

智能的制造还是聪明的制造

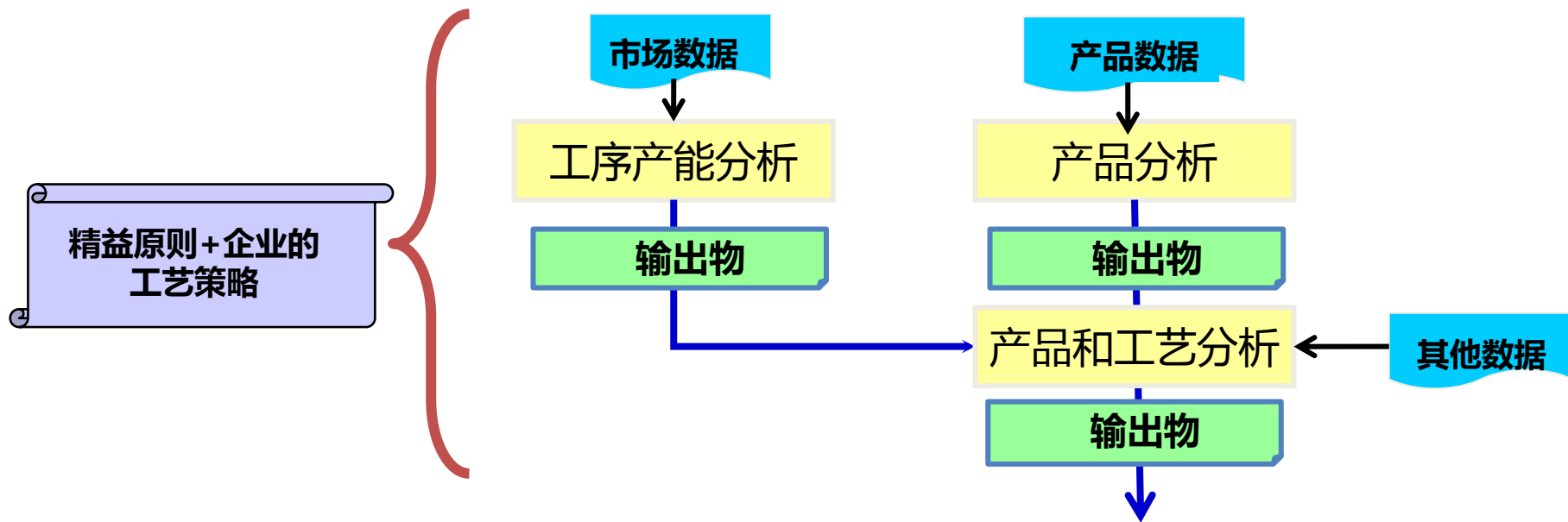
曾玉波

要做“柔性精益自动化”

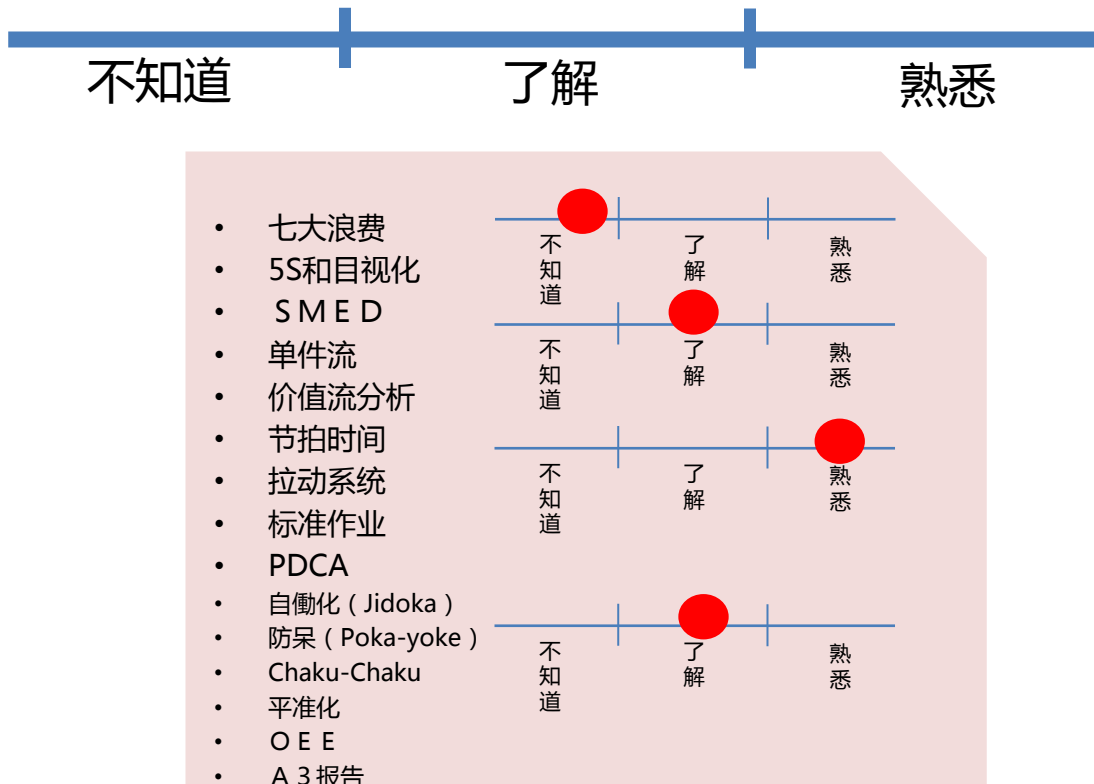
1. 先改善产品和流程后再投资自动化
2. 不在“浪费”的地方投资
3. 适应未来的变化

■ 理解并运用精益的原则进行

- 生产线设计：最大产能，节拍，弹性，平衡，等等
- 物料的供应与取用
- 生产线指标（KPI）的设置、评估与衡量



- 七大浪费
- 5S和目视化
- S M E D
- 单件流
- 价值流
- 节拍时间
- 拉动系统
- 标准作业
- PDCA
- 自働化 (Jidoka)
- 防呆 (Poka-yoke)
- Chaku-Chaku
- 平准化
- O E E
- A 3 报告
- 山积图 (YAMAZUMI)



数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

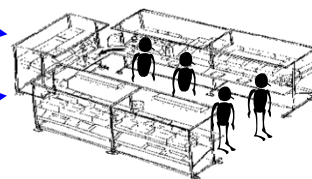
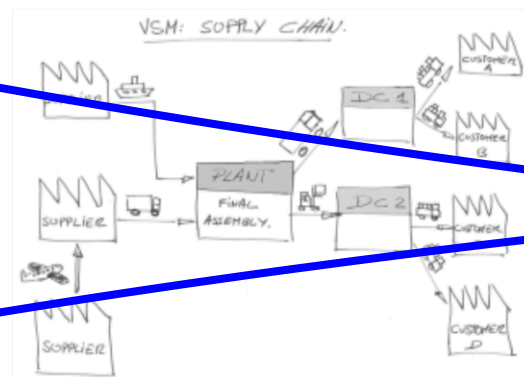
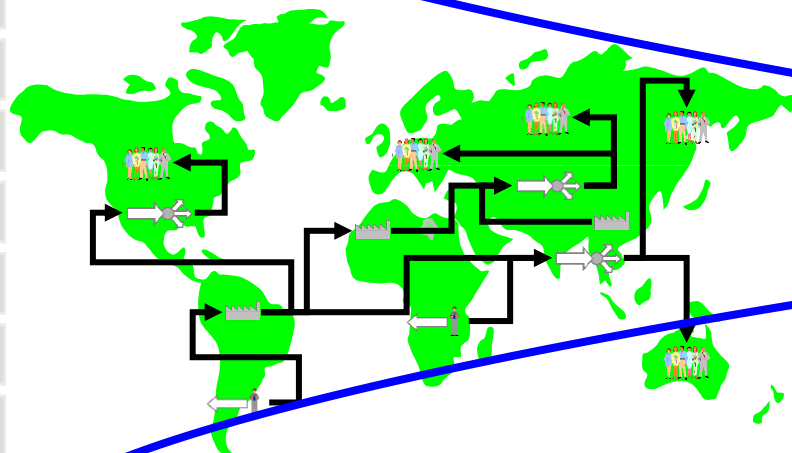
生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标

理解全球供应链对生产线架构设计的影响，并运用价值流分析全局的供应链架构



数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

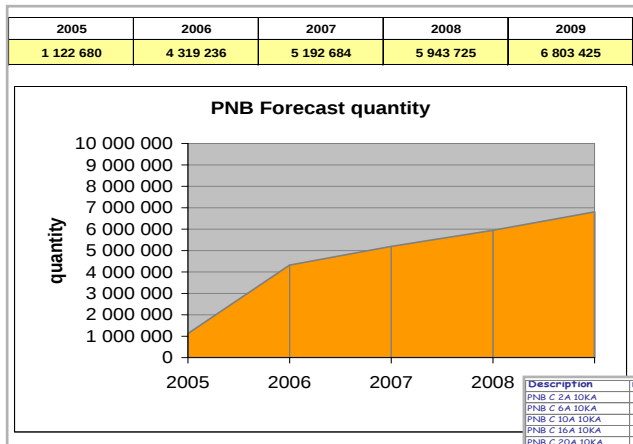
生产线架构

物料供应与取用

工位布局

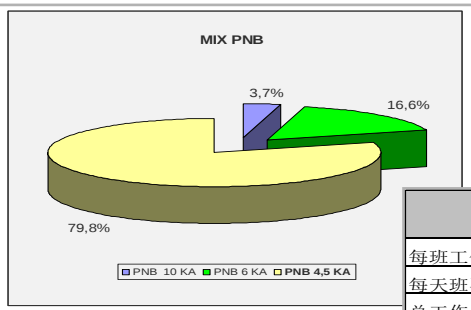
生产指标

市场预测



Description	mix	mix	ref
PNB C 2A 10KA	1%	0.0%	1
PNB C 6A 10KA	2%	0.1%	2
PNB C 10A 10KA	29%	1.1%	3
PNB C 16A 10KA	42%	1.6%	4
PNB C 20A 10KA	19%	0.7%	5
PNB C 25A 10KA	4%	0.1%	6
PNB C 32A 10KA	3%	0.1%	7
PNB C 40A 10KA	1%	0.0%	8
PNB 10 KA	100%	3.7%	
PNB C 2A 6KA	1%	0.1%	9
PNB C 6A 6KA	2%	0.3%	10
PNB C 10A 6KA	29%	4.8%	11
PNB C 16A 6KA	42%	7.2%	12
PNB C 20A 6KA	19%	3.2%	13
PNB C 25A 6KA	4%	0.6%	14
PNB C 32A 6KA	3%	0.4%	15
PNB C 40A 6KA	1%	0.1%	16
PNB 6 KA	100%	16.6%	
PNB C 6A 4.5KA	2%	1.5%	17
PNB C 10A 4.5KA	29%	23.0%	18
PNB C 16A 4.5KA	42%	34.5%	19
PNB C 20A 4.5KA	19%	15.3%	20
PNB C 25A 4.5KA	4%	2.7%	21
PNB C 32A 4.5KA	3%	1.8%	22
PNB C 40A 4.5KA	2%	0.9%	23
PNB 4.5 KA	100%	79.8%	

PQ分析



工厂生产组织

每班工作小时	7.16
每天班次	3
总工作小时	21.5
每周工作天数	6
每年工作天数	299
每年工作小时	6423

每批的尺寸		
12 产品	1 箱	
8 箱	1 大包装	
36 大包装	1 托盘	
每托盘产品数	3456	

为了确定产能我们应该考虑:

- 客户服务水平 (OTD)
- 订单交付周期
- 生产效率

生产组织

生产线最大产能的定义

数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

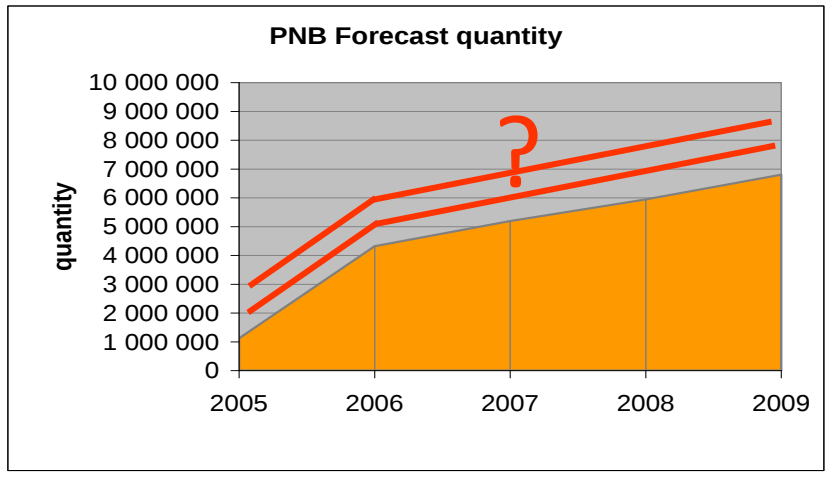
生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标

2005	2006	2007	2008	2009
1 122 680	4 319 236	5 192 684	5 943 725	6 803 425



为了确定产能我们应该考虑:

- 客户服务水平 (OTD)
- 订单交付周期
- 生产效率

准时生产（JIT）是一种高效的生产模式

- 只生产某产品或部件
- 只当它被需要时生产
- 只生产需要的数量

节拍 Takt Time 是精益生产的基础，是为了满足用户需求的两个产品间隔的准确时间。

$$Takt\ Time = \frac{Available\ production\ time}{Customer_demand}$$

$$节拍 = \frac{可用的生产时间}{用户需求}$$

数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标

数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

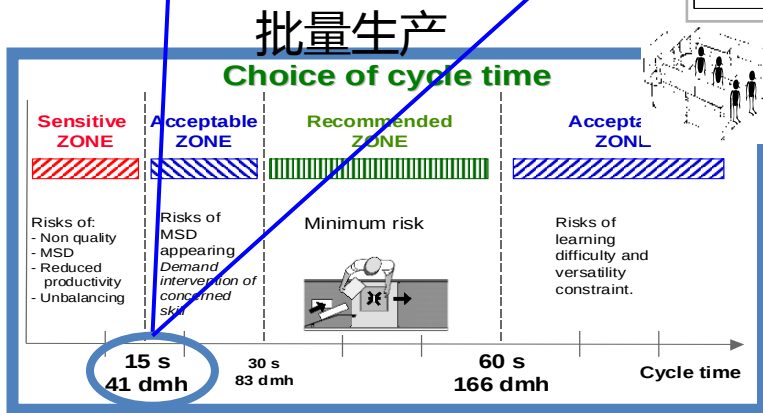
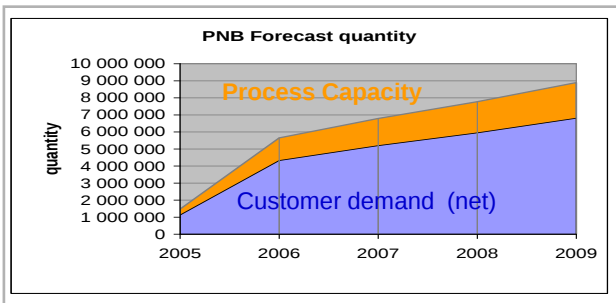
生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标

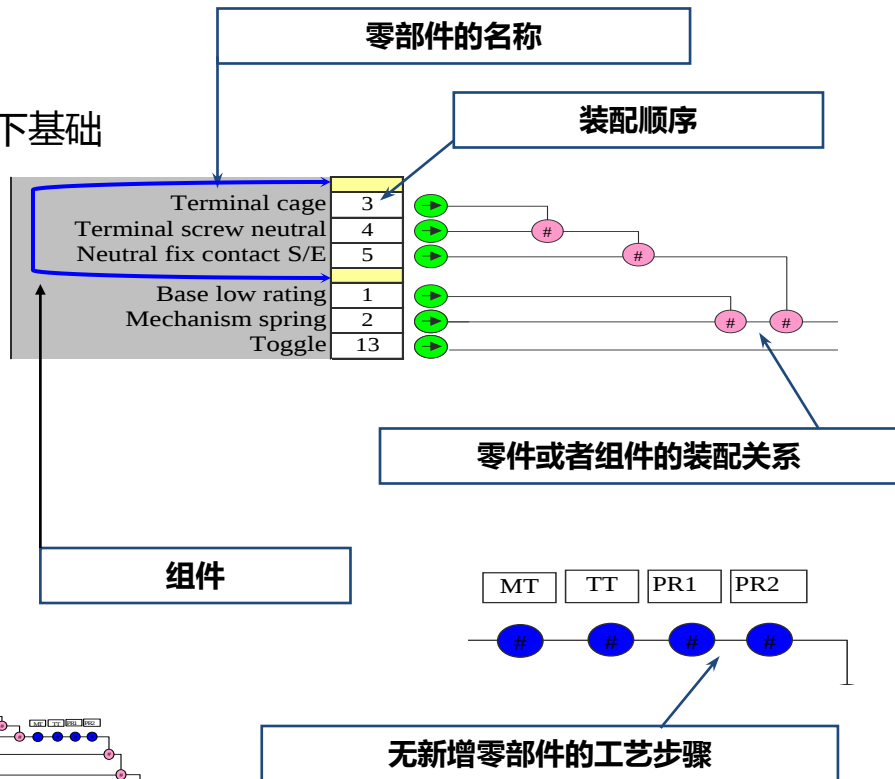
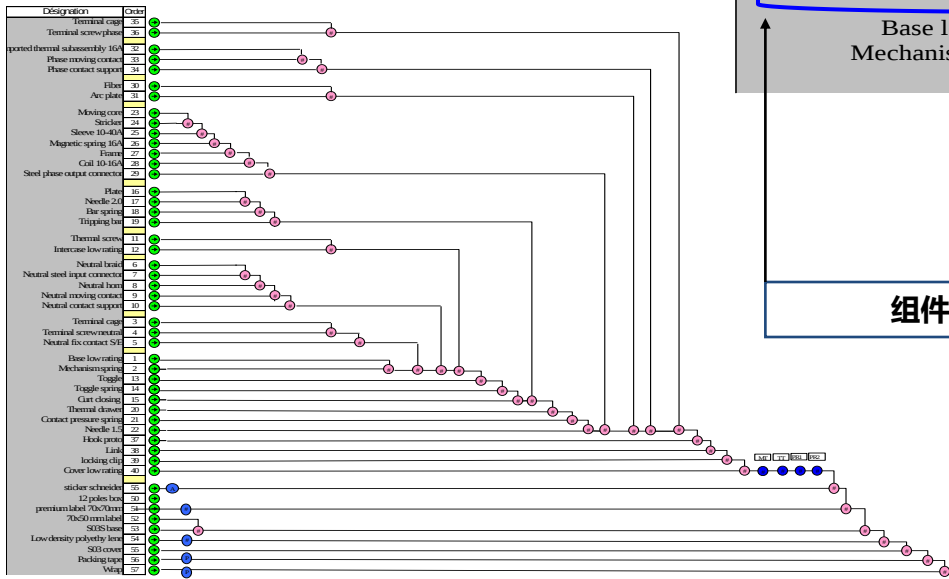
PNB		2005	2006	2007	2008	2009
Net demand :	pcs/Y	1 122 680	4 319 236	5 192 684	5 943 725	6 803 425
Maximum customer need	pcs/Y	1 456 583	5 589 776	6 720 156	7 692 122	8 804 711
Maximum customer need = Cmax :	pcs/Y	1 471 296	5 646 239	6 788 036	7 769 820	8 893 647
Working Hours :	H/Y	4382	6423	6423	6423	6423
Takt Time Ref	dmh	29,8	11,4	9,5	8,3	7,2
Production per Hour	p/h	386	879	1 057	1 210	1 385



如果该生产线是手工生产线或半自动生产线

- 根据人体工程学，可接受的工位节拍最好大于15s.
- 可规划产线的复制，这样也符合根据订单需要分步投资的原则

- 使得产品的装配路径可视且受控
- 工艺路径分析对后续的产品差异树分析打下基础



数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

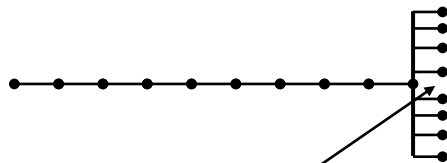
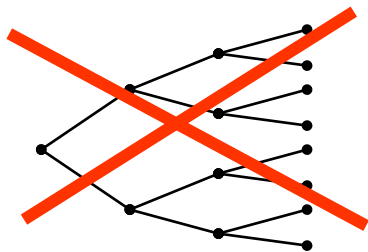
工艺架构

生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标



变异

提倡延迟产品差异，最大化零部件和组件的标准化

•对生产线架构的影响:

- 减少库存/种类/成本
- 减少投资 (设备、工装、器具、夹具等)
- 减少换型
- 减少工位上在制品的变异数量
- 产品流将非常简单

数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

生产线架构

物料供应与取用

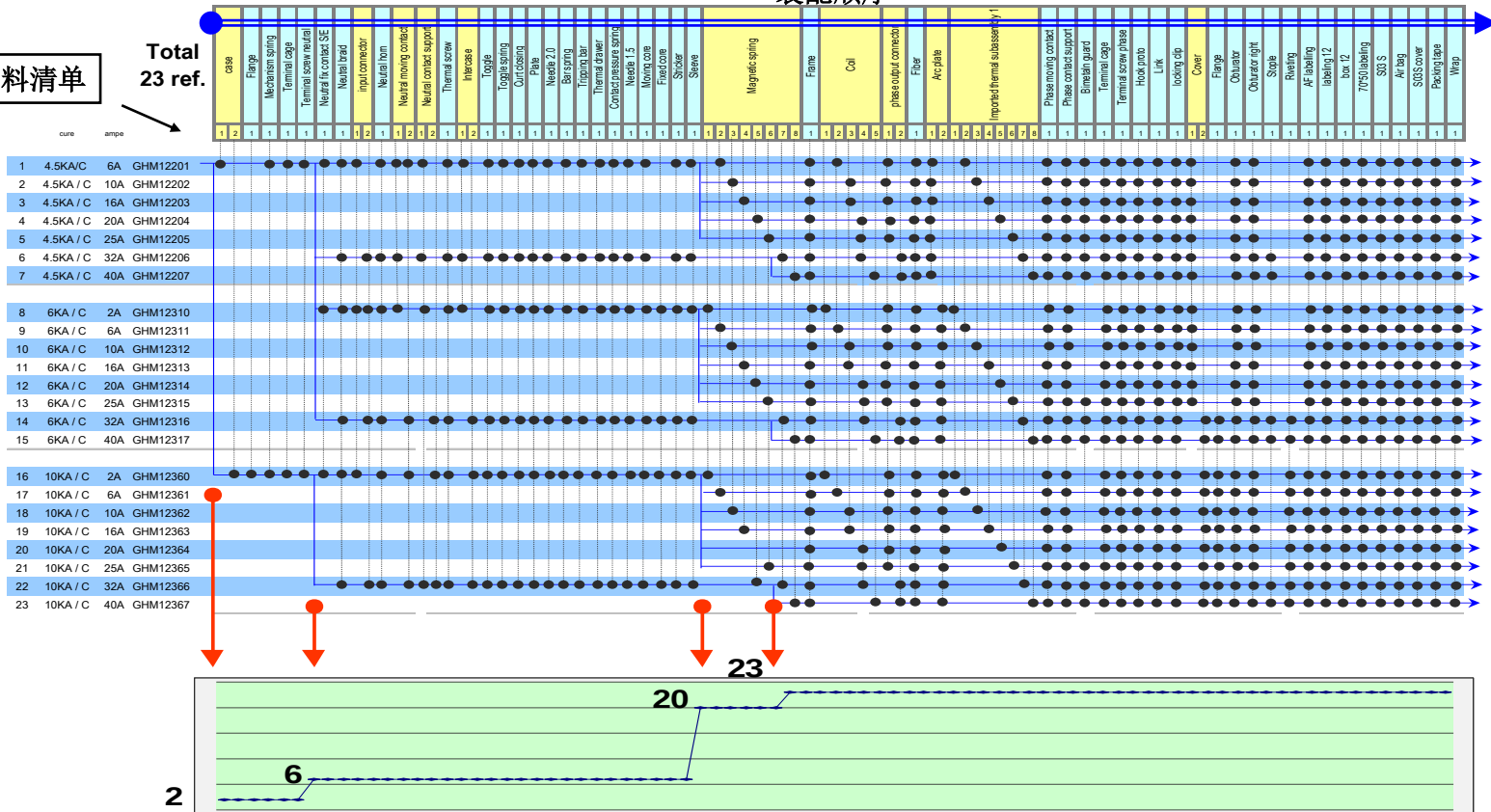
工位布局

生产指标

物料清单

Total
23 ref.

装配顺序



数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

生产线架构

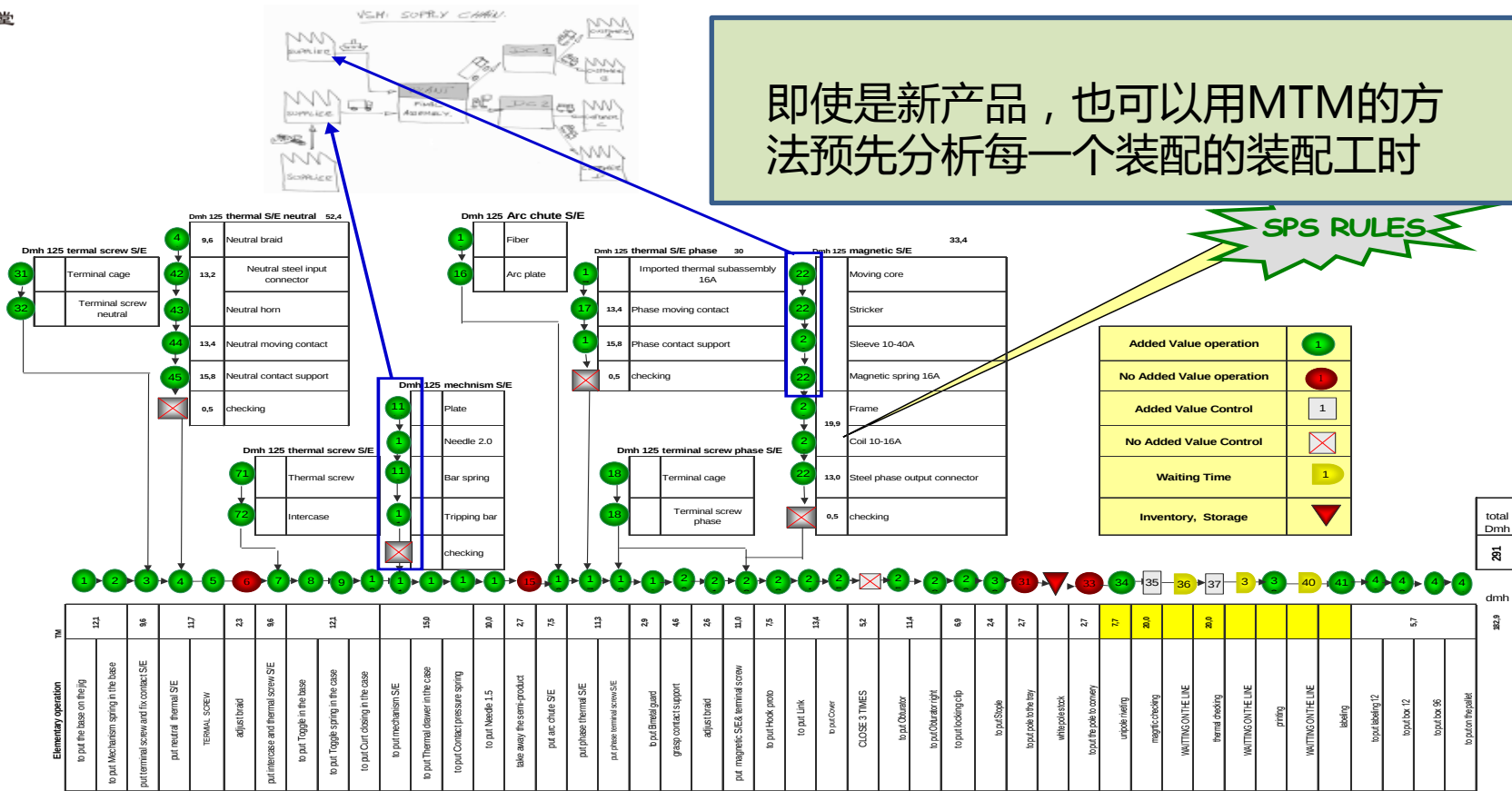
物料供应与取用

工位布局

生产指标

即使是新产品，也可以用MTM的方法预先分析每一个装配的装配工时

SPS RULES



数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

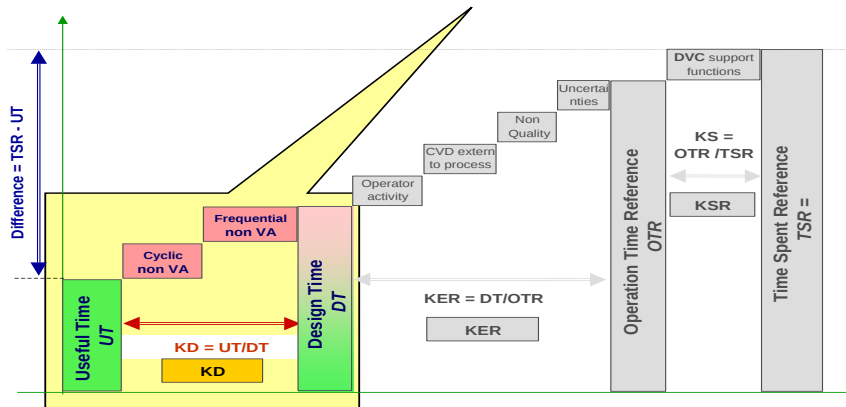
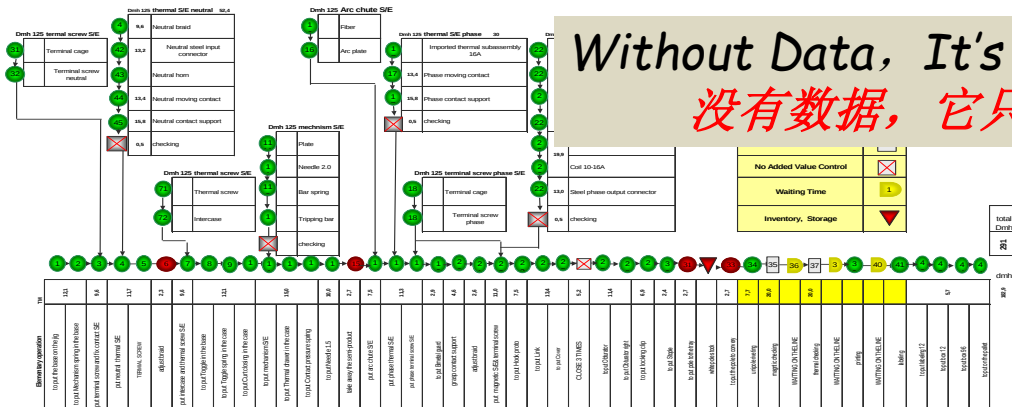
生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标

Without Data, It's Just An Opinion!
没有数据，它只是你的观点！



设计时间 (DT : Design Time)

- 增值时间 (UT : 有用的时间)
- 必要的非增值时间 (周期性的，频繁的)
- 这样的分析图对后续的线体平衡设计很重要

开工时间OTR：

- 理想的目标 : $DT < OTR < DT / 0,9$
- 这将用于确定产线员工的数量

•最优化的流程是:

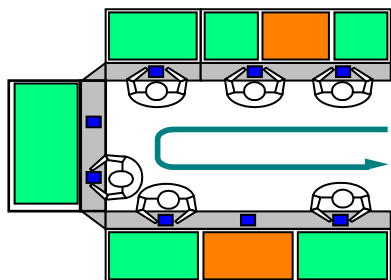
根据质量和交期的要求，在最优化的生产组织和最高的效率下满足用户需求的节拍

用户需求节拍

员工的数量

产能

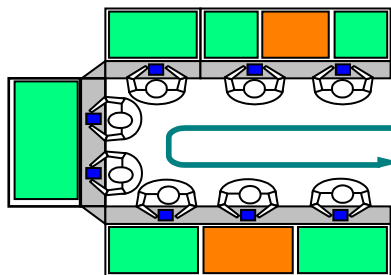
效率



最优的

最优的

最大的



最大的



工艺流程架构

数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标

$$\text{参考节拍} = \frac{\text{可用生产时间}}{\text{最大需求 } C_{\max}}$$

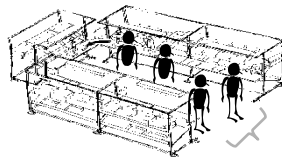
$$\text{资源数量} = \frac{\text{实际工作时间}}{\text{参考节拍}}$$

$$\text{工序的数量} = \text{资源数量} \times \text{弹性系数 (1,3)}$$

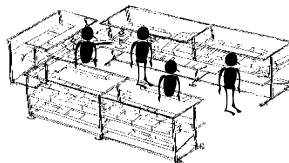
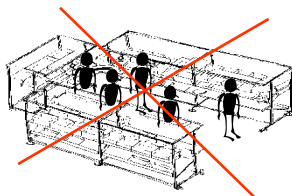
$$\text{平均工序的周期时间} = \frac{\text{设计工时}}{\text{工序数量}}$$

$$\text{产线产能 (practical)} = \frac{3600}{\text{实际工作时间} \times \text{员工的数量}}$$

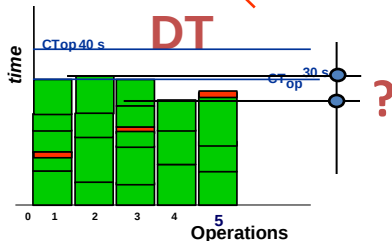
OTR



最佳的U型线体不超过8个员工



弹性
30 %

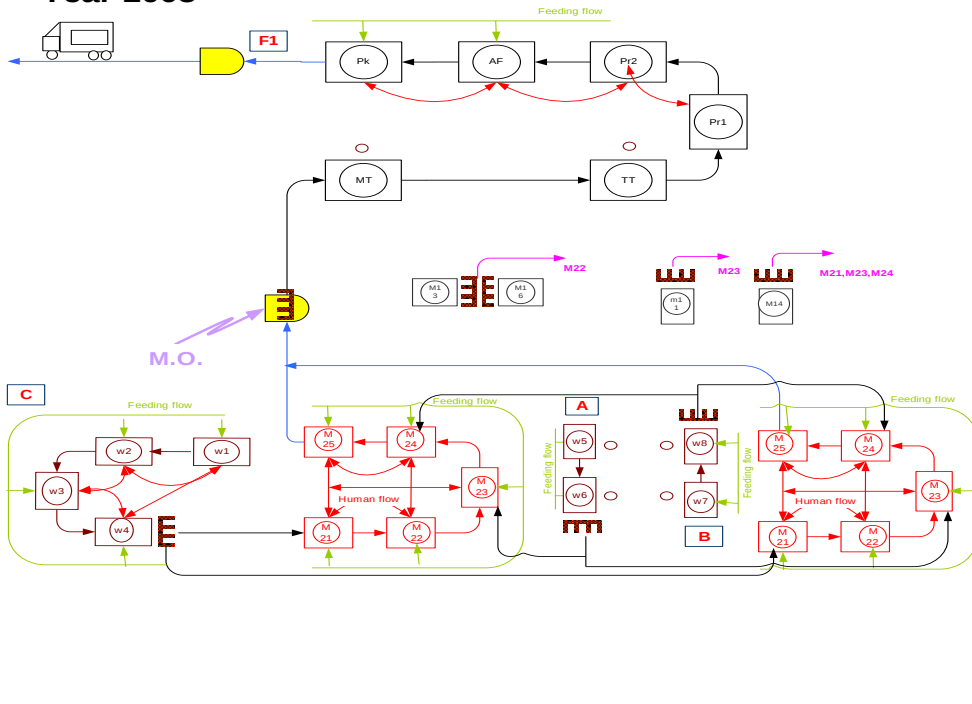


最低工作周期和最快工作周期的不平衡不超过20%

$$15 \text{ s} < \text{操作周期} < 60 \text{ s}$$

(42 Dm/h) (166 Dm/h)

Year 2005



A

Welding--P thermal assembly	
QTY (pcs/yr)	1,471,296
References	8
UT (dmH) + NAV time	29.8
Prod. Rate (pcs/h)	604
Operators	2
KER = DT /OTR	0.9
Lean Elasticity	0
Line Qty	1
Capacity (pcs/h)	604

M2

M2--Manual assembly	
QTY (pcs/yr)	1,471,296
References	23
UT (dmH) + NAV time	175
Prod. Rate (pcs/h)	206
Operators	4
KER = DT /OTR	0.9
Lean Elasticity	25%
U Line Qty	2
U Capacity (pcs/h)	414

B

Welding--Magnetic assembly	
QTY (pcs/yr)	1,471,296
References	15
UT (dmH) + NAV time	33.5
Prod. Rate (pcs/h)	537
Operators	2
KER = DT /OTR	0.9
Lean Elasticity	0
Line Qty	1
Capacity (pcs/h)	537

F1

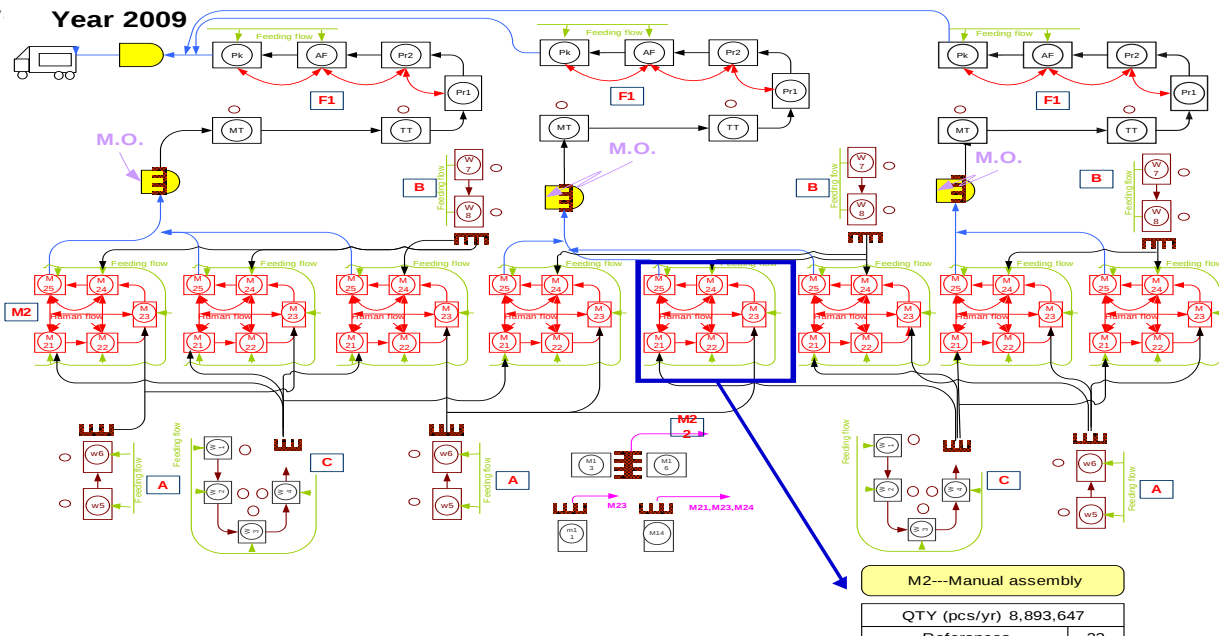
F1--Final assembly (Auto Line)	
QTY (pcs/yr)	1,471,296
References	23
Th. Rate(p/h)	495
NEE target	0.9
Line Qty	1
Capacity (pcs/h)	495

M11	Arc chute Sub-Assembly	M11
M13	Mechanism Sub-Assembly	M13
M14	Terminal screw Sub-Assembly	M14
M16	Intecase & thermal screw Sub-Assembly	M16
W1	N braid&steel input connect welding	W-Line 1
W2	N horn welding	
W3	N moving contact welding	
W4	N contact support welding	
W5	phase moving contact welding	W-Line 2
W6	phase contact support welding	
W7	Frame & core welding	W-Line 3
W8	steel phase output connection welding	
M21	N pole assembly	U Line M2
M22	toggle & mechanical assembly	
M23	P thermal assembly	
M24	Magnetic assembly	
M25	outside assembly	
MT	magnetic test	U Line M3
TT	thermal test	
Pr1	printing 1	
Pr2	printing 2	
AF	anti-fake labeling	
Pk	packing	

C

Welding--N thermal assembly	
QTY (pcs/yr)	1,471,296
References	5
UT (dmH) + NAV time	52.9
Prod. Rate (pcs/h)	340
Operators	2
KER = DT /OTR	0.9
Lean Elasticity	100
U Cell Qty	1
U Capacity (pcs/h)	340

•在完成了流程架构的分析和设计之后进行线体架构流的设计:
产品流, 物料流, 员工流, 信息流



A	Welding-P thermal assembly		M11	Arc chute Sub-Assembly	M11
	QTY (pcs/yr)	8,893,647	M13	Mechanism Sub-Assembly	M13
	References	8	M14	Terminal screw Sub-Assembly	M14
	UT (dmH) + NAV time	29.8	M16	Intecase & thermal screw Sub-Assembly	M16
	Prod. Rate (pcs/h)	604	W1	N braid&steel input connect welding	W-Line 1
M2	Operators	6	W2	N horn welding	
	KER = DT / OTR	0.9	W3	N moving contact welding	
	Lean Elasticity	0	W4	N contact support welding	W-Line 2
	Line Qty	3	W5	phase moving contact welding	
	Capacity (pcs/h)	1812	W6	phase contact support welding	
B	M2---Manual assembly		W7	Frame & core welding	W-Line 3
	QTY (pcs/yr)	8,893,647	W8	steel phase output connection welding	
	References	23			
	UT (dmH) + NAV time	175			
	Prod. Rate (pcs/h)	206			
C	Operators	32			
	KER = DT / OTR	0.9			
	Lean Elasticity	25%			
	U Line Qty	8			
	U Capacity (pcs/h)	1646			
F1	Welding-Magnetic assembly				
	QTY (pcs/yr)	8,893,647			
	References	15			
	UT (dmH) + NAV time	33.5			
	Prod. Rate (pcs/h)	537			
	Operators	6			
	KER = DT / OTR	0.9			
	Lean Elasticity	0			
	Line Qty	3			
	Capacity (pcs/h)	1611			
	Welding-N thermal assembly				
	QTY (pcs/yr)	8,893,647			
	References	5			
	UT (dmH) + NAV time	52.9			
	Prod. Rate (pcs/h)	661			
	Operators	8			
	KER = DT / OTR	0.9			
	Lean Elasticity	0			
	U Cell Qty	2			
	U Capacity (pcs/h)	1362			

- 订单增加之后进行线体复制
- 复制前的规划仍然对各种流进行设计

数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

工艺架构

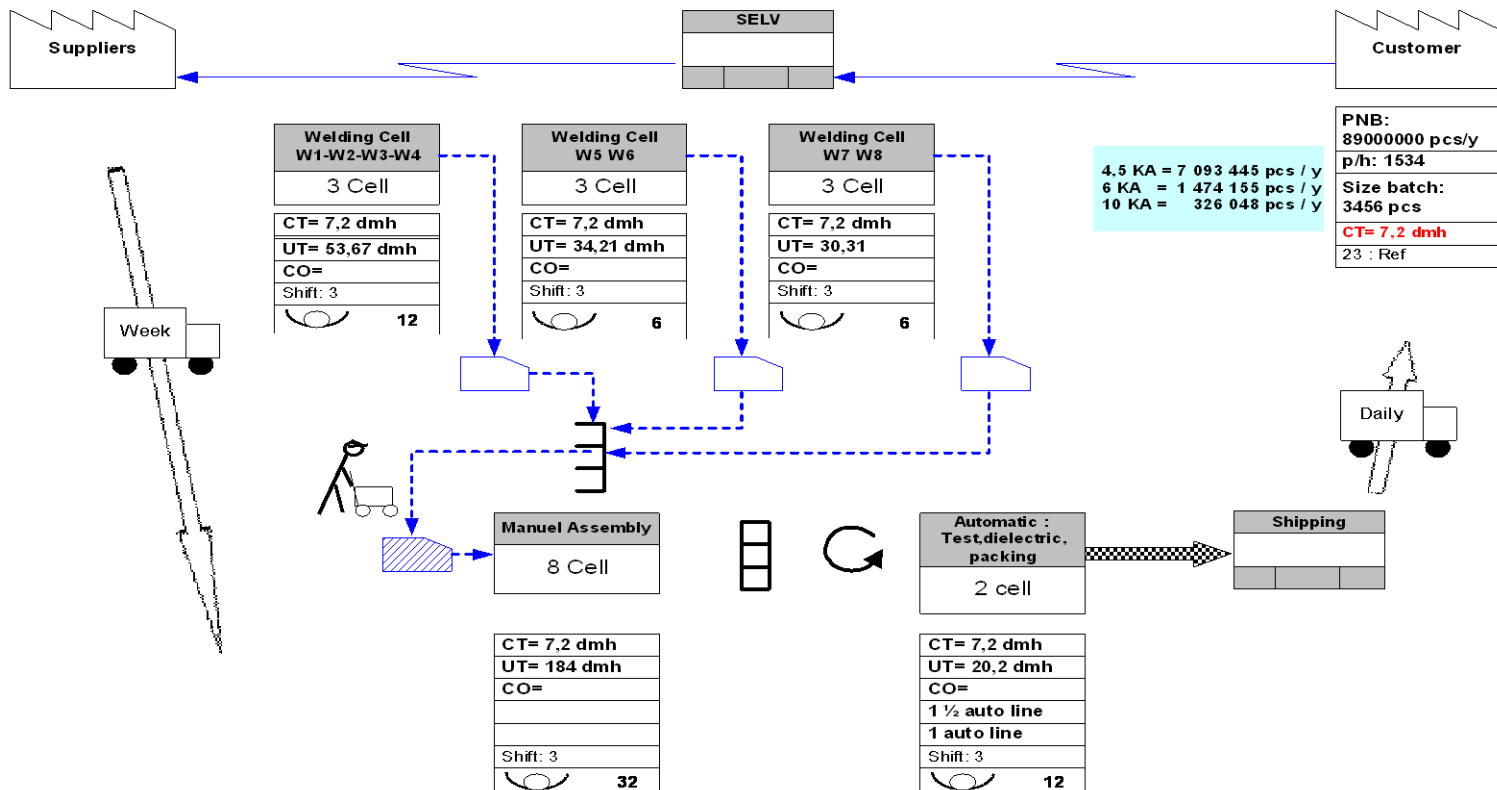
生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标

进行全局的价值流分析





目的：

关注在增值的活动上

把零件供应到距离设备或人员最近的地方

- 符合人体工程学的区域
- 提供正确的数量和质量
- 与线体消耗同步

与生产线设计一起规划物料所需要的空间

数据

产能

参考节拍

装配工艺路径

差异树

操作元素

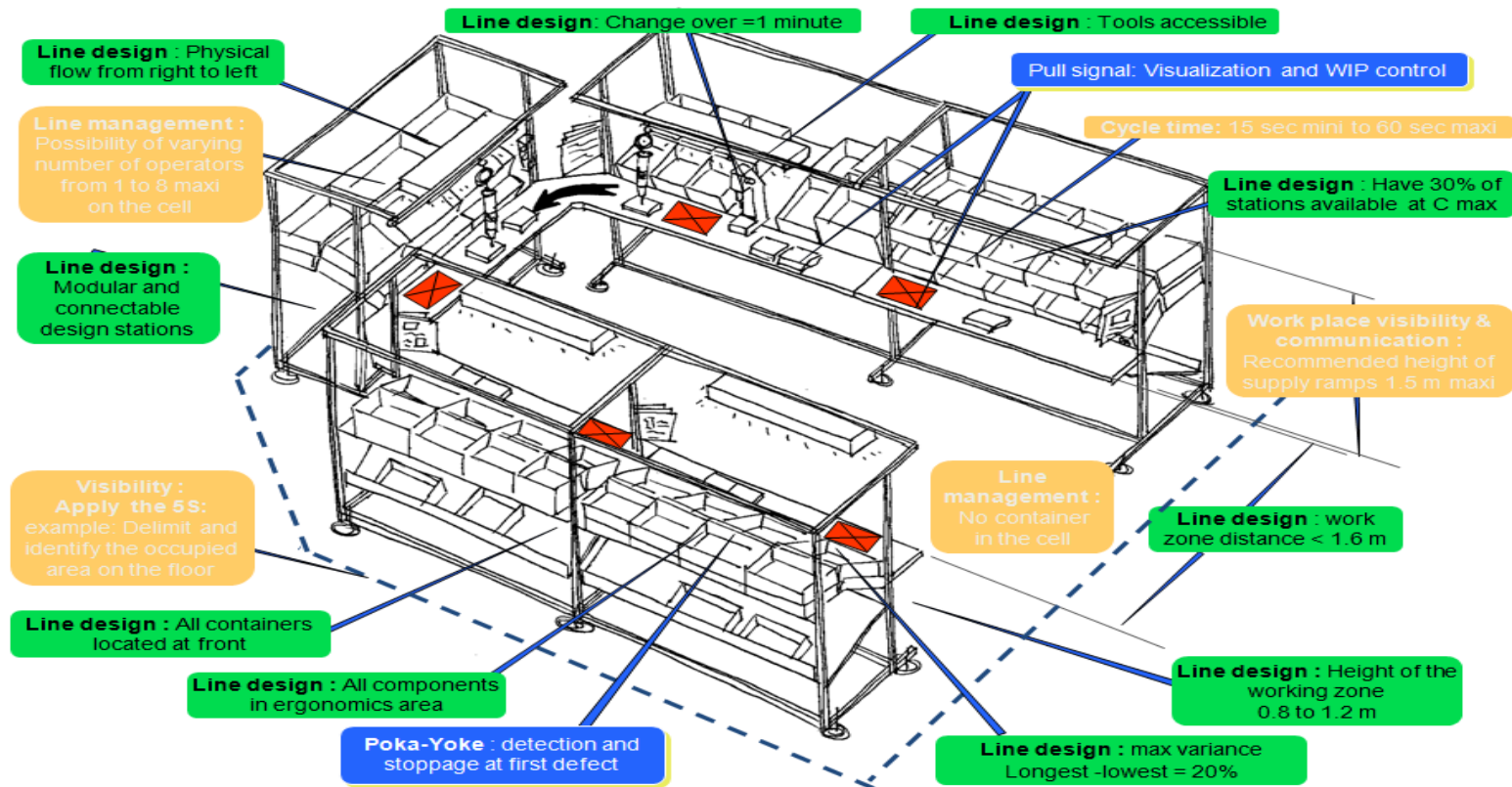
工艺架构

生产线架构

物料供应与取用

工位布局

生产指标



数据

Quality : product defect level generated by the process < 50 PPM

产能

Investment : 90% of investment devoted to the UT (VA) operations

参考节拍

Line design : maximize machine tender efficiency by grouping > 20 VA operations and enabling mutual aid

装配工艺路径

差异树

Line design : minimize distance between stations to reduce WIP

操作元素

工艺架构

生产线架构

Line design : comply with FIFO sequence

物料供应与取用

工位布局

Line design : flexible architecture enabling upgrade (products, capacity)

生产指标

Autonomation : detection and stoppage at first defect

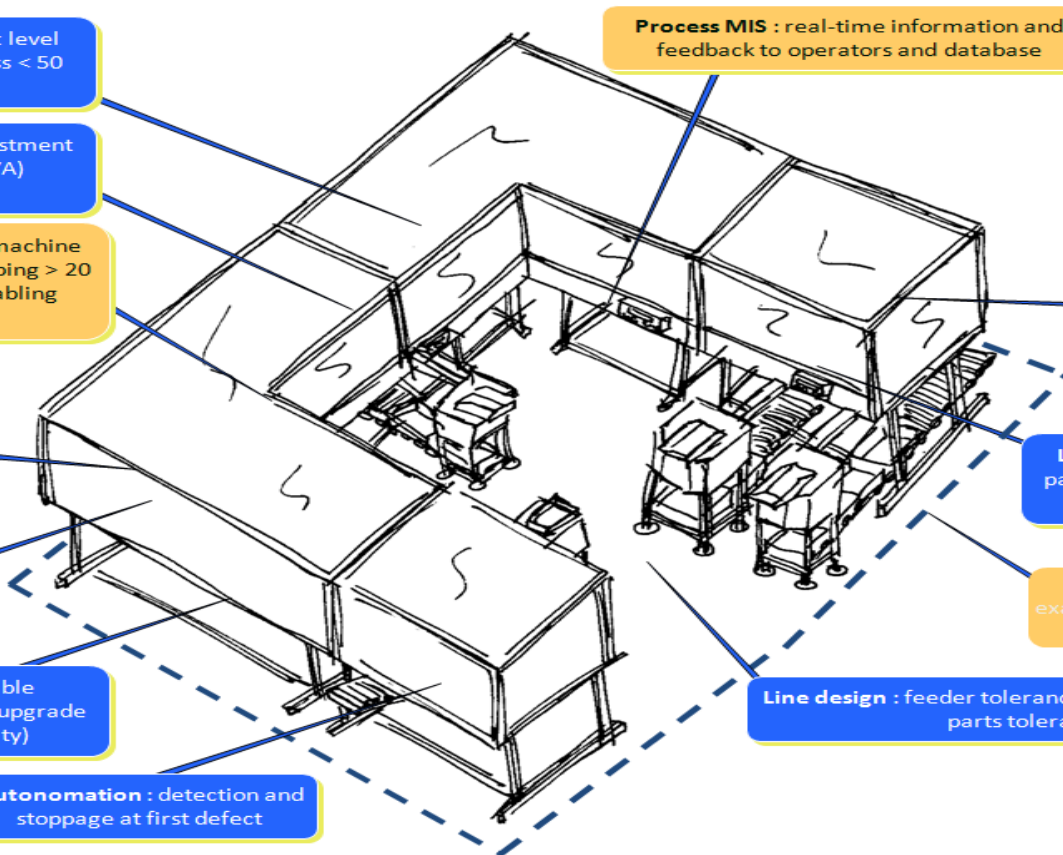
Process MIS : real-time information and feedback to operators and database

Line design :
MTBF > 4 hours
MTTR < 10 minutes

Line design : workstation and parts are easily accessible to the machine tender

Visibility : Apply the 5S
example: Delimit and identify the occupied area on the floor

Line design : feeder tolerance interval should be twice the parts tolerance interval



主办方

商业周刊/中文版
Bloomberg
Businessweek

战略合作伙伴



Mercedes-Benz



制造业的未来

The Future of Manufacturing

主持人/MODERATOR

钮小鹏/X. Rick Niu

美国史带C.V. Starr 战略合作伙伴集团CEO、
《商业周刊/中文版》专栏作者

President and CEO, Starr Strategic Partners, LLC
Columnist, Bloomberg Businessweek/China

嘉宾/GUESTS

顾建党/Jiandang Gu

菲尼克斯(中国)投资有限公司总裁
President, Phoenix Contact (China) Holding Co., Ltd.

魏斌/Bin Wei

通用电气(中国)研发开发中心有限公司总经理兼制造与材料技术总监
General Manager, GRC-China
Technology Leader, Manufacturing and Materials Technologies

曾玉波/Yubo Zeng

著名制造业转型升级导师、智能制造产业联盟秘书长、
前海粤东智能制造负责人
Famous China Manufacturing Industry Upgrading and Transformation Coach
Secretary General of the China Manufacturing Industry Upgrading and Transformation Alliance





TOTALLY
COOL
PIX.COM

问题一

成本优势不再，倒逼强制淘汰



老、弱、病、残、孕专座

老弱病残孕

B9

问题二

互联网冲击，商业环境巨变



问题三

新一轮工业革命来袭，背腹受敌



四大危机

人人危机，处处危机

品牌危机

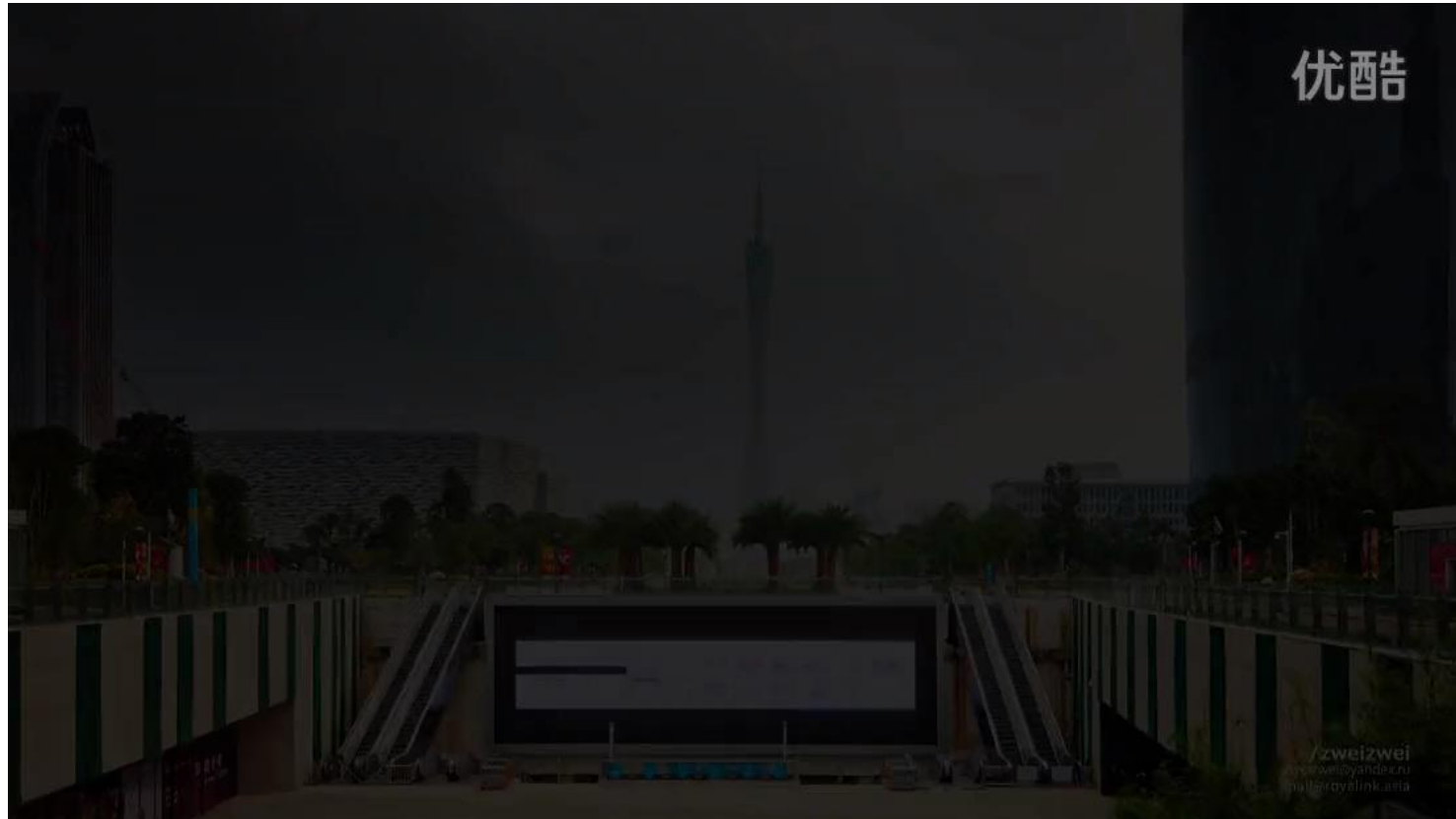
营销危机

生产模式危机

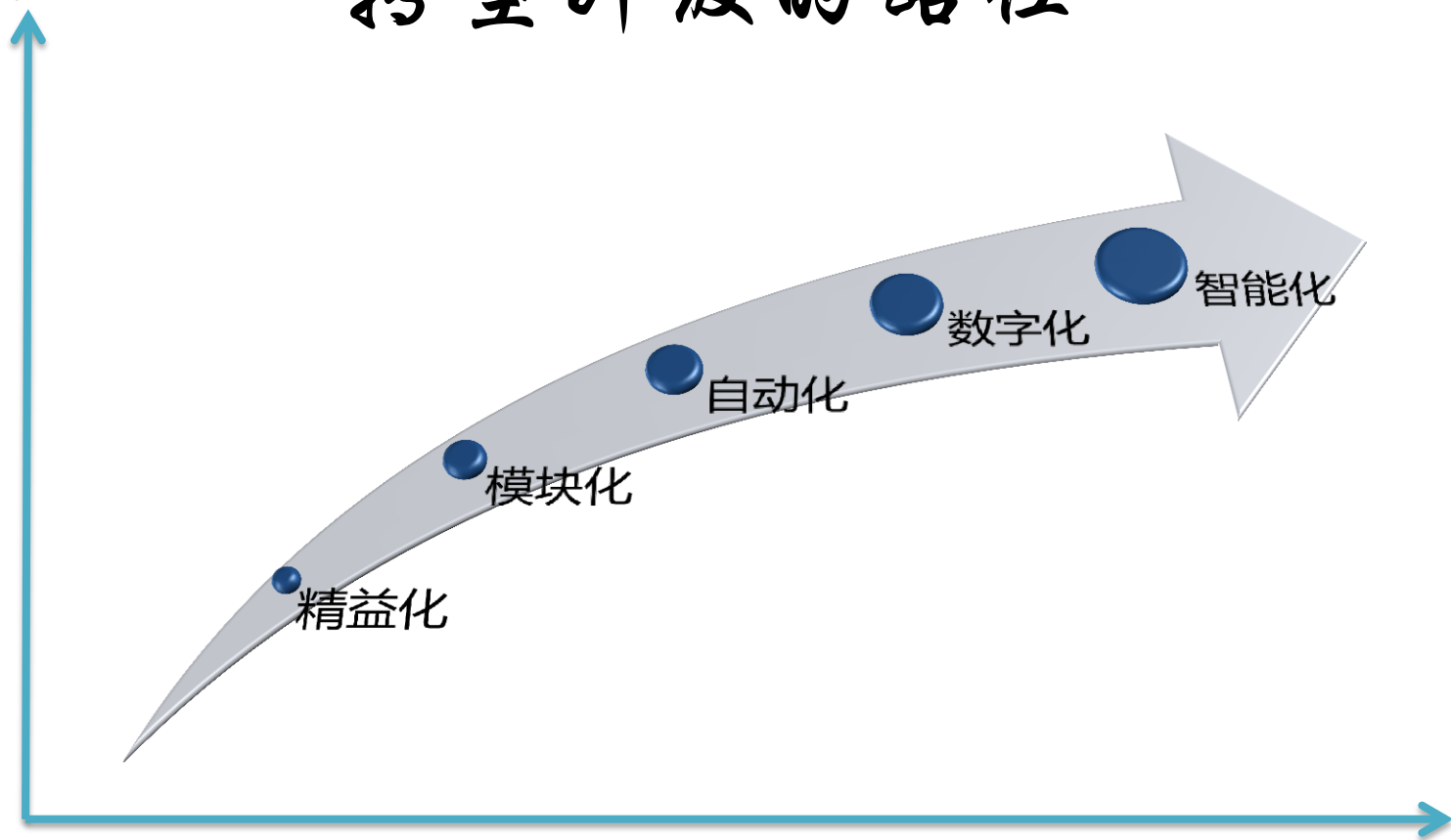
战略危机

利薄如纸，山头鼎立，跨界打击

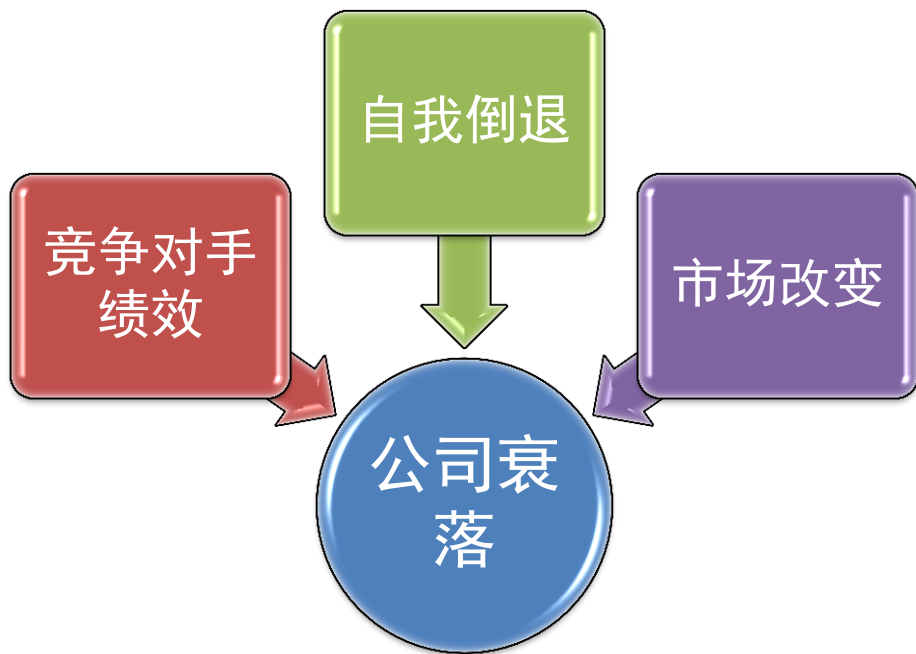
我估计智能卡行业也差不多



转型升级的路径



三种力量导致公司衰落



三种力量导致公司衰落

人工智能还不能帮你做精益化

精益化+自动化+信息化

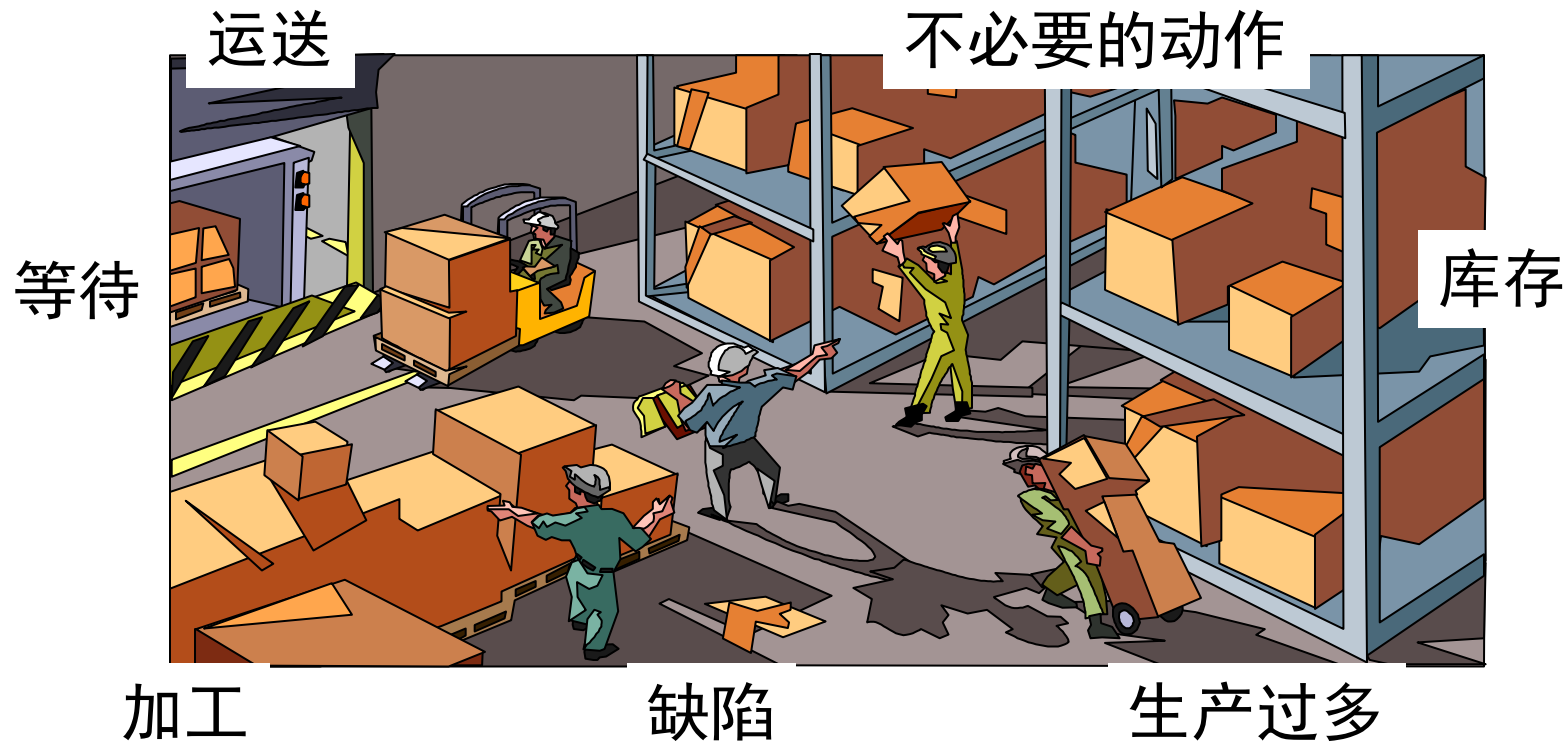
主流管理思想对比

项目	六西格玛 Six Sigma	精益管理 Lean	瓶颈理论 TOC
方法论	减少变异	消除浪费	管理瓶颈
关注点	关注问题	关注流动	系统瓶颈
主要效果	一致的流程输出	缩短流动时间	加快产通量
常见评论	独立改进单个流程，没有关注系统内各部分的关联	不重视统计分析工具和顾客之声	缺乏员工参与，不重视数据分析

精益转型业绩

公司名称	行业	交货周期 状况	成本 降低率	年销售额增长 率	年利润增长 率
美国丹纳赫集团	专业仪器、工业技术	N/A	30%	10%	10%
Pella Windows	生产窗户&门	40 天 → 7 天	15%	20%	35%
Wiremold Company	无线电管理系统	28 天 → 2 天	10%	31%	62%
美国 Lantech公司	包装机械	60 天 → 10天	16%	28%	28%

生产中的七种浪费



WHY

精益

构建快速、高效、高品质、柔性的运营系统，提升客户价值和增强组织市场竞争力。

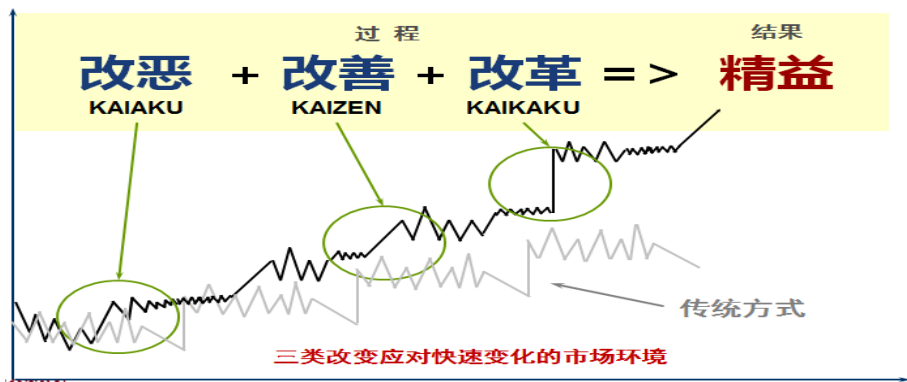
WHAT

精益

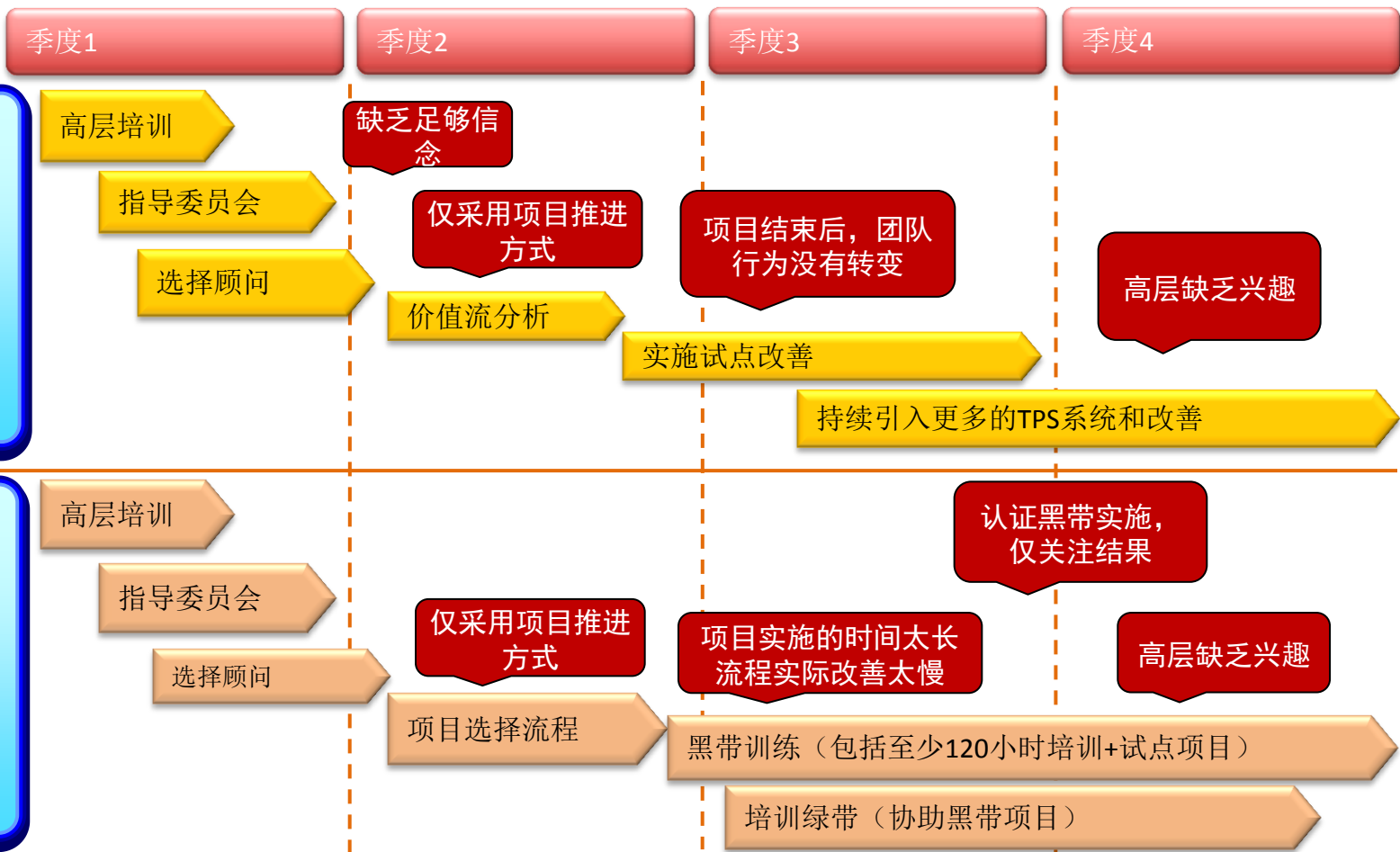
精益生产是利用杜绝浪费和无间断的作业流程的一种生产方式。精益生产是源自于丰田生产系统的管理哲学。通过消除企业的七种浪费，借此提升整体顾客价值。

HOW

精益



80%的项目无法持续成功



精益领导力的正确认知

- 自働化
- 目视管理
- 5S现场管理

• Just In Time

- 标准作业
- 改善

可见部分：

- 工具，流程，组织

• ...

- 造车即是造人
- 现地现物
- 长期的理念
- 鼓励暴露问题

• 永无止境地消除浪费

• 挑战

不可见部分：

- 指导原则和文化
- 领导是老师

- 学习型组织
- 科学问题解决方式
- 关注整个系统

精益领导方式的12范式

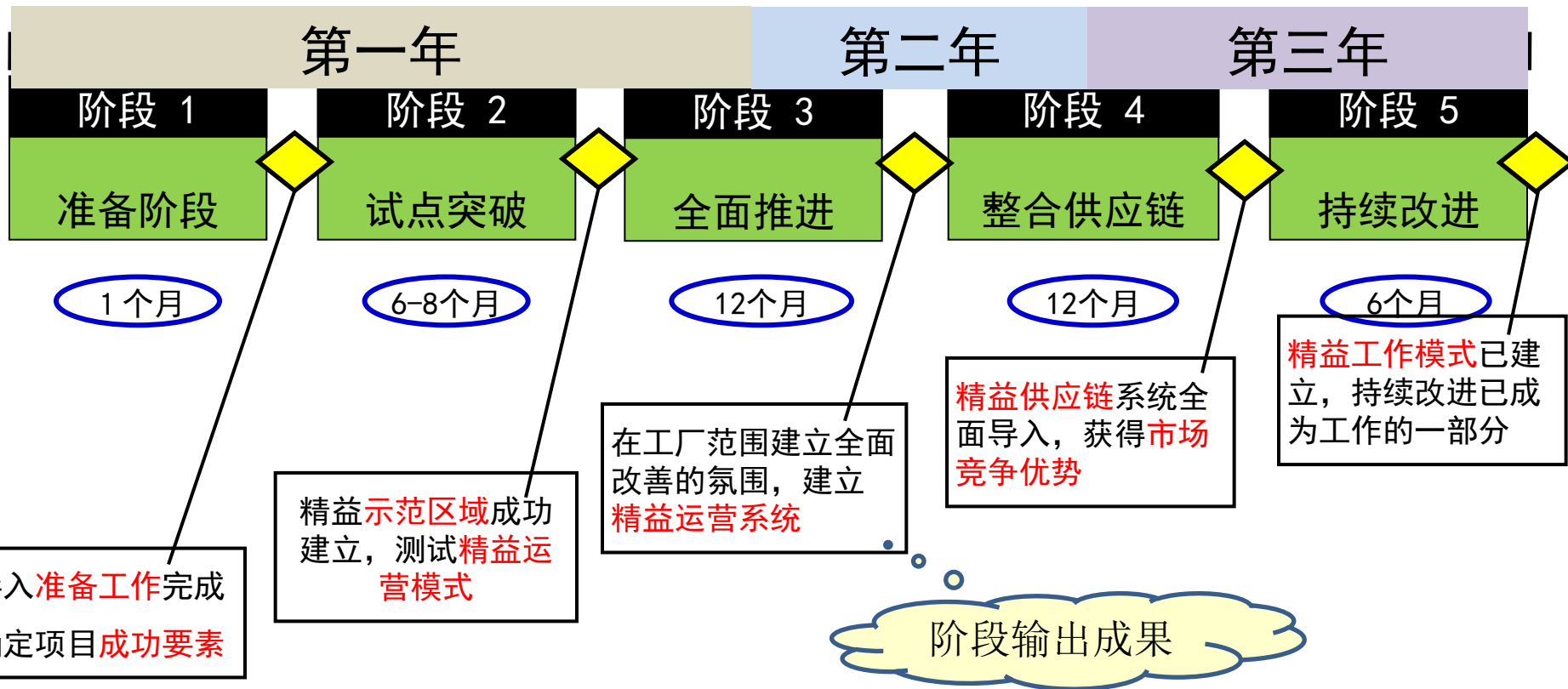
传统领导方式	精益领导方式	名称
关注短期目标	长期理念	公司社会责任
尽可能产出（推动）	市场需求（拉动）	以顾客为中心
局部优化	整体优化	系统思维
标准限制创造力	标准启动持续改进	标准作业
隐藏问题	暴露问题	目视管理
我们不能中断作业	停止并解决问题	自働化
员工是负债	员工是资产	人力资本
领导是老板	领导是教练	Y理论，“信任，但要检查”
按报告管理	现场主义	现场管理
谁？	五个为什么？	根原因分析
快速计划，实施缓慢	计划强调共识，快速行动	方针管理，共识
专家解决问题	全员参与解决问题	授权，自主研讨团队

精益推进阶段

改善

阶段1	阶段2	阶段3
No day 没有时间	Some day 一些时间	Every day 每天
No body 没有人	Some body 一些人	Every body 每人
No where 没有区域	Some where 一些区域	Every where 所有区域

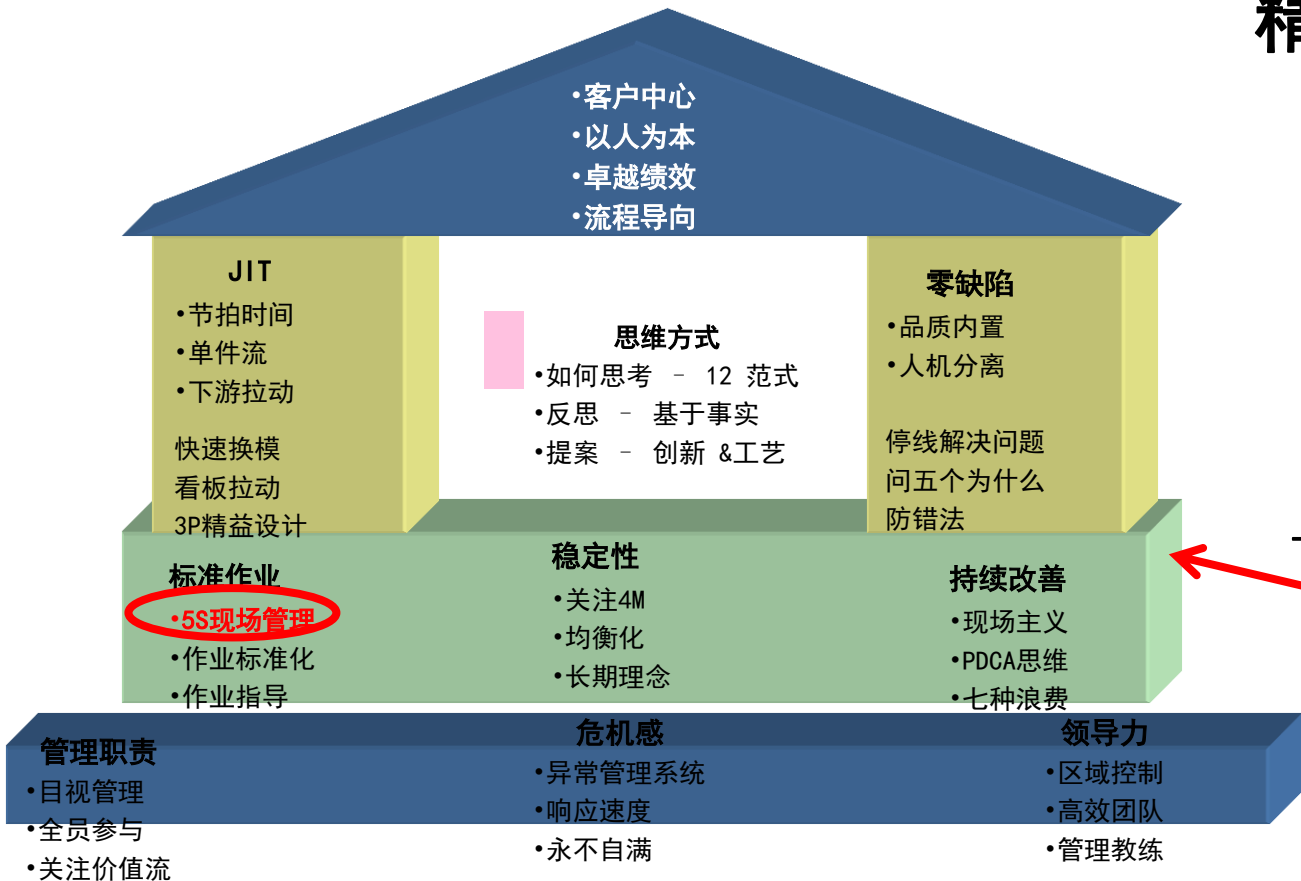
精益导入系统路线图



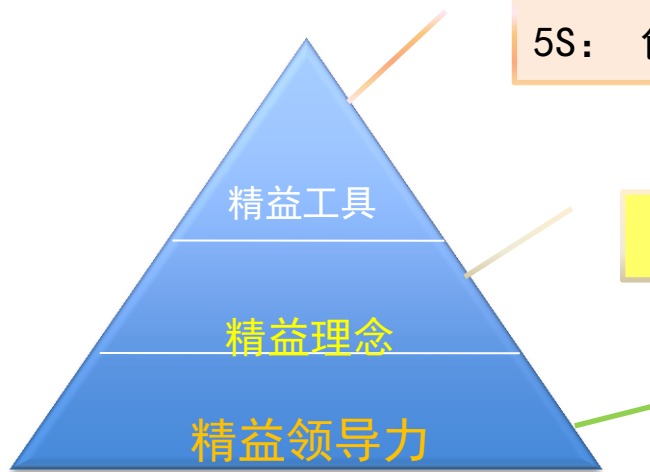
精益源于丰田模式



TPS = Toyota Production System (系统)



系统性的去推进精益生产



5S： 创建整洁、高效的工作场所



及时暴露异常和问题



领导范式：问题是改进的机会

传统领导范式	精益领导范式
关注短期结果	关注长期目的
产出导向（推动）	市场导向（流动&拉动）
局部优化（加快节奏）	总体优化（减少浪费）
标准限制创造力	标准促进持续改善
<u>掩盖问题</u>	<u>暴露问题</u>
我们不能停产	停下并解决问题
员工是负债	员工是资产
领导是老板	领导是老师
看报告决定	亲自到现场查看
责任是谁	问5个为什么
快计划，慢行动	慢计划，快行动（强调共识）
专家解决问题	全员解决问题

精益柔性自动化产线的设计

数据

Quality : product defect level generated by the process < 50 PPM

产能

Investment : 90% of investment devoted to the UT (VA) operations

参考节拍

Line design : maximize machine tender efficiency by grouping > 20 VA operations and enabling mutual aid

装配工艺路径

差异树

Line design : minimize distance between stations to reduce WIP

操作元素

工艺架构

Line design : comply with FIFO sequence

生产线架构

物料供应与取用

工位布局

Line design : flexible architecture enabling upgrade (products, capacity)

生产指标

Autonomation : detection and stoppage at first defect

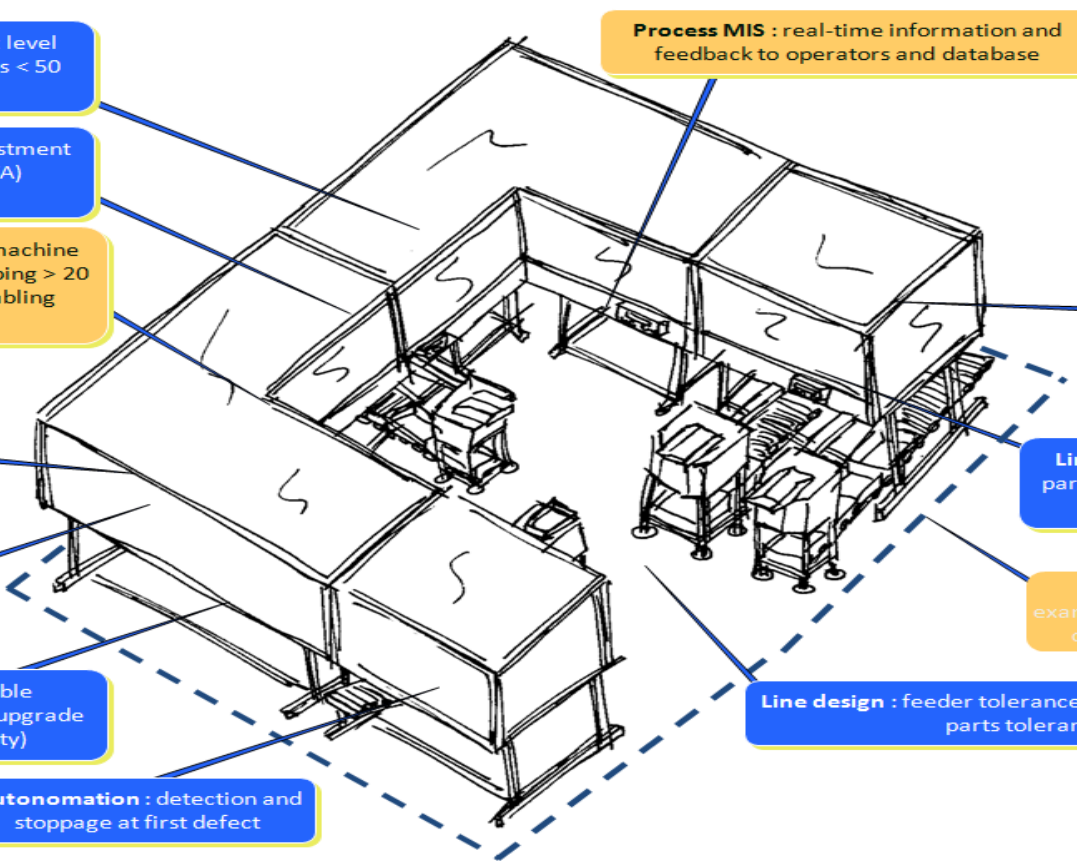
Process MIS : real-time information and feedback to operators and database

Line design :
MTBF > 4 hours
MTTR < 10 minutes

Line design : workstation and parts are easily accessible to the machine tender

Visibility : Apply the 5S example: Delimit and identify the occupied area on the floor

Line design : feeder tolerance interval should be twice the parts tolerance interval



吸引全球一流的资源



做 转 型 的 先 行 者

曾玉波

敬请关注公开课：

4月22日.杭州. “决胜智能未来－企业的智能化转型之战”



曾玉波个人微信号
Davidzengyubo

+86- 156 1898 1789

导师．咨询．探究德国工业之旅