

基于 EPLAN Harness proD 的电气柜布线工艺设计研究

文 | 1 北京科锐配电自动化股份有限公司 2 易盼软件(上海)有限公司 赵宁¹ 文礼强² 刘琼²

摘要: 本文从传统电气柜的布线工艺设计和生产现状出发, 讲述如何利用 EPLAN Harness proD 进行柜内布线工艺三维数字化设计, 并阐述了基于 EPLAN Harness proD 软件下, 新的布线工艺设计和生产流程。

关键词: EPLAN Harness proD ; 数字化设计 ; 柜内布线工艺 设计和生产

一、背景

电气柜内的布线方式主要分为两类, 一是按线槽布线, 导线随意放置在槽内, 不绑扎或保护; 二是无线槽布线, 使用扎带或者缠绕带对导线进行绑扎、固定, 如图 1 所示。

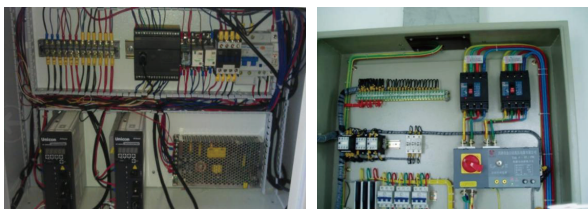


图 1 电气柜内布线方式

传统的柜内布线工艺, 一般需要电气设备安装到位后才

能开展。车间工人一边看图, 一边开展规划布线路径、手工制线, 一边完成接线工作, 如图 2 所示。而接线工作中导线制备流程落后、设备自动化程度低、布线接线串行工作以及对接线工人水平依赖程度高等因素, 是导致电气柜生产材料大量浪费、接线工作效率不高以及布线工艺水平不标准的主要原因。



图 2 传统柜内布线工艺

作者简介

赵宁(1976-), 男, 长沙理工大学项目管理领域工程硕士, 北京科锐配电自动化股份有限公司总工办主任, 多年专注于高压开关产品研发、设计和管理, 负责信息系统和设计软件在企业中应用和管理工作, 研究数字化产品研发和高效工程设计解决方案。

文礼强(1990-), 男, 成都人, 毕业于电子科技大学, 易盼软件(上海)有限公司技术咨询顾问, 从事过石油电控、医疗器具和民航设备等行业, 具有丰富的机电设计和生产管理经验。

刘琼(1982-), 男, 易盼软件(上海)有限公司高级技术顾问, 售前技术团队负责人。超过 15 年 CAD、CAE、PLM 领域专业咨询与实践经验。专注于为制造型企业构架从产品设计到制造交付的完整价值链方案。

为了解决电气柜内布线工艺的设计问题,提高电气柜生产产能及工艺质量水平,诸多企业开始在数字化样机环境下,开展布线工艺的设计,并购置相应自动化设备,打通设计与生产的数据流。

随着电气/机械设计软件的发展,目前市面上已有大量针对布线设计的软件,例如,EPLAN 公司的 Pro Panel 和 Harness proD、PTC 公司的 Pro/Cabling 以及 Siemens 公司的 UG/Wiring 等。本文以 EPLAN Harness proD 软件为例,讲述如何利用 HPD 进行柜内线束布线工艺的数字化设计,提高生产的自动化。

二、EPLAN Harness proD 的布线设计

1、EPLAN Harness proD 简介

EPLAN Harness proD (以下简称 HPD) 是一种独特和独立的易用解决方案,可以高效且快速地创建三维线束、钉板图、电缆图纸和报表。HPD 使线束设计不受机械原型可用性的影响。可直接使用 3D MCAD 模型将显著降低开发成本,同时通过缩短开发周期而节省时间和金钱。

作为一款电气布线工艺设计软件,HPD 提供了大量的方便、实用的工艺设计功能,如布线路径快速设计、自动附加接线端子、干涉检查、弯曲半径检查、复杂实体复用和用于导线\电缆预制的钉板图\电缆图等,并提供了与自动化下线机,如 Komax、CAD Cable 等机器接口。

2、HPD 布线设计流程

HPD 相对于其他布线设计软件,其最大的特点之一,是操作简单,易上手。从零开始,到完整完成单个柜内的布线设计,只需要七步,如所 3 所示。



图 3 HPD 布线设计流程

而当企业的部件库里部件数量达到一定程度,并且开展了一定标准化工作后,便可通过变量、电气选项以及复杂实体复用等功能,使柜内布线的设计时间产品交付周期更短。

(1) 部件库准备

同其他三维布线软件相似,在开始布线设计前,通常是需要准备相应的部件数据,如连接物、端子、导线\电

缆、接线端子以及部件\部件组等。但相比其他软件,HPD 提供了“快速原型”功能,用来在尽可能短的时间内快速开发完整或部分模型的方法。快速原型注重于功能,旨在以相对直接、简单和快速的过程降低开发和制造所需模型的过程复杂性。

(2) 导入 3D 柜体和放置连接物

HPD 支持直接导入多款主流 M-CAD 源文件数据,如 SW、Creo 和 CATIA 等,也支持导入常用的中间格式的文件,如 STEP、IGES 等。三维模型导入后,作为一个整体部件,存在于 HPD 中,且可以对各零部件进行颜色、透明度和显示/隐藏等调试。

电气柜体导入 HPD 后,便可在柜体上进行电气器件的安装布局。放置器件时,可使用 HPD 提供的点、线、面配合、句柄/安装点捕捉、坐标系对齐和移动/旋转等功能,实现器件的快速精准放置,完成整个柜内器件的布局,如图 4 所示。

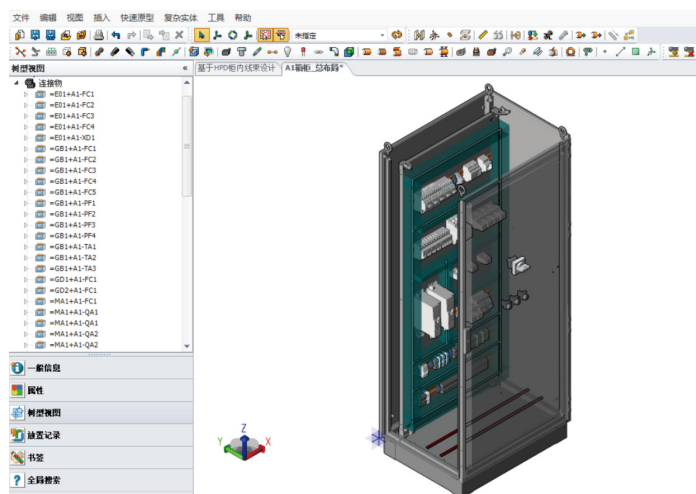


图 4 电气柜布局

(3) 规划路径

完成电气器件的安装布局后,就可以为导线的布线,设计和规划路径,即 HPD 的术语:束。在 HPD 中,路径的规划可通过“点击并指向”的方法,快速创建,然后通过添加和调整(移动)控制点,来完成路径的调整。

针对电气柜的路径创建,建议先创建总的路径,该路径包含了导线布线的有可能。在进行导线布线设计时,可先复用总路径,在完成相应导线布线后,删除多余未使用路径,如图 5 所示。如此一来,可大大提高布线设计的总体效率。

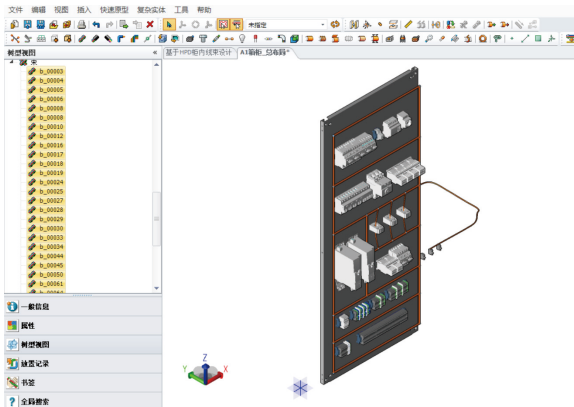


图 5 布线路径规划

(4) 布线设计

在完成器件布局和路径规划后,便可对器件间的接线,进行布线工艺的设计。该环节是体现工艺设计与生产关联的重要环节,主要分四步进行:

◎ 导线分组并导入连接关系

电气柜内的导线数量,尤其是低压控制柜,一般都是成千上百的存在。面对如此多的接线关系,不宜全部同时导入到 HPD 中进行布线设计,因此需要提前将接线关系,分成不同组,然后导入到不同的 HPD 工作区中,形成不同的线束。

HPD 对于接线关系表信息有特定要求,如图 6 所示,需要提供导线的型号、导线两端器件名称(在 HPD 里的显示名称 REFDES,而不是库里的部件名称)及其管脚名称即可。接线关系导入时,HPD 也提供了导入模板,提高导线导入的效率。

#ID	导线型号	器件名称自	管脚	器件名称至	管脚
1	LAPP.4150601	=MA1+A1-FC1	1/1	=GD2+A1-FC1	1/1
2	LAPP.4150601	=MA2+A1-FC1	1/1	=MA1+A1-FC1	1/1
3	LAPP.4150601	=VA1+A1-FC1	1/1	=MA2+A1-FC1	1/1
4	LAPP.4150601	=MA3+A1-FC1	1/1	=VA2+A1-FC1	1/1
5	LAPP.4150601	=MA1+A1-FC1	3/2	=GD2+A1-FC1	3/2
6	LAPP.4150601	=MA3+A1-FC1	3/2	=MA1+A1-FC1	3/2
7	LAPP.4150601	=VA1+A1-FC1	3/2	=MA2+A1-FC1	3/2
8	LAPP.4150601	=MA2+A1-FC1	3/2	=GD2+A1-FC1	3/2
9	LAPP.4150601	=MA1+A1-FC1	5/3	=MA1+A1-FC1	5/3
10	LAPP.4150601	=MA2+A1-FC1	5/3	=MA2+A1-FC1	5/3
11	LAPP.4150601	=VA1+A1-FC1	5/3	=VA2+A1-FC1	5/3
12	LAPP.4150601	=MA3+A1-FC1	5/3	=MA3+A1-FC1	5/3
13	LAPP.4150501	=MA1+A1-QA1	1/1	=MA1+A1-FC1	2/71
14	LAPP.4150501	=MA2+A1-QA1	3/2	=MA1+A1-FC1	4/72
15	LAPP.4150501	=MA1+A1-QA1	5/3	=MA1+A1-FC1	6/73
16	LAPP.4150206	=MA1+A1-FC1	14	+A1-XD5:3	3:1
17	LAPP.4150206	=MA1+A1-FC1	13	+A1-XD5:4	4:1
18	LAPP.4150501	=MA2+A1-QA1	1/1	=MA2+A1-FC1	2/71
19	LAPP.4150501	=MA2+A1-QA1	3/2	=MA2+A1-FC1	4/72
20	LAPP.4150501	=MA2+A1-QA1	5/3	=MA2+A1-FC1	6/73
21	LAPP.4150206	=MA2+A1-FC1	13	+A1-XD5:13	13:1
22	LAPP.4150206	=MA2+A1-FC1	14	+A1-XD5:14	14:1
23	LAPP.4150501	=MA3+A1-QA1	1/1	=MA3+A1-FC1	2/71
24	LAPP.4150501	=MA3+A1-QA1	3/2	=MA3+A1-FC1	4/72
25	LAPP.4150501	=MA3+A1-QA1	5/3	=MA3+A1-FC1	6/73
26	LAPP.4150206	=MA3+A1-FC1	14	+A1-XD5:32	32:1
27	LAPP.4150206	=MA3+A1-FC1	13	+A1-XD5:31	31:1

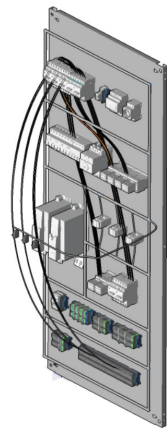


图 6 接线关系导入模板与导入效果

◎ 自动 / 半自动 / 手动布线

针对不同导线组,可以在 HPD 中不同的工作区来进行布线设计。对于布线,HPD 提供了自动(按最短路径和就近出线点)、半自动(指定布线路径的起点和终点)以及手动(指定导线经过哪些布线路径)布线功能。完成布线的效果如图 7 所示。

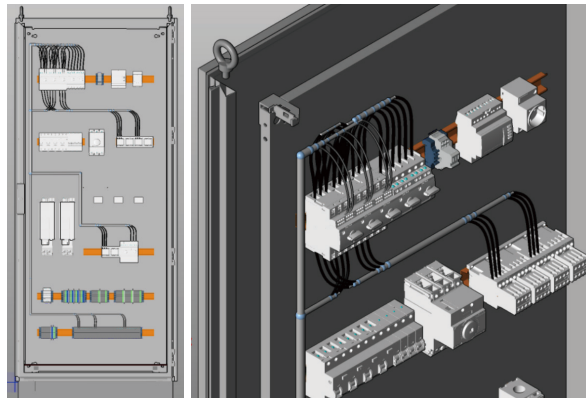


图 7 HPD 布线效果

◎ 自动附加零件

接线端子,即俗称的线鼻子(DT),常用于导线末端连接和续接,能让导线和电气器件连接更牢固、更安全,是电力设备、电器连接常用的材料。一般导线与电气器件连接时,按照国家接线规范要求,导线末端连接均需使用对应的接线端子,再与电气器件管脚连接,使产品外观规格良好,导电性能更好和安全。

电气柜内导线两端的接线端子,一般需要根据器件接线点类型要求和导线截面积的不同,选择不同接线端子,一般企业均有相应的工艺文件,来规范接线端子的选型和使用。而这些工艺要求,可以直接体现在部件库里,即为器件指定适用的接线端子类型,如图 8 所示。



图 8 为器件指定接线端子

HPD 提供了自动附加零件功能,能自动根据导线的截面积和器件适用的接线端子类型,自动为导线两端,加载对应的接线端子,如图 9 所示。自动附加零件后,导线两端的接线端子信息就可以直接输出,为导线自动制备,提供数据。



图 9 自动附加接线端子

◎ 创建线束

线束,是将各电气设备所用的不同规格、不同颜色的电线通过合理的安排,将其合为一体,并将电线捆扎成束,其目的是为了便于安装、维修,这样既完整,又可靠。借助线束概念,将完成布线和添加上接线端子的成组导线,设计为不同的线束,如图 10 所示,为钉板图制造输出,和导线预制,提供原始数据。

HPD 提供的“自动导线束隶属关系”,只需要将单一对象,如导线、连接物等,分配给某一线束,相关联的对象则会自动分配到该线束内,大大提高了将线束对象分配给相应线束效率。

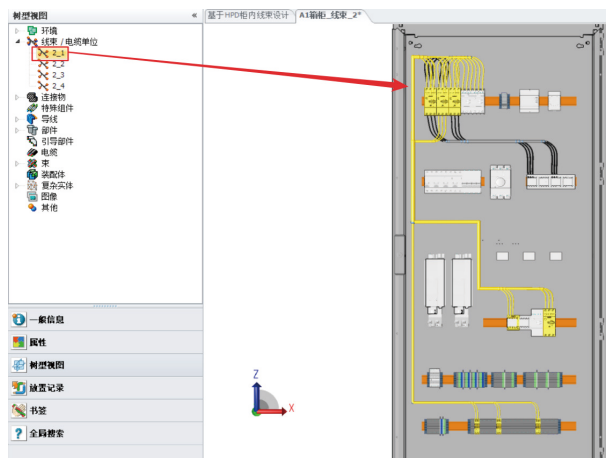


图 10 HPD 中的不同线束

(5) 设计验证

完成柜内导线的布线设计和线束分配后,就需要为线束

设计进行设计检查。HPD 提供了 27 种设计检查规则,如图 11 所示。通常而言,电气柜内线束设计主要检查以下几个方面内容即可(不同企业,对工艺要求不同,可根据实际需求,进行检查项内容的设定)。

◎ 弯曲半径检查:检查布线工艺设计时,布线路径的弯曲半径,是否小于导线设置的最小半径。

◎ 干涉检查:检查布线路径,是否与机械部件产生干涉。

◎ 缺少附加零件:检查是否为导线,自动附加了接线端子。

◎ 直径检查:检查特定路径中,导线布线外径超过了该路径的设定值。

◎ 过时部件/部件版本检查:检查 HPD 工作区中使用的部件,与部件库中部件的状态是否一致,保证部件使用的正确性。

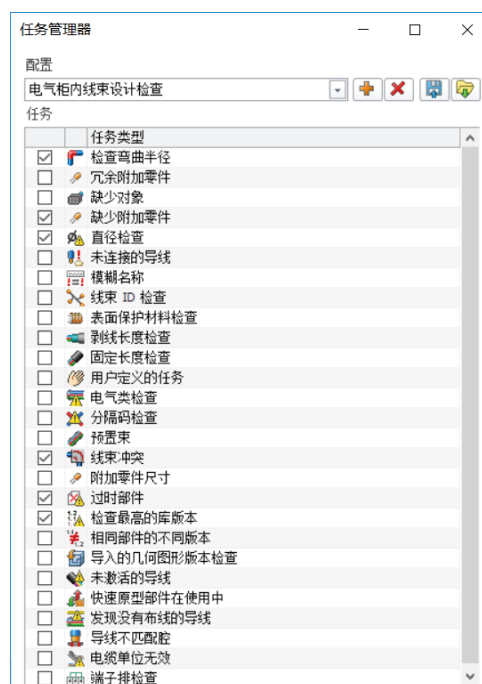


图 11 HPD 提供的检查规则

(6) 制造输出

在保证设计检查没有问题的情况下,就可以利用 HPD,自动生成线束的导线下线表和钉板图,用于导线预制或自动下线和线束加工。

电气柜内线束的导线列表,如图 12 所示,主要体现信息:线束名称、导线型号(部件名称)、导线长度、From

名称:										
A1箱柜_线束2_1_导线列表	1	2_1	LAPP.4150601	1647 mm	=GD2+A1-FC1:1/L1	WT.000006B	5 mm	=MA1+A1-FC1:1/L1	WT.000006B	5 mm
创建者:	2	2_1	LAPP.4150601	1676 mm	=GD2+A1-FC1:3/L2	WT.000006B	5 mm	=MA1+A1-FC1:3/L2	WT.000006B	5 mm
EPLAN	3	2_1	LAPP.4150601	1703 mm	=GD2+A1-FC1:5/L3	WT.000006B	5 mm	=MA1+A1-FC1:5/L3	WT.000006B	5 mm
创建日期:	4	2_1	LAPP.4150206	1867 mm	+A1-XD5:3:3:1	WT.0000001	6 mm	=MA1+A1-FC1:14	WT.0000001	6 mm
上次更改:	5	2_1	LAPP.4150206	1862 mm	+A1-XD5:4:4:1	WT.0000001	6 mm	=MA1+A1-FC1:13	WT.0000001	6 mm
2019/9/30 19:54:48	6	2_1	LAPP.4150501	1233 mm	=MA2+A1-FC1:2/T1	WT.0000002	5 mm	=MA2+A1-QA1:1/L1	WT.0000002	5 mm
	7	2_1	LAPP.4150501	1257 mm	=MA2+A1-FC1:4/T2	WT.0000002	5 mm	=MA2+A1-QA1:3/L2	WT.0000002	5 mm
修订:	8	2_1	LAPP.4150501	1278 mm	=MA2+A1-FC1:6/T3	WT.0000002	5 mm	=MA2+A1-QA1:5/L3	WT.0000002	5 mm
	9	2_1	LAPP.4150206	2002 mm	+A1-XD5:13:13:1	WT.0000001	6 mm	=MA2+A1-FC1:14	WT.0000001	6 mm
描述:	10	2_1	LAPP.4150206	1996 mm	+A1-XD5:14:14:1	WT.0000001	6 mm	=MA2+A1-FC1:13	WT.0000001	6 mm
	11	2_1	LAPP.4150206	2201 mm	+A1-XD5:32:32:1	WT.0000001	6 mm	=MA3+A1-FC1:14	WT.0000001	6 mm
	12	2_1	LAPP.4150206	2179 mm	+A1-XD5:31:31:1	WT.0000001	6 mm	=MA3+A1-FC1:13	WT.0000001	6 mm

图 12 导线列表

(即导线一端的设备的标识及其管脚名)、接线端子自、剥线长度自(有接线端子时,即为接线端子要求的导线的剥线长度,没有接线端子时,即为器件管脚直接接导线时要求的导线的剥线长度)、至(即导线另一端设备的标识及其管脚名)和剥线长度至。

HPD 支持将导线列表信息,导出 Excel 表,便于自动下线设备,直接导入使用。

钉板图是根据电气原理图、线束三维布置等相关信息完成的线束 1:1 平面图纸。对于电气柜内线束的钉板图,导线端通常只需要体现导线端所接设备标识以及管脚信息即可,如图 13 所示。

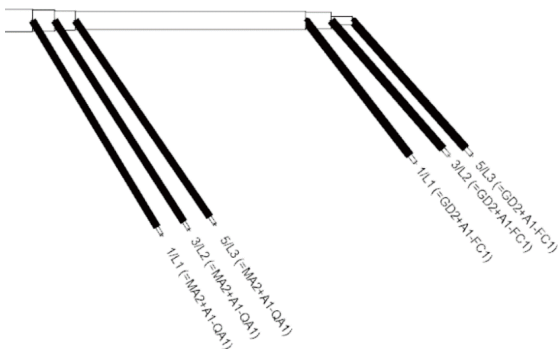


图 13 钉板图中导线端信息

钉板图的排版样式,应与三维布线的效果相似,如图 14 所示,如转折点和导线出线方向等,如不能完全表达时,应添加必要注释。钉板图主要用来指导线束物料采购、生产以及维修等。

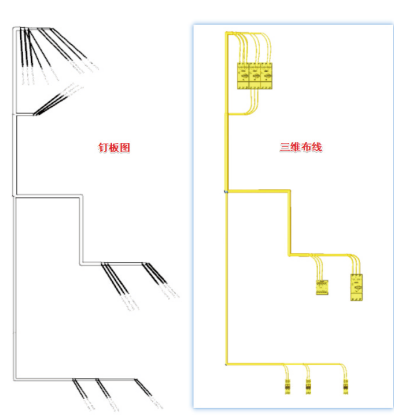


图 14 钉板图排版与三维布线效果

至此,按照七步法,基本完成了在 HPD 中电气柜内单一线束进行布线工艺设计的工作。最后,利用 HPD 特有的,复杂实体的导入导出功能,将多个线束,导入到同一空间,即可完成整个柜内线束的布线工艺设计,如图 15 所示。

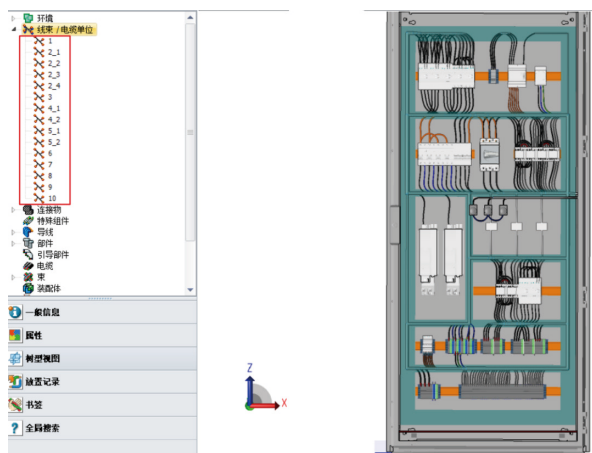


图 15 整柜线束效果

3、生产流程优化

对于传统电气柜的布线工艺设计、生产和加工,大致流程如图 16 所示。

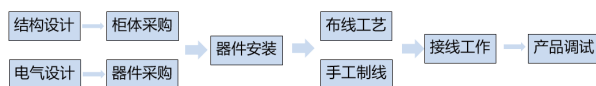


图 16 传统布线工艺、生产和加工流程

柜内布线工艺设计,需要电气设备安装到位后才能开展,且模式常为:车间工人一边看图,一边开展规划布线路径、手工制线,一边完成接线工作。而手工制线的过程,如图 17 所示,也极为消耗时间和浪费生产材料。

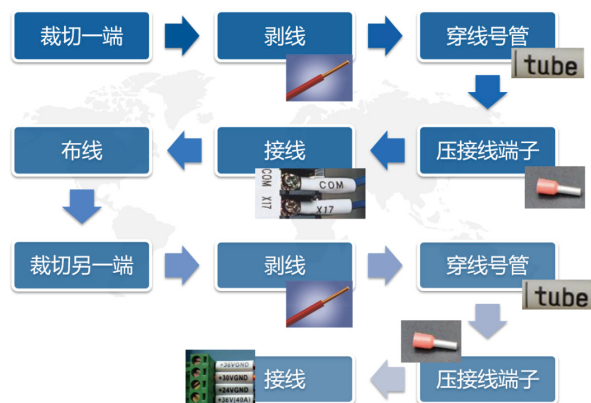


图 17 手工制线流程

而基于 HPD 软件下的电气柜布线工艺设计、生产和加工流程,如图 18 所示,将极大地改善传统电气柜布线工艺流程下串行工序、手工制线和生产材料浪费等问题。

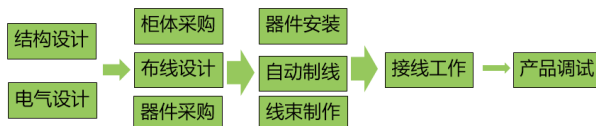


图 18 基于 HPD 的布线工艺、生产和加工流程

HPD 利用机械结构模型,结合电气设计的接线信息,在数字化样机的设计模式下,即可完成柜内布线的工艺设计,包括设计检查及质量优化等。而自动输出的下线表,则为自动设备完成导线的自动加工,提供数据支撑,大大提高了导线的制备效率,并且减少了生产材料的浪费(如导线、接线端子等)。同时,钉板图为导线成线束制作,提供了制造参考。因此,器件安装与导线制备工作,便可同步开展,

且制成线束以后的导线,安装更为方便和快速,大大减少柜内接线工作的时间,缩短产品交付时间。

三、结论

通过研究利用 EPLAN Harness proD 软件,对电气柜进行布线工艺设计和生产流程优化发现,使用 EPLAN Harness proD 进行布线工艺设计的优点主要有:

◎ 相比其他同类布线设计软件,其安装和使用,不依赖于其他 E-CAD 或者 M-CAD 软件,可单独使用。

◎ 软件操作方法简便,易上手,且设计流程逻辑清晰明了,无需要大量的学习便能熟练掌握和使用。

◎ 作为专业的布线工艺设计软件,提供了大量针对工艺设计的功能,如自动附件零件、设计检查、布线路径快速设计以及自动传导线束隶属关系等。

◎ 作为专业的布线工艺设计软件,其提供的报表/钉板图、生产接口等功能,可以很好地改善传统工艺设计和生产加工流程,为缩短生产周期、减少生产资料浪费,提供解决方案。

◎ 作为三维设计软件,可以为企业打造数字化样机设计、机电一体化设计以及智能制造。

综上所述,EPLAN Harness proD,非常适合电气柜内的布线工艺设计,以及改善电气柜的生产和加工流程。

参考文献

- [1] 吴西贵.基于 Eplan 的电柜三维布线的应用[J].科技创新与应用,2017(23):167-168.
- [2] 王广坤,陈永丽.浅谈三维布线软件在汽车线束设计中的应用[J].装备制造技术,2011(09):85-87.
- [3] 安利全,郑建明,王永振,张俊堂.三维布线技术在工艺中的应用[J].航天制造技术,2009(03):22-26.