

# 三维电气布线技术在引信中的应用研究

## Research on 3D Electrical Routing Technology for Fuze

中国空空导弹研究院 娄心豪 王 燕 翟红旗 苗晋玲

**[摘要]** 利用 UG 6.0 软件的 Routing Electrical 模块,对引信线缆三维电气布线进行详细的阐述,并对端口参数等关键问题进行分析,实现了引信线缆的数字化定义,改变以往落后的引信线缆设计方法。通过革新设计方法,使引信线缆模型能够完美地和现有结构样机结合起来,缩短引信线缆的研制周期,极大地提高了引信线缆的研制效率和准确性。

**关键词:** 电气布线 引信线缆 基于模型的数字化定义 制造模板

**[ABSTRACT]** A detailed description on 3D electrical routing technology for fuze is given based on the routing electrical module of UG 6.0 software. Also, key problems such as ports-setting parameter are analyzed. Digital design method of fuze cable is realized and traditional design method is changed. The innovation of design method results in the perfect combination of fuze cable and the existing digital mockup. Besides, it shortens the development cycle, and enhances the efficiency and the accuracy of fuze cable.

**Keywords:** Electrical routing Fuze cable Model based definition Formboard

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.03.017

基于模型的数字化定义技术已经发展了多年,是军工企业推进设计制造一体化和提升核心竞争力的必由之路。其中,实现线缆设计的数字化定义是重要的基础之一。

引信通过线缆将各个分系统有机连接在一起形成一个整体,使各分系统能按相应的工作时序和控制逻辑完成电气信号的交换和传递。目前,对于引信线缆设计,传统的设计方式主要是按实物并结合图纸技术要求及工艺要求,绘制二维平面图,放置在样板上制作线缆。这种布线方式经常会出现引信内部空间狭小、布线路径受阻或不合理,甚至布线无法实施等问题<sup>[1]</sup>。同时存在着主观性强、盲目性大、设计周期长等诸多不足之处,不利于设计信息的可靠传递,同时也不能和已有的结构样机完美地结合在一起<sup>[2]</sup>。

UG 软件中的 Routing Electrical 电气布线模块是一

个用于生成电气布线数据的三维设计工具,具有为机械工程师、电气工程师和工艺人员提供生成电气布线系统虚拟样机的功能。利用 Routing Electrical 模块,可以建立数字化的引信线缆,从而使设计过程流畅,保证数字样机装配模型中线缆模型的正确性和完整性,利于检查与修改<sup>[3]</sup>。

本文基于 UG 6.0 软件的 Routing Electrical 模块,以某引信为背景,详细研究了引信三维线缆模型的建立过程,重点分析了元器件端口的定义、元件表和接线表建立、导入和配置、终端线路的创建等关键步骤,并生成了二维制造模板。此外,还对几个关键问题进行了分析。

## 1 引信线缆的数字化设计

### 1.1 建立引信线缆的子装配

本文中引信线缆上的接插件称为子件,与子件相配的、电路板上的接插件成为母件。首先进入 Modeling 模块,在原有的引信样机目录下创建一个空的线缆子装配,并将这个子装配设置为当前工作部件,引信线缆模型的设计,均在该空的子装配中进行。然后进入 Routing Electrical 模块,进行引信线缆建模。

用 wave link 命令将电路板上接插件(母件)的端口拷贝到线缆组件装配中,为后面接插件的放置做好准备。

### 1.2 定义接插件的端口属性

导线与零件的连接不仅指物理连接,还指其逻辑连接。为了成功地配通连接,首先必须为接插件待连接的端口提供标识符,接线表借助于标识符建立起逻辑连接。

引信中使用的接插件为微矩形接插件,对微矩形接插件端口属性的定义分为两部分:定义适配端口(Fitting port)和多端口(Multi port)。两者的标识符号,如图 1 所示。

#### 1.2.1 定义适配端口

适配端口用于连接母件和子件,允许端到端的匹配和正确的接头方位。定义适配端口,就是在微矩形接插件相互配对的母件和子件上分别设置一完全配合的矢量,在装配子件时,可以利用已定义好的适配端口,快捷地和母件装配在一起。

在定义子件和母件的适配端口属性时,尤其要注意原点(Origin)和旋转矢量(Rotation vector)的选取,正确

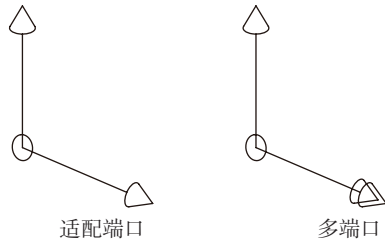


图1 端口属性标识符

Fig.1 The port attribute identifier

选择对应参数,是子件和母件正确配合的充分条件。

### 1.2.2 定义多端口

在引信线缆的制造中,每根导线需要和微矩形接插件上相应的插针焊接起来,形成一个线缆整体。微矩形接插件上的插针提供了导线连接到接插件上的准确位置。因此,可以通过为每个插针定义唯一的标识符来表示一系列的连接,也就是说需要创建一个线缆主路径到接插件的逻辑接头。在 Routing Electrical 模块中,通过对接插件定义多端口属性,可以实现对每根插针的定义和辨识。多端口属性被定义后可以永久地保存在接插件上。引信线缆中的 9 脚微矩形接插件的适配端口和多端口,如图 2 所示。

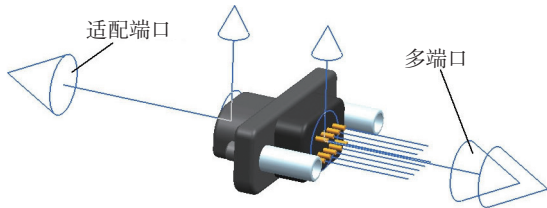


图2 9脚微矩形接插件端口属性图

Fig.2 Port attribute graph of 9 pins micro rectangular connector

本文中的引信线缆包括 2 个 25 脚微矩形接插件和 2 个 9 脚微矩形接插件,在对线缆接插件子件端口属性定义完毕后,就可以利用端口定位方式把它们和电路板上相配套的母件装配起来。9 脚微矩形接插件装配后的效果,如图 3 所示。

### 1.3 绘制布线路径

在绘制布线路径前,需要熟悉引信样机的三维视图、整个内部结构及其空间,并对视图进行必要的管理

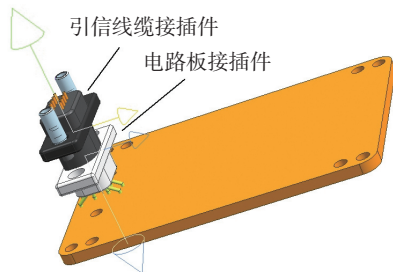


图3 9脚微矩形接插件装配图

Fig.3 Assembly graph of 9 pins micro-rectangular connector

或修改。同时,根据图纸中布线技术要求和工艺要求,对布线路径进行规划,择优确定路径。三维布线结束后,对其从整体或局部进行适应性修改及整理,为后面生成制造模板做准备,同时让布线出来线缆更加美观合理。

最后,利用 Routing path 工具条中的 Spline path 命令,可以在结构样机上绘制出布线路径。引信线缆的布线路径,如图 4 所示。

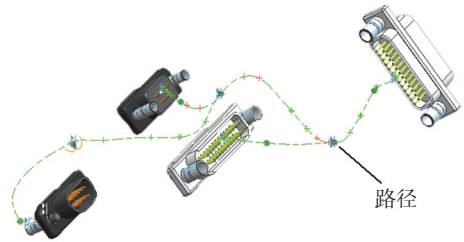


图4 引信线缆布线路径

Fig.4 Routing path of fuze cable

### 1.4 元件表和接线表

在配通引信线缆连接之前,还要根据实际的接线关系,建立起元件表和接线表。元件表中列出线缆中所有的接插件,并对其进行规范命名,给每个接插件按照具体要求赋一个唯一 ID,使 UG 系统能够精确识别;而接线表列出线缆中所有导线的连接关系,给出每根导线从何处连接到何处的信息。

#### 1.4.1 建立元件表和接线表

元件表和接线表有多种类型,本文中利用 Example 格式建立。对于此种类型的元件表,格式一般是相同的,可以根据实际的接线关系,利用文本编辑器修改 UG 安装目录下的 CFG 文件,并保存为对应的格式来实现。元件表的格式为 \*.cmp,接线表的格式为 \*.hrn。

本文中利用 Example 格式建立的引信线缆元件表和接线表,如图 5 和图 6。图 5 中, part\_name 为 UG 装配中连接器的名称; unique\_id 为连接器的 ID 号; connector\_id 为连接器标识,当有多个相同名称的连接器参与装配时,可通过标识进行区分; signal 为信号名称; description 为连接器说明。图 6 中, unique\_id 为导线号; from\_comp 为信号来源的零组件; from\_conn 为信号来源的连接器; from\_port 为信号来源的连接器端口号; to\_comp 为信号去向的零组件; to\_conn 为信号去向连接器; to\_port 为信号去向的连接器端口号; gauge 为线号; type 为线缆类型; color 为线缆颜色; length 为线缆长度; cut\_length 为剥线长度; fabrication 为线缆构成; description 为接线说明。

#### 1.4.2 导入元件表和接线表

在导入元件表和接线表之前,需要先在装配导航器中将线缆子装配设置为当前工作零部件。

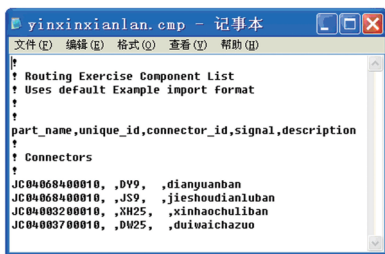


图5 引信线缆元件表

Fig.5 Components list of fuze cable

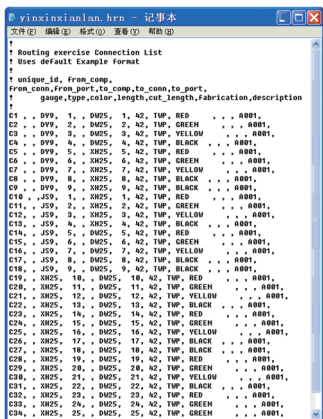


图6 引信线缆接线表

Fig.6 Wiring table of fuze cable

元件表的导入步骤为：打开组件导航器，选择 MB3 → Import → Merge，选择之前建立引信线缆元件表。

接线表的导入过程和元件表相似：打开接线导航器，选择 MB3 → Import → Merge，选择引信线缆接线表。

此时，元件表和接线表并没有和相应的接插件或者路径建立关系，还需要对二者进行配置。

### 1.4.3 配置元件表和接线表

该过程包括 2 个部分：元件表的配置和接线表的配置。配置元件表目的是把元件表中的标识分配给对应的接插件；配置接线表则是根据接线表中的逻辑关系生成电气路线。

首先在组件导航器中，在导入的元件表中任何一行前选择 MB3 → Select all，然后选择 Auto assign，即可自动配置接插件。但是，对于多处使用的接插件，由于并非唯一的，系统不能正确识别，需要进行手动配置 (Manual assign)。

在接线导航器中，点击 MB3，选择 AutoRoute → Pin level 即可配通接插件各管脚之间的逻辑连接。

配置完成后，系统可以自动计算每根导线的长度和捆扎线缆直径。最终配置完毕的引信线缆元件表和接线表如图 7 和图 8 所示，表中每一行前的“√”，表示该项已经配置成功。

### 1.5 创建终端线路

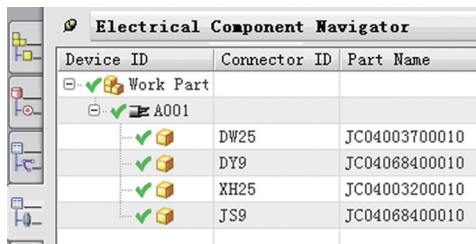


图7 引信线缆元件表的配置

Fig.7 Components list configuration of fuze cable

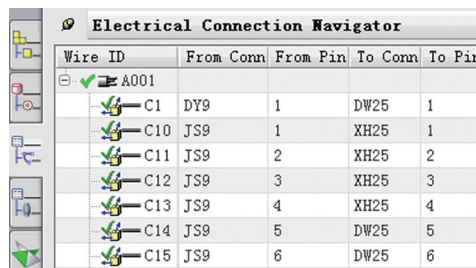


图8 引信线缆接线表的配置

Fig.8 Wiring table configuration of fuze cable

创建终端线路可以形象地在线缆和接插件子件之间绘制出单根导线，创建完终端线路的引信线缆模型在引信结构样机上的装配效果，如图 9 所示。

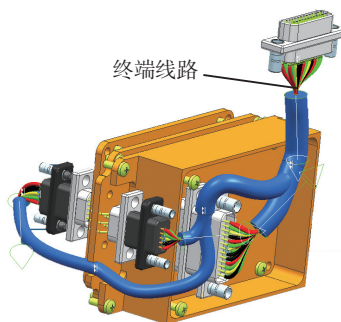


图9 引信线缆三维模型

Fig.9 3D model of fuze cable

至此，引信线缆的三维装配模型已经完整地建立出来。

### 1.6 生成制造模板 (Formboard)

为便于适应生产，在三维布线完全结束后，根据需要对线缆进行全部或局部展平工作，然后在此基础上转换创建二维制造模板，这项工作对整个三维布线来说，是至关重要的一步。其转换结果直接影响后续线缆的准确性及可生产性。

制造模板是用一个平面的和直线的模型来描述一个 3D 的线缆模型。模板中的线缆模型看起来像是将空间 3D 的线路放在一个平板上并将其拉直。它能够维持线缆的基本轮廓并保持原有的规格，只是将部分或者全部的线缆拉直而已。本质上讲，制造模板的目的是为了

使线缆的制造变得更加容易,制造模板是引信线缆制造最基本的输入。

在制造模板上,可以根据需要,选择性地列出工人施工时所需要的信息,比如节点之间的路径长度、每根导线的长度、连接信息等。图 10 为引信线缆的制造模板,右上方列出的是 N1、N2、N3、N4 四个节点之间的线路长度和捆扎线缆的直径。

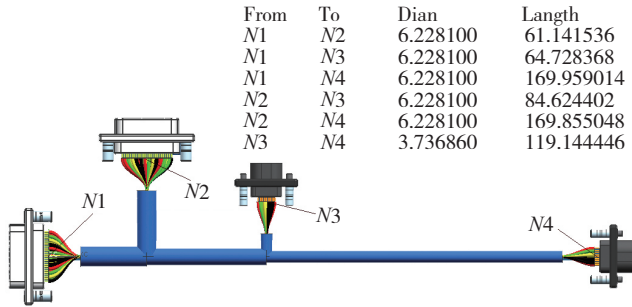


图10 引信线缆制造模板  
Fig.10 Formboard of fuze cable

## 2 关键问题分析

### 2.1 端口参数

在进行接插件的端口定义时,会遇到 3 个参数: Cutback length、Extension、Engagement,这 3 个参数的正确理解和设置是端口定义成功的前提。

如图 11 所示, Cutback length 指的是创建终端线路过程中,终端线路沿着主路径从端口回退的距离。而 Extension 则指的是一个样条曲线路径在接近端口时保持直线的长度。

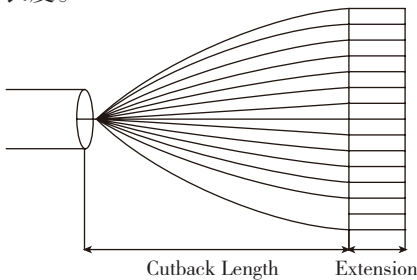


图11 端口参数  
Fig.11 Parameters of port definition

如图 12 所示, Engagement 指的是所创建的终端线路末端,距多端口原点的距离。

### 2.2 布线路径

创建布线路径通过定义一组控制点来拟合电气线束的实际形状,通常情况下有“过极点”和“通过点”2 种形式。布线路径决定着整个引信线缆的美观性及合理性,在实际设计过程中,布线路径往往要经过多次修整才能满足要求。

引信线缆的布线路径通常是样条路径,而不是直线

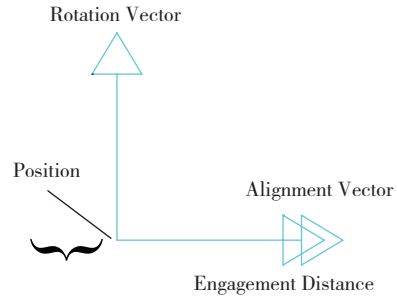


图12 Engagement参数  
Fig.12 Parameters of engagement

或者圆弧,可以根据需要对路径进行分割或者合并。

除此之外,还可以利用过线孔或者卡箍等,控制路径的走向,在本文引信线缆的设计中,线缆要通过如图 13 中的孔,则可以选择孔的中心为控制点,对路径进行控制,使线缆的形状更为真实。

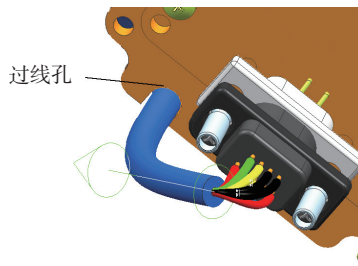


图13 引信线缆过线孔  
Fig.13 Wire through hole of fuze cable

## 3 结论

对于引信线缆的制作,由于引信内部空间体积限制、线缆传输信号的复杂性等,对线缆设计提出了较高的要求。传统的引信线缆制作以人工经验为主,具有主观性和盲目性,不易在设计初期发现和改进线缆设计中的问题。本文以引信整机三维电气布线技术为研究对象,利用 UG 6.0 软件的 Routing Electrical 模块建立了完整的引信线缆三维模型,详细分析了布线的关键步骤,并生成引信线缆的制造模板供制作使用。通过引信线缆设计方法的革新,实现了线缆设计的数字化定义,进一步完善了原有的结构样机模型,同时缩短了引信线缆的研制周期,极大地提高了引信线缆的研制效率和可靠性。

### 参考文献

[1] 周三三,刘恩福. 电子设备三维布线工艺技术应用研究. 电子工艺技术, 2011,32(4):227-233.  
 [2] 刘振宇,周德俭,吴兆华,等. 一种面向电子整机的三维布线算法研究与实现. 电子工艺技术, 2010,31(1):6-8.  
 [3] 周德俭,吴兆华. 电气互联技术及其发展动态. 电子工艺技术, 2002(1):1-4.

(责编 叶枫)