

车身涂装垂直摆杆输送链的设计流程与计算方法

高 阳¹, 鄢海新²

(1.东杰海登(常州)科技有限公司,江苏 常州 213119; 2.常州市安佳涂装设备有限公司,江苏 常州 213126)

摘要: 垂直摆杆链主要用于汽车车身涂装线的前处理和电泳工艺,它与滑橇输送机配合使用,是一种新型的高节拍、连续运行的自动化生产线。本文通过项目实例从摆杆输送链的总体规划、工艺布局、摆杆的设计确定、链牵引链条的张力计算、驱动功率的计算等阐述了垂直摆杆输送链的设计流程与计算方法。

关键词: 垂直摆杆链; 规划; 张力计算; 功率计算

中图分类号:TQ639 文献标志码:B 文章编号:1007-9548(2024)05-0067-04

Design Process and Calculation Method of Vertical Swing Bar Conveyor Chain for Body Painting

GAO Yang¹, YAN Hai-xin²

(1.OMH Haden (Changzhou) Technology Co., Ltd., Changzhou 213119, Jiangsu, China;

2.Changzhou Anjia Painting Equipment Co., Ltd., Changzhou 213126, Jiangsu, China)

Abstract: The vertical swing chain is mainly used for the pretreatment and electrophoresis process of the automobile body coating line. It is used in conjunction with the sled conveyor and is a new type of automatic production line with high speed and continuous operation. This paper expounds the design process and calculation method of vertical swing rod conveyor chain from the overall planning, process layout, design and determination of swing rod conveyor chain, tension calculation of chain traction chain, and drive power calculation through project examples.

Key words: vertical pendulum chain; planning; tension calculation; power calculation

0 引言

当前车身涂装工艺大规模应用垂直摆杆链,是因为其具有其他输送装置所不具备的优点,垂直摆杆链主要由驱动装置、张紧装置、摆杆、牵引链条、轨道系统、润滑装置、电控系统,以及辅助装置出入口滚床、进出口塔架等组成。前处理摆杆链主要经过的工序有:热水洗→预脱脂→脱脂→水洗 1→水洗 2→表调→磷化→水洗 3→水洗 4→循环纯水水洗→新鲜纯水喷雾洗。电泳摆杆链主要经过的工序有:电泳→超滤清洗→UF 液洗→循环 UF 液洗→新鲜 UF 液洗→循环纯

水洗→纯水喷淋洗。前处理摆杆链与电泳摆杆链除摆杆的机构、尺寸不同外其他构成相同,前处理摆杆采用 304 不锈钢材质,电泳摆杆由于电泳过程需要通电,将电流传导车身上,因此电泳摆杆多选用碳钢材质,外表面做防腐和绝缘处理,并加装电刷装置。

1 垂直摆杆输送链的工作原理

垂直摆杆输送链是两条同步运行的专用悬挂式输送链。焊装来的白车身从焊装撬转接到涂装底漆滑橇上,底漆滑橇的偏心销结构将车身自动锁紧,经滑橇输送进入到前处理入口滚床,入口滚床将滑橇和车身自动转接到悬吊的前、后摆杆上,并自动实现橇体与摆杆的锁紧,通过前处理多道工序处理后,摆杆吊挂的滑橇与车身自动转出摆杆链到出口滚床上,自动实现摆杆与滑橇分离,前、后摆杆由设备室体下部返回到上线处,滑橇携带的车身经检查工位、沥水工位后进入到电

收稿日期:2023-02-16

作者简介:高阳(1987—),男,本科,工程师,主要从事汽车涂装、总装、焊装自动化、智能化生产线机械设计,输送产品新技术、新产品研发等工作。E-mail:hygaoyang@126.com。

泳摆杆链入口滚床上面,与前处理摆杆链转挂动作一样完成转挂,电泳摆杆由电泳设备室体下部返回到上线处,如此循环作业。

2 摆杆的设计计算(以直线驱动型为例)

2.1 摆杆尺寸的确定

摆杆的高度和宽度与它的运行轨迹,决定了前处理电泳各个槽体的形状尺寸,因此要首先确定。摆杆的宽度决定了左右两输送链条的中心距、塔架宽度、槽体宽度和室体宽度,以及室内两侧喷淋管路的宽度、通道宽度、钢结构布局等。摆杆的高度与前后摆杆的距离以及入槽角度,决定了摆杆携带的滑橇和车身的运行轨迹,依据其运行轨迹与工艺时间要求才能进行槽体深度和长度的设计。因此摆杆的宽、高尺寸的确定是关键。

摆杆宽度的设计,摆杆宽度取决于最大车身宽度尺寸,并考虑车身两边距两侧摆杆的距离不小于100 mm。以某涂装项目前处理摆杆计算为例,最大车身宽度为2 200 mm(开门尺寸),则摆杆内侧宽度至少为 $B=2\ 200+2\times 100=2\ 400$ mm。

摆杆高度的设计,摆杆的高度由最大车身的高度以及车身距滑橇的高度、轨道距槽沿的高度、槽沿距槽液的高度、车身顶部在槽液中的深度等尺寸确定。以某涂装项目前处理摆杆计算为例,最大车身高度为1 650 mm,轨道形式为布置在槽体两侧槽沿的上方,工艺要求槽内液面距离槽沿为250 mm,完全入槽后车身顶部在槽内液面深度为350 mm,车身在滑橇上裙边距U型摆杆底部管中心距为510 mm,轨道为12号槽钢槽口相对拼焊而成,考虑接油盘的安装空间,轨底距槽沿高度为300 mm,轨底距摆杆承载轴高度为80 mm。经分析计算前处理摆杆高度为 $H=1\ 650+250+350+510+300-80=2\ 980$ mm。若要计算电泳摆杆高度,那么要以电泳工位的相关数据为准,确保入槽后车顶距电泳液面深度满足工艺要求,在驼峰轨道位置保证车身在摆动时车顶不出液面以外,经分析计算电泳摆杆高度为3 180 mm。

2.2 前后摆杆距离的计算与分析

前后摆杆的距离主要与车身的长度和车身的重心位置有关,车身重心应尽量靠近前后摆杆中间位置,以确保滑橇和车身在摆杆上稳定。另外应考虑前后摆杆满足运行的最小距离,由于摆杆链是垂直返回链,转出滑橇和车身后的空摆杆由下部通道返回,在返回过程中摆杆以放平台的状态运行,要保证前后摆杆不能干涉,因此前后摆杆的距离理论应不小于摆杆高度,不过摆杆两侧立管与底部横管多以大圆角过渡,因此前后摆杆的距离可以比摆杆高度略小,可做图分析,分析时

不能忽略返回通道内的轨道和导向轨道高度有变化的位置。

3 摆杆链工艺布局的设计计算

3.1 工艺节距的确定

工艺节距是指在水平段时第一组的前摆杆与第二组的前摆杆之间的距离,通过滑橇和最大车型在进槽出槽位置的作图分析来确定,确保前后两组滑橇和车身随摆杆运行时无碰撞,由于摆杆是前后摆动无约束的,因此应该预留足够的安全距离。在满足以上条件的情况下越小越好,这样使工位更紧凑,槽体和室体长度有效缩短,从而使整个前处理电泳系统也会更紧凑,某涂装中依作图分析工艺节距确定为6 500 mm。

3.2 链速的计算

链速是依据工艺节距和产能计算的,以产能30 JPH、工艺节距6.5 m为例计算链速。节拍为30 JPH,即每小时产量30台,每台用时 $t=60\div 30=2$ min,根据 $V=S/t$,链速计算为3.25 m/min,这是使用链速,实际情况中工艺链一般采用变频调速,设计链速应预留至少10%的富裕量,设计链速为 $1.1\times 3.25=3.58$ m/min。

3.3 槽内轨段长度的计算

以某涂装项目电泳槽轨段长度计算为例,工艺确定电泳有效时间 $t\geq 3$ min,不带电入槽,工艺节距为 $T=6.5$ m,每组中前后摆杆距离为3 m,链速为3.25 m/min,45°入槽,垂直弯轨为 $R3\ 000\times 45^\circ$,轨道高差3.5 m,计算电泳槽内轨段长度。经分析电泳槽内轨段长度应该由有效电泳时间段所走的路程,加前后摆杆距离,再加上两个坡段的水平投影长度来决定。经计算槽内轨段长度, $L\geq 3.25\times 3+3+2\times(3.5/\text{tg}45^\circ+2\times 3\times \text{tg}(45^\circ/2))=26$ m。

3.4 线路总长以及进口塔与出口塔位置的确定

线路总长应尽量取节距的整数倍,由工艺布局确定进口塔与出口塔的初始位置,按总链长为节距的整数倍对进口塔与出口塔的位置进行微调,如果通过调整还是相差太多,无法满足节距的整数倍,那么可将最后一组节距设计为非标节距。某涂装项目中电泳进口塔与出口塔间距为87 m,线路因无法通过调整满足链条节距的整数倍,因此共设有32组6.5 m节距和1组9 m节距,单侧总链长为 $32\times 6.5+9=217$ m。

4 牵引链条的张力计算

对于摆杆输送链来说,牵引链条张力计算是非常重要的,它是驱动设计和链条载荷校核的重要依据。链条张力的计算方法有概算法和逐点张力计算法。

4.1 牵引链的线荷载及运行阻力

作为输送链线路设计的基本参数,在牵引链张力计算之前,必须首先计算输送链各类计算区段的单位

长度的移动载荷及单位长度的运行阻力,见表1。式中: q 为单位长度链条质量,kg/m; T 为工位间距,m; P 为摆杆质量,kg; g 为重力加速度,9.8 m/s²; Q 为车身与滑橇总质量,kg; C 为水平直线段运行阻力系数。

表1 牵引链的线载荷及运行阻力计算

计算区段	单位长度移动载荷/(N·m ⁻¹)	单位长度运行阻力/(N·m ⁻¹)
空载段	$q_1=(q+PT)g$	$f_1=Cq_1$
重载段	$q_2=q_1+Qg/T$	$f_2=Cq_2$

4.2 牵引链最大张力概算

牵引链最大张力概算按下式计算: $S_{max}=S_0\gamma+(f_1L_1+f_2L_2)(1+K\gamma)+\sum G+F_{水阻}$,式中: S_0 为牵引链的初张力,通常选取 $S_0=1\ 000\sim 5\ 000\text{ N}$; f_1 为空载段单位长度运行阻力,N; f_2 为重载段单位长度运行阻力,N; L_1 为空载段展开长度,m; L_2 为重载段展开长度,m; γ 为综合阻力系数,按公式 $\gamma=u_1u_2u_3\cdots$ 计算, x 、 y 、 z 为各弯曲段的个数; K 为局部阻力经验数,当所有弯曲段数量 ≤ 5 时取0.5, >5 时取0.35; u_i 为全线各个不同转弯段的阻力系数,90°垂直弯轨取1.062,45°垂直弯轨取1.031,30°垂直弯轨取1.025,15°垂直弯轨取1.011; G 为上坡段或下坡段的提升载荷(上坡段取正值,下坡段取负值),按公式 $G=Qg\sin\beta$ 计算,式中: Q 为上坡段或下坡段空载小车或重载小车的质量; g 为重力加速度,9.8 m/s², β 为爬坡角度; $F_{水阻}$ 为运行时水对车身的阻力,N。

4.3 牵引链逐点张力计算

逐点张力计算是按照上坡段、下坡段、水平段将输送链全线分割成 n 个计算点,一般从张力最小点开始顺输送链条走向顺序进行计算,张力最小点取初张力值。驱动力是由驱动绕入点张力减去绕出点张力加水阻力乘以不均载系数进行计算。按照水平直线段和垂直弯曲段两种情况进行计算:直线段 $S_n=(S_{n-1}+f_1L_s)u$,垂直弯曲线 $S_n=(S_{n-1}+f_1L_s\pm q_iH)u^2$ 。式中: S_n 为计算段的终点张力,N; S_{n-1} 为计算段的起点张力,N; f_1 为单位长度运行阻力,N/m; L_s 为计算段展开长度,m; q_i 为单位长度移动载荷 N/m; H 为爬坡段高度差(上坡取正值,下坡取负值),m; g 为重力加速度,9.8 m/s²; u 为计算时选定的某一种转弯段的阻力系数(按4.2公式说明中 u_i 选取),水平段取1。

4.4 以某涂装项目摆杆链为例计算牵引链条张力

项目中摆杆链布局及各垂直弯轨数量见图1所示。双侧链条质量60 kg/m,单个摆杆质量195 kg,滑橇质量320 kg,车身质量500 kg,工位间距6.5 m,链速3.58 m/min,共计33组摆杆,其中重载段牵引链总长100 m,空载段总长117 m,直线段阻力系数 C 取0.02,考虑双侧链条按0.04计算,初张力取3 000 N,水阻按六组车阻力取2 000 N,考虑最不利情况增加一个重载上坡载荷5 682 N,综合阻力系数经计算为2.73,空载段运行阻力47 N/m,重载段运行阻力96.5 N/m。

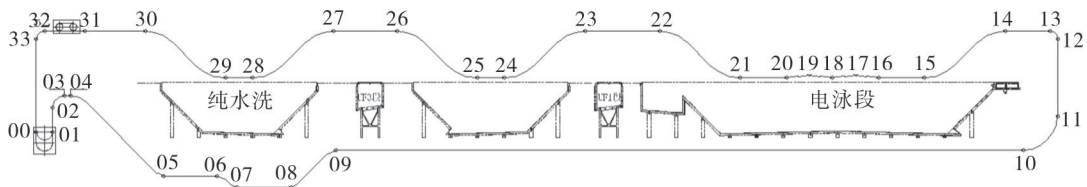


图1 张力计算

1) 概算法计算最大张力: $S_{max}=3\ 000\times 2.73+(47\times 117+96.5\times 100)\times (1+0.35\times 2.73)+5\ 682+2\ 000=45\ 495\text{ N}$ 。

2) 逐点张力计算法计算驱动力(见表2), K_0 为不均载系数, $F_{驱动力}=K_0(S_{31}-S_{32})+F_{水阻}=44\ 900\text{ N}$ 。

3) 功率计算: $P=KiFV/(60\times 1\ 000\eta)=5.47\text{ kW}$,式中: K 为工况系数,取1.3; i 为考虑两侧不同步和不确定因素的安全系数,取1.1; F 为驱动力,N; V 为链速,m/min; η 为效率。经计算应选择7.5 kW的电机。

5 结语

本文阐述了车身涂装垂直摆杆输送链的设计流程

与计算方法,通过计算与作图分析法确定摆杆的宽度和高度,前后摆杆的距离以及工艺间距,给出了运行链速的计算方法和槽内轨段长度的确定方法,并对复杂摆杆输送链牵引链条的张力计算给出了两种方法:最大张力概算法和逐点张力计算法。

参考文献:

[1] 鄢海新.汽车涂装超长烘干输送机选型设计与应用[J].现代涂料与涂装,2021(8):37-41.
[2] 邱昌胜.摆杆输送系统在涂装生产线上的设计应用[J].现代涂料与涂装,2013(4):45-49.

表2 牵引链逐点张力计算

计算点	计算区段	$q_i/(N \cdot m^{-1})$	$f_i/(N \cdot m^{-1})$	u	L_s/m	L/m	H/m	S_n/N	备注
0								3 000	初张力
01	R610×180°	1 176	47	1.126	1.916	1.22		3 918	张紧轨道
02		1 176	47	1	1.79		1.79	6106	
03	R890×90°	1 176	47	1.062	1.398	0.89	0.89	8 142	上坡
04		1 176	47	1	0.45			8 163	
05	R1 640/R610×45°	1 176	47	1.031	9.249	6.882	-5.95	1 701	下坡
06		1 176	47	1	4			1 889	
07	R890/610×45°	1 176	47	1.031	1.765	1.476	-0.855	1 028	下坡
08		1 176	47	1	4			1 216	
09	R890/610×45°	1 176	47	1.031	4.445	3.371	2.75	6 937	上坡
10		1 176	47	1	68.671			1064	
11	R2 560×90°	1 176	47	1.062	4.021	2.56	2.56	1 572	上坡
12		1 176	47	1	5.715		5.715	22 062	上坡
13	R610×90°	1176	47	1.062	0.958	0.61	0.61	25742	上坡
14		2 412	96.5	1	8.83			26 594	重载
15	R2 860/R3 140×45°	2 412	96.5	1.031	7.176	5.985	-3.5	20 032	下坡
16		2 412	96.5	1	3.422			20 362	
17	R2 860/R3 140×15°	2 412	96.5	1.011	1.738	1.713	0.25	21 600	上坡
18	R2 860/R3 140×15°	2 412	96.5	1.011	1.738	1.713	-0.25	21 633	下坡
19	R2 860/R3 140×15°	2 412	96.5	1.011	1.738	1.713	0.25	22 899	上坡
20	R2 860/R3 140×15°	2 412	96.5	1.011	1.738	1.713	-0.25	22 961	下坡
21		2 412	96.5	1	3.422			23 291	
22	R2 860/R3 140×45°	2 412	96.5	1.031	7.176	5.985	3.5	34 467	上坡
23		2 412	96.5	1	9.099			35 345	
24	R2 860/R3 140×45°	2 412	96.5	1.031	7.176	5.985	-3.5	29 333	下坡
25		2 412	96.5	1	2			29 526	
26	R2 860/R3 140×45°	2 412	96.5	1.031	7.176	5.985	3.5	41 095	上坡
27		2 412	96.5	1	13.754			42 422	
28	R2 860/R3 140×45°	2 412	96.5	1.031	7.176	5.985	-3.5	36 855	下坡
29		2412	96.5	1	2			37 048	
30	R2 860/R3 140×45°	2 412	96.5	1.031	7.176	5.985	3.5	49 091	上坡
31		2 412	96.5	1	4.5			49 525	驱动入点
33		1 176	47	1	6.9		-6.9	11 114	
32	R610×90°	1 176	47	1.062	0.958	0.61	-0.61	10 525	驱动出点

注:点 32 与点 33 是自初张力点反算计算, L 为垂直弯曲的水平投影长度。

- [3] 卞丰.汽车涂装用摆杆输送系统开发及应用探索[J].现代商贸工业,2009(4):284-285.
 [4] 魏辉,高景明.第一条国产 U 形悬摆杆输送机系统研究[J].

- 科技创新导报,2009(2):24-25.
 [5] 刘育.逐点张力法在中岭矿胶带输送机设计中的应用[J].矿业安全与环保,2003(S1):156-157. ◆