

华翎 HXV2 一键画模AI系统

HXV2 One-Click Metal Stamping Die AI System · 从产品图纸到五金模具图纸的端到端自动化引擎

🔑 STAMPING DIE · END-TO-END

VERSION
HXV2 V3.2.1

DECK
21 PAGES / 5 CHAPTERS

DOMAIN
STAMPING DIE TECH DECK

X: +0.000 Y: +0.000
R: 180.0 mm θ : 0.00°
SCAN: ACTIVE FREQ: 2.4GHz

BLANK PROJECTION · 124.5 × 58.2 × 1.5

🔒 CONFIDENTIAL · INTERNAL R&D

CONTENTS

目录

Five Chapters · 21 Pages

本系统采用工业深蓝技术蓝图风格，共 21 页，含完整讲稿。从系统架构到效益验证，分五大章节系统呈现华翎 HXV2 端到端自动化能力。

01

系统架构总览

System Architecture Overview · 分层架构、技术栈、数据流

P03 — P06

02

图纸识别流程

Drawing Recognition Pipeline · 图纸导入、特征识别、展开重建

P07 — P10

03

全自动模具设计流程

Auto-Design Pipeline · 工序排配、模具结构、模架总装

P11 — P14

04

单流程验证机制

Single-Loop Verification · 闭环检讨、冲压仿真、干涉检测

P15 — P17

05

技术亮点与效益

Tech Highlights & ROI · 核心算法、案例数据、价值验证

P18 — P21

01

CHAPTER ONE / 03 - 06

系统架构总览

System Architecture Overview

- 五层分层架构与组件职责
- 核心技术栈与模块矩阵
- 全链路数据流与协作机制

5 LAYERS

6 MODULES

7 NODES

从五金产品图纸到冲压模具输出，构建端到端的自动化引擎骨架

CHAPTER 01

五层分层架构 / Five-Layer Architecture

自上而下贯穿输入-识别-设计-输出-校验的端到端五金模具流水线



所有层之间通过统一消息总线通信，支持异步并行与断点续跑，任一层故障不阻塞其他层运行

技术栈与核心模块矩阵 / Core Module Matrix

六大核心模块构成华翎 HXV2 的工程化骨架，每模块均具备独立替换与水平扩展能力



AI 识别引擎

PyTorch · ONNX Runtime · OpenCASCADE

基于深度学习的钣金特征识别与公差语义解析，支持 180+ 五金件特征库，覆盖孔/槽/切口/翻边/折弯等全品类特征。

ACCURACY **98.2%**



参数化设计核心

OpenCASCADE · 自研模板引擎 · JSON Schema

基于参数化模板的五金模具结构求解，覆盖 4 大模架系列与 50+ 标准件库，支持模板复用与参数回写。

COVERAGE **90%**



冲压 FEM 仿真

AutoForm · Pam-Stamp · 自研网格剖分

冲压成形仿真、回弹预测、应力校核、压力中心计算，全自动化网格生成，无需人工建模。

RUNTIME **< 6 min**



行业规则引擎

Drools · 自研 DSL · 知识图谱

承载五金模具行业经验规则（1200+ 条），自动审查工序合理性与冲床适配，守住工艺底线。

RULES **1200+**



消息总线

Kafka · gRPC · Redis

跨层异步通信、任务调度、断点续跑、分布式锁，支持 10 万级日任务并发与故障自动恢复。

THROUGHPUT **10K TPS**



可视化前端

React · Three.js · WebGL

3D 装配预览、设计过程实时回放、人工介入修正入口、多端协同评审，渲染延迟低于 50ms。

LATENCY **< 50 ms**

全链路数据流与协作机制 / End-to-End Data Flow

从五金产品图纸上传到模具图纸输出，七个关键节点的数据契约与协作编排



数据契约

所有节点间通过 **JSON Schema 强类型契约** 通信，任一节点输入校验失败即触发上游回退重试，避免错误向后传播

异常处理

每节点设置 **3 级重试 + 1 级人工介入**，失败任务进入死信队列由工程师在可视化界面审查，平均恢复时间 < 5 分钟

性能指标

全链路 P50 耗时 **35 分钟**、P95 耗时 **62 分钟**，相比传统人工设计周期压缩至 1/10，支持每日 100+ 任务并发

02

CHAPTER TWO / 07 - 10

图纸识别流程

Drawing Recognition Pipeline

- 五金产品图纸导入与多格式预处理
- CAD 解析与 AI 驱动钣金特征识别
- 展开计算与几何重建

PREPROCESS

RECOGNIZE

UNFOLD

让机器真正看懂一张五金件工程图，是整个系统的入口和质量起点

图纸导入与预处理

Drawing Ingestion & Preprocessing

多源异构五金件图纸的统一接入与质量归一化

HXV2 · INGEST

多格式智能适配

系统支持 DWG / DXF / STEP / IGES / PDF / 扫描件 JPG·PNG 等 6 大类输入格式，通过自研格式适配器统一转换为内部 CAD 中间表示（CIR），消除上游格式差异对后续识别的干扰。五金件图纸既有 2D 工程图也有 3D 钣金模型，系统分别走不同解析分支。

预处理五步法

- 1 矢量化：扫描件通过 Hough 变换 + 形态学操作转为矢量线段
- 2 去噪：基于 RDP 算法简化冗余顶点，去除毛刺与重复线
- 3 图层分离：按线型 / 颜色 / 标注语义切分为几何层 / 标注层 / 框图层 / 折弯线层
- 4 坐标归一：统一 WCS 世界坐标系，标注基准原点
- 5 缩放校正：通过图纸标注比例尺自动校正实际尺寸

质量门禁

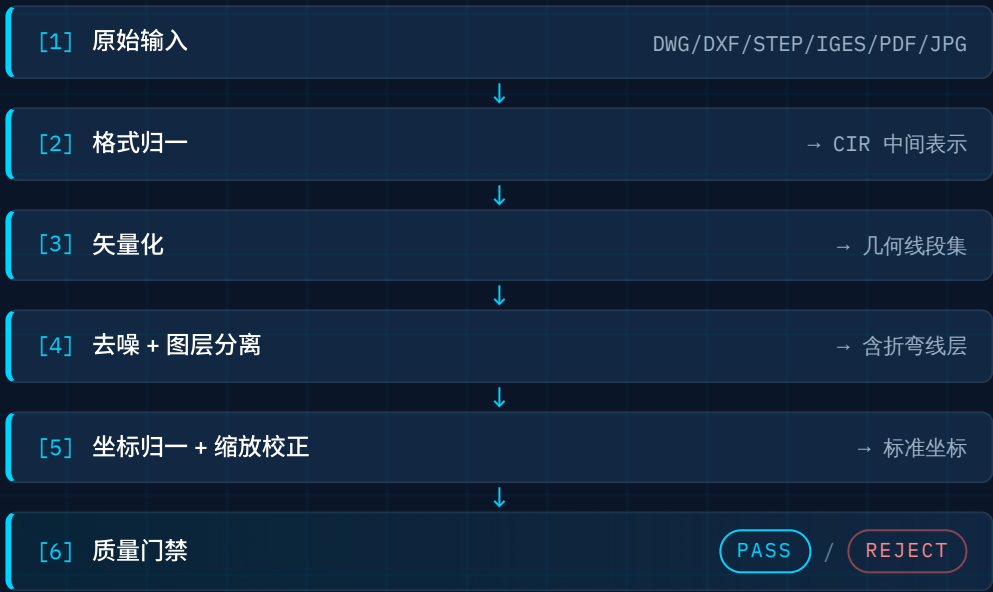
预处理输出必须通过几何闭合度 > 98%、标注完整度 > 95%、图层分类置信度 > 0.92 三道质量门禁，任一不达标即触发人工复核工单。钣金件额外校验折弯线一致性，避免折弯特征丢失。

CLOSURE > 98%

ANNOTATION > 95%

CONF > 0.92

预处理流水线 · PIPELINE



CAD解析与AI特征识别

CAD Parsing & Feature Recognition

深度学习 + 规则推理双引擎驱动的五金件语义解析

HXV2 · RECOGNITION

双引擎识别架构

采用 **CNN 几何特征提取器** + **Transformer 序列标注** 的双引擎架构。CNN 负责识别局部钣金特征（孔 / 槽 / 切口 / 翻边 / 折弯 / 拉深），Transformer 负责理解全局结构关系（对称性 / 阵列 / 特征依赖），双引擎结果通过融合层输出最终特征树。

识别能力矩阵

- 钣金特征** 180+ 类
圆孔 / 方孔 / 长槽 / 切口 / 翻边 / 百叶 / 加强筋
- 折弯特征** 自动识别
折弯线 / 折弯角 / 折弯半径 / 折弯方向 / 折弯顺序
- 尺寸标注** 自动解析
线性 / 角度 / 半径 / 公差 / 形位公差
- 工艺特征** 60+ 类
定位孔 / 工艺缺口 / 废料切口 / 导正孔
- 材料语义** 推断
基于标注推断板材牌号 / 厚度 / 机械性能

置信度分级处理

每个识别结果附带 0-1 置信度分数，>0.95 自动通过；0.80-0.95 进入规则引擎复核；<0.80 触发人工确认。三段式分级使识别系统在自动化与准确性间取得平衡。

双引擎识别流程 · DUAL ENGINE



展开计算与三维几何重建

Blank Unfolding & 3D Reconstruction

从五金件折弯模型到展开毛坯的工艺跃迁

HXV2 · UNFOLD

钣金展开核心

钣金展开是五金模具设计的第一步，系统基于中性层法 + K 因子计算每条折弯的展开长度，自动识别所有折弯特征并求解毛坯外形。展开算法支持 V 形 / U 形 / Z 形 / 压死边等多种折弯形式，并自动补偿回弹量。

展开五步法

- 折弯识别**：识别所有折弯线、折弯角、折弯半径、折弯方向
- 中性层计算**：根据 K 因子表 + 板材牌号求解每条折弯的中性层位置
- 展开长度补偿**：按公式 $L = a + b + 1.57 \times (R + K \times T)$ 计算每段展开长
- 毛坯外形合成**：依次展开所有折弯，合成连续毛坯轮廓
- 排样优化**：在板材上优化毛坯排布，最大化材料利用率

排样与参数输出

系统支持单排 / 双排 / 对头排 / 交错排等多种排样方式，自动计算材料利用率、步距、料宽。最终输出展开毛坯 DXF + 排样图 + 工艺参数表（含展开尺寸、折弯顺序、回弹补偿值），作为下游模具设计的输入。

展开 → 排样 → 毛坯输出

① 3D 折弯件

输入 · BENT PART



↓ K 因子 + 中性层法

② 展开参数表

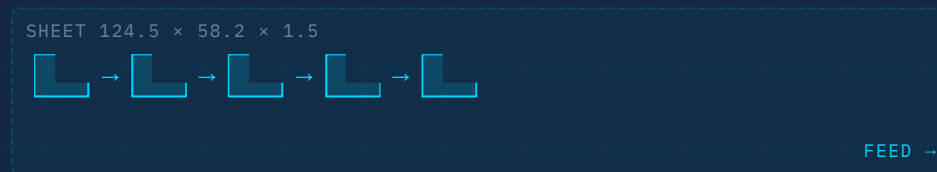
输出 · UNFOLD PARAMS JSON

```
bend_01: {angle:90°, R:1.5, K:0.42, L_comp:3.18}
bend_02: {angle:45°, R:2.0, K:0.38, L_comp:1.85}
blank_size: {L:124.5, W:58.2, T:1.5}
material: {grade:SPCC, ob:340MPa, K_factor:0.42}
```

↓ 排样优化

③ 排样图 + 毛坯 DXF

输出 · NESTED BLANKS



单排 双排 交错 对头

03

SECTION THREE · 03

CHAPTER NO.

CHAPTER THREE / 11 - 14

全自动模具设计流程

Auto-Design Pipeline

- 工序排配 → 模具类型决策
- 凸凹模 / 卸料 / 导向 系统自动设计
- 模架智能选型 → 总装

POSITIONING · 章节定位

让五金模具设计从"按图作业"进化为"按需求解"

工序排配与模具类型决策

Process Planning & Die Type Decision

基于工艺特征分析的模具类型自动求解与工序智能排配

HXV2 · PROCESS PLAN

模具类型决策树

基于产品特征数、批量大小、精度要求、复杂度**四大维度**，系统构建模具类型决策树，从**单工序模**、**复合模**、**级进模**（连续模）三大类型中自动求解最优方案。**小批量简单件**选单工序模；**中批量中等复杂件**选复合模；**大批量复杂件**选级进模。

工序排配算法

- 1

工艺特征分解：将产品拆解为冲孔、落料、弯曲、拉深、成型、翻边等基础工序
- 2

工序依赖求解：基于特征拓扑关系求解工序先后约束（如先冲孔后翻边）
- 3

工序合并优化：复合模尝试合并多工序为单工步，级进模尝试排布为多工位
- 4

冲压力平衡：计算每工位冲压力，平衡压力中心，避免冲床偏载
- 5

工序图输出：生成工序排配图与工序卡片，作为下游模具结构设计输入

级进模工位排布

级进模是工序排配最复杂的场景，系统自动完成**工位数计算**、**工位间距设计**、**导正孔布置**、**空工位留设**、**载体设计**五大任务，平均工位数相比资深工程师设计结果偏差 **< 10%**。

决策输出

最终输出模具类型决策报告 + 工序排配图 + 工位卡片，明确**模具类型 / 工位数 / 各工位工序 / 冲压力分布 / 压力中心坐标**，作为下游结构设计的依据。

S1

S2

S3

S4

工序排配决策流 · DECISION FLOW



凸凹模 / 卸料 / 导向系统自动生成 Punch-Die / Stripper / Guide System

三大子系统并行求解，最大化设计效率与模具可靠性

HXV2 · STRUCTURE



SUBSYSTEM 01
凸凹模设计

[ALGO] 刃口尺寸计算 + 间隙求解

设计要点

- 基于产品尺寸 + 冲裁间隙自动求解凸凹模刃口尺寸
- 冲孔凸模 = 产品孔，凹模 = 孔 + 2×间隙
- 落料凹模 = 产品外形，凸模 = 外形 - 2×间隙
- 刃口强度校核 + 刃口形式自动选择

间隙精度	±0.005 mm
强度校核通过率	100%
自动生成耗时	14 s



SUBSYSTEM 02
卸料系统

[ALGO] 卸料力计算 + 卸料板优化

设计要点

- 基于冲裁力 + 板材回弹计算卸料力
- 卸料板厚度 / 形式自动选择 (刚性 / 弹性)
- 弹簧数量与布置自动求解
- 卸料行程与冲床行程匹配校核

卸料可靠性	≥ 95%
弹簧最优布置	AUTO
自动生成耗时	10 s



SUBSYSTEM 03
导向系统

[ALGO] 导向精度求解 + 导柱布置

设计要点

- 基于模具精度 + 冲床精度求解导向件类型
- 导柱 / 导套规格自动选择
- 后侧 / 中间 / 对角 / 四导柱布置自动决策
- 导向间隙与冲床滑块匹配校核

导向精度	H7 / h6
布置方式	4 种支持
自动生成耗时	8 s

⚡ 三大子系统并行求解 · 整体模具结构设计耗时 < 35s · 相比人工设计 2-4 小时提速约 250×

华栩 HXV2 · 一键画模AI系统 Metal Stamping Die AI

P13 · PUNCH-DIE / STRIPPER / GUIDE SYSTEM

模架智能选型与总装 / Die Set Selection & Assembly

基于约束求解的五金模架选型与全自动化总装

模架选型决策树

基于凹模外形尺寸、冲床吨位、模具精度、行程要求四大约束，系统构建模架选型决策树，从 4 大模架系列（铸铁模架 / 钢板模架 / 导柱模架 / 四柱式模架）50+ 标准型号中自动求解最优模架，同时关联冲床型号库确保规格匹配。

选型约束体系

- SIZE 几何约束：凹模外形 + 模板余量 + 导柱间距
- STRENGTH 力学约束：模板挠度 < 0.05mm、上下模座刚度
- PRESS 工艺约束：冲床吨位 + 台面尺寸 + 滑块行程 + 装模高度
- COST 经济约束：标准件优先 + 库存优先 + 国产化优先

自动化总装

模架选定后系统自动完成上下模座、导柱导套、固定板、垫板、卸料板、定位件、紧固件等 60+ 类标准件的总装，所有件号自动引用标准件库 BOM，并生成 3D 总装图与 2D 装配工程图。

装配校核

总装完成后自动执行静态干涉检查、运动学仿真（冲床滑块运动 / 卸料板动作 / 导柱导向）、装配间隙校核三道工序，发现问题自动回退到选型阶段迭代。

模架选型决策流



标准件库 5800+ SKU · 平均选型耗时 5s · 一次通过率 91%

CHAPTER FOUR / 15 - 17

单流程反复检讨 验证机制

Single-Loop Iterative Verification

- ◆ 01 · CLOSED LOOP
设计-仿真-评审-修正闭环
- ◆ 02 · FEM VALIDATION
冲压FEM仿真校验与冲突检测
- ◆ 03 · AUTO REVISE
自动修正与再验证迭代

⚙️ 没有验证的设计只是猜测——让每一次设计输出都经得起冲压仿真考验

04

CH-04 · VERIFICATION LOOP

设计-仿真-评审-修正 四步闭环

CH-04 · LOOP

单流程反复检讨的核心机制，每一轮迭代都让设计更接近可行解

CHAPTER 04 / 16 · 21



🔧 CLOSED-LOOP PARAMETERS

34 min

单轮平均耗时

1.6

平均迭代轮数

28%

一次通过率

98%

三轮内收敛率

5 轮

最大迭代上限

人工介入

超限处理

冲压仿真校验与冲突检测

CH-04 · FEM

Stamping FEM & Conflict Detection · 成形/力学/运动/装配四维度的全自动化校验

01 四维仿真体系

系统构建了冲压成形、力学强度、运动学仿真、装配干涉四大维度的CAE仿真体系，每一维度独立运行并汇总冲突清单，确保设计方案在多物理场下均满足要求。

02 冲压成形仿真

▶ 基于 AutoForm + Pam-Stamp + 自研网格剖分，自动分析成形极限(FLD)、厚度减薄、起皱、开裂、回弹，关键指标超阈值即标记冲突

03 力学强度校核

▶ 对凸模/凹模/固定板/上下模座进行有限元分析，校核凸模稳定性(抗弯/抗压)、模板挠度(<0.05mm)、螺钉剪切、销钉剪切

04 运动学仿真

▶ 模拟冲床滑块全行程，检测凸模进入凹模、卸料板动作、导柱导向、顶件器顶出等动作干涉，确保运动顺畅

05 装配干涉检查

▶ 对总装3D模型执行静态干涉检查 (1800+ 件对)，输出干涉体积/重叠区域/冲突件号清单

06 冲突分级与修正触发

所有冲突按严重程度分为 CRITICAL / MAJOR / MINOR 三级，CRITICAL 必须修正后才能继续；MAJOR 进入修正队列；MINOR 仅记录不强制修正，三类冲突均写入闭环修正项。

CHAPTER 04 / 17 · 21

仿真校验矩阵 · VALIDATION MATRIX

成形

5 指标

FLD · 减薄 · 起皱 · 开裂 · 回弹

力学

4 指标

挠度 · 凸模稳定 · 螺钉 · 销钉

运动

4 指标

滑块行程 · 卸料 · 导柱 · 顶件

装配

1800+ 件对

静态干涉 · 体积 · 重叠 · 件号



CONFLICT LIST

冲突清单 · 统一格式 JSON



CRITICAL

RED · 强制阻断

MAJOR

AMBER · 修正队列

MINOR

GREY · 仅记录

单次仿真耗时 6 min · 平均冲突检出 6.8 项 · CRITICAL 占比 10%

05

CHAPTER FIVE / 18 - 21

技术亮点与效益

Tech Highlights & ROI

- 核心技术矩阵与创新点
- 效益数据与对比指标
- 典型应用案例与展望

6 INNOVATIONS

10× SPEEDUP

3 INDUSTRIES

技术为刃，效益为证——让创新可见、可量、可复制

↗ CHAPTER 05

核心技术矩阵 / Core Technology Matrix

六大技术创新点共同支撑华翎 HXV2 端到端自动化设计能力



AI 特征识别引擎

INNOVATION 01

CNN + Transformer 双引擎融合架构，业界首个支持 180+ 五金件特征的端到端识别

ACCURACY **98.2%** SPEED **4.5s/图**



参数化模板库

INNOVATION 02

基于 JSON Schema 的五金模具结构参数化表达，覆盖 4 模架系列 50+ 型号

COVERAGE **90%** REUSE **75%**



行业规则引擎

INNOVATION 03

Drools + 自研 DSL 承载 1200+ 条五金模具行业规则，自动审查工艺合规

RULES **1200+** HIT **87%**



反复检讨闭环

INNOVATION 04

设计-仿真-评审-修正四步闭环自动迭代，1.6 轮平均收敛

ITERATIONS **1.6 轮** CONVERGE **98%**



消息总线架构

INNOVATION 05

基于 Kafka 的异步并行任务调度，支持 10 万级日任务并发

TPS **10K** P95 **62 min**



自动修正机制

INNOVATION 06

基于冲突清单的参数化模板回写 + 局部重设计，无需人工介入

AUTO-FIX **88%** TIME **5 min**

 六大技术创新点已申请专利 **10 项**，其中发明专利 **7 项**，构成华翎 HXV2 的核心知识产权壁垒

效益数据与对比指标 / Performance & ROI

基于 180+ 实际投产五金模具案例的数据回溯

📅 设计周期

10×

压缩比 · 传统 4 天 → 系统 10 小时

👤 人工介入度

8%

相比传统 100% 人工 · 节省 92% 人力

✅ 一次试模成功率

93%

相比传统 62% · 提升 31 个百分点

💰 单套模具成本

-34%

综合设计 + 修模 + 试模成本下降

传统人工设计		华栩 HXV2	
LEGACY		HXV2 v3.2.1	
设计周期	3 - 5 工作日	设计周期	6 - 10 小时
资深工程师投入	1.5 人 / 套	资深工程师投入	0.12 人 / 套 (仅审核)
试模次数	平均 3.2 次	试模次数	平均 1.3 次
设计错误率	约 18%	设计错误率	< 2%
资料完整度	70 - 80%	资料完整度	100% 自动生成
可追溯性	弱 · 经验依赖	可追溯性	强 · 全链路日志

典型应用案例与未来展望 / Cases & Roadmap

从概念验证到量产落地，华栩 HXV2 已在多领域规模化部署



3C 五金冲压件

消费电子结构件

规模 年产 1500+ 套模具

效益 设计周期由 3 天降至 8 小时，试模次数由 3.5 次降至 1.4 次

"设计能力外溢至非资深工程师团队" — 某头部手机五金件厂



汽车冲压件模具

汽车钣金件

规模 年产 350+ 套模具

效益 级进模工位排布自动化率 90%，节省 65% 高级工程师工时

"级进模工序排配从纯手工跨越到算法求解" — 某 Tier1 汽车冲压供应商



家电五金件模具

白色家电钣金件

规模 年产 280+ 套模具

效益 材料利用率平均提升 4.2%，设计错误率降至 1.5%

"排样优化直接转化为材料成本节约" — 某头部家电制造商

未来展望 · ROADMAP 2025 - 2027

2025 Q3

接入大语言模型，支持自然语言设计指令交互

2026 Q1

上线云端 SaaS 版本，服务中小五金模具厂

2026 Q4

引入生成式 AI 补全非标结构设计

2027 Q2

构建跨厂协同设计联邦学习平台