



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110409398 A

(43)申请公布日 2019.11.05

(21)申请号 201910374131.9

(22)申请日 2019.05.07

(71)申请人 长江勘测规划设计研究有限责任公司

地址 430010 湖北省武汉市解放大道1863号

(72)发明人 廖乐康 于庆奎 王可 余友安
方杨 方晓敏 单毅 宁源 王蒂
金辽

(74)专利代理机构 武汉楚天专利事务所 42113
代理人 胡江

(51)Int.Cl.
E02C 5/00(2006.01)

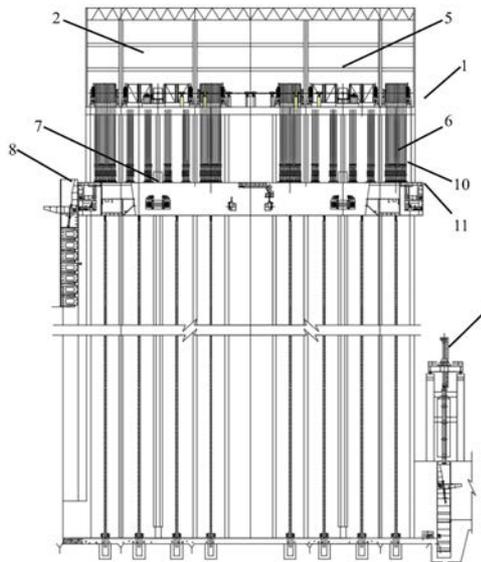
权利要求书3页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

一种适合重载高扬程应用的全平衡摩擦驱动式垂直升船机

(57)摘要

一种适合重载高扬程应用的全平衡摩擦驱动式垂直升船机,包括位于升船机主体上部的顶部机房、安装于顶部机房的主提升系统、平衡重系统、由主提升系统和平衡重系统配合悬吊的承船厢、承重塔柱;主提升系统安装在顶部机房楼板地面,包括8套平衡摩擦卷筒、4台摩擦卷筒提升机、1套同步轴系统、2套润滑泵站及4套安全制动系统;每台摩擦卷筒提升机由2套提升摩擦卷筒、1台减速器、1台电动机组成;每套安全制动系统包括2套安全制动器、2套事故制动器,1套工作制动器和1套液压泵站,所述提升摩擦卷筒和平衡摩擦卷筒均采用摩擦式卷筒,从而缩短了卷筒的长度,使重载高扬程升船机主提升机轴向布置问题容易解决;并可实现船厢水漏空情况下升船机的全制动。



CN 110409398 A

1. 一种适合重载高扬程应用的全平衡摩擦驱动式垂直升船机,包括位于升船机主体上部的顶部机房(1)、安装于顶部机房的主提升系统(2)、平衡重系统(3)、由主提升系统(2)和平衡重系统(3)配合悬吊的承船厢(4)、承重塔柱(5);其特征在于:主提升系统(2)安装在顶部机房楼板地面,包括8套平衡摩擦卷筒(2-1)、4台摩擦卷筒提升机(2-2)、1套同步轴系统(2-3)、2套润滑泵站(2-4)及4套安全制动系统;每台摩擦卷筒提升机(2-2)由2套提升摩擦卷筒(2-21)、1台减速器(2-22)、1台电动机(2-23)组成;安全制动系统包括2套安全制动器(2-52)、2套事故制动器(2-53),1套工作制动器(2-51)和1套液压泵站(2-54),其中工作制动器(2-51)布置在电动机(2-23)出轴处,安全制动器(2-52)布置在提升摩擦卷筒(2-21)的制动盘上,事故制动器(2-53)布置在平衡摩擦卷筒(2-1)制动盘上,所述工作制动器(2-51)、安全制动器(2-52)、事故制动器(2-53)均由液压泵站(2-54)控制;

所述提升摩擦卷筒(2-21)和平衡摩擦卷筒(2-1)均采用摩擦式卷筒;

所述提升摩擦卷筒(2-21)配备普通螺旋绳槽,每个提升摩擦卷筒(2-21)上对称车制左右旋绳槽,并根据总体设计需要分别在左右旋绳槽上缠绕多根提升钢丝绳(2-7);每根提升钢丝绳(2-7)在绳槽上缠绕不小于5.5圈,分别在提升摩擦卷筒(2-21)两侧出绳,其一端通过液压均衡油缸(6)与承船厢(4)连接,另一端通过钢丝绳调节装置与平衡重系统(3)连接;

平衡摩擦卷筒(2-1)在光筒上镶嵌摩擦衬垫(2-11),摩擦衬垫(2-11)采用摩擦系数稳定地保持在0.25以上的高摩擦系数材料,在摩擦衬垫(2-11)上开设闭合绳槽(2-12);在每个闭合绳槽(2-12)上悬挂一根平衡钢丝绳(2-8);每套摩擦卷筒上悬挂的平衡钢丝绳(2-8)的数目根据重力平衡重组(3-1)的布置确定;每根平衡钢丝绳(2-8)在平衡摩擦卷筒(2-1)上缠绕半圈,一端通过液压均衡油缸(6)与承船厢(4)连接;另一端通过钢丝绳调节装置与平衡重系统(3)连接。

2. 根据权利要求1所述的适合重载高扬程应用的全平衡摩擦驱动式垂直升船机,其特征在于:

平衡重系统由重力平衡重(3-1)和转矩平衡重(3-2)组成;其中重力平衡重由悬挂在平衡摩擦卷筒(2-1)上的平衡钢丝绳(2-8)悬挂,每套平衡摩擦卷筒悬挂的平衡重组成一套重力平衡重组;转矩平衡重(3-2)由缠绕在提升摩擦卷筒的提升钢丝绳(2-7)悬吊,每套卷筒组悬挂的平衡重组成一套转矩平衡重组;每套重力平衡重组和每套转矩平衡重组均设置安全框架;每个重力平衡重组和转矩平衡重组分别位于承重塔柱(5)内的一个平衡重井(3-3)内,并利用安全框架上的导轮和埋设在承重塔柱(5)上的导轨,对上下竖直运行的平衡重组进行水平导向;

所述承船厢(4)由缠绕在提升摩擦卷筒(2-1)上的提升钢丝绳(2-7)和缠绕在平衡摩擦卷筒(3-1)上的平衡钢丝绳(3-6)悬吊,在提升钢丝绳(2-7)和平衡钢丝绳(3-6)与船厢吊耳之间设置液压均衡油缸(6);每根平衡钢丝绳(3-6)绕过平衡摩擦卷筒(3-1)半圈后与重力平衡重组(3-2)连接;每根提升钢丝绳(2-7)在提升摩擦卷筒(2-1)上缠绕不小于5.5圈后,另一端与转矩平衡重组(3-3)连接。

3. 根据权利要求1或2所述的一种适合重载高扬程应用的钢丝绳卷扬摩擦驱动式全平衡垂直升船机,其特征在于:

每一根提升绳在提升摩擦卷筒(2-21)上缠绕不少于5.5圈,使钢丝绳与卷筒之间具有足够的摩擦力,能够传递卷筒两侧钢丝绳张力差产生的传动力矩,钢丝绳无需在卷筒上固

定;在承船厢(4)升降过程中,提升摩擦卷筒(2-21)螺旋绳槽内的钢丝绳沿卷筒轴向作整体移动;每套提升摩擦卷筒(2-21)无论布置多少根提升钢丝绳(2-7),仅需在左右绳槽各设置一组工作圈;每套提升摩擦卷筒的长度为:

$$L_{dd} = 2((n_r - 1)(n_w + 0.5)t + n_w + n_s t) + L_m + L_b + L_g + t_b \quad (1)$$

式中: n_r ——单边绳槽上缠绕钢丝绳的数目;

n_w ——单根钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数;

t ——绳槽节距;

n_s ——与提升高度对应的卷筒工作圈数;

L_m ——卷筒左右旋绳槽中心线之间的最小距离;

L_b ——制动盘内侧端面距绳槽中心线之间的最小距离;

L_g ——非制动盘侧端面距绳槽中心线之间的最小距离;

t_b ——制动盘的厚度;

每一根平衡钢丝绳(2-8)在平衡摩擦卷筒上缠绕0.5圈;卷筒绳槽为闭合独立绳槽,船厢升降过程中钢丝绳在平衡摩擦卷筒上不沿卷筒轴向移动;相邻两绳槽的间距略大于重力平衡重(3-1)的宽度;每套平衡摩擦卷筒(2-1)的长度为:

$$L_{bd} = (n_{br} - 1)d_{br} + L_b + L_g + t_b \quad (2)$$

式中: n_{br} ——单套平衡摩擦卷筒上钢丝绳的数目;

d_{br} ——相邻钢丝绳的间距;

L_b ——制动盘内侧端面距邻近绳槽中心线之间的距离;

L_g ——非制动盘侧端面距邻近绳槽中心线之间的距离;

t_b ——制动盘的厚度。

4. 根据权利要求1和2所述的一种适合重载高扬程应用的钢丝绳卷扬摩擦驱动式全平衡垂直升船机,其特征在于:

根据升船机的综合布置条件,选择提升摩擦卷筒(2-21)和平衡摩擦卷筒(2-1)上布置的钢丝绳数目;摩擦衬垫(2-11)采用摩擦系数可稳定保持在0.25以上的材料;在提升摩擦卷筒和平衡摩擦卷筒上布置多个安全制动器(2-52),以在船厢水漏空条件下对升船机实施安全制动;

在水漏空条件下,提升摩擦卷筒可承受的两侧钢丝绳的最大不平衡力为

$$\Delta S_t = n_{hr} S_h (1 - e^{-2n_w \mu}) = W_t (1 - e^{-2n_w \mu}) \quad (3)$$

式中: n_{hr} ——提升绳数目;

S_h ——单根提升绳张力;

W_t ——转矩平衡重重量;

n_w ——单根钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数;

μ ——提升绳与卷筒绳槽之间的摩擦系数;

在水漏空条件下,平衡摩擦卷筒可承受的两侧钢丝绳的最大不平衡力为:

$$\Delta S_g = n_{gr} S_g (1 - e^{-\mu'}) = W_g (1 - e^{-\mu'}) \quad (4)$$

式中: n_{gr} ——平衡绳数目;

S_g ——单根平衡绳张力;

W_g ——重力平衡重重量;

μ' ——平衡绳与绳槽之间的摩擦系数；

为保证水漏空条件下升船机的安全，水漏空条件下实现全制动应同时满足如下条件：

$$\Delta S_t + \Delta S_g > W_w \quad (5)$$

$$\Delta S_t + \Delta S_g + P_{cl} \geq 1.1 W_w \quad (6)$$

上式中 P_{cl} 为船厢沿程锁定机构的锁定力， W_w 为船厢内对应于标准水深的水体重量；(5)式的意义在于船厢水漏空的全部不平衡力理论上可由主提升机承受；(6)式的意义在于沿程锁定机构的投入提供了船厢水漏空全制动的制动力裕量。

5. 根据权利要求1或2所述的一种适合重载高扬程应用的钢丝绳卷扬摩擦驱动式全平衡垂直升船机，其特征在于：

在每套提升摩擦卷筒上分别布置一套安全制动器，其制动能力应保证可靠地制动船厢水漏空条件下由式(3)确定的提升钢丝绳(2-7)两端最大张力差；在平衡摩擦卷筒(2-1)上布置多个的事故制动器，其制动能力应保证可靠地制动船厢水漏空条件下由式(4)确定的重力平衡绳两端最大张力差：

$$M_{bt} = \mu'' n_t r_b N = 0.4 n_t r_b N_b \geq S_a \Delta S_t r_d = 1.5 \Delta S_t r_d \quad (7)$$

$$M_{bg} = \mu'' n_g r_b N = 0.4 n_g r_b N_b \geq S_a \Delta S_g r_d = 1.5 \Delta S_g r_d \quad (8)$$

式中， M_{bt} 和 M_{bg} 分别为单套安全制动器和单套事故制动器的额定制动力矩； n_t 和 n_g 分别为每套安全制动器和事故制动器上布置的常闭式液压盘式制动单元的数目； r_b 和 r_d 分别为制动盘上制动单元分布圆的半径和卷筒的名义半径； N_b 为一对制动单元的正压力之和； $\mu'' = 0.4$ 为制动器与制动盘接触的摩擦系数； $S_a = 1.5$ 为安全制动器和事故制动器的最小安全系数；以上计算假定安全制动器和事故制动器上布置规格相同的制动单元，且制动盘尺寸及分布圆半径、提升摩擦卷筒(2-21)和平衡摩擦卷筒(2-1)名义半径等参数均具有相同的数值。

一种适合重载高扬程应用的全平衡摩擦驱动式垂直升船机

技术领域

[0001] 本发明涉及到水利水电工程领域,更加具体来说是适合重载高扬程应用的钢丝绳卷扬摩擦驱动式全平衡垂直升船机。

背景技术

[0002] 随着河流水电资源开发带来的航运条件改善,部分地区(如金沙江流域)内河水运事业迎来了新的发展契机,从而为高坝通航技术提出了新的要求。相对于船闸而言,升船机在高坝通航方面具有更大的优势和潜力。

[0003] 目前国内已建或在建的垂直升船机工程,其主要型式有钢丝绳卷扬提升全平衡型式、齿轮爬升全平衡型式、以及全平衡水力驱动型式,其中钢丝绳卷扬提升部分平衡船厢下水型式和全平衡水力驱动型式目前仅限于过船规模和提升高度都不大的升船机。目前国内乃至全世界规模最大的升船机为三峡升船机,其型式为全平衡齿轮爬升式,过船规模3000t级(排水量),提升高度为113m;国内规模居第二位向家坝升船机,其型式同样为全平衡齿轮爬升式,过船规模1000t级(载重量),提升高度为114.2m。目前这两座升船机均已建成投运。该型式升船机的特点是船厢重量由钢丝绳悬吊的平衡重全部平衡,安装在船厢上的小齿轮与安装在塔柱结构上的齿条形成齿轮齿条运动副,用以驱动船厢升降运行。小齿轮驱动机构克服的载荷主要包括船厢内水深偏差引起的偏重、船厢升降过程中的摩擦阻力、钢丝绳僵性阻力和惯性力等。船厢上设置了安全机构,通过与驱动机构连接带动旋转螺杆与小齿轮同步运行,当发生船厢超载失衡事故时,在船厢静止状态下通过驱动机构液气弹簧动作,消除旋转螺杆与安装在塔柱上的螺母柱之间的螺纹间隙,实现对失衡事故条件下船厢的支承。三峡升船机和向家坝升船机的成功建设,证明了该型式升船机应用于重载大扬程条件具有一定的优势。当升船机规模提高到过船吨位为载重量3000t级,扬程为200m时,该升船机也是适用的,不存在难以克服的技术问题。该升船机另一个明显的优点是安全性高,当船厢因沿程漏水或对接期间沉船等因素造成升船机全平衡条件破坏时,安全机构螺母柱可对失衡的船厢提供支承。但该型式升船机存在造价相对较高、设备制造安装难度大的弱点。由于大多数升船机以过货船为主,尽管该型式升船机具有突出的优点,但在国内的应用尚不够广泛。

[0004] 目前国内应用最为广泛的升船机型式为钢丝绳卷扬全平衡垂直升船机,国内已建和在建的该型式升船机包括隔河岩级第一、二级升船机、水口升船机、高坝洲升船机、彭水升船机、亭子口升船机、思林升船机、沙陀升船机和构皮滩二级升船机。该型式升船机的特点是船厢重量由钢丝绳悬吊的平衡重全部平衡,通过钢丝绳卷扬提升机驱动升降。受主提升机布置条件的限制,平衡重大部分为重力平衡重,即每根与船厢连接的钢丝绳(称为重力平衡绳)绕过平衡滑轮与单块平衡重相连,其钢丝绳张力恒定且对船厢不构成约束;少数平衡重为转矩平衡重,悬挂该平衡重的钢丝绳端固定在卷扬机的卷筒上;在卷筒上与该平衡绳相邻布置提升绳,其绳端亦固定在卷筒上;由提升绳提升的那部分船厢重量与转矩平衡重理论上相等,但由于船厢内水深偏差,以及船厢升降过程中的摩擦阻力、钢

丝绳 僵性阻力和惯性力等因素,提升绳与转矩平衡绳的张力存在差值,从而形 成对卷筒乃至主提升机的力矩负荷。在卷筒上布置的安全制动器,其制动 能力可保证制动由转矩平衡重重量形成的对卷筒的力矩(假设此时提升钢 丝绳为零)。由于转矩平衡重重量仅占平衡重总量的少部分,因此,无法 实现船厢水漏空情况下升船机的全制动。为了增加主提升机的制动能力, 部分钢丝绳卷扬全平衡式垂直升船机以安全卷筒代替平衡滑轮,安全卷筒 上缠绕的钢丝绳一端与船厢连接,另一端与平衡重(称为可控平衡重)连 接;通过设置在安全卷筒上的制动器制动可控平衡重重量产生的旋转力矩。但由于受主提升机轴线尺寸的限制,一般情况下依然难以实现船厢水漏空 情况下升船机的全制动。

[0005] 研究成果表明,对于重载高扬程升船机,例如载重量为3000t级提升 高度200m的升船机,采用钢丝绳卷扬全平衡垂直提升型式有其局限性。由 于钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数很多,致使卷筒的长度很大,从而造成主提 升机的轴向布置难以实现,不得不通过加大卷筒的直径、减少卷筒的工作 圈数来控制卷筒的长度,其结果是增大了卷扬机机械传动装 置的规模;即 使如此,依然不能满足与船厢长度相适应的主提升机的布置。

发明内容

[0006] 为了解决上述问题,本发明的目的是:基于目前在水利枢纽上应用广 泛的钢丝绳卷扬全平衡垂直升船机型式,针对其应对水漏空事故的局限以 及难以克服重载高扬程基本运行条件引起的布置难题,提出了一种适合重 载高扬程应用的钢丝绳卷扬摩擦驱动式全平衡垂直升船机型式,其设计思 想是以摩擦卷筒驱动为基本特征的主提升机代替以钢丝绳缠绕卷筒驱动为 特征的主提升机;以带摩擦衬垫的整体平衡摩擦卷筒代替不具备传递扭矩 功能的以单片滑轮独立运动为特征的滑轮组,并在平衡摩擦卷筒上设置液 压盘式制动器。

[0007] 本发明采用的技术方案是:一种适合重载高扬程应用的全平衡摩擦驱 动式垂直升船机,包括位于升船机主体上部的顶部机房、安装于顶部机房 的主提升系统、平衡重系统、由主提升系统和平衡重系统配合悬吊的承船 厢、承重塔柱;主提升系统安装在顶部机 房楼板地面,包括8套平衡摩擦 卷筒、4台摩擦卷筒提升机、1套同步轴系统、2套润滑泵站及 4套安全制 动系统;每台摩擦卷筒提升机由2套提升摩擦卷筒、1台减速器、1台电动 机组 成;安全制动系统包括2套安全制动器、2套事故制动器,1套工作制 动器和1套液压泵站,其 中工作制动器布置在电动机出轴处,安全制动器 布置在提升摩擦卷筒的制动盘上,事故制 动器布置在平衡摩擦卷筒制动盘 上,所述工作制动器、安全制动器、事故制动器均由液压 泵站控制;

[0008] 所述提升摩擦卷筒和平衡摩擦卷筒均采用摩擦式卷筒;

[0009] 所述提升摩擦卷筒配备普通螺旋绳槽,每个提升摩擦卷筒上对称车制 左右旋绳 槽,并根据总体设计需要分别在左右旋绳槽上缠绕多根提升钢丝 绳;每根提升钢丝绳在绳 槽上缠绕不小于5.5圈,分别在提升摩擦卷筒两 侧出绳,其一端通过液压均衡油缸与承船 厢连接,另一端通过钢丝绳调节 装置与平衡重系统连接。

[0010] 平衡摩擦卷筒在光筒上镶嵌摩擦衬垫,摩擦衬垫采用摩擦系数稳定地保 持在 0.25以上的高摩擦系数材料,在摩擦衬垫上开设闭合绳槽;在每个闭 合绳槽上悬挂一根平 衡钢丝绳;每套摩擦卷筒上悬挂的平衡钢丝绳的数目 根据重力平衡重组的布置确定;每根

平衡钢丝绳在平衡摩擦卷筒上缠绕半圈，一端与承船厢连接；另一端通过钢丝绳调节装置与平衡重系统连接；

[0011] 进一步地，平衡重系统由重力平衡重和转矩平衡重组成；其中重力平衡重由悬挂在平衡摩擦卷筒上的平衡钢丝绳悬挂，每套平衡摩擦卷筒悬挂的平衡重组成一套重力平衡重组；转矩平衡重由缠绕在提升摩擦卷筒的提升钢丝绳悬吊，每套卷筒组悬挂的平衡重组成一套转矩平衡重组；每套重力平衡重组和每套转矩平衡重组均设置安全框架；每个重力平衡重组和转矩平衡重组分别位于承重塔柱内的一个平衡重井内，并利用安全框架上的导轮和埋设在承重塔柱上的导轨，对上下垂直运行的平衡重组进行水平导向；

[0012] 所述承船厢由缠绕在提升摩擦卷筒上的提升钢丝绳和缠绕在平衡摩擦卷筒上的平衡钢丝绳悬吊，在提升钢丝绳和平衡钢丝绳与船厢吊耳之间设置液压均衡油缸；每根平衡钢丝绳的绕过平衡摩擦卷筒半圈后与重力平衡重组连接；每根提升钢丝绳在提升摩擦卷筒上缠绕不小于5.5圈后，另一端与转矩平衡重组连接。

[0013] 进一步地，每一根提升绳在提升摩擦卷筒上缠绕不少于5.5圈，使钢丝绳与卷筒之间具有足够的摩擦力，能够传递卷筒两侧钢丝绳张力差产生的传动力矩，钢丝绳无需在卷筒上固定；在承船厢升降过程中，提升摩擦卷筒螺旋绳槽内的钢丝绳沿卷筒轴向作整体移动；每套提升摩擦卷筒无论布置多少根提升钢丝绳，仅需在左右绳槽各设置一组工作圈；每套提升摩擦卷筒的长度为：

$$[0014] \quad L_{dd} = 2((n_r - 1)(n_w + 0.5)t + n_w + n_s t) + L_m + L_b + L_g + t_b \quad (1)$$

[0015] 式中： n_r ——单边绳槽上缠绕钢丝绳的数目；

[0016] n_w ——单根钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数；

[0017] t ——绳槽节距；

[0018] n_s ——与提升高度对应的卷筒工作圈数；

[0019] L_m ——卷筒左右旋绳槽中心线之间的最小距离；

[0020] L_b ——制动盘内侧端面距绳槽中心线之间的最小距离；

[0021] L_g ——非制动盘侧端面距绳槽中心线之间的最小距离；

[0022] t_b ——制动盘的厚度；

[0023] 每一根平衡钢丝绳在平衡摩擦卷筒上缠绕0.5圈；卷筒绳槽为闭合独立绳槽，船厢升降过程中钢丝绳在平衡摩擦卷筒上不沿卷筒轴向移动；相邻两绳槽的间距略大于重力平衡重的宽度；每套平衡摩擦卷筒的长度为：

$$[0024] \quad L_{bd} = (n_{br} - 1)d_{br} + L_b + L_g + t_b \quad (2)$$

[0025] 式中： n_{br} ——单套平衡摩擦卷筒上钢丝绳的数目；

[0026] d_{br} ——相邻钢丝绳的间距；

[0027] L_b ——制动盘内侧端面距邻近绳槽中心线之间的距离；

[0028] L_g ——非制动盘侧端面距邻近绳槽中心线之间的距离；

[0029] t_b ——制动盘的厚度；

[0030] 进一步的，根据升船机的综合布置条件，选择提升摩擦卷筒和平衡摩擦卷筒上布置的钢丝绳数目；摩擦衬垫采用摩擦系数可稳定保持在0.25以上的材料。在提升摩擦卷筒和平衡摩擦卷筒上布置数量的安全制动器，以在船厢水漏空条件下对升船机实施安全制动。

[0031] 在水漏空条件下,提升摩擦卷筒可承受的两侧钢丝绳的最大不平衡力 为

$$[0032] \quad \Delta S_t = n_{hr} S_h (1 - e^{-2n_w \mu}) = W_t (1 - e^{-2n_w \mu}) \quad (3)$$

[0033] 式中: n_{hr} ——提升绳数目;

[0034] S_h ——单根提升绳张力;

[0035] W_t ——转矩平衡重重量;

[0036] n_w ——单根钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数;

[0037] μ ——提升绳与卷筒绳槽之间的摩擦系数;

[0038] 在水漏空条件下,平衡摩擦卷筒可承受的两侧钢丝绳的最大不平衡力 为

$$[0039] \quad \Delta S_g = n_{gr} S_g (1 - e^{-\pi \mu'}) = W_g (1 - e^{-\pi \mu'}) \quad (4)$$

[0040] 式中: n_{gr} ——平衡绳数目;

[0041] S_g ——单根平衡绳张力;

[0042] W_g ——重力平衡重重量;

[0043] μ' ——平衡绳与绳槽之间的摩擦系数

[0044] 为保证水漏空条件下升船机的安全,水漏空条件下实现全制动应同时 满足如下条件:

$$[0045] \quad \Delta S_t + \Delta S_g > W_w \quad (5)$$

$$[0046] \quad \Delta S_t + \Delta S_g + P_{c1} \geq 1.1 W_w \quad (6)$$

[0047] 上式中 P_{c1} 为船厢沿程锁定机构的锁定力, W_w 为船厢内对应于标准水深 的水体重量,(5)式的意义在于船厢水漏空的全部不平衡力理论上可由主 提升机承受;(6)式的意义在于沿程锁定机构的投入提供了船厢水漏空全 制动的制动力裕量。

[0048] 进一步地,在每套提升摩擦卷筒上分别布置一套安全制动器,其制动 能力应保证可靠地制动船厢水漏空条件下由式(3)确定的提升钢丝绳两端 最大张力差;在平衡摩擦卷筒上布置多个的事故制动器,其制动能力应保 证可靠地制动船厢水漏空条件下由式(4)确定的重力平衡绳两端最大张力 差:

$$[0049] \quad M_{bt} = \mu'' n_t r_b N = 0.4 n_t r_b N_b \geq S_a \Delta S_t r_d = 1.5 \Delta S_t r_d \quad (7)$$

$$[0050] \quad M_{bg} = \mu'' n_g r_b N = 0.4 n_g r_b N_b \geq S_a \Delta S_g r_d = 1.5 \Delta S_g r_d \quad (8)$$

[0051] 式中, M_{bt} 和 M_{bg} 分别为单套安全制动器(对应于一套提升摩擦卷筒) 和单套事故制 动器(对应于一套平衡摩擦卷筒)的额定制动力矩; n_t 和 n_g 分 别为每套安全制动器和事故制 动器上布置的常闭式液压盘式制动单元的数 目; r_b 和 r_d 分别为制动盘上制动单元分布圆的 半径和卷筒的名义半径; N_b 为一对制动单元的正压力之和; $\mu'' = 0.4$ 为制动器与制动盘接触 的摩擦系 数; $S_a = 1.5$ 为安全制动器和事故制动器的最小安全系数;为简单起见,在不失 合理性的前提下以上计算假定安全制动器和事故制动器上布置规格 相同的制动单元,且 制动盘尺寸及分布圆半径、提升摩擦卷筒(2-21)和 平衡摩擦卷筒(2-1)名义半径等参数均 具有相同的数值。

[0052] 本发明的有益效果和特点是:(1)缩短了卷筒的长度,使重载高扬 程升船机主提 升机轴向布置问题容易解决;(2)可实现船厢水漏空情况下 升船机的全制动。

附图说明

[0053] 图1是本发明较佳实施例的整体立面结构示意图;

[0054] 图2本发明较佳实施例的平面布置图(上部为顶部机房楼板上的结构图,下部为顶部机房楼板揭开后的结构图);

[0055] 图3是本发明较佳实施例的横剖面图;

[0056] 图4是本发明较佳实施例主提升系统一侧的设备立面图(显示了1/4的设备布置);

[0057] 图5是本发明较佳实施例主提升系统一侧的设备平面布置图(显示了1/4的设备布置);

[0058] 图6是本发明较佳实施例平衡摩擦卷筒的结构示意图;

[0059] 图7是图6的摩擦衬垫处的局部结构示意图;

[0060] 图8是本发明较佳实施例提升摩擦卷筒钢丝绳缠绕图;

[0061] 图9是本发明较佳实施例提升摩擦卷筒组结构示意图;

具体实施方式

[0062] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0063] 本发明基于目前在水利枢纽上应用广泛的钢丝绳卷扬全平衡垂直升船机型式,针对其应对水漏空事故的局限以及难以克服重载高扬程基本运行条件引起的布置难题,提出了一种适合重载高扬程应用的钢丝绳卷扬摩擦驱动式全平衡垂直升船机型式,其设计思想是以摩擦卷筒驱动为基本特征的主提升机代替以钢丝绳缠绕卷筒驱动为特征的主提升机;以带摩擦衬垫的整体平衡摩擦卷筒代替不具备传递扭矩功能的以单片滑轮独立运动为特征的滑轮组,并在平衡摩擦卷筒上设置液压盘式制动器。该型式升船机总体布置见图1、图2和图3。

[0064] 实施例1:

[0065] 一种适合重载高扬程应用的全平衡摩擦驱动式垂直升船机,包括位于升船机主体上部的顶部机房1、安装于顶部机房的主提升系统2、平衡重系统3、由主提升系统2和平衡重系统3配合悬吊的承船厢4、承重塔柱5;主提升系统2安装在顶部机房楼板地面,包括8套平衡摩擦卷筒2-1、4台摩擦卷筒提升机2-2、1套同步轴系统2-3、2套润滑泵站2-4及4套安全制动系统2-5(注意图2上部为顶部机房楼板上的结构图,下部为顶部机房楼板揭开后的结构图,所以图上的设备只显示了一半);每台摩擦卷筒提升机2-2由2套提升摩擦卷筒2-21、1台减速器2-22、1台电动机2-23组成;安全制动系统包括2套安全制动器2-52、2套事故制动器2-53,1套工作制动器2-51和1套液压泵站2-54),其中工作制动器2-51布置在电动机2-23出轴处,安全制动器2-52布置在提升摩擦卷筒2-21的制动盘上,事故制动器2-53布置在平衡摩擦卷筒2-1制动盘上,所述工作制动器2-51、安全制动器2-52、事故制动器2-53均由液压泵站2-54控制;

[0066] 所述提升摩擦卷筒2-21和平衡摩擦卷筒2-1均采用摩擦式卷筒;

[0067] 所述提升摩擦卷筒2-21配备普通螺旋绳槽,每个提升摩擦卷筒2-21上对称车制左右旋绳槽,并根据总体设计需要分别在左右旋绳槽上缠绕多根提升钢丝绳2-7;每根提

升钢丝绳2-7在绳槽上缠绕不小于5.5圈,分别在提升摩擦卷筒2-21两侧出绳,其一端通过液压均衡油缸与承船厢4连接,另一端通过钢丝绳调节装置与平衡重系统3连接;在每套提升摩擦卷筒的制动盘上布置一套安全制动器;每套安全制动器由一定数量的常闭液压盘式制动单元和制动器支架等部分组成,并由液压泵站控制。每套安全制动器的制动力矩大于单套提升摩擦卷筒与钢丝绳之间最大摩擦力所能传递的最大不平衡力矩,并保证不小于1.5的安全系数。

[0068] 平衡摩擦卷筒2-1在光筒上镶嵌摩擦衬垫2-11,摩擦衬垫2-11采用摩擦系数稳定地保持在0.25以上的高摩擦系数材料,在摩擦衬垫2-11上开设闭合绳槽2-12;在每个闭合绳槽2-12上悬挂一根平衡钢丝绳2-8;每套摩擦卷筒上悬挂的平衡钢丝绳2-8的数目根据重力平衡重组3-1的布置确定;每根平衡钢丝绳2-8在平衡摩擦卷筒2-1上缠绕半圈,一端通过液压均衡油缸与承船厢4连接;另一端通过钢丝绳调节装置与平衡重系统3连接;在每套平衡摩擦卷筒的制动盘上布置一套事故制动器;每套事故制动器的制动力矩大于单套平衡摩擦卷筒与钢丝绳之间最大摩擦力所能传递的最大不平衡力矩,并保证不小于1.5的安全系数。

[0069] 平衡重系统由重力平衡重3-1和转矩平衡重3-2组成;其中重力平衡重由悬挂在平衡摩擦卷筒2-1上的平衡钢丝绳2-8悬挂,每套平衡摩擦卷筒悬挂的平衡重组成一套重力平衡重组;转矩平衡重3-2由缠绕在提升摩擦卷筒的提升钢丝绳2-7悬吊,每套卷筒悬挂的平衡重组成一套转矩平衡重组;每套重力平衡重组和每套转矩平衡重组均设置安全框架;每个重力平衡重组和转矩平衡重组分别位于承重塔柱5内的一个平衡重井3-3内,并利用安全框架上的导轮和埋在承重塔柱5上的导轨,对上下竖直运行的平衡重组进行水平导向;

[0070] 所述承船厢4由缠绕在提升摩擦卷筒2-1上的提升钢丝绳2-7和缠绕在平衡摩擦卷筒3-1上的平衡钢丝绳3-6悬吊,在提升钢丝绳2-7和平衡钢丝绳3-6与船厢吊耳之间设置液压均衡油缸6;每根平衡钢丝绳3-6的绕过平衡摩擦卷筒3-1半圈后与重力平衡重组3-2连接;每根提升钢丝绳2-7在提升摩擦卷筒2-1上缠绕不小于5.5圈后,另一端与转矩平衡重组3-3连接。

[0071] 每一根提升绳在提升摩擦卷筒2-21上缠绕不少于5.5圈,使钢丝绳与卷筒之间具有足够的摩擦力,能够传递卷筒两侧钢丝绳张力差产生的传动力矩,钢丝绳无需在卷筒上固定;在承船厢4升降过程中,提升摩擦卷筒2-21螺旋绳槽内的钢丝绳沿卷筒轴向作整体移动;每套提升摩擦卷筒2-21无论布置多少根提升钢丝绳2-7,仅需在左右绳槽各设置一组工作圈;每套提升摩擦卷筒的长度为:

$$[0072] \quad L_{dd} = 2((n_r - 1)(n_w + 0.5)t + n_w + n_s t) + L_m + L_b + L_g + t_b \quad (1)$$

[0073] 式中: n_r ——单边绳槽上缠绕钢丝绳的数目;

[0074] n_w ——单根钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数;

[0075] t ——绳槽节距;

[0076] n_s ——与提升高度对应的卷筒工作圈数;

[0077] L_m ——卷筒左右旋绳槽中心线之间的最小距离;

[0078] L_b ——制动盘内侧端面距绳槽中心线之间的最小距离;

[0079] L_g ——非制动盘侧端面距绳槽中心线之间的最小距离;

[0080] t_b ——制动盘的厚度；

[0081] 每一根平衡钢丝绳(2-8)在平衡摩擦卷筒上缠绕0.5圈；卷筒绳槽为 闭合独立绳槽，船厢升降过程中钢丝绳在平衡摩擦卷筒上不沿卷筒轴向移动；相邻两绳槽的间距略大于重力平衡重(3-1)的宽度；每套平衡摩擦卷筒(2-1)的长度为：

$$[0082] \quad L_{bd} = (n_{br}-1) d_{br} + L_b + L_g + t_b \quad (2)$$

[0083] 式中： n_{br} ——单套平衡摩擦卷筒上钢丝绳的数目；

[0084] d_{br} ——相邻钢丝绳的间距；

[0085] L_b ——制动盘内侧端面距邻近绳槽中心线之间的距离；

[0086] L_g ——非制动盘侧端面距邻近绳槽中心线之间的距离；

[0087] t_b ——制动盘的厚度；

[0088] 根据升船机的综合布置条件，选择提升摩擦卷筒2-21和平衡摩擦卷筒 2-1上布置的钢丝绳数目；摩擦衬垫2-11采用摩擦系数可稳定保持在0.25 以上的材料。在提升摩擦卷筒和平衡摩擦卷筒上布置数量的安全制动器 2-52，以在船厢水漏空条件下对升船机实施安全制动。

[0089] 在水漏空条件下，提升摩擦卷筒可承受的两侧钢丝绳的最大不平衡力为

$$[0090] \quad \Delta S_t = n_{hr} S_h (1 - e^{-2n_{hr}\mu}) = W_t (1 - e^{-2n_{hr}\mu}) \quad (3)$$

[0091] 式中： n_{hr} ——提升绳数目；

[0092] S_h ——单根提升绳张力；

[0093] W_t ——转矩平衡重重量；

[0094] n_w ——单根钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数；

[0095] μ ——提升绳与卷筒绳槽之间的摩擦系数；

[0096] 在水漏空条件下，平衡摩擦卷筒可承受的两侧钢丝绳的最大不平衡力 为：

$$[0097] \quad \Delta S_g = n_{gr} S_g (1 - e^{-n_{gr}\mu'}) = W_g (1 - e^{-n_{gr}\mu'}) \quad (4)$$

[0098] 式中： n_{gr} ——平衡绳数目

[0099] S_g ——单根平衡绳张力

[0100] W_g ——重力平衡重重量

[0101] μ' ——平衡绳与绳槽之间的摩擦系数

[0102] 为保证水漏空条件下升船机的安全，水漏空条件下实现全制动应同时 满足如下条件以：

$$[0103] \quad \Delta S_t + \Delta S_g > W_w \quad (5)$$

$$[0104] \quad \Delta S_t + \Delta S_g + P_{cl} \geq 1.1 W_w \quad (6)$$

[0105] 上式中 P_{cl} 为船厢沿程锁定机构的锁定力， W_w 为船厢内对应于标准水深 的水体重量。(5)式的意义在于船厢水漏空的全部不平衡力理论上可由主 提升机承受；(6)式的意义在于沿程锁定机构的投入提供了船厢水漏空全 制动的制动力裕量。

[0106] 在每套提升摩擦卷筒上分别布置一套安全制动器，其制动能力应保证 可靠地制动船厢水漏空条件下由式(3)确定的提升钢丝绳2-7两端最大张 力差；在平衡摩擦卷筒2-1上布置多个的事故制动器，其制动能力应保证 可靠地制动船厢水漏空条件下由式(4)确定的重力平衡绳两端最大张力 差：

$$[0107] \quad M_{bt} = \mu'' n_t r_b N = 0.4 n_t r_b N_b \geq S_a \Delta S_t r_d = 1.5 \Delta S_t r_d \quad (7)$$

$$[0108] \quad M_{bg} = \mu'' n_{gr} r_b N = 0.4 n_{gr} r_b N_b \geq S_a \Delta S_{grd} = 1.5 \Delta S_{grd} \quad (8)$$

[0109] 式中, M_{bt} 和 M_{bg} 分别为单套安全制动器(对应于一套提升摩擦卷筒)和单套事故制动器(对应于一套平衡摩擦卷筒)的额定制动力矩; n_t 和 n_g 分别为每套安全制动器和事故制动器上布置的常闭式液压盘式制动单元的数目; r_b 和 r_d 分别为制动盘上制动单元分布圆的半径和卷筒的名义半径; N_b 为一对制动单元的正压力之和; $\mu'' = 0.4$ 为制动器与制动盘接触的摩擦系数; $S_a = 1.5$ 为安全制动器和事故制动器的最小安全系数; 为简单起见, 在不失合理性的前提下以上计算假定安全制动器和事故制动器上布置规格相同的制动单元, 且制动盘尺寸及分布圆半径、提升摩擦卷筒2-21和平衡摩擦卷筒2-1名义半径等参数均具有相同的数值。

[0110] 该型式的升船机船厢结构和设备布置型式与钢丝绳卷扬升船机基本相同, 其设备除了船厢结构之外, 还包括船厢门及其启闭机、纵横导向机构、沿程锁定机构、对接顶紧机构、防撞装置、间隙密封机构、间隙充泄水系统以及液压控制系统、电气设备等。与钢丝绳卷扬升船机船厢结构和设备稍有不同的地方是与船厢连接的每根重力平衡绳端部设置了液压均衡油缸, 用以解决由传统的滑轮组改变为平衡摩擦卷筒带来的重力平衡绳受力不均的问题。

[0111] 主提升机设备布置在顶部机房内, 主要由平衡摩擦卷筒组、摩擦卷筒提升机、同步轴系统、安全制动系统和润滑泵站等设备组成。对应于船厢的四个吊点区, 主提升机分四个区域对称布置。每个区域的设备包括一台摩擦卷筒提升机、两套平衡摩擦卷筒组和安全制动系统及润滑泵站等设备组成。每台摩擦卷筒提升机由提升摩擦卷筒组、减速器、电动机、以及机架等设备组成。减速器布置在两套提升摩擦卷筒之间, 其低速级输出轴与卷筒轴通过联轴器连接, 提升摩擦卷筒轴一端支承于独立轴承座, 另一端支承于减速器壳体内部的轴承座。四台摩擦卷筒提升机通过同步轴系统连接。安全制动系统由工作制动器、安全制动器、事故制动器和液压泵站等组成, 其中工作制动器布置在减速器高速轴出轴; 安全制动器布置在提升摩擦卷筒组端部的制动盘上; 事故制动器布置在平衡摩擦卷筒组端部的制动盘上。每个设备区布置一台安全制动系统液压泵站, 用以控制该设备区内的工作制动器、安全制动器和事故制动器。主提升机设备布置见附图4和附图5。

[0112] 平衡提升摩擦卷筒组由筒体、摩擦衬垫、固定块、压块、制动盘、卷筒轴、轴承座等零部件组成。摩擦衬垫由固定块和压块镶嵌固定在外表面光滑的筒体圆柱外表面, 固定块和压块通过螺栓与筒体相连接。固定块和压块采用非金属材料压铸而成。摩擦衬垫采用摩擦系数稳定的材料, 保证其摩擦系数可以稳定地保持在0.25以上。在摩擦衬垫上开设闭合绳槽。每个闭合绳槽上在 180° 范围内悬挂一根重力平衡绳, 绳槽间距略大于单块平衡重的厚度。平衡摩擦卷筒的结构见图6、图7。

[0113] 提升摩擦卷筒由筒体、制动盘、卷筒轴、轴承座等零部件组成。钢丝绳绳槽沿螺旋线直接在筒体表面开设。为避免卷筒轴承座承受水平载荷, 每个提升摩擦卷筒相对卷筒中心线对称开设左右旋绳槽, 即在卷筒左右螺旋绳槽上布置数量相等的提升绳。钢丝绳在卷筒上不固定, 每个钢丝绳在卷筒上缠绕的圈数不小于5.5圈。钢丝绳一端的出绳绳头通过液压均衡油缸6与承船厢连接, 另一端通过钢丝绳调节装置与转矩平衡重块连接。相邻钢丝绳的同一侧出绳端间距略大于单块转矩平衡重的厚度。钢丝绳绳槽的总圈数除了满足钢丝绳在卷筒上缠绕所需的圈数外, 还需满足升船机船厢全行程升降所需要的工作圈数。

提升摩擦卷筒钢丝绳缠绕示意图见附图8,卷筒组结构布置图见图9。

[0114] 钢丝绳卷扬摩擦驱动式全平衡垂直升船机与钢丝绳卷扬提升式全平衡垂直升船机的工作原理和运转流程基本相同,现说明如下:

[0115] 升船机单向运转,船只下行(船厢与上闸首处于对接状态,承船厢4门和上闸首8的工作门已经开启,上闸首水域与船厢水域连通):过坝船只经上闸首航槽进入承船厢4→船只在厢内停泊并系缆→关闭承船厢门→关闭船厢上游端的防撞装置→检测承船厢4内水深,启动间隙充泄水系统11(水深误差超过允许值时),调节厢内水深至设计允许值→关闭上闸首工作门→由间隙充泄水系统11泄掉两门间的间隙水→间隙密封框退回→顶紧机构3-4退回→夹紧机构退回→主提升系统2启动(电机接电并施加静力矩→工作制动器2-51松闸→电机调整力矩大小及方向使机械传动系统予紧→安全制动器2-52和事故制动器2-53松闸→电动机2-23起动,主提升系统2投入运行),承船厢4向下运行→承船厢4下降到高程时,主提升机电机通过电气制动减速,至承船厢4内标准水位线与下游水位齐平时,承船厢4停止运行,工作制动器2-51上闸,安全制动器2-52和事故制动器2-53上闸→顶紧机构3-4推出→间隙密封机构推出并压紧下闸首工作门→夹紧机构投入工作→启动间隙充泄水系统,向船厢门与下闸首门间充水,直至平压→承船厢4下游端的防撞装置开启→开启下游船厢门和下闸首工作门→船只解缆出厢,驶入下游引航道后下行,上行船只过坝程序与下行相似。

[0116] 在本发明的描述中,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,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,因此不能理解为对本发明的限制。

[0117] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的结构关系及原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

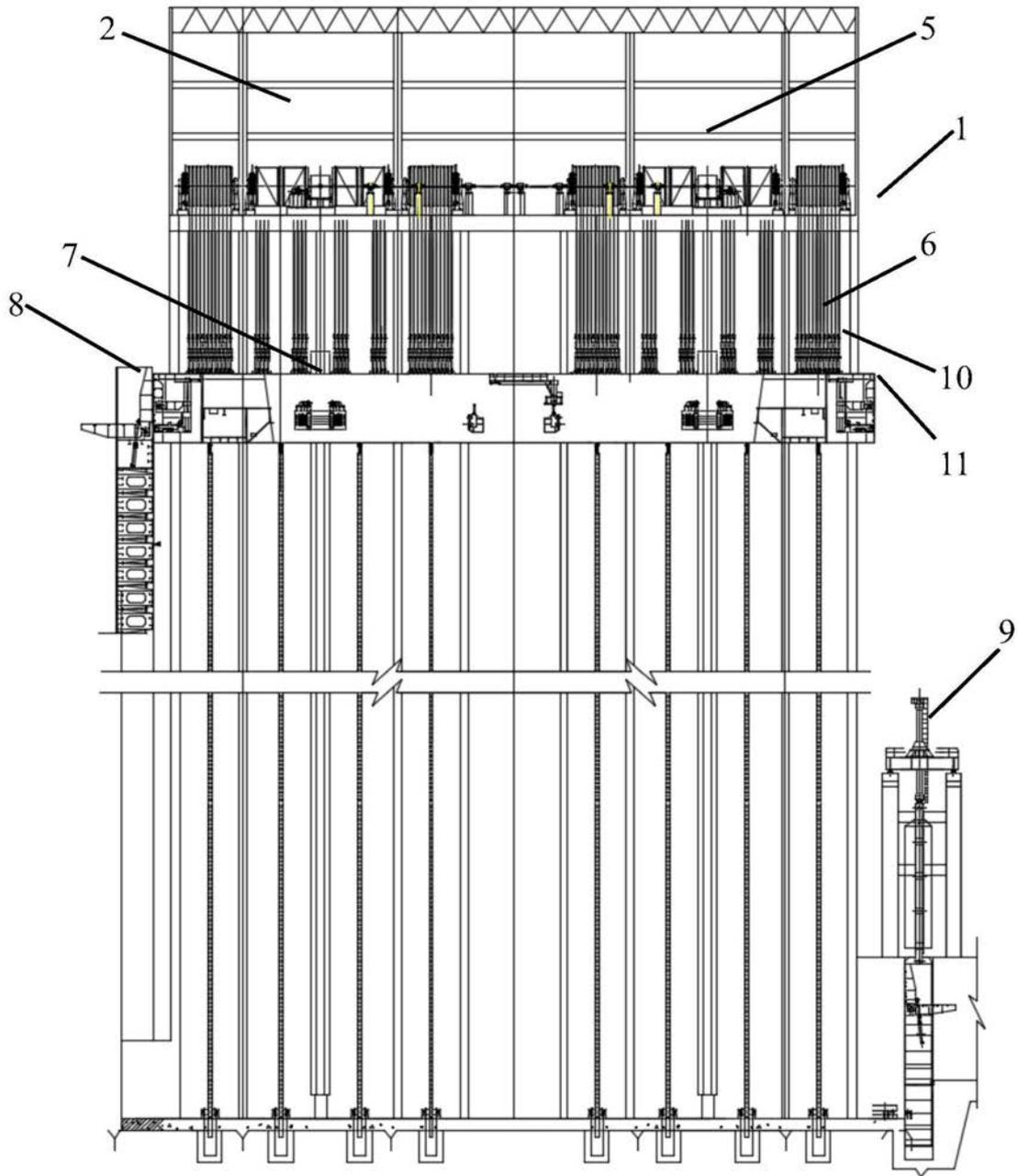


图1

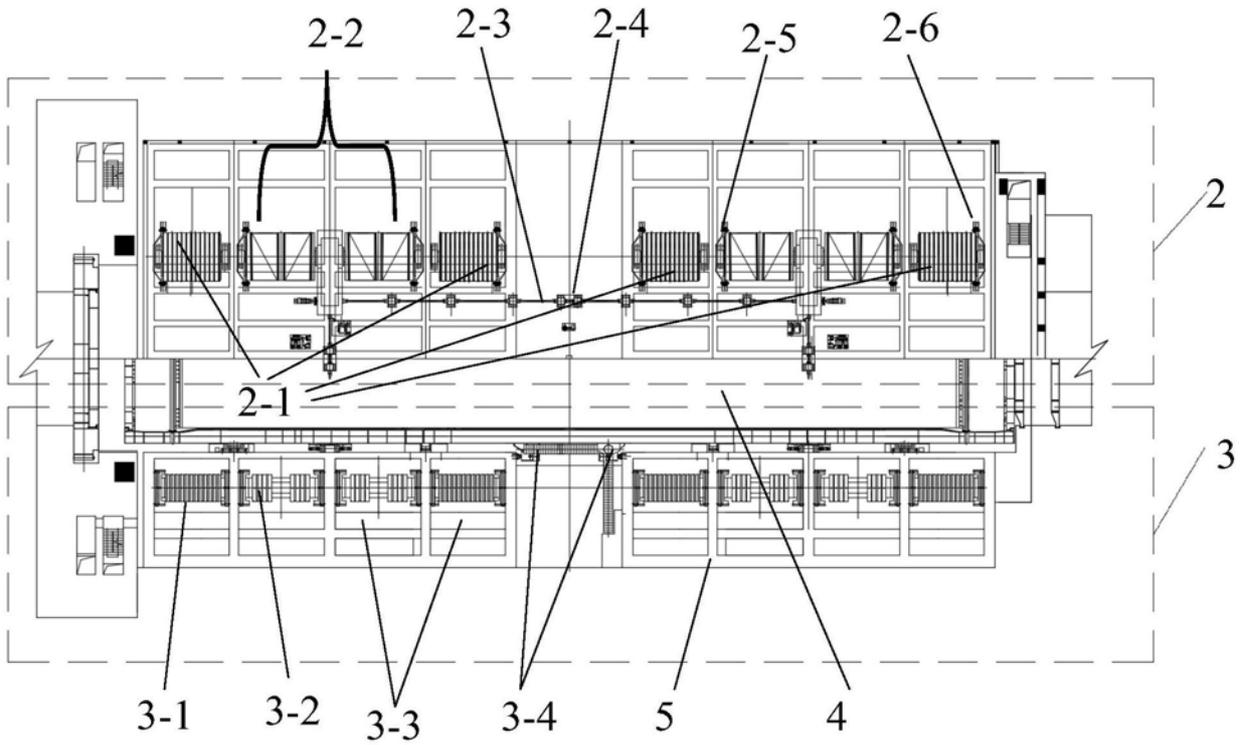


图2

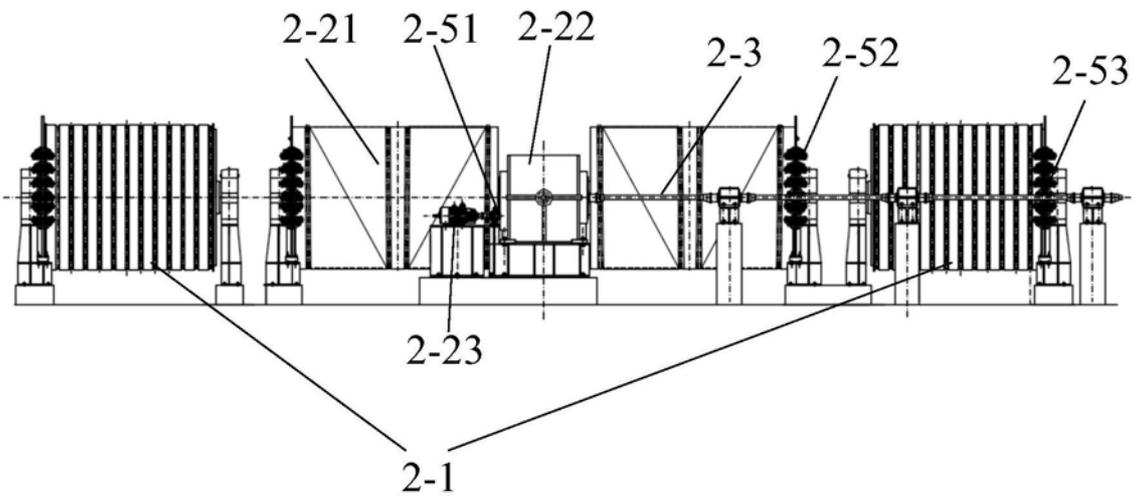


图3

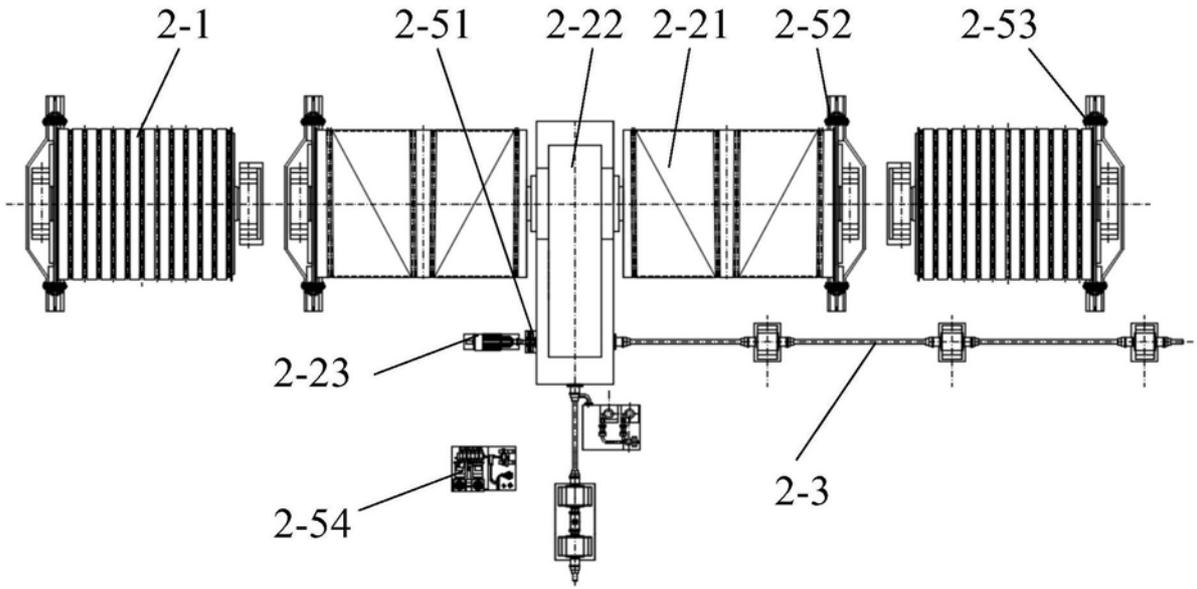


图4

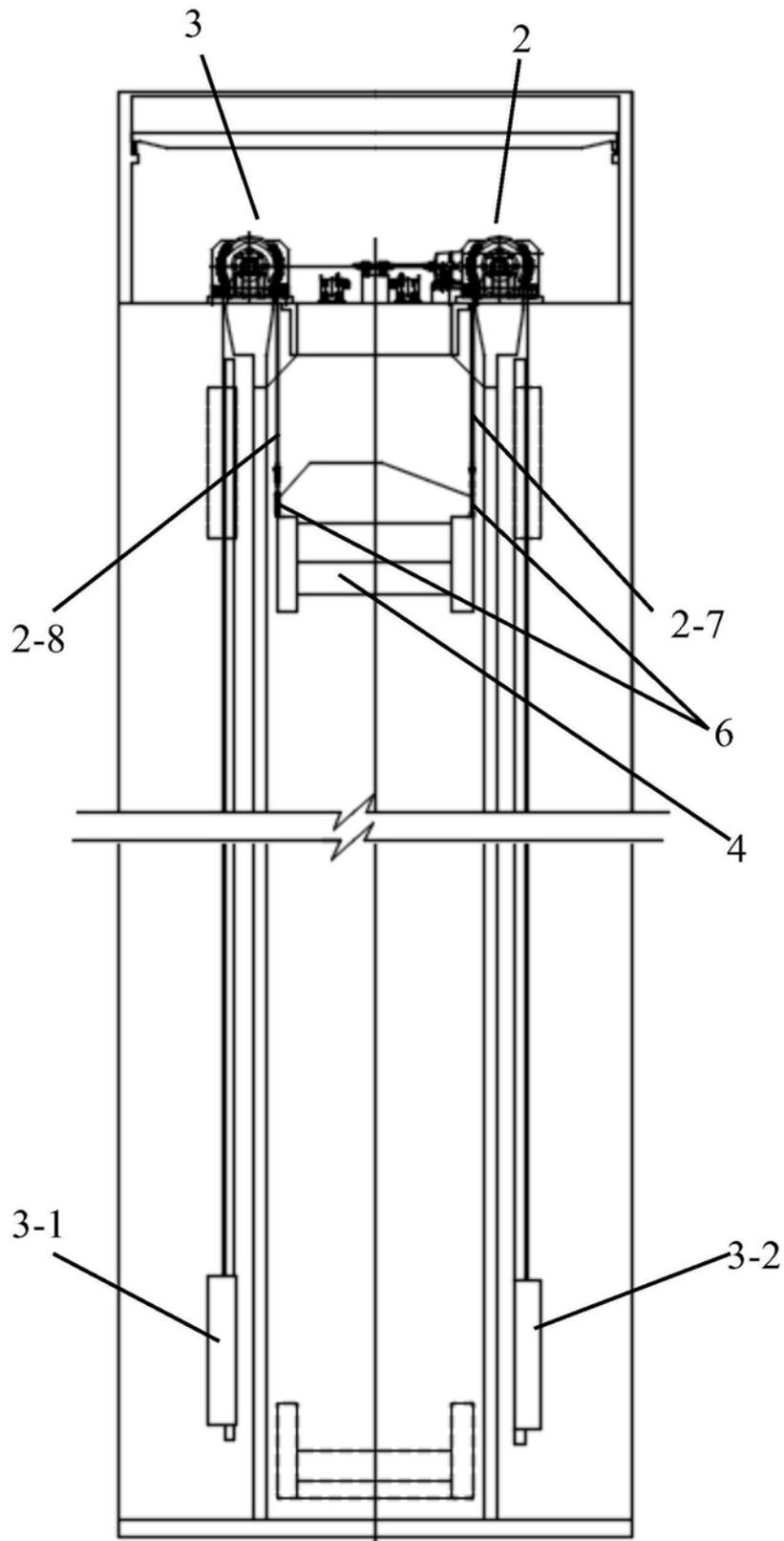


图5

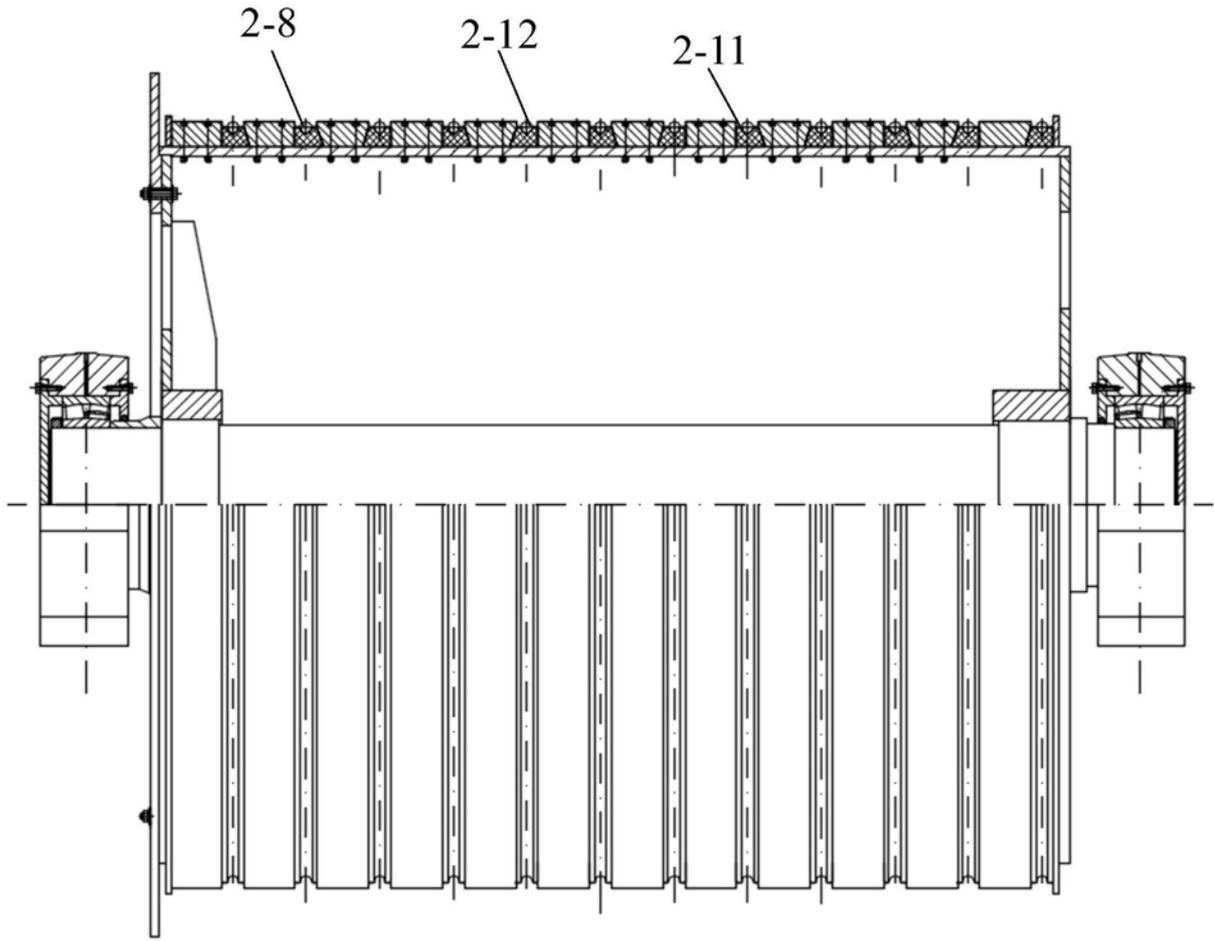


图6

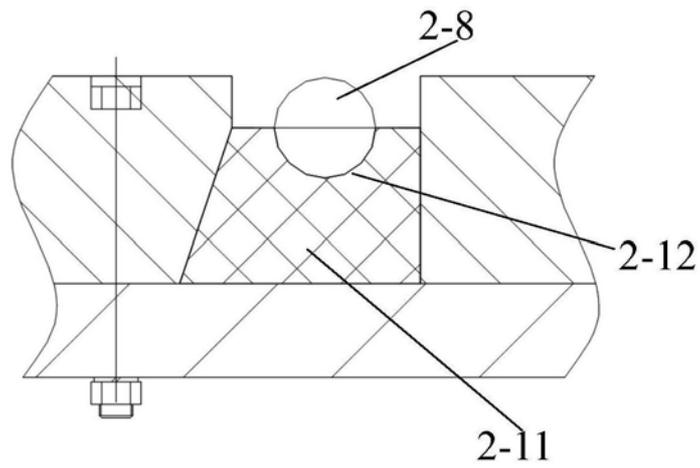


图7

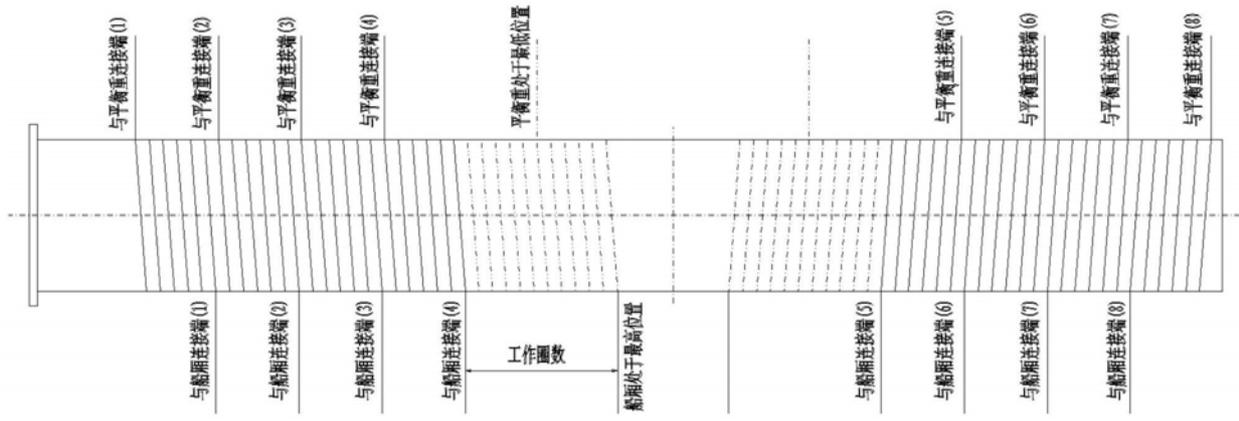


图8

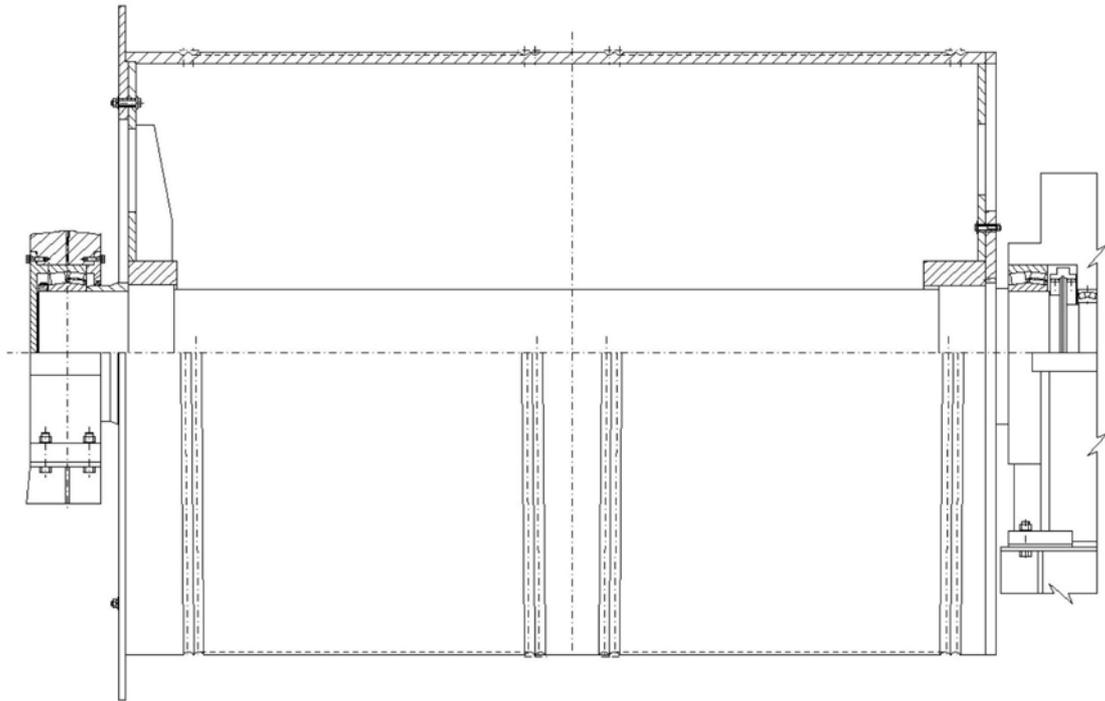


图9