



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118009810 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 10

(21) 申请号 202410222364.8

(22) 申请日 2024.02.28

(71) 申请人 云南保利天同水下装备科技有限公司

地址 650000 云南省昆明市滇中新区云水路1号智能制造产业园A1栋329号办公室

(72) 发明人 陈涛 袁明革 付秋淳

(74) 专利代理机构 上海桓科知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 31497

专利代理师 李高峰

(51) Int. Cl.

F41H 11/05 (2006.01)

H02P 8/40 (2006.01)

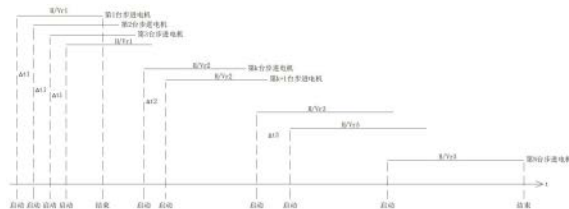
权利要求书2页 说明书12页 附图2页

(54) 发明名称

防御网屏障的操控方法

(57) 摘要

本发明公开了一种防御网屏障的操控方法,其包括如下步骤:(a)在靠近供电电源的一个步进电机启动一段时间后,启动相邻的一个步进电机,以分段提升所述防御网屏障的底部;(b)在所述防御网屏障的底部的高度位置被统一提升后,通过牵拉缆绳朝向一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳的一个防御网组件,被拉动的所述防御网组件依次拉动其余的所述防御网组件,以收拢所述防御网屏障而打开一管控通道;(c)通过所述牵拉缆绳朝向另一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳的一个所述防御网组件,被拉动的所述防御网组件依次拉动其余的所述防御网组件,以展开所述防御网屏障;(d)启动所述步进电机使所述防御网屏障的底部落下,以关闭所述管控通道。



1. 防御网屏障的操控方法,其特征在于,所述防御网屏障包括牵拉缆绳、多个连接缆绳以及多个防御网组件,每个所述防御网组件分别包括网体、浮体架、浮体以及提升装置,所述浮体架被设置于所述网体的顶部,所述浮体被设置于所述浮体架,所述提升装置包括步进电机、被安装于所述步进电机的输出轴的卷筒以及一端被可操作地绕设于所述卷筒的提升缆绳,所述提升缆绳的另一端被连接于所述网体的底部,相邻两个所述防御网组件的所述网体被连接,相邻两个所述防御网组件的所述浮体架或所述浮体通过所述连接缆绳连接,最外侧的一个所述防御网组件的所述浮体架被固定地连接于所述牵拉缆绳,另外的所述防御网组件的所述浮体架被可活动地连接于所述牵拉缆绳,其中所述操控方法包括如下步骤:

(a) 在靠近供电电源的一个所述步进电机启动一段时间后,启动相邻的一个所述步进电机,以分段提升所述防御网屏障的底部;

(b) 在所述防御网屏障的底部的高度位置被统一提升后,通过所述牵拉缆绳朝向一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳的一个所述防御网组件,被拉动的所述防御网组件依次拉动其余的所述防御网组件,以收拢所述防御网屏障而打开管控通道;

(c) 通过所述牵拉缆绳朝向另一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳的一个所述防御网组件,被拉动的所述防御网组件依次拉动其余的所述防御网组件,以展开所述防御网屏障;

(d) 启动所述步进电机使所述防御网屏障的底部落下,以关闭所述管控通道。

2. 根据权利要求1所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,在所述步骤(d)中,在靠近所述供电电源的一个所述步进电机启动移动时间后,启动相邻一个所述步进电机,以分段下落所述防御网屏障的底部。

3. 根据权利要求2或3所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,在所述步骤(a)之前,所述操控方法进一步包括步骤:将这些所述步进电机进行分组,以分组控制这些所述步进电机。

4. 根据权利要求3所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,将这些所述步进电机进行分组的步骤包括:

量化分析计算和以所述供电电源为先的评价与调整;

正向进行最优情况的计算和测试,以将靠近所述供电电源的一部分的所述步进电机分为最优组;

逆向进行最差情况的测试和调整,以将远离所述供电电源的一部分所述步进电机分为最差组;

中间段整体提升时间的预估和策略调整,以将位于最优组的所述步进电机和最差组的所述步进电机之间的所有的所述步进电机分为中间组;

整体测试评估与方案调整。

5. 根据权利要求4所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,在所述步骤(a)中,同时运行的所述步进电机的数量大于或等于所述防御网屏障的底部被提升的整体高度和相邻两个所述网体的底部的垂直高度差的比值。

6. 根据权利要求4所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,设同时运行的所述步进电机的数量参数为 k ,设所述供电电源的总供电功率参数为 P_z ,设所述步进电机的控制供电

功率参数为 P_c ,则参数 k 、 P_z 和 P_c 满足关系式(1): $k = \lfloor P_z/P_c \rfloor$,符号 $\lfloor \cdot \rfloor$ 为向下取整数运算符;

设所述步进电机的线速度参数为 V ,设所述步进电机的额定功率参数为 P ,设因远距离传输造成功率损失后的效率因子参数为 η ,设所述网体的底部在被提升或者下落时配重重力加水的阻力或减水的浮力的参数为 F ,则参数 P 、 η 和 F 满足关系式(2): $P*\eta = F*V$;

设所述步进电机的扭矩参数为 \tilde{N} ,转速参数为 n ,参数 k' 为常数,则参数 \tilde{N} 、 n 、 k' 满足关系式(3): $\tilde{N} = k'*F*V/n$,并且由关系式 $V = \omega*r = k*n*r$ 实现所述步进电机的线速度 V 到转速 n 的转换;

设收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道的总时间要求参数为 T ,设所述防御网屏障的底部需要被提升的高度参数为 H ,设相邻两个所述步进电机被启动的时间间隔参数为 Δt ,设相邻两个所述网体的底部的安全高度差参数为 h ,设所述步进电机的匀速提升速度参数为 V_r ,设所述步进电机的匀速下落速度参数为 V_f ,其中所述步进电机以 V_r Max提升 h 高度用时满足关系式(4): $t = h/V_r \text{Max} \geq \Delta t$,其中参数 Δt 、 k 、 H 和 V_r 满足关系式(5): $\Delta t*k \geq H/V_r \text{Max}$,其中 H/h 是常数,因此结合关系式(4)和关系式(5)后,得到关系式(6): $k = \lfloor P_z/P_c \rfloor \geq H/h$ 。

7. 根据权利要求6所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,确定最优组的所述步进电机的参数为 $(V_{rb}, \Delta t_b, k_b)$,其中确定最优组的所述步进电机的参数的步骤包括:

首先,根据关系式(1)和关系式(6),确定 k_b ;

其次,取参数 $\eta = 1$,使用关系式(7) $V_r = \lfloor P_z*\eta/k \rfloor / F$ 估算可行最大值,设为 V_{rb} ;

再次,在满足关系式(4)和关系式(5)的基础上,确定 Δt_b 。

8. 根据权利要求7所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,确定最差组的所述步进电机的参数为 $(V_{rw}, \Delta t_w, k_w)$,其中确定最差组的所述步进电机的参数的步骤包括:

首先,设远端的所述步进电机的输入电压实测值参数为 U_{ci} ,设供电电源的输出端口电压参数 U_{co} ,参数 η 、 U_{ci} 和 U_{co} 满足关系式: $\eta = (U_{ci}/U_{co})^2$,其中最差组的 k 的设定值小于 k_b ,记为 k_w ;

其次,根据关系式(7)求可行解 V_r ,记为 V_{rw} ;

再次,在满足关系式(4)和关系式(5)的基础上,确定 Δt_w 。

9. 根据权利要求8所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,确定中间组的所述步进电机的参数为 $(V_{rw}, \Delta t_w, k_w)$ 。

10. 根据权利要求8所述的防御网屏障的操控方法,其特征在于,中间组的所述步进电机被分组,以分组控制中间组的这些所述步进电机。

防御网屏障的操控方法

技术领域

[0001] 本发明涉及海洋工程技术领域,特别涉及一种防御网屏障的操控方法,其中所述防御网屏障用于打开或关闭一管控通道,以允许被授权的物体通过和阻止未被授权的物体通过。例如,所述管控通道是一港口的进出通道,当所述防御网屏障打开所述管控通道时,被授权的船只能够经所述管控通道进出港,当所述防御网屏障关闭所述管控通道时,未被授权的船只不能经所述管控通道进出港。

背景技术

[0002] 防御网屏障是对指定水域的进出通道进行管控的系统,通过允许该防御网屏障沿水平方向收拢和展开的方式能够打开和关闭该指定水域的进出通道。例如,在公告号为CN111877252A的中国发明专利申请中,发明人公开了一种港口智能防御屏障系统,其中该系统的浮动门开启过程是船舶行驶至港口外指定区域,向VTS控制中心发出通行请求,待工作人员核实船舶信息后,由VTS控制中心发出放行指令,信号接收装置接收到指令后,由信号发生器将对应信号发送出去,首先控制系统解除对防御网底部的张力传感器控制,使防御网处于经授权提升状态,提升绞车提升防御网至指定高度后,控制机柜驱动牵引绞车动作,在牵引绞车转动下收紧牵引缆,水上浮动门带动防御网一起收缩,当水上浮动门打开至既定位置后,船舶通过港口;其中该系统的浮动门关闭过程是船舶通过港口后,由VTS控制中心发出关门指令,信号接收装置接收到指令后,由信号发生器将对应信号发送出去,首先控制机柜驱动牵引绞车动作,在牵引绞车转动下驱动牵引缆,水上浮动门带动防御网一起延展,直到水上浮动门活动端卡接在混凝土基座内,水上浮动门关闭后,提升绞车降下防御网,直到配重锚链将其锚定在海床上,启动张力传感器,启动防御网的监测程序。现有技术的港口智能防御屏障系统的提升绞车是对防御网的底部的所有部位同时进行提升的,这种方式对于防护港口区域长度短一些的应用场景,从成本和技术实现上来说是适宜的,但是对于防护区域广、屏障长度达几百米以上的情况需要解决严重的供电衰减、通讯时延和同步、动力分配和控制的问题,其中,远程精确同步控制、硬件变更(尤其是供电系统)以及维护成本的增加往往难以承受。

发明内容

[0003] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法特别适于操控长度较长的所述防御网屏障。

[0004] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法采用分段提升所述防御网屏障的底部的方式,能够解决用于提升所述防御网屏障的底部的这些步进电机的供电衰减、通讯时延和同步、动力分配和控制的问题。

[0005] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法在不改变所述防御网屏障的硬件设备以及对所述防御网屏障进行复杂设计的前提下,即可解决这些所述步进电机的供电衰减、通讯时延和同步、动力分配和控制的问题,这极大地降低了

所述防御网屏障的设计成本和施工成本,并提高了所述防御网屏障的安全与可靠性。

[0006] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法采用启发式调度算法来决定如何控制这些所述步进电机的工作状态,使得这些所述步进电机的工作状态能够分段提升所述防御网屏障的底部,以降低操作所述防御网屏障的技术难度和成本。

[0007] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法采用启发式调度算法来进行量化、计算和评估,解决多边形难点,即成本-效率-安全与可靠性-可实施性相互之间的关联和影响。

[0008] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法采用启发式调度算法来决定如何控制这些所述步进电机的工作状态,以低成本的方式快速地寻求工程的可行解和近似最优解,避免代价高昂的工程试错的时间成本和费用成本。

[0009] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法顺序启动这些所述步进电机的方式能够降低对供电电源的功率要求和减轻所述供电电源的压力。

[0010] 本发明的一个目的在于提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述操控方法对这些所述步进电机进行分组,使得这些所述步进电机的启动同时存在串行启动行为和并行启动行为,在保证安全与可靠地提高所述防御网屏障的底部的同时,充分发挥能效,提高提升效率。

[0011] 依本发明的一个方面,本发明提供一种防御网屏障的操控方法,其中所述防御网屏障包括牵拉缆绳、多个连接缆绳以及多个防御网组件,每个所述防御网组件分别包括网体、浮体架、浮体以及提升装置,所述浮体架被设置于所述网体的顶部,所述浮体被设置于所述浮体架,所述提升装置包括步进电机、被安装于所述步进电机的输出轴的卷筒以及一端被可操作地绕设于所述卷筒的提升缆绳,所述提升缆绳的另一端被连接于所述网体的底部,相邻两个所述防御网组件的所述网体被连接,相邻两个所述防御网组件的所述浮体架或所述浮体通过所述连接缆绳连接,最外侧的一个所述防御网组件的所述浮体架被固定地连接于所述牵拉缆绳,另外的所述防御网组件的所述浮体架被可活动地连接于所述牵拉缆绳,其中所述操控方法包括如下步骤:

(a) 在靠近供电电源的一个所述步进电机启动一段时间后,启动相邻的一个所述步进电机,以分段提升所述防御网屏障的底部;

(b) 在所述防御网屏障的底部的高度位置被统一提升后,通过所述牵拉缆绳朝向一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳的一个所述防御网组件,被拉动的所述防御网组件依次拉动其余的所述防御网组件,以收拢所述防御网屏障而打开管控通道;

(c) 通过所述牵拉缆绳朝向另一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳的一个所述防御网组件,被拉动的所述防御网组件依次拉动其余的所述防御网组件,以展开所述防御网屏障;

(d) 启动所述步进电机使所述防御网屏障的底部下落,以关闭所述管控通道。

[0012] 根据本发明的一个实施例,在所述步骤(d)中,在靠近所述供电电源的一个所述步进电机启动移动时间后,启动相邻一个所述步进电机,以分段下落所述防御网屏障的底部。

[0013] 根据本发明的一个实施例,在所述步骤(a)之前,所述操控方法进一步包括步骤:

将这些所述步进电机进行分组,以分组控制这些所述步进电机。

[0014] 根据本发明的一个实施例,将这些所述步进电机进行分组的步骤包括:

量化分析计算和以所述供电电源为先的评价与调整;

正向进行最优情况的计算和测试,以将靠近所述供电电源的一部分的所述步进电机分为最优组;

逆向进行最差情况的测试和调整,以将远离所述供电电源的一部分所述步进电机分为最差组;

中间段整体提升时间的预估和策略调整,以将位于最优组的所述步进电机和最差组的所述步进电机之间的所有的所述步进电机分为中间组;

整体测试评估与方案调整。

[0015] 根据本发明的一个实施例,在所述步骤(a)中,同时运行的所述步进电机的数量大于或等于所述防御网屏障的底部被提升的整体高度和相邻两个所述网体的底部的垂直高度差的比值。

[0016] 根据本发明的一个实施例,设同时运行的所述步进电机的数量参数为 k ,设所述供电电源的总供电功率参数为 P_z ,设所述步进电机的控制供电功率参数为 P_c ,则参数 k 、 P_z 和 P_c 满足关系式(1): $k = \lfloor P_z/P_c \rfloor$,符号 $\lfloor \rfloor$ 为向下取整数运算符;

设所述步进电机的线速度参数为 V ,设所述步进电机的额定功率参数为 P ,设因远距离传输造成功率损失后的效率因子参数为 η ,设所述网体的底部在被提升或者下落时配重力加水的阻力或减水的浮力的参数为 F ,则参数 P 、 η 和 F 满足关系式(2): $P*\eta = F*V$;

设所述步进电机的扭矩参数为 \tilde{N} ,转速参数为 n ,参数 k' 为常数,则参数 \tilde{N} 、 n 、 k' 满足关系式(3): $\tilde{N} = k'*F*V/n$,并且由关系式 $V = \omega*r = k'*n*r$ 实现所述步进电机的线速度 V 到转速 n 的转换;

设收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道的总时间要求参数为 T ,设所述防御网屏障的底部需要被提升的高度参数为 H ,设相邻两个所述步进电机被启动的时间间隔参数为 Δt ,设相邻两个所述网体的底部的安全高度差参数为 h ,设所述步进电机的匀速提升速度参数为 V_r ,设所述步进电机的匀速下落速度参数为 V_f ,其中所述步进电机以 V_r Max提升 h 高度用时满足关系式(4): $t = h/V_r \text{Max} \geq \Delta t$,其中参数 Δt 、 k 、 H 和 V_r 满足关系式(5): $\Delta t*k \geq H/V_r \text{Max}$,其中 H/h 是常数,因此结合关系式(4)和关系式(5)后,得到关系式(6): $k = \lfloor P_z/P_c \rfloor \geq H/h$ 。

[0017] 根据本发明的一个实施例,确定最优组的所述步进电机的参数为 $(V_r b, \Delta t b, k b)$,其中确定最优组的所述步进电机的参数的步骤包括:首先,根据关系式(1)和关系式(6),确定 $k b$;

其次,取参数 $\eta = 1$,使用关系式(7) $V_r = \lfloor P_z*\eta/k b \rfloor / F$ 估算可行最大值,设为 $V_r b$;

再次,在满足关系式(4)和关系式(5)的基础上,确定 $\Delta t b$ 。

[0018] 根据本发明的一个实施例,确定最差组的所述步进电机的参数为 $(V_r w, \Delta t w, k w)$,其中确定最差组的所述步进电机的参数的步骤包括:

首先,设远端的所述步进电机的输入电压实测值参数为 U_{ci} ,设供电电源的输出端口电压参数 U_{co} ,参数 η 、 U_{ci} 和 U_{co} 满足关系式: $\eta = (U_{ci}/U_{co})^2$,其中最差组的 k 的设定值小于 $k b$,记为 $k w$;

其次,根据关系式(7)求可行解 V_r ,记为 V_{rw} ;

再次,在满足关系式(4)和关系式(5)的基础上,确定 Δtw 。

[0019] 根据本发明的一个实施例,确定中间组的所述步进电机的参数为 $(V_{rw}, \Delta tw, kw)$ 。

[0020] 根据本发明的一个实施例,中间组的所述步进电机被分组,以分组控制中间组的这些所述步进电机。

[0021] 与现有技术相比,本发明的所述防御网屏障的操控方法具有至少以下有益效果:

第一、所述操控方法采用分段提升所述防御网屏障的底部的方式,能够解决用于提升所述防御网屏障的底部的这些所述步进电机的供电衰减、通讯时延和同步、动力分配和控制的问题;

第二、所述操控方法在不改变所述防御网屏障的硬件设备以及对所述防御网屏障进行复杂设计的前提下,即可解决这些所述步进电机的供电衰减、通讯时延和同步、动力分配和控制的问题,这极大地降低了所述防御网屏障的设计成本和施工成本,并提高了所述防御网屏障的安全与可靠性;

第三、所述操控方法采用启发式调度算法来决定如何控制这些所述步进电机的工作状态,使得这些所述步进电机的工作状态能够分段提升所述防御网屏障的底部,以降低操作所述防御网屏障的技术难度和成本;

第四、所述操控方法采用启发式调度算法来进行量化、计算和评估,解决多边形难点,即成本-效率-安全与可靠性-可实施性相互之间的关联和影响;

第五、所述操控方法采用启发式调度算法来决定如何控制这些所述步进电机的工作状态,以低成本的方式快速地寻求工程的可行解和近似最优解,避免代价高昂的工程试错的时间成本和费用成本;

第六、所述操控方法顺序启动这些所述步进电机的方式能够降低对供电电源的功率要求和减轻所述供电电源的压力;

第七、所述操控方法对这些所述步进电机进行分组,使得这些所述步进电机的启动同时存在串行启动行为和并行启动行为,在保证安全与可靠地提高所述防御网屏障的底部的同时,充分发挥能效,提高提升效率。

附图说明

[0022] 图1是依本发明的一较佳实施例的一防御网屏障的示意图。

[0023] 图2是依本发明的上述较佳实施例的所述防御网屏障的一防御网组件的立体示意图。

[0024] 图3是依本发明的上述较佳实施例的所述防御网屏障的多个所述防御网组件的一提升装置的一步进电机在提升所述防御网屏障的底部时的时序示意图。

[0025] 图4是依本发明的一较佳实施例的一操控方法的框图示意图,其用于操控所述防御网屏障。

[0026] 图中:

10、牵拉缆绳;

20、连接缆绳;

30、防御网组件;31、网体;32、浮体架;321、架体;3211、装配端;322、延伸臂;323、

第一夹持部;324、第二夹持部;325、导轮组;3251、导向通道;33、浮体;34、提升装置;341、步进电机;342、卷筒;343、提升缆绳;35、浮棒;
40、供电电源。

具体实施方式

[0027] 在详细说明本发明的任何实施方式之前,应理解的是,本发明在其应用中并不限于以下描述阐述或以下附图图示的部件的构造和布置细节。本发明能够具有其他实施方式并且能够以各种方式实践或进行。另外,应理解的是,这里使用的措辞和术语出于描述的目的并且不应该被认为是限制性的。本文中“包括”、或“具有”及其变型意在涵盖下文中文中陈列的条目及其等同物以及附加条目。除非另有指定或限制,否则术语“安装”、“连接”、“支撑”和“联接”及其变型被广泛地使用并且涵盖直接安装和间接的安装、连接、支撑和联接。此外,“连接”和“联接”不限于物理或机械的连接或联接。

[0028] 并且,第一方面,在本发明的揭露中,术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系是基于附图所示的方位或位置关系,其仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此上述术语不能理解为对本发明的限制;第二方面,术语“一”应理解为“至少一”或“一个或多个”,即在一个实施例中,一个元件的数量可以为一个,而在另外的实施例中,该元件的数量可以为多个,术语“一”不能理解为对数量的限制。

[0029] 附图1和图2示出了本发明的一较佳实施例的一种防御网屏障,其包括一牵拉缆绳10、多个连接缆绳20以及多个防御网组件30。

[0030] 具体地,每个所述防御网组件30分别包括一网体31、一浮体架32以及至少一浮体33,所述浮体架32被设置于所述网体31的顶部,所述浮体33被设置于所述浮体架32,相邻两个所述防御网组件30的所述网体31被连接,相邻两个所述防御网组件30的所述浮体33被所述连接缆绳20连接。可选地,相邻两个所述防御网组件30的所述浮体架32被所述连接缆绳20连接。最外侧的一个所述防御网组件30的所述浮体架32被固定地连接于所述牵拉缆绳10,其余的所述防御网组件30的所述浮体架32均被可活动地连接于所述牵拉缆绳10。

[0031] 在所述防御网屏障被布置后,所述牵拉缆绳10横跨一管控通道的相对两岸,例如,所述管控通道可以是一港口的进出通道,最外侧的一个所述防御网组件30的所述浮体架32被固定地连接于所述牵拉缆绳10的邻近所述管控通道的左岸的位置,最外侧的另一个所述防御网组件30的所述浮体架32可以通过但不限于所述连接缆绳20被固定地连接于所述管控通道的右岸的位置,基于每个所述防御网组件30的所述浮体33提供的浮力,每个所述防御网组件30的所述网体31被悬挂于所述管控通道的水域。

[0032] 当所述牵拉缆绳10朝向所述管控通道的左岸拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳10的所述防御网组件30的所述浮体架32时,这个所述防御网组件30的所述浮体架32通过这些所述连接缆绳20依次拉动每个所述防御网组件30的所述浮体架32,使得所述防御网屏障被展开而关闭所述管控通道,此时未被授权的船只不能经所述管控通道进出港。相应地,当所述牵拉缆绳10朝向所述管控通道的右岸拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳10的所述防御网组件30的所述浮体架32时,这个所述防御网组件30的所述浮体33依次抵靠和推动其余

的所述防御网组件30的所述浮体33,使得所述防御网屏障被收拢至所述管控通道的右岸,此时被授权的船只能够经所述管控通道进出港。

[0033] 参考附图2,所述浮体架32包括一U形的架体321、两延伸臂322、一第一夹持部323以及一第二夹持部324,其中所述架体321具有两个装配端3211,每个所述装配端3211分别被装配有一个所述浮体33,两个所述延伸臂322的一个端部分别向外延伸至所述架体321的两个所述装配端3211,两个所述延伸臂322的另一个端部延伸至面对面的位置,所述第一夹持部323被设置于所述架体321的顶部,所述第二夹持部324被设置于所述延伸臂322,其中所述第一夹持部323和所述第二夹持部324分别在所述网体31的顶部的不同高度位置夹持于所述网体31,以设置所述浮体架32于所述网体31的顶部,并且所述浮体架32在所述网体31的顶部的相对两侧分别设置有一个所述浮体33,如此两个所述浮体33能够在所述网体31的顶部的相对两侧提供均衡的浮力。

[0034] 所述浮体架32进一步包括一导轮组325,所述导轮组325被设置于一个所述延伸臂322,并且所述导轮组325具有一导向通道3251,所述牵拉缆绳10被可活动地设置于所述导轮组325的所述导向通道3251,以可活动地设置于所述浮体架32于所述牵拉缆绳10。

[0035] 每个所述防御网组件30进一步包括一提升装置34,所述提升装置34包括一步进电机341、一卷筒342以及一提升缆绳343,所述步进电机341被设置于所述浮体架32,例如,所述步进电机341可以被设置于所述浮体架32的一个所述延伸臂322,所述卷筒342被设置于所述步进电机341的输出轴,以设置所述步进电机341能够驱动所述卷筒342转动,所述提升缆绳343的一个端部被可操作地绕设于所述卷筒342,另一个端部被连接于所述网体31的底部。在所述步进电机341驱动所述卷筒342朝向一个方向转动而对所述提升缆绳343进行收缆作业时,所述网体31的底部被提升,以使得所述网体31的底部远离海底,相应地,在所述步进电机341驱动所述卷筒342朝向另一个方向转动而对所述提升缆绳343进行放缆作业时,所述网体31的底部被下落,以使得所述网体31的底部靠近海底。

[0036] 值得一提的是,所述提升缆绳343和所述网体31的连接方式在本发明中不受限制。例如,所述防御网组件30进一步包括至少一浮棒35,所述网体31的底部被设置有至少一个所述浮棒35,所述提升缆绳343的一个端部被连接于所述浮棒35,如此所述浮棒35将所述提升缆绳343的一个端部和所述网体31的底部连。

[0037] 继续参考附图1,所述防御网屏障进一步包括一供电电源40,这些所述防御网组件30的所述提升装置34的所述步进电机341分别被可供电地连接于所述供电电源40,以由所述供电电源40向这些所述步进电机341供电,而使得所述步进电机341可以通过驱动所述卷筒342转动的方式提升所述防御网屏障的底部。

[0038] 本领域技术人员可以理解的是,所述供电电源40在向这些所述提升装置34的所述步进电机341供电时存在远距离供电导致所述步进电机341的有效输入功率下降的问题,严重的情况下出现无法驱动带负载的所述步进电机341的问题。并且,所述防御网屏障的长度越长,所述防御网屏障的自重就越大,此时越需要保证所述供电电源40向这些所述提升装置34的所述步进电机341输入的有效输入功率,否则会出现这些所述提升装置34的所述步进电机341无法提升所述防御网屏障的底部的情况,或者即便是勉强提升所述防御网屏障的底部,也会给所述供电电源40造成较大的负担,导致所述供电电源40的可靠性、稳定性变差,影响所述供电电源40的寿命。

[0039] 为了在降低所述供电电源40的负担的基础上确保这些所述提升装置34的所述步进电机341能够可靠地提升所述防御网屏障的底部,本发明提供一种操控方法,所述操控方法能够顺序启动这些所述提升装置34的所述步进电机341,以分段提升所述防御网屏障的底部。换言之,所述操控方法不需要所述供电电源40同时向这些所述提升装置34的所述步进电机341供电,而是先向第一个所述提升装置34的所述步进电机341供电,在第一个所述提升装置34的所述步进电机341被启动一段时间而由这个所述步进电机341提升所述防御网屏障的底部一段距离后,再向第二个所述提升装置34的所述步进电机341供电,在第二个所述提升装置34的所述步进电机341被启动一段时间而由这个所述步进电机341提升所述防御网屏障的底部一段距离后,再向第三个所述提升装置34的所述步进电机341供电,依此类推,所述操控方法顺序启动这些所述提升装置34的所述步进电机341,从而分段提升所述防御网屏障的底部。在所述防御网屏障的底部的高度位置被统一提升后,通过所述牵拉缆绳10朝向一侧(例如,右岸)拉动所述防御网组件30,被拉动所述防御网组件30依次拉动其余的所述防御网组件30,以收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道,从而被授权的船只能够经所述管控通道进出港。可以理解的是,所述操控方法通过先提升所述防御网屏障的底部的高度再水平收拢所述防御网屏障的方式,在水平收拢所述防御网屏障的过程中可以避免所述防御网屏障的底部出现拖地的情况,从而避免所述防御网屏障的底部被拉扯而损坏,以保护所述防御网屏障。需要强调的是,本发明所揭露的所述操控方法顺序启动这些所述提升装置34的所述步进电机341,是指这些所述提升装置34的所述步进电机341在不同的时间节点被依次启动。

[0040] 相应地,所述操控方法可以先水平方向展开所述防御网屏障,再下落所述防御网屏障的底部,使所述防御网屏障的底部靠近海底,如此所述防御网屏障能够关闭所述管控通道,以阻止未被授权的船只通过。

[0041] 也就是说,参考附图4,本发明进一步提供一种操控方法,所述操控方法用于操控所述防御网屏障,使所述防御网屏障能够打开或关闭所述管控通道,其中所述操控方法包括如下步骤:

(a) 在靠近所述供电电源40的一个所述步进电机341启动一段时间后,启动相邻的一个所述步进电机341,以分段提升所述防御网屏障的底部;

(b) 在所述防御网屏障的底部的高度位置被统一提升后,通过所述牵拉缆绳10朝向一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳10的一个所述防御网组件30,被拉动的所述防御网组件30依次拉动其余的所述防御网组件30,以收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道;

(c) 通过所述牵拉缆绳10朝向另一侧拉动被固定地连接于所述牵拉缆绳10的一个所述防御网组件30,被拉动的所述防御网组件30依次拉动其余的所述防御网组件30,以展开所述防御网屏障;

(d) 启动所述步进电机341使所述防御网屏障的底部落下,以关闭所述管控通道。

[0042] 在本发明的所述操控方法的所述步骤(a)中,所述防御网屏障的这些所述提升装置34的所述步进电机341是被顺序启动的,也就是说,在相邻两个所述提升装置34的所述步进电机341中,在靠近所述供电电源40的一个所述提升装置34的所述步进电机341被启动一段时间后,另一个所述提升装置34的所述步进电机341才被启动,即,所述操控方法分段提

升所述防御网屏障的底部,通过这样的方式,一方面,所述操控方法能够解决用于提升所述防御网屏障的底部的这些所述提升装置34的所述步进电机341的供电衰减、通讯时延和同步、动力分配和控制的问题,另一方面,在不改变所述防御网屏障的硬件设备以及对所述防御网屏障进行复杂设计的前提下,所述操控方法即可解决这些所述提升装置34的所述步进电机341的供电衰减、通讯时延和同步、动力分配和控制的问题,这极大地降低了所述防御网屏障的设计成本和施工成本,并提高了所述防御网屏障的安全与可靠性。

[0043] 在所述步骤(b)中,通过先在所述防御网屏障的底部的高度被统一提升后再收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道的方式,所述操控方法能够避免所述防御网屏障的底部出现拖地的情况,从而避免所述防御网屏障的底部被拉扯而损坏,以保护所述防御网屏障。

[0044] 在所述步骤(d)中,在下落所述防御网屏障的底部而关闭所述管控通道时,这些所述提升装置34的所述步进电机341的启动方式不受限制。例如,这些所述提升装置34的所述步进电机341可以被同步地启动,以提高关闭所述管控通道的效率。优选地,与这些所述提升装置34的所述步进电机341提升所述防御网屏障的底部类似的是,在下落所述防御网屏障的底部而关闭所述管控通道时,这些所述提升装置34的所述步进电机341被顺序启动,以分段下落所述防御网屏障的底部。

[0045] 进一步地,本发明的所述操控方法采用启发式调度算法来决定如何控制这些所述提升装置34的所述步进电机341的工作状态,使得这些所述提升装置34的所述步进电机341的工作状态能够分段提升所述防御网屏障的底部,以降低操作所述防御网屏障的技术难度和成本。具体地,在所述步骤(a)之前,所述操控方法进一步包括步骤:量化分析计算和以所述供电电源40为先的评价与调整;正向进行最优情况的计算和测试;逆向进行最差情况的测试和调整;中间组整体提升时间的预估和策略调整;整体测试评估与方案调整。

[0046] 首先,在所述步骤量化分析计算和以所述供电电源40为先的评价与调整中,设所述供电电源40的总供电功率参数为 P_z ,设所述步进电机341的控制供电功率参数为 P_c ,设同时运行的所述提升装置34的所述步进电机341的数量参数为 k ,根据能耗或功率的限制,同时运行的所述提升装置34的所述步进电机341的数量上限、所述供电电源40的总供电功率 P_z 、所述步进电机341的控制供电功率参数 P_c 满足关系式(1): $k = \lfloor P_z / P_c \rfloor$,其中符号 $\lfloor \cdot \rfloor$ 为向下取整数运算符。设收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道的总时间要求参数为 T ,设所述防御网屏障的底部需要被提升的高度参数为 H ,为防止相邻所述提升装置34的所述步进电机341启动的间隔时间 Δt (即,参数 Δt 是相邻两个所述提升装置34的所述步进电机341被启动的间隔时间)过长或相邻两个所述防御网组件30的所述网体31的底部的高度差过大,设相邻两个所述防御网组件30的所述网体31的底部的最大安全高度差参数为 h ,为了控制和计时方便,设所述步进电机341在提升所述网体31的底部时的匀速提升速度参数为 V_r 、在下落所述网体31的底部时的匀速下降速度参数为 V_f 。由于所述提升装置34的所述步进电机341做了防水设计,因此当所述步进电机341运行时间过长、温度超过 C 时就会停机保护,其中所述步进电机341的过热保护温度 C 可以根据所述步进电机341的实际参数设定,例如,在本发明的一个具体示例中,所述步进电机341的过热保护温度 C 为 89°C ,这样,当所述步进电机341的温度超过 89°C 时就会停机保护。所述提升装置34的所述步进电机341在工作时的实际功率满足关系式(2): $P * \eta = F * V$,其中参数 P 为所述步进电机341的额定功率,参数 η 为因

远距离传输造成功率损失后的效率因子,参数F为垂直方向上的拉力,为每个所述防御网组件30的所述网体31在被提升或者下落时的配重重力加水的阻力或减去相应的浮力,参数V为所述步进电机341在提升所述网体31的底部或者下落所述网体31的底部时的线速度,可以理解的是,参数V可以被细化为 V_r 和 V_f ,即,所述步进电机341在提升所述网体31的底部时的匀速提升速度参数为 V_r 、在下落所述网体31的底部时的匀速下降速度参数为 V_f 。所述提升装置34的所述步进电机341的扭矩公式满足关系式(3): $\tilde{N} = k' * F * V / n$,其中参数 \tilde{N} 为所述步进电机341的扭矩,参数 k' 为常数,参数 n 为转速,由关系式 $V = \omega * r = k'' * n * r$,可实现所述步进电机341的线速度V到转速n的转换,用于编程设置。由于所述提升装置34的所述步进电机341的匀速提升速度 V_r 过大必将导致水的阻力增大,进而导致所述步进电机341的拉力不足而无法提升所述防御网屏障的底部,所述步进电机341的匀速提升速度 V_r 过小不满足收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道的限时T的要求,同时所述步进电机341也存在运行时间过长、温度过高导致进入停机保护状态的风险。为满足高效,所述提升装置34的所述步进电机341以 V_{r_Max} 提升h高度用时 $t = h / V_{r_Max}$,为保证所述网体31的安全性,则应满足关系式(4): $t = h / V_{r_Max} \geq \Delta t$ 。又因为所述步进电机341从匀速启动到提升停止期间,后续相继启动的所述步进电机341的总数量不超过k,故满足关系式(5): $\Delta t * k \geq H / V_{r_Max}$ 。考虑到 $H/h = \text{常数}$,结合关系式(4)和关系式(5),得到关系式(6): $k = \lfloor P_z / P_c \rfloor \geq H/h$ 。所述步进电机341的控制供电功率 P_c 随有效电源输入和带负载变化、工程因素导致H和h固定或仅可微调,关系式(6)为所述供电电源40的选择是否合理或者是否必须进行硬件升级提供了评价依据。

其次,在所述步骤正向进行最优情况的计算和测试中,靠近所述供电电源40的所述提升装置34的所述步进电机341的供电损耗最小,作为正向最优情况进行计算和测试。参照关系式(1)和关系式(6),先最大可能地确定kb,如上所述,参数k表示同时运行的所述步进电机341的数量,字母b为best的缩写,表示最优组,以下出现的字母b均表示最优组,故,kb为最优组同时运行的所述步进电机341的数量,取参数 $\eta = 1$,使用关系式(7) $V_r = \lfloor P_z * \eta / k \rfloor / F$ 估算可行最大值,设为 V_{r_b} ,其中 k_1 是第1个所述步进电机341,参数 Δt 选取必须满足(4)和关系式(5)式,设为 Δt_b ,如此最优组的所述步进电机341的参数为 $(V_{r_b}, \Delta t_b, kb)$ 。可以正向测试和检验最优组的这些所述步进电机341分段提升所述防御网屏障的底部是否可行,可以调整kb和 Δt_b ,提升效率是否改善需要比较各 kb / T_{r_b} 值, T_{r_b} 为最优组的所述步进电机341从启动到完全提升的时长,其中 (kb / T_{r_b}) 值越大,说明提升能效越好,最优组的所述步进电机341的参数 $(V_{r_b}, \Delta t_b, kb)$ 的选取也越合理。为了简化分组,使更多的所述步进电机341采用相同的提升速度 V_{r_b} 和延迟间隔 Δt_b ,可以将最优组的所述步进电机341的匀速提升速度 V_{r_b} 减小或者折半,同时增大延迟间隔 Δt_b ,进行后续的提升测试,以使得最优组的所述步进电机341的数量(记为Nb)最大化、提高效率的同时实现简单化。

[0047] 再次,在所述步骤逆向进行最差情况的测试和调整中,因远距离传输、实际供电功率下降,使得关系式(2)中 η 值减小。设远端(即,远离所述供电电源40)的所述步进电机341的输入电压实测值参数 U_{ci} ,供电电源输出端口电压参数 U_{co} ,参数 η 和参数 U_{ci} 、参数 U_{co} 满足关系式: $\eta = (U_{ci} / U_{co})^2$; k的设定值不能超过kb,记为kw,如上所述,参数k表示同时运行的所述步进电机341的数量,字母w为worst的缩写,表示最差组,以下出现的字母w均表示最差组,故,kw为最差组同时运行的所述步进电机341的数量,根据关系式(7)求可行解 V_r ,记为 V_{r_w} ;根据关系式(4)和关系式(5)确定 Δt_w ,如此最差组的所述步进电机341的参数为

(V_{rw} , Δtw , kw), 然后进行测试和检验。如果不能成功, 适当减小 kw 、增大 V_{rw} ; 若 V_{rw} 适当减小, Δtw 应增大; 同理, 记 $Nw=kw$ 为最差分组中的所述步进电机341的数量、 T_{rw} 为最差组从启动到完全提升的时长, 其中在调整最差组的所述步进电机341的参数(V_{rw} , Δtw , kw)优化实现的过程中, (kw/T_{rw}) 仍然作为提升能效比是否改善的评价标准。由于最差组的所述步进电机341的能效比最低, 因此该组的所述步进电机341的数量 Nw 不进行最大化扩充。

[0048] 第四, 在所述步骤中间组整体提升时间的预估和策略调整中, 如上一步分析, 若中间剩余的 $N-Nb-Nw$ 个所述步进电机341以(V_{rw} , Δtw , kw)为参数进行分段式提升自然是没问题的, 相当于最差组的所述步进电机341的数目得到扩大化, 但提升能效比属于最差情况并没得到改善, 并且中间组的整体提升耗时约为 $(N-Nb-Nw) * T_{rw}/Nw$, 若三段整体分段提升总耗时值大于要求值, 需对中间段的各个所述步进电机341采取与最差组类似的步骤进行多段细划分, 逐段调整和优化提升能效比, 其中 N 为所述步进电机341的总数, Nb 为最优组的所述步进电机341的数量, Nw 为最差组的所述步进电机341的数量。也就是说, 在本发明的一些实施例中, 所述操控方法可以对中间组的这些所述步进电机341进行进一步分组, 分组方式可以是最优组、最差组和中间组的分组方式。

[0049] 最后, 在所述步骤整体测试评估与方案调整中, 估算并统计最优组、最差组和中间组的提升耗时, 当优化实施后仍不满足整体提升时间要求时, 考虑新的实施方案, 就近给最差组以后需要相继启动的所述步进电机341增强供电, 即就近地将其它冗余电源的输出经DC/AC-DC模块变换后供给, 使得最差组以后的所有的所述步进电机341都满足使用最差组的(V_r , Δt , k)参数, 减少传输能耗的同时也满足了系统需要。

[0050] 也就是说, 本发明的所述操控方法采用启发式调度算法来决定如何控制这些所述步进电机341的工作状态, 使得这些所述步进电机341的工作状态能够分段提升所述防御网屏障的底部, 以降低操作所述防御网屏障的技术难度和成本。并且, 一方面, 所述操控方法采用启发式调度算法来进行量化、计算和评估, 解决多边形难点, 即成本-效率-安全与可靠性-可实施性相互之间的关联和影响, 另一方面, 所述操控方法采用启发式调度算法来决定如何控制这些所述步进电机341的工作状态, 以低成本的方式快速地寻求工程的可行解和近似最优解, 避免代价高昂的工程试错的时间成本和费用成本。

[0051] 参考附图3, 在发明的这个示例中, 最优组的这些所述步进电机341被相继启动, 并且由于最优组的所述步进电机341的参数相同, 因此最优组的所述步进电机341的匀速提升速度均为 V_{r1} , 相邻两个所述步进电机341的延迟启动时间均为 $\Delta t1$; 中间组的这些所述步进电机341被相继启动, 并且由于中间组的所述步进电机341的参数相同, 因此中间组的所述步进电机341的匀速提升速度均为 V_{r2} , 相邻两个所述步进电机341的延迟启动时间均为 $\Delta t2$; 最差组的这些所述步进电机341被相继启动, 并且由于最差组的所述步进电机341的参数相同, 因此最差组的所述步进电机341的匀速提升速度均为 V_{r3} , 相邻两个所述步进电机341的延迟启动时间均为 $\Delta t3$, 并且, $V_{r1} < V_{r2} < V_{r3}$, $\Delta t1 < \Delta t2 < \Delta t3$, 这样, 所述防御网屏障的底部能够在规定的时间能提升, 并且保证所述防御网屏障的安全性和可靠性。

[0052] 在本发明的所述防御网屏障的一个具体示例中, 所述防御网屏障的这些依次连接的所述防御网组件30的实际长度为204米, 所述提升装置34的数量为68个, 即, 所述防御网屏障的底部需要68个所述步进电机341来提升, 在需要收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道时, 所述防御网屏障的底部需要被提升的高度 H 为2米, 相邻两个所述防御网组件30

的所述网体31的底部的高度差 h 小于等于20厘米,收拢所述防御网屏障而打开所述管控通道的限时 T 小于等于9分钟,每个所述防御网组件30的重量为90千克,考虑升降时水的阻力和浮力 F 为 $900 \pm 100N$,所述提升装置34的所述步进电机341的工作电源有两路,一路为动力供电,其参数是额定值12-72 VDC,9.0A,9.0Nm,另一路控制供电,其参数是7-28VDC(必须: $<30V$ 保证安全),所述供电电源40的最大功率500W,输出12/24/48Vdc,所述步进电机341的过热保护温度 C 为 $89^{\circ}C$ 。

[0053] 在本发明的所述操控方法的一个实施例中,所述操控方法将这些所述提升装置34的所述步进电机341按照最优组、最差组和中间组进行分组,以分别控制这些所述提升装置34的所述步进电机341的工作状态。

[0054] 具体地,首先,从能量角度对所述供电电源40进行评估和初步调整。在本发明的这个具体示例中,所述防御网屏障的底部需要被提升的高度 H 和相邻两个所述防御网组件30的所述网体31的底部的高度差 h 的比值是: $H/h=10$,带负载运行时,所述步进电机341的控制供电功率 P_c 为 $90 \pm 15W$,所述供电电源40的总供电功率的最大值为 $P_zMax=500W$,由关系式(1)可知, $k=\lfloor P_z/P_c \rfloor Max=5$;代入关系式(6) $k=\lfloor P_z/P_c \rfloor \geq H/h$ 验证,显然不成立,此时所述步进电机341的控制供电功率 P_c 至少需要增加一倍,关系式(6) $k=\lfloor P_z/P_c \rfloor \geq H/h$ 才成立,即,需要并联一路相同电源。

[0055] 其次,进行最差压降测试与调整。第68个所述步进电机341的CVI输入电压不能低于12V,而第1个所述步进电机341的CVI输入电压不能高于30V,考虑安全冗余度,最后CVI输入电压调整为28.5Vdc。

[0056] 再次,最优情况的测试和调整。所述步进电机341的匀速提升速度参数 V_r 的可行值估计为 $V_r = [P_z * \eta / k] / F \approx [2 * 500W * 1 / 10] / 1000N = 10cm/s$,通过查阅所述步进电机341的带负载相关图标、估计相关参数值并结合关系式(2)和关系式(3),可以估算所述步进电机341的转速 n ,并用于PLC编程。考虑到后续相继需要提升的10个、乃至30个所述步进电机341最后使用与前10个所述步进电机341相同的($V_r, \Delta t$)参数值来提高效率,可以试取 $V_{rb}=5cm/s$;按照关系式(4)和关系式(5),取 $\Delta t_b=4S$ 进行测试和检验前40个,测试完全通过,表明 $N_{bmax}=40$ 。也就是说,最优组的所述步进电机341的数量可以是40个。

[0057] 第四,进行最差情况的测试和调整。根据CVI的输出28.5Vdc传输至第68个所述步进电机341的输入将为12-14Vdc,即大约降低1/2,所述供电电源40的总供电功率 P_z 的效率因子 η 大约相应降低至 $(1/2)^2=0.25$,欲保证可以同时运行的所述步进电机341最多为 $k=10$ 个,则所述步进电机341的匀速提升速度参数 V_r 的可行估计值: $V_{rW} = [P_z * \eta / k] / F \approx [2 * 500W * 0.25 / 10] / 1000N = 2.5cm/s$;

按照关系式(4)和关系式(5)式,取 $\Delta t_w=10s$,逆向进行测试和检验第68个所述步进电机341至第59个所述步进电机341完全通过,即, $N_w=k_w=10, V_{rW}=2.5cm/s, \Delta t_w=10s$ 。也就是说,最差组的所述步进电机341的数量可以是10个。

[0058] 第五,中间组参数计算、评估与调整。根据第58个所述步进电机341至第41个所述步进电机341的供电损耗要小于后10个所述步进电机341的客观规律,第58个所述步进电机341至第41个所述步进电机341使用所述最差情况的测试和调整这组参数肯定通过。为改进提升效率,可以参考步骤最差情况的测试和调整,重新选取 $(V_r, \Delta t, k) = (4cm/s, 5s, 9)$ 为参数,实现提升优化,此时中间组的所述步进电机341的数量为18。

[0059] 第六,整体测试评估与方案优化调整。最终以组元参数 $(V_r, \Delta t, k)$ 的分组和优化结果为:前40个所述步进电机341采用 $(5\text{cm/s}, 4\text{s}, 10)$ 为一组,中间20个所述步进电机341采用 $(4\text{cm/s}, 5\text{s}, 9)$ 为一组,最后8个所述步进电机341采用 $(3\text{cm/s}, 6.4\text{s}, 8)$ 为一组。前两组所述步进电机341中的相邻两个所述步进电机341继启动延迟取 4s ,后两组所述步进电机341中的相邻两个所述步进电机之间启动延迟取 5s ,整体提升完成时间小于 8.5 分钟,其中前两组所述步进电机341是指由前40个所述步进电机341组成的一组所述步进电机341和由中间20个所述步进电机341组成的一组所述步进电机341,后两组所述步进电机341是指由中间20个所述步进电机341组成的一组所述步进电机341和由后8个所述步进电机341组成的一组所述步进电机341。

[0060] 进一步地,若所述防御网屏障的底部的提升时间要求提高至6分钟内完成,可以增加一个所述供电电源40单独为最差组的所述步进电机341供电,使得所有的所述步进电机341以相同的延迟间隔被相继启动,并且这些所述步进电机341的匀速提升速度相同。换言之,总供电功率 P_z 电源增加一倍扩容,第1个所述步进电机341至第40个所述步进电机341仍然采取 $(V_r, \Delta t, k) = (5\text{cm/s}, 4\text{s}, 10)$ 被启动。

[0061] 在第40个提升绞车处增加一个DC-DC模块作为额外的所述供电电源40,将 $12-72\text{VDC}$ 输出宽压电源的输出接入转换得到 28Vdc 输出后供给第41个所述步进电机341至第68个所述步进电机341的VCI,以保证后28个所述步进电机341也满足使用参数 $(V_r, \Delta t, k) = (5\text{cm/s}, 4\text{s}, 10)$ 被相继启动,这样,所述防御网屏障的底部的提升时间缩短为大约5分钟。

[0062] 本领域的技术人员应理解,上述描述及附图中所示的本发明的实施例只作为举例而并不限制本发明。本发明的目的已经完整并有效地实现。本发明的功能及结构原理已在实施例中展示和说明,在没有背离所述原理下,本发明的实施方式可以有任何变形或修改。

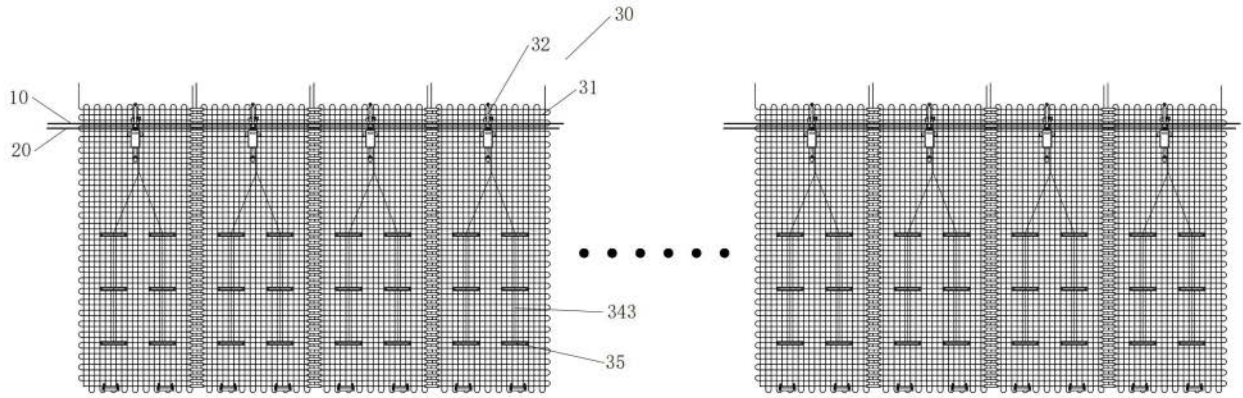


图 1

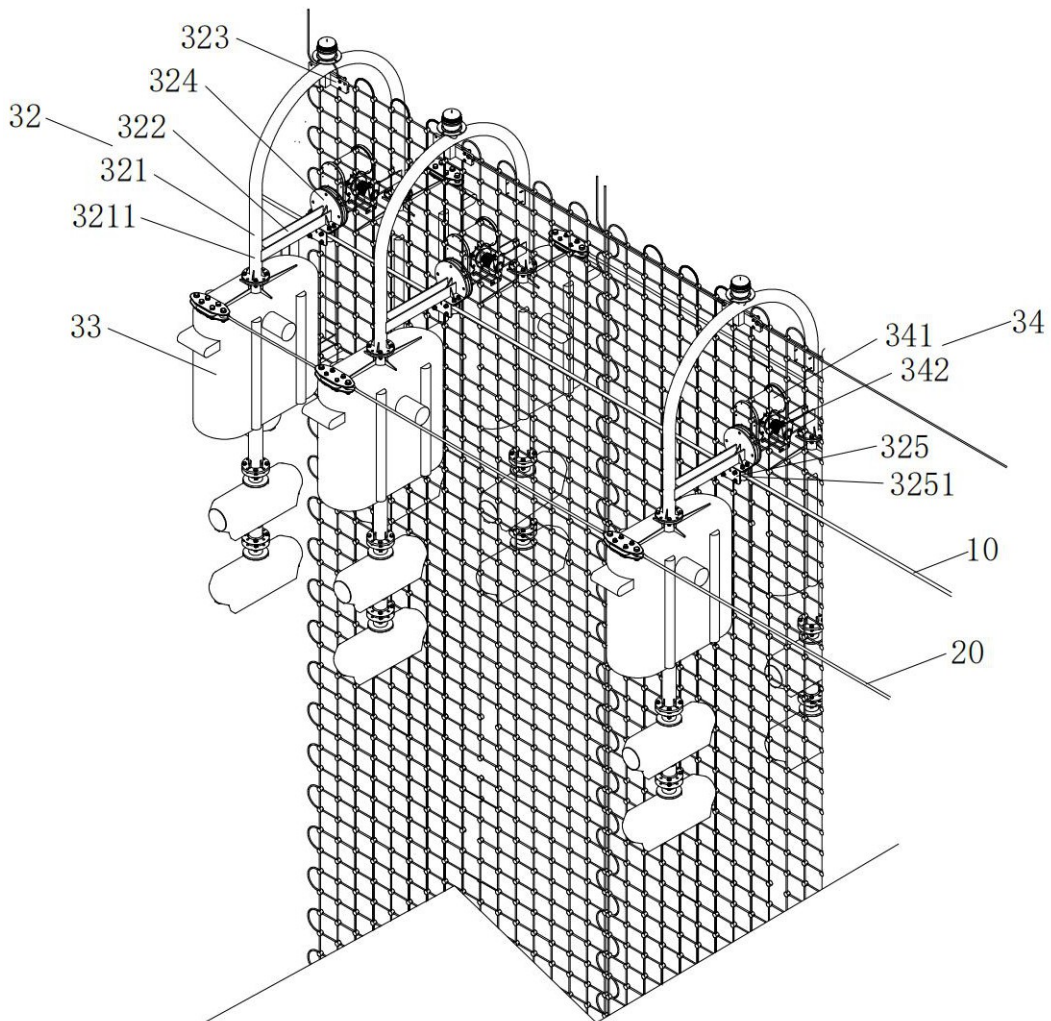


图 2

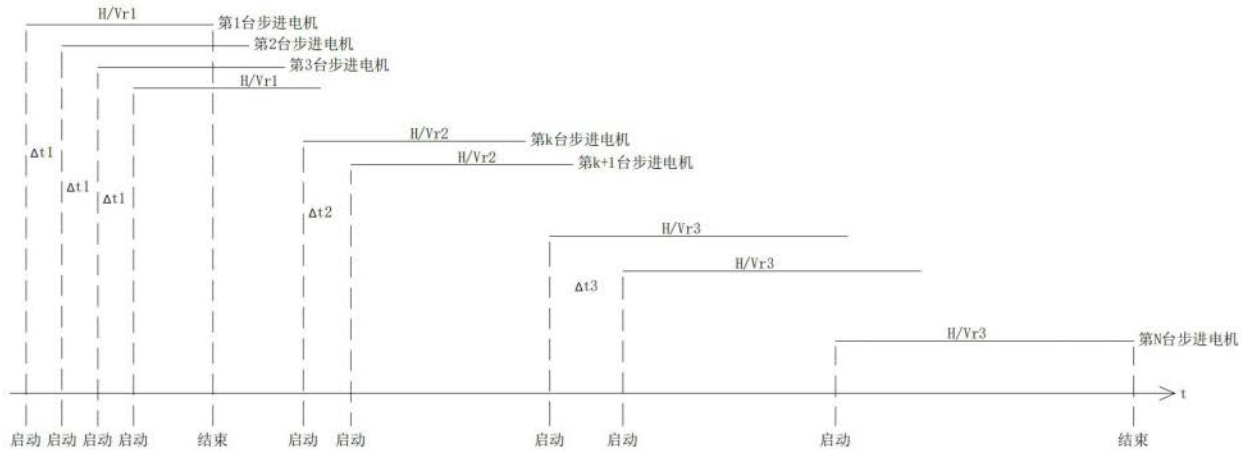


图 3

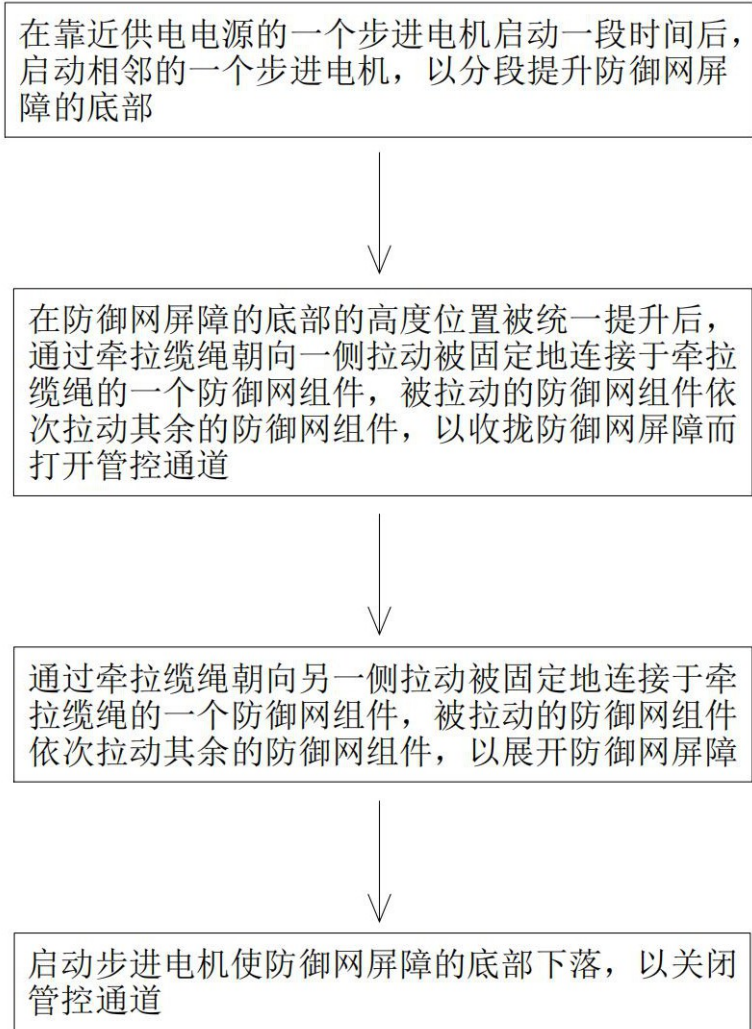


图 4