



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104532868 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201410752861. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 12. 11

E02D 27/16(2006. 01)

(71) 申请人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段
111 号西南交通大学土木学院

(72) 发明人 邓荣贵 钟志彬 付小敏 胡敏
郑兴军 尹静 邵康 张颖
杜亚宇 王园园 陈泽硕 王振永
张志伟

(74) 专利代理机构 成都立信专利事务所有限公
司 51100

代理人 江晓萍

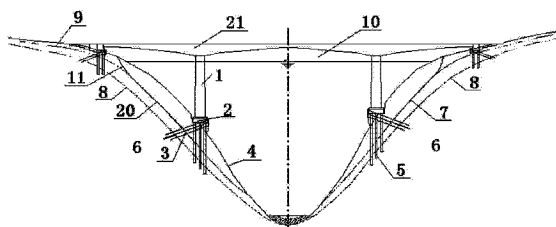
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

高陡变形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础
修建方法

(57) 摘要

本发明高陡变形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础修建方法,包括确定群桩根数及直径,桩顶及承台底高程;确定群桩长度;确定锚索根数;确定单根锚索的钢绞线束数和锚孔直径;确定锚索俯倾角;边列锚索在水平面上与承台沿斜坡倾向方向中心线的夹角为 2° ;承台的所有基桩施工完成;搭设承台及其与锚、桩的连接钢筋砼支架及底模,支设侧模;在斜坡岩体中钻孔;制作锚索;对锚索施加初期预应力;锁定锚头;浇筑封锚混凝土;继续施工桥梁墩柱和梁体上部结构,直至修建完毕。本发明既能避免在斜坡上进行大开挖,充分利用桥梁群桩及承台系统结构工程性能,提高桥梁基础工程投资效益,保护桥址区斜坡地质环境,降低桥梁基础工程结构安全和施工安全风险。



1. 高陡形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础修建基础方法,包括以下步骤:

(1) 根据桥梁初步设计的平面位置及平面尺寸、纵剖面高程及纵剖面尺寸和横断面尺寸,以及上部墩、梁结构设计的参数、技术要求和相关规范规定,确定群桩根数及直径,以及桩顶及承台底高程,群桩平面采用矩阵式排列;

(2) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带及弱卸荷带垂直厚度和桩顶高程,确定群桩长度;桩底端深入到斜坡弱卸荷带内的垂直深度至少为三倍桩径;

(3) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带及弱卸荷带水平厚度和桩、台空间位置参数,以及锚固工程技术规范要求,确定锚索长度;锚索底端深入到弱卸荷带下限以下的长度至少为 5m;

(4) 根据桥梁群桩根数及排列情况,确定锚索根数;锚索的列数比群桩沿斜坡走向方向的列数多 1 列;锚索置于两相邻桩列中间,边列锚索位置与其内侧列锚索对称于边列基桩,锚索排数 1~3 排,排距至少为 3m;

(5) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带实际厚度,建议的变形斜坡岩土体抗剪强度参数,潜在的变形带下限为潜在底滑面;以群桩基础承台沿变形斜坡走向的宽度为下部边界,根据岩土体的等效内摩擦角和莫尔库伦强度理论确定的潜在破裂面为两侧边界,与地面构成一个不规则五面体,以此计算作用在群桩及承台上潜在最大横向作用力,进而确定构成单根锚索的钢绞线束数和锚孔直径;

(6) 根据桥址斜坡区地形和锚固工程相关规范确定锚索俯倾角,锚索俯倾角范围为 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$;其中桥址区斜坡坡度为在 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 时锚索倾角为 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$,桥址区斜坡坡度为在 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 时锚索倾角为 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$,桥址区斜坡坡度为在 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 时锚索倾角为 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$,桥址区斜坡坡度为在 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 时锚索倾角为 $20^{\circ} \sim 15^{\circ}$;

(7) 沿斜坡走向承台两侧的边列锚索,在水平面上与承台沿斜坡倾向方向中心线的夹角为 2° ,其余列锚索水平方向与承台中心线方向一致;

(8) 群桩承台及周围用架管等搭设施工平台,对基桩进行精确定位后,进行成孔、下放钢筋笼、浇筑混凝土完成一根基桩的施工;循环上述施工过程直至一个承台的所有基桩施工完成;

(9) 搭设承台及其与锚、桩的连接钢筋砼支架及底模,焊接钢筋及支设侧模,钢筋中预留锚孔空间并架设锚孔 PVC 管,浇注承台和承台-锚索-桩之间的连接钢筋砼,锚孔直径 150mm,根据步骤(4、5、6、7)确定预留锚孔的位置及方向;

(10) 在承台及连接钢筋砼预留的锚孔基础上,在斜坡岩体中钻孔,直径与承台及连接钢筋砼中预留孔径相同;

(11) 根据步骤(3、4、5)确定的锚索长度和钢绞线束数,按相关锚固工程规范制作锚索的要求制作锚索;

(12) 根据锚固工程相关规范对锚索进行锚固段除油除锈和自由段防腐处理,将锚索置入锚孔,对锚索施加初期预应力,每根锚索施加的初期预应力值为根据步骤(5)确定的变形斜坡最大横向作用分力在每根锚索上分担值的 2%~5%;

(13) 静待 5~10 天后对锚索施加锁定预应力,每根锚索施加的锁定预应力值为根据步骤(5)确定的变形斜坡最大横向作用分力在每根锚索上分担值的 5%~10%,对锚头进行锁定;

-
- (14) 根据锚固工程相关规范封闭锚索锚头及锚具,并浇筑封锚混凝土;
 - (15) 继续施工桥梁墩柱和梁体等上部结构,直至修建完毕。

高陡变形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础修建方法

[0001] 技术领域：

本发明涉及一种丘陵区和中、高山区深切河谷卸荷松动岩体和堆积体变形斜坡区桥梁群桩基础建造方法。

[0002] 背景技术：

我国西部特别是西南地区水电资源开发建设已进入鼎盛时期，与此相关的交通设施恢复建设和发展建设规模不断增大，建成或即将建设的跨库大型桥梁或沿库岸修建的傍山高梁桥梁越来越多，如雅砻江、大渡河、澜沧江、怒江和金沙江等流域各级水电站水库库区已经建成了或即将建设众多大型跨库桥梁或傍山高梁桥梁。另外随着西部大开发战略的推进，西部特别是西南地区以高速公路为代表的高等级公路建设正在向西南高山区推进，已经建成了或即将建设大量的跨越大江大河的大型桥梁和傍山高梁桥梁，如 G5 京昆高速四川雅安至西昌段大渡河及南亚河长距离傍山高梁桥梁，四川省雅安至康定高速（紧邻 318 国道）喇叭河及瓦斯河沿岸的高梁桥梁和跨越大渡河的泸定悬索桥，以及四川省汶川县至马尔康县的高速（紧邻 317 国道）杂谷脑河及梭磨河沿岸的高梁桥梁，等等。我国太行山区、长白山区、秦岭山区、大巴山区、云贵高原南北侧山区、南岭山区、东南部中低山区及丘陵地区也有类似情况。

[0003] 另一方面，因青藏高原受印度洋板块的强烈挤压而持续隆升，高原东部（藏东和川西地区）河流的迅速下切形成了高达数百米至数千米的自然高陡斜坡，在原生层面和次生构造结构弱面基础上，因河流下切侧向卸荷作用和斜坡岩体重力的长期作用下长期变形形成卸荷松动带。现有水电大坝勘探揭露的卸荷带最大水平厚度达数百米，如雅砻江四川省盐县河段斜坡强卸荷松动带水平厚度接近 300 米，另外高陡斜坡局部表层往往发育厚度不等的崩坡残积松散堆积层；有的卸荷松动岩带及堆积体会在数十年或百余年内失稳，有的在工程服务的数十年或数百年时间内能够保持稳定，部分即使在库水作用下也不会失稳，但是这些斜坡岩土体因重力作用处于持续缓慢的蠕变变形过程中，斜坡表部岩土体的变形较大，深部变形逐渐减小趋于零。这些工程服务年限内能保持稳定但处于持续缓慢蠕变中的松动岩带及堆积体的高陡斜坡统称为变形斜坡。

[0004] 受地形地质条件限制或因道路功能的要求，道路布线难以回避变形斜坡区，对于跨河（库）布线大桥（钢构型桥梁或悬索型桥梁）因结构要求难以回避在变形斜坡区布置墩台群桩基础。对于傍山布线，若采用路基方案而进行的开挖或填筑往往会诱发大规模的滑坡，较佳的道路结构方案就是高梁桥梁；因山区上述地形地质条件的限制，高梁桥梁基础的较佳类型也是群桩基础或（列排）柱下独桩基础。

[0005] 布置在变形斜坡区的群桩基础会受到斜坡变形的斜向（坡面倾向）作用，使群桩基础在受到传统的竖向工程荷载及变形斜坡倾向作用在竖向产生的分量（向下）荷载作用外，还会受到变形斜坡在水平面内方向朝坡外的分力作用。斜坡变形对基桩的作用力大小及分布形式的确定，尚无现成的理论计算方法和普遍认可的经验可借鉴。

[0006] 目前，对于必须布置在不稳定变形斜坡区的桥梁群桩基础设计，采取单独加固滑坡或变形斜坡，使斜坡稳定并且不变形，然后在斜坡上开挖出一个布置群桩及承台所需要

的平台,并对开挖边坡进行加固,最后施工群桩基础和桩台,以及上部墩台及梁体;对于中、小型桥梁如果斜坡岩体坚硬、完整、风化不严重,一般对斜坡进行开挖,形成大小与设计基础相应的平台或基坑,采用扩大型浅基础。目前变形斜坡区上的桥梁群桩基础潜在的问题人们尚未给予足够重视,有经验或教训的技术人员在该类群桩基础设计时往往会在构造设计上给予适当考虑,对于经验有限的技术人员,变形斜坡对群桩基础的横向作用往往会被忽略。我国西南山区许多大型水电站库区,位于变形斜坡上的群桩基础因斜坡变形导致桥梁破坏的案例时有发生,如四川省阿坝藏族羌族自治州黑水河上的毛尔盖水电站库区的两座大桥,因斜坡变形作用使桥梁墩柱弯曲开裂,桥台位移,加固或重建造成近 6000 万元损失;又如雅砻江锦屏水电站库区小金河支库上的西木跨库大桥(连续刚构混凝土桥),因斜坡变形产生的横向作用,使左岸桥台群桩基础失效,为了挽救和修复该桥梁投入了 7000 多万元。变形斜坡致高速公路桥梁墩柱及柱基破坏的案例也时有发生,如重庆市区至重庆万州区高速公路张家坪高架桥梁柱墩弯曲开裂,耗资近 3000 万元进行加固处理。目前,西南山区众多桥梁的群桩基础都位于变形斜坡上,因斜坡变形群桩基础多数都处于超过设计标准的特殊工作状态中,有的甚至“带病工作”。因此,急需开发一种适宜变形斜坡条件,结构优异,安全可靠,施工方便,经济合理,适应性更强的新型结构和设计施工技术,解决上述技术问题。

[0007] 现有基础工程建造技术对于变形斜坡所面临的难题

非平原地区现有桥梁基础类型有扩大浅基础、群桩+承台基础,施工方法有机械开挖或人工开挖基坑浇筑砼、人工挖孔灌注砼、机械冲孔灌注砼和机械旋挖孔灌注砼,这些桥梁基础修建技术对于变形斜坡面临如下问题:(1)采用扩大浅基础或低承台群桩基础,势必开挖出足够宽的平台,形成较高的开挖边坡,对边坡进行加固支护将投入大量资金,否则可能诱发较大规模滑坡;(2)对变形斜坡进行单独加固处理,一是将投入大量资金,二是开挖对斜坡造成严重破坏,影响地质环境;(3)若采用高承台群桩基础而避免开挖,因天然变形斜坡本身的固有变形或库水等额外作用产生的附加变形对桩基础的横向作用分力及分布形式难以估计,设计上如果考虑不足或考虑不周,将会导致如上所述的桩基横向弯曲变形甚至破坏;(4)若加强群桩结构、承台结构和桩台连接结构设计,势必大大增加桩长(有的桩长接近 100m)、桩体截面积和配筋,这样会造成投资浪费,同时因变形斜坡的横向作用分力大小及其分布形式难以确定,而使高台群桩基础的安全风险难以控制。

[0008] 发明内容:

本发明的目的是针对目前变形斜坡区桥梁桩基础修建技术存在的上述问题,提供一种既能避免在斜坡上进行大开挖,破坏变形斜坡原有的稳定性,又能平衡变形斜坡对基桩的横向作用,充分利用桥梁群桩及承台系统结构工程性能,还能提高桥梁基础工程投资效益,保护桥址区斜坡地质环境,降低桥梁基础工程结构本身安全和施工安全风险的高陡变形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础修建方法。

[0009] 发明的目的是这样来实现的:

本发明高陡形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础修建基础方法包括以下步骤:

(1)根据桥梁初步设计的平面位置及平面尺寸、纵剖面高程及纵剖面尺寸和横断面尺寸,以及上部墩、梁结构设计的参数、技术要求和相关规范规定,确定群桩根数及直径,以及桩顶及承台底高程,群桩平面采用矩阵式排列;

(2) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带及弱卸荷带垂直厚度和桩顶高程,确定群桩长度;桩底端深入到斜坡弱卸荷带内的垂直深度至少为三倍桩径;

(3) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带及弱卸荷带水平厚度和桩、台空间位置参数,以及锚固工程技术规范要求,确定锚索长度;锚索底端深入到弱卸荷带下限以下的长度至少为 5m;

(4) 根据桥梁群桩根数及排列情况,确定锚索根数;锚索的列数比群桩沿斜坡走向方向的列数多 1 列:如群桩为单列时锚索为 2 列,群桩为 2 列时锚索为 3 列,群桩为 3 列时锚索为 4 列,以此类推,锚索列距视群桩列距而定,锚索置于两相邻桩列中间,边列锚索位置与其内侧列锚索对称于边列基桩,锚索排数 1~3 排,排距至少为 3m;

(5) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带实际厚度,建议的变形斜坡岩土体抗剪强度参数,潜在的变形带下限(其中基岩变形带下限为强卸荷带下限,土质变形斜坡为潜在圆弧形或直线形破裂面)为潜在底滑面;以群桩基础承台沿变形斜坡走向的宽度为下部边界(至内排群桩),根据岩土体的等效内摩擦角(考虑粘结力)和莫尔库伦强度理论确定的潜在破裂面为两侧边界,与地面构成一个不规则五面体,以此计算作用在群桩及承台上潜在最大横向作用力,进而确定构成单根锚索的钢绞线束数和锚孔直径;

(6) 根据桥址斜坡区地形和锚固工程相关规范确定锚索俯倾角,锚索俯倾角范围为 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$;其中桥址区斜坡坡度为在 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 时锚索倾角为 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$,桥址区斜坡坡度为在 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 时锚索倾角为 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$,桥址区斜坡坡度为在 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 时锚索倾角为 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$,桥址区斜坡坡度为在 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 时锚索倾角为 $20^{\circ} \sim 15^{\circ}$;

(7) 沿斜坡走向承台两侧的边列锚索,在水平面上与承台沿斜坡倾向方向中心线的夹角为 2° ,其余列锚索水平方向与承台中心线方向一致;

(8) 群桩承台及周围用架管等搭设施工平台,对基桩进行精确定位后,进行成孔(人工开挖或机械冲击)、下放钢筋笼、浇筑混凝土完成一根基桩的施工;循环上述施工过程直至一个承台的所有基桩施工完成;

(9) 搭设承台及其与锚、桩的连接钢筋砼支架及底模,焊接钢筋及支设侧模,钢筋中预留锚孔空间并架设锚孔 PVC 管,浇注承台和承台-锚索-桩之间的连接钢筋砼,锚孔直径 150mm,根据步骤(4、5、6、7)确定预留锚孔的位置及方向;

(10) 在承台及连接钢筋砼预留的锚孔基础上,在斜坡岩体中钻孔,直径与承台及连接砼中预留孔径相同;

(11) 根据步骤(3、4、5)确定的锚索长度和钢绞线束数,按相关锚固工程规范制作锚索的要求制作锚索;

(12) 根据锚固工程相关规范对锚索进行锚固段除油除锈和自由段防腐处理,将锚索置入锚孔,对锚索施加初期预应力,每根锚索施加的初期预应力值为根据步骤(5)确定的变形斜坡最大横向作用分力在每根锚索上分担值的 2%~5%;

(13) 静待 5~10 天后对锚索施加锁定预应力,每根锚索施加的锁定预应力值为根据步骤(5)确定的变形斜坡最大横向作用分力在每根锚索上分担值的 5%~10%,对锚头进行锁定;

(14) 根据锚固工程相关规范封闭锚索锚头及锚具,并浇筑封锚混凝土;

(15) 继续施工桥梁墩柱和梁体等上部结构,直至修建完毕。

[0010] 上述的卸荷松动岩体是指陡峻基岩斜坡表层岩体,因河流下切侧向卸荷和自身重力长期作用沿其内部节理等弱面松弛或张开的岩体。

[0011] 上述的堆积体是指因其上部岩土体崩塌掉落、滑动或滚动下移后停留在斜坡上,经长期叠加堆积形成的松散土体。

[0012] 上述的高陡变形斜坡是指斜坡表层卸荷松动岩体或(和)堆积体在地质历史过程中,或诸如库水和地震等其它附加因素作用下处于缓慢变形中的斜坡,其平均坡度大于 30° 局部坡度大于 40° 高度超过50m的陡坡,该类斜坡在工程服务年限内稳定。

[0013] 上述的基桩是指单根基础桩,或构成群桩基础的单根桩。

[0014] 上述的群桩基础是指由两根及两根以上的基桩和桩顶连接基桩并承担上部桥梁墩柱荷载的承台一起构成的钢筋混凝土结构。

[0015] 上述的承台是指位于桥梁墩柱与多根基桩之间的,将墩柱荷载传递到基桩上的荷载转换结构。

[0016] 上述的桩-承台-锚索连接钢筋砼是指填充于露出斜坡地面基桩之间,并包裹边桩和承台下部分的钢筋混凝土结构。

[0017] 本发明方法采用平衡变形斜坡横向作用的高承载能力低预应力的锚索体系;使锚索体系、群桩桩体与高承台结构有机连接的钢筋混凝土传力结构;通过相关的设计计算和相关的施工技术。实现了本发明的目的即提供种既能避免在斜坡上进行大开挖,破坏变形斜坡原有的稳定性,又能平衡变形斜坡对基桩的横向作用,充分利用桥梁群桩及承台系统结构工程性能,还能提高桥梁基础工程投资效益,保护桥址区斜坡地质环境,降低桥梁基础工程结构本身安全和施工安全风险的高陡变形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础修建方法。

[0018] 附图说明:

图1为水平库区典型的跨河刚构桥梁锚拉式群桩基础俯视图。

[0019] 图2为图1中的A—A剖视图。

[0020] 图3为桥梁主墩锚拉式群桩基础俯视图。

[0021] 图4为图3中的B—B剖视图。

[0022] 图5为图3中的C—C剖视图。

[0023] 图6为桥梁桥台锚拉式高承台群桩基础俯视图。

[0024] 图7为图6中的D—D剖视图。

[0025] 图8为图6中的E—E剖视图。

[0026] 图9为门字形“M”字形柱+盖梁库岸旁山筒支梁桥或连续桥梁一桩一桩锚拉式高承台群桩基础俯视图。

[0027] 图10为图9中的F—F剖视图。

[0028] 图11为图9中的I—I剖视图。

[0029] 具体实施方式:

图1和图2是水库区典型的跨库刚构桥梁平面图和纵断面图,以及锚拉式高承台群桩基础总体示意图。

[0030] 图3~图5是桥梁主墩锚拉式高承台群桩基础结构平面图、纵剖面图和横向正面示意图。

[0031] 图 6 ~图 8 是桥梁桥台锚拉式高承台群桩基础结构平面图、纵剖面图和横向正面示意图。

[0032] 图 9 ~图 11 是“门”字形或“M”字形柱 + 盖梁库傍山筒支梁桥或连续梁桥一柱一桩锚拉式高承台群桩基础结构平面图、纵剖面图和横向正面示意图。

[0033] 图 1 ~图 11 中各序号 1、桥墩 ;2、承台 ;3、锚索 ;4、斜坡面 ;5、基桩、6、非卸荷松动斜坡岩体 ;7、强卸荷带下限 ;8、弱卸荷带下限 ;9、河谷高台地 ;10、最高库水位 ;11、变斜坡作用力计算底边界 ;12、锚头 ;13、弱卸荷变形松动岩带下限 ;14、弱卸荷变形松动岩体 ;15、强卸荷变形松动岩体 ;16、锚索锚固段 ;17、封锚砼 ;18、锚、桩及承台连接钢筋砼 ;19、变形斜坡作用力计算侧边界 ;20、强卸荷变形松动岩带下限 ;21、桥梁 ;22、台冒 ;23、桥台 ;24、桩台 ;25、斜坡与桩交线 ;26、柱墩。

[0034] 参见图 1 ~图 11, 本实施例高陡变形斜坡区桥梁锚拉式高承台群桩基础修建方法, 包括以下步骤:

(1) 根据桥梁初步设计的平面位置及平面尺寸、纵剖面高程及纵剖面尺寸和横断面尺寸, 以及上部墩、梁结构设计的参数、技术要求和相关规范规定, 确定群桩根数及直径, 以及桩顶及承台底高程, 群桩平面采用矩阵式排列;

(2) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带及弱卸荷带垂直厚度和桩顶高程, 确定群桩长度; 桩底端深入到斜坡弱卸荷带内的垂直深度不小于三倍桩径;

(3) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带及弱卸荷带水平厚度和桩、台空间位置参数, 以及锚固工程技术规范要求, 确定锚索长度; 锚索底端深入到弱卸荷带下限以下的长度不小于 5m;

(4) 根据桥梁群桩根数及排列情况, 确定锚索根数; 锚索的列数比群桩沿斜坡走向方向的列数多 1 列; 如群桩为单列时锚索为 2 列, 群桩为 2 列时锚索为 3 列, 群桩为 3 列时锚索为 4 列, 以此类推, 锚索列距视群桩列距而定, 锚索应置于两相邻桩列中间, 边列锚索位置与其内侧列锚索对称于边列基桩; 锚索排数 1 ~ 3 排, 排距不低于 3m。见图 5、图 8 和图 10;

(5) 根据桥址变形斜坡区岩土工程勘察报告确定的强卸荷带实际厚度, 建议的变形斜坡岩土体抗剪强度参数, 潜在的变形带下限(其中基岩变形带下限为强卸荷带下限, 土质变形斜坡为潜在圆弧形或直线形破裂面) 为潜在底滑面; 以群桩基础承台沿变形斜坡走向的宽度为下部边界(至内排群桩), 根据岩土体的等效内摩擦角(考虑粘结力) 和莫尔库伦强度理论确定的潜在破裂面为两侧边界, 与地面构成一个不规则五面体, 以此计算作用在群桩及承台上潜在最大横向作用力, 进而确定构成单根锚索的钢绞线束数和锚孔直径;

(6) 根据桥址斜坡区地形和锚固工程相关规范确定锚索俯倾角, 锚索俯倾角范围为 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$; 其中桥址区斜坡坡度为在 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 时锚索倾角为 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 桥址区斜坡坡度为在 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 时锚索倾角为 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$, 桥址区斜坡坡度为在 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 时锚索倾角为 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$, 桥址区斜坡坡度为在 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 时锚索倾角为 $20^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。见图 1、图 4、图 7 和图 9;

(7) 沿斜坡走向承台两侧的边列锚索, 在水平面上与承台沿斜坡倾向方向中心线的夹角为 2° , 其余列锚索水平方向与承台中心线方向一致;

(8) 群桩承台及周围用架管等搭设施工平台, 对基桩进行精确定位后, 进行成孔(人工开挖或机械冲击)、下放钢筋笼、浇筑混凝土完成一根基桩的施工; 循环上述施工过程直至

一个承台的所有基桩施工完成；

(9) 搭设承台及其与锚、桩的连接钢筋砼支架及底模,焊接钢筋及支设侧模,钢筋中预留锚孔空间并架设锚孔 PVC 管,浇注承台和承台 - 锚索 - 桩之间的连接钢筋砼,锚孔直径 150mm,根据步骤 4、5、6、7 确定预留锚孔的位置及方向；

(10) 在承台及连接钢筋砼预留的锚孔基础上,在斜坡岩体中钻孔,直径与承台及连接砼中预留孔径相同；

(11) 根据步骤 3、4、5 确定的锚索长度和钢绞线束数,按相关锚固工程规范制作锚索的要求制作锚索；

(12) 根据锚固工程相关规范对锚索进行锚固段除油除锈和自由段防腐处理,将锚索置入锚孔,对锚索施加初期预应力,每根锚索施加的初期预应力值为根据步骤 5 确定的变形斜坡最大横向作用分力在每根锚索上分担值的 2% ~ 5%；

(13) 静待 5 ~ 10 天后对锚索施加锁定预应力,每根锚索施加的锁定预应力值为根据步骤 5 确定的变形斜坡最大横向作用分力在每根锚索上分担值的 5% ~ 10%；对锚头进行锁定；

(14) 根据锚固工程相关规范封闭锚索锚头及锚具,并浇筑封锚混凝土,见图 4、图 7 和图 9；

(15) 继续施工桥梁墩柱和梁体等上部结构,直至修建完毕。

[0035] 上述实施例是对本发明的上述内容作进一步的说明,但不应该将此理解为本发明上述主题的范围仅限于上述实施例。凡基于上述内容所实现的技术均属本发明的范围。

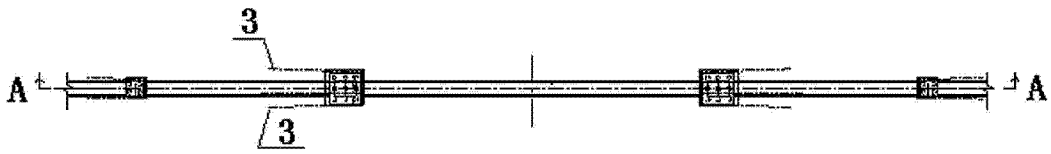


图 1

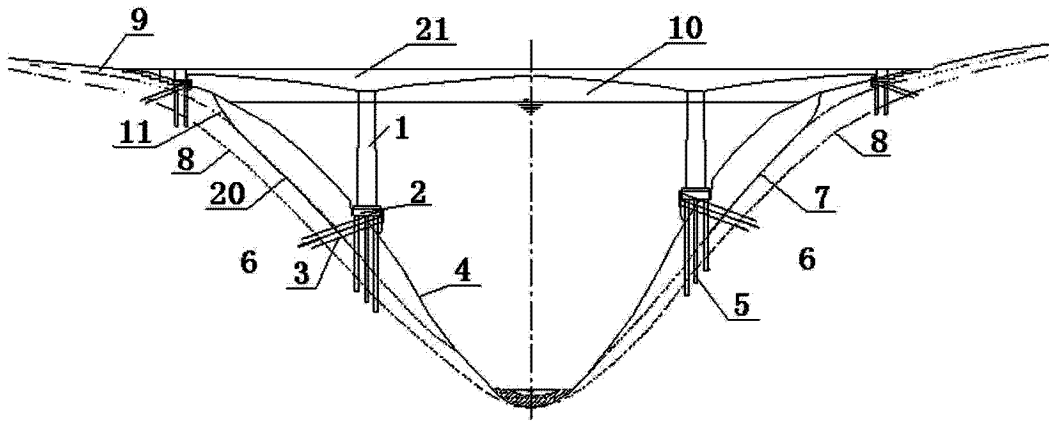


图 2

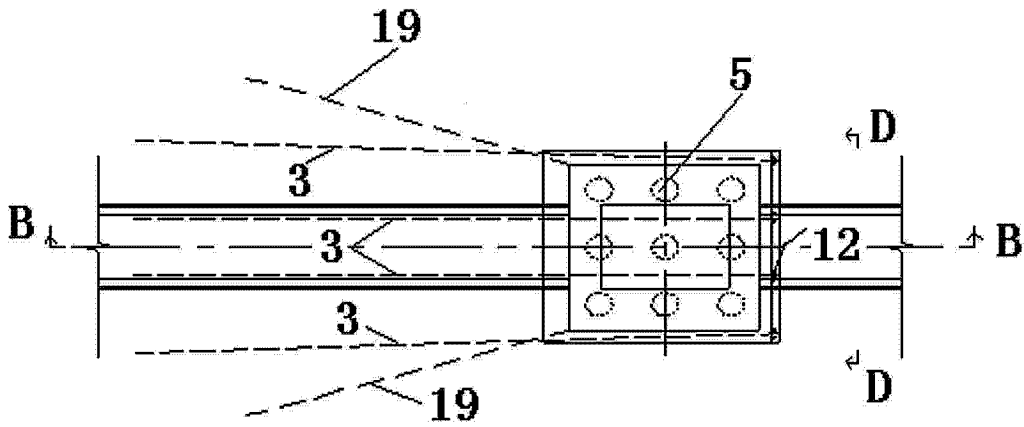


图 3

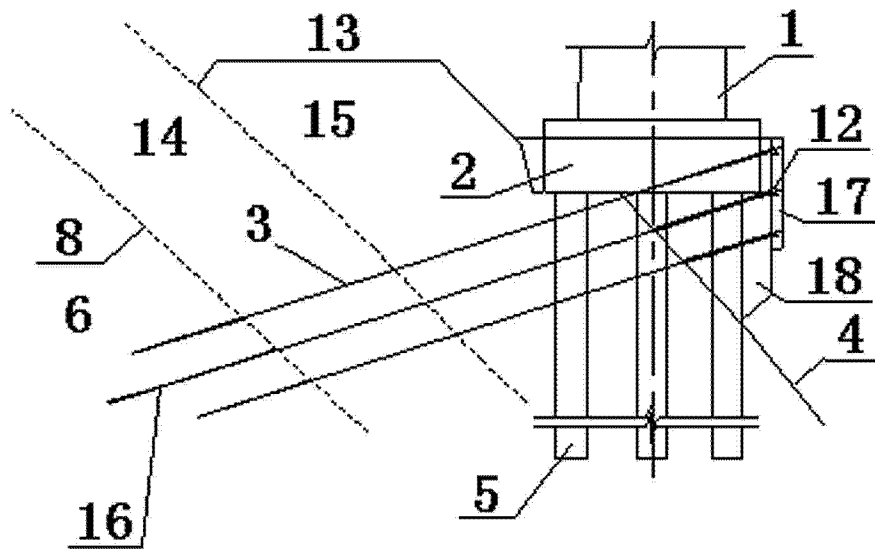


图 4

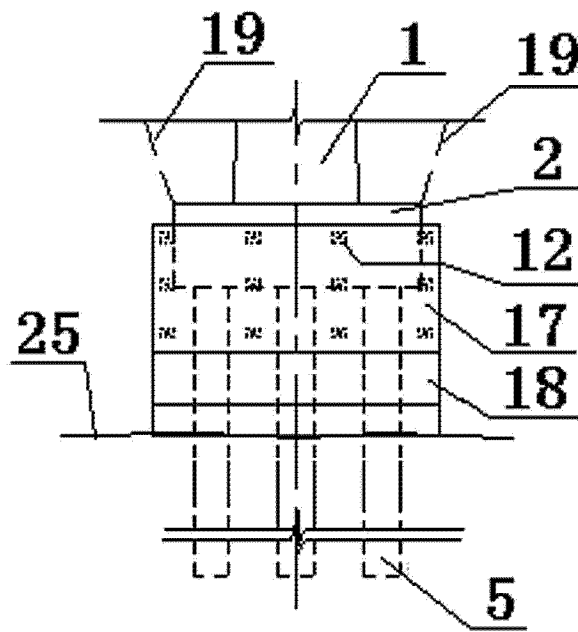


图 5

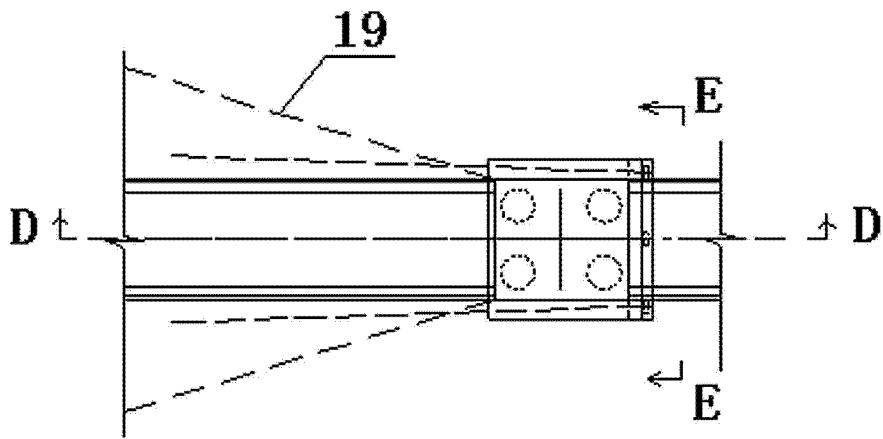


图 6

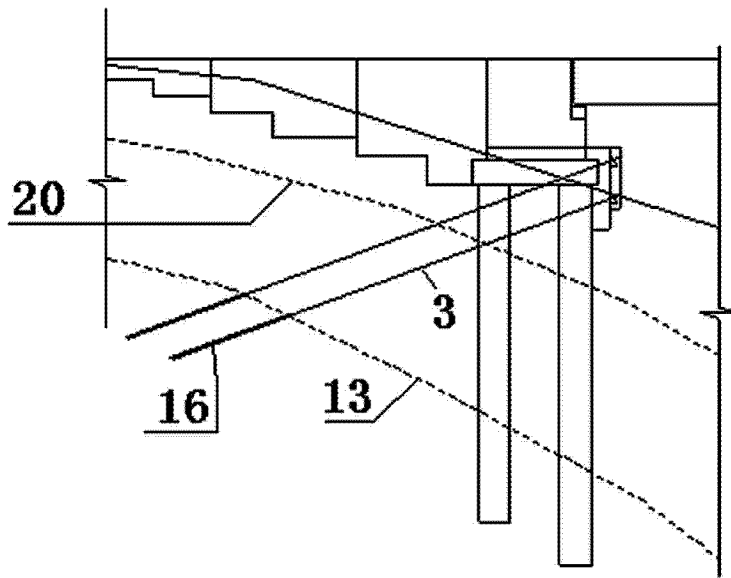


图 7

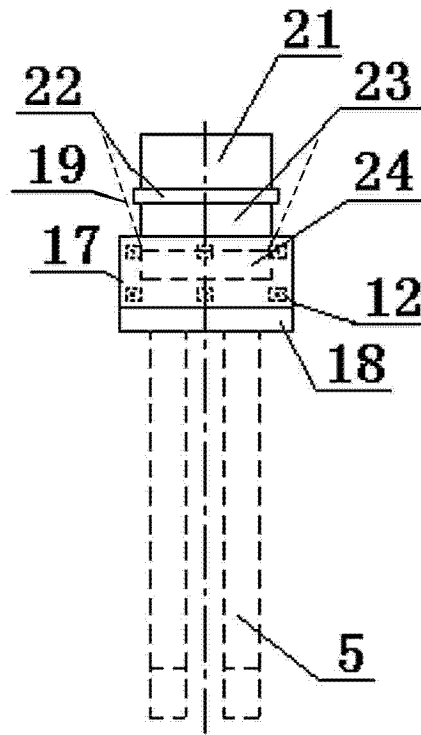


图 8

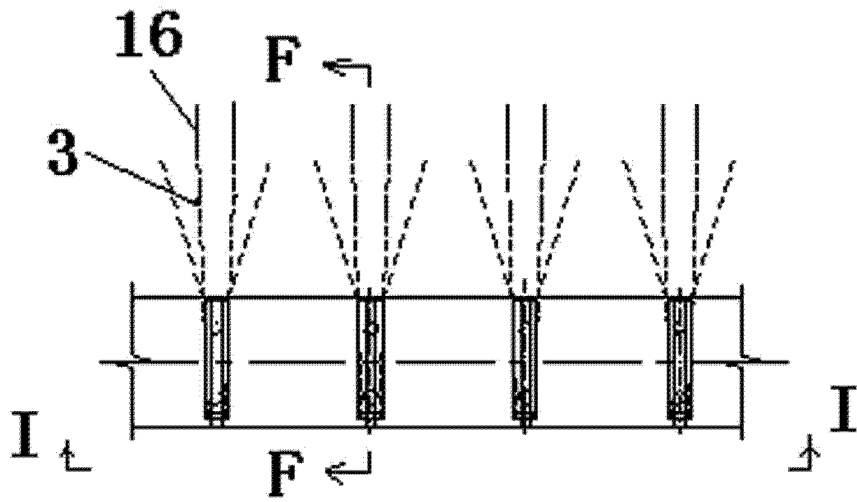


图 9

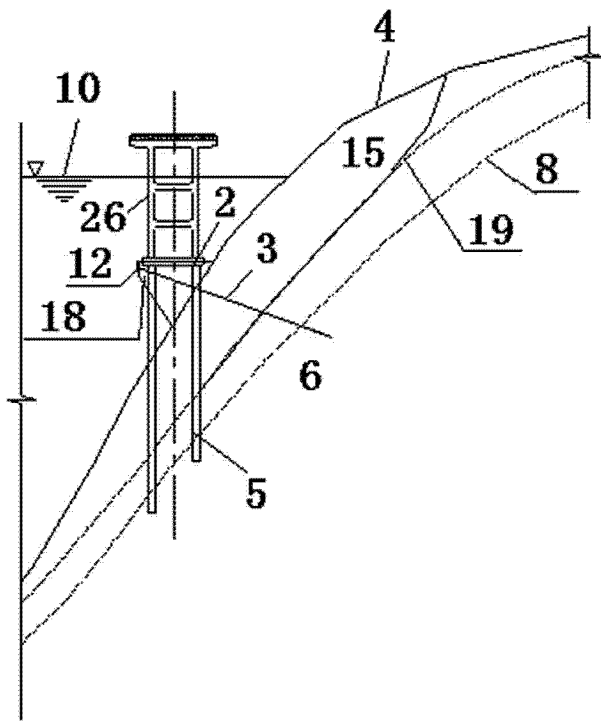


图 10

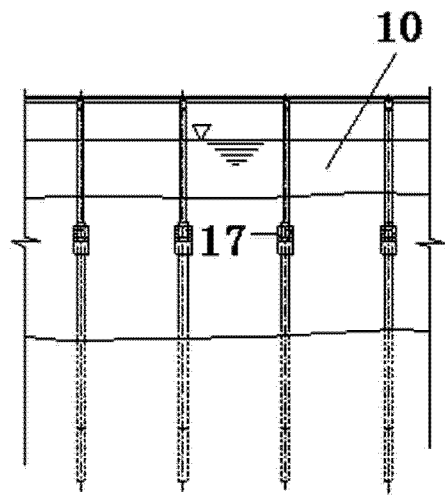


图 11