

华龙一号新燃料升降机轨道辅助安装设备设计研究

张小龙 田春强 乾 龙 吕 川 郭士芳

中国核工业二三建设有限公司, 广东 汕尾 516500

[摘要]新燃料升降机安装在燃料厂房乏燃料水池池壁上, 新燃料升降机的主要功能是将新燃料组件从燃料厂房+18.3m 平台运输至乏燃料贮存水池中, 通过乏燃料水池吊车和燃料组件抓举将新燃料组件放置到乏燃料贮存格架中储存。新燃料升降机轨道安装耗时较长, 安装前需在轨道安装位置搭设脚手架平台, 在安装过程中需要反复安装拆卸轨道。针对新燃料升降机轨道安装过程中的耗时和质量安全问题, 研发一套轨道辅助安装设备, 以解决升降机轨道的安装问题。

[关键词]核电站; 升降机轨道; 辅助安装

DOI: 10.33142/ect.v3i8.17507

中图分类号: TL4

文献标识码: A

Design and Research on Track Auxiliary Installation Equipment for Hualong No.1 New Fuel Elevator

ZHANG Xiaolong, TIAN Chunqiang, QIAN Long, LYU Chuan, GUO Shifang

China Nuclear Industry 23 Construction Co., Ltd., Shanwei, Guangdong, 516500, China

Abstract: The new fuel elevator is installed on the wall of the spent fuel pool in the fuel building. The main function of the new fuel elevator is to transport the new fuel components from the fuel building+18.3 meters platform to the spent fuel storage pool, and place them in the spent fuel storage rack for storage through the spent fuel pool crane and fuel component grab. The installation of the new fuel elevator track takes a long time, and a scaffolding platform needs to be erected at the track installation position before installation. During the installation process, the track needs to be repeatedly installed and disassembled. Develop a set of track auxiliary installation equipment to address the time-consuming and quality safety issues during the installation process of new fuel elevator tracks, in order to solve the installation problems of elevator tracks.

Keywords: nuclear power plants; elevator track; auxiliary installation

引言

新燃料升降机是燃料操作与贮存系统(PMC 系统)的一项重要设备, 安装在燃料厂房的乏燃料水池中, 新燃料升降机主要由上部构件、轨道、燃料舱和卷扬机组成。新燃料升降机的燃料转运主要依靠卷扬机通过钢丝绳拉动燃料舱, 完成燃料舱在轨道中的上、下转运, 进而完成燃料的上、下转运, 新燃料升降机是燃料组件水上和水下转运的交界设备。

1 新燃料升降机轨道介绍

新燃料升降机轨道由上、中、下三段轨道组成, 轨道安装后全长为 13.7m。轨道在调整前按下、中、上将轨道就位并装成整体, 通过千斤顶调节轨道的直线度和垂直度。当轨道的直线度和垂直调整合格后才能对基板进行点焊和焊接, 轨道在调整过程中由于没有有效的方法进行固定, 故而在调整轨道直线度和垂直度时会发生调整一段轨道时其余两段轨道的位置会发生变化, 导致现场需耗费大量时间反复调整三段轨道, 而当焊接轨道基板时由于空间受限, 必须将调整合格后的轨道拆除, 待轨道基板焊接打磨完成后重新安装轨道, 还需反复调整轨道的直线度和垂直度耗费大量的人力和时间。

2 新燃料升降机轨道安装过程中出现的问题

升降机轨道安装过程中需要多次吊离和调整轨道, 轨道安装过程中还需要为轨道焊接、打磨、调整人员提供一

个操作平台。在安装时需从水池底+4.56m 搭设脚手架到+18.3m 平台, 安装完成后也需拆除脚手架平台, 耗费人工成本和时间成本巨大, 其中脚手架平台需要搭设 8 层, 受每层平台高度及空间影响, 在施工过程中为了配合测量进行新燃料升降机轨道直线度和垂直度调整需对搭设的脚手架平台部分区域进行反复的拆装, 施工人员在安装和焊接过程中操作难度大, 增加了质量和安全风险。

基于以上问题, 研发一套可微调轨道位置、可整段移动轨道、可为调整轨道和焊接基板人员提供站立平台的辅助设备, 此设备可保证轨道安装调整轨道时的操作便捷, 也可保障轨道安装阶段的质量和安, 最终形成一套性能稳定可靠, 安全性高的自动化机械设备。在保证安全和质量的前提下, 以较低的成本投入, 较高的工作效率实现轨道安装的作业。

3 主要研究内容

为了能够在整体安装三段轨道的情况下对每段轨道可独立地进行调整同时又不会影响其余轨道的位置, 在轨道安装设备主臂设计为两段组装形式, 整体结构分为三部分, 第一部分为行走支撑底架, 第二部分为移动式车身, 第三部分为设备主臂, 作业平台单独独立出来为其做出一套升降机构, 可将整个机构升到需求高度后再单独升降作业平台。同时在升降轨道上安装多组夹爪用于固定和

调整轨道。主要研究内容如下：

3.1 设计方案的制定

根据现场实际需求及施工区域工况，进行辅助安装设备的设计方案、图纸等文件制定与编制。

3.2 轨道安装辅助设备的样机制造

根据轨道安装辅助设备设计方案开展样机制造工作，

完成样机制造。

3.3 轨道安装辅助设备的性能试验及模拟试验验证

轨道安装辅助设备在制作完成后，进行样机性能测试，验证满足设计要求。轨道安装辅助设备在制作完成后，进行样机的模拟试验，验证轨道安装辅助设备是否满足相关使用要求。

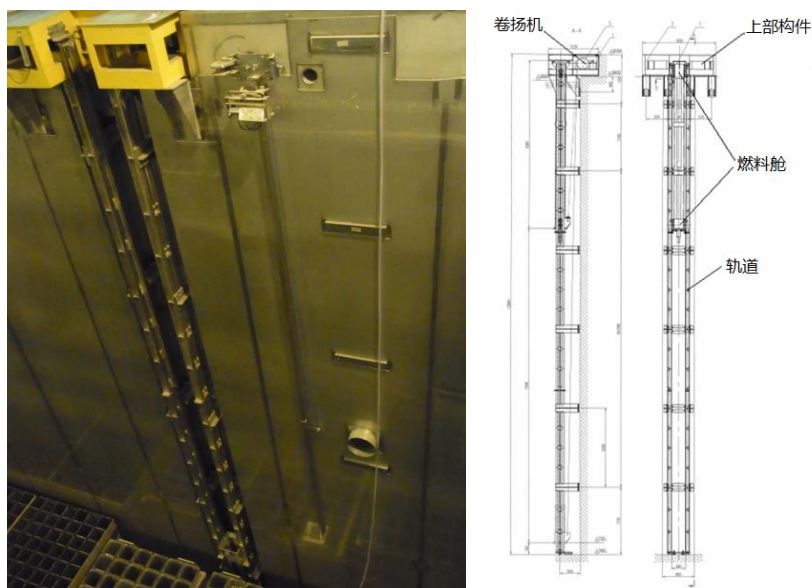


图1 新燃料升降机整体示意图

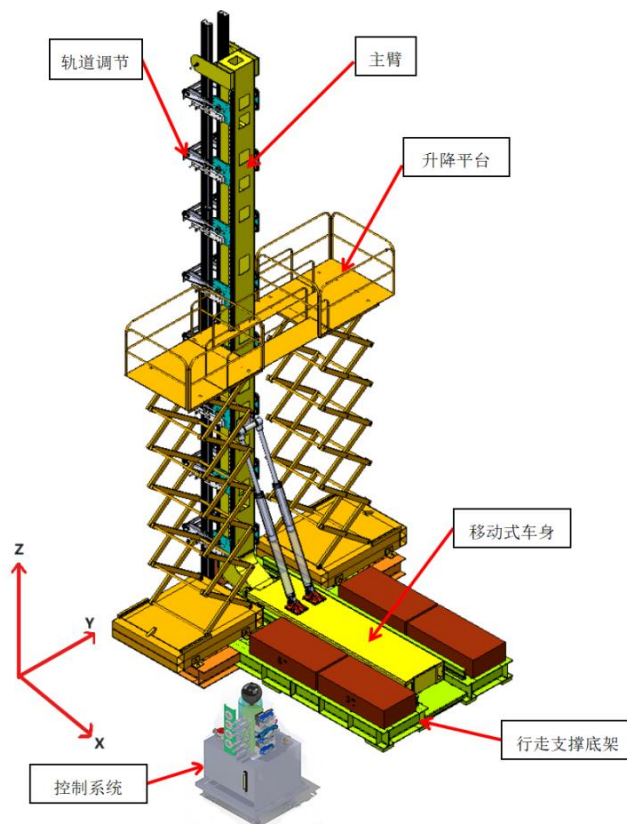


图2 新燃料升降机轨道辅助安装设备整体示意图

4 轨道辅助安装设备整体设计

4.1 设备使用区域条件分析

新燃料升降机轨道安装辅助设备需通过燃料厂房吊装口吊装到轨道安装作业区域,因吊装通过空间尺寸和吊装设备受限,所以辅助设备整体需要拆分为几部分进行吊装运输,重量最大的一部分不超过 9t,吊装到位后再由现场人员进行组装调试后投入使用。

4.2 主臂装置设计

主臂由上下两部分构成,上下两部分采用了优质钢材拼接,并在主臂上预留了观察孔,方便全站仪对轨道的打点测量作业。主臂上下两部分通过法兰和高强度螺栓连接,为了保证主臂自身安装的精度,在主臂下部分的连接法兰外侧增加了限位挡块。



图3 主臂外观示意图

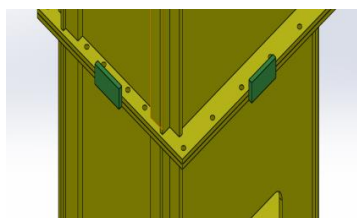


图4 法兰连接限位挡块示意图

主臂底部有升降叉,将升降叉插入轨道大底板下方后依靠伺服电机驱动可抬起整套轨道,实现轨道的上下运行,并在主臂两侧安装多套直线导轨,通过轨道调节装置把轨道与主臂进行连接,防止升降运动时轨道发生偏移。

主臂下面部分为翻转形式,由翻转油缸顶起主臂进行翻转动作,翻转动作通过控制系统进行设定翻转角度,由传感器反馈实时的角度信息状态,并在主臂上安装了机械式的角度指示器,可以让现场操作人员能够准确及时地了解主臂的翻转角度等状态。

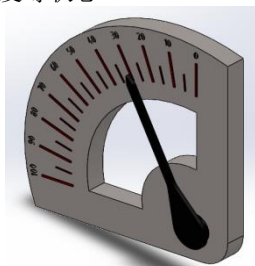


图5 机械式角度指示器示意图

主臂上各部件采用高精度加工,确保直线导轨的安装精度及翻转、升降运动的平滑稳定。

4.3 轨道调节装置设计

轨道调节装置的导轨布置在主臂两侧,防止对全站仪测量时的干扰,整体结构采用丝杆调节机构,可实现 X、Y 双轴调节功能,丝杆及导轨等相关零件安装在主臂前端,调节丝杆机构共八组,对应于八套侧支撑的调整。X、Y 轴调节机构与侧支撑位置相互对应,燃料轨道升降机构采用底托形式,依靠底部叉台托起轨道底部大底板,装置由伺服电机驱动,滚珠丝杆模组进行导向从而实现轨道升降。调节装置与基础外壁接触部件加装了柔性材料,防止与基础外壁接触面过小从而对基础外壁造成损伤。

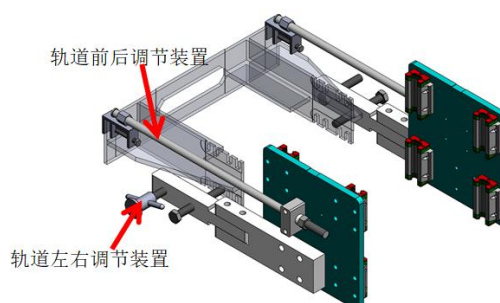


图6 轨道调节装置示意图

4.4 升降平台装置设计

升降平台由两台可移动式升降车及中间连接平台组成,但是为保证升降平台的稳定性,作业时需将可移动式升降平台固定在行走支撑底架上,升降平台采用剪刀叉形式,两侧平台可独立升降,升降平台负载 300kg,中间连接平台负载 200kg,四周加装防护栏和传感器,确保升降平台在防护门关闭状态下进行升降,确保人员高空作业时的安全。

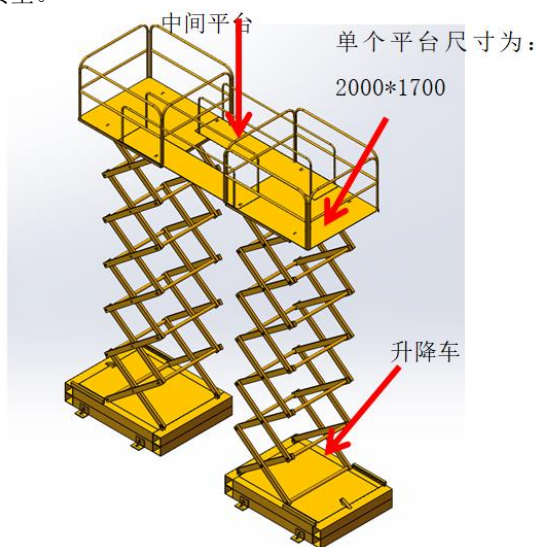


图7 升降平台示意图

升降平台具有紧急保护措施,在设备断电或者液压系

统失效时,设备处于自锁状态不会发生下降,在保证安全的情况下也可操作紧急下降按钮降下平台;升降平台防护门处设有传感器,在高空作业时防护门在不关闭的情况下无法操作升降平台的升降操作。

4.5 移动式车身设计

移动式车身采用优质型材拼接完成,行走机构采用液压系统前推形式,确保设备运行时可控速度及稳定性,行走轮采用多个高负载轴承轮,确保车身运行的平稳。移动式车身与主臂连接处采用销轴连接,内部并安装有无油轴承,减小翻转时的摩擦力。

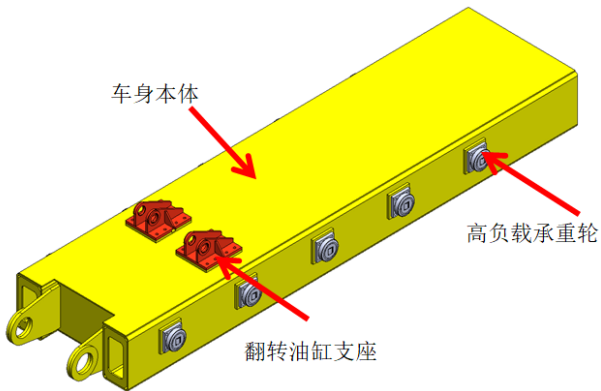


图8 移动式车身示意图

4.6 行走支撑底架设计

行走支撑底架由液压行走装置、升降平台底座及配重块组成。

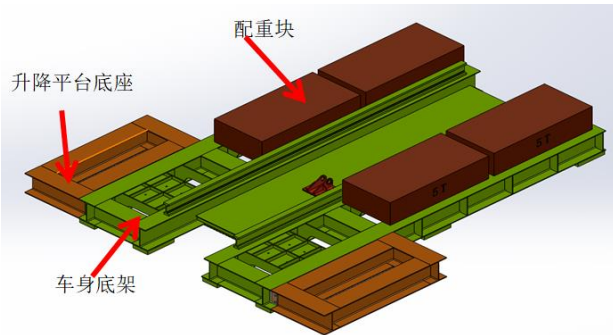


图9 行走支撑底架示意图

液压行走装置分别在支撑底架上安装了四套,每套液压行走装置都可进行X、Y、Z三个方向的运动,并可获取传感器的数据以实现自动调平等功能。

(1) 通过分布在支撑底架上的姿态传感器(倾角传感器、静力水准仪等)来感知支撑底架的水平度等参数,反馈给控制系统中相应的算法进行处理,得出需要调整高度数据,然后通过液压装置控制顶升进行调整。调整过程需要一次或多次,直至最后姿态传感器反馈的数据达到设定要求(自动调平精度:支撑行走底架水平度 $\leq 1\text{mm}$)。

(2) 在支撑底架上布置多个水平检测仪,以便人工去核准整体的水平度。

(3) 升降平台底座因吊装作业空间受限,所以采用螺栓连接的形式与支撑底架进行连接,在吊装时可进行拆卸以方便吊装作业。

(4) 因作业场地限制,行走支撑底架无法与地面进行固定,所以在行走支撑底架上安装可拆卸的配重块来稳定整体设备。

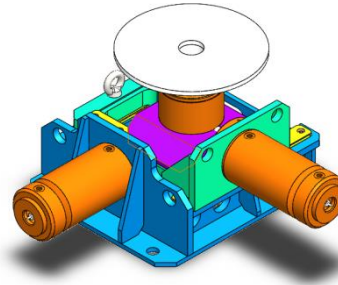


图10 液压行走装置示意图



图11 倾角传感器示意图

4.7 控制系统设计

控制系统由液压装置、电控系统、触摸式操作系统及各类传感器组成液压装置为整套设备提供动力,其中可控制液压行走装置各方向的移动、主臂的翻转、轨道的升降及移动式车身的前后运动。

电控系统和触摸式操作系统为液压装置提供自动化控制,在与各类传感器的搭配下,可实现对整套设备的控制及状态显示,并可实现自动底架调平、主臂翻转角度控制、移动式车身的移动行程控制、轨道升降行程控制等。

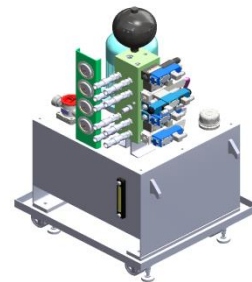


图12 控制系统示意图

5 设计难点及解决措施

如何保证轨道的安装精度、便于操作与移动、实时状态显示及安装现场空间受限为首要问题。

根据现场轨道安装的精度、安装人员的施工难度及现场工况等定制专项的轨道安装辅助设备。该设备由液压装置、电控系统、各类传感器及触摸式程序控制屏来进行设备的驱动和控制,通过整体设备模块化的设计来解决实现现场作业空间受限的问题,其中轨道调节装置可对轨道的直线度及垂直度进行精准的调整以满足轨道的安装精度。

通过辅助设备改进了轨道的安装工艺,实现有效降低核工程安装成本,降低施工风险及缩短安装工期,提高工作质量的目标。

6 经济效益、应用场景分析

相较于目前行业内传统的人工安装调整,采用该专用辅助设备可大幅度提高轨道安装的工作效率和降低人力资源投入,缩短轨道安装的施工工期,为后续设备的施工顺利开展提供保障。

新燃料轨道安装辅助设备的应用提升公司施工的机械化水平,增强企业的核心竞争力,改变现有的生产模式,

降本增效,实现企业的现代化生产和技术装备的革新。

【参考文献】

- [1] 中华人民共和国国家标准.钢结构设计标准:GB50017-2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017:10-11.
 - [2] 陈绍蕃.钢结构稳定设计指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.
 - [3] 周洋,袁巍,战蓉洁.压水堆核电厂新燃料升降机起升机构优化设计[J].科技视界,2019(3):33-34.
 - [4] 李均.中广核“新燃料升降机的研制”通过鉴定验收[J].电力勘测设计,2014(4):24.
 - [5] 李雷,陈祖盼,曹艳芳.CAP1000 新燃料升降机结构优化设计[J].起重运输机械,2016(3):80-82.
 - [6] 李雷.压水堆核电厂新燃料升降机运行模式与控制流程研究[J].起重运输机械,2017(4):49-52.
- 作者简介:张小龙(1985.4—),男,本科,中级工程师,中国核工业二三建设有限公司,研究领域:机械工程。