

# 门架式溜尾系统及应用

吕振刚 甘秋萍 李兴奎 严李荣 谢诗  
戴家强 梁利文 卢卫平 何克

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

**摘要:**本文介绍了配合复式门架起重设备进行联合吊装的门架式溜尾系统结构组成及应用方式。该系统由中央控制室远程控制配合复式门架起重设备协同吊装须直立安装的装置或构件,具备起吊、下放、爬行能力,同时拥有辅助纠偏及拽尾缆风装置,可有效配合主门架起重设备进行吊装作业。

**关键词:**溜尾施工 协同控制 工业以太网EtherNet/IP 轨道爬行器 低损耗 经济性

## 1 概述

由钢结构门架、液压提升装置和液压缆风装置组成的大型起重设备已经在许多吊装大型构件或重物的工程中应用,如造船厂的龙门吊安装、化工基地的反应器塔罐的安装等,是一种比使用多台吊车联合吊装更高效可靠的设备。

在化工行业基地建造工程中,经常有吊装大型且高度高的化学反应塔罐的工程。此类塔罐的吊装根据现场工况有两种吊装方式:(1)采用倒装法,吊起塔罐最上部一节,在下方焊接组装第二节,再起吊到指定高度,再在下方焊接组装下一节,直到组装完最后一节再进行最后整体安装。(2)塔罐整体焊接组装完毕,由横卧状态吊装至直立状态再进行最后安装。

采用第二种吊装方式在施工时,传统方式是用一台履带吊车进行溜尾辅助,配合主起吊设备进行吊装(如图1所示)。但履带吊车溜尾的缺点是吊车与主起重设备不是同一系统操控,相互之间协同性较差,且无纠偏能力,费用也高。为克服这些缺点,比履带吊车更有效,更经济的门架式溜尾设备应运而生。

本文以山西长治的一座高硫煤清洁利用油气电一体化的化工基地建设施工过程中,用于配合目前世界起重能力最大的6400吨复式门架起重设备进行联合吊装重2800吨,高61米,内径9.6米的油品合成反应器的门架式溜尾系统为例。该门架式溜尾系统设计及制造国产化率达100%,主体由1800吨提升门架、提升千斤顶及其液压泵

站、爬行器及其液压泵站和爬行轨道组成,配以纠偏和拽尾缆风千斤顶及其液压泵站作为辅助,设备的各个装置统一由复式门架起重设备的中央控制室内的计算机通过工业以太网(EtherNet I/P)进行远程操控。是适用于配合大型门架起重设备进行联合吊装,集机电液一体化的工业自动化设备。

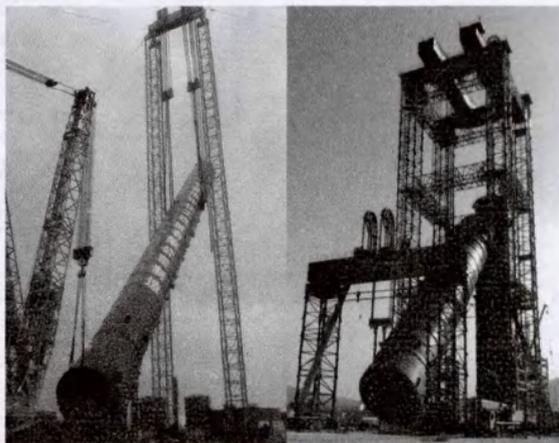


图1 履带吊溜尾(左)与门架式溜尾(右)

## 2 设备构成

用于复式门架吊装施工时替代履带吊进行溜尾作业的门架式溜尾设备由1800吨提升门架、提升千斤顶、液压爬行器、爬行轨道、纠偏及拽尾缆风千斤顶、液压泵站、电控操作系统组成:

(1) 1800吨提升门架安装在铺设好的爬行轨道上,可在轨道上滑行。门架顶部横梁上安置提升千斤顶及提升液压泵站,用于吊住重物尾部,并在吊装过程中视现场工况可进行提升和放下作业。

(2) 爬行导轨为3米一节段，每节段导轨上有3条钢轨。爬行器(如图3所示)及其液压泵站位于溜尾提升门架下方的轨道上，每一根钢轨可对应装配一个爬行器，此次工程每条爬行轨道上配置了两台爬行器。爬行器与溜尾提升门架相连，用于推动溜尾门架沿轨道向主门架方向移动。

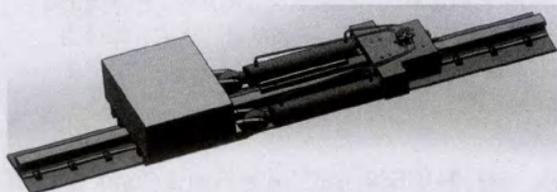


图3 爬行器

(3) 纠偏及拽尾缆风千斤顶及缆风液压泵站为辅助装置，用于克服溜尾过程中所吊重物水

平方向上的分力，防止吊装的重物的偏转，并用于最后阶段的下放安装定位调节。

(4) 溜尾装置的监视及操作系统也设置在复式门架起重设备的中央控制室内，方便操作员一起协同操作，控制系统结构图(如图4所示)。

(5) 中央控制室内有专门用于操作控制溜尾门架爬行的上位计算机，溜尾门架上的提升控制和辅助缆风的控制则通过复式门架起重设备主门架原有的提升和缆风系统上位计算机进行。操作系统采用工业以太网(EtherNet I/P)的网络结构方式与各液压泵站上配置的控制箱进行通讯，接收设备上各传感器反馈信号，并对对应的液压设备的电磁阀发出控制信号，整个施工过程由操作人员远程遥控完成。

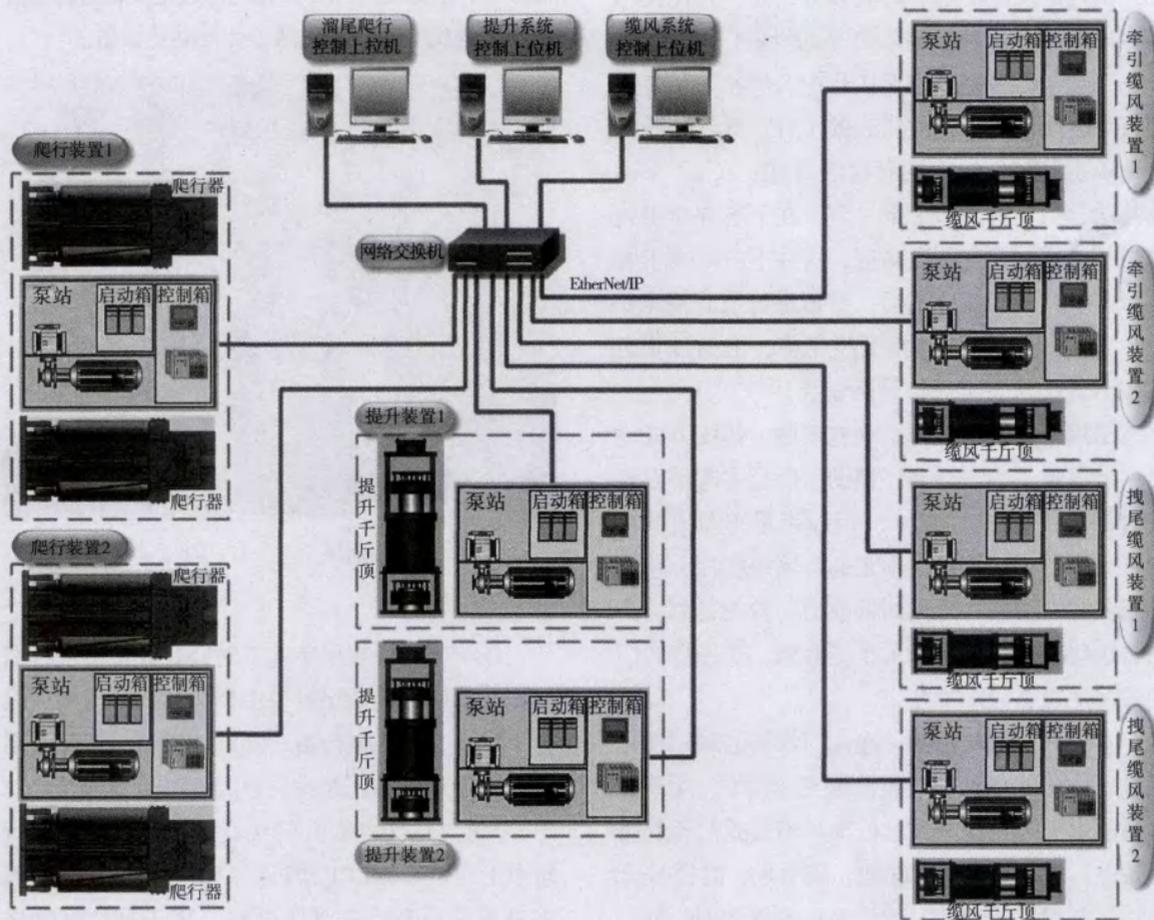


图4 控制系统结构图

### 3 门架式溜尾系统协同复式门架吊装施工过程

此次门架式溜尾系统协同复式门架起重设备吊装油品合成的反应器塔罐的主要步骤如下(如图5所示):

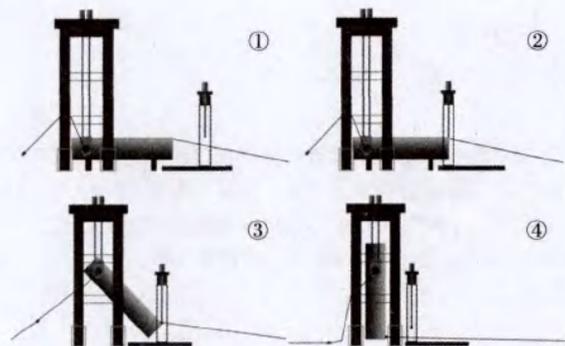


图5 门架式溜尾系统协同复式门架吊装施工步骤

(1) 复式门架起重设备主门架及吊具就位后,将反应要吊装的塔罐运送至主门架下方并放置在临时墩台上;之后安装主门架吊具,组装爬行轨道、溜尾提升门架、安装提升装置和爬行者、连接控制网络,并检查系统。

(2) 溜尾提升门架组装完成后,通过控制爬行系统将溜尾门架移动至塔罐尾部上方,安装溜尾门架吊具及后拽辅助缆风与塔罐尾部连接;纠偏缆风与主门架吊具延伸钢丝绳连接;以上工作检查确认完毕后,通过中央控制室的提升操作系统控制主门架与溜尾门架的提升装置同步分级加载提升,直到塔罐整体完全悬空,待检测罐体无损伤后,撤走临时墩台,进入下一步骤。

(3) 复式门架起重设备主门架提升器开始进行同步提升,溜尾门架爬行者同时跟随同步爬行,使溜尾门架向主门架方向靠拢。与此同时,将溜尾门架已经过的爬行轨道拆卸,并运送至主门架与溜尾门架间进行铺设;溜尾提升装置视现场工况间断式调整下放或提升,纠偏缆风跟随紧缆,拽尾缆风跟随松缆。两种辅助缆风视现场工况及受力状况,由中央控制室的操作员听从现场指挥员的指挥进行独立的调整操作,以此来保证塔罐平稳吊装。

(4) 主门架将塔罐提升到位后,溜尾门架上面的提升器缓慢卸载所有负荷,然后拆除塔罐

尾部溜尾提升吊具,溜尾提升门架任务完成;之后彻底放纠偏缆风,最后将后拽缆风缓慢松缆直至塔罐垂直。拆卸辅助缆风绳的连接,在对准地面上用于固定塔罐的地脚螺柱后,主门架提升装置进行缓慢地同步下放,将塔罐放置于地面上;待塔罐的地脚螺栓安装完毕后,主门架提升装置继续下放,直至吊具完全卸荷,整个吊装施工就此完成。

### 4 门架式溜尾系统协同吊装的优点

#### 4.1 协同工作能力强

化工厂塔罐等装置由于内部构造因素,塔罐重心并不一定在中心线上,传统的履带吊车溜尾施工,吊车吊钩无法对在施工过程中重物的偏转进行纠正,且履带吊车与主门架须通过指挥人员通过对讲机传达指挥命令,协同作业能力较差。而门架式溜尾系统有辅助缆风进行纠偏调整,同时,由于门架式溜尾系统的爬行和提升操作与辅助缆风以及主门架提升的操作都在同一个中央控制室进行,集中控制使设备的不同系统间具备良好的协同性;加上系统网络采用工业以太网(EtherNet I/P),其数据传输的容量和速度比总线网络更大、更快,有效保证了控制操作的高效力,从而保证了吊装施工安全可靠地进行。

#### 4.2 低损耗

溜尾门架的移动装置采用轨道爬行者,与其它一些采用钢绞线与液压千斤顶组合的牵引方式相比,导轨可重复使用的次数远远大于钢绞线的使用次数。

由施工状况可知,所吊装的重物体型越长,溜尾门架需爬行的距离越长。采用钢绞线来牵引,需下载长度适合的钢绞线。而轨道爬行器的导轨设计为3米一节段,施工时采用“滚木法”的方式,将溜尾门架行进的后方已经经过的导轨节段拆卸,并运送至溜尾门架前方进行铺设,使每节段导轨可以重复循环使用。所以,无论溜尾门架需要爬行的距离是多少,原有的轨道装置都能够满足施工需求,无须新增物料。

(下转第32页)

(无螺纹调节装置)、低应力后期延伸量大的特点,在梁段采用“限量留空”法控制梁端锚具安装精度,在体系转换时采用塔端、梁端协调张拉工艺,即“下放上拉”实施工艺,完成体系转换;对于大延伸量超过螺纹调整量,则采用单根张拉、单根调索、整体张拉的施工工艺,保证螺母位于设计位置,又可以控制夹片夹痕位置不落在钢绞线工作区。

(5) OVM250拉索外护套管相对国际上同规格的拉索都大一个等级,这与材料及制作工艺有相当大的因素外,考虑到施工的合理性和可行性也是其中之一,为了降低护套管外型参数,降低风阻系数,接近或超过国外同行业的技术要求,在传索工艺上提高可实施性,一方面研制新的牵索装置和临时紧索装置,初步设计为叠加式牵索器和开口式液压紧索器;

(上接第19页)

#### 4.3 经济性

门架式溜尾系统的钢结构门架、液压泵站、各类液压千斤顶、轨道及爬行器、电气控制装置的所有维护费用总和比1台履带吊车的维护费都要低。加上其爬行装置的低损耗性,使门架式溜尾的施工材料费得以减少。综其以上因素,采用门架式溜尾施工方式比履带吊车溜尾方式在成本节省方面具有明显优势。

#### 5 门架式溜尾应用注意事项

(1) 施工过程中,整套设备都由中央控制室进行操作,但毕竟为远程操作,虽然系统配有监视摄像头,可操作人员通过监视屏幕看到现场画面并不全面,所以,控制室内操作人员必须严格听从现场总指挥员的指挥,不可擅自进行判断并操作。

(2) 爬行轨道的铺设必须要平整、稳固、连接紧密。如果相邻两段导轨节段的钢轨连接不平整,连接处存在阶梯状错位或有较大间隙,极易造成爬行器的夹具卡在轨道间隙里或被钢轨端面棱角挤压而损伤,导致施工无法顺利进行。

(3) 门架式溜尾由爬行器推动,整体在轨

(6) 针对双碑大桥的前支点挂篮刚度低的特点,采用部分先装,以之完成一张、二张工艺、体系转换,然后在体系转换后,安装剩余钢绞线,可以克服低应力带来的施工风险。

#### 4 结语

尤其是对于一些大跨度的单索面斜拉桥,采用组合式挂篮施工,既保证了施工工期,又满足了各种主梁截面的设计形式,保证了结构安全。双碑大桥的成功实践,为类似工程提供了工程实例和参考范例。

#### 参考文献

- [1] 金亚彬,卜东平,张小琦.斜拉桥主梁悬臂前支点挂篮施工技术研究. 期刊论文-《北方交通》第10期
- [2] 吴悦琴.新兴大桥复合型前支点挂篮的设计与应用. 期刊论文-《公路与汽运》总第135期
- [3] 彭立志,吴正安,袁志宏.组合式牵索挂篮设计. 期刊论文-《公路》2006

道上滑动,为了减小滑动摩擦带来的阻力,施工时都会在轨道上方表面涂抹一些如二硫化钼之类的润滑物。当门架滑过涂有润滑物的导轨面之后,很有可能将润滑物挤压至轨道两侧。而爬行器的夹具恰恰是在轨道两侧表面上工作的,润滑物必定会导致夹具打滑而无法正常工作。因此,在施工过程中,需派人在门架与爬行器之间实时清洁轨道两侧,确保爬行器正常工作。

#### 6 系统应用总结

在吊装长型且须直立安装的大型装置或构件的工程中,采用门架式溜尾的施工方式与传统的采用履带吊车进行溜尾方式比起来,虽然设备结构比较复杂,前期准备工作较多,但无论在与复式门架起重门架吊装设备一起作业的协同配合能力,还是其低消耗、低维护上都具有明显优势。门架式溜尾系统的出现,是工程应用技术进步的产物,为此类工程的施工提供了一种新的、有效的、可靠的、经济的解决方案。

#### 参考文献

- [1] GB 50798-2012,石油化工大型设备吊装工程规范[S].
- [2] 甘秋萍,李兴奎.新型缆风绳预紧及放松控制系统介绍[J]. 自动化博览,2009.