箱梁盘式焊接变位机设计及应用

顾建刚　廖江文　王伟
（上海振华重工（集团）股份有限公司长兴分公司　上海　201913）

摘要：箱梁是岸桥产品中钢结构的主要组成部分，其结构焊接工序需多次翻身变位，原操作模式采用多部起重机主副钩进行同步协同翻身。而传统翻身制作箱梁焊接存在翻身变位问题，为解决该问题，本文以实际工程为例，设计了箱梁盘式焊接变位机。在箱梁制作车间的多次使用结果表明，应用箱梁盘式焊接变位机能够有效提高焊接作业的工作效率及箱梁翻身安全性，减少焊后打磨作业。通过应用箱梁盘式焊接变位机，可提高箱梁翻转操作的安全系数和箱梁结构焊缝的质量，减少箱梁翻身过程中的粉尘及噪音污染。

关键词：港口机械；箱梁；盘式变位；导向装置；驱动装置；顶升装置；连接锁紧装置

0　引言

岸边集装箱起重机是一种用于集装箱码头的专业装卸设备，简称“岸桥”，主要由箱梁结构拼接而成。在箱梁的制作过程中，箱梁的合拢缝处涉及打磨、碳刨、焊接和涂装等作业工序，需要进行多次翻身变位操作。长期以来，制作箱梁都需在大型箱梁上预安装翻身吊耳，采用多部起重机设备主副钩配合对箱梁进行同步焊接变位。此操作模式因两台行车分别由两名操作人员指挥配合作业，操作动作很难完全协调一致，在翻身变位过程中箱梁会发生大幅度晃动。而且翻身过程中起重机大小钩同时受力，部分起重机小钩因额定起重量不足，经常处于超负荷运转状态，会导致行车使用寿命大幅缩短。此外，上下箱梁制作的结构件还需在箱体上安装翻身吊耳，翻身变位后再对吊耳进行切割，会影响箱体的产品质量。传统操作模式不仅工作效率低、影响产品质量、存在安全隐患，还会产生噪声及粉尘污染。

在我国，焊接变位机已悄然成为制造业不可缺少的一种设备。为了打破传统观念，改变原始操作模式，持续更新换代重型、大型构件制造装备，规范箱梁翻转的施工工艺，节约成本，从而达到降本增效、安全施工的目的，本文对重型箱梁翻转难题进行创新性设计、研发、制作盘式箱梁变位装备。

1　箱梁盘式焊接变位机设计思路

在岸桥箱梁制作过程中，箱梁各部位焊接变位操作必不可少。但使用起重机吊装箱梁进行翻转变位不仅存在安全隐患，还会产生噪音及粉尘污染，而且焊接难度较大，因此本文根据现场作业需求设计专用的箱梁焊接盘式焊接变位机。

焊接变位机是专用焊接辅助设备，主要用于回转工作的焊接变位，从而得到理想的加工位置 [1]。因为箱梁规格（岸桥横梁截面高度 2600 ~ 3100mm，截面宽度 1250 ~ 1500mm）变化较大，普通变位机无法完成翻转作业，所以本文根据箱梁规格及车间布局采用特制盘式结构作为回转机构完成箱梁的装夹，并使用驱动装置 120t 滚轮架作为驱动装置辅助完成箱梁的翻转变位，实现无级变速及逆向回转。在设计过程中，为了提升机械的疲劳强度、延长构件的使用寿命，不仅要提高机械的表面质量，还要尽可能地减小机械表面可能发生的初始裂纹尺寸 [2]。使用时，由该箱梁盘式焊接变位机将箱梁装夹固定并 360° 任意翻转变位，360° 翻转用时约 8min，然后完成箱梁焊接作业。横梁盘式变位机及其使用示意图如图 1、图 2 所示。

2　关键构件设计

一套箱梁盘式焊接变位机主要由驱动装置、顶升装置、连接锁紧装置、主体结构及导向装置五部分组成，其中驱动装置的主体为 120t 滚轮架。

2.1　驱动装置 120t 滚轮架

驱动装置 120t 滚轮架是箱梁正常变位的主要动力，主要由盘式装夹、驱动装置两大部分组成，其

34-45 机械制造与智能化 第28期 10月上 总613期.indd 42　　2023/11/30 23:06:48

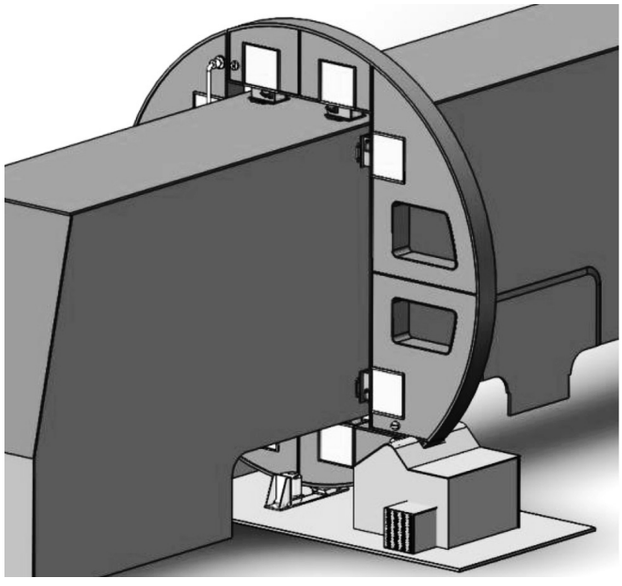


图 1　横梁盘式变位机

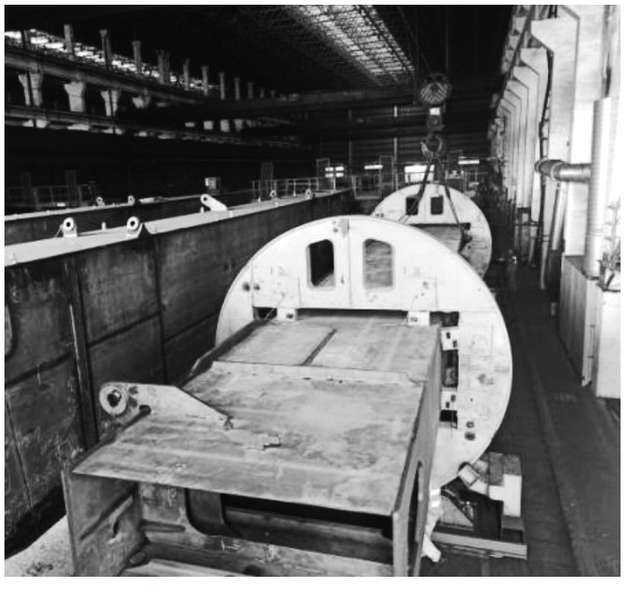


图 2　箱梁盘式焊接变位机使用示意图

作用是在驱动装置动力的驱动下让箱梁结构 360°径向任意翻转，如图 3 所示。

（1）盘式装夹。主要用于夹住箱梁结构，以确保它不会在变位过程中滑动或失去控制。这种装置通常需要足够的牢固性，以防止意外事故发生。

（2）驱动装置。主要的动力部分。驱动装置提供足够的动力，让箱梁结构进行 360°径向的变位，即让箱梁绕其中心轴线旋转。尤其是当重型箱梁结构非常大或重载时，可能需要大量的动力。

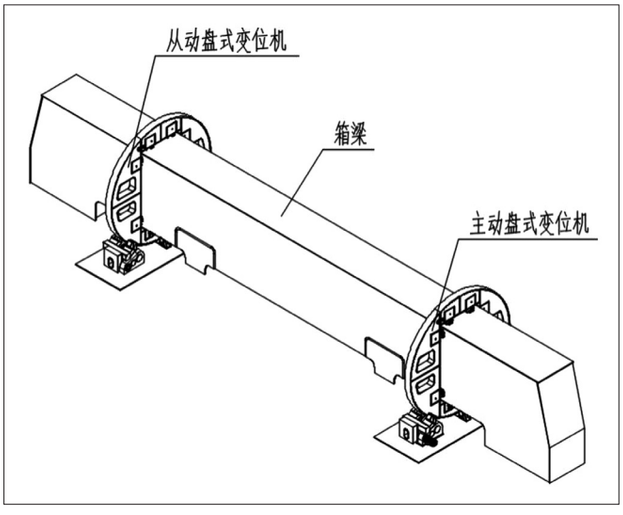


图 3　箱梁盘式焊接变位机布置示意图

2.2　驱动装置

驱动装置由主动轮、底座、电动机及从动轮组成。120t 滚轮架作为箱梁盘式焊接变位机的驱动装置主体，采用交流变频器控制。主动轮要求双滚轮驱动并同步，主要借助圆盘与主动轮之间的摩擦力旋转带动箱梁翻转变位，以完成各部件的安装、焊接及检测。滚轮架的制造和装配精度应符合国标中的 8 级精度要求，并保持滚轮始终在同一轴线上，使圆盘在转动时不易变形和打滑 [3]。

2.3　顶升装置

顶升装置采用抽屉式顶升结构，主要由滑轨、箱体外壳、用轨轮、滚车、把手、螺母、插销及斜楔组成，如图 4 所示。使用时可根据箱梁规格使用把手拖动滚车，调整与斜楔的装配位置，然后使用插销配合紧固斜楔，从而配合圆盘固定不同规格的箱梁。

2.4　连接锁紧装置

连接锁紧装置主要由驱动杆、驱动轴、连接座、端盖及销轴组成。使用驱动杆调整驱动轴位置，从而带动连接座转动，最后配合端盖及销轴完成圆盘主体结构的连接。

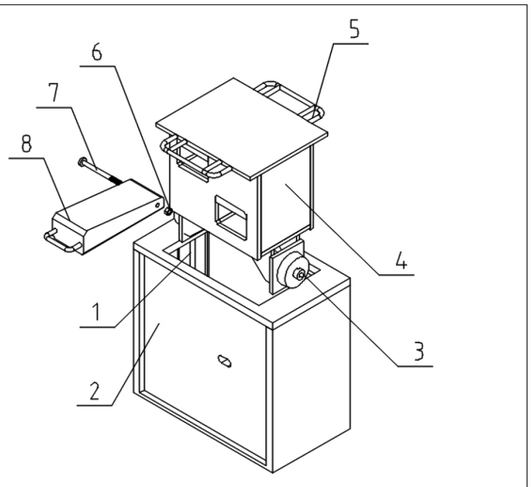
（1）驱动杆。用于调整驱动轴位置的部分。它可以通过手动或自动操作来控制驱动轴的位置，以便实现锁紧或解锁操作。

（2）驱动轴。连接座的一部分，它受到驱动杆的控制，通过旋转来控制连接座的位置。

（3）连接座。连接锁紧装置的重要部分，它通过驱动轴的旋转来实现锁紧或解锁动作。

（4）端盖。通常覆盖在连接座的一侧，以保护内

34-45 机械制造与智能化 第28期 10月上 总613期.indd 43　　2023/11/30 23:06:49



1- 滑轨；2- 箱体外壳；3- 用轨轮；4- 滚车；5- 把手；6- 螺母；7- 插销；8- 斜楔

图 4　顶升装置示意图

部机械部件，并确保其正常运行。

（5）销轴。用于固定连接座或其他相关部件，以确保它们在操作过程中保持正确的位置和方向。

2.5　主体结构

2.5.1　设备结构

箱梁盘式焊接变位机的圆盘主体采用箱体结构，主要由圆边、吊装孔、圆盘箱体、顶升装置连接孔、插销孔等部件组成。

2.5.2　尺寸

经过数据统计，可知箱梁截面高度为 2600 ~ 3100mm，截面宽度为 1300 ~ 1600mm。考虑到工人操作空间、箱梁尺寸及箱梁焊接位置高度，确定箱梁盘式焊接变位机的尺寸为 5000mm × 1800mm × 4700mm（长 × 宽 × 高），基本可覆盖常规岸桥的箱梁制作。这样的尺寸不仅能够确保有效地完成箱梁的制作工作，同时提供了可满足常规岸桥所需的安全和可操作性。

2.6　导向装置

导向装置主要由固定底座、滚轮、防尘盖、轴、轴套等部件组成，可装夹固定圆盘，保证圆盘与滚轮架的滚轮居中接触，避免圆盘在转动过程中因受力不均发生倾倒。

3　受力计算

为确保箱梁盘式变位机的安全使用，本文对箱梁盘式焊接变位机作业过程中的运动阻力、运动阻力矩以及驱动装置功率进行分析计算。实际工况下，已知参数、受力计算见表 1。

3.1　运动阻力计算

3.1.1　摩擦阻力 F_m

$$F_m = W \times \frac{(2f + \mu r)\beta}{R}$$

式中：W －翻转构件重量（t）；

μ －滚动摩擦系数（mm）；

r －滚轮轴直径（mm）；

R －滚轮接触面直径（mm）；

β －附加阻力系数。

3.1.2　冲击载荷

$$F_h = \frac{\psi \times a \times W}{g}$$

式中：a －平均加速度（m/s^2）；

ψ －动力效应系数。

其中，平均加速度计算公式如下：

$$a = v_p / t$$

式中：v_p －牵引速度（m/s）。

3.1.3　偏心力 F_b

$$F_b = |F_1 - F_2|$$

式中：F_1、F_2 －两台驱动装置在作业时所受到的力。

3.2　运动阻力矩计算

阻力矩：

$$T = F_{总} \cdot L$$

式中：$F_{总}$－扭力总和；

L －长度。

其中，$F_{总}$计算公式如下：

$$F_{总} = F_m + F_h + F_b$$

3.3　电动机功率计算

驱动装置电动机功率：

$$P = \frac{T \times n}{9550 \times \eta}$$

式中：n －转速；

η －机械效率。

4　操作规范和效果分析

4.1　操作规范

设备必须由指定工人进行操作，操作人员应具备对应的吊装专业知识并经过相关专业培训。使用时

34-45 机械制造与智能化 第28期 10月上 总613期.indd 44　　2023/11/30 23:06:49

表 1　受力计算

运行阻力计算					
名称	符号	计算公式	参数	参数值	结果 /t
摩擦阻力	F_m	$F_m=W\cdot(2f+\mu r)\ \beta/R$	W_1：翻转构件重量,t	15	0.2
			f：滚动摩擦系数,mm	0.5	
			μ：链轮轴摩擦系数	0.02	
			r：滚轮轴直径,mm	120	
			R：滚轮接触面直径,mm	380	
			β：附加阻力系数	1.5	
冲击载荷	F_h	$a=Vp/t$ $F_H=\Psi\cdot a\cdot W/g$	V_p：牵引速度,m/s(4m/min)	0.07	0.5
			t：启动时间,s	0.3	
			a：平均加速度,m/s²	0.2	
			φ：动力效应系数	1.5	
偏心力	F_b	按图计算	F_1	16.9	3.8
			F_2	13.1	

运行阻力矩计算					
名称	符号	结果	单位		
总阻力	$F_{总}$	4.5	t		
阻力臂	L	0.19	m		
阻力矩	T	8570.9	Nm		

电动机功率计算					
名称	符号	电动机转速	计算公式	结果 /kW	备注
电动机转速	P	3.35	$P=T\cdot n/9550\times1.5$	4.51	*1.35倍安全系数

优先安装滚轮架，保证两滚轮架间距为 10 ～ 13m。在保证重心位于两圆盘之间的情况下可以根据车间布局及现场作业情况进行调整。吊装箱梁必须平稳摆放，使用顶升装置夹紧箱梁后安装圆盘，然后使用驱动杆调整连接座，并固定销轴。最后根据箱梁规格调节圆盘的顶升装置位置，配合插销安装斜楔紧固箱梁。在接通电源前，需要检查机械、电气部分和传动装置是否完好。然后根据箱梁焊接需求进行翻转变位，待箱梁稳定后进行焊接作业。完成翻转变位后，应立即切断电源，做好箱梁盘式焊接变位机的保养和周围环境的清理工作。

圆盘及其顶升座调整要求具体如下：安装圆盘，然后使用扳手锁紧螺栓，并固定销轴（如图 5 所示）。再根据横梁规格调节圆盘上的顶升座位置，配合销轴安装斜楔固定横梁。

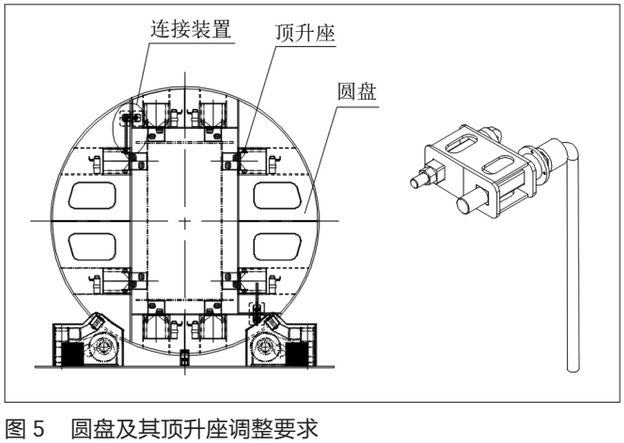


图 5　圆盘及其顶升座调整要求

（1）圆盘。将圆盘正确放置在需要的位置上，确保它与其他组件或结构稳定性。

（2）锁紧螺栓。使用扳手或适当的工具来紧固连接圆盘的螺栓，确保螺栓被适当地锁紧以保证安全连接。

（3）固定销轴。将销轴插入适当的孔中，确保它被牢牢固定在位置上。

（4）调节顶升座。根据所使用的设备或机械的横梁规格，调整圆盘上的顶升座的位置。这可能涉及升高或降低顶升座以匹配横梁的高度要求。

（5）配合销轴安装斜楔。将斜楔插入到合适的位置，以确保横梁得到适当的支撑和固定。需要根据具体的设备或机械设计来安装斜楔。

4.2　效果分析

经现场多次使用，箱梁盘式焊接变位机不仅可以优化作业人员焊接、打磨预焊件等作业的施工环境，还将作业高度降低了 400mm，实现了高空作业低空化，保证了箱梁翻身作业的安全性。而且将箱体结构的焊缝焊接由立焊改变为平焊，有效提高了焊接效率和焊接质量。

5　结语

近十年来，焊接变位机在我国工程机械行业有了较大的发展，获得了广泛的应用。虽然已有百余种规格焊接变位机问世，但对于大型箱梁焊接变位领域仍没有专用焊接变位机。实现生产的机械化、自动化和高效益是不同专业领域所有生产部门的目标，这就需要创造出大量结构新颖、性能优良的新型机械设备充实和装备各行各业 [4]。本文提出的箱梁盘式焊接变位机针对大型箱梁的翻转变位有良好的处理能力，可以有效提升箱梁翻转变位的安全性。同时，机械化生产还能改善作业环境，提升箱梁的焊接效率 2 ～ 3 倍以上，提供焊缝质量，解决了重型箱梁结构在港口机械制造行业的焊接变位难题。

参考文献：

[1] 冯菁菁 . 焊接结构生产 [M]. 北京 : 机械工业出版社 , 2018.
[2] 王德伦 , 马雅丽 . 机械设计 [M]. 北京 : 机械工业出版社 , 2020.
[3] 刘拥军 , 周友龙 , 张英波 . 焊接工装设计 [M]. 成都 : 西南交通大学出版社 , 2020.
[4] 安子军 . 机械原理 [M]. 北京 : 国防工业出版社 , 2020.

作者简介：顾建刚（1983.04-），男，汉族，江苏盐城人，本科，工程师，研究方向：港口设备工艺技术。

34-45 机械制造与智能化 第28期 10月上 总613期.indd 45　　2023/11/30 23:06:49