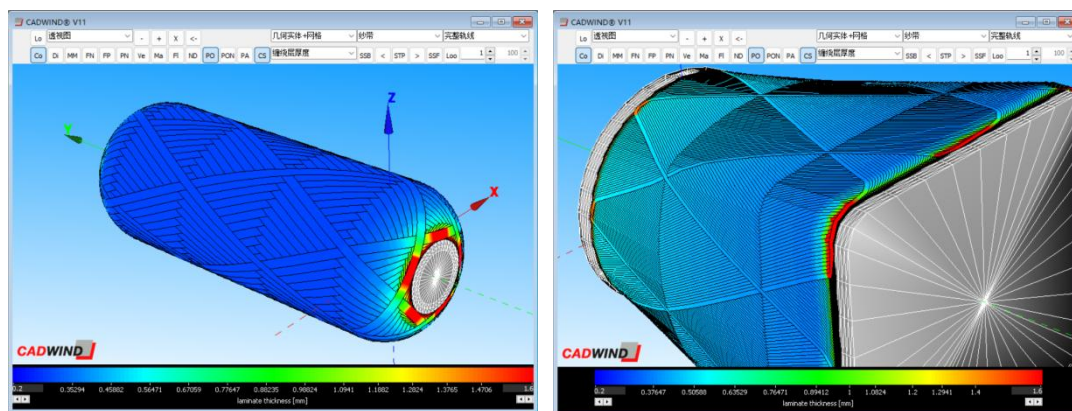


复合材料纤维缠绕工艺设计模拟软件



北京创联智软科技有限公司

Beijing Intelligent United Innovation Technology Co. Ltd

纤维缠绕技术工艺仿真软件

CADWIND

CADWIND 软件为比利时材料工程有限公司（MATERIAL）开发，是众多客户使用的复合材料纤维缠绕工艺设计仿真软件。比利时材料工程有限公司创建于 1990 年，该公司致力于纤维缠绕工艺软件研发与工程服务。CADWIND 软件是一个集成 CAD/CAM/CAE 于一体的专业纤维缠绕工艺设计模拟软件。CADWIND 软件主要功能包括几何芯模建立、可缠绕性计算、缠绕线型设计、纤维轨迹数据保存、结构强度分析软件的有限元集成数据输出、缠绕程序输出、机床运动仿真，实现从设计到制造的全流程设计仿真功能。软件适用的缠绕工艺有：

✧ 环向缠绕、螺旋缠绕、平面缠绕、非测地线缠绕、层间过渡缠绕

CADWIND 软件提供不同缠绕线型设计分析功能，可让用户快速掌握纤维滑纱、纤维架空等工艺问题以及解决问题方向，了解缠绕角度和缠绕层厚度的分布情况；根据丝嘴包络轨迹、缠绕机床性能、缠绕速度控制、缠绕程序格式进行缠绕程序输出；实时动态机床缠绕过程仿真，机床运动性能曲线分析，机床运动干涉预警。除此之外，软件还具有增厚几何芯模输出、纤维轨迹数据输出、缠绕铺层数据输出功能。

✧ 几何芯模输出：STL 增厚芯模几何文件输出

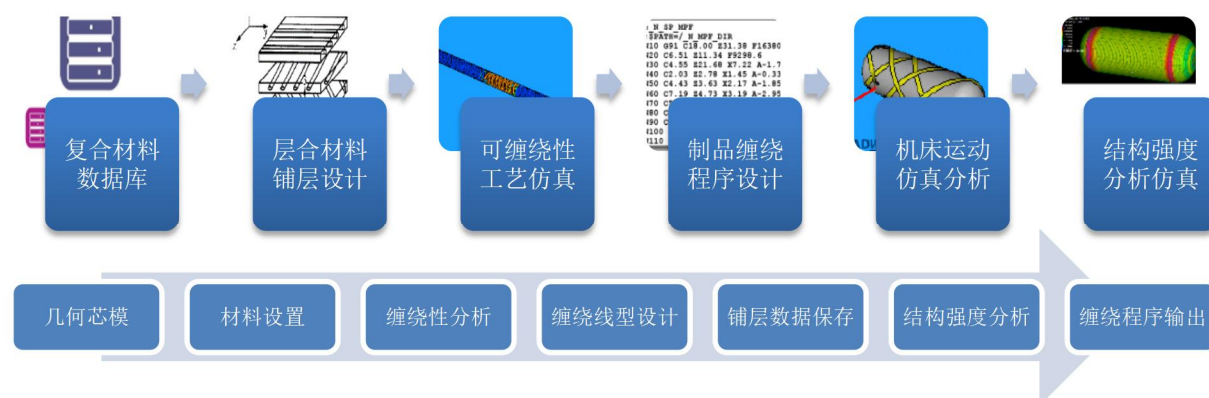
✧ 纤维轨迹输出：纤维缠绕轨迹的落纱点坐标、缠绕角、缠绕厚度

✧ 铺层数据输出：壳单元或实体单元有限元模型、铺层结构、缠绕角度、缠绕厚度

CADWIND 软件的主要模块：软件主要模块包括几何芯模模块、缠绕线型设计与分析模块、机床参数设置模块、机床缠绕程序计算模块、实时机床运动仿真模块、缠绕产品的结构强度计算的有限元数据接口模块。

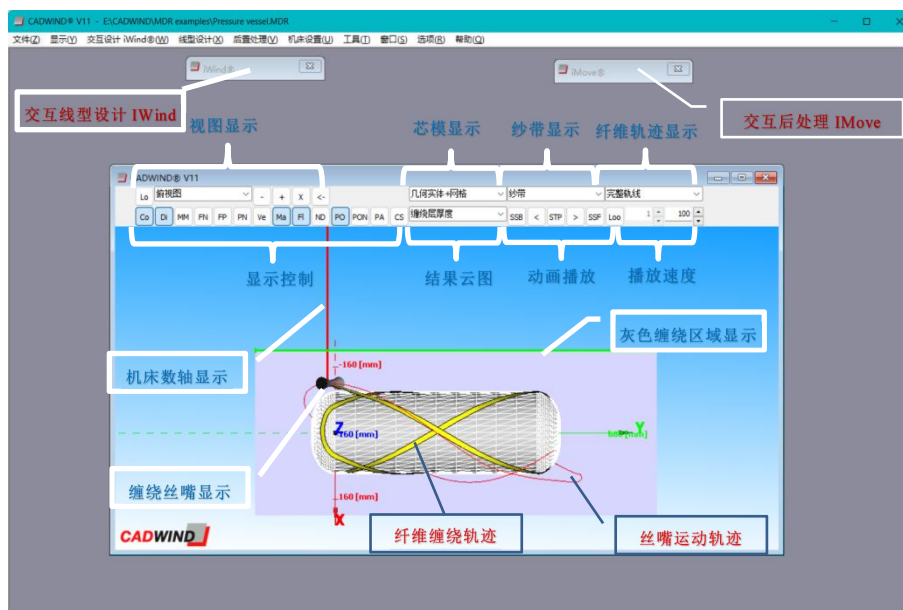
CADWIND 适用的缠绕产品：软件适用于圆形截面的轴对称回转几何体缠绕制品（压力容器、瓶体、圆锥体、球体、直管）、非轴对称几何体缠绕制品（矩形截面和椭圆形截面直管，圆、矩、椭圆截面的弯管，T 形件）的纤维缠绕工艺设计。

CADWIND 适用的缠绕机床：软件能够适用于 2-6 轴缠绕机床或机械人使用；它可以根据不同缠绕机床的硬件设置和数控系统语言，实现自动缠绕程序编程。



CADWIND 用户图形界面

CADWIND 软件的图形用户界面采用 Windows 标准风格界面，界面操作简单、易于学习掌握。通过 CADWIND 的菜单、快捷键、对话框，用户可以快速地应用掌握 CADWIND 软件。CADWIND V10 的用户界面布局包括软件主菜单、图形对话窗口、交互线型 IWind 停留窗口、交互后处理 IMove 停留窗口。CADWIND 图形用户界面窗口，包括了视图显示、几何芯模显示、缠绕纱带显示、纤维轨迹显示、丝嘴轨迹显示、缠绕显示选项、结果云图选项、结果云图显示、动画播放控制等。

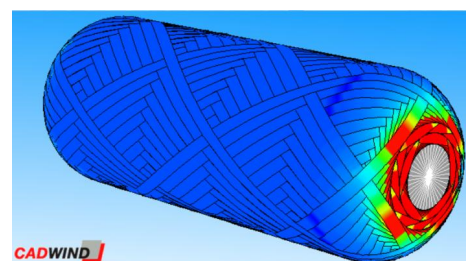


CADWIND 几何芯模建立

CADWIND 纤维缠绕工艺设计的首要步骤是建立芯模几何模型。CADWIND 芯模生成器能够快速、参数化地建立常用典型的几何芯模，包括轴对称和非轴对称的直管件、压力容器、弯管件和 T 形件。芯模几何截面形状包括圆形、椭圆形和矩形截面。芯模封头形式包括平底形、椭圆形、抛物线形、锥形、球形等。软件具有自动几何芯模网格划分功能，用户可以调整前后转区位置，控制芯模轴向和径向网格密度。

复杂几何芯模可以通过第三方 CAD 软件建立的三维线框几何模型-DXF 格式文件进行输入，也可以通过第三方 CAD 软件建立的三维实体几何模型-STL 格式文件进行输入。

除此之外，芯模生成器建立的芯模模型或者缠绕厚度更新后的芯模模型也可保存为 STL 几何数据文件，供其它 CAD/CAE/CAM 软件进行产品设计、仿真分析及加工制造软件调用和集成。



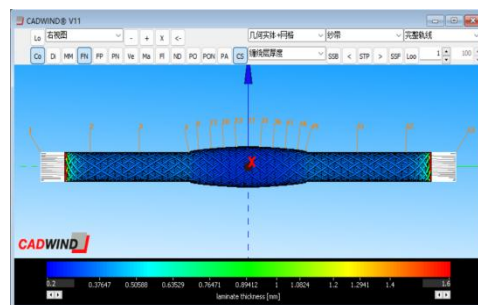
气瓶封头-扩孔缠绕的厚度增加

CADWIND 缠绕线型计算

➤ CADWIND 物理模型

CADWIND 是一款完全基于测地线理论和物理摩擦模型的非测地线理论的缠绕线型计算分析软件，可以准确计算真实摩擦系数情况下的稳定缠绕轨迹，这个物理仿真模型已经过行业验证。

CADWIND 缠绕线型的纤维落纱点轨迹计算考虑纤维和芯模表面之间的真实摩擦力情况，允许缠绕线型的落纱点轨迹偏离测地线的轨迹而也不会发生滑纱问题，可以给出更广泛的缠绕线型设计方案；并且可以实现变缠绕角的等厚缠绕线型设计。



➤ CADWIND 线型算法

CADWIND 软件的缠绕线型算法包括环向缠绕、螺旋缠绕、纵向平面缠绕、非测地线缠绕、层间过渡缠绕、T 形件缠绕、交互线型设计算法 iWind。缠绕线型设计结果包括缠绕角度、缠绕厚度、缠绕切点、缠绕圈数、覆盖度、测地线属性、摩擦系数百分比、缠绕区域长度、缠绕层重量、纤维消耗量等信息。

➤ 交互线型设计和优化

交互线型设计算法 iWind 是 V10 版本新开发的缠绕线型设计工具，采用交互实时并行计算功能，可以应用所有 CPU 内核的计算能力，实现高效并行计算能力；采用改进的摩擦力学模型，可以实时计算得到更宽泛的推荐缠绕线型和线型特征计算结果；采用电子表格方式，您可以轻松地对线型列表进行排序、搜索、分组和筛选，快速找到你需要的线型。

一次计算，可以根据不同摩擦系数百分比得到螺旋切根、螺旋扩孔多个缠绕线型参数。

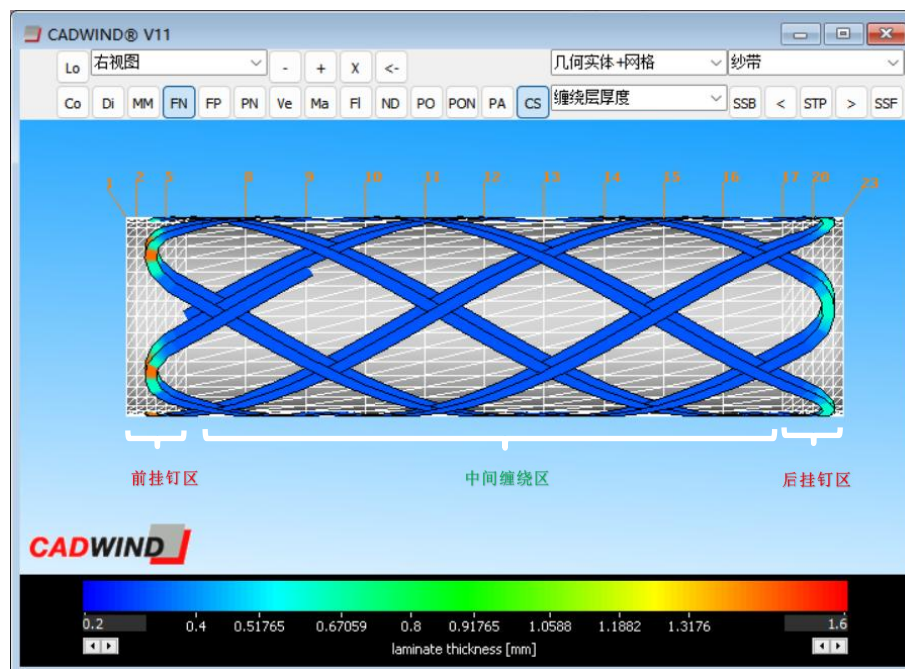


➤ 芯模更新和缠绕过渡

CADWIND 软件的几何芯模更新和层间过渡缠绕功能，主要用于多层缠绕工艺过程中的下一层缠绕线型设计时的几何芯模准备和初始缠绕姿态的承前准备（缠绕角和开始缠绕位置）。

➤ 纤维缠绕圆挂钉缠绕

CADWIND V11 版本，新增两端封头变摩擦系数区域的摩擦系数设置，可以实现挂钉缠绕或热塑性纤维缠绕线型的快速转向。



➤ 纤维轨迹和铺层数据

CADWIND V11 版本，增强了纤维轨迹输出参数，现在通过软件计算的纤维轨迹可以输出更详细、结构化的纤维缠绕铺层数据。新版 FPATH 纤维轨迹数据文件包括 2 个缠绕线型参数（缠绕圈数、线型跳度）和 12 列纤维轨迹落纱点数据。12 列纤维轨迹落纱点数据分别为落纱点序号、缠绕圈号、坐标值（X/Y/Z）、缠绕角、缠绕厚度、单元面法矢（I/J/K）、单元面编号、落点圆周长（或直径）。

新版纤维轨迹输出数据文件是可读文本格式文件，更易方便直接检查、记录或处理数据；导出文件可与 Excel、CAD、CAM、FEA 或类似工程软件配合使用，进行额外缠绕工艺参数计算、可视化、自定义计算分析或自定义后处理。

FPATH 文件数据参数：

序号	圈号	X	Y	Z	角度	厚度	i	j	k	单元编号	周长
1	1	50.00	0.00	0.00	30.00	0.31	1.00	0.00	0.08	521.00	313.84
2	1	49.38	13.59	7.82	30.00	0.31	0.97	0.00	0.23	522.00	313.84
3	1	47.87	24.84	14.14	30.00	0.31	0.97	0.00	0.23	523.00	313.84
	...										

备注：文件中的 2 位小数（排版需要），软件输出为 8 位小数。

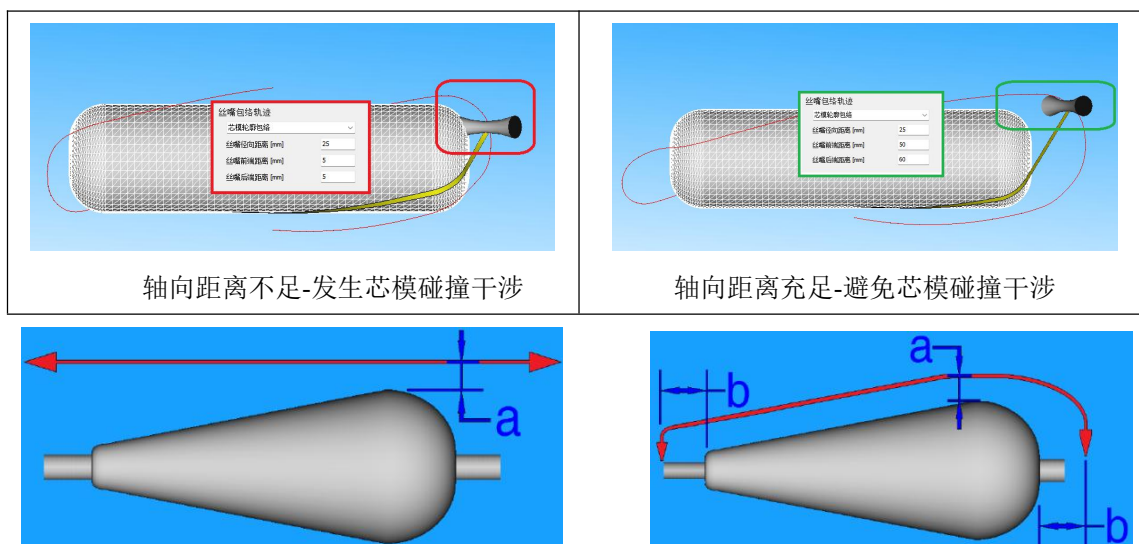
CADWIND 缠绕程序输出

CADWIND 软件的后置处理功能主要依据纤维缠绕轨迹（落纱点轨迹），根据丝嘴距芯模的径向轴向安全距离确定的丝嘴包络运动曲面、丝嘴运动轨迹步长、丝嘴机械结构形式生成丝嘴运动轨迹及丝嘴出纱点运动坐标。根据数控缠绕机床运动性能参数和缠绕速度控制模式，生成丝嘴出纱点各个运动坐标的进给速度。除此之外，软件还可以设置芯模轴向安装距离、缠绕上纱位置、速度倍率系数[%]、缠绕程序输出模式（循环缠绕程序输出或整体缠绕程序输出）。

CADWIND V11 新后处理 iMove 采用全新交互并行算法，计算速度更快，出纱点计算更精确，缠绕程序运动更平滑。丝嘴运动轨迹规划新增芯模两端的丝嘴轴向偏移安全距离，丝嘴出纱点规划新增等距、变距出纱点优化算法，多轴同步优控策略采用主轴优先及智能省减垂直轴策略，全新速度优化算法新增等时最快速度模式，可以使缠绕机运行更光顺更平稳。

➤ 丝嘴包络计算模式

丝嘴运动轨迹的轮廓包络计算，基于芯模几何轮廓和径轴向偏置距离生成，避免丝嘴与芯模发生碰撞。V11 除了原有丝嘴径向距离参数外，新增丝嘴前端距离和丝嘴后端距离，用于控制丝嘴缠绕起始/终止位置的轴向安全裕度。这两个丝嘴轮廓包络的新增偏移量设置功能，有助于优化转向区域的运动，微调参数可以使缠绕过程中的过渡更平稳，效率更高。一般来说，额外距离设置为丝嘴前沿安全宽度的一半，以防止伸臂运动与芯轴旋转轴时发生碰撞。

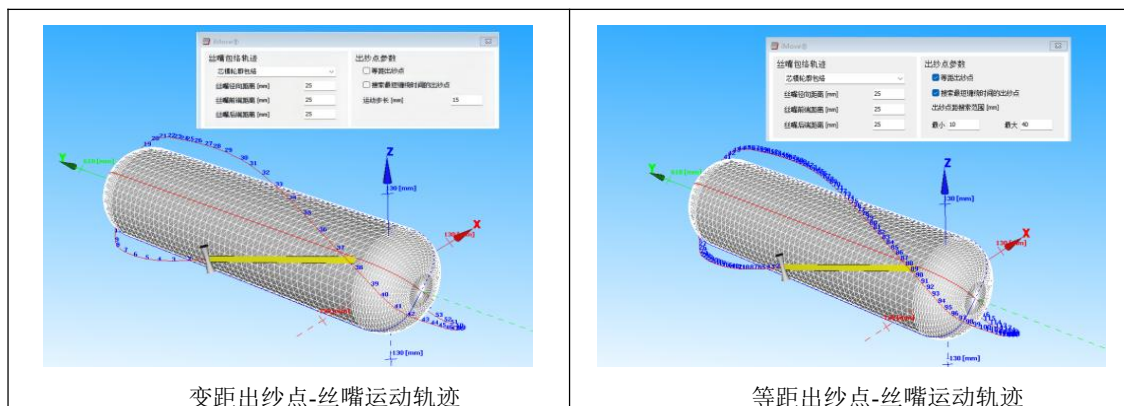


丝嘴轮廓包络模式：

- ✓ 开放圆柱包络-适用于 2 轴机床，轴对称和非轴对称的 2 轴缠绕程序计算。
- ✓ 封闭圆柱包络-适用于 3-4 轴机床，轴对称和非轴对称的 4 轴缠绕程序计算。
- ✓ 完全轮廓包络-适用于 4-6 轴机床，轴对称和大部分非轴对称的 4-6 轴缠绕程序。
- ✓ 恒定纤维长度-适用于 4-6 轴机床，弯管和 T 形缠绕的缠绕程序计算。

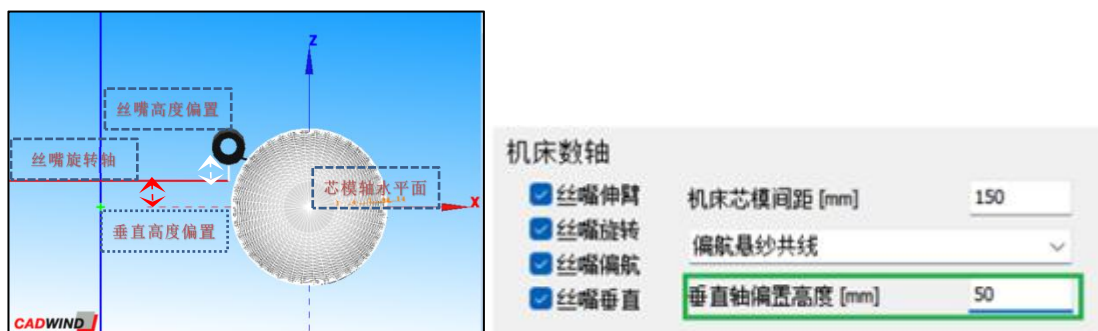
➤ 等距出纱变距出纱

丝嘴运动轨迹的运动步长设置，主要影响丝嘴出纱点数量多少及缠绕程序行数。V11 版本新增等距出纱点算法、可以实现等变距出纱点两种不同模式计算。等距出纱点的位置均匀分布，软件会在丝嘴运动轨迹上生成等弧长/等间距的出纱点，形成更平滑的丝嘴运动轨迹。新增出纱点距优化算法：自动优化计算确定出纱点之间的最佳间距（运动步长），确保机床运动最平稳，缠绕时间尽可能短。



➤ 主轴优先垂直省减

V11 后处理算法，采用主轴优先垂直轴策略，智能地省去了垂直轴运动需求。这显著缩短了生产时间，并简化了缠绕程序，简化了缠绕机床设计。新增垂直轴偏置高度参数，可以有效解决丝嘴旋转轴高出芯模轴线水平面的缠绕程序输出计算；或丝嘴旋转轴处于芯模轴线水平面、但丝嘴出纱点高出或低于芯模轴线水平面的丝嘴高度偏置对于缠绕角影响和极孔缠绕扩孔直径影响。



➤ 缠绕速度控制模式

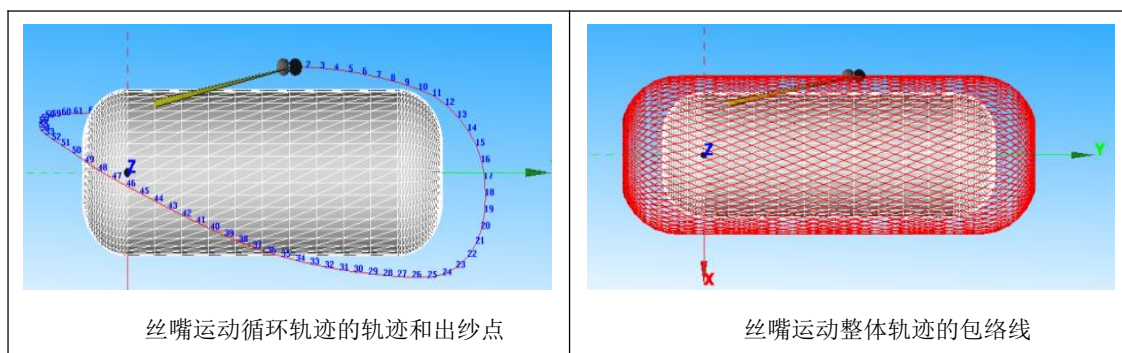
V11 后处理采用全新的速度和机器动力学计算，让缠绕机运行更加平稳。新增最短缠绕时间，等时间间隔模式算法，可确保缠绕机平稳运行，在使用等距出纱点功能时效果尤为显著。新增速度倍率系数%，允许用户根据需要调整缠绕程序速度快慢。

- ✓ 最短缠绕时间-3 轴以上缠绕程序，各轴尽可能采用最高速度输出缠绕程序。
- ✓ 恒定送纱速度-缠绕机张力系统或浸胶系统不能实现变速恒张力、变速均匀浸渍情况下，缠绕程序输出优先使用，特别适用“环向缠绕”和“40 度以上大缠绕角的螺旋缠绕”项。
- ✓ 恒定芯模转速-缠绕芯模转动惯量过大，采用恒定芯模转速输出缠绕程序，可以避免主轴频繁加减速对于机床使用寿命影响及主轴减速机过热。

CADWIND 缠绕过程仿真

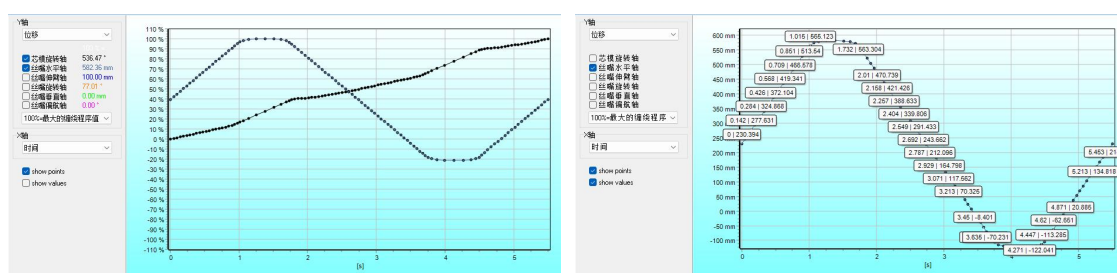
CADWIND 缠绕过程仿真包括纤维缠绕轨迹仿真和丝嘴运动轨迹仿真两部分。实时三维动态纤维缠绕过程仿真，可以实时显示芯模落纱点坐标和丝嘴出纱点的各轴运动坐标和缠绕时刻。V11 版本新增缠绕仿真过程的丝嘴运动轨迹显示功能，可以实时显示丝嘴运动轨迹的出纱点包络线、出纱点轨迹、出纱点坐标。这样，既可针对丝嘴运动循环轨迹进行详细分步分析，亦可显示丝嘴运动整体轨迹以更清晰地呈现位置所处的包络线。

➤ 实时机床运动仿真



➤ 运动曲线优化分析

CADWIND 的运动曲线分析功能包括行程-时间曲线、速度-时间曲线、速度增量-时间曲线。横坐标轴可以按照缠绕时间、缠绕程序行、各轴行程进行曲线分析。V11 后处理新增两个运动曲线分析参数：出纱点显示和出纱点数值显示，更方便用于分析机床各轴的运动曲线。



➤ 实时计算结果输出

CADWIND V11 新后处理 iMove，实时显示缠绕程序计算结果，包括程序行数、出纱点距、缠绕时间，丝嘴小车、丝嘴伸臂、垂直轴、偏航轴的各轴超程警示，主轴反转警示。



CADWIND 机床参数设置

➤ 机床配置列表

CADWIND V11 用户可以创建和管理无限数量的机床配置文件，每个配置文件均包含完整机床运动参数。无论是使用多台缠绕机，还是在同一台缠绕机切换不同配置，可快速、轻松地完成设置切换。这一功能非常适用于管理多台缠绕机，或在同一台缠绕机根据缠绕角度配置不同机床运动参数，可以快速输出更平稳的缠绕程序。机床配置列表，具有增加、复制、删除、上移和下移功能。

机床配置列表

#	配置名称
☐ 1	4轴缠绕机-原始性能参数
☒ 2	4轴缠绕机-环向缠绕参数
☐ 3	4轴缠绕机-30度缠绕参数
☐ 4	4轴缠绕机-45度缠绕参数
☐ 5	4轴缠绕机-平面缠绕参数

增加 复制 删除... 上移 下移 默认配置参数

机床数轴参数

	零点设置 [°]	最小位移 [mm]	最大位移 [°]	最大速度 [360°/min]	行速增量 [360°/min]	运动精度/方向 [inc/360°]
芯模主轴	☒ 0			80	10	360
丝嘴小车	☒ 0	0	2000	1.5	0.375	1
丝嘴伸臂	☒ 500	0	500	1	0.25	1
丝嘴旋转	☒ 0			100	25	360
丝嘴垂直	☐					
丝嘴偏航	☐					

丝嘴尺寸

丝嘴安全宽度 [mm]	50
丝嘴高度偏置 [mm]	0
主轴高度 [mm]	1000

数控参数

最小处理时间 [s]	0
------------	---

数控格式文件 加载格式文件... 保存格式文件

➤ 后置扩展模块

CADWIND V11 新版 iMove 后处理器采用模块化设计，标准配置可满足绝大多数常规应用需求。新增扩展模块 iMove PRO 专为需要高级定制功能的资深用户打造，该设计使 cadwind 系统始终保持灵活高效、经济实用的特性。这种模块化架构让您能根据实际需求灵活配置软件——仅在必要时调用高级工具。

后置处理功能	新版 iMove 后处理器配置对比参数	标准配置 无 iMove PRO	标准高配 iMove PRO	典型后处理
可缠芯模尺寸	标准尺寸芯模：直径 800mm，长度 4000mm	●	●	●
	任意尺寸芯模：无尺寸限制	☒	●	●
可用缠绕机床	任何类型的纤维缠绕机或机器人	●	●	●
	一个-机床配置	●	●	●
	多个-机床配置	☒	●	☒
	2-4 轴典型缠绕机	●	●	●
可用数控系统	5-6 轴（偏航旋转，垂直轴）	☒	●	☒
	一种 CNC 输出格式配置	●	●	●
可用速度模式	无限 CNC 输出格式配置	☒	●	☒
	iMove 最短缠绕时间程序/典型最小缠绕时间	●	●	●
	iMove 等时最快缠绕程序/典型恒定送纱速度	☒	●	●
机床设置文件	iMove 恒定芯模转速程序/典型恒定芯模转速	☒	●	●
	加载和保存数控格式文件	☒	●	☒
	加载和保存机床配置文件	☒	●	☒

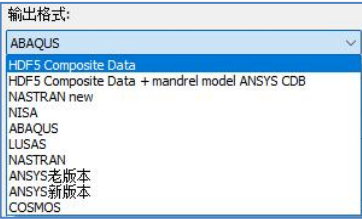
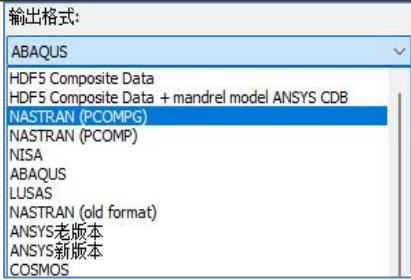
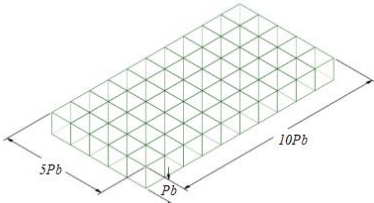
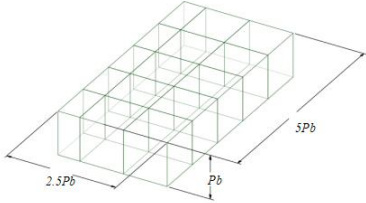
备注：●代表有，☒代表无

CADWIND 产品设计分析

➤ 有限元软件接口

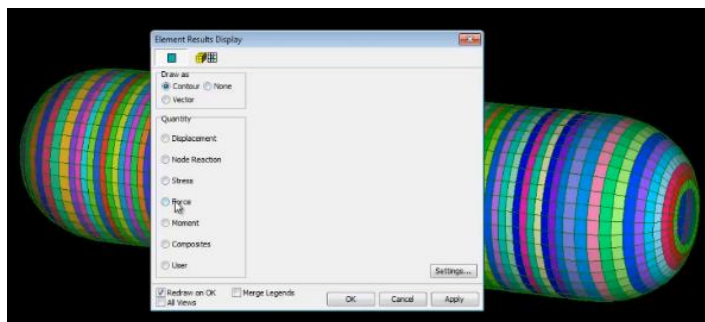
缠绕产品设计分析的有限元数据输出功能是 CADWIND 软件设计包的一部分，其可以输出缠绕工艺的真实缠绕层数据（芯模几何网格、缠绕角度、缠绕厚度）和产品的层合结构次序，然后结合结构强度有限元软件进行产品结构强度再分析，搭建起产品制造工艺与产品设计的技术沟通桥梁，完善基于制造的产品设计流程。CADWIND 支持的结构有限元分析软件包括 HDF5、NASTRAN（PCOMPG 和 PCOMP）、NISA、ABAQUS、LUSAS、ANSYS、COSMOS 等。CADWIND V10 和 V11 软件版本增加实体单元有限元模型，适用于四型瓶厚壁压力容器的结构强度计算。

V11 新增广义层合板复合材料单元 PCOMPG，能够输出 NASTRAN（PCOMPG）格式的纤维缠绕铺层结构数据，这在有限元结构分析中让复合材料模型的表达更灵活、更先进。广义层合板复合材料单元 PCOMPG 相较于狭义层合板复合材料单元 PCOMP，主要区别在于增加了全局铺层 ID（GPLYID），以此达成全模型的统一铺层管理。全局唯一的铺层 ID，能够支持跨单元追踪相同铺层，利于后处理时查看某铺层的全场结果。V10 与 V11 的有限元数据集成接口对比：

CADWIND V10	CADWIND V11
薄壁壳单元有限元模型 厚壁实体单元有限元模型 三型瓶与四型瓶	薄壁壳单元有限元模型 厚壁实体单元有限元模型 三型瓶与四型瓶
HDF5 Composite Data HDF5 Composite Data+ANSYS CDB NASTRAN new / NISA ABAQUS LUSAS NASTRAN ANSYS 老版本 ANSYS 新版本 COSMOS	HDF5 Composite Data HDF5 Composite Data+ANSYS CDB NASTRAN (PCOMPG) NASTRAN (PCOMP) NISA ABAQUS LUSAS / ANSYS 老版本 ANSYS 新版本 COSMOS
	
 厚径比 5%薄壳压力容器的应力模型	 厚径比 10%壳体压力容器的应力模型

➤ 有限元计算分析

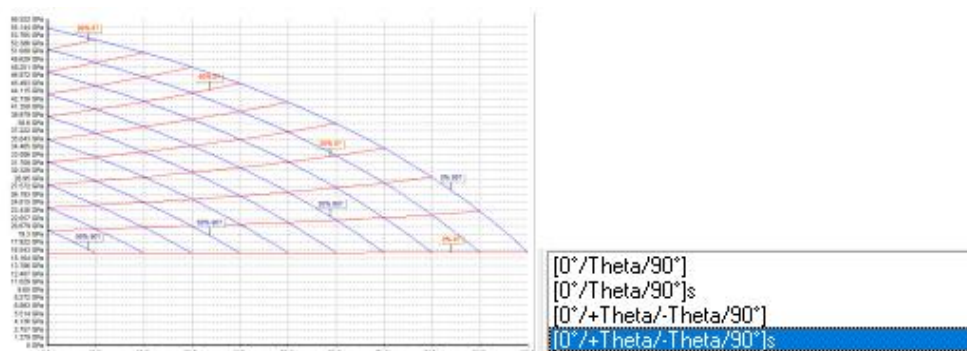
在结构强度有限元软件读取 CADWIND 保存的纤维缠绕铺层数据文件后，用户会直接看到有限元网格模型。在结构强度有限元软件中，用户先要检测压力容器的筒身铺层结构以及各层缠绕角度、缠绕厚度；数据检查无误后，进行铺层材料的各向异性材料参数设置以及各向同性内胆材料参数设置，随后进行压力载荷和边界条件设置，选择求解器进行计算。计算后分析爆破失效压力、失效位置、裂纹开裂方向，确定补强位置、补强方向和补强方案。



CADWIND 材料设计计算

复合材料设计和计算模块 COMPOSITE STAR 是 CADWIND 软件设计包的一部分，目前只支持 Windows 10（用户根据操作系统谨慎选择）。它采用数据库管理模式，可以基于纤维和树脂的材料力学性能，通过复合材料细观力学计算方法进行单层板材料的力学性能计算；复合材料设计计算采用毯式图方法，依据层合材料的刚度、柔度等材料性能参数（许用值），进行铺层角度、铺层比例的设计计算；另外，它可以进行载荷作用下的层合材料的强度计算、依据适合的强度准则、材料失效模式和材料失效位置进行强度比计算和失效过程计算分析，用于确定铺层次序和安全系数。

材料失效准则包括最大应力强度准则、最大应变强度准则、蔡一希尔失效准则 (Tsai-Hill theory)、霍夫曼失效准则 (Hoffman criterion)、蔡一胡张量准则 (Tsai-Wu tensor theory)、Puck 失效准则 (简单 Puck 失效准则，改进 Puck 失效准则)、Hashin 等失效准则；材料失效模式包括 FF 纤维断裂和 IFF 层间失效两种模式；材料失效过程计算可以依据材料使用性能要求选择第一层失效、第一层纤维失效和最后一层纤维失效，进行层合材料设计。



CADWIND 软件配置

CADWIND 有四个软件配置：基本配置、标准配置、专业配置、高级配置。各软件配置都可以增选有限元设计模块、后置扩展模块和层合材料计算模块，进行软件功能扩展。

软件配置对比	类别	详细参数	基本配置	标准配置	专业配置	高级配置
芯模几何类型	轴对称	圆形截面的圆管	✓	✓	✓	✓
		典型圆形截面的球、瓶、锥和压力容器		✓	✓	✓
		所有轴对称类的缠绕制品			✓	✓
	非轴对称	矩形和椭圆截面的直管			✓	✓
		圆形、矩形和椭圆截面的弯管				✓
		T 形件				✓
		所有非轴对称类的缠绕制品				✓
	DXF 格式	DXF 格式轴对称几何芯模输入	✓	✓	✓	✓
		DXF 格式非轴对称几何芯模输入			✓	✓
	STL 格式	STL 格式轴对称几何芯模输入	✓	✓	✓	✓
		STL 格式轴对称几何芯模输出				
		STL 格式非轴对称几何芯模输入（直轴）			✓	✓
可选设计模块	纤维轨迹	纤维轨迹文件保存	可选+	可选+	可选+	可选+
	铺层数据	铺层数据文件保存	可选+	可选+	可选+	可选+
	FEA 数据	有限元数据文件保存	可选+	可选+	可选+	可选+
可选后置扩展	5-6 轴程序	5-6 轴（偏航旋转，垂直轴）	可选+	可选+	可选+	可选+
可选层板设计	材料设计	当前支持 Windows 10，不支持 WIN 11	可选+	可选+	可选+	可选+

CADWIND 销售公司

CADWIND 中国销售公司是北京创联智软科技有限公司。北京创联智软科技有限公司成立于 2011 年，专注于设计制造有限元仿真软件销售、服务和技术开发公司。公司销售软件包括空间环境领域的大气污染扩散火灾爆炸软件 Fluidyn，复合材料领域的纤维缠绕工艺设计仿真软件 CADWIND，有机材料领域的双螺杆挤出工艺模拟软件 Ludovic，金属材料领域的金属体积塑性成形分析软件 QForm。公司国内应用客户有苏州大学、山大、上交大、北京交大、武汉理工大学、北京化工大学、北京天海、北京科泰克、安徽绿动、北京机科、沈阳斯林达、巴斯夫（中国）、中国石化、石科院...

北京创联智软科技有限公司

Beijing Intelligent United Innovation Technology Co. Ltd

地址：北京市朝阳区东三环北路辛 2 号城融大厦 902B 室 邮编：100027

电话：+86 10 - 84470288 电子邮件：info@iuitgroup.com