

doi:10.3969/j.issn.1005-152X.2021.11.024

四车联动多用途重载全向转运平台研究

李所先¹,周源洁²

(1.四川航天神坤科技有限公司,四川 成都 610100;2.西北师范大学,甘肃 兰州 730070)

[摘要]开展了对核电站水泵电机搬运安装工装的研究,介绍了一种四车联动多用途重载全向转运平台,主要介绍了平台系统的具体构成,并对转运平台的关键部件与关键技术进行了研究,对国内核军工工程技术的发展具有实际意义。

[关键词]核军工;水泵电机;四车联动;多用途;重载全向转运平台

[中图分类号]F252

[文献标识码]A

[文章编号]1005-152X(2021)11-0134-03

Research on Multi-function Heavy-duty Omni-directional Transfer Platform with Four-vehicle Linkage

LI Suoxian¹, ZHOU Yuanjie²

(1. Sichuan Aerospace Sunkun Technology Co., Ltd., Chengdu 610100; 2. Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The paper studies the handling and installation tooling of the water pump motor for nuclear power plants, introduced a multi-function heavy-duty omni-directional transfer platform with four-vehicle linkage and after looking specifically at its composition, detailed on the key parts and technologies of the platform, which has practical significance for the development of the nuclear and military engineering technology in China.

Keywords: nuclear arms industry; water pump motor; four-vehicle linkage; multi-function; heavy-duty omni-directional transfer platform

0 引言

20世纪80年代中期,我国开始发展首批核电站。早期的核电站基本在80年代前后投入运行,在核电事业中发挥了重大的作用。同时,经过半个多世纪的发展,我国早期的核电站已经或即将进行较大的维修。对核电站设备进行检查、维修,并最终控制整个核电站的安全性,是核电站检修的最终目标。水泵电机是核电站的重要设备,在国防科技工业现代化持续发展中起到举足轻重的作用。在以上背景下,开展了对核电站水泵电机运输的研究。

1 四车联动多用途重载全向转运平台简介

四车联动多用途重载全向转运平台由4套独立

的单套多用途重载全向转运平台、拼接机构、紧固件等组成。四车联动多用途重载全向转运平台系统组成示意图如图1所示。

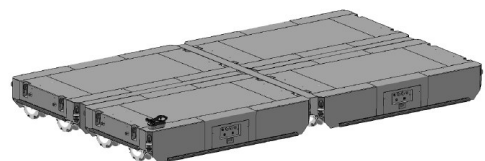


图1 四车联动多用途重载全向转运平台系统组成示意图

单套多用途重载全向转运平台主要由自动导引运输平台、自动控制系统、电源系统、减震系统、吊装机构及安全防护系统等组成。

1.1 自动导引运输平台

单套多用途重载全向转运平台的自动导引运输

[收稿日期]2021-06-27

[作者简介]李所先(1994-),男,云南曲靖人,四川航天神坤科技有限公司工程师,主要研究方向:核电非标国产化设备;周源洁(2000-),女,西北师范大学学生。

平台由八组麦克纳姆轮组成四套驱动系统,这四套驱动系统能独立控制完成整车的前进、后退、横移、斜移、原地 360° 旋转等功能,控制灵活,实现全方位运行。驱动系统每一个麦克纳姆轮上均安装有一个独立的悬挂系统,当车体在承受一定负载时,轴承座通过导向立柱上下移动以挤压阻尼式弹簧,阻尼式弹簧根据承受的压力调节自身高度,起到车体减震效果,保证麦克纳姆轮始终与地面处于接触状态。

自动导引运输平台。使用伺服电机进行驱动,动力强劲,运行平稳,多档可调无极调速。采用独立悬挂,增强了对地面适应能力。

1.2 自动控制系统

自动控制系统具有整体操作、独立操作两种功能选项。整体操作即4套多用途重载全向转运平台组合为一体工作时,对设备进行的整体操控。独立操作即单套多用途重载全向转运平台独立工作时的操控。单套多用途重载全向转运平台的自动控制系统的核心部分通常包括主控制器、运动控制器、遥控器、BMS系统、避障系统、通信系统及操作面板,其中核心是主控制器,运动控制器通过通信系统接收主控制器的命令完成各运动轴的控制,而操作面板则完成人机交互的功能。主控模块是单套多用途重载全向转运平台车体控制的大脑,它集成多种通讯方式与外部器件控制端口为一体,目的是使通讯更加快捷、灵活、方便,通过CAN通讯接口与安装运输台架中其它模块进行通讯,发送和接收指令,实现对单套多用途重载全向转运平台整体运行的操作。

1.3 电源系统

单套多用途重载全向转运平台采用锂电池为系统提供动力,并实时监测、显示蓄电池剩余电量,确保单套多用途重载全向转运平台的正常使用,并在蓄电池低电量时自动发出提示。

1.4 安全防护系统

安全防护系统主要包括智能激光避障系统、防撞安全触边和急停按钮,在非正常情况下可以通过操作急停按钮使电机立即断电,让车体紧急停车,保障现场人员及设备的安全。

1.5 吊装机构

为便于吊装搬运,在单套多用途重载全向转运平

台车体前后两端各配置两个吊装机构。

1.6 拼接机构

为适应现场的不同规格,不同型号(尺寸、重量)的电机转运,4套单套多用途重载全向转运平台通过8套连接机构可连接为一体,组成四车联动多用途重载全向转运平台,对电机进行搬运、转场。当作为四车联动多用途重载全向转运平台使用时,需将4台单套多用途重载全向转运平台平行组装运输,并用连接机构连接,重型电机固定安装在四车联动多用途重载全向转运平台上,通过一台遥控器进行控制;需要运输轻型电机时,将四车联动多用途重载全向转运平台分开使用,单独使用多用途重载全向转运平台。

连接机构包含连接座、连接柱、插等组成,通过螺栓紧固件安装于车体结构上。

2 关键部件—麦克纳姆轮的设计计算^[1]

麦克纳姆轮由轮毂和多个辇子组成,辇子与轮毂轴线成一定角度(偏置角通常为 $\pm 45^\circ$),辇子可以绕自身轴线自由旋转。所有辇子沿毂轴向方向形成的包络面为一个圆柱面,因此其投影构成一个圆,圆心为 o 点。麦克纳姆轮包络面的半径为 R ,单个小辇子两个端面的圆心为 A 点和 B 点,在投影面上的投影分别为 m 点和 m' 点, m 点和 m' 点之间的圆弧对应的圆心角为 θ , β 角为 θ 的一半,弧 pp' 为辇子外围轮廓线投影,如图2、3所示。

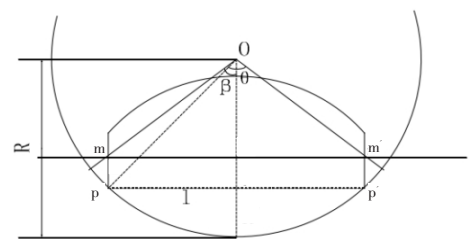


图2 辇子沿麦克纳姆轮轴向方向投影

为了保证全向移动平台在工作中承受较重的载荷,同时为确保运动的连贯稳定性,需要保证任意时刻每个麦克纳姆轮至少有两个小辇子和地面接触^[2]。因此,相临两个小辇子的投影存在一定的重合,对应的角度为重合角 θ' 。

令麦克纳姆轮中小辇子的总数为 n ,小辇子的长度为 L_{AB} ,小辇子的最小半径为 a ,小辇子的重合度

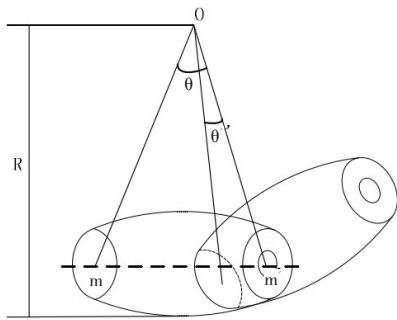


图3 相邻辊子沿麦克纳姆轮轴向方向投影

为 E , 辊子轴线与麦克纳姆轮轴线的空间夹角为 η (一般取 45°)。可以推出如下公式:

$$\theta = \frac{2\pi}{n} + \theta'$$

$$L_{mm} = 2l = L_{pp} = L_{AB} \sin \eta$$

$$\sqrt{R^2 - l^2} = a + l/\tan \beta$$

如图4所示,为了防止正常工作时辊子之间发生干涉,相邻两个辊子之间须存在一定的安全间隙,因此要求 $L_{GH} > 2L_{GE}$, 所以可推导:

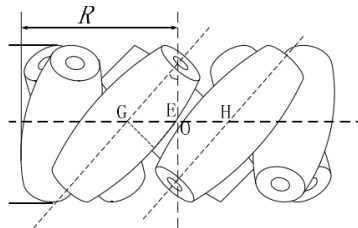


图4 相邻两个辊子之间的安全间隙

式中: $L_{GE} = \sqrt{2}(a + R)$; $L_{GH} = 2 \sin \frac{\pi}{n}(R - a - R)$

得到 $n < 9$, 由于 n 通常情况下取能被 360° 整除的整数, 如 $8, 9, 10, 12, 15$ 等。所以取 $n = 8$ 。所以设计的重载全向轮半径辊子在全向轮轴线方向投影中对应的中心角 θ 为 46° , 经过计算和比对, 小辊子个数为 8 个。

3 关键技术研究分析

3.1 四车联动多用途重载全向转运平台运动形式研究^[1]

为满足水泵电机运输转场功能, 四车联动多用途重载全向转运平台设计为可移动式, 保证 $X-Y$ 平面内运动。传统的运动形式均采用万向轮来实现。万向轮通常采用聚氨酯轮, 通过两轮差动原理实现整个转运平台的转向功能, 能够实现前、后、转弯等运动功

能, 制造简单, 价格便宜, 目前广泛应用于汽车、电子、物流等行业。但由于其运动灵活性不够, 无法全向平移, 效率较低、复杂环境中作业困难, 调整精度差, 有一定的运动局限性, 在很多场合的应用受到了限制, 无法满足水泵电机转场现场空间局限性。

四车联动多用途重载全向转运平台由 4 套独立的单套多用途重载全向转运平台、连接机构、紧固件等组成。其最大优点在于其卓越的运动灵活性, 能够实现真正意义上的全向移动, 且不同运动方式之间的转换迅速, 非常适用于零部件、设备的转运工作, 尤其是在运动空间要求较高(运行通道空间狭窄)的场合具有出色的表现, 可实现水泵电机类设备安全转场等。

3.2 四车联动多用途重载全向转运平台转场安全防护研究

安全防护系统是四车联动多用途重载全向转运平台上不可或缺的重要组成部分, 为确保转运平台工作满足核电作业现场的安全性要求, 转运平台安全防护系统拟采用智能化激光避障系统、防撞式安全触边及传统的急停开关、声光报警组合方式, 在转运现场空间局限, 移动盲区较多的情况下, 可确保设备安全工作。在非正常情况下可以通过操作急停按钮使电机立即断电, 让车体紧急停车, 保障现场人员及待转运设备的安全。

4 结语

以某核电站检修电机设备为依托, 结合以往水泵电机维修转场运输的经验, 针对核电站多批次不同规格电机转场工况开展研究, 通过对电机设备工艺的分析研究, 研制一套用于水泵电机类转场运输的专用设备。其目的是建立一套以安全、质量保证为核心的电机维修标准和规范, 指导核电站维修工程的顺利建造, 确保其安全、可靠运行, 为核电站后续的运行、维护做好技术储备。

[参考文献]

- [1] 朱浩. 基于麦克纳姆轮的全向重载移动技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2015.
- [2] 周美锋. 基于 Mecanum 轮的全方位移动机器人研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.