



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105178348 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201510563332. 5

(22) 申请日 2015. 09. 07

(71) 申请人 安徽华电工程咨询设计有限公司
地址 230001 安徽省合肥市包河区金寨路
122 号
申请人 国网安徽省电力公司

(72) 发明人 邹本为 罗正帮 王力 梁东跃
谢涛 王向阳 葛娜 李静坤
杨雪锋 许瑾 尹雪超 王梦博
周转

(51) Int. Cl.

E02D 27/42(2006. 01)

E02D 19/04(2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页

(54) 发明名称

一种浅水区杆塔基础施工用无土围堰结构设计方法

(57) 摘要

一种浅水区杆塔基础施工用无土围堰结构设计方法,其特征在于,其包括如下步骤:基于无土围堰在工程中的适用性,结合理论计算和数值模拟结果,以淤泥和水深合计作为结构适用性控制指标;执行《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》和《钢管脚手架扣件》规定,确定无土围堰坝体主体结构材料选择;明确结构计算假定与使用材料,规定钢结构设计使用期限;无土围堰结构理论计算;规范栈围堰布置型式与构造要求,便于施工操作。本发明能够有效解决传统的土石临时筑路和围堰筑岛施工土方工程量巨大、容易造成周围环境的破坏以及水域养殖的赔偿难度大的问题,填补当前我国输电线路行业相关文件对浅水区杆塔基础施工方法未提出相关规定和指导性建议。

1. 一种浅水区杆塔基础施工用无土围堰结构设计方法,其特征在于,其包括如下步骤:

步骤 1,基于无土围堰在工程中的适用性,结合理论计算和数值模拟结果,以淤泥和水深合计作为结构适用性控制指标,将淤泥层和水的深度分为五档(0 ~ 1.0m、1.0m ~ 1.5m、1.5m ~ 2m、2m ~ 2.5m、2.5m ~ 2.8m)进行设计模块划分;

步骤 2,执行《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》和《钢管脚手架扣件》规定,确定无土围堰坝体主体结构材料选择;

步骤 3,明确结构计算假定与使用材料,规定钢结构设计使用期限,所有钢管杆互相结合点按铰接,立杆支点在塘底下 $\leq 0.3\text{m}$ 土壤内,按固定考虑;斜撑杆内力按结构形式乘以形状系数 $k(k \leq 1)$,水压力按静水力压力计算,不考虑风浪和水的流动,即忽略水的波浪力和流动力,忽略钢管杆、扣件、竹胶板自重;永久荷载系数取 1.2,可变荷载系数取 1.4,水平杆考虑承受不小于 1.0kN/m^2 的施工维护荷载,水中立塔支撑与围挡结构设计时,综合考虑塔位基坑周围环境和地质条件的复杂程度、开挖基坑深度、钻孔桩径与桩长等因素,考虑结构坍塌对施工人员、杆塔与基础施工和基坑周边环境安全的影响严重程度,留有足够的安全裕度,必要时提高结构安全等级;钢构栈桥、平台、结构设计以及地下水控制和稳定性验算应分别采用承载能力极限状态和正常使用极限状态;

步骤 4,无土围堰结构理论计算,无土围堰结构作为一种临时挡水新型的结构,对其在不同水深、不同地质条件以及不同施工条件下进行结构设计以及相应的力学分析研究具有重要施工指导的意义;

(1) 确定围堰内部尺寸,根据基础根开、基础底板尺寸、基坑操作范围、不太土质基坑放坡范围、清淤范围等确定无土围堰内部尺寸,以满足基础施工、杆塔组立及放线阶段施工作业需要;

(2) 内外立杆入持力层深度计算,分别按三面和四面围堰设计,钢管的入持力层深度 H_{wx} 决定着整体结构的稳定性,根据外部水压力、土压力及施工荷载、确定适当的入持力层深度 H_{wx} ,既要满足设计要求,又需便于施工;

(3) 立杆稳定性验算,根据初步确定的立杆入持力层深度,综合考虑安全储备后,对内外立杆稳定性验算,主要包括①整体抗滑移稳定性,②抗倾覆稳定性,③基底隆起稳定性,④渗流稳定性,⑤基坑底土突涌稳定性;

(4) 无土围堰整体结构有限元数值模拟,首先确定无土围堰结构力学分析模型,采用有限元法及通用软件 MIDAS 进行模拟,围堰结构由型号 $\Phi 48.3 \times 3.6\text{mm}$ 的 Q345 钢管搭建而成,所有构件均采用梁单元模拟,由于水塘内作业环境差,质量难以控制,因此钢管杆相连节点全部按铰接,模型底部固定,同时认为靠近塘埂的钢管完全固定,荷载考虑水压力与土压力两部分,不计扣件、竹胶板和彩塑布自重,其次明确荷载与边界条件:①工况一:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,塘底淤泥开挖放坡位置离内立杆较远,不考虑基坑开挖对围堰受力的影响,②工况二:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内的淤泥全部清除,内立杆与外立杆中间的淤泥用竹胶板挡住,竹胶板设置在内立杆一侧,同时忽略粘土层的开挖对围堰受力的影响,③工况三:无土围堰的场地条件为 1.7m 水深、0.4m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内淤泥全部清除,内立杆与外立杆之间的淤泥用竹胶板挡住,同时忽略粘土层的开挖对

围堰受力的影响,④工况四:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内淤泥全清除,围堰结构做以下结构调整:水下 (0.3+0.6)m 增设一层横杆,水下 (0.3+0.6)m 横杆结构,水下 0.3m 横杆结构,内立杆转角处增设两根斜横杆,考虑各种危险的施工工况,对无土围堰结构进行了多次设计、比较、调整和相应多次的结构力学分析,确定了围堰结构设计方案,进一步根据结构和构件的变形与受力状态评价围堰稳定性与安全性;

(5) 淤泥厚度变化对无土围堰结构影响,在具体施工过程中,基塘中淤泥厚度并不是 1m 均匀不变的,调查得到淤泥厚度 s 从 0.2m 到 1m 变化,如果淤泥厚度是 0.5m,那么水深将变为 $1.5+0.5 = 2.0\text{m}$,显然,淤泥层的变化会对钢管的入持力层深度产生影响,也会对无土围堰结构产生影响,因此仍需研究不同淤泥厚度对围堰结构的变形及应力的影响情况,找出原结构仍能正常使用的临界淤泥层厚度 s ,由于淤泥层的地质参数未给出,本次计算中所涉及淤泥的各项指标按经验选取(包括重度、强度参数、渗透系数等),其中重度 $\gamma = 19\text{kN/m}^3$,粘聚力 $c = 5\text{kPa}$ 、内摩擦角 $\phi = 5$ 度,设计时,考虑最危险的工况,淤泥深度取最大值 1m,最小深度取 0.2m;

步骤 5,规范栈围堰布置型式与构造要求,便于施工操作;

根据上述步骤,确定了无土围堰结构型式及搭设范围,通过理论计算、数值模拟、试验验证及经济技术比较研究其具体布置形式及构造措施,再根据岩土地质和水文勘测资料,水中立塔塔位施工操作平台使用要求和施工载荷,考虑各种危险的施工工况,对围堰结构进行了多次设计、调整、比较和相应多次的结构力学分析,最终确定结构计方案。

一种浅水区杆塔基础施工用无土围堰结构设计方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及高压输电线路技术领域，尤其涉及一种浅水区杆塔基础施工用无土围堰结构设计方法。

背景技术：

[0002] 随着我国经济建设和电网建设的发展，输电线路建设环境日趋复杂，加之我国水系分布较广，线路在圩区走线时，不可避免的有塔位落入水中。以往水中立塔，惯常做法是采取土石修筑临时施工道路和土石或土袋加木桩围堰筑岛的方式，这类传统的围堰坝体及施工方案土石方量巨大、场地恢复困难，无法循环利用并且易造成水域周围环境的破坏，特别是在鱼塘、蟹塘、珍珠等养殖基地，将对其生态养殖造成较大影响，赔偿问题则更为突出。随着建设“资源节约型”、“环境友好型”社会的提出，迫使我们在输电线路工程建设中不断寻求更加经济、环保的施工方法。

发明内容：

[0003] 本发明的目的是提供一种浅水区杆塔基础施工用无土围堰结构设计方法，能够有效解决传统的土石临时筑路和围堰筑岛施工土方工程量巨大、容易造成周围环境的破坏以及水域养殖的赔偿难度大的问题，填补当前我国输电线路行业相关文件对浅水区杆塔基础施工方法未提出相关规定和指导性建议，实际工程中设计与施工往往无章可循的现状。

[0004] 为了解决背景技术中存在的问题，本发明采用以下技术方案：

[0005] 步骤 1，基于无土围堰在工程中的适用性，结合理论计算和数值模拟结果，以淤泥和水深合计作为结构适用性控制指标，将淤泥层和水的深度分为五档（0 ~ 1.0m、1.0m ~ 1.5m、1.5m ~ 2m、2m ~ 2.5m、2.5m ~ 2.8m）进行设计模块划分；

[0006] 步骤 2，执行《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》和《钢管脚手架扣件》规定，确定无土围堰坝体主体结构材料选择；

[0007] 步骤 3，明确结构计算假定与使用材料，规定钢结构设计使用期限，所有钢管杆互相关节点按铰接，立杆支点在塘底下 $\leq 0.3\text{m}$ 土壤内，按固定考虑；斜撑杆内力按结构形式乘以形状系数 k ($k \leq 1$)，水压力按静水力压力计算，不考虑风浪和水的流动，即忽略水的波浪力和流动力，忽略钢管杆、扣件、竹胶板自重；永久荷载系数取 1.2，可变荷载系数取 1.4，水平杆考虑承受不小于 1.0kN/m^2 的施工维护荷载，水中立塔支撑与围挡结构设计时，综合考虑塔位基坑周围环境和地质条件的复杂程度、开挖基坑深度、钻孔桩径与桩长等因素，考虑结构坍塌对施工人员、杆塔与基础施工和基坑周边环境安全的影响严重程度，留有足够的安全裕度，必要时提高结构安全等级；钢构栈桥、平台、结构设计以及地下水控制和稳定性验算应分别采用承载能力极限状态和正常使用极限状态；

[0008] 步骤 4，无土围堰结构理论计算，无土围堰结构作为一种临时挡水新型的结构，对其在不同水深、不同地质条件以及不同施工条件下进行结构设计以及相应的力学分析研究具有重要施工指导的意义；

[0009] (1) 确定围堰内部尺寸,根据基础根开、基础底板尺寸、基坑操作范围、不太土质基坑放坡范围、清淤范围等确定无土围堰内部尺寸,以满足基础施工、杆塔组立及放线阶段施工作业需要;

[0010] (2) 内外立杆入持力层深度计算,分别按三面和四面围堰设计,钢管的入持力层深度 H_{wx} 决定着整体结构的稳定性,根据外部水压力、土压力及施工荷载、确定适当的入持力层深度 H_{wx} ,既要满足设计要求,又需便于施工;

[0011] (3) 立杆稳定性验算,根据初步确定的立杆入持力层深度,综合考虑安全储备后,对内外立杆稳定性验算,主要包括①整体抗滑移稳定性,②抗倾覆稳定性,③基底隆起稳定性,④渗流稳定性,⑤基坑底土突涌稳定性;

[0012] (4) 无土围堰整体结构有限元数值模拟,首先确定无土围堰结构力学分析模型,采用有限元法及通用软件 MIDAS 进行模拟,围堰结构由型号 $\phi 48.3 \times 3.6\text{mm}$ 的 Q345 钢管搭建而成,所有构件均采用梁单元模拟,由于水塘内作业环境差,质量难以控制,因此钢管杆相连节点全部按铰接,模型底部固定,同时认为靠近塘埂的钢管完全固定,荷载考虑水压力与土压力两部分,不计扣件、竹胶板和彩塑布自重,其次明确荷载与边界条件:①工况一:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,塘底淤泥开挖放坡位置离内立杆较远,不考虑基坑开挖对围堰受力的影响,②工况二:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内的淤泥全部清除,内立杆与外立杆中间的淤泥用竹胶板挡住,竹胶板设置在内立杆一侧,同时忽略粘土层的开挖对围堰受力的影响,③工况三:无土围堰的场地条件为 1.7m 水深、0.4m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内淤泥全部清除,内立杆与外立杆之间的淤泥用竹胶板挡住,同时忽略粘土层的开挖对围堰受力的影响,④工况四:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内淤泥全清除,围堰结构做以下结构调整:水下 (0.3+0.6)m 增设一层横杆,水下 (0.3+0.6)m 横杆结构,水下 0.3m 横杆结构,内立杆转角处增设两根斜横杆,考虑各种危险的施工工况,对无土围堰结构进行了多次设计、比较、调整和相应多次的结构力学分析,确定了围堰结构设计方案,进一步根据结构和构件的变形与受力状态评价围堰稳定性与安全性;

[0013] (5) 淤泥厚度变化对无土围堰结构影响,在具体施工过程中,基塘中淤泥厚度并不是 1m 均匀不变的,调查得到淤泥厚度 s 从 0.2m 到 1m 变化,如果淤泥厚度是 0.5m,那么水深将变为 $1.5+0.5 = 2.0\text{m}$,显然,淤泥层的变化会对钢管的入持力层深度产生影响,也会对无土围堰结构产生影响,因此仍需研究不同淤泥厚度对围堰结构的变形及应力的影响情况,找出原结构仍能正常使用的临界淤泥层厚度 s ,由于淤泥层的地质参数未给出,本次计算中所涉及淤泥的各项指标按经验选取(包括重度、强度参数、渗透系数等),其中重度 $\gamma = 19\text{kN/m}^3$,粘聚力 $c = 5\text{kPa}$ 、内摩擦角 $\phi = 5^\circ$,设计时,考虑最危险的工况,淤泥深度取最大值 1m,最小深度取 0.2m;

[0014] 步骤 5,规范栈围堰布置型式与构造要求,便于施工操作;

[0015] 根据上述步骤,确定了无土围堰结构型式及搭设范围,通过理论计算、数值模拟、试验验证及经济技术比较研究其具体布置形式及构造措施,再根据岩土地质和水文勘测资料,水中立塔塔位施工操作平台使用要求和施工载荷,考虑各种危险的施工工况,对围堰结构进行了多次设计、调整、比较和相应多次的结构力学分析,最终确定结构计方案。

[0016] 本发明具有以下有益效果：

[0017] (1) 能够有效解决传统的土石临时筑路和围堰筑岛施工土方工程量巨大、容易造成周围环境的破坏以及水域养殖的赔偿难度大的问题；

[0018] (2) 能够填补当前我国输电线路行业相关文件对浅水区杆塔基础施工方法未提出相关规定和指导性建议,实际工程中设计与施工往往无章可循的现状。

具体实施方式：

[0019] 本发明采用以下方法：

[0020] 步骤 1, 基于无土围堰在工程中的适用性, 结合理论计算和数值模拟结果, 以淤泥和水深合计作为结构适用性控制指标, 将淤泥层和水的深度分为五档 (0 ~ 1.0m、1.0m ~ 1.5m、1.5m ~ 2m、2m ~ 2.5m、2.5m ~ 2.8m) 进行设计模块划分；

[0021] 步骤 2, 执行《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》和《钢管脚手架扣件》规定, 确定无土围堰坝体主体结构材料选择；

[0022] 步骤 3, 明确结构计算假定与使用材料, 规定钢结构设计使用期限, 所有钢管杆互相连结点按铰接, 立杆支点在塘底下 $\leq 0.3\text{m}$ 土壤内, 按固定考虑; 斜撑杆内力按结构形式乘以形状系数 $k (k \leq 1)$, 水压力按静水力压力计算, 不考虑风浪和水的流动, 即忽略水的波浪力和流动力, 忽略钢管杆、扣件、竹胶板自重; 永久荷载系数取 1.2, 可变荷载系数取 1.4, 水平杆考虑承受不小于 1.0kN/m^2 的施工维护荷载, 水中立塔支撑与围挡结构设计时, 综合考虑塔位基坑周围环境和地质条件的复杂程度、开挖基坑深度、钻孔桩径与桩长等因素, 考虑结构坍塌对施工人员、杆塔与基础施工和基坑周边环境安全的影响严重程度, 留有足够的安全裕度, 必要时提高结构安全等级; 钢构栈桥、平台、结构设计以及地下水控制和稳定性验算应分别采用承载能力极限状态和正常使用极限状态；

[0023] 步骤 4, 无土围堰结构理论计算, 无土围堰结构作为一种临时挡水新型的结构, 对其在不同水深、不同地质条件以及不同施工条件下进行结构设计以及相应的力学分析研究具有重要施工指导的意义；

[0024] (1) 确定围堰内部尺寸, 根据基础根开、基础底板尺寸、基坑操作范围、不太土质基坑放坡范围、清淤范围等确定无土围堰内部尺寸, 以满足基础施工、杆塔组立及放线阶段施工作业需要；

[0025] (2) 内外立杆入持力层深度计算, 分别按三面和四面围堰设计, 钢管的入持力层深度 H_{wx} 决定着整体结构的稳定性, 根据外部水压力、土压力及施工荷载、确定适当的入持力层深度 H_{wx} , 既要满足设计要求, 又需便于施工；

[0026] (3) 立杆稳定性验算, 根据初步确定的立杆入持力层深度, 综合考虑安全储备后, 对内外立杆稳定性验算, 主要包括①整体抗滑移稳定性, ②抗倾覆稳定性, ③基底隆起稳定性, ④渗流稳定性, ⑤基坑底土突涌稳定性；

[0027] (4) 无土围堰整体结构有限元数值模拟, 首先确定无土围堰结构力学分析模型, 采用有限元法及通用软件 MIDAS 进行模拟, 围堰结构由型号 $\phi 48.3 \times 3.6\text{mm}$ 的 Q345 钢管搭建而成, 所有构件均采用梁单元模拟, 由于水塘内作业环境差, 质量难以控制, 因此钢管杆相连节点全部按铰接, 模型底部固定, 同时认为靠近塘埂的钢管完全固定, 荷载考虑水压力与土压力两部分, 不计扣件、竹胶板和彩塑布自重, 其次明确荷载与边界条件: ①工况一:

无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,塘底淤泥开挖放坡位置离内立杆较远,不考虑基坑开挖对围堰受力的影响,②工况二:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内的淤泥全部清除,内立杆与外立杆中间的淤泥用竹胶板挡住,竹胶板设置在内立杆一侧,同时忽略粘土层的开挖对围堰受力的影响,③工况三:无土围堰的场地条件为 1.7m 水深、0.4m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内淤泥全部清除,内立杆与外立杆之间的淤泥用竹胶板挡住,同时忽略粘土层的开挖对围堰受力的影响,④工况四:无土围堰的场地条件为 1.5m 水深、1.0m 淤泥厚度,围堰内部水抽干,内立杆以内淤泥全清除,围堰结构做以下结构调整:水下 (0.3+0.6)m 增设一层横杆,水下 (0.3+0.6)m 横杆结构,水下 0.3m 横杆结构,内立杆转角处增设两根斜横杆,考虑各种危险的施工工况,对无土围堰结构进行了多次设计、比较、调整和相应多次的结构力学分析,确定了围堰结构设计方案,进一步根据结构和构件的变形与受力状态评价围堰稳定性与安全性;

[0028] (5) 淤泥厚度变化对无土围堰结构影响,在具体施工过程中,基塘中淤泥厚度并不是 1m 均匀不变的,调查得到淤泥厚度 s 从 0.2m 到 1m 变化,如果淤泥厚度是 0.5m,那么水深将变为 $1.5+0.5 = 2.0\text{m}$,显然,淤泥层的变化会对钢管的入持力层深度产生影响,也会对无土围堰结构产生影响,因此仍需研究不同淤泥厚度对围堰结构的变形及应力的影响情况,找出原结构仍能正常使用的临界淤泥层厚度 s ,由于淤泥层的地质参数未给出,本次计算中所涉及淤泥的各项指标按经验选取(包括重度、强度参数、渗透系数等),其中重度 $\gamma = 19\text{kN/m}^3$,粘聚力 $c = 5\text{kPa}$ 、内摩擦角 $\phi = 5^\circ$,设计时,考虑最危险的工况,淤泥深度取最大值 1m,最小深度取 0.2m;

[0029] 步骤 5,规范栈围堰布置型式与构造要求,便于施工操作;

[0030] 根据上述步骤,确定了无土围堰结构型式及搭设范围,通过理论计算、数值模拟、试验验证及经济技术比较研究其具体布置形式及构造措施,再根据岩土地质和水文勘测资料,水中立塔塔位施工操作平台使用要求和施工载荷,考虑各种危险的施工工况,对围堰结构进行了多次设计、调整、比较和相应多次的结构力学分析,最终确定结构计方案。

[0031] 在对“无土围堰”材料选择及要求的基础上,通过结构内外立杆入土深度计算、抗滑移、抗倾覆、基底隆起、渗流、基坑底土突涌稳定性计算,并通过有限元整体模型仿真模拟,汇总得出无土围堰适用范围及型式一览表,真正实现了以结构型式、入土深度、钢管间距等为参数“表格化检索”的无土围堰的通用设计成果。

[0032] 通过依托工程试验塔位进行无土围堰施工方案设计,进行试验研究,开展“无土围堰”应力观测和倾斜观测试验,采取试验验证和数值模拟相结合,确保结构安全可靠、先进合理。

[0033] 以试验塔位为例进行技术经济效益分析,表明“无土围堰”较传统土石围堰和土袋木桩围堰能够分别节省造价 50.7% 和 20.4%,且对鱼塘周围环境影响较小,经济环保。

[0034] 基于通用性、广泛性,无土围堰采用的钢管、扣件及脚手板等完全执行《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》和《钢管脚手架扣件》中的相关规定与要求,钢管租赁使用,环保经济。但与建筑工程脚手架相比,水中立塔采用的钢构栈桥平台与其存在的主要区别在于:1) 没有连墙件(单/双排),排数较少(满堂脚手架/支撑架);2) 需在水中将钢管打入,立杆底部插入水塘中,立杆底座地基非原状土;3) 大部分杆件搭设需在水中作业,

作业环境差,施工质量控制难度大。