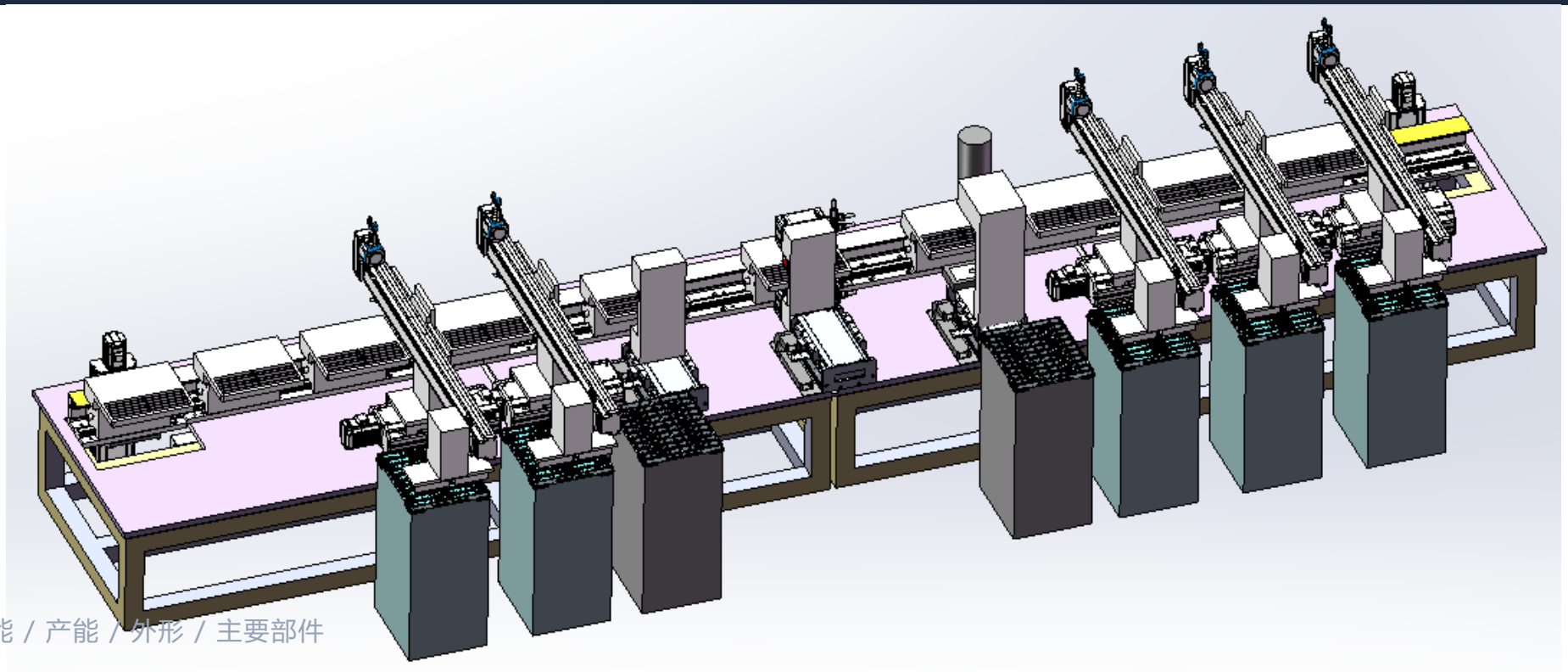
直驱柔性循环检测线

光模块检测设备

磁悬浮直驱循环线承载，两组XYZ平台完成上下料，

双工位视觉检测在同一个基准上完成尺寸、平面度与外观判定。



目录 CONTENTS

01 **设备概况** 检测项目 · 整机结构 · 外形尺寸 04

02 **主要部件** 磁悬浮线 · 动子 · 摆渡 · 机械手 · 视觉 · 升降台 · 清单 11

03 **流程与产能** 10 道工序 · CT 规划 · 单线产出 · 排期 19

需求背景

零件精度升级，检测方式必须同步升级

1 整机发热，急需解决

大数据 / 算法类设备功耗集中，发热成为整机急需解决的问题

▼ 倒逼

2 零件要求越来越高

尺寸公差越来越小 · 平面度要求越来越高

▼ 倒逼

3 检测要求越来越高

加工过程中与零件加工完成后，均需高精度检测

以前 传统模式

- 抽检：按比例抽测，漏检风险高
- 事后控制：加工完成后才发现问题
- 人工或半自动设备，效率低
- 不能满足产能要求

现在 本设备 · 新模式

- 全检：100% 逐件检测，不漏检
- 过程控制：在线检测，问题即时反馈
- 全自动检测，大幅提高检测效率
- 满足产能要求

本设备为全自动检测设备：全检 + 在线检测，以高检测效率同时满足产能要求与过程控制要求

01

CHAPTER 01 / 03

设备概况

检测什么、整线由哪几块组成、设备要占多大地方——先给出这三件事的答案，后面再拆到部件与节拍。

设备功能：一台设备测完三类项目

检测对象

光模块基座

底面检测区 70 × 20 mm

单夹具排布 6 件

测量基准 以底面为基准

尺寸、平面度、外观共用同一套基准，产品不二次装夹。

平面度

底面 52 处采样点，最大高度差 ≤ 0.045 mm。

贴合面的第一道门槛，超差直接表现为主插损与回损漂移。

产品尺寸

6 处螺丝孔台阶高度、6 处定位台阶面高度，加接触面高度差与产品长宽。

全部以底面基准拍一次算完，不因转序切换基准。

外观缺陷

划痕、碰伤、起皮三类表面缺陷，按位置与面积判定。

外观与尺寸同工位拍摄，NG 可回溯到具体夹具位。

非接触检测技术要求：5 项指标逐项定公差

序号	检测项目	参数要求	尺寸数量	公差	量具精度	视觉硬件	备注
1	**整体宽度** 尺寸检测	**22**	5	+0.05 / −0.08	±0.005	平面相机	两端 +3 螺丝孔位
2	**螺纹台阶面高度** 尺寸检测	**5**	6	±0.07	±0.015	3D 扫描	螺丝孔台阶面，逐孔测
3	**台阶高度** 尺寸检测	**0.5**	6	±0.05	±0.005	3D 扫描	定位台阶面
4	**接触面高度** 尺寸检测	**2.5**	1	±0.05	±0.005	3D 扫描	贴合基准面
5	**基面平面度** 形位公差	**0.045**	1	0.04	0.005	3D 扫描	底面 44 点采样

2 种　视觉硬件：平面相机 + 3D 扫描

19 处　尺寸与形位特征，一次装夹测完

0.005 mm　最严量具精度，对应平面度 0.04

> 扫描速度 > 200 mm/s、扫描线宽 >30mm；公差为单件判定限值，量具精度按公差的 1/8 ~ 1/10 配置。

同一工件 · 连续动态测量 10 次 · 单位 mm

样品测试：10 次重复测量，极差 0.002 mm

次	平面度	台阶高度1	台阶高度2	台阶高度3	台阶高度4	台阶高度5	台阶高度6	接触面高度	螺孔附高度1	螺孔附高度2	螺孔附高度3	螺孔附高度4	螺孔附高度5	螺孔附高度6
1	0.028	-0.883	-0.885	-0.898	-0.895	-0.690	-0.693	-1.898	3.916	3.896	3.885	3.879	3.913	3.896
2	0.029	-0.884	-0.884	-0.898	-0.894	-0.690	-0.694	-1.898	3.917	3.897	3.884	3.875	3.910	3.896
3	0.028	-0.885	-0.884	-0.897	-0.893	-0.689	-0.693	-1.898	3.917	3.898	3.885	3.879	3.912	3.895
4	0.029	-0.883	-0.885	-0.897	-0.894	-0.690	-0.696	-1.898	3.916	3.896	3.882	3.875	3.913	3.895
5	0.029	-0.883	-0.886	-0.896	-0.895	-0.690	-0.695	-1.898	3.915	3.896	3.885	3.878	3.913	3.896
6	0.029	-0.881	-0.885	-0.896	-0.896	-0.689	-0.694	-1.898	3.916	3.895	3.886	3.879	3.913	3.894
7	0.029	-0.883	-0.882	-0.897	-0.895	-0.690	-0.694	-1.898	3.916	3.896	3.885	3.877	3.912	3.896
8	0.029	-0.884	-0.887	-0.897	-0.895	-0.690	-0.692	-1.898	3.916	3.896	3.885	3.879	3.913	3.894
9	0.030	-0.883	-0.886	-0.898	-0.895	-0.690	-0.691	-1.899	3.914	3.896	3.884	3.877	3.913	3.896
10	0.030	-0.884	-0.885	-0.897	-0.895	-0.690	-0.694	-1.898	3.916	3.896	3.885	3.879	3.913	3.896
最大	0.030	-0.881	-0.882	-0.896	-0.893	-0.689	-0.691	-1.898	3.917	3.898	3.886	3.879	3.913	3.896
最小	0.028	-0.885	-0.887	-0.898	-0.896	-0.690	-0.696	-1.899	3.914	3.895	3.882	3.875	3.910	3.894
极差	**0.002**	**0.004**	**0.005**	**0.002**	**0.003**	**0.001**	**0.005**	**0.001**	**0.003**	**0.004**	**0.004**	**0.004**	**0.003**	**0.002**

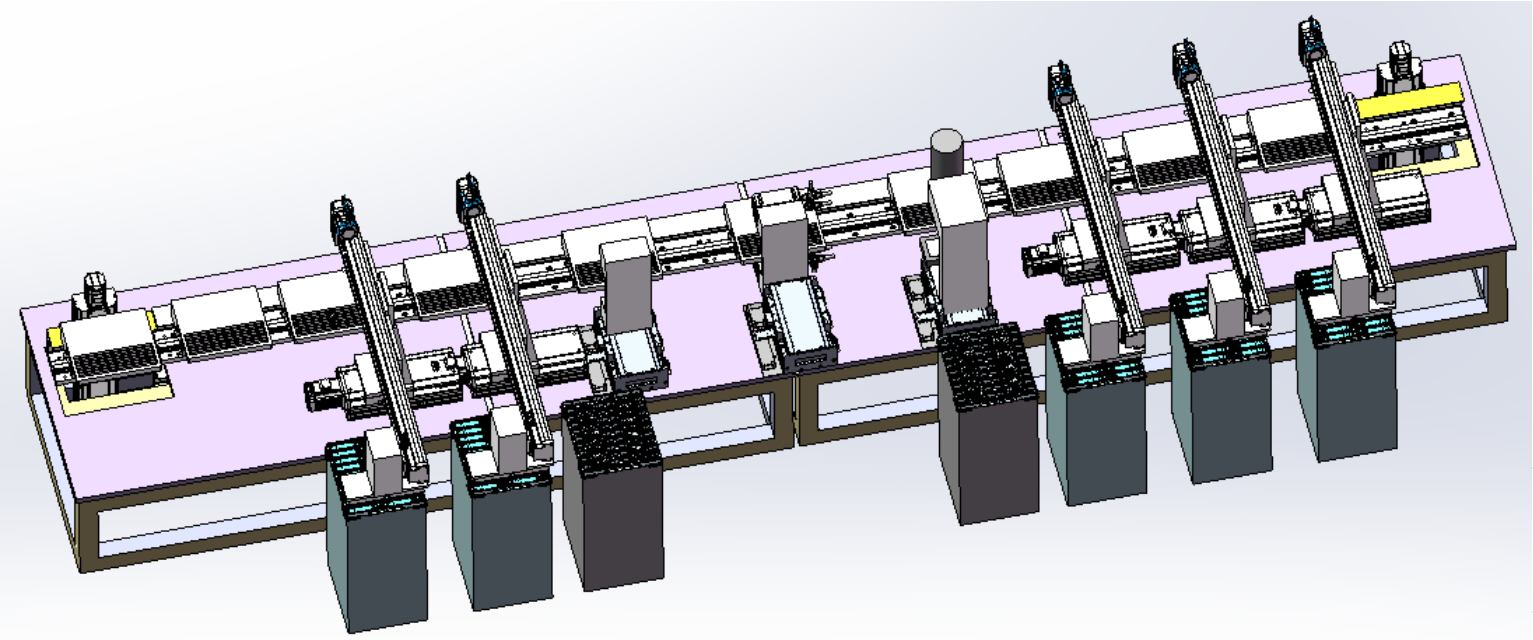
0.002 mm 平面度重复性（极差）

0.005 mm 高度类重复性（最大极差）

5 % 极差占公差带比例

含上下料与定位误差的整机动态重复性
不是实验室静态打表

整机结构：四类部件串成一条闭环



循环线体是骨架，机械手与视觉挂在两侧，料仓整叠供料，产品从上线到下线不落地。

磁悬浮循环线

上下双线体，动子载夹具循环运转

02 **摆渡模组**

两端换向，空夹具回流构成闭环

03 **取料机械手 × 5**

上料 2 组 + 下料 3 组，单次 6 件

04 **视觉检测 × 2**

3D 扫描 + 2D 视觉，各拍 6 件

> 8 个 CT 工位按同一节拍排布，整线产出由最慢的那道工序决定，而不是最快的。

俯视布局 · 4600 × 1288 · 11 个工位位置

整机布局：一条直线走完 11 个位置，料盘分列两侧



橙色为检测工位，深色为上下料，虚线为输送位

料盘区位于线体下方，上料在左、下料在右

盘位配置

上料侧	**3 盘**	待检料 ×2 + 空周转盘 ×1
下料侧	**4 盘**	空盘 ×1 + 良品 + 返修件 + 不良品
合计	**7 盘**	整叠供料，满盘不下线

另：上下料 5 台 · 视觉 3 套（读码 / 3D / 2D）· 上下料升降台各 1 套

技术要求

1. 产能 UPH > 3000，20 H 产量 > 60,000
2. 来料底面朝上，台阶面朝下
3. 台阶方向出现不一致，报警人工处理
4. 良品盘需满盘，不能出现空格
5. 数据与产品编号（二维码）对应，返修件可追溯具体内容
6. 良品全部合格；返修与不良中良品率 < 3%
7. 需增加工位时按 960 mm 节距加长
8. 预留 MES 接口
9. 初步方案，尺寸以细化后方案为准

4600 mm
总长，可按 960 节距加长

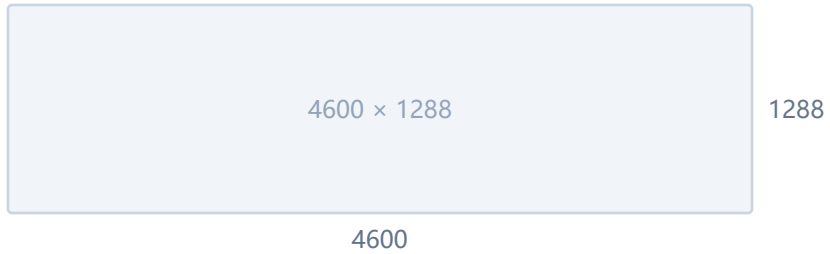
1300 mm
总深，含两侧料盘区

950 mm
总高，台面 767.5

1500 kg
整机重量

外形尺寸：4600 × 1288，占地 5.9 m²

俯视轮廓



侧视轮廓



按 1:20 比例示意，非施工图

占地平面

4600 × 1300 mm

台面净占： 5.98 m²，含两侧料盘区。

950 mm 总高

含机械手与线体最高点

1500 kg 整机

图纸重量 379.659 kg

· 长度方向按 960 mm 节距拼接，工艺需要增加工位时可继续加长。

· 建议四周预留 800 mm 以上维护通道，正面留上下料操作位。

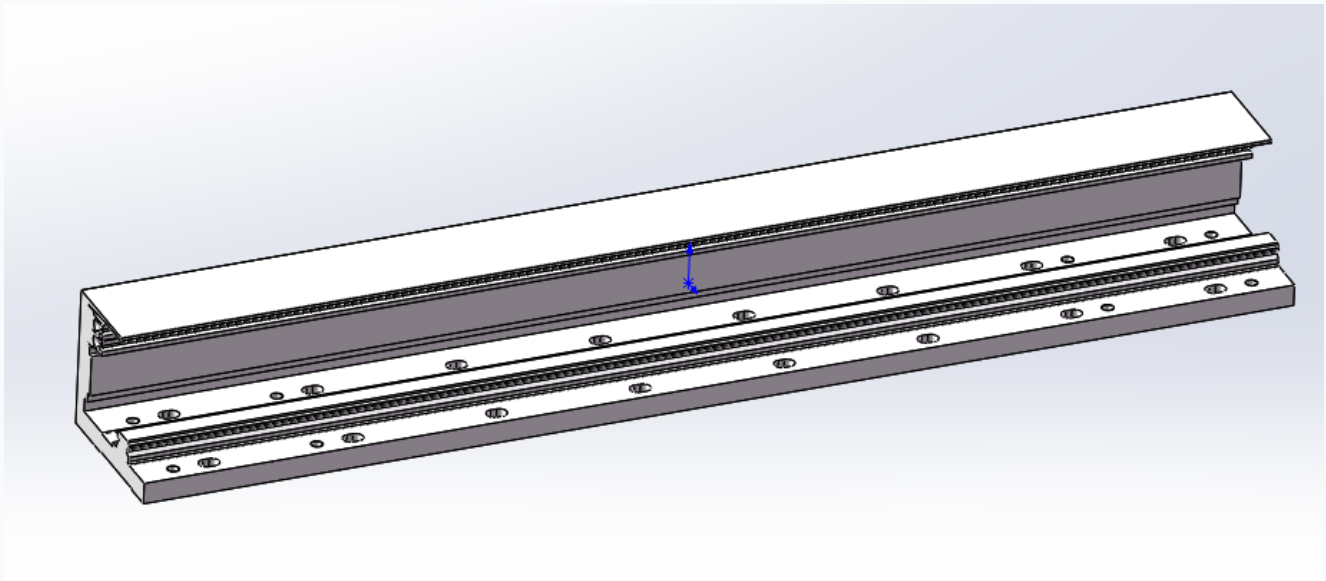
02

CHAPTER 02 / 03

主要部件

线体负责搬运，摆渡负责换向，机械手负责上下料，视觉负责判级——四类部件各管一段，接口只有「夹具」和「节拍」。

磁悬浮循环线：驱动与承载分开



线体定子段：磁钢阵列与导轨一体，动子在其上方非接触运行

> 定子只负责产生行波磁场，动子只带夹具与被测件——线体上没有拖链、没有气管、没有皮带。

非接触驱动

动子被磁场推着走，与定子不接触，没有摩擦副。

动子独立控位

每个动子速度与停位单独设定；节距 960 mm，工艺需要时线体可加长。

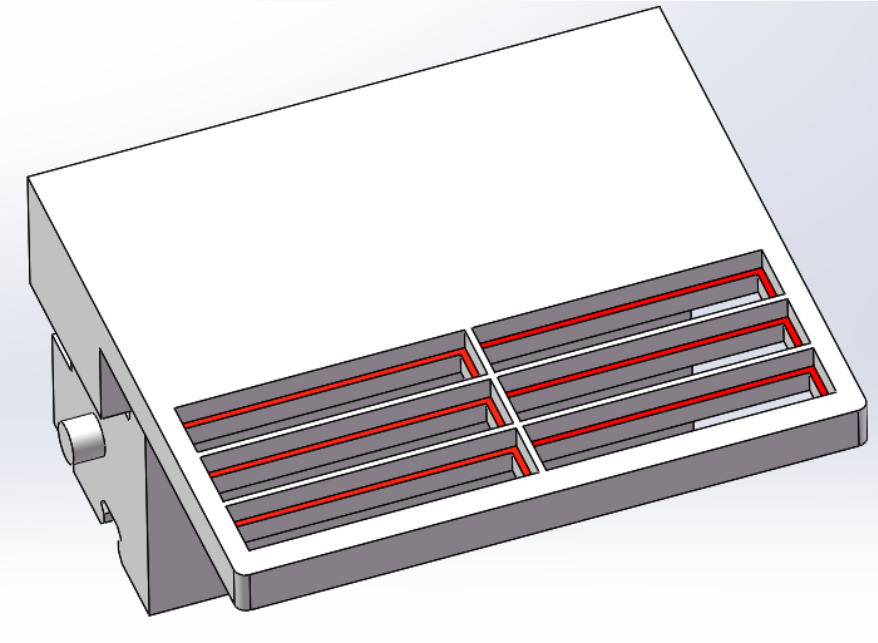
洁净与低维护

无润滑、无磨屑，维护从「换皮带」变成「查动子」。

- 没有接触，就没有磨损。

承载与换向：动子夹具 + 摆渡模组

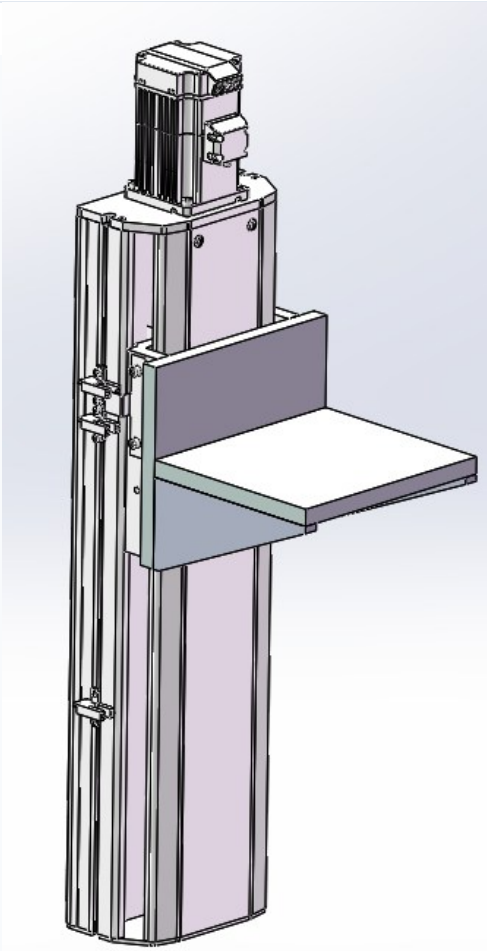
01 动子 + 夹具



一套夹具排布 **6 件** 产品，随动子走完全程，中途不换手。

02 摆渡模组

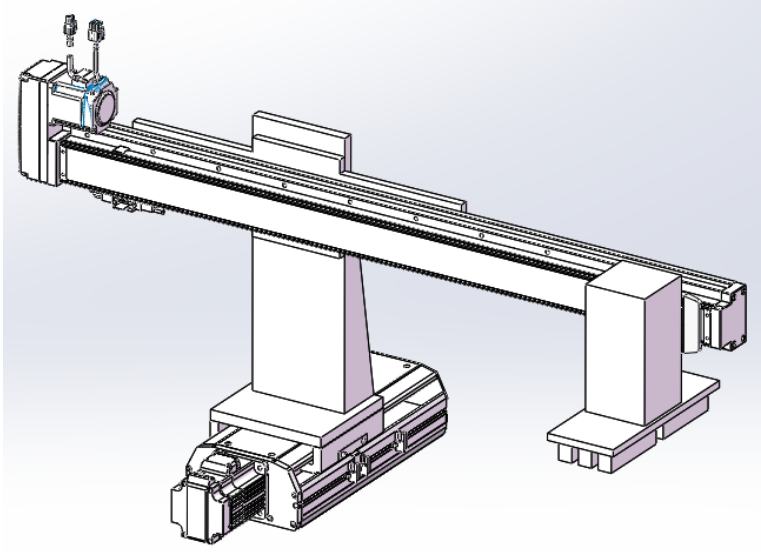
两端各一组，**6 秒** 内完成整排横移换向，把上下两条线体接成闭环。



上下料与判级：机械手 + 视觉检测

取料部件 × 5

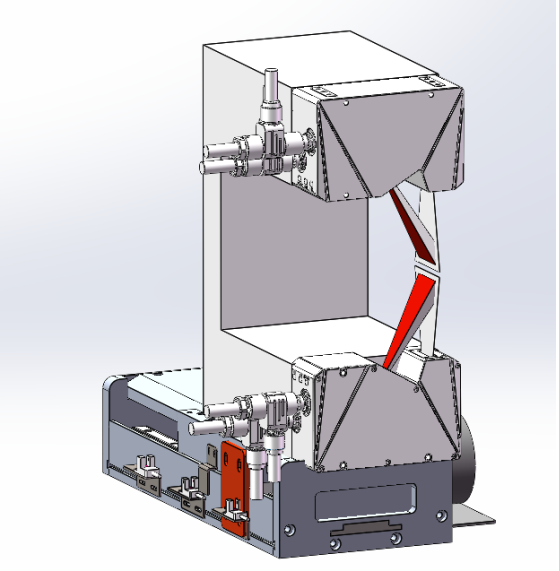
上料 2 组 + 下料 3 组



双指夹具一次夹 6 件，6 秒内完成一组取放；上下料各两组合计 5 套，正好对上夹具容量。

视觉检测 × 2

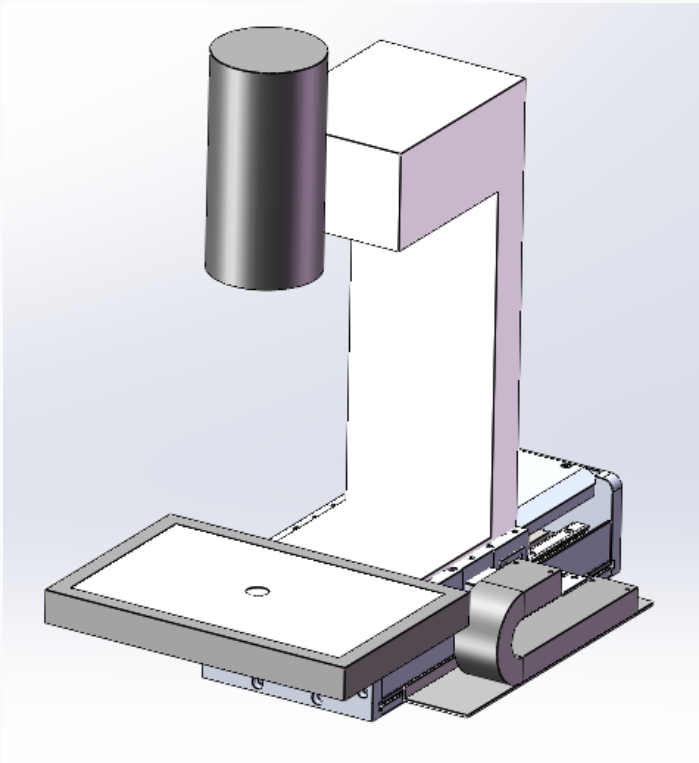
3D 扫描 + 平面视觉



两台各拍 46 件：3D 扫描出尺寸与平面度，2D 视觉做宽度与外观判级，各 6 秒完成。

- 上下料是「搬一件」，检测是「判一件」——搬得快不等于判得快，节拍卡在检测这一环。

平面视觉：相机不动，载台把工件送到镜头下



俯拍相机 + 立柱 + 单轴载台：光路固定，工件走位

俯拍式平面视觉：工件在载台上，镜头在上方，一次成像判完整个检测面。

01 俯拍相机

垂直向下固定安装，单次成像覆盖整个工件检测面

02 立柱

相机与载台间距锁死，标定一次长期有效，不随生产漂移

03 精密载台

单轴把工件送进镜头正下方，到位停稳后触发拍摄

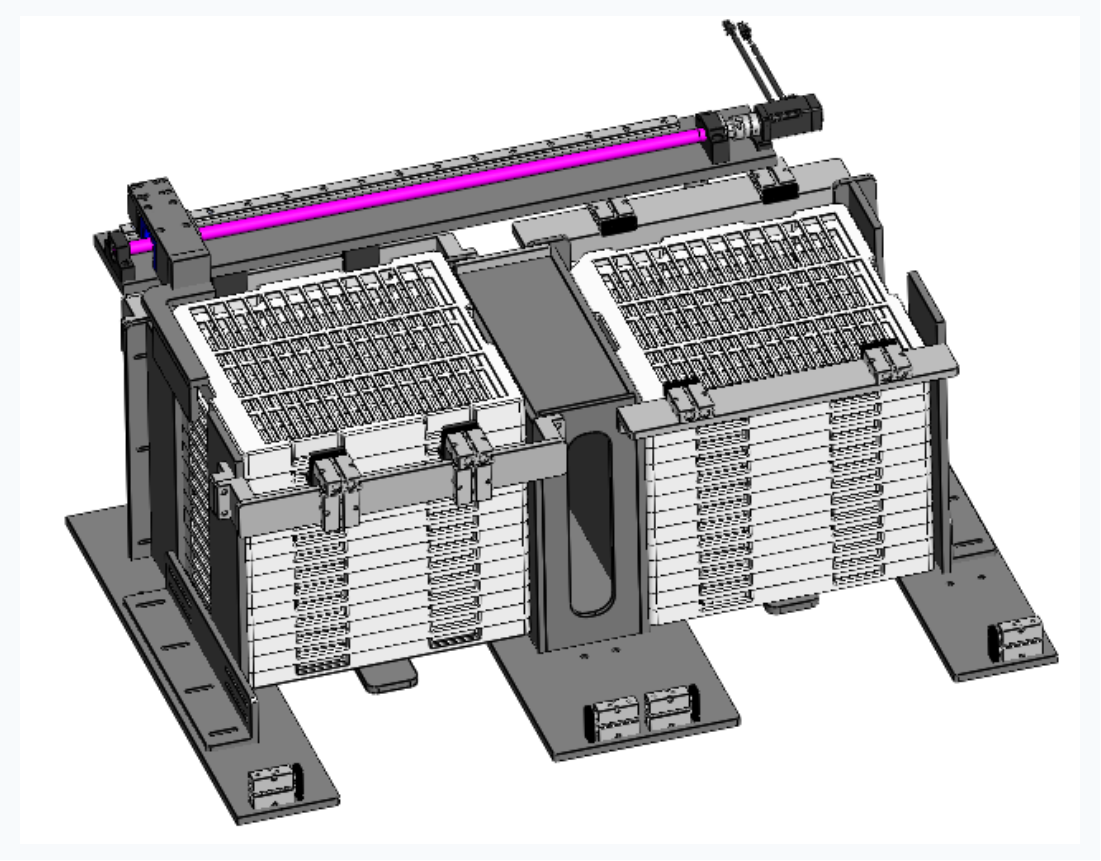
04 光源（选配）

按检测项配同轴光或背光，把平面度与表面缺陷打亮

> 运动全交给载台，光路保持静止——成像一致性由结构保证，不靠每次重新对焦。

同一次成像同时判 台阶与长宽尺寸

上下料升降台：整叠料盘升降，取料面高度不变



上下料升降台：双料仓 + 整叠升降 + 四角导向

料仓是整线的入口与出口：整叠料盘放上去，升降台负责把取料面维持在同一高度。

01 双仓并排

上料、下料各一个料仓，整叠料盘直接放入，不拆盘

02 整叠升降

升降台托住整叠料盘逐层升（降），取料面始终停在同一高度

03 四角导向

导向柱约束料盘堆叠，叠到满高也不偏斜、不塌盘

04 整仓更换

上料盘取空、下料盘取满后整仓拉出更换，不必停机等单盘

> 机械手的行程只留给搬运，不留给料仓高度——高差由升降台吃掉。

关键部件清单：全机 13 项配置

序号	名称	规格 / 型号	数量
1	**XYZ取料平台**	X行程：120；Y轴行程： 800；Z轴行程：50	4 个
2	**3D 扫描相机**	扫描宽度 > 30，速度 > 200 mm/s，精度 ±0.005	2 个
3	**平面相机**	一般标准	1 个
4	**磁悬浮循环线**	主体线长 4600，两端夹具循环位，动作数 13，垂直直角	1 套
5	**扫描相机模组**	有效行程 >260	1 套
6	**二维码相机**	—	1 个
7	**二维码相机模组**	有效行程 > 160	1 套
8	**上料台**	—	1 套
9	**下料台**	—	1 套
10	**机架 + 大板**	—	2 套
11	**电气**	电气元件、磁悬浮循环线控制器	1 套
12	**软件 - 1**	视觉检测	3 套
13	**软件 - 2**	运动控制	1 套

- 相机共 4 台：3D 扫描 2 台、平面 1 台、读码 1 台；软件按视觉检测与运动控制分开配置。

上位机配置：软件运行的电脑要求

序号	类型	规格	数量
1	**CPU**	建议 i7-10 代以上	1
2	**内存**	建议 16 GB 以上	1
3	**网卡**	千兆网卡	1
4	**显卡**	无需求；平台要求 3D 渲染时配 2 GB 以上独显	1

上位机由客户提供，我方交付软件、接口协议与安装调试；以上为单台设备一套。

为什么这么配

一次成像 4 件

单帧图像叠加 3D 点云，内存按 16 GB 起配，避免频繁换页拖慢节拍。

结果回传 MES

检测数据带二维码上传，千兆网口保证单日 5 万件的记录不积压。

显卡按需增配

纯 2D 判定不依赖显卡；平台做 3D 渲染显示时再加 2 GB 以上独显。

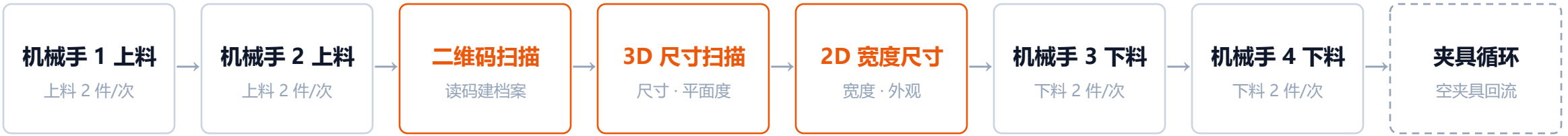
03

CHAPTER 03 / 03

流程与产能

8 道工序等节拍运转，4 件一夹具——节拍定下来，产能也就定了。

检测流程：8 道工序串成一条直线，闭环运转



另有左端夹具循环位与缓冲位两个输送位（不占节拍），空夹具沿下层回流，构成闭环。

11 个　工位位置：8 道工序 + 缓冲位 + 两端循环位

6 s　单工序节拍，取放与拍摄都在内

6 件　一套夹具，机械手每次取放 2 件

工件上料后先读码绑定，再进 3D 与 2D 两道检测；下料按良品、返修、不良三盘分道，数据随二维码一一对应。

CT 规划：8 道工序各 5.76 秒，节拍由线体统一推进

序号	工序名称	工序时间 (s)	工件数量	备注
1	机械手 1 上料	6	6 件	每次 6 件，与上料 6 凑满一套夹具
2	机械手 2 上料	6	6 件	与上料 1 同步动作
3	**二维码扫描**	**6**	**6 件**	读码并与夹具位绑定，建立产品档案
4	**3D 尺寸扫描**	**6**	**6 件**	一次扫完 6 件，出尺寸与平面度
5	**2D 宽度尺寸**	**6**	**6 件**	俯拍 6 件，测宽度与外观缺欠
6	机械手 3 下料	6	6 件	按良品 / 返修分道
7	机械手 4 下料	6	6 件	与下料 3 同步，清空一套夹具
8	夹具循环（两端）	6	—	空夹具回流，闭环运转

注：1. 一套夹具排布 6 件产品；2. 机械手每次取放 6 件。

三道检测工序各 6 s，正好卡住整线节拍。

6 s ÷ 6 件 = 1 s/件，对应 3600 件/小时；缓冲位与两端夹具循环位为输送位，不单独计时。

扫描周期：单程 1.47 秒



速度曲线：0.020 s 加速 → 1.430 s 匀速 → 0.020 s 减速

> 单向X轴周期 2 s，X轴运动轴1.5s，Y轴运动时间0.5s；CT时间为 6 s。

扫描轴技术参数

电机形式	**有铁芯线性电机**
有效行程	**270 mm**
最大速度	**0.200 m/s**
加速度	**10 m/s²**
运动负载	**10 kg**
持续推力 / 峰值推力	**85.3 / 198.0 N**
安全系数	**1.2**

产能：UPH: 3000，20 小时 6 万件（效率>85%）

60,000 件

节拍 6 s · 一套夹具 6 件 · 20 小时连续运行

口径说明

- 节拍 6 s，一套夹具排布 6 件
- 单件 1 s，小时产出 3000 件
- 20 小时为连续运行时长，非自然日
- 已含上下料与检测动作，未扣换型与保养

01 · 单个产品时间

6 ÷ 6 件

1 s / 件

→

02 · 每小时产量

3,600 s ÷ 1 s

3000 UPH（料率>85%）

→

03 · 20 小时产量

3000 × 20 h

60,000 件 / 线

结论：

1. 单线产能：UPH>3000；
2. 直驱柔性生产线，增加动字数量或工位单元，可扩大产能
3. 设备尺寸：4.6m x 1.3m x 0.95m
4. 设备标准工位，可做测量，拍照等
5. 产品更换，相应夹具和上下料方便更换
6. 120 X 30 产品测量重复性精度，平面度：0.002mm；尺寸：0.005