(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101691751 B
(45)授权公告日 2011.05.18

(21)申请号 200910306369.4

(22)申请日 2009.08.31

(73)专利权人 中建三局第三建设工程有限责任公司
地址 430074 湖北省武汉市关山一路 552 号

(72)发明人 何穆 郭木华 左交明 吴延宏 王伟 唐静 赵研华 张志华

(74)专利代理机构 北京中建联合知识产权代理事务所 11004
代理人 朱丽岩 唐晓丽

(51)Int.Cl.
E02D 5/38(2006.01)

(56)对比文件
CN 2659961 Y,2004.12.01,
CN 101158153 A,2008.04.09,
JP 特开平 11-256572 A,1999.09.21,
CN 2323018 Y,1999.06.09,
庞玮．人工挖孔桩成孔过程容易出现的事故及预防、处理措施．《建筑安全》.2009,(第 2 期),
朱建．岩溶地区桥梁人工挖孔桩施工．《山西建筑》.2007,第 33 卷(第 20 期),
龚成中，何春林．岩溶地区桩基施工常见问题分析．《山西建筑》.2007,第 33 卷(第 12 期),
杨基好．百米超长人工挖孔桩施工技术．《安徽建筑》.2005,(第 1 期),

审查员 黄佳昕

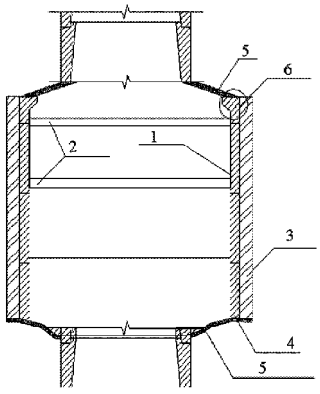
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54)发明名称

超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法及穿越溶洞的超长桩

(57)摘要

一种超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法及穿越溶洞的超长桩，其施工方法包括溶洞顶部的桩孔开挖以及穿越溶洞部分混凝土护壁施工两大步骤，所述溶洞顶部的桩孔开挖步骤为从上到下的逐层分节开挖，所述穿越溶洞部分桩孔半径较原设计扩大，溶洞护壁外模为砖胎模，并由下至上分节进行护壁施工，最后吊放钢筋笼，浇注混凝土。本发明的人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，能够有效的消除施工场地地质条件的影响，且能有效提高桩身强度、降低施工难度、加快施工速度、降低施工造价，保障施工安全。



CN 101691751 B

1. 一种超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，所述挖孔桩为挖孔灌注桩，其特征在于：施工方法如下：

步骤一：场地整平，放线，定桩位；

步骤二：从上到下逐层分节开挖，先开挖第一节桩孔土方，支模浇筑第一节混凝土护壁；

步骤三：在第一节混凝土护壁上二次投测标高及桩位十字轴线；

步骤四：在桩孔上口安装活动井盖、垂直运输架、起重电动葫芦或卷扬机、吊土桶、排水，通风以及照明设施；

步骤五：开挖第二节桩孔土方，清理桩孔四壁、校核桩孔垂直度和直径，拆上节混凝土护壁模板；

步骤六：支第二节混凝土护壁模板，浇筑第二节混凝土护壁；

步骤七：依次重复步骤五和步骤六，循环分节作业直至溶洞顶部最下一节护壁距溶洞顶 1.2 米；

步骤八：在已施工完的混凝土护壁上搭设牢固水平防护， 并在水平防护下作一操作平台；

步骤九：进行溶洞内护壁施工；

步骤十：检查洞底持力层并进行扩底，清底；

步骤十一：绑扎钢筋或吊放钢筋笼就位；

步骤十二：浇筑桩身混凝土；

步骤二中，每节高度为 0.9 ～ 1.2m，先挖中间部分的土方，然后扩及周边；

步骤二中，第一节混凝土护壁高出地坪 150 ～ 200mm，桩位轴线和高程均标定在第一节混凝土护壁上口，护壁厚度 150mm，当桩径大于 2000mm 时，护壁厚度为 200mm；

步骤八中，在溶洞顶土方开挖完后，环绕孔壁植入钢筋，并与护壁钢筋焊接；

步骤九中，穿越溶洞部分桩孔半径较原设计扩大 600mm，溶洞护壁外模为砖胎模。

2. 根据权利要求 1 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：在护壁外 240mm 厚砖胎模砌筑前，先将在砖胎模砌筑范围内溶洞地坪钙化层进行清理、凿打至岩石，并进行平整，再浇灌 100mm 厚 C10 砼垫层。

3. 根据权利要求 2 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：当砖胎模砌筑 1.2 米高时，在溶洞内地坪岩石内依次进行护壁竖向钢筋植筋、护壁钢筋绑扎、模板安装、搭设模板支撑以及护壁砼浇灌。

4. 根据权利要求 3 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：

当挖孔桩穿越溶洞高度小于 4 米时，先安装溶洞护壁内模板，再加设内支撑，溶洞护壁模板按每节 500 ～ 1000mm 进行配制，溶洞护壁顶处采用牛腿设计；

当挖孔桩穿越溶洞高度大于等于 4 米小于 5 米时，溶洞护壁施工方法为：溶洞内由下至上第一节护壁施工：先安装护壁内模板，再加设内支撑，然后浇灌护壁砼，溶洞内由下至上第二节及以上护壁施工：在安装护壁内模板后，先拆除第一节或下面一节护壁内模板，再用土回填第一节或下面一节已成孔的孔桩以抬高施工作业面，一边进行砖胎模砌筑，一边进行挖孔桩钢筋绑扎、内模安装及砼浇灌，以此类推进行第三节挖孔桩护壁施工；

当挖孔桩穿越溶洞高度大于等于 5 米时，最下三节护壁厚度增加 100mm。

5. 根据权利要求 4 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：穿越溶洞护壁混凝土强度同挖孔桩混凝土强度，溶洞护壁混凝土随护壁砖胎模分节浇筑，每节浇筑高度 500 ～ 1000mm。

6. 一种穿越溶洞的超长桩，桩体上下与钢筋混凝土灌注桩连接，其特征在于：桩体在穿越溶洞的部分直径扩大，护壁外模（3）为砖胎模，护壁内模板（1）为循环使用的钢板，护壁内模板（1）与护壁外模板（3）之间是浇灌的桩身护壁混凝土（4），桩身护壁混凝土的顶部呈牛腿（6）状，牛腿上是洞顶护壁混凝土浇筑层（5），环绕孔壁纵横方向植入桩纵筋（8）、螺旋筋（11）和加强筋，并与护壁钢筋焊接，在洞内地坪岩石上有洞底护壁混凝土浇筑层（10），上述加强筋为与桩纵筋内侧相连的环向加强筋（12），以及连接于环向加强筋内圈的斜拉加强筋（7）。

超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法及穿越溶洞的超长桩

（一）技术领域

[0001] 本发明涉及一种人工挖孔桩施工方法，尤其涉及一种超长人工挖孔桩穿越溶洞的施工方法及穿越溶洞的超长桩。

（二）背景技术

[0002] 对于传统的人工挖孔灌注桩来说，其施工深度一般控制在 20m 左右，最深可达 40m。而对于人工挖孔桩桩身长度超过 35m 的超长桩来说，由于桩身长度超过一般施工长度，护壁的安全性直接关系到人工挖孔灌注桩的施工安全，同时由于现场地质条件复杂，杂填土厚度厚度大，使其施工难度大，危险性高。而现有施工手册和规范中并没有相应的超长灌注桩的具体施工方法和规定可以依据，因此，对于如何保证超长桩的强度和安全性成为目前急待解决的技术问题。

[0003] 另外由于场地地质条件的影响，我国大部分地区的地下存在单个溶洞或多个溶洞部分叠加的情况，相当部分地段的洞底均为溶塌堆积物，真实洞底不详。一般溶洞宽度小于 7.5m，局部洞段大于 12m，溶洞洞高一般 2 ～ 20m 不等，最大可超过 20m。对于目前存在多层溶洞叠加现象，对穿越溶洞部分的桩身支护一般采取下列方案进行施工 ：

[0004] (1) 方案 1 ：采用 10mm 钢板护壁。

[0005] 优点是 ：省去护壁，施工速度快，施工操作简单。

[0006] 缺点是 ：前期制作时间较长，施工时间短，造价太高。

[0007] (2) 方案 2 ：采用木模板进行支模。

[0008] 由于溶洞深度一般在 35m 左右，模板单平米承受压力将超过 50t。模板设计要求模板背方采用 12 号槽钢，间距 @300mm。 Φ 18 对拉螺杆间距 @300mm。模板及槽钢一次性投入。

[0009] 优点 ：省去护壁，施工速度较快。

[0010] 缺点 ：造价较高，施工复杂，施工时间较长。

[0011] 因此，如何合理的确定一种能有效提高桩身强度、降低施工难度、加快施工速度，降低施工造价，又能保障施工安全的适用于无溶洞部分超长桩及需穿越溶洞的人工桩一直是困扰本领域技术人员的一个技术难题。

（三）发明内容

[0012] 为解决上述问题，本发明提供了一种超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法及穿越溶洞的超长桩，该方法能有效提高桩身强度、降低施工难度、加快施工速度，保障施工安全。

[0013] 为实现上述目的，本发明采用如下技术方案 ：

[0014] 一种超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，所述挖孔桩为挖孔灌注桩，其特征在于 ：具体施工方法如下 ：

[0015] 步骤一 ：场地整平，放线，定桩位 ；

[0016] 步骤二 ：从上到下逐层分节开挖，先开挖第一节桩孔土方，支模浇筑第一节混凝土

护壁；

[0017] 步骤三：在第一节混凝土护壁上二次投测标高及桩位十字轴线；

[0018] 步骤四：在桩孔上口安装活动井盖、垂直运输架、起重电动葫芦或卷扬机、吊土桶、排水，通风以及照明设施；

[0019] 步骤五：开挖第二节桩孔土方，清理桩孔四壁、校核桩孔垂直度和直径，拆上节混凝土护壁模板；

[0020] 步骤六：支第二节混凝土护壁模板，浇筑第二节混凝土护壁；

[0021] 步骤七：依次重复步骤五和步骤六，循环分节作业直至溶洞顶部最下一节护壁距溶洞顶 1.2 米；

[0022] 步骤八：在已施工完的混凝土护壁护壁上搭设牢固水平防护，并在水平防护下作一操作平台；

[0023] 步骤九：进行溶洞内护壁施工；

[0024] 步骤十：检查洞底持力层并进行扩底，清底；

[0025] 步骤十一：绑扎钢筋或吊放钢筋笼就位；

[0026] 步骤十二：浇筑桩身混凝土。

[0027] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：步骤二中，每节高度为 0.9~1.2m，先挖中间部分的土方，然后扩及周边。

[0028] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：步骤二中，第一节混凝土护壁高出地坪 150 ～ 200mm，桩位轴线和高程均标定在第一节混凝土护壁上口，护壁厚度 150mm，当桩径大于 2000mm 时，护壁厚度为 200mm。

[0029] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：步骤八中，在溶洞顶土方开挖完后，环绕孔壁植入钢筋，并与护壁钢筋焊接。

[0030] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：步骤九中，穿越溶洞部分桩孔半径较原设计扩大 600mm，溶洞护壁外模为砖胎模。

[0031] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：在护壁外 240mm 厚砖胎模砌筑前，先将在砖胎模砌筑范围内溶洞地坪钙化层进行清理、凿打至岩石，并进行平整，再浇灌 100mm 厚 C10 砼垫层。

[0032] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：当砖胎模砌筑 1.2 米高时，在溶洞内地坪岩石内依次进行护壁竖向钢筋植筋、护壁钢筋绑扎、模板安、搭设模板支撑以及护壁砼浇灌。

[0033] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：

[0034] 当挖孔桩穿越溶洞高度小于 4 米时，先安装溶洞护壁内模板，再加设内支撑，溶洞护壁模板按每节 500 ～ 1000mm 进行配制，溶洞护壁顶处采用牛腿设计；

[0035] 当挖孔桩穿越溶洞高度大于等于 4 米小于 5 米时，溶洞护壁施工方法为：溶洞内由下至上第一节护壁施工：先安装护壁内模板，再加设内支撑，然后浇灌护壁砼，溶洞内由下至上第二节及以上护壁施工：在安装护壁内模板后，先拆除第一节或下面一节护壁内模板，再用土回填第一节或下面一节已成孔的孔桩以抬高施工作业面，一边进行砖胎模砌筑，一边进行挖孔桩钢筋绑扎、内模安装及砼浇灌，以此类推进行第三节挖孔桩护壁施工；

[0036] 当挖孔桩穿越溶洞高度大于等于 5 米时，最下三节护壁厚度增加 100mm。

[0037] 所述的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，其特征在于：穿越溶洞护壁混凝土强度同挖孔桩混凝土强度，溶洞护壁混凝土随护壁砖胎模分节浇筑，每节浇筑高度 500 ～ 1000mm。

[0038] 上述加强筋为与桩纵筋内侧相连的环向加强筋，以及连接于环向加强筋内圈的斜拉加强筋。

[0039] 一种穿越溶洞的超长桩，桩体上下与钢筋混凝土灌注桩连接，其特征在于：桩体在穿越溶洞的部分直径扩大，护壁外模为砖胎模，护壁内模板为循环使用的钢板，护壁内模板与护壁外模板之间是浇灌的桩身护壁混凝土，桩身护壁混凝土的顶部呈牛腿状，牛腿上是洞顶护壁混凝土浇筑层，环绕孔壁纵横方向植入桩纵筋、螺旋筋和加强筋，并与护壁钢筋焊接，在洞内地坪岩石上有洞底护壁混凝土浇筑层，上述加强筋为与桩纵筋内侧相连的环向加强筋，以及连接于环向加强筋内圈的斜拉加强筋。

（四）附图说明

[0040] 下面结合附图对本实用新型做进一步详细的说明。

[0041] 图 1 是本发明所述人工挖孔桩穿越溶洞施工方法的穿越溶洞桩身模板示意图；

[0042] 图 2 是本发明所述人工挖孔桩穿越溶洞施工方法的钢筋笼示意图。

[0043] 附图标记：1- 护壁内模板；2- 内支撑；3- 护壁外模板；4- 桩身护壁混凝土；5- 洞顶护壁混凝土浇筑层；6- 牛腿；7- 斜拉加强筋；8- 桩纵筋；9- 十字钢筋；10- 孔桩护壁；11- 螺旋筋；12- 环形加强筋；13- 纵筋保护层。

（五）具体实施方式

[0044] 下面具体结合附图 1-2 对本发明实施例作进一步详述：

[0045] 某工程实施例：由于部分桩基位于溶洞中，并且溶洞埋置深度在 35m 左右，桩长设计 30 ～ 40m，部分桩将超过 40m；另由于场地地质条件，部分无溶洞人工挖孔桩桩身长度超过 35m。此部分人工挖孔桩施工难度大，危险性高。为了保证该部分人工挖孔桩灌注桩（溶洞及超长桩）施工安全可靠，特采用本发明的超长人工挖孔桩穿越溶洞施工方法。

[0046] 施工步骤如下：

[0047] 步骤一：场地整平，放线，定桩位；

[0048] 步骤二：从上到下逐层分节开挖，先开挖第一节桩孔土方，支模浇筑第一节混凝土护壁；

[0049] 步骤三：在第一节混凝土护壁上二次投测标高及桩位十字轴线；

[0050] 步骤四：在桩孔上口安装活动井盖、垂直运输架、起重电动葫芦或卷扬机、吊土桶、排水，通风以及照明设施；

[0051] 步骤五：开挖第二节桩孔土方，清理桩孔四壁、校核桩孔垂直度和直径，拆上节混凝土护壁模板；

[0052] 步骤六：支第二节混凝土护壁模板，浇筑第二节混凝土护壁；

[0053] 步骤七：依次重复步骤五和步骤六，循环分节作业直至溶洞顶部最下一节护壁距溶洞顶 1.2 米；

[0054] 步骤八：在已施工完的混凝土护壁上搭设牢固水平防护，并在水平防护下作一操

作平台；

[0055] 步骤九：进行溶洞内护壁施工（如图 1 所示）；

[0056] 步骤十：检查洞底持力层并进行扩底，清底；

[0057] 步骤十一：绑扎钢筋或吊放钢筋笼（具体结构布置如图 2 所示）就位；

[0058] 步骤十二：浇筑桩身混凝土。桩身砼浇前对钢筋笼进行检查，清理完孔桩杂物，并沿桩底每间隔 4 米搭设一砼振捣、施工照明、送风的操作平台，平台随砼面上升向上转移。桩身混凝土浇灌时，必须使用溜槽或串桶，由于桩孔深，混凝土泵管无法连接，为防止砼浇灌产生离析，因此串筒采用防水帆布特别制做。帆布串筒直径同输送泵管直径，考虑混凝土施工要求，串筒分别按 40m、35m、30m、25m、20m、15m 系列长度制作，在桩芯砼浇筑过程中用塔吊配合将串筒吊起，帆布串筒随砼面上升及时更换小规格的串筒。同时，为防止因砼侧压力过大，将孔桩护壁打穿，砼浇灌速度不宜过快，砼坍落度控制在 160mm 以内。浇筑过程中，浇筑出料口离混凝土面落差不得大于 2m，应连续进行，分层振捣密实。分层高度为 1000-1500mm，混凝土塌落度 160mm。混凝土浇筑高度，应当超过桩浇筑标高 100mm，以保证在剔除浮浆后，桩顶标高符合设计要求。砼取样：按每 50 立方米必须一组；小于 50 立方米的桩，每根桩必须取一组。

[0059] 对于步骤二－步骤八溶洞上方的土体开挖，其进一步要求如下：

[0060] 依据建筑物测量控制网的资料和基础平面布置图，测定桩位轴线方格控制网和高程基准许点。经有关部门进行复查，办好预检手续后开挖。开挖桩孔应从上到下逐层进行，先挖中间部分的土方，然后扩及周边，有效地控制开挖孔的截面尺寸。每节的高度应根据土质好坏、操作条件而定，一般以 0.9 ～ 1.2m 为宜。第一节桩孔成孔以后，即着手在桩孔上口架设垂直运输支架。要求搭设稳定、牢固。护壁采用混凝土护壁，第一节护壁以高出地坪 150 ～ 200mm 为宜，便于挡土、挡水。桩位轴线和高程均应标定在第一节护壁上口，护壁厚度 150mm，当桩径大于厚度 2000mm 时，护壁厚度为 200mm。桩孔每挖完一节以后应立即浇筑混凝土护壁。混凝土强度为 C25，坍落度控制在 100mm，确保孔壁的稳定性。混凝土用吊桶运输人工浇筑，上部留 100mm 高作浇筑口，拆模后用砌砖或混凝土堵塞，混凝土达到一定强度后即可拆模。每节桩孔护壁做好以后，必须将桩位十字轴线和标高测设在护壁的上口，然后用十字线对中，吊线坠向井底投设，以半径尺杆检查孔壁的垂直平整度。随之进行修整，井深必须以基准点为依据，进行引测。保证桩孔轴线位置、标高、截面尺寸满足设计要求。当地下水量不大时，随挖随将泥水用吊桶运出。地下渗水量较大时，先在桩孔底挖集水坑，用高程水泵沉入抽水，边降水边挖土，水泵的规格按抽水量确定。挖扩底桩应先将扩底部位桩身的圆柱体挖好，再按扩底部位的尺寸、形状自上而下削土扩充成设计图纸的要求。

[0061] 对于步骤九溶洞内护壁施工的进一步要求如下：

[0062] 溶洞顶以上孔桩护壁按一般孔桩护壁进行施工，在溶洞顶最下一节护壁施工时，首先根据《岩土工程地质勘察报告》和施工图纸确定溶洞深度，当孔桩开挖至溶洞顶 1.2 米时，在已施工完的护壁上搭设牢固水平防护，在开挖溶洞顶 1.2 米的土石方时，边开挖，边在水平防护架下作一操作平台，并系好安全带；溶洞顶土方开挖完后，环绕孔壁纵横方向植入 Φ12@200 的钢筋，并与护壁钢筋焊接。溶洞顶护壁施工完之后，首先对洞内的桩位进行测量定位，按一般孔桩施工孔桩护壁 10，达到设计持力层后进行孔底清底。为便于孔内模板 1 安装及钢筋植筋锚固，穿越溶洞部分桩身半径较原设计扩大 600mm，护壁外模为砖胎模 3，

厚 240mm，采用 M7.5 水泥砂浆、标准页岩砖砌筑，内模板 1 采用 3mm 钢板，为加快护壁施工速度，每根超深桩配制三套 3mm 钢板做的内模板 1，并重复使用。在溶洞内护壁施工前，为了防止洞顶坍塌或坠石，保证洞内施工作业人员安全，在孔桩周边 2.5 范围内搭安全防护脚手架，脚手架铺设两层九层板作防护棚。在护壁外 240mm 厚砖胎模 3 砌筑前，先将在砖胎模 3 砌筑范围内溶洞地坪钙化层进行清理、凿打至岩石，并进行平整，再浇灌 100MM 厚 C10 混凝土 5 垫层。待 100MM 厚 C10 混凝土 5 垫层达到一定强度后，开始护壁外 240mm 厚砖胎模 3 砌筑，当砖胎模 3 砌筑 1.2 米高时，在洞内地坪岩石内进行护壁竖向钢筋植筋，再进行护壁钢筋绑扎、模板安装及搭设模板支撑，为防止护壁砼浇灌振捣将砖胎模 3 振塌，待砖胎模 3 达到足够高强度后，再进行护壁砼浇灌。

[0063] 当挖孔桩穿越溶洞高度小于 4 米时，先安装护壁内模板 1，再加设内支撑 2；护壁模板按每节 500 ～ 1000mm 进行配制。护壁顶处采用牛腿 6 设计，以便混凝土浇筑。

[0064] 当挖孔桩穿越溶洞高度大于等于 4 米小于 5 米时，护壁施工方法：

[0065] 第一节（由下至上）护壁施工：先安装护壁内模板 1，再加设内支撑 2，然后浇灌护壁砼。

[0066] 第二节（由下至上）及以上护壁施工：由于孔桩在洞内高度大，无法搭设砌砖、绑扎钢筋及砼浇灌用的脚手架，为保障施工作业人员的安全，在安装护壁内模板 1 后，先拆除第一节或下一节护壁内模板 1，再用土回填第一节或下一节已成孔的孔桩以抬高施工作业面，桩然后浇灌护壁砼，一边进行砖胎模 3 砌筑，一边进行孔桩钢筋绑、内模安装及砼浇灌，以此类推进行第三节孔桩护壁施工。

[0067] 当挖孔桩穿越溶洞高度大于等于 5 米时，为防止因孔桩穿越溶洞高度过大导致桩芯砼浇时将护壁打穿，将最下三节护壁厚度增加 100mm。

[0068] 穿越溶洞护壁混凝土强度同桩混凝土强度。护壁混凝土浇筑采用人工搅拌，人工浇筑，机械振捣。护壁混凝土随护壁砖胎模 3 分节浇筑，每节浇筑高度 500 ～ 1000mm。护壁混凝土要求振捣密实，混凝土强度满足设计和规范要求。

[0069] 这种穿越溶洞的超长桩，桩体上下与钢筋混凝土灌注桩连接，其特征在于：桩体在穿越溶洞的部分直径扩大，护壁外模 3 为砖胎模，护壁内模板 1 为循环使用的钢板，护壁内模板 1 与护壁外模板 3 之间是浇灌的桩身护壁混凝土 4，桩身护壁混凝土的顶部呈牛腿 6 状，牛腿上是洞顶护壁混凝土浇筑层 5，环绕孔壁纵横方向植入桩纵筋 8、螺旋筋 11 和加强筋，并与护壁钢筋焊接，在洞内地坪岩石上有洞底护壁混凝土浇筑层 10，上述加强筋为与桩纵筋内侧相连的环向加强筋 12，以及连接于环向加强筋内圈的斜拉加强筋 7。

[0070] 通过采用以上工程实例表明：采用本发明的人工挖孔桩穿越溶洞施工方法，能够有效的消除施工场地地质条件的影响，尤其适用于无溶洞超长人工挖孔桩桩身以及地下具有溶洞及多溶洞叠加的场地，能有效提高桩身强度、降低施工难度、加快施工速度、保障施工安全。

[0071] 以上为本发明的一个典型实施例，本发明的实施不限于此。

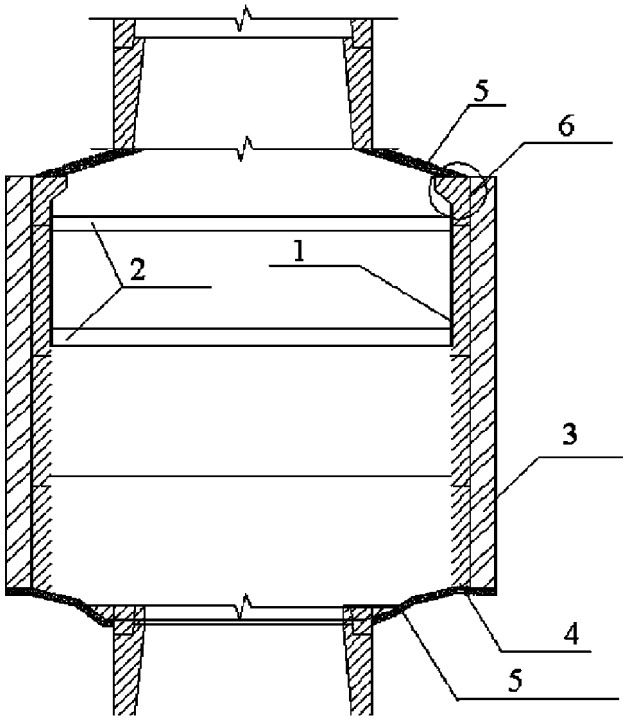


图 1

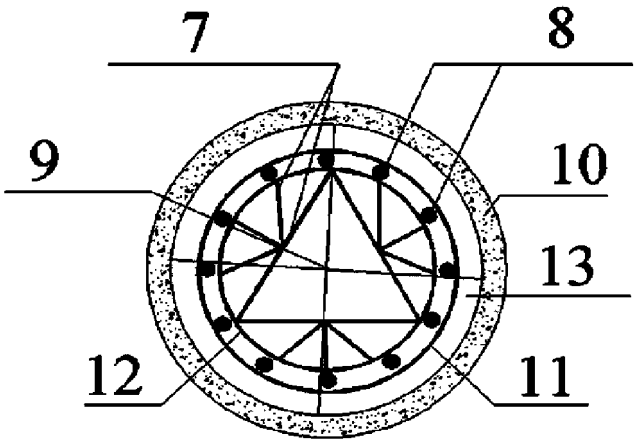


图 2