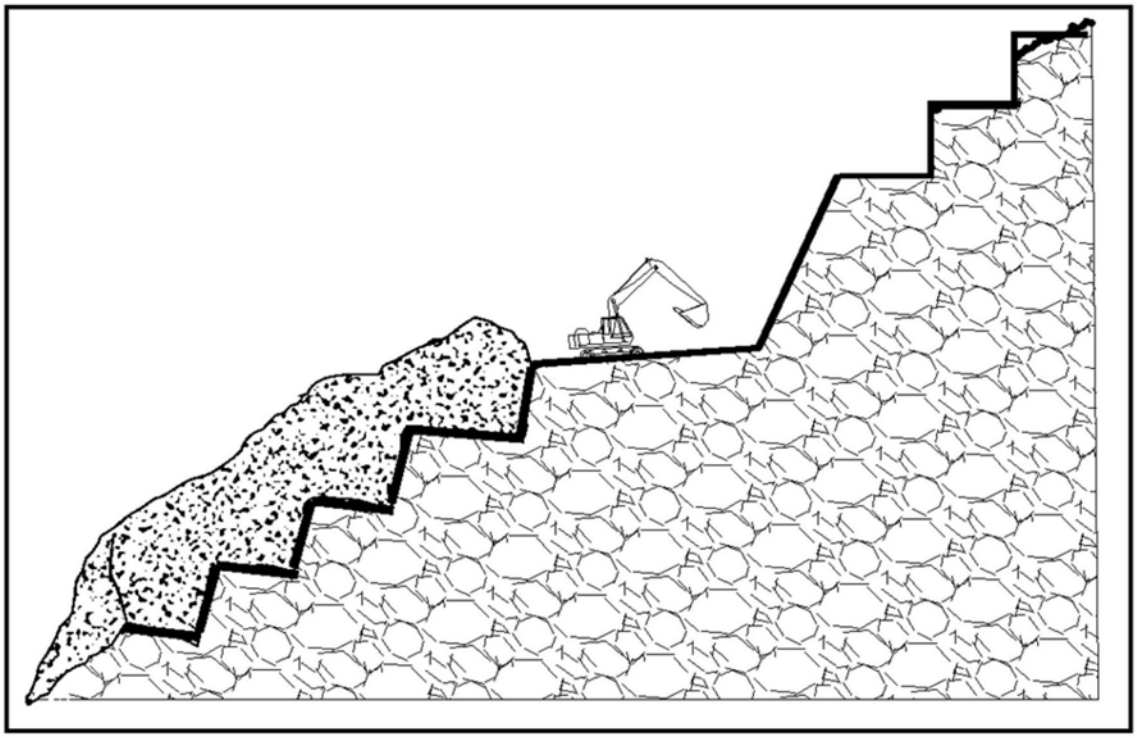


图3

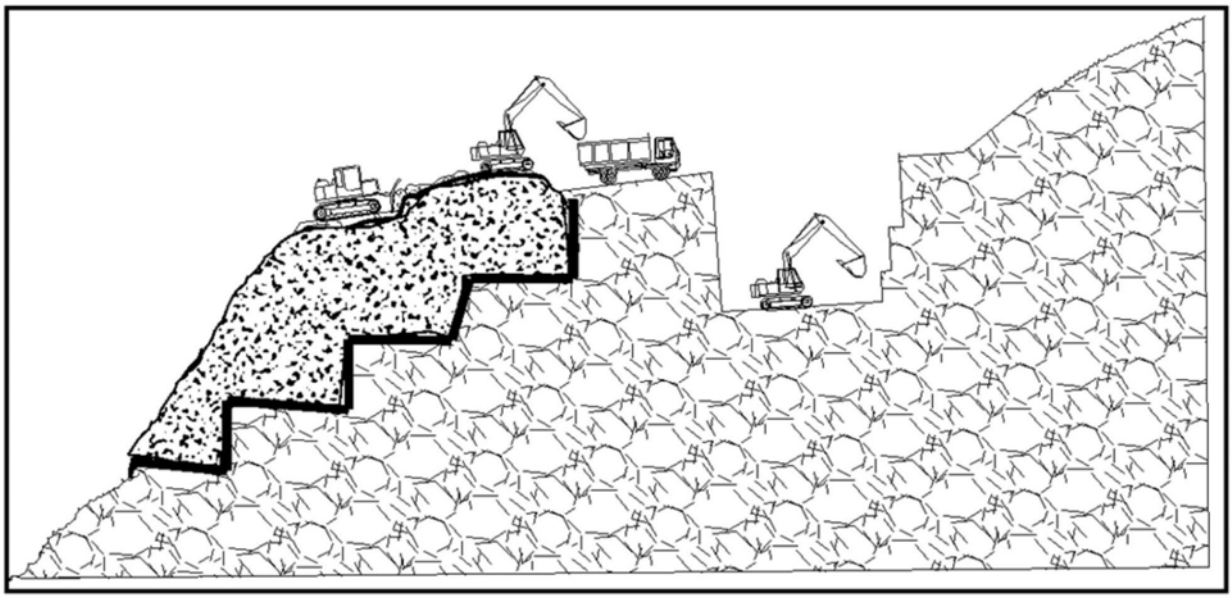


图4

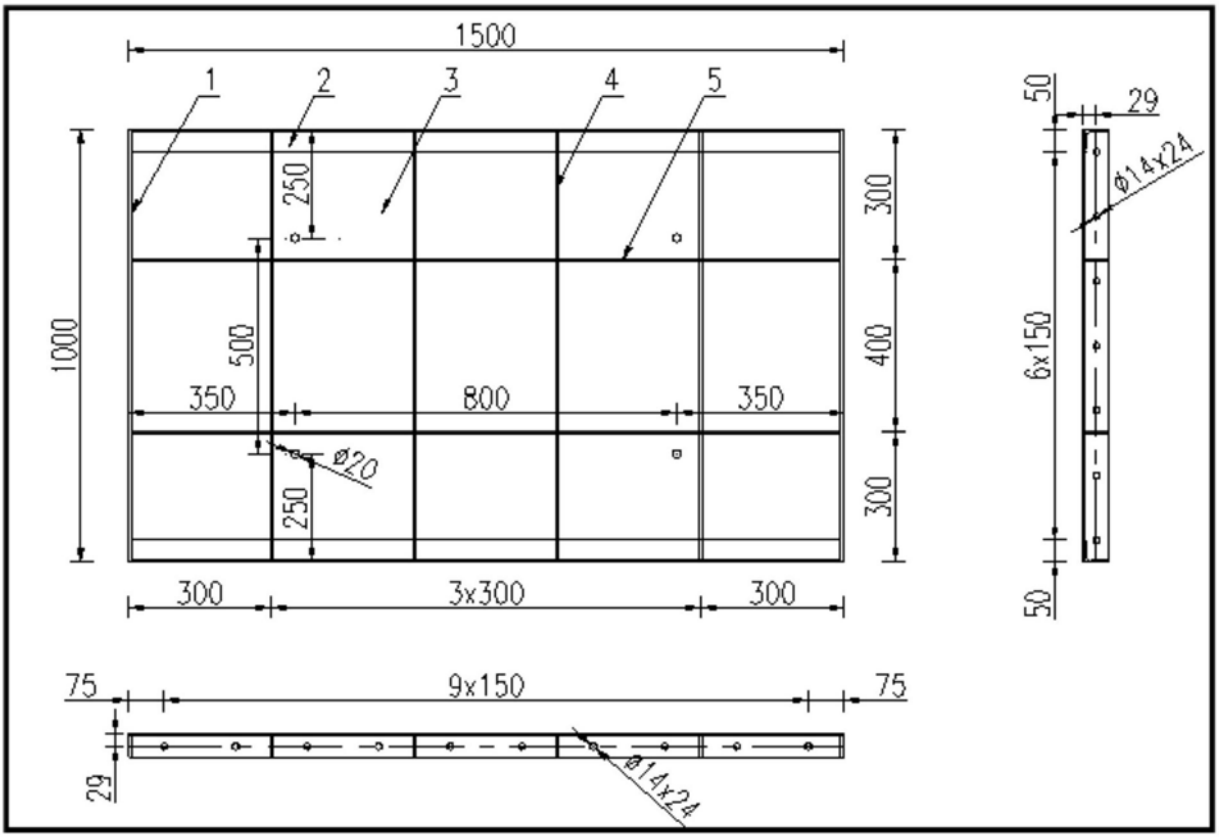

1500
1
2
3
4
5
250
500
1000
350
800
350
Ø20
250
300
400
300
300
3x300
300
50
29
Ø14x24
6x150
50
75
9x150
75
29
Ø14x24

图5

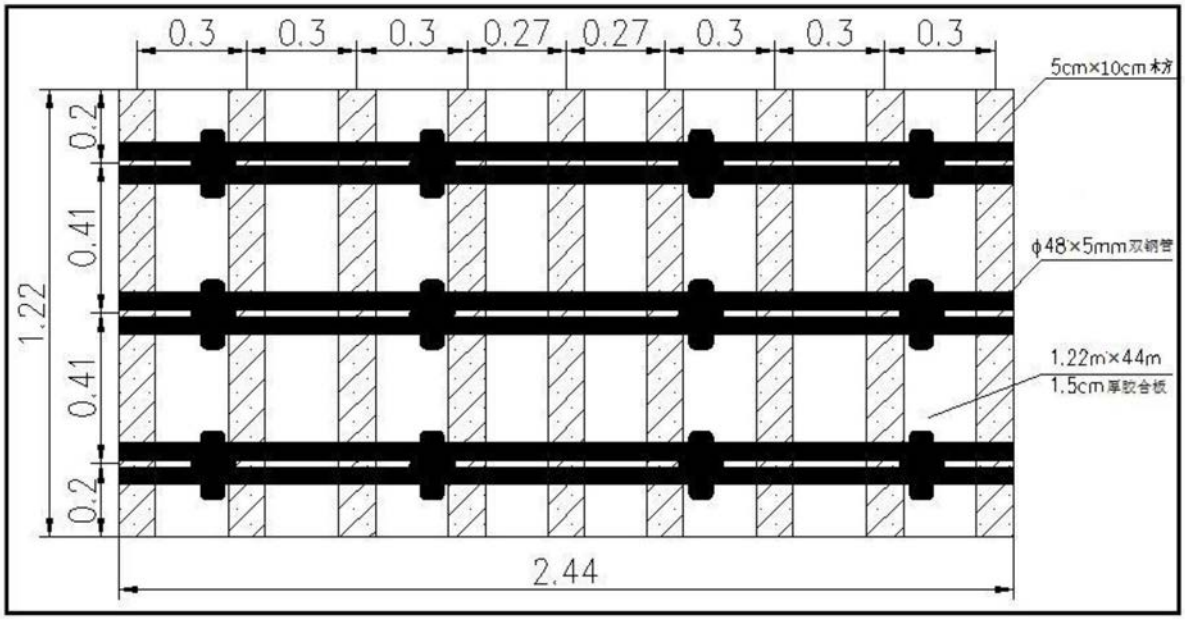

0.3
0.3
0.3
0.27
0.27
0.3
0.3
0.3
5cm×10cm木方
0.2
0.41
1.22
0.41
0.2
φ48×5mm双钢管
1.22m×44m
1.5cm厚胶合板
2.44

图6

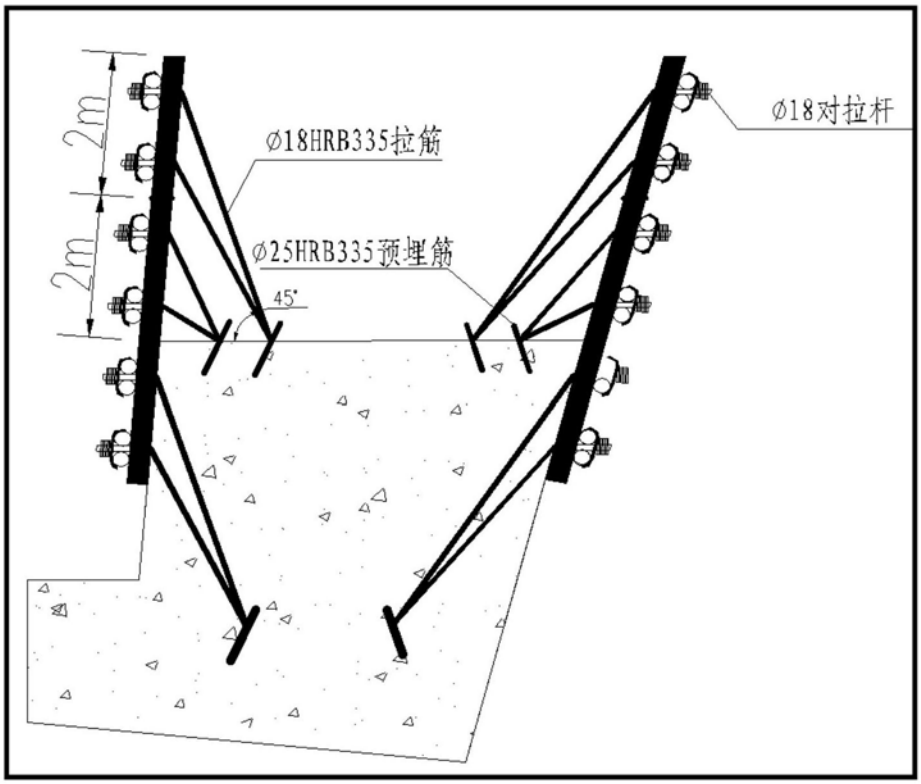

2m
2m
Φ18HRB335拉筋
Φ25HRB335预埋筋
45°
Φ18对拉杆

图7

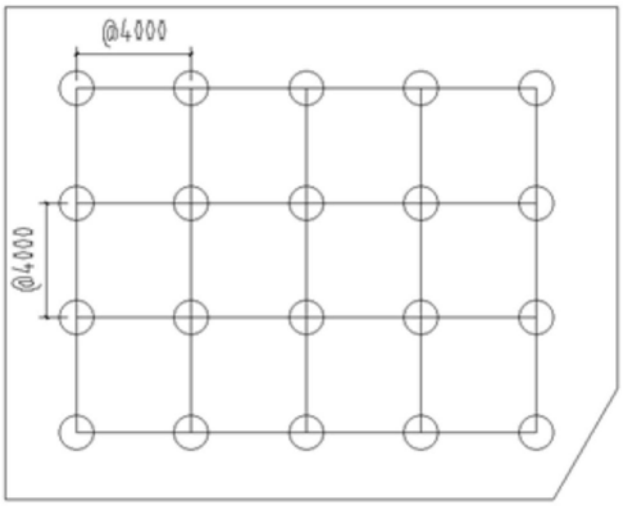


图8

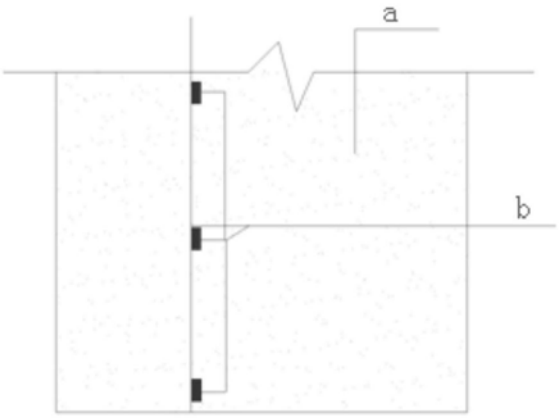


图9

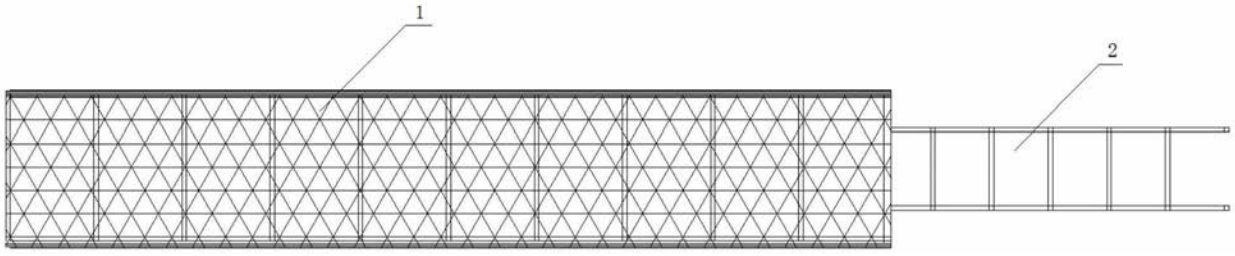


图10

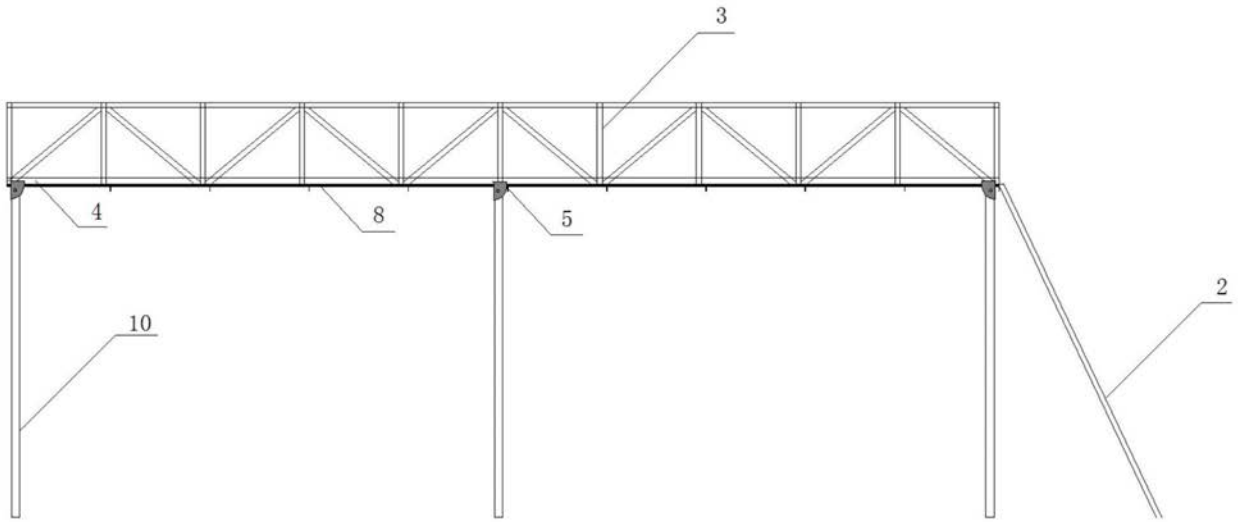


图11

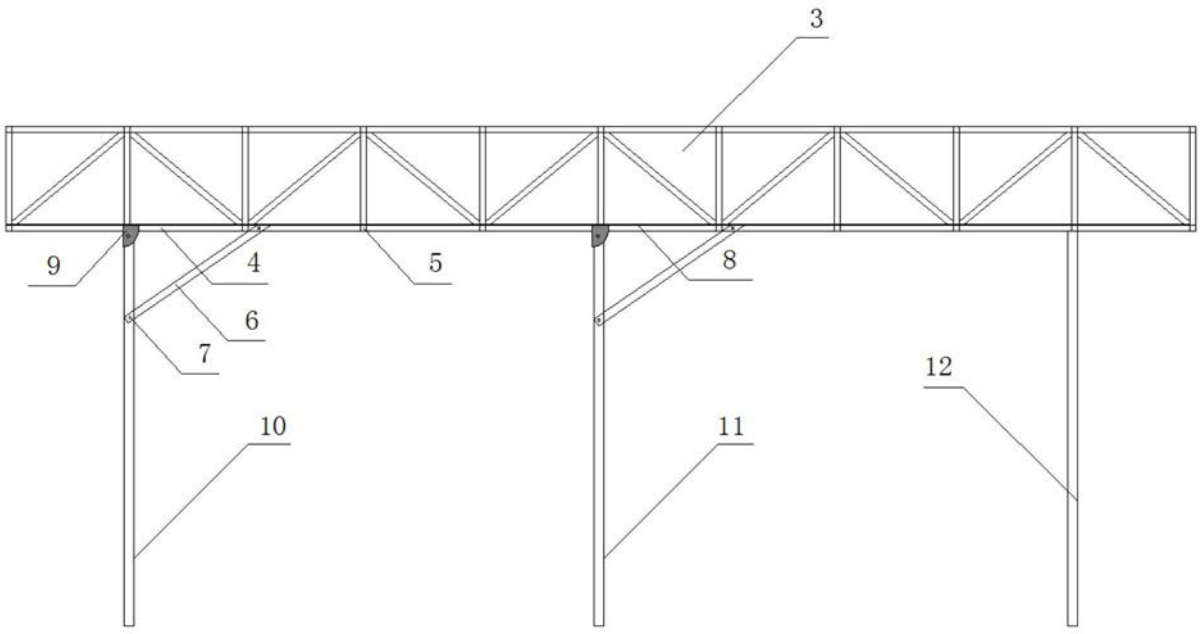


图12

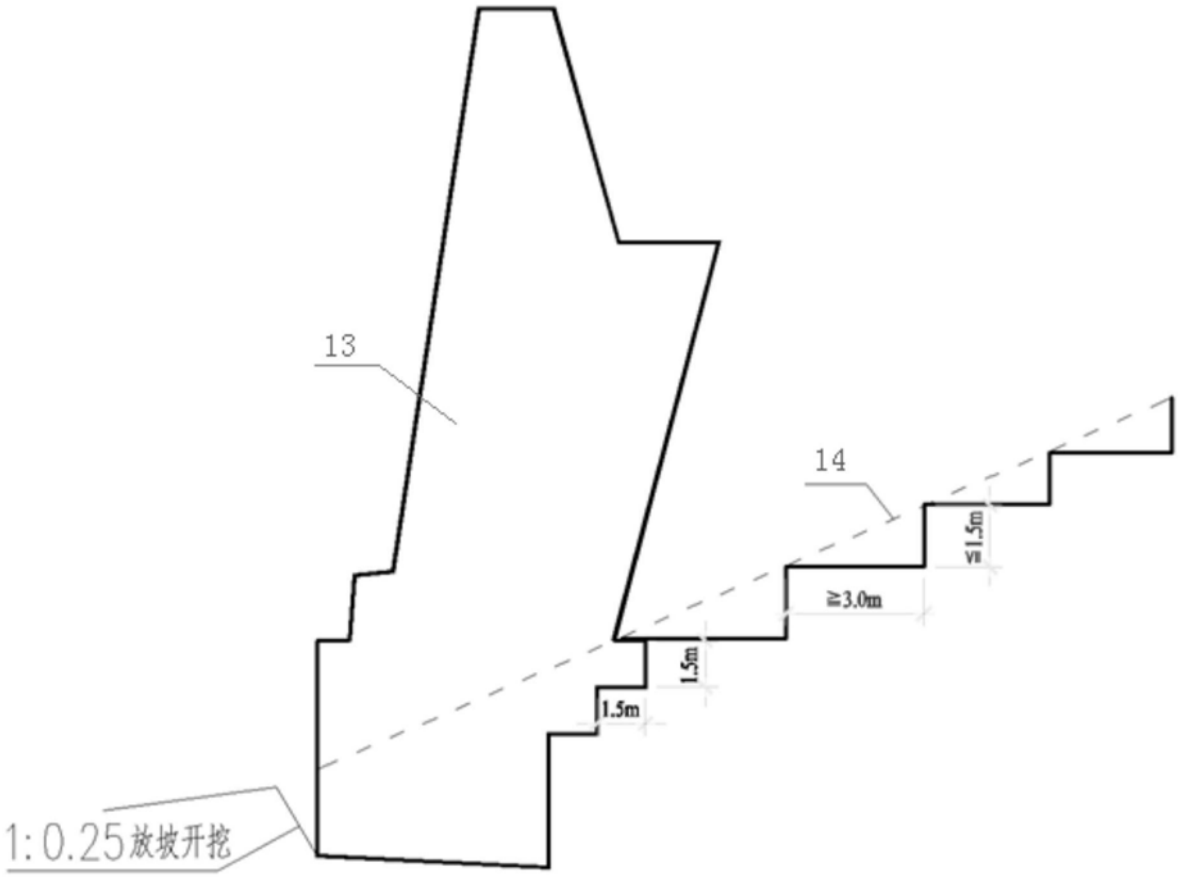


图13