

基于三维模型的电缆工艺报表自动生成方法研究与实现

吴剑锋 万峰 邢香园 蒋谔立
上海卫星装备研究所 上海 200240

摘要：针对卫星电缆加工工艺设计过程中依据电缆二维分支图和纸质接点信息表统计生成电缆放线信息表、物料信息表和额定工时表耗时且易出差错的问题，分析了电缆三维模型包含的信息和工艺统计报表所需的输入数据信息，提出了基于三维电缆模型的电缆工艺报表自动生成方法，优化了电缆工艺设计流程。

关键词：三维电缆模型；工艺报表；Pro/E 二次开发

1 引言

卫星电缆加工工艺设计过程中有一个重要环节是依据电缆的二维设计分支图和纸质版的接点表统计生成电缆放线信息表、物料信息表和额定工时信息表，分别用于指导导线放线切割、材料领料和工时统计。这种统计方式耗时长，容易出错。目前，设计环节正逐步推广卫星电缆的全三维设计，基于三维模型描述定义电缆的全生命周期的信息并逐步取消电缆二维分支图和纸质接点表成为一种趋势，卫星电缆工艺设计环节需要提出新办法应对这种变化。

一根电缆主要是由若干线束、电连接器和标准件组成，一个线束由若干根导线组成。国内有单位研究基于 BOM 的物料信息统计^[1-3]，这对于刚性的机械部组件的物料统计非常有用。但电缆中的线束是由柔性的导线组成，一根导线在线束中仅是一个拓扑线元素并没有 BOM 节点；另外为了提高设计效率设计时并没有采用标准件实体模型进行装配，而是采用线缆属性的方式表示该根电缆包含的标准件，俗称虚拟表示或虚拟件，这类虚拟件也无法通过 BOM 进行统计。

本文针对卫星电缆设计的特点，分析了三维模型包含的信息和电缆工艺设计报表的需求，提出一种基于三维电缆模型开展工艺统计的方法，分别规划了几类报表的自动统计生成流程，并基于 Pro/E 二次开发实现了功能需求，优化了当前了电缆工艺设计的流程并提高了统计效率。

支持项目：“十三五”装备预研共用技术课题（41423010401）支持

2 需求分析

传统的卫星电缆设计制造流程如图 1 所示，工艺人员开展放线信息统计、物料信息统计和额定工时统计的主要依据电缆分支关系图和电缆加工技术要求文件（主要参考接点信息表）；为了加快统计效率本文直接以三维电缆作为输入进行统计的可行性研究、技术流程优化与开发实现。

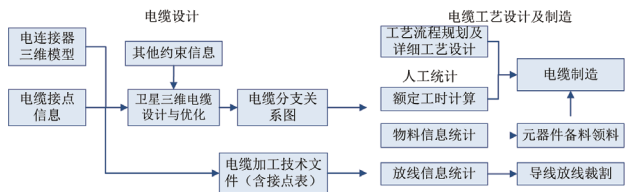


图 1 传统的卫星电缆设计制造流程

经过对三维电缆模型进行分析，得到三维电缆模型包含的信息结构（如图 2 所示），分为拓扑模型、属性信息和标注信息三大类。可以从导线模型及其自带的属性里获取导线根数、导线规格、设计长度和分支汇聚点等信息，还可以从线规信息还能知道该导线是单绞线、双绞线等特征；电连接器模型的属性里带有该电连接器的规格信息；接点信息包含接点的起点和终点的设计图号以及该图号对应的电连接器规格，同时还包含接线特征如单线接地、双绞屏蔽等；属性信息还包含电缆编号等基础的信息，虚拟件如螺钉、尾罩等通用标准件信息；标注信息包含技术要求等电缆加工的要求信息。

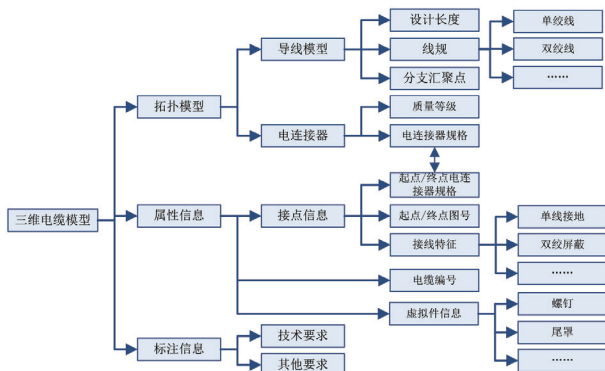


图2 三维电缆模型包含的信息

如表1所示为某根典型电缆W052的放线表，电缆编号为“W052”，每一行表示一个线束的起点和终点图号及连接起点和终点使用的导线规格、导线经过的分支汇聚点、导线长度和根数信息。起点图号和终点图号信息用于指导放线后在线两端贴标签支持后续的电连接器焊接等工作，设计长度和分支汇聚点影响实际长度。由此可知放线表主要需要起点和终点图号、线规、分支汇聚点、设计长度和根数等输入信息。

表1 某根典型电缆W052放线表

电缆号	起点图号	终点图号	线规	分支汇聚点	设计长度/mm	实际长度/mm	根数
W052	FY03S001-01-X26	FY03S001-01-X02	D-26	1	600	750	16
W052	FY03S001-01-X26	FY03S002-01-X02	D-26	2	3165	3415	8
W052	FY03S001-01-X26	X12Z-Z	D-26	2	970	1270	6

如表2所示为某根典型电缆W052的物料统计表，主要是电连接器和一些紧固件，需要物料图号、物料规格、数量和数量等级等信息。

表2 某根典型电缆W052的电连接器物料统计表

序号	名称	图号	物料规格	数量	质量等级
1	电连接器	FY03S001-01-X02	J14A-26TK	1	SAST
2	电连接器	FY03S002-01-X02	J14A-26TK	1	SAST
3	电连接器	X12Z-Z	J42-15ZJ	1	SAST
4	电连接器	FY03S001-01-X26	J30JHJ51ZKCAS01-AP	1	SAST
5	尾罩		J6W-02238NMB	4	MIL-SPEC
6	螺钉		J6W-02244NMB	6	SAST

如表3所示为某根典型电缆W052的额定工时统计表，工时和电缆本身的特征和接线特征等有关，是与各类特征相关的函数，只要能够统计出电缆的各个特征和接线特征就能够按照给定的公式计算出该根电缆的工时。

表3 某根典型电缆W052的额定工时统计表

电缆号	电缆分支	扎线	标签	单线短接	双绞线	单接地线	双绞屏蔽	电连接器		合计
W052	1	6	8	10	14	0	0	4	n	28

综上分析可以知道，电缆放线表、物料统计表和额定工时统计表中涉及的属性信息都可以通过对三维电缆信息进行提取统计和函数计算获得，这为基于三维电缆模型开展工艺统计报表生成提供可行性支撑。

3 主要关键技术研究

3.1 流程优化

优化后的基于三维模型的卫星电缆设计制造流程如图3所示，三维电缆模型是电缆工艺和制造环节的主要输入，通过开发工具软件对三维电缆模型信息进行提取和统计获取放线信息、物料信息和工时信息以支撑后续的制造工作。

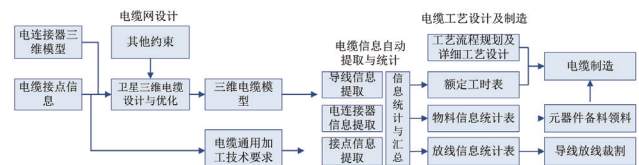


图3 基于三维模型的卫星电缆设计制造一体化流程

3.2 放线信息自动统计

放线信息自动统计计算流程如图4所示，首先对三维电缆模型解析获取接点关系信息和电缆拓扑信息，再获取导线根数、规格、设计长度、分支汇聚点、导线两端电连接器规格

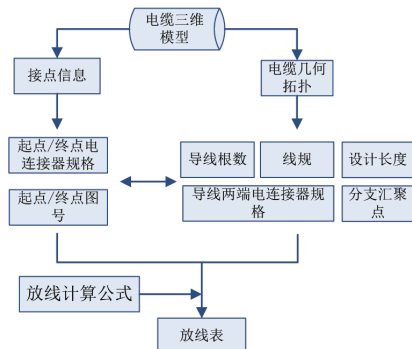


图4 放线信息自动统计流程

格和对应的图号,在此技术上按照放线计算公式生成放线表。

3.3 物料信息自动统计

物料自动统计流程如图 5 所示,首先对三维电缆模型解析获取电连接器、接点关系信息和其他属性信息,再获取电连接器规格、数量、名称及对应的起点终点图号信息、虚拟件名称和虚拟件规格等信息,最终输出为物料统计表。

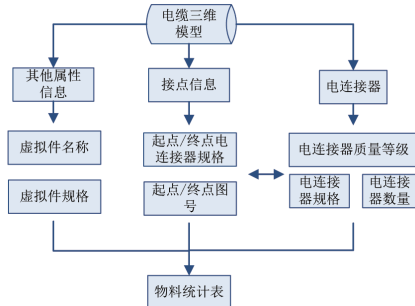


图 5 物料信息自动统计流程

3.4 工时信息自动统计

额定工时自动统计计算流程如图 6 所示,首先对三维电缆模型解析获取接点关系信息和几何拓扑信息,再解析获取接线特征信息、电连接器的针到针信息、线规和电连接器信息并统计电缆分支的汇聚点数量,在此基础上分别识别绞线、屏蔽等特征和计算电连接器数量、分支数量等,最终在工时计算公式的支持下计算并输出电缆的额定工时表。

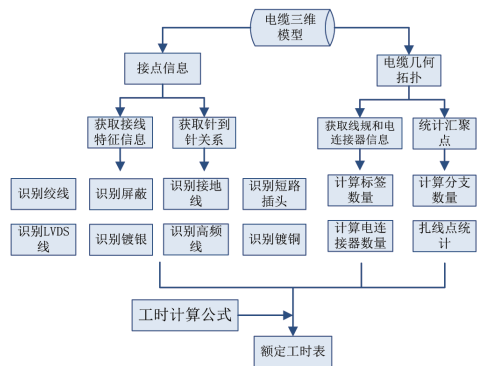


图 6 额定工时自动计算流程

4 系统实现与应用

基于上述研究,本文基于 Pro/E 二次开发实现了“卫星电缆工艺统计报表自动生成模块”,该模块集成到 Pro/E 软件菜单中,已在多个卫星型号的电缆制造过程中开展了应用,统计效率提高 90% 以上,取得了较好的应用效果。如图 7 所示为某根电缆的三维模型,如图 8 所示为自动统计的放线信息、物料信息和工时相关要素信息,放线信息的相关要

素隐藏了分支汇聚点,工时仅统计相关要素;如图 9 所示为导出的放线、物料和工时信息,额定工时在导出时按照公式计算得到。

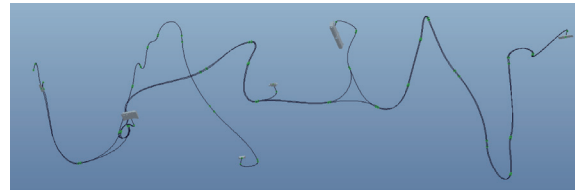


图 7 某根电缆的三维模型

放线信息统计										物料信息统计									
要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值	序号	图号/代号	名称/规格	数量						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	1	4045	1	4045	1	DYKZ-X13	J14A-51TK	1						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	2	4045	1	4045	2	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	3	2730	1	2730	3	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	4	2730	1	2730	4	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	5	4000	1	4000	5	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	6	4000	1	4000	6	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	7	3000	1	3000	7	DYKZ-X15	J14A-62TK	1						
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	8	2730	1	2730	8									
PT-20-W028	1	L412-165-X04	1	DYKZ-X13	1	9	2730	1	2730	9									
放线信息统计																			
物料信息统计																			
7																			
8																			
9																			
工时相关要素统计																			
要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值	要素名称	要素值						
PT-20-W028	4	35	35	13	5	44						5	95						

图 8 某根电缆的放线、物料及工时相关要素信息统计

序号	图号/代号	名称/规格	数量	序号	图号/代号	名称/规格	数量
1	DYKZ-X13	J14A-51TK	1	1	DYKZ-X13	J14A-51TK	1
2	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1	2	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1
3	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1	3	L412-165-X04	J18CMA-3TP	1
4	L412-167-X04	J18CMA-3TP	1	4	L412-167-X04	J18CMA-3TP	1
5	L412-168-X04	J18CMA-3TP	1	5	L412-168-X04	J18CMA-3TP	1
6	DYKZ-X15	J14A-62TK	1	6	DYKZ-X15	J14A-62TK	1

图 9 导出的放线、物料和工时信息

5 结束语

本文针对卫星电缆制造过程工艺报表统计遇到的问题,分析了三维电缆模型包含的信息及工艺统计报表的需求信息,提出了基于三维电缆模型生成工艺统计报表的方法,明确了实现的技术流程,并通过对 Pro/E 二次开发实现了设想,提高了电缆制造过程中工艺报表统计的效率。后续还将开展 Pro/E 软件和放线设备、物料管理系统集成研究,把统计生成的报表数据直接推送给放线设备和物料系统开展放线工作和物料采购申领工作,进一步提高电缆工艺和制造的效率。

参考文献

- [1] 刘岩峰,王自静.仿真三维模型物料统计系统[J].计算机工程应用技术.2016,12(30),No.30:246-247
- [2] 陈周五.基于 Pro/E 软件的 BOM 表自动生成方法研究.科教文汇.2017.11:61-63
- [3] 洪鑫华,王杰,王玫等.基于 Pro/E 的铁塔虚拟装配系统中螺栓的统计及其 BOM 表的生成[J].信息技术.2009:106-107