

基于视觉、Robotic 技术的驱动马达和链轮自动化装配设备设计

楚振华 杨海 张士积

(现代斗山工程机械(中国)有限公司 山东 烟台 264000)

摘要: 本文介绍了履带式液压驱动马达与链轮的自动化装配技术。该设计方案以视觉技术作为条件判断和信息窗口,以 Robotic 作为执行单元,辅助以自动化螺栓机和力矩系统,伴随全过程的信息化传递,实现驱动马达和链轮的自动化、无人化装配,涉及 13 个品种的驱动马达和链轮,机种区间从 5T-50T 都可进行生产。

关键词: 驱动马达;链轮;Robotic;PLC;自动化装配

0 引言

伴随“中国制造 2025”的实施推进,以“由制造大国向制造强国转变”为目标,各个领域都在努力推进各自的自动化程度和智能化水平。视觉技术、Robotic、伺服控制等都开始在企业规模化应用,提升自动化智能化的同时可以显著降低作业者劳动强度,缩减人力成本。

而工程机械行业受限于产品多样性和需求个性化,其在实现自动化生产上进程较慢、难度较高。因此,优先对个别工艺和模块实施自动化是目前各个主机厂主要推进的方向。驱动马达和链轮部分的装配模块在各个产品系列中存在差异的同时有较高的相似性,因此比较容易实现自动化装配。

本文介绍了驱动马达和链轮自动化装配的基本原理、工艺流程以及实际生产中避让的问题点类型。

1 装配工艺设计

1.1 装配要求

液压驱动马达与链轮装配时需要避让开工工艺孔,将

两者对正之后使用螺栓固定。螺栓要求涂抹螺纹紧固胶,同时确保每个品种系列的螺栓终力矩值要求。装配过程如图 1 所示。

技术要求事项:

- (1) 链轮安装工艺孔避让;
- (2) 螺栓自动预紧,螺栓紧固剂超过螺纹长度的 1/3,环绕涂抹;
- (3) 遵守不同规格的螺栓力矩要求。

1.2 现状分析及技术参数整理

对于手动作业而言,驱动马达和链轮使用行车吊装,不同型号的工件姿态调整和放置都是作业者主观干涉后进行,操作比较容易。但是对于自动化设备而言,需要固化工件放置的位置和方式,找出不同型号的共同点,在上件和设备操作之间找到最佳平衡点。

1.2.1 现状分析

(1) 驱动马达正常放置状态是控制阀端朝上,与安装姿态相反。驱动马达和链轮安装前,要判断是否是安装姿态,设备具备调整姿态的功能。

(2) 为了保证螺栓部分的力矩,避免产品投入市场后的螺栓松动问题,需要清理掉部品的防锈油渍,螺

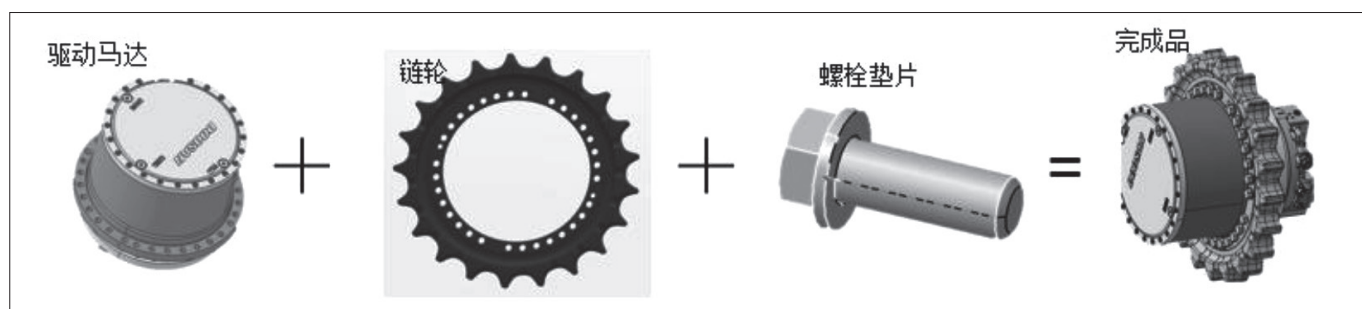


图 1 装配过程

纹孔内的异物，确保组装条件良好。

(3) 不同型号的驱动马达和链轮，匹配不同的螺栓和垫片，对于螺栓和垫片的规格信息要提前收集。

1.2.2 技术参数整理

整理的技术参数和规格，主要涉及部品的外部尺寸、力矩值、螺栓规格、垫片规格等内容。以国内某大型挖掘机生产企业为例，其整理的外观尺寸标识如图 2 所示。

按照图 2 整理的技术参数如表 1 所示。

1.3 工艺流程设计

综合技术要求和已知条件，设计驱动马达和链轮的装配工艺流程。该工艺流程根据各个公司不同情况可做调整。比如下面工艺中包含了清洗、装配完成品 AGV 运输等内容。本文只针对部分工序的自动化内容进行说明。整体工艺流程见图 3。

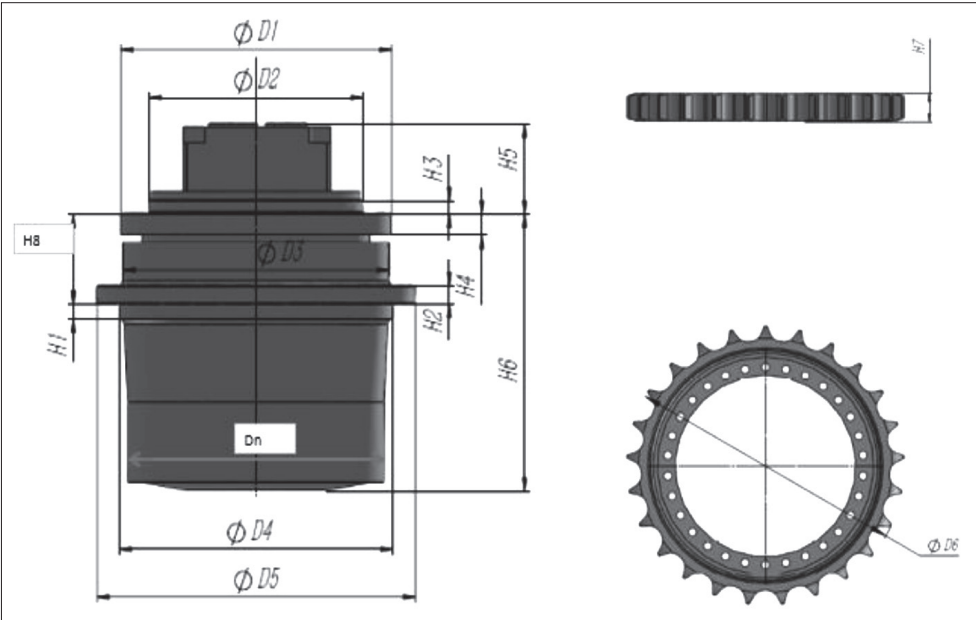


图 2 外观尺寸标识

表 1 技术参数

φ D6	φ Dn	φ dm	链轮安装螺栓孔分度圆直径	d	t	H7	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H8
425	216	294	262	230(+0.03,+0.096)	12±0.2	41.5±1	10	19	10	23	102	211	75.5
476	244	320	282	250(+0.03,+0.096)	12±0.2	41.5±1	10	19	11	25	126	222.4	68
535	244	335	300	265(+0.1,+0.2)	20	38±1	10	25	12	25	126	214.5	80
592	319	408	364	324F7	18±0.2	57±1.5	10	25	12	56	124	274.5	99.5
654	358	500	402	362F7	20±0.2	68±1.5	10	25	20	37	139.5	342	99.5
654	377	500	440	402F7	20±0.2	68±1.5	15	25	20	38	138.5	364.5	98.5
654	377	500	440	402F7	20±0.2	68±1.5	15	25	20	38	138.5	364.5	98.5
654	380	500	440	402F7	20±0.2	68±1.5	15	26	20		138		98.5
654	380	492	449	410F7	20±0.2	71±1.5	20	26	20	32	144.5	266	93.5
742	440	534	490	450(+0.135,+0.198)	26±0.2	84±1.5	28	30	20	30	166	385	112
742	440	534	490	450(+0.135,+0.198)	26±0.2	84±1.5	28	30	20	30	166	385	112
742	440	535	490	450(+0.135,+0.198)	30±0.2	90±1.5	28	30	20	30	166	385	112
816	496	595	550	510(+0.135,+0.198)	33±0.2	89±1.5	20	30	25	33	200	459	130

2 技术难点说明

2.1 多品种驱动马达和链轮的视觉装配

本方案中，采用视觉技术实现链轮和马达的安装孔对正工序，并确定每个品种的驱动马达基准孔位置，作为后续 Robotic 预紧螺栓的尺寸依据。根据产品特性，选定工件的工艺孔作为装配特征。

2.1.1 装配特征选定

以其中一种驱动马达为例，需要确定特征是工艺孔可以将安装孔规律性分割，按照顺(逆)时针方向，每个工艺孔的后端布置的安装孔都是一样的规律。

2.1.2 视觉模板建立

视觉模块建立时，不仅需要保证该处工艺孔建立正确,还要根据加工孔的尺寸偏差,设置一个“阈值”函数，作为系统调整偏差的依据。视觉模板建立时，需要关

注直径不同的马达。视觉相机同样的高度，对于不同直径的马达会有不同程度的遮挡。因此视觉相机的安装高度尤为重要。必要时可以给相机增加伺服机构，控制感应距离。

视觉的点发射特性，决定了其在拍摄周围安装孔时，孔成像不是单纯的圆形，只有在视觉相机正下方位置才能反映实际形状，其余孔都有变形。此特点在建立视觉模板时需要剔除不利因素。

2.2 Robotic 自动预紧

Robotic 的选择要根据自

身产品的结构特性、生产节拍要求等选择移动速度，作业范围合适的 Robotic。本方案中采用安川机器人，作业半径 1.7m。

由于 Robotic 安装螺栓时，没有视觉系统的配合，所以在上一步视觉系统找特征时就要确定下来马达的唯一放置位置。

该步骤除了要考虑 Robotic 本身的精度外，还要考虑 Robotic 安装位置精度、部品螺栓安装孔加工尺寸精度、视觉偏差等因素。

2.3 螺栓机及垫片正反面识别

某工厂需要的螺栓种类分为 6 种，其中表 2 所示深色部分的需要匹配垫片，垫片匹配时要求冲压正面朝上。

目前市场中成熟的螺栓机比较多，垫片的正反面识别技术虽然有视觉的额，有距离传感的，但是都不能保证 100% 正确率。下面介绍一种成本低廉，但正确率却能达到 99.9% 的方法。

首先我们了解一下垫片的特征。现用的垫片厚度 3 ~ 4mm，一般采取冲压的工艺生产，正面与反面的圆面半径不同，滚动时反面没有依靠时会掉落。利用该特性，利用垫片滚动过程中自动筛选正反面。

2.4 自动换螺栓套筒机构

由于设备的多机种公用特性，多种螺栓作业的时候需要切换到对应规格的螺栓套筒，因此需要设计制作自动换套筒结构。

Robotic 末端预紧属具设计时需要与套筒的使用特

性相匹配，以现在市场绝大部分的套筒为例，利用定位珠在套筒壁的移动与末端属具连结。

自动换套筒机构设计制作时要注意以下几点：①套筒是否在位的检测，该位置的精度要控制在 0.5mm 以内；②双向动作气缸，将定位珠外套脱离后，应设定检测和反馈，否则会发生未脱离的情况下上拔，造成机构受损；③内部弹簧要定期润滑，清洁。

2.5 装配面清洗设备设计

为了保证行走驱动马达和链轮的螺栓紧固，防止野外螺栓松动，在部品装配前需要清除掉装配面、螺纹孔内的防锈油、灰尘、杂质等。人工清洗不仅效率低下，而且成本高，劳动强度大。根据国家环保要求，开发设计了利用水性清洗剂自动清洗部品的清洗设备。

清洗设备的工艺从上件开始，经过清洗、沥干、干燥和烘干工序，到达机器人抓取位置。清洗设备各个工序之间单独舱体设计，避免相互作业干扰。

因马达部品上的螺纹孔有部分是盲孔，清洗液进入后不容易吹出，因此要设计专门的旋转方式吹风结构，定工位旋转吹风方式将大部分液体吹出后经过下一道加热烘干工序，可以很好地解决螺纹孔带水问题。

3 控制系统

对于多工序的复杂非标性自动化设备，需要制作其上位控制系统，并与现场的 MES/Andon 系统对接，按照主线生产计划自动排产。还要考虑保留适当的成品在工数量，以应对多个生产线和突发事件。

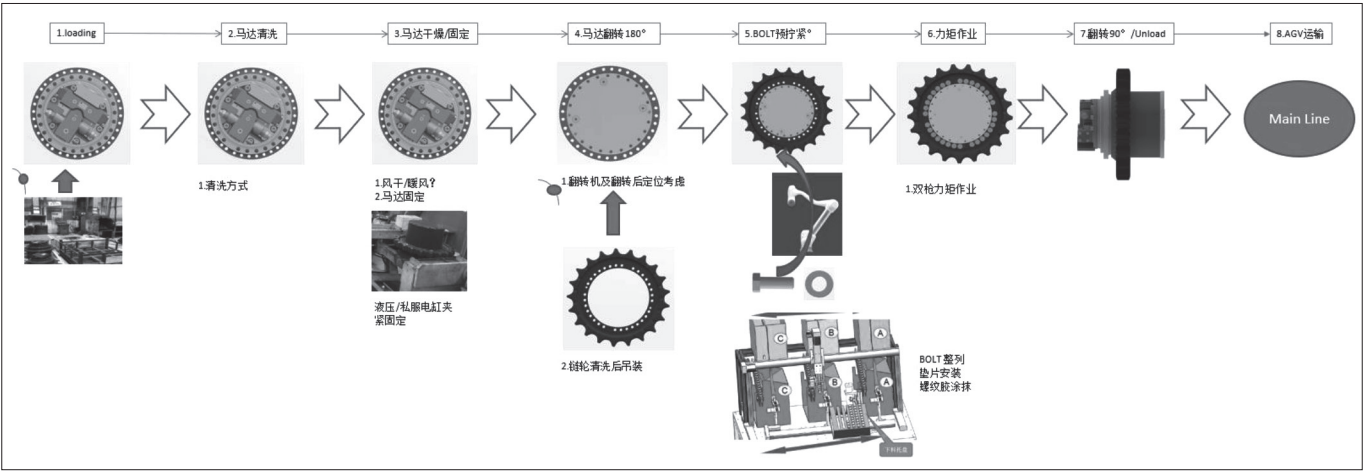


图 3 整体工艺流程

表 2 螺栓种类

位置 / 机种	VGK5.0	5/6T	7-8	13-15	20	23	26	30	36	38	50
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
装配螺栓	M12	M14*2.0*35	M14*2.0*50	M16X2.0*45	M16X2.0*45	M16X2.0*45	M18X2.5X45	M20X2.5X60	M20X2.5X65	M20X2.5X60	M20X2.5X65
	24	24	24	30	60	60	52	56	56	64	72

3.1 物流同步性

因设备的节拍时间较快，因此要考虑部品供给和完成品运送主线的同步性。本方案中，对部品供给的牵引车、生产主线需求工序、完成品供给牵引车构建 Andon 系统，可以让主线需求在各个环节实时显示。

3.2 完成品数量确定

完成品在工数量，取决于组装设备 Cycle Time+ 牵引车投入所需时间。以下生产线节拍时间 18min 为例，绘制两者的需求对比图。通过对比可以得知，装配线投入时间在组装线需求时间前 72min 投入即可。考虑设备稳定性，可以增加 15% ~ 20% 富余时间。

3.3 系统对接构筑界面

从系统中，对接所需要的数据，比如部品所对应的机种、号机、品号、程序号等内容，上位系统与装配各个模块的 PLC 按照步进形式进行数据通讯。

多型号生产设计时，需要找出每一个机型的唯一识别码，可以是品号、订单号、机种信息等，将该识别码与部品程序相对应，才能保证程序调用的正确性。

如图 4 所示是设备上位控制系统从 MES 生产系统中调出的数据，跟随部品作业逐步下传，每一个工位的作业结果对应保存，最终形成可查询的作业履历。

4 结语

本项目中，笔者从方案设计，到方案检讨、技术协议、图纸审核、设备安装、程序编制、作业调试，再到最后的系统对接和稳定运行，虽然进展过程中遇到很多的遗漏和突发困难，机械方面为了解决小的问题往往做了很多大的改动，程序和系统方面的问题却又经常性找不到根源。但是向多个专业领域的专家请教和问题解决过程中，不仅提升了自身的技术水平，同时也

Facility	1200	ModelName	DX305LC-9CAGE
Equipment	AAA-111	SerialNo	020305
WorkCenter	A14U13	SequenceNo	Y74
ProductionLineNo	SUB1	MaterialNo	
WipOrderNo	700005924052	RecdpeNo	AAA-111_20211123102026757
WipOrderType	1	Item	OptionASCII01
OprSequenceNo	001200#0010	ItemValue	4
ModelCode	CECFY	ItemDescription	

图 4 MES 生产系统中调出的数据

扩大了非标设备领域的视野，该项目中运用了业界先进的视觉系统、大量伺服交叉控制、Robotic 批量性螺栓预紧，这些都是应用于工程机械正式生产的优秀案例，给后续其他自动化项目的扩展提供了经验和思路。

参考文献：

[1] 霍迎辉，张连明．一种移动机器人的路径规划算法[J]．自动化技术与应用，2003，22(5)：8-10.

[2] 钟家桢，王韧，戈素贞．自主式 AGV 的路径规划及引导[J]．物流技术及应用，1997，2(1)：14-17.

[3] 张智勇，关宏，杨文华．AGV 地面控制系统结分析[J]．起重运输机械，2004(10)：36-37.

[4] 苏金生，李玉镇．浅析 PLC 技术在电气工程自动化控制中的应用[J]．电气传动自动化，2020，42(1)：38-40.

[5] 徐国林．PLC 应用技术[M]．北京：机械工业出版社，2007.

[6] 孙平．可编程序控制器原理及应用[M]．北京：高等教育出版社，2003.

[7] 胡学林．可编程序控制器教程[M]．北京：电子工业出版社，2003.

[8] 李道霖．电气控制与 PLC 原理及应用（西门子系列）[M]．北京：电子工业出版社，2002.

作者简介：楚振华（1983.04-），男，汉族，山东济宁人，本科，初级工程师，研究方向：挖掘机的生产制造工艺设计和优化，工厂自动化升级，智能化转变。