

# 学术圈知情人

Academia Insider

<https://academiainsider.org>

© 2026 Academia Insider

## 中国顶尖高校上海交通大学常务副校长充当 造假论文的保护伞纪实

程先华

学阀作风及其当权者基于高校自治权，无法无天！水泼不进针扎不透！世界知名大学、中国顶尖高校上海交通大学常务副校长奚立峰（时任校长林忠钦的亲信）充当造假者的保护伞，我多次向多部门举报投诉造假论文，没有人敢查处!?

2021年我因拒绝通过一在职工程硕士生的造假论文；2022年惨遭上海交通大学（简称：交大）奚立峰报复。附件分别是造假者2020年8月6日和2020年10月11日发给我审核论文；经对比发现，0806版与1011版论文中明显不一致的数据共有20处。

例如：表2-4 2018年吉利CMA AWD-后桥侧臂每月订单总数两版不一。以2020年来撰写该企业2018年的订单总数，这明明是已成事实的数据，都能随意修改吗？这不是造假，又是什么?!

依据科技部、教育部、最高人民法院等二十部门关于印发《科研诚信案件调查处理规则（试行）》的通知（国科发监〔2019〕323号）第二条第二款：编造研究过程，伪造、篡改研究数据；及其第三十三条处理项：不予授予学位。

2020年11月6日上午在上海交通大学徐汇校区机动学院工程硕士办公室，我当着徐■■■及其企业导师肖俊，以及机动学院工程

硕士办副主任夏天娟老师、教务员王海丽老师面展示徐■■■两版论文基本数据不一致，需要徐■■■给与解释。当时，徐■■■哑口无言。

2021年5月13日，奚立峰约我谈话，为论文造假者说情，要求我给造假论文通过审查程序。我拒绝后，奚说，要我考虑后果。实则威胁。2021年5月29日学院工程硕士办通过网上要我给论文造假者再次延期。我又拒绝，要求依法依规处理此事。我向校内乃至教育部举报奚立峰等，无果。

### 奚立峰实施报复见下.

交大于2022年初口头告知我存在学术不端行为且向国家自然科学基金委监督委（以下简称：监督委）举报我申报基金项目存在学术不端的举报；2022年7月以此为理由通知我领取处分通知，并逼我在已填好退休表上签字。

1) 我于2022年8月向交大提交对处分的复核报告，至今没有得到回复，交大无法无天，不依法办事；通过其他多种法律途径诉讼，因为高校自治权及内部人事处理，不属于法院受案范围。

2) 2023年5月监督委发告知书给我，内容：交大认定我学术不端，要求基金委取消我的基金项目，要求我3天内提供申辩书。

3) 我按时提交申辩书后，于2023年7月份追问基金委进展，电话录音内容显示“监督委按照程序、经过监督委员会会议决定：不认可交大认定我学术不端且中止程序。该文件已经加盖监督委的公章，发至交大，但按照程序该文件不能发给我本人”。

\*\*\* 作者为上海交通大学机械与动力工程学院退休教授。

## 两版论文中明显不一致的数据对比

经对比发现，0806版与1011版论文中明显不一致的数据共有20处。

涉及表格8个：表2-1、2-5、2-11、4-1、4-10、4-11、4-13；

涉及图2处：图2-6、2-7；

涉及文字表达10处。

（具体情况附于后页）

(左图为 0806 版论文内容, 右图为 1011 版论文内容)

0806  
版页码

1011  
页码

4

4

在具体实施过程中, 通过建立完善的故障处理流程, 减少设备保养时间, 使设备综合效率从原本 57.65% 提升至目前的 71.36%, 提升约 13.71%, 库存价值优化方面, 通过设定最高库存周转限制, 优化订单变更流程, 使得库存价值由原本 121 万降低至 106 万, 并降低了生产现场缺料风险; 冲压工艺优化方面, 通过优化压机冲压参数, 改善滑块与机械手的初始等待位置, 使吉利后桥侧臂整个单位冲压周期减少约 6 秒, 单位生产节拍得到提高。生产环节优化方面, 通过增加半成品储物架和堆料架, 减少半成品的入库搬运环节, 取消重复的检验步骤等方法, 使得生产环节时间从 128.42 分钟降低至 60.6 分钟, 缩短了 50% 的环节时间。换模方面, 运用快速换模方法, 通过区分内外作业, 并行相同工序, 双人操作等方法, 使换模时间由原本 158.5 分钟降低至 118.5 分钟, 缩短了 25% 的换模时间。以上改善, 初步达到了公司年初的目标。

通过分析设备故障原因并培训维修经验, 提升维修团队整体维修水平。通过快速换模方法, 区分内外作业, 缩短产品换模时间;

优化实施后, 设备综合效率从原本 64.11% 提升至 73.58%, 提升约 9.47%; 吉利后桥侧臂整个单位冲压周期减少约 2 秒; 生产环节时间从 22.75 分钟降低至 16.65 分钟, 缩短了 26.8% 的环节时间; 换模时间由原本 1979 秒降低至 1386 秒, 缩短了约 30% 换模时间。以上改善, 初步达到了公司年初的目标。

关键词: 冲压产能, 价值流程图, 生产流程优化, 价值流分析, 精益生产

THE RESEARCH ON IMPROVEMENT OF COMPANY'S

表 2-1 B 厂冲压销售产品需求占比及排名

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
1	CMA AWD-后折侧臂	134.73	26.21	26.21
2	HonXX FXX 侧臂(左)	54.81	10.66	36.87
3	HonXX FXX 侧臂(右)	54.81	10.66	47.53
4	CMA FWD-前横梁	25.91	5.04	52.57
5	CMA FWD-后横梁	25.91	5.04	57.61
6	MX/MX 侧臂上片	19.17	3.73	61.34
7	MX/MX 侧臂下片	19.17	3.73	65.07
8	C3XX 转向节臂(左)	18.04	3.51	68.58
9	C3XX 转向节臂(右)	18.04	3.51	72.09

表 2-1 (续)

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
10	CMA RLA-后横梁	15.27	2.97	75.06
11	CMA AWD-后横梁	14.08	2.74	77.8
12	C3XX/C5XX 横梁上片	12.95	2.52	80.32
13	C3XX/C5XX 横梁下片	12.95	2.52	82.84
14	W2XX 前横梁	11.31	2.2	85.04
15	W2XX 后横梁	11.31	2.2	87.24
16	C3XX 节气门(左)	11.11	2.16	89.4
17	C3XX 节气门(右)	11.11	2.16	91.56
18	C4XX 悬架控制臂(左)	10.38	2.02	93.58
19	C4XX 悬架控制臂(右)	10.38	2.02	95.6
20	NXX 悬架控制臂(左)	5.76	1.12	96.72
21	NXX 悬架控制臂(右)	5.76	1.12	97.84
22	NXX 横梁上片	5.55	1.08	98.92
23	NXX 横梁下片	5.55	1.08	100

25-26

24-25

表 2-1 B 厂冲压销售产品需求占比及排名

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
1	CMA AWD-后折侧臂	66.56	16.99	16.99
2	HonXX FXX 侧臂(左)	43.11	11.01	28.00
3	HonXX FXX 侧臂(右)	43.11	11.01	39.01
4	CMA FWD-前横梁	18.8	4.80	43.81
5	CMA FWD-后横梁	18.8	4.80	48.61
6	MX/MX 侧臂上片	16.47	4.21	52.81
7	MX/MX 侧臂下片	16.47	4.21	57.02
8	C3XX 转向节臂(左)	15.91	4.06	61.08
9	C3XX 转向节臂(右)	15.91	4.06	65.14

表 2-1 (续)

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
10	W2XX 前横梁	13.3	3.40	68.54
11	W2XX 前横梁前片	13.3	3.40	71.93
12	W2XX 前横梁后片	13.3	3.40	75.33
13	CQXX 侧臂	13.1	3.34	78.68
14	CQXX 下片	12.8	3.27	81.94
15	CMA RLA-后横梁	10.54	2.69	84.63
16	CMA AWD-后横梁	9.96	2.54	87.18
17	C3XX/C5XX 横梁上片	9.4	2.40	89.58
18	C3XX/C5XX 横梁下片	9.4	2.40	91.98
19	C4XX 悬架控制臂(左)	7.13	1.82	93.80
20	C4XX 悬架控制臂(右)	7.13	1.82	95.62
21	NXX 悬架控制臂(左)	4.84	1.24	96.86
22	NXX 悬架控制臂(右)	4.84	1.24	98.10
23	NXX 横梁上片	3.74	0.95	99.05
24	NXX 横梁下片	3.74	0.95	100

从表 2-1 看出, 按照客户年需求量大小排序, 前五的分别是 CMA AWD-后

(左图为 0806 版论文内容, 右图为 1011 版论文内容)

0806  
版页码

1011  
页码

4

4

在具体实施过程中, 通过建立完善的故障处理流程, 减少设备保养时间, 使设备综合效率从原本 57.65%提升至目前的 71.36%,提升约 13.71%, 库存价值优化方面, 通过设定最高库存周转限制, 优化订单变更流程, 使得库存价值由原本 121 万降低至 106 万, 并降低了生产现场缺料风险; 冲压工艺优化方面, 通过优化压机冲压参数, 改善滑块与机械手的初始等待位置, 使吉利后桥侧臂整个单位冲压周期减少约 6 秒, 单位生产节拍得到提高。生产环节优化方面, 通过增加半成品储物架和堆料架, 减少半成品的入库搬运环节, 取消重复的检验步骤等方法, 使得生产环节时间从 128.42 分钟降低至 60.6 分钟, 缩短了 50%的环节时间。换模方面, 运用快速换模方法, 通过区分内外部作业, 并行相同工序, 双人操作等方法, 使换模时间由原本 158.5 分钟降低至 118.5 分钟, 缩短了 25%的换模时间。以上改善, 初步达到了公司年初的目标。

通过分析设备故障原因并培训维修经验, 提升维修团队整体维修水平。通过快速换模方法, 区分内外部作业, 缩短产品换模时间;

优化实施后, 设备综合效率从原本 64.11%提升至 73.58%,提升约 9.47%; 吉利后桥侧臂整个单位冲压周期减少约 2 秒; 生产环节时间从 22.75 分钟降低至 16.65 分钟, 缩短了 26.8%的环节时间; 换模时间由原本 1979 秒降低至 1386 秒, 缩短了约 30%换模时间。以上改善, 初步达到了公司年初的目标。

关键词: 冲压产能, 价值流程图, 生产流程优化, 价值流分析, 精益生产

THE RESEARCH ON IMPROVEMENT OF B COMPANY'S

25-26

24-25

表 2-1 B 厂冲压销售产品需求占比及排名

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
1	CMA AWD-后桥侧臂	134.73	26.21	26.21
2	HonXX FXX 侧臂(左)	54.81	10.66	36.87
3	HonXX FXX 侧臂(右)	54.81	10.66	47.53
4	CMA FWD-前横梁	25.91	5.04	52.57
5	CMA FWD-后横梁	25.91	5.04	57.61
6	MX/MX 侧臂上片	19.17	3.73	61.34
7	MX/MX 侧臂下片	19.17	3.73	65.07
8	C3XX 转向节臂(左)	18.04	3.51	68.58
9	C3XX 转向节臂(右)	18.04	3.51	72.09

表 2-1 (续)

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
10	CMA RLA-后横梁	15.27	2.97	75.06
11	CMA AWD-后横梁	14.08	2.74	77.8
12	C3XX/C5XX 横梁上片	12.95	2.52	80.32
13	C3XX/C5XX 横梁下片	12.95	2.52	82.84
14	W2XX 前横梁	11.31	2.2	85.04
15	W2XX 后横梁	11.31	2.2	87.24
16	C3XX 节气门(左)	11.11	2.16	89.4
17	C3XX 节气门(右)	11.11	2.16	91.56
18	C4XX 悬架控制臂(左)	10.38	2.02	93.58
19	C4XX 悬架控制臂(右)	10.38	2.02	95.6
20	NXX 悬架控制臂(左)	5.76	1.12	96.72
21	NXX 悬架控制臂(右)	5.76	1.12	97.84
22	NXX 横梁上片	5.55	1.08	98.92
23	NXX 横梁下片	5.55	1.08	100

表 2-1 B 厂冲压销售产品需求占比及排名

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
1	CMA AWD-后桥侧臂	66.56	16.99	16.99
2	HonXX FXX 侧臂(左)	43.11	11.01	28.00
3	HonXX FXX 侧臂(右)	43.11	11.01	39.01
4	CMA FWD-前横梁	18.8	4.80	43.81
5	CMA FWD-后横梁	18.8	4.80	48.61
6	MX/MX 侧臂上片	16.47	4.21	52.81
7	MX/MX 侧臂下片	16.47	4.21	57.02
8	C3XX 转向节臂(左)	15.91	4.06	61.08
9	C3XX 转向节臂(右)	15.91	4.06	65.14

表 2-1 (续)

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
10	W2XX 前横梁	13.3	3.40	68.54
11	W2XX 前横梁前片	13.3	3.40	71.93
12	W2XX 前横梁后片	13.3	3.40	75.33
13	CQXX 侧臂	13.1	3.34	78.68
14	CQXX 下片	12.8	3.27	81.94
15	CMA RLA-后横梁	10.54	2.69	84.63
16	CMA AWD-后横梁	9.96	2.54	87.18
17	C3XX/C5XX 横梁上片	9.4	2.40	89.58
18	C3XX/C5XX 横梁下片	9.4	2.40	91.98
19	C4XX 悬架控制臂(左)	7.13	1.82	93.80
20	C4XX 悬架控制臂(右)	7.13	1.82	95.62
21	NXX 悬架控制臂(左)	4.84	1.24	
22	NXX 悬架控制臂(右)	4.84	1.24	
23	NXX 横梁上片	3.74	0.95	
24	NXX 横梁下片	3.74	0.95	

从表 2-1 看出, 按照客户年需求量大小排序, 前五的分别是 CMA AWD-后

27

26

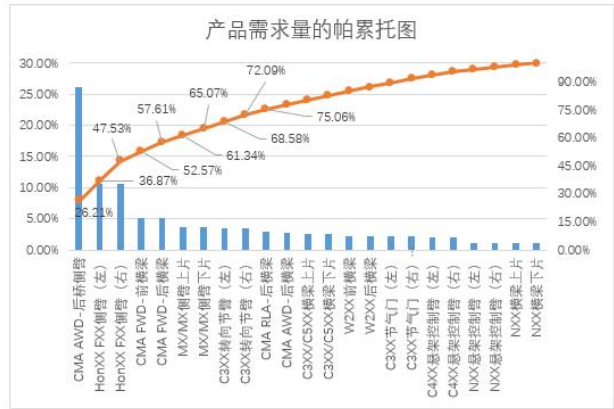


图2-6 产品需求帕累托图  
Fig.2-6 Pareto chart of product demand

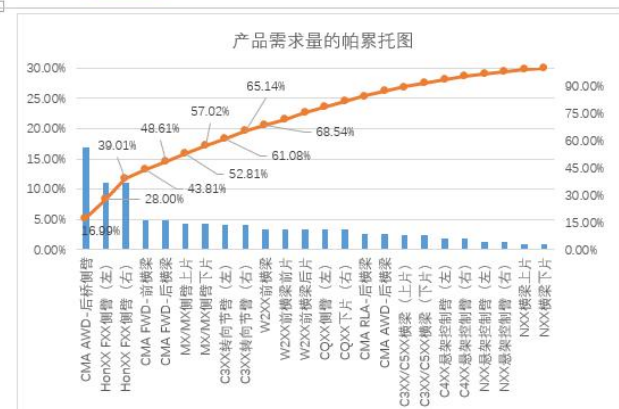


图2-6 产品需求帕累托图  
Fig.2-6 Pareto chart of product demand

29

28

B厂目前采取的是需求预测法，因此选取2018年全年每月吉利CMA AWD-后桥侧臂实际生产销售数据作为此次价值流图分析的依据，具体参见表2-4：

表 2-4 2018 年吉利 CMA AWD-后桥侧臂每月订单总数

2018 年	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	全年 总计 (PCS)	每月 平均 (PCS)
订单 数量 (PCS)	55272	73182	93396	118132	139028	178521		
2018 年	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月		
订单 数量 (PCS)	142612	174000	183382	56635	43927	93909	1351996	112666

根据全年的销售数据，可以计算出平均每月出货量为112666件，每日平均需求量是5180件，并在此基础上，得出Takt Time(节拍时间)：

臂实际生产销售数据作为此次价值流图分析的依据，具体参见表2-4：

表 2-4 2018 年吉利 CMA AWD-后桥侧臂每月订单总数

2018 年	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	全年 总计 (PCS)	每月 平均 (PCS)
订单 数量 (PCS)	27211	36028	45980	58158	68445	87888		
2018 年	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月		
订单 数量 (PCS)	70209	85662	90281	27882	21626	46232	665600	55467

根据全年的销售预测，可以计算出平均每月出货量为55467件，每日平均出货量是2550件，并在此基础上，得出Takt Time(节拍时间)：

B厂双休日正常休息，每月平均工作日21.75天,每天2班生产，每班12小时，每班包括0.5小时吃饭和休息时间；

$$\begin{aligned} \text{每月平均可用生产时间} &= (21.75 \times 22 \text{小时}) \times 3600 \text{秒} \\ &= 478.5 \times 3600 \\ &= 1722600 \text{秒} \end{aligned}$$

$$\text{Takt Time} = 1722600 \div 112666 = 15.29 \text{秒/件}$$

$$\text{每班目标产量} = \frac{1351996}{12 \times 21.75 \times 2} = 2590 \text{件}$$

根据以上计算可知，生产一件CMA AWD-后桥侧臂，客户要求达到的节拍时间为15.29秒，如果低于此节拍时间，那么就完成不了客户要求的交付数量2590件/班。

2.2.5 工位关键数据收集

为了了解 CMA AWD-后桥侧臂的生产现状，需要对该产品的各个工序所用时间、人数、设备有效加工时间比例（即设备完全用于加工生产的时间占总投入工时的比例）进行现场调查和数据收集。作者统计了 2018 年整年 1 月至 12 月间 2500T 压机生产 CMA AWD-后桥侧臂时的相关生产信息，汇总后如下表 2-5 所示。

表 2-5 CMA AWD-后桥侧臂生产工序

CMA AWD-后桥侧臂生产工序					
序号	工序内容	工序时间	人员配置	每日班次	每班实际小时数
1	冲压成型	11s	2	2	11.5
2	成品修边	12s	1		
3	检验外观	12s	1		
4	包装	40s	1		
5	半成品入库	20min	1	/	/
6	焊接拼缝	150s	1	2	11.5
7	降温检查	25s	1		
8	包装	10s	1		
9	成品入库	40min	1	/	/
设备综合利用率					
年份	设备	平均时间开动率	平均性能开动率	平均合格品率	设备综合效率
2018	2500T	81.31%	71.89%	98.63%	57.65%
全年	焊接线	94.37%	91.75%	99.97%	86.55%

B厂双休日正常休息，每月平均工作日21.75天,每天2班生产，每班12小时，每班包括1小时吃饭和休息时间；

$$\begin{aligned} \text{每月平均可用生产时间} &= (21.75 \times 22 \text{小时}) \times 3600 \text{秒} \\ &= 478.5 \times 3600 \\ &= 1722600 \text{秒} \end{aligned}$$

$$\text{Takt Time} = 1722600 \div 55467 = 31.06 \text{秒/件}$$

$$\text{每班目标产量} = \frac{665600}{11 \times 21.75 \times 2} = 1391 \text{件}$$

根据以上计算可知，生产一件CMA AWD-后桥侧臂，客户要求达到的节拍时间为31.06秒，如果低于此节拍时间，那么就完成不了客户要求的交付数量1391件/班。

2.2.5 工位关键数据收集

为了了解 CMA AWD-后桥侧臂的生产现状，需要对该产品的各个工序所用时间、人数、设备有效加工时间比例（即设备完全用于加工生产的时间占总投入工时的比例）进行现场调查和数据收集。作者统计了 2018 年整年 1 月至 12 月间 2500T 压机生产 CMA AWD-后桥侧臂时的相关生产信息，汇总后如下表 2-5 所示。

表 2-5 CMA AWD-后桥侧臂生产工序

CMA AWD-后桥侧臂生产工序					
序号	工序内容	工序时间	人员配置	每日班次	每班实际小时数
1	冲压成型	6s	3	2	11
2	焊接拼装	150s	3		
3	降温检查	25s	1	2	11
4	包装	10s	1		
设备综合利用率					
年份	设备	平均时间开动率	平均性能开动率	平均合格品率	设备综合效率
2018	2500T	86.83%	74.48%	99.13%	64.11%
全年	焊接线	94.37%	91.75%	99.97%	86.55%

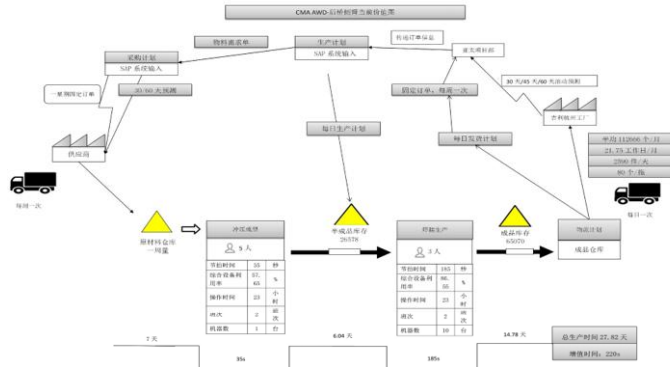


图 2-7 CMA AWD 后桥侧现状价值流程图  
Fig 2-7 CMA AWD current value flow chart of rear axle side

2.4 B 零部件厂生产管理问题总结分析

通过观察和分析 CMA AWD 后桥侧现状价值流程图，总结出当前生产方式下主要有以下问题：

- (1) 设备综合效率 OEE 低

从价值流程图看，冲压生产的设备综合利用率只有 57.65%，而造成设备利用率低的主要原因是停机维修时间长，换模时间长等。改善小组决定分别从影响设备综合利用率三个因素进行讨论分析。

(2) 2.4.2 零件加工时间

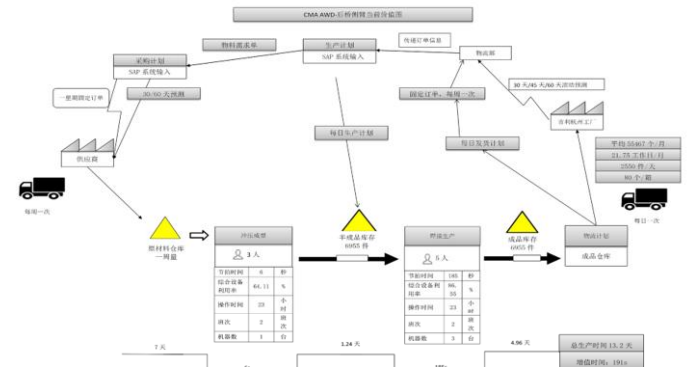


图 2-7 CMA AWD 后桥侧现状价值流程图  
Fig 2-7 CMA AWD current value flow chart of rear axle side

2.4 B 零部件厂生产管理问题总结分析

通过观察和分析 CMA AWD 后桥侧现状价值流程图，总结出当前生产方式下主要有以下问题：

- 1. 设备综合效率 OEE 低

从价值流程图看，冲压生产的设备综合利用率只有 64.11%，而造成设备利用率低的主要原因是停机维修时间长，换模时间长等。改善小组决定分别从影响设备综合利用率三个因素进行讨论分析。

表 2-11 滑块与机械手生产中运动轨迹

步序	步序内容	位置	行程	速度	耗时
1	滑块从起止点移动至下模上台面并触发位置传感器	(0mm,0mm,700mm) => (0mm,0mm,220mm)	480mm	375mm/s	1.28s

表 2-11 (续)

步序	步序内容	位置	行程	速度	耗时
2	压机静止待命	(0mm,0mm,220mm)	0mm	0mm/s	4s
3	机械手从起始点移动至坯料上方	(0mm,400mm,0mm) => (0mm,0mm,0mm)	400mm	500mm/s	0.8s
4	机械手抓料并放置在下一工位	(0mm,0mm,0mm) => (600mm,0mm,0mm)	600mm	500mm/s	1.2s
5	机械手退回起始点	(600mm,0mm,0mm) => (0mm,400mm,0mm)	1000mm	500mm/s	2s
6	压机滑块下降至合模点	(0mm,0mm,220mm) => (0mm,0mm,0mm)	220mm	175mm/s	1.26s
7	压机保压	(0mm,0mm,0mm)	0mm	0mm	2s
8	压机滑块抬升至下模上台面	(0mm,0mm,0mm) => (0mm,0mm,220mm)	220mm	175mm/s	1.26s
9	压机继续抬升回上止点	(0mm,0mm,220mm) => (0mm,0mm,700mm)	480mm	375mm/s	1.28s
合计					11.08s

改善项目小组通过头脑风暴，总结认为当前生产工艺存在以下问题：

- 1) 压机滑块初始位置过高

如下表 2-11 所示。

表 2-11 滑块与机械手生产中运动轨迹

步序	步序内容	位置	行程	速度	耗时
1	滑块从起止点移动至下模上台面并触发位置传感器	(0mm,0mm,700mm) => (0mm,0mm,220mm)	480mm	750mm/s	0.64s
2	压机静止待命	(0mm,0mm,220mm)	0mm	0mm/s	2.5s
3	机械手从起始点移动至坯料上方	(0mm,400mm,0mm) => (0mm,0mm,0mm)	400mm	800mm/s	0.5s
4	机械手抓料并放置在下一工位	(0mm,0mm,0mm) => (600mm,0mm,0mm)	600mm	800mm/s	0.75s
5	机械手退回起始点	(600mm,0mm,0mm) => (0mm,400mm,0mm)	1000mm	800mm/s	1.25s
6	压机滑块下降至合模点	(0mm,0mm,220mm) => (0mm,0mm,0mm)	220mm	350mm/s	0.63s
7	压机保压	(0mm,0mm,0mm)	0mm	0mm	1s
8	压机滑块抬升至下模上台面	(0mm,0mm,0mm) => (0mm,0mm,220mm)	220mm	350mm/s	0.63s
9	压机继续抬升回上止点	(0mm,0mm,220mm) => (0mm,0mm,700mm)	480mm	750mm/s	0.64s
合计					6.04s

改善项目小组通过头脑风暴，总结认为当前生产工艺存在以下问题：

- 1) 压机滑块初始位置过高

半成品堆放架的优化方案。生产改善小组在 2500T 压机旁增设了堆料架和储物架如图 4-1 和图 4-2 所示。



图 4-1 2500T 压机旁堆料架  
Fig.4-1 Stacking rack beside the 2500T press



图 4-2 2500T 压机旁储物架  
Fig.4-2 Storage rack beside the 2500T press

改善后吉利后桥侧翼的生产环节消除了大量浪费。改善小组经过现场统计，制作了优化前后对比表 4-1，从表中可以看出生产线搬运次数减少了 3 次，搬运距离从 285 米缩短到 191 米，减少原长度的 33%；减少检验次数 5 次，减少储存次数 1 次；生产周期从原先的 128.42 分钟缩短到 67.82 分钟，缩短了 52.81%，生产效率大幅提高；减少了操作、检验、搬运的工人，同时降低了工人劳动强度。

表 4-1 CMA AWD 后桥侧翼生产流程改进前后对比

现行方案				改进方案			
顺序	操作	等待	备注	距离 (米)	用时 (分)	数量	备注
1	Φ	—	Δ	W	0.2	1	CMA AWD 冲压成型
2	Φ	—	Δ	W	0.1	2	多模列，搬运
3	Φ	—	Δ	W	1	1	产品检验
4	Φ	—	Δ	W	2	3	放置木托板，打包
5	Φ	—	Δ	W	3	4	过筛检验
6	Φ	—	Δ	W	20	5	搬运物料到待检区
7	Φ	—	Δ	W	80	6	半成品检验并入库
8	Φ	—	Δ	W	5	7	放置安全架
9	Φ	—	Δ	W	85	10	半成品出架到待检区
10	Φ	—	Δ	W	5	8	拆包
11	Φ	—	Δ	W	0.2	9	堆放排板
12	Φ	—	Δ	W	0.1	7	搬运
13	Φ	—	Δ	W	1	3	产品检验
14	Φ	—	Δ	W	2	4	放置木托板，打包
15	Φ	—	Δ	W	3	9	过筛检验
16	Φ	—	Δ	W	20	2	搬运物料到待检区
17	Φ	—	Δ	W	80	20	成品入库检验
18	Φ	—	Δ	W	5	8	放置安全架
				统计表			
				项目	改进前	改进后	节省
				搬运次数	7 次	5 次	2 次
				检验次数	3 次	0 次	3 次
				等待次数	6 次	1 次	5 次
				搬运次数	9 次	0 次	9 次
				等待次数	2 次	1 次	1 次
				搬运距离	285 米	94 米	191 米
				生产周期	128.42 分	67.82 分	



图 4-1 2500T 压机旁堆料架  
Fig.4-1 Stacking rack beside the 2500T press



图 4-2 2500T 压机旁储物架  
Fig.4-2 Storage rack beside the 2500T press

改善小组经过现场统计，制作了优化前后对比表 4-1，从表中可以看出搬运距离从 245 米缩短到 145 米，减少原长度的 40.8%；减少操作次数 1 次，减少储存次数 1 次；生产周期从原先的 22.75 分钟缩短到 16.65 分钟，缩短了 26.8%，取得了一定的成果。

表 4-1 CMA AWD 后桥侧翼生产流程改进前后对比

现行方案				改进方案			
顺序	操作	等待	备注	距离 (米)	用时 (分)	数量	备注
1	Φ	—	Δ	W	0.1	1	CMA AWD 冲压成型
2	Φ	—	Δ	W	2	2	半成品检验
3	Φ	—	Δ	W	2.5	3	放置木托板，打包
4	Φ	—	Δ	W	80	1.1	半成品搬运到待检区
5	Φ	—	Δ	W	3	5	半成品检验并入库
6	Φ	—	Δ	W	85	2.2	半成品出架到待检区
7	Φ	—	Δ	W	0.5	7	拆包
8	Φ	—	Δ	W	2.5	8	堆放排板
9	Φ	—	Δ	W	0.25	9	搬运
10	Φ	—	Δ	W	2	10	产品检验
11	Φ	—	Δ	W	2.5	11	放置木托板，打包
12	Φ	—	Δ	W	80	1.1	半成品搬运到待检区
13	Φ	—	Δ	W	3	3	成品检验并入库
				统计表			
				项目	改进前	改进后	节省
				搬运距离	245 米	145 米	100 米
				操作次数	2 次	2 次	0 次
				等待次数	1 次	1 次	0 次
				生产周期	22.75 分钟	16.65 分钟	6.1 分钟

表 4-9 滑块速度测试表

NO.	描述	优化前 V-max (mm/s)	V1 (mm/s)	V2 (mm/s)	V3 (mm/s)	磨合速度 (mm/s)
P01	脱鞋零件前	375	500	600	730	730
P02	下止点前	175	250	300	350	350

同理，机械手停止位置应尽可能贴近滑块以减少无效行程。据现场测算，机械手距离模具滑块外侧面当前距离为 400mm，经改善小组评估，为保证机械手移动空间及模具位置传感器能及时感应机械手位置，预留 200mm 安全距离，即机械手进入抓料的初始等待位置距离模具滑块外侧面为 200mm。

优化程序完成后，滑块从优化前原本止点为Z<sub>0</sub>(0,0,700mm)，即距离模具上台面700mm高度，现在优化到Z<sub>0</sub>(0,0,650mm)，优化前以375mm/s速度匀速下降到Z<sub>0</sub>(0,0,220mm)高度，优化后以730mm/s速度下降到Z<sub>0</sub>(0,0,220mm)高度；优化前以175mm/s速度继续下降，直至合模；优化后以350mm/s速度下降至合模完成。

如下表4-10所示，经过测算，吉利后桥侧翼产品每单位行程时间总计节省约5.44s。

表4-10 吉利后桥侧翼滑道，机械手优化前后数据对比

序号	改善内容	位置 (优化前/优化后)	行程 (优化前/优化后)	速度	耗时
1	滑块从止点移动到下模上台面并触发位置传感器。	(0mm,0mm,700mm) → (0mm,0mm,220mm)	480mm	375mm/s	1.28s
		(0mm,0mm,650mm) → (0mm,0mm,220mm)	430mm	730mm/s	0.59s
2	压机静止待命。	(0mm,0mm,220mm)	0mm	0mm/s	4s 2s
3	机械手从起始点移动到送料上方。	(0mm,400mm,0mm) → (0mm,0mm,0mm)	400mm	500mm/s	0.8s
		(0mm,200mm,0mm) → (0mm,0mm,0mm)	200mm		0.4s
4	机械手抓取并放置至下一工位。	(0mm,0mm,0mm) → (600mm,0mm,0mm)	600mm	500mm/s	1.2s
		(600mm,0mm,0mm) → (0mm,0mm,0mm)	600mm	800mm/s	0.75s
5	机械手退回起始点。	(600mm,0mm,0mm) → (0mm,400mm,0mm)	1000mm	500mm/s	2s
		(600mm,0mm,0mm) → (0mm,200mm,0mm)	800mm		1.6s
6	压机滑块下降至合模点。	(0mm,0mm,220mm) → (0mm,0mm,0mm)	220mm	175mm/s	1.26s
		(0mm,0mm,0mm)	0mm	350mm/s	0.63s
7	压机保压。	(0mm,0mm,0mm)	0mm	0mm	2s
8	压机滑块抬升至上模上台面。	(0mm,0mm,0mm) → (0mm,0mm,220mm)	220mm	175mm/s	1.26s
		(0mm,0mm,220mm)	0mm	350mm/s	0.63s
9	压机继续抬升回上止点。	(0mm,0mm,220mm) → (0mm,0mm,700mm)	480mm	375mm/s	1.28s
		(0mm,0mm,220mm) → (0mm,0mm,650mm)	430mm	730mm/s	0.59s
合计				优化前	11.08s
				优化后	5.64s

在见到吉利后桥侧翼产品优化的效果后，设备工程师根据之前优化的经验，着手提高了冲压设备利用率。

表 4-13 生产流程及换模时间改善对比

内容	改善前	改善后	改善比例
物流距离(米)	285	94	67.02%
检验次数(次)	6	1	83.33%
储存次数(次)	2	1	50%
生产流程时间(分钟)	128.42	60.6	52.81%
换模时间(分钟)	158.5	118.5	25.24%

4.2.3 故障维护时间和设备利用时间对比

方案实施后，项目经理选取优化后，截止至 2019 年 6 月份的设备及具体使用情况

表 4-10 滑块速度测试表

NO.	描述	优化前 V-max (mm/s)	V1 (mm/s)	V2 (mm/s)	V3 (mm/s)	磨合速度 (mm/s)
P01	脱鞋零件前	750	800	850	900	900
P02	下止点前	350	400	420	450	450

同理，机械手停止位置应尽可能贴近滑块以减少无效行程。据现场测算，机械手距离模具滑块外侧面当前距离为 400mm，经改善小组评估，为保证机械手移动空间及模具位置传感器能及时感应机械手位置，预留 200mm 安全距离，即机械手进入抓料的初始等待位置距离模具滑块外侧面为 200mm。

优化程序完成后，滑块从优化前原本止点为Z<sub>0</sub>(0,0,700mm)，即距离模具上台面700mm高度，现在优化到Z<sub>0</sub>(0,0,650mm)，优化前以750mm/s速度匀速下降到Z<sub>0</sub>(0,0,220mm)高度，优化后以900mm/s速度下降到Z<sub>0</sub>(0,0,220mm)高度；优化前以350mm/s速度继续下降，直至合模；优化后以450mm/s速度下降至合模完成。

如下表4-11所示，经过测算，吉利后桥侧翼产品每单位行程时间总计节省约1.1s。

表4-11 吉利后桥侧翼滑道，机械手优化前后数据对比

序号	改善内容	位置 (优化前/优化后)	行程 (优化前/优化后)	速度	耗时
1	滑块从止点移动到下模上台面并触发位置传感器。	(0mm,0mm,700mm) → (0mm,0mm,220mm)	480mm	750mm/s	0.64s
		(0mm,0mm,650mm) → (0mm,0mm,220mm)	430mm	900mm/s	0.48s
2	压机静止待命。	(0mm,0mm,220mm)	0mm	0mm/s	2.5s 2s
3	机械手从起始点移动到送料上方。	(0mm,400mm,0mm) → (0mm,0mm,0mm)	400mm	800mm/s	0.5s
		(0mm,200mm,0mm) → (0mm,0mm,0mm)	200mm		0.25s
4	机械手抓取并放置至下一工位。	(0mm,0mm,0mm) → (600mm,0mm,0mm)	600mm	800mm/s	0.75s
		(600mm,0mm,0mm) → (0mm,0mm,0mm)	600mm	800mm/s	0.75s
5	机械手退回起始点。	(600mm,0mm,0mm) → (0mm,400mm,0mm)	1000mm	800mm/s	1.25s
		(600mm,0mm,0mm) → (0mm,200mm,0mm)	800mm		1s
6	压机滑块下降至合模点。	(0mm,0mm,220mm) → (0mm,0mm,0mm)	220mm	350mm/s	0.63s
		(0mm,0mm,0mm)	0mm	450mm/s	0.49s
7	压机保压。	(0mm,0mm,0mm)	0mm	0mm	1s
8	压机滑块抬升至上模上台面。	(0mm,0mm,0mm) → (0mm,0mm,220mm)	220mm	350mm/s	0.63s
		(0mm,0mm,220mm)	0mm	450mm/s	0.49s
9	压机继续抬升回上止点。	(0mm,0mm,220mm) → (0mm,0mm,700mm)	480mm	750mm/s	0.64s
		(0mm,0mm,220mm) → (0mm,0mm,650mm)	430mm	900mm/s	0.48s
合计				优化前	6.04s
				优化后	4.94s

29.96%，提高了冲压生产时间。

表 4-13 生产流程及换模时间改善对比

内容	改善前	改善后	改善比例
物流距离(米)	245	145	40.8%
操作次数(次)	5	4	20%
储存次数(次)	2	1	50%
生产流程时间(分钟)	22.75	16.65	26.8%
换模时间(秒)	1979	1386	29.96%

4.2.3 故障维护时间和设备利用时间对比

方案实施后，改善小组选取了 2018 年 6 月改善前的设备平均综合利用率和优化后的 2019 年 6 月份的设备平均使用情况进行对比，如下表 4-14 所示。

77	73	<p>案总结如下：</p> <p>1) 在设备维保优化方面，通过建立完善的故障处理流程，加强设备维护人员的技能培训，使得设备保养时间从原本 8 小时降低至 4 小时，维修时间得到缩短，从整体上来看，设备综合效率从原本 57.65%提升至目前的 71.36%，提升约 13.71%。</p> <p>2) 在库存价值优化方面，通过设定最高库存周转限制，在制品按照旺季平均每日需求量 7170 件进行配置，成品安全库存通过综合考虑补货周期、服务水平以及需求离散程度等因素，得出成品安全库存为周转库存加上安全库存 32595 件，经现场运转评估，能满足交货需求，且库存价值由原本 121 万降低至 106 万。</p> <p>3) 在冲压工艺优化方面，通过优化压机冲压参数，通过改善滑块与机械手的初始待机位置，并根据模具特性调试行程速度，以吉利后桥侧臂为例，整个单位冲压周期减少约 6 秒，单位生产节拍得到提高。</p> <p>4) 在生产环节优化方面，通过增加临时储物架和堆料架，减少半成品的入库搬运环节，取消重复的检验步骤等方法，使得生产环节时间从 128.42 分钟降低至 60.6 分钟，缩短了 50%的环节时间。</p> <p>5) 在换模方面，运用快速换模方法，通过区分内外部作业，并行相同工序，双人操作等方法，使得换模时间由原本 158.5 分钟降低至 118.5 分钟，缩短了 25%的换模时间。</p> <p>以上优化方案的实施，实现了在不增设产线，不加大生产资源投入的情况下，以</p>	<p>术创新点：</p> <p>1) 在设备维保优化方面，通过建立完善的故障处理流程，加强设备维护人员的技能培训，使得设备保养时间从原本 8 小时降低至 4 小时，维修时间得到缩短，从整体上来看，设备综合效率从原本 64.11%提升至目前的 73.58%，提升了约 9.47%。</p> <p>2) 在冲压工艺优化方面，通过优化压机冲压参数，通过改善滑块与机械手的初始待机位置，并根据模具特性调试行程速度，以吉利后桥侧臂为例，整个单位冲压周期减少约 1.2 秒，单位生产节拍得到提高。</p> <p>3) 在生产环节优化方面，通过增加临时储物架和堆料架，减少半成品的入库搬运环节，取消重复的检验步骤等方法，使得生产流程时间从 22.75 分钟降低至 16.65 分钟，缩短了 26.8%的环节时间。</p> <p>4) 在换模方面，运用快速换模方法，通过区分内外部作业，并行相同工序，双人操作等方法，使得换模时间由原本 1979 秒降低至 1386 秒，缩短了约 30%的换模时间。</p> <p>以上优化方案的实施，实现了在不增设产线，不加大生产资源投入的情况下，以较低的改善成本，利用精益生产优化方法，使得 B 厂设备综合利用率得到提升，生产环节存在的浪费情况得到改善，从而降低了企业运营成本，初步达到了企业对于生产线改善的需要。</p> <p>本文主要创新点为针对冲压零部件生产的价值流分析。</p>
----	----	---	---

# 附件1. 0806版

申请上海交通大学工程管理硕士学位论文

## 基于价值流分析的 B 厂生产流程 改善研究

院 系： 机械与动力工程学院

专 业： 工程管理

交 大 导 师： 程先华教授

企 业 导 师： 肖俊

硕 士 研 究 生： 徐

学 号： 1170208913

上海交通大学机械与动力工程学院

2020 年 8 月

Thesis Submitted to Shanghai Jiao Tong University  
for the Degree of Engineering Master

**THE RESEARCH ON IMPROVEMENT OF B COMPANY'S  
PRODUCTION PROCESS BASE ON VALUE STREAM  
MAPPING**

**M.D.Candidate:** Yicheng Xu

**Supervisor(I):** Xianhua Cheng

**Supervisor(II):** Jun Xiao

**Speciality:** Engineering Management

School of Mechanical Engineering  
Shanghai Jiao Tong University  
Shanghai, P. R. China  
August, 2020

# 上海交通大学

## 学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期：年月日

# 上海交通大学

## 学位论文使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。

本学位论文属于公开论文

内部论文，1年/2年/3年解密后适用本授权书。

秘密论文，年（不超过10年）解密后适用本授权书。

机密论文，年（不超过20年）解密后适用本授权书。

（请在以上方框内打“√”）

学位论文作者签名： 指导教师签名：

日期：年月日 日期：年月日

## 基于价值流分析的 B 厂生产流程改善研究

### 摘要

汽车作为工业文明的产物受到越来越多的重视。对于汽车制造商而言，如何缩短产品的交付周期以及提高产品交付的质量是企业面对越来越竞争激烈的市场中，能够活下去的关键。如何对产品的生产流程优化，使生产流程在环节上最精简、成本上最低廉是摆在当下汽车制造商面前的一道难题。

B公司是德国知名汽车零部件制造商，在国内市场份额占有率排名前列。但随着国内本土零部件企业的竞争力不断提高，挑战了B公司的市场地位，为加强自身市场竞争力，B公司在2019年年初提出了“降本增效”的管理改进目标，并确定以B厂冲压生产线下产品吉利CMA AWD后桥侧臂为研究对象，创建生产改善小组，利用精益生产方法进行生产优化。生产改善小组运用精益生产改善法中价值流程图分析法，收集了后桥侧臂生产中的信息流、物流流，并完成价值流程图绘制。分析后，发现B厂生产流程中存在着：生产增值率低和设备综合利用率低问题。进一步分析得出，导致B厂生产增值率低的原因是生产中存在着库存浪费、搬运浪费、动作浪费和不恰当加工浪费等问题，导致设备综合利用率低的原因是生产换模时间较长、设备技术员技能熟练度不够问题。

针对以上问题，改善小组制定了相应的优化方案包含快速换模、加强员工培训、生产流程环节优化、生产程序优化及安全库存改善等方法。针对设备综合利用率低的情况，通过故障解决流程优化、设备点巡检优化和周期性预防维修优化进行改善；针对生产浪费情况，通过优化订单变更流程、建立经济安全库存方式减少库存价值高情况；通过调整冲压工艺参数方式改善冲压机生产程序，缩短单位冲压时间。通过使用快速换模方法，区分内外部作业，缩短设备换模时间，通过现场物料架增设及环节合并缩减。缩短生产环节时间。计划通过以上方面的优化方式来起到最终优化生产流程的目的。

在具体实施过程中，通过建立完善的故障处理流程，减少设备保养时间，使设备综合效率从原本 57.65%提升至目前的 71.36%，提升约 13.71%，库存价值优化方面，

通过设定最高库存周转限制，优化订单变更流程，使得库存价值由原本 121 万降低至 106 万，并降低了生产现场缺料风险；冲压工艺优化方面，通过优化压机冲压参数，改善滑块与机械手的初始等待位置，使吉利后桥侧臂整个单位冲压周期减少约 6 秒，单位生产节拍得到提高。生产环节优化方面，通过增加半成品储物架和堆料架，减少半成品的入库搬运环节，取消重复的检验步骤等方法，使得生产环节时间从 128.42 分钟降低至 60.6 分钟，缩短了 50% 的环节时间。换模方面，运用快速换模方法，通过区分内外部作业，并行相同工序，双人操作等方法，使换模时间由原本 158.5 分钟降低至 118.5 分钟，缩短了 25% 的换模时间。以上改善，初步达到了公司年初的目标。

**关键词：**冲压产能，价值流程图，生产流程优化，价值流分析，精益生产

# **THE RESEARCH ON IMPROVEMENT OF B COMPANY'S PRODUCTION PROCESS BASE ON VALUE STREAM MAPPING**

## **ABSTRACT**

As the product of industrial civilization, automobile has been paid more and more attention. For automobile manufacturers, how to shorten the product delivery cycle and improve the quality of product delivery is the key to survive in the increasingly competitive market. How to optimize the production process of products and make the production process the most concise and the lowest cost is a difficult problem for automobile manufacturers.

Company B is a well-known German auto parts manufacturer, ranking the top in domestic market share. However, with the continuous improvement of the competitiveness of the domestic auto parts industry, the market position of company B continues to be impacted. In order to strengthen its market competitiveness, company B proposed the management improvement target of "reducing cost and increasing efficiency" in the beginning of 2019, and through the analysis of the total sales volume and production capacity, the stamping product Geely CMA is determined to be the improvement object of stamping production line of plant B AWD rear axle side arm is a typical research case, and a production improvement team is established to optimize production by using lean production method. The production improvement team used the value flow chart analysis method in lean production improvement method to collect the information flow and logistics flow in the production of the rear axle side arm. Through drawing the value flow chart and analyzing, it was found that there were problems in the production process of factory B: low production value-added rate and low comprehensive utilization rate of equipment. Further analysis shows that the low production value-added rate of factory B is caused by the problems of inventory waste, handling waste, action waste and improper processing waste. The reason for the low comprehensive utilization rate of equipment is the long time for mold change and insufficient skill proficiency of equipment technicians.

In view of the above problems, the improvement team developed the corresponding optimization scheme, including rapid mold change, strengthening staff training, production process optimization, production process optimization and safety stock improvement. In view of the low comprehensive utilization rate of the equipment, the

improvement is carried out through the optimization of fault solving process, equipment point inspection and periodic preventive maintenance optimization; for the high inventory value, the inventory value is reduced by optimizing the order change process and establishing economic and safe inventory; the stamping process parameters are adjusted to improve the stamping process and shorten the unit stamping time. Through the use of rapid mold change method, the internal and external operations are distinguished, the mold change time is shortened, and the material rack is added and the links are reduced. Shorten the production link time. Plan to optimize the production process through the above optimization methods.

In the specific implementation process, in terms of equipment maintenance optimization, through the establishment of a complete fault handling process, the maintenance time of the equipment is reduced from 8 hours to 4 hours, and the overall efficiency of the equipment is improved from 57.65% to 71.36%, In terms of inventory value optimization, by setting the maximum inventory turnover limit and optimizing the order change process, the inventory value was reduced from 1.21 million to 1.06 million, reducing the risk of material shortage on the production site; in the aspect of stamping process optimization, the stamping parameters of the press were optimized, and the initial standby position of slide block and manipulator was improved, The whole unit stamping cycle is reduced by about 6 seconds, and the unit production cycle is improved. In terms of production process optimization, by adding temporary storage rack and stacking rack, reducing the warehousing and handling of semi-finished products, and canceling the repeated inspection steps, the production link time was reduced from 128.42 minutes to 60.6 minutes, and the link time was shortened by 50%. In the aspect of die change, the method of rapid die change is used. By distinguishing the internal and external operations, parallel operation of the same process and double operation, the time of changing mold is reduced from 158.5 minutes to 118.5 minutes, and the time of changing dies is shortened by 25%. The above improvement has initially achieved the target of the company at the beginning of the year.

**KEY WORDS:**Stamping capacity, value flow chart, production process optimization, value flow analysis, lean production

# 目录

摘要 .....	I
<b>ABSTRACT</b> .....	III
目录 .....	V
<b>第一章绪论</b> .....	1
1.1 研究的背景及意义 .....	1
1.1.1 研究的背景 .....	1
1.1.2 研究意义 .....	1
1.2 精益生产国内外研究现状 .....	2
1.3 精益生产相关方法 .....	4
1.3.1 价值流图分析法(VSM).....	4
1.3.2 快速换模 .....	7
1.3.3 设备综合利用率 .....	7
1.4 研究内容 .....	9
1.5 本章小结 .....	10
<b>第二章 B 零部件厂生产管理现状及问题分析</b> .....	11
2.1 B 零部件厂概况 .....	11
2.1.1 公司运营概况 .....	11
2.1.2 B 厂面临的挑战 .....	13
2.2 基于价值流程图的 B 零部件厂冲压生产流程分析 .....	15
2.2.1 选定研究对象 .....	15
2.2.2 B 厂冲压产品 PQ 分析 .....	16
2.2.3 精益小组成立 .....	18
2.2.4 客户需求分析 .....	20
2.2.5 工位关键数据收集 .....	21
2.2.6 物流相关数据收集 .....	22
2.2.7 信息流相关数据收集 .....	22
2.3 绘制价值流程图 .....	23
2.4 B 零部件厂生产管理问题总结分析 .....	25

2.5 本章小结 .....	34
<b>第三章改善方案的研究 .....</b>	<b>35</b>
3.1 制定改善方案的总体思路 .....	35
3.2 规划改进目标 .....	35
3.3 改进方案的整体设计 .....	36
3.3.1 库存改善设计 .....	36
3.3.2 生产流程改善设计 .....	39
3.3.3 快速换模应用 .....	41
3.3.4 生产程序优化 .....	43
3.3.5 设备故障维修改善 .....	45
3.4 绘制未来价值流程图 .....	48
3.5 本章小结 .....	49
<b>第四章改善方案的实施及效果评析 .....</b>	<b>51</b>
4.1 改进方案的实施 .....	51
4.1.1 生产流程改善实施 .....	51
4.1.2 快速换模改善实施 .....	53
4.1.3 设备故障维修改善实施 .....	55
4.1.4 生产程序改善实施 .....	60
4.2 效益对比分析 .....	64
4.2.1 库存改善前后对比 .....	64
4.2.2 生产流程和换模时间前后对比 .....	65
4.2.3 故障维护时间和设备利用时间对比 .....	66
4.3 本章小结 .....	67
<b>第五章总结与展望 .....</b>	<b>69</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>70</b>
<b>致谢 .....</b>	<b>71</b>
<b>攻读硕士学位期间发表的学术论文 .....</b>	<b>73</b>

# 第一章绪论

## 1.1 研究的背景及意义

### 1.1.1 研究的背景

汽车零部件行业是汽车产业中重要的一环。近几年，由于购车需求的日益下降以及持续拥堵的道路环境所导致的限行限购政策等原因，汽车行业整体销售增速放缓。增速的放缓以及由于主机厂订单量的下降逐渐影响到下游零部件厂的日常生产运营。加上日益增高的例如场地、人力等成本的支出，对于大多数零部件企业而言，降本增效迫在眉睫。

本人以工作过的B零部件厂冲压产线为主要研究对象，B零部件厂主要生产汽车关键零部件（发动机排放控制装置、驱动桥、车身结构件）等产品。B零部件厂开展业务往来的车企众多，包括戴姆勒奔驰、一汽大众、上汽通用、长安福特、武汉神龙、奇瑞捷豹路虎、奇瑞观致、杭州吉利等中大型车企。

B零部件厂的生产规模和技术均排名行业前列，公司建立之初的生产任务主要以德国生产项目迁移至国内为主，将设备机器、工艺布局、生产工序直接复制粘贴。但随着公司品牌在华影响力的扩大和订单的增加，加之本地客户的需求愈发多样化和个性化，对于企业的生产要求越来越严格，靠大批量低成本的盈利模式渐渐无法适应现在的市场竞争。因此，亚太及工厂管理层逐渐意识到需要采取适合企业本地化发展的战略。为应对这个情况，B零部件厂亚太总部制定了新的经营战略：

- （1）巩固优势：巩固规模生产的优势，将现有资源配置优化，挖掘企业潜能；
- （2）提升竞争力：提高客户满意度，降低生产成本，进一步释放设备产能；
- （3）快速提升：通过加强岗位学习，培训，加速战略目标实现。

为了配合新的经营战略，亚太高层在B零部件厂开展全员精益生产岗位培训活动。而B零部件厂经营改善的基本思想就是针对现场应用价值流图分析技术，评估当前现场生产状况，再使用精益生产相关理论和工具进行改善。

### 1.1.2 研究意义

中国汽车市场虽然近一两年由于全球经济下行压力以及国内一二线城市市场需求渐渐趋于饱和等因素影响，整体整车市场销售体量处于减少趋势，但仍然具有一

定市场规模潜力值得发掘,许多大型跨国汽车企业也进一步的在中国加大投资力度,为进一步实现整车本地化战略做铺垫,这对于零部件厂而言依然是一个利好的信息与机遇,但,机遇与风险往往并存。目前的汽车市场客户需求端,存在着需求个性化,需求多样化的变化态势,同时,对于汽车配套件的创新性、环保性、安全性等方面也存在着较高的要求。对于汽车零部件厂商而言,除了要降低自己的库存,提高产品换代速度之外,如何提高生产效率,降低企业生产成本是目前存在的较为普遍的问题。

此外,在查找相关精益生产理论文献的过程中,发现关于针对冲压生产产能提升的文献资料比较缺乏,因此希望本文的研究成果为其他学者在冲压企业进行精益改善时作参考。

本文以精益生产的理论为基础,通过研究B零部件厂冲压生产产品的价值流及相应改善方案的应用,可以对企业起到以下4个方面的作用:

(1) 通过对现有产品的价值流分析和采取的响应改善措施,可以有效提高公司的生产效率,减少过量生产,缩短产品生产周期;

(2) 根据客户实际需求,保质保量并按时交付产品,且不产生过量成品库存;

(3) 改善生产工艺,缩短生产单位周期;

(4) 改善生产工序,以更快速度切换产品,降低在制品库存。

## 1.2 精益生产国内外研究现状

精益生产是多国专家在研究丰田生产模式在发达国家和发展中国家实际应用情况的基础上,在1990年提出的比较完整的生产经营管理理论<sup>[1]</sup>。

国外对于精益生产的研究主要分为两类,第一类结合实践经验,从不同角度对精益生产的定义、内涵、方法以及目的进行诠释。

迈尔·伯乐、弗雷迪·伯乐在《精益生产-挖掘利润》一书中,详细介绍了精益生产改善的工具,并认为,通过全员参与的持续改善能够为企业起到提升竞争力的目的<sup>[2]</sup>。

Guy Tosksoy认为,全员参与、内部质量控制、标准化、缩短交付期和持续改善是精益生产实施成功所必备的五项原则<sup>[3]</sup>。

Chiarini A等研究发现,现场5S管理可以提高废物管理,全面生产维护可以降低设备故障率,快速换模可以进一步增加生产时间,提高生产效率<sup>[4]</sup>。

第二类是运用精益生产相关理论,结合企业生产实际,进行问题分析并提出改善方案。

Roriz等对纸箱生产企业的生产过程质量进行研究,通过使用5W1H、鱼骨图分析

等精益生产工具，进行时间和性能指标的研究，为企业降低生产成本找到切实可行措施<sup>[5]</sup>。

Anisur Rahman和Azharul Karim认为，目前大规模生产的企业容易造成库存浪费和较高的生产成本，他俩运用精益生产中价值流分析的方法，优化生产流程和布局，实现了企业零浪费和准时化生产<sup>[6]</sup>。

Bhim Singh等对企业生产过程中存在的资源浪费、人力浪费等现象进行价值流分析，并采取改善生产布局、优化生产流程等方式有效减少在制品库存，缩短了产品交货期，从而认为指出价值流图是精益生产改善过程中贯穿于整个生产现场的重要工具<sup>[7]</sup>。

Rahani AR和Muhammad al-Ashraf通过利用价值流程图为基础的精益生产揭示了D45T产品生产过程中的非增值环节。运用精益生产工具来减少这些非增值时间，并通过优化后的生产周期时间来评估改善成果<sup>[8]</sup>。

Harwinder Singh和Amandeep Singh<sup>[9]</sup>运用价值流程图，找出企业生产流程中低效的环节，并最终使得企业的生产周期时间下降。

Anand Gurumurthy和Rambabu Kodali<sup>[10]</sup>运用价值流程图，设计了相关仿真模型，使得门窗企业在无任何额外的资源提高了生产产能，满足了日益增长的订单需求。

最近几年，越来越多的学者开始运用精益生产来对我国制造业企业生产过程中存在的进行分析和改善。

陆杰、周炳海<sup>[11]</sup>通过记录工作状况，运用精益生产工具和方法，从生产布局方面分析了现有问题，通过运用精益生产工具，简化操作过程，优化工位任务，缩短搬运距离，进而有效提高生产效率。

李琴等运用价值流图技术对现场生产过程进行研究分析，首先对改善前产品生产过程进行工艺流程分析和现场数据收集，然后针对现有问题，制定相应改善措施，并绘制出改善后的产品未来价值图。通过车间设备布局的改善和人员的调整，有效地减少了生产过程中的非增值活动，提高加工效率，并减少了在制品库存量<sup>[12]</sup>。

黄东杏从流程现状、操作现状、动作现状等四个角度对弹簧制造公司产品快速换模的现状进行分析研究，运用区分内外部作业、内外作业转换等方法，改善了快速换模中存在的问题，提高了生产效率<sup>[13]</sup>。

蔡培明运用价值流程图方法，寻找分析变速箱生产公司在实施精益生产过程中存在的问题，并通过5S、快速切换、全员维护TPM等精益生产工具制定相应优化方案，并最终提高了企业生产效率<sup>[14]</sup>。

齐海龙通过对阿道尔公司的生产管理现状进行分析研究，从生产流程、现场管理、

精益生产工具的推行三个角度提出了改善方案，并在此基础上从人力资源、生产制度和生产成本三个方面进行实施改善，最终提高了企业生产效率，降低企业生产成本<sup>[15]</sup>。

董鹏、吴焕岭从物流运输、工序节拍、生产工艺三个角度对卡莱公司生产管理现状进行分析，并针对所发现的产能低、生产效率低等问题，运用精益生产理论，5W1H、ECRS 等方法提出合理改善方案，最终提高企业生产效率，增加生产产能<sup>[16]</sup>。

相较于西方发达国家，我国精益生产的研究起步较晚，我国国内一部分企业在引入精益生产方式之后，往往只取得了一点改善就半途而废，而没有深入地去理解精益思想的本质。随着国内人力成本的逐年提升，生产资源成本的增加，市场竞争压力的加大，如何有效运用精益生产方法来提高生产线生产效率，降低生产成本正逐步获得重视；虽然国内外相关研究已经较多，但是如何结合自身企业来解决企业问题，仍然还需继续研究。

### 1.3 精益生产相关方法

#### 1.3.1 价值流图分析法(VSM)

价值流图分析法（Value-Stream-Mapping）由美国麻省理工学者迈克·鲁斯和约翰·舒克提出。价值流图分析法是一种具备目视化沟通、流程改善和生产管理功能的管理工具<sup>[17]</sup>。

价值流图分析法通过运用符号，表达了客户从下单到产品交付的整体信息流和材料流，并在绘制过程中改善瓶颈工序<sup>[18]</sup>。

价值流图析包括以下具体实施步骤，主要过程如图1-1所示<sup>[19]</sup>：



图1-1 价值流图析应用过程

Fig.1-1 The process of value stream mapping

- (1) 成立改善研究小组；
- (2) 选择一个产品系列作为研究对象；

- (3) 收集客户端订单、物流和信息流等相关数据；
- (4) 描绘现状价值流图；
- (5) 发现、分析问题；
- (6) 设计未来价值流图、设立改善目标；
- (7) 改善方案设计、论证、计划、实施；
- (8) 评价改善效果、总结。

在分析价值流图时，一般会使用5W1H法、七大浪费法、ECRS等方法发现和消除不增值活动和浪费。

“5W1H”提问技术是指生产活动从目的、原因、时间、地点、人员、方法等六个方面进行提问，并进一步探讨改进的可能性，具体提问方式如表 1-1 所示。

表 1-1 “5W1H”提问表

询问内容	第一次设问	第二次设问	第三次设问
目的	做什么 (what)	是否必要做	是否有更合适对象
原因	为何做 (why)	为什么要这样做	是否不需要做
时间	何时做 (when)	为何需要此时做	是否有更适合时间
地点	何处做 (where)	为何需要此处做	是否有更适合地点
人员	何人做(who)	为何需要此人做	是否有更适合的人
方法	如何做(how)	为何需要这样做	是否有适合的方法

七大浪费是指生产活动中存在着7种浪费现象，分别是：搬运的浪费，等待的浪费，过多制造的浪费，维修和返工的浪费，过度加工的浪费，库存的浪费，动作的浪费<sup>[20]</sup>。

#### (1) 等待浪费

等待浪费一般有以下4种情况：第一种情况是本道工序毛坯料未按时送到造成的等待浪费，这种浪费产生原因主要是前后工序沟通不畅造成的；第二种是自动设备加工时工人在旁无所事事等待造成的浪费。这种浪费产生原因主要是生产管理不到位；第三种是信息等待，生产过程遇见问题无法及时处理造成生产停滞；第四种是计划安排不当，生产不平衡。这种浪费产生原因主要是瓶颈工位加工时间较长造成下游工序的等待。

#### (2) 搬运浪费

搬运浪费是指流程中的两点之间存在一定无效距离，造成生产时间浪费在不断的搬运过程中。解决方法一般是优化搬运距离或生产布局，减少搬运时间。

### （3）维修和返工的浪费

维修和返工的浪费是指加工的产品性能无法满足客户要求，需要返工或者直接报废，而这就造成了人工、机器及材料的浪费，精益生产应该杜绝不合格品的浪费。

### （4）动作的浪费

生产加工的操作者在生产过程中做过多的多余动作，精益生产强调最精炼的动作完成生产。

### （5）过度加工的浪费

过度加工的浪费是指加工工艺不合理导致加工时间变长而造成的浪费。

### （6）库存浪费

这里库存包括原材料、半成品库存及成品库存。传统制造业会设置一定量库存来避免生产停滞，精益生产认为，库存本身就是浪费，库存所涉及的场地费、搬运费都间接增加了管理费用。消减库存是精益生产的重要任务之一。

### （7）过量制造浪费

过量制造来源于企业管理者传统观念中对机器和人工闲置的抵触。对于企业而言，每个生产车间都按最大能力生产而忽视客户的实际需求，会造成在制品、成品的库存数量增加，另外，库存设置的不合理也是主要造成过量制造浪费的主因之一。

ECRS 分析原则一般被用于作业或生产工序中，主要对每一道生产工序参照 ECRS 原则进行检查，“E”即消除，消除不必要环节。“C”即合并，对于无法取消又必要的，通过合并来简化。“R”为重排，不能取消或合并的，可以根据何人、何事、何时来重排。“S”为简化，精简复杂、重复的环节。具体如表 1-2 所示<sup>[21]</sup>。

表 1-2 ECRS 原则

原则	阐述
剔除	首先要思考该项工作或环节有无存在的必要？这个工作或环节起到了什么作用？完成了什么工组？是否是必须存在的环节？理由是什么？
合并	如果不能取消，是否存在于与其他工作或环节合并的可能性？
重排	思考，当前生产环节顺序是否恰当？是否有重新排序的必要？
简化	工作或环境的步骤中是否存在重复或者过于复杂，是否可以精炼？

增值活动与非增值活动是生产过程中唯一的两种活动，通过识别浪费或非增值活动，来起到改进生产流程，降低在制品中间库存，降低等待浪费等作用，来最终提高客户满意度，提升公司市场竞争力。

### 1.3.2 快速换模

目前国外在处理小批量多品种定单的成本控制方面的理论主要是 SMED。SMED 的全称是“六十秒即时换模”(Single Minute Exchange of Die)，是一种快速和有效的切换方法。主要是用来改善设备装换调整时间过长这一难点，将可能的换线时间缩到最短(即时换线)。它可以将一种正在进行的生产工序快速切换到下一生产工序。快速换模法能够并且常常是用于启动一个程序并快速使其运行，且处于最小浪费的状态<sup>[22]</sup>。

快速换模的实现主要通过 3 大步骤：

(1) 区分内部作业和外部作业。在换模过程中对所有的换模操作进行分类，其中，将必须要使设备停止的作业划分为内部换模作业；可以在设备运转时进行的操作归位外部换模作业。

(2) 压缩内部作业时间。针对内部换模，调整其操作步骤，发掘内部作业中不需要串行的操作，改为并行操作，同时需要考虑安全因素，坚决摒弃安全隐患的环节。

(3) 压缩外部作业时间。通过对设备或者工具的改造可以同时改善内部作业和外部作业，节约内部和外部换模时间，对设备的改善包括对设备功能进行优化，对工具的领取实行标准化。

### 1.3.3 设备综合利用率

设备综合效率 OEE(Overall Equipment Efficiency)，是一种分析工具，用来衡量设备生产能力并能够识别瓶颈工序设备带来的效率损失<sup>[23]</sup>。

在计算设备综合效率 OEE 时，首先需要知道各个时间的构成。如下表 1-3 所示：

表 1-3 设备运行时间组成

总时间			
计划运行时间			计划故障
实际工作时间		计划维护	计划停机
净运行时间		利用率损失（换模时间、故障时间、非计划维护时间）	
总生产时间		性能损失	

净生产时间	质量损失
-------	------

总时间指计算周期内所有可利用时间。计划故障时间为由于外部因素造成的停机时间（如节假日、计划内的周期性停水停电等）。计划维护、计划停机时间是必要的设备维护和生产计划中已安排的可停机时间。利用率损失指某种意外事件发生而导致设备不能正常运行或者因物料缺料导致等待、产品换模等。性能损失是指设备故障，修理和更换零部件所需时间。质量损失是指生产过程中产生的废品和返工时间<sup>[24]</sup>。

设备综合效率(OEE)主要包含 3 个衡量因子：设备时间开动率、设备性能开动率和合格品率，主要的计算公式如下：

$$\text{设备综合效率 OEE} = \text{性能开动率} \times \text{时间开动率} \times \text{合格品率} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中：

(1) 时间开动率反映了设备的时间利用情况，包括设备故障、调试等停机损失。

$$\begin{aligned} \text{时间开动率} &= \text{实际工作时间} / \text{计划运行时间} \\ \text{计划运行时间} &= \text{总时间} - \text{计划停机时间} \\ \text{实际工作时间} &= \text{计划运行时间} - \text{设备调整时间} \end{aligned}$$

(2) 性能开动率是指理论产出和实际产出的比值。反映了设备性能发挥情况，包括设备空转、停机、速度降低等性能损失。

$$\text{性能开动率} = \text{生产数量} \times \text{加工周期} / \text{实际生产时间}$$

(3) 合格品率反映了设备真实工作情况，反映了设备加工损失情况。

$$\text{合格品率} = \text{合格品数量} / \text{生产数量}$$

设备综合效率由时间开动率、性能开动率和合格品率共同决定，因此需要这三个指标都维持较高水平，设备综合效率才能提高。这三个因素指标又与设备实际工作时间、设备生产加工周期和不合格品数量相关。

制造业中一般存在六大损失，六大损失与 OEE 的关系如下表 1-4 所示，利用设备综合效率 OEE 指标可以有效帮助企业发现隐藏的问题。

表 1-4 制造业六大损失与 OEE 关系表

损失项目	OEE 类别	造成的原因	备注
停机损失	时间开动率	1) 原材料短缺 2) 设备故障	表示设备突发故障引发停工
换模、调试损失	时间开动率	1) 模具更换 2) 产线调试	因为产品更换造成的换线准备
暂停机损失	性能开动率	生产不畅	故障原因以外的短暂停机
减速损失	性能开动率	运行设备老化后低于设计速度	任何导致设备无法达到要求速度的因素
启动过程次品损失	合格品率	报废、返工	试运行过程产生的次品
生产过程次品损失	合格品率	报废、返工	稳定生产产生的次品

## 1.4 研究内容

在本研究中，主要包含 5 个章节的内容，具体论述如下：

第一章绪论。主要是介绍了选择该选题的主要原因及其背后的研究意义，其次阐述了国内外研究现状，通过了解这一课题相关的研究现状和理论，为后续的研究提供一定的参考价值，最后阐述希望通过研究能达到的目的和成果。

第二章 B 零部件厂生产管理现状及问题分析。主要简述了 B 零部件厂的概况，对 B 公司现有的设备现场管理、工艺流程、设备利用现状及车间库存四个方面的现状和存在的问题进行梳理，并通过组建生产流程优化小组，绘制价值流程图的方式，来分析识别问题所在，并为下一章具体优化改善方案提供优化方向。

第三章改善方案的研究。根据前一章分析的 B 零部件厂生产存在的设备维保不足、产品库存价值高、生产工艺不合理、设备利用率低四个方面，提出优化改进的几点准备，然后基于五点准则，绘制未来价值流程图。分别计划通过设备现场管理改善、库存改善、工艺流程改善、生产换线改善等几个方面对冲压生产流程进行改善，为下一章具体实施提供了方向。

第四章改善方案的实施及效果评析。基于前文第三章优化改善方案，以 B 厂冲压生产改善小组为项目执行人，通过分析量化后的生产流程参数指标，并结合前文所提及的，针对四大主要影响生产环节因素问题：在制品库存、设备现场管理以及设备利用率低，进行优化实施。在具体实施过程中，生产流程优化改善小组运用 5W1H 质疑法，通过优化故障解决流程及设备现场管理 5S 的管理过程；建立专人专岗的维修小组、优化生产订单变更流程、优化调整机械手与滑块行程的速度与角度等方式针对之前的优化方案进行具体实施。经优化前后实施对比，得出该优化方案可行。

第五章总结与展望。说明本文在精益生产理论运用中的不足以及以后的研究方向。论文研究框架（见图 1-2）

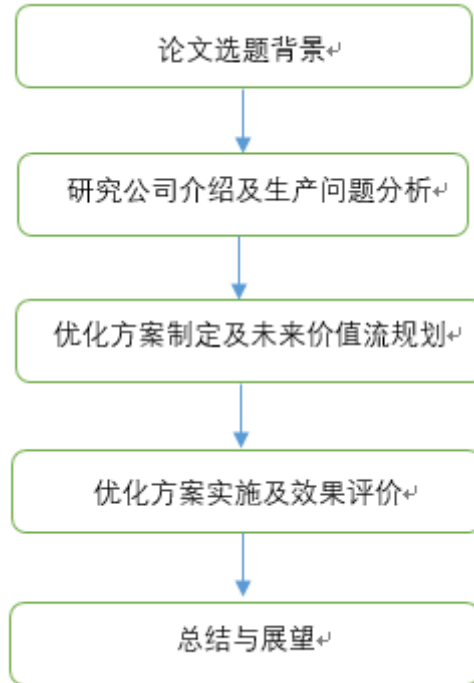


图 1-2 论文框架图

Fig.1-2 Structure of thesis

## 1.5 本章小结

本章首先就论文的选题背景与研究意义进行阐述，通过目前汽车市场竞争压力巨大的客观事实，以及现有精益生产尤其是价值流图析文献在冲压生产领域的研究的不足，突出研究提高汽车生产效率具有一定的研究价值。同时，综述国内外关于精益生产、价值流图析及快速换模的研究现状及相关理论方法，并以框图形式，简述了论文的基本结构和写作思路，本论文旨在运用精益生产改善工具中的价值流图析方法，通过分析B零部件厂冲压生产过程，绘制当前生产价值流程图，并发现存在的非增值环节及存在的问题，然后制定优化改善方案并绘制未来价值流程图，通过实施改善方案和效果评价，来证明该优化方案的有效性以及价值流图析技术的可行性。

## 第二章 B 零部件厂生产管理现状及问题分析

### 2.1 B 零部件厂概况

#### 2.1.1 公司运营概况

德国家族企业B公司1876年成立于德国比勒菲尔德，全球范围内拥有81家生产工厂及工程中心，一万九千多名员工，主营钢管制造、汽车零配件等，截止2017年，汽车销售额占B公司总销售额的76.2%。中国区域汽车业务占全球汽车业务的12%<sup>[25]</sup>，达58亿元。

B 零部件厂建立于 2011 年 9 月 23 日，是 B 公司在上海设立的独资企业，主要供给汽车底盘冲压件产品，包括侧臂、前横梁、控制臂等如下图 2-1 所示。




图片	描述
	
(控制臂)	(上壳体)
	
(钢管)	(下臂)

图 2-1 B 厂主要产品类型

Fig.2-1 Main products of Plant B

B 零部件厂作为 B 公司在亚太地区的管理及研发中心，与 B 公司亚太区研发与管理中心共用一处办公地点，在职能上，B 零部件厂承接由亚太项目部所指派的项目生产任务，公司组织上由总经理领导，总经理的任命与经营权利由亚太部授权；总经理

直属管理采购、质量、生产运营、物流四个部门经理，生产运营部包括焊接生产部、冲压生产部和设备部，负责工厂日常生产开展。具体结构如下图2-2所示。

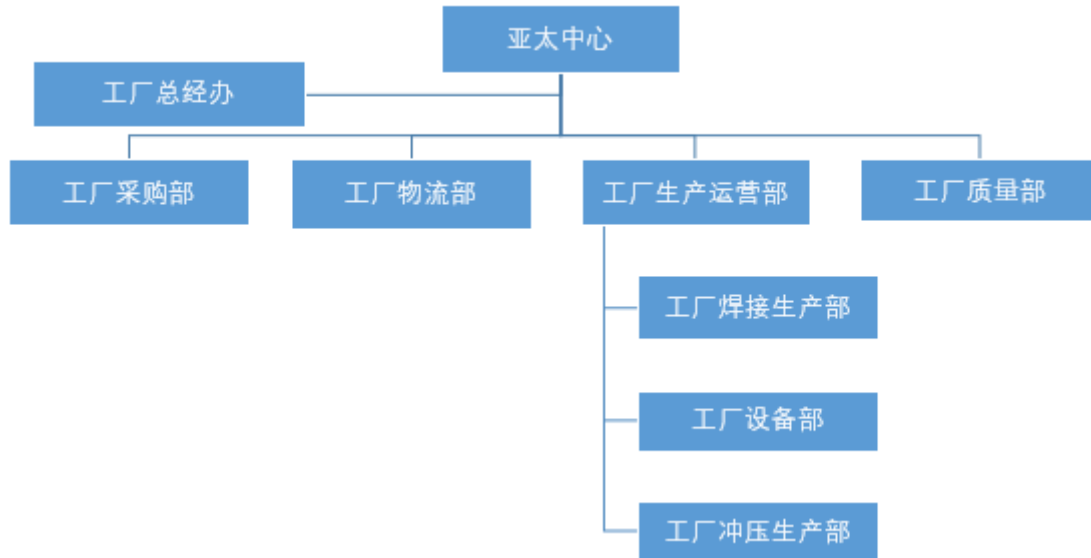


图 2-2 B 厂运营组织架构

Fig.2-2 Operation organization structure of plant B

冲压生产部是生产运营部内重要部门，主要负责将板材坯料冲压成型的工作，拥有工程师、操作工等近30人负责包括模具维修保养、压机调试操作、现场管理等，整个生产环节均有人员参与，人为因素参与程度较多。生产设备较齐全，包括1台2500T疏勒压机，3台CNC数控加工中心以及多台线切割、铣床、磨床等。冲压生产部共生产包括本田飞度侧臂，福特蒙迪欧消音器上片，奔驰W205前横梁以及吉利CMA后桥侧臂等23种车型零部件，其中，吉利CMA为模块化架构车型，其配套零部件侧进气管年产量较高，占公司2018年销售额的26%。经统计，所有冲压产品占公司年销售额的63%。焊接生产线是生产运营部下属的另一个生产部门，其主要负责在冲压生产完成后，将半成品焊接拼缝的工作，拥有工程师、操作工等15人，主要负责机器人程序调试运行，焊接工装维护等。整个生产环节自动化程度较高，除放置半成品、拿取成品以及生产程序进行与终止有人员参与外，主要焊接生产部分由机器人独立完成，人为因素参与程度相对较少。2018年，焊接生产线共计8种产品销售额占公司年总销售额的22%。

截止2018年12月底，如图2-3B公司2018年年报显示，B公司全球盈收80.72亿欧元，较2017年78.56亿欧元上涨2.74%，总资产由2017年的5.13亿欧元上升到2018年的5.33

亿欧元, 上涨3.9%,但息税前利润从2017年的2.1亿欧元下降到1.2亿欧元,下降42.8%, 现金流2.81亿欧元, 下降约30.3%。B零部件厂2018全年盈收9.6亿元人民币, 比2017年全年8.9亿上涨了7.8%。

B公司相较2017年, 整体盈收上取得进步, 但利润率的下降、现金流的减少, 引起了B公司集团管理层的重视。在2019年年初, 集团总部号召下属企业开展“降本增效”活动, 通过加强企业自身运营能力, 提升市场竞争力。

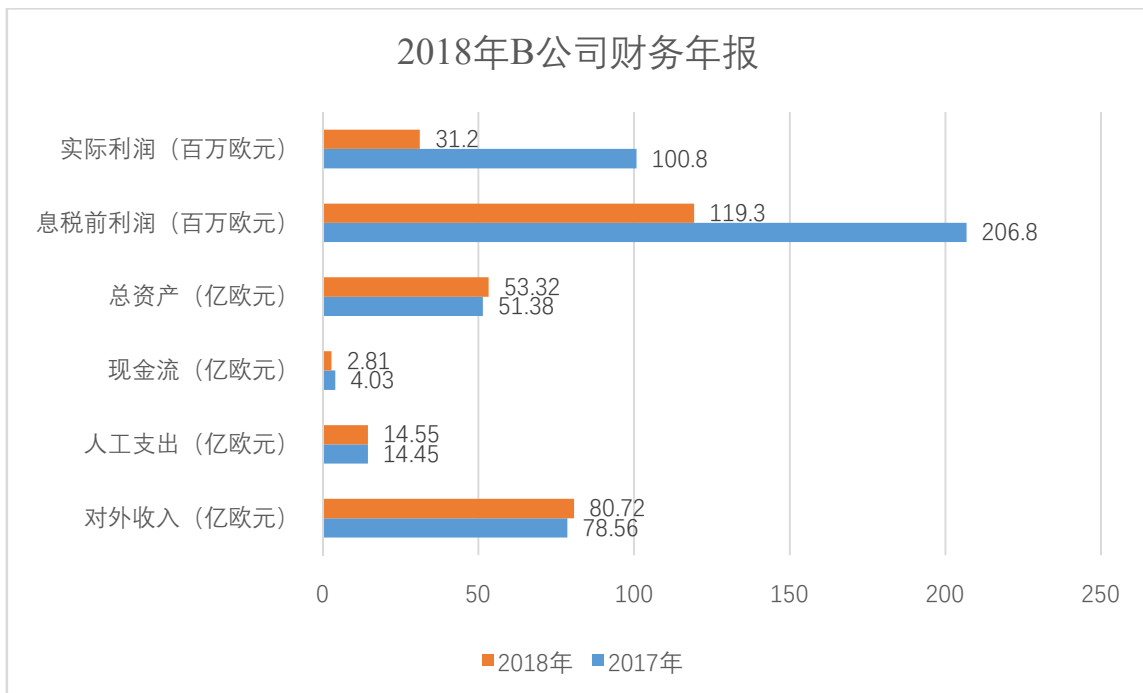


图2-32018年B厂财务年报

Fig.2-3 Financial report of factory B in 2018

## 2.1.2B 厂面临的挑战

### 2.1.2.1 B 厂面临的市场环境

汽车零部件作为汽车工业发展的基础, 是国家长期重点支持发展的产业, 2018年, 我国汽车零部件制造企业销售收入4万亿元, 同比增长7%<sup>[26]</sup>, 尽管汽车消费市场转冷, 但财政和产业政策对于汽车零部件领域的资源倾斜, 加之产业链不断完善, 故整体行业长期向好趋势不变, 仍有较大发展机遇。图2-4 中国汽车零部件销售收入情况。

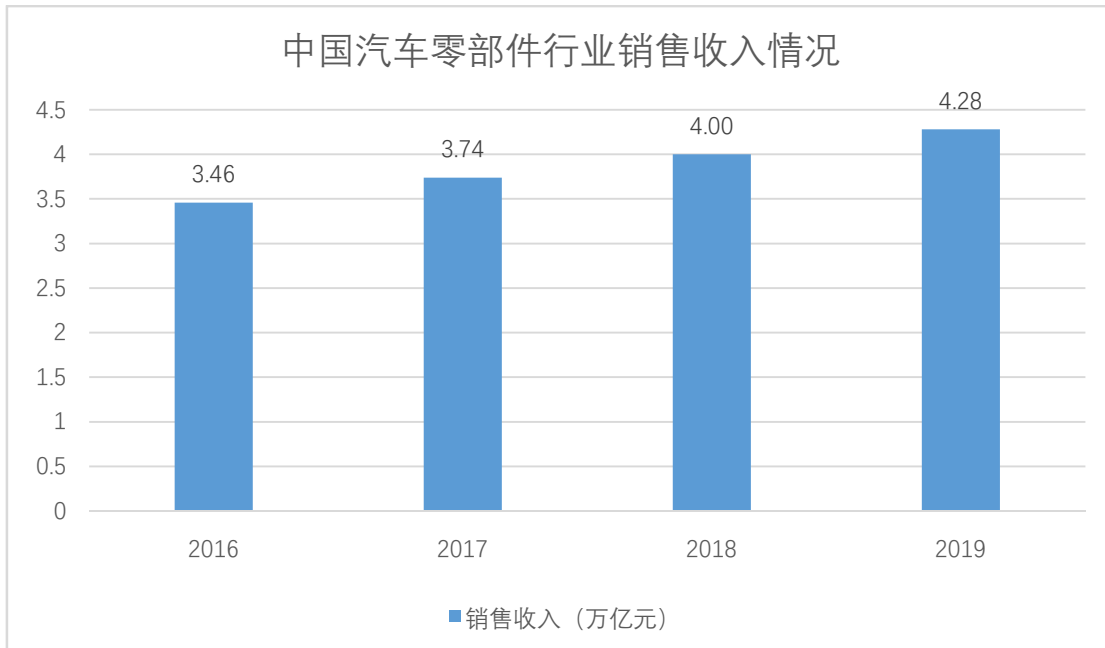


图 2-4 中国汽车零部件行业销售收入走势

Fig.2-4 Sales revenue trend of auto parts industry in China

行业竞争上，虽仍以跨国汽车零部件供应商为主导，但随着本土企业自主研发及核心领域技术突破，国内零部件厂商已经具备商用车和乘用车零部件系统的产业化能力，市场地位不断提升。

发展趋势上，由于整车厂为了有效降低生产成本、缩短开发周期、提高产品竞争力，目前普遍采取系统化开发、模块化制造、集成化供货的模式，促使配套零部件供应商的生产模式也逐步向系统化、模块化方向转变。此外，随着国内汽车行业竞争日趋激烈，消费者对汽车价格的敏感度提升，从而对汽车零部件企业成本控制水平提出新要求。由于汽车零部件产品生产具有较强规模和品牌效应，因此，整合优化企业内外部资源，提升生产、运输能力并降低生产成本是众多汽车零部件企业未来着力提升的核心竞争力之一。

综上所述，当前 B 厂面临的市场环境情况是：1、行业整体趋势向好，政府照顾政策；2、本土零部件企业技术不断突破，市场竞争力不断提升，对外资企业市场地位产生冲击；3、零部件市场竞争日益激烈，降低成本和提高生产力势在必行。

### 2.1.2.2 B 厂面临的挑战

B 厂的技术水平始终领先于行业其他企业，加上以往良好的经营业绩，部分 B 厂管理人员从观念上并不重视对生产过程的优化和改善。此外，虽然 B 厂作为母公司生产基地性质的分公司，生产流程和工艺流程都是母公司几十年生产运营经验基础上设计、规划的，因此要对生产流程和工艺流程进行合理性分析、优化，是对以前生产经验权威的挑战。但通过初步分析，B 厂生产线采用传统的推动式生产，使用 SAP 系统（Systems Applications And Products In Data Processin，企业管理软件，ERP 软件中的一种）管理物料和生产计划，产品生产制造过程存在一定程度的各式浪费。

## 2.2 基于价值流程图的 B 零部件厂冲压生产流程分析

### 2.2.1 选定研究对象

B 厂的主营业务是运用冲压工艺为汽车生产如驱动桥、车身结构件、底盘件等关键零部件。自投产以来，冲压产品销售都保持了良好势头，从 2018 年的销售数据来看，冲压产品的销售额占公司销售额 63%，并且销售占比如下图 2-5 所示。

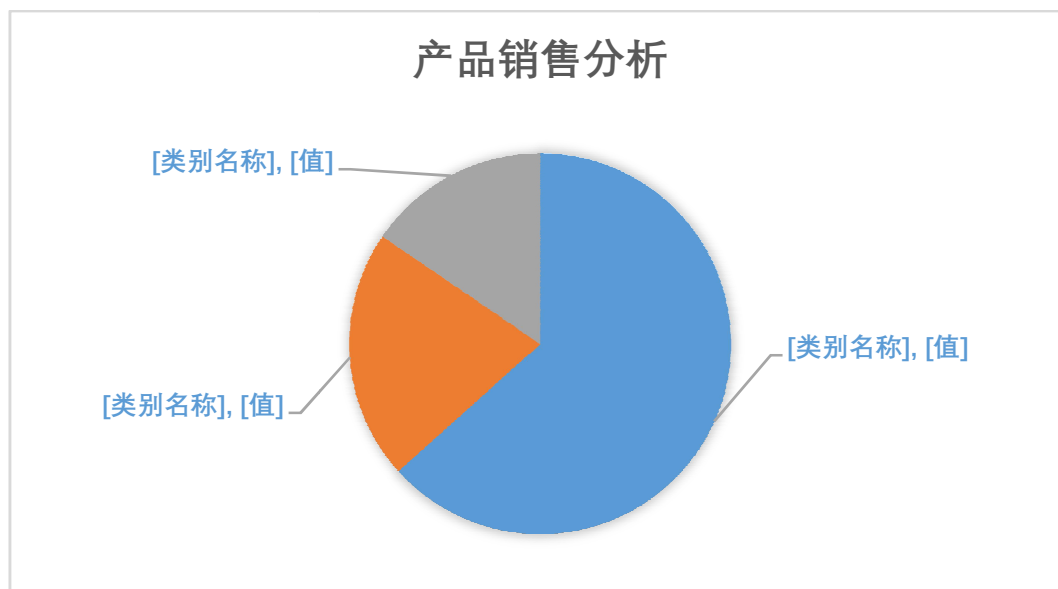


图 2-5 2018 年 B 厂销售产品类型占比

Fig.2-5 Proportion of products sold by factory B in 2018

另外，冲压生产线相对焊接生产线，其产品种类较多，人力耗用和人力参

与生产环节较多，所以预期的改善空间较大。因此，本文选择冲压生产线作为 B 厂精益改善的研究对象，以价值流分析为主要研究工具来发现问题，并运用不同改善手法进行实际操作，达到提高生产效率，降低成本的目的。

### 2.2.2 B 厂冲压产品 PQ 分析

精益生产价值流分析中，选定产品系列的工具一般分为 PQ 分析法和 PR 分析法。PR 分析法主要按照产品工艺差别，把工艺相同的产品聚集在一起开展研究。PQ 分析法则按照各个产品数量的分布情况，把“核心的少数”和“其次的多数”分隔开，根据分类结果，将数量较多的产品作为研究对象。由于 B 厂产品生产工艺基本相同，故本次研究仅选取 PQ 分析法进行价值流分析。PQ 分析法将客户对成品的需求划分为 3 大类：

**A 类产品：** 这些产品为数不多，但其需求量非常大，需要特地建立专门的生产线。这类产品一般占据 70% 的市场需求。

**B 类产品：** 这些产品通常是一个产品的系列，需要有相应的生产线。其中产品系列按工艺相似性来划分，约占市场需求的 25%。

**C 类产品：** 在一个工厂很少生产的产品。对于这些产品，不需要保留在制品。通常只占市场总需求量的 5%。

运用 PQ 分析法，按以下 3 个步骤进行：

- (1) 收集 B 厂冲压产品客户年需求量的可靠数据；
- (2) 将产品按照年需求量由大到小的顺序登记在 PQ 分析表上；
- (3) 根据 PQ 分析表上的数据绘制帕累托图。

表 2-1 B 厂冲压销售产品需求占比及排名

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
1	CMA AWD-后桥侧臂	134.73	26.21	26.21
2	HonXX FXX 侧臂 (左)	54.81	10.66	36.87
3	HonXX FXX 侧臂 (右)	54.81	10.66	47.53
4	CMA FWD-前横梁	25.91	5.04	52.57
5	CMA FWD-后横梁	25.91	5.04	57.61
6	MX/MX 侧臂上片	19.17	3.73	61.34
7	MX/MX 侧臂下片	19.17	3.73	65.07
8	C3XX 转向节臂 (左)	18.04	3.51	68.58

9	C3XX 转向节臂 (右)	18.04	3.51	72.09
---	------------------	-------	------	-------

表 2-1 (续)

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
10	CMA RLA-后横梁	15.27	2.97	75.06
11	CMA AWD-后横梁	14.08	2.74	77.8
12	C3XX/C5XX 横梁 上片	12.95	2.52	80.32
13	C3XX/C5XX 横梁 下片	12.95	2.52	82.84
14	W2XX 前横梁	11.31	2.2	85.04
15	W2XX 后横梁	11.31	2.2	87.24
16	C3XX 节气门 (左)	11.11	2.16	89.4
17	C3XX 节气门 (右)	11.11	2.16	91.56
18	C4XX 悬架控制臂 (左)	10.38	2.02	93.58
19	C4XX 悬架控制臂 (右)	10.38	2.02	95.6
20	NXX 悬架控制臂 (左)	5.76	1.12	96.72
21	NXX 悬架控制臂 (右)	5.76	1.12	97.84
22	NXX 横梁上片	5.55	1.08	98.92
23	NXX 横梁下片	5.55	1.08	100

从表 2-1 看出, 按照客户年需求量大小排序, 前五的分别是 CMA AWD-后桥侧臂、HonXX FXX 侧臂 (左)、HonXX FXX 侧臂 (右)、CMA FWD-前横梁和 CMA FWD-后横梁。

将每个产品的需求比例按降序排列绘制帕累托图 2-6, 累积比例在 70%-75% 的为 A 类产品, 累积需求比例在 75%-95% 之间的为 B 类产品, 累积需求比例在 95%-100% 之间的为 C 类产品。

一般优先选择需求量最大的 A 类产品进行价值流图析, 其次是 B 类产品, C 类产品需求量比重较小, 一般不予以考虑。从图 2-6 可以看出, A 类产品为: CMA AWD-后桥侧臂、HonXX FXX 侧臂 (左)、HonXX FXX 侧臂 (右)、CMA FWD-前横梁、CMA FWD-后横梁、MX/MX 侧臂上片、MX/MX 侧臂下片、C3XX 转向节臂 (左)、C3XX 转向节臂 (右) 和 CMA RLA-后横梁。在 A 类产品中, 以 CMA AWD-后桥侧臂需求量最大。HonXX FXX 侧臂 (左)、HonXX FXX 侧臂 (右) 需求量其次。由于这

需求量排名前三的产品结构类似，冲压工艺相同，属于同一系列产品，因此选择需求量最大的CMA AWD-后桥侧臂作为典型研究对象进行价值流分析。

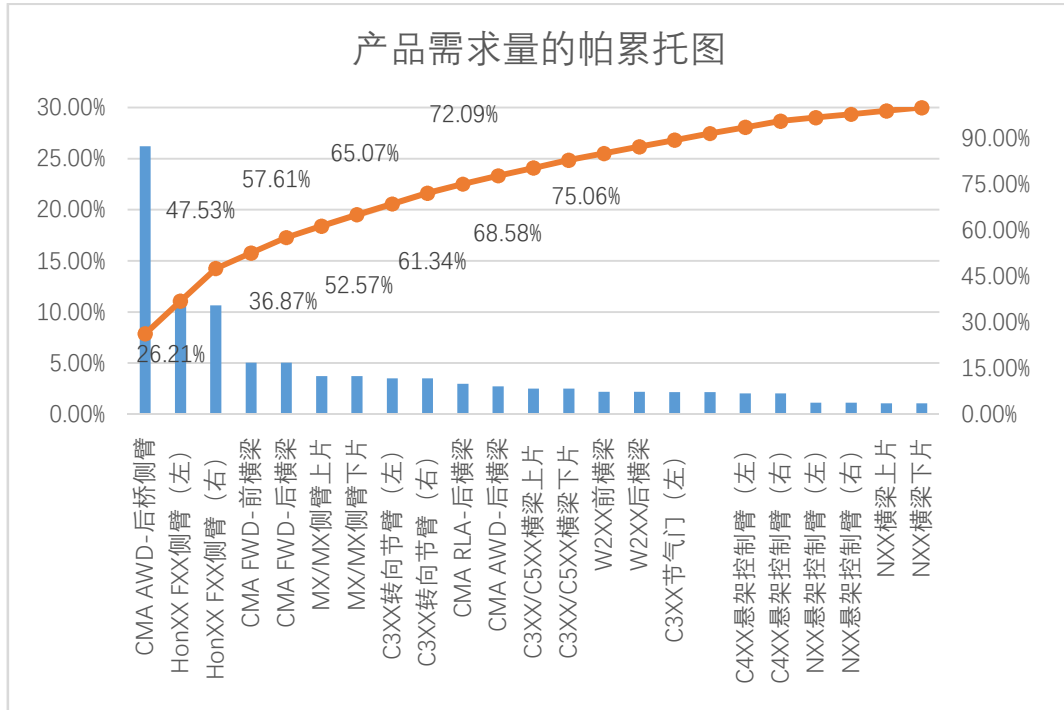


图2-6 产品需求帕累托图  
Fig.2-6 Pareto chart of product demand

### 2.2.3 精益小组成立

为了有组织地针对冲压线生产流程进行改进，B零部件厂决定成立冲压生产流程改进项目小组。由于需要对整体生产流程相应环节熟悉，同时需要知晓质量及工艺标准，所以由现场工程师（本文作者）牵头，担任本次生产流程改进小组的项目经理，小组主要人员部门及职责如下表2-2所示。

表2-2 生产改善项目小组成员情况

姓名	岗位	部门	职责
徐XX	现场工程师	生产部	作为项目经理，对整个改善项目负责，协调小组成员工作
肖XX	生产运营经理	生产部	负责生产数据统计分析及问题分析
鲍XX	质量经理	质量部	负责产品生产过程中品质问题分析
金X	设备主管	生产部	负责产品生产过程中设备故障问题分析
唐X	物流经理	物流部	负责产品计划生产问题分析
王XX	采购经理	采购部	负责产品原料备件采购问题分析
李X	冲压操作工	生产部	按小组要求从生产一线收集数据

项目小组根据工作分工，同时制定了此次流程改善项目的计划表，详见下表2-3:

表2-3 项目活动计划表

序号	改善项目		实施进度															负责人		
			2018年										2019年							
	步骤	具体工作内容	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5			
1	项目选择	确定生产改善对象	→																徐XX	
2	小组组建	小组成立、职责分工	→																徐XX	
3	价值流分析及浪费识别	生产线价值流分析(VSM)			→														徐XX、肖XX、鲍XX、唐X、王XX	
		浪费识别				→														
	确定目标	通过讨论，确定项目目标					→												全员	
	问题分析	针对浪费分析其存在的原因							→										全员	
	制定改善方案	针对存在的浪费，拟定对策								→									全员	
	实施改善	逐一实施对策										→						全员		
	效果评估	对改善后改善后效果进行评估																→		徐xx
	持续化改善	生产标准建立，持续改善																→		全员

项目总结	总结运作中的优点与不足																				徐xx
------	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----

项目改善小组所有人员划归B厂厂长领导并尝试推行精益生产方式。由于B零部件厂人员流动性较大，生产一线文化水平相对较低，生产管理一般还是参照管理人员的经验习惯，而精益生产与传统生产方式存在较多不同，因此改变旧有习惯，大部分员工存在抵触和不适应的情况。基于上述情况，项目小组在推行精益生产方式的过程中在推行例如5S、价值流图析、快速换模等技术时，也组织了相关精益生产理论的宣讲。

#### 2.2.4 客户需求分析

根据精益的思想，生产改良的关键是要从顾客角度出发来明确产品价值，否则即使做出了改善，也无法达到客户实际需求<sup>[29]</sup>。

分析客户需求的方法主要是两种：销售预测和需求预测。销售预测是指销售负责人参考客户预约情况、内部信息、市场动态及行业动态等信息对公司不同产品的未来销售情况进行预测。由于受销售负责人主观看法和掌握市场信息的全面度、准确性影响，销售预测准确度不会太高。需求预测一般指，对以往销售业绩数据进行统计处理，并基于此对未来销售量进行预测。统计处理的方法处理的方法包括移动平均法等各种计算方法，但无论采用何种统计处理方法，都不能保证预测与实际结果完成一致。因此要设想影响需求预测的可能因素，另外，还需探讨弥补需求预测与实际需求之间的差距库存或者缩短采购前置周期从而缩短预测周期等。

B厂目前采取的是需求预测法，因此选取2018年全年每月吉利CMA AWD-后桥侧臂实际生产销售数据作为此次价值流图分析的依据，具体参见表2-4：

表 2-4 2018 年吉利 CMA AWD-后桥侧臂每月订单总数

2018 年	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	全年总计 (PCS)	每月平均 (PCS)
订单数量 (PCS)	55272	73182	93396	118132	139028	178521		
2018 年	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1351996	112666
订单数量 (PCS)	142612	174000	183382	56635	43927	93909		

根据全年的销售数据，可以计算出平均每月出货量为112666件，每日平均需求量

是5180件，并在此基础上，得出Takt Time(节拍时间):

$$\text{Takt Time} = \text{每月可用生产时间} \div \text{每月客户需求} \quad (2-1)$$

B厂双休日正常休息，每月平均工作日21.75天,每天2班生产，每班12小时，每班包括0.5小时吃饭和休息时间；

$$\begin{aligned} \text{每月平均可用生产时间} &= (21.75 \text{天} \times 22 \text{小时}) \times 3600 \text{秒} \\ &= 478.5 \times 3600 \\ &= 1722600 \text{秒} \end{aligned}$$

$$\text{Takt Time} = 1722600 \div 112666 = 15.29 \text{秒/件}$$

$$\text{每班目标产量} = \frac{1351996}{12 \times 21.75 \times 2} = 2590 \text{件}$$

根据以上计算可知，生产一件CMA AWD-后桥侧臂，客户要求达到的节拍时间为15.29秒，如果低于此节拍时间，那么就完成不了客户要求的交付数量2590件/班。

### 2.2.5 工位关键数据收集

为了了解 CMA AWD-后桥侧臂的生产现状，需要对该产品的各个工序所用时间、人数、设备有效加工时间比例（即设备完全用于加工生产的时间占总投入工时的比例）进行现场调查和数据收集。作者统计了 2018 年整年 1 月至 12 月间 2500T 压机生产 CMA AWD-后桥侧臂时的相关生产信息，汇总后如下表 2-5 所示。

表 2-5 CMA AWD-后桥侧臂生产工序

CMA AWD-后桥侧臂生产工序					
序号	工序内容	工序时间	人员配置	每日班次	每班实际小时数
1	冲压成型	11s	2	2	11.5
2	成品修边	12s	1		
3	检验外观	12s	1		
4	包装	40s	1		
5	半成品入库	20min	1	/	/
6	焊接拼缝	150s	1	2	11.5
7	降温检查	25s	1		
8	包装	10s	1		
9	成品入库	40min	1	/	/
设备综合利用率					

年份	设备	平均时间开动率	平均性能开动率	平均合格品率	设备综合效率
2018	2500T	81.31%	71.89%	98.63%	57.65%
全年	焊接线	94.37%	91.75%	99.97%	86.55%

CMA AWD-后桥侧臂在冲压完成后，会由一名操作工进行修边，修边完成后，立即交由另一名操作工检查产品外观及有无漏冲孔等情况，在检查完毕后，放入木箱，约 40 分钟后，待产品装满木箱，由一名操作工进行包装封箱，并运送至成品仓库外，与仓库管理员核对入库数量后放入仓库。

### 2.2.6 物流相关数据收集

一般，与价值流图分析相关的物流包括企业与客户间的物流、企业与供应商间的物流以及企业内部的物流。

企业客户间物流。如前文所提及，B 厂 CMA AWD-后桥侧臂产品都发往吉利杭州工厂，B 厂没有属于自己的物流公司，加之路途较近，一般由物流计划组织，选用第三方物流公司以陆路运输的方式进行产品运输，单次单向车程为 2 小时。物流公司采取的为木箱运输，每个木箱可以放置 80 个产品，物流公司货车可以装 35 箱，每车最多 2800 个。每天运输一次。

企业与供应商间物流。为了缩短物流提前期的考虑，B 零部件厂的大部分供应商都分布在公司附近的长三角区域，所以供应商大多采取陆路运输的方式。一般 1 至 3 天内货物可到达。但 B 厂冲压线设备较多是直接从德国进口，设备配件及耗材也只能从国外进口，通常需要 1 至 3 个月的运输周期，这给 B 厂冲压线产品的正常生产以及准时交付带来很大不确定。B 厂平均每个星期向供应商订货一次，供应商的送货频率也平均每星期 1 次。

企业内部物流。收到供应商交付的物料后，公司物流部仓库管理员检查来料信息，包括数量明细、规格、外观等，并在检查完成后将来料明细和数量信息登记入 SAP 系统，之后放置在仓库内等待领用。整个过程一般在供应商送料当天完成。

### 2.2.7 信息流相关数据收集

信息流同样包括 3 个方面，分别是企业与客户之间、企业与供应商之间以及企业内部的信息流。传递订单信息

企业与客户的信息流。客户一般会给 B 厂提供 30 天/45 天/60 天滚动预测以及固定每周三给出下一星期的固定订单。亚太项目部接收到订单后，项目经理会与 B 厂负责生产计划部门初步确定生产日期，并将此日期与客户交流并确定最终交付日期。

产品生产完成后，项目经理与客户保持紧密联络，直至客户收到合格的货物。

企业与供应商的信息流。在收到客户订单后，生产计划将订单信息录入 SAP 系统，从而触发物料需求，采购计划接收物料需求信息，并在 SAP 系统内制作采购订单，并下发给相应供应商。一般，采购计划在周五依据原材料库存状况向供应商发出订单，确认在周末的送货数量。供应商交货周期与供给客户的交货周期大致相同，一星期固定订单以及 1 个月至 2 个月的预测订单量，以便供应商有充足的时间备料。

企业内部的信息流主要包括物料准备、生产计划下达及出货安排。在接收到项目部订单后，物流计划根据零件物料配置清单、物料库存数量、在途订单状况填写采购需求单。采购需求单上列有具体料号、数量和交期，采购工程师根据采购需求单上的数据在 SAP 系统中编制采购单，采购单打印出来后需要采购经理、物流经理、项目经理、厂长分别签字后才可以发给供应商，如果有 1 人外出，或开会，采购订单就放在要签字人员的桌上，一般整个流程至多需要 2 天。在物料到位后，生产计划根据客户订单需求，向生产单位传递清晰的生产需求信息如物料名称、规格、数量、型号、批次等。生产部门员工根据生产需求信息向仓库管理员领料生产。产品生产完成后，物流部安排相应出货计划。针对 CMA AWD-后桥侧臂产品，生产计划主要就生产材料来料检验、出货环节等下达生产计划。

### 2.3 绘制价值流程图

根据上述所给信息，改善小组绘制了吉利后桥侧臂当前价值流程图，如下图 2-7 所示。

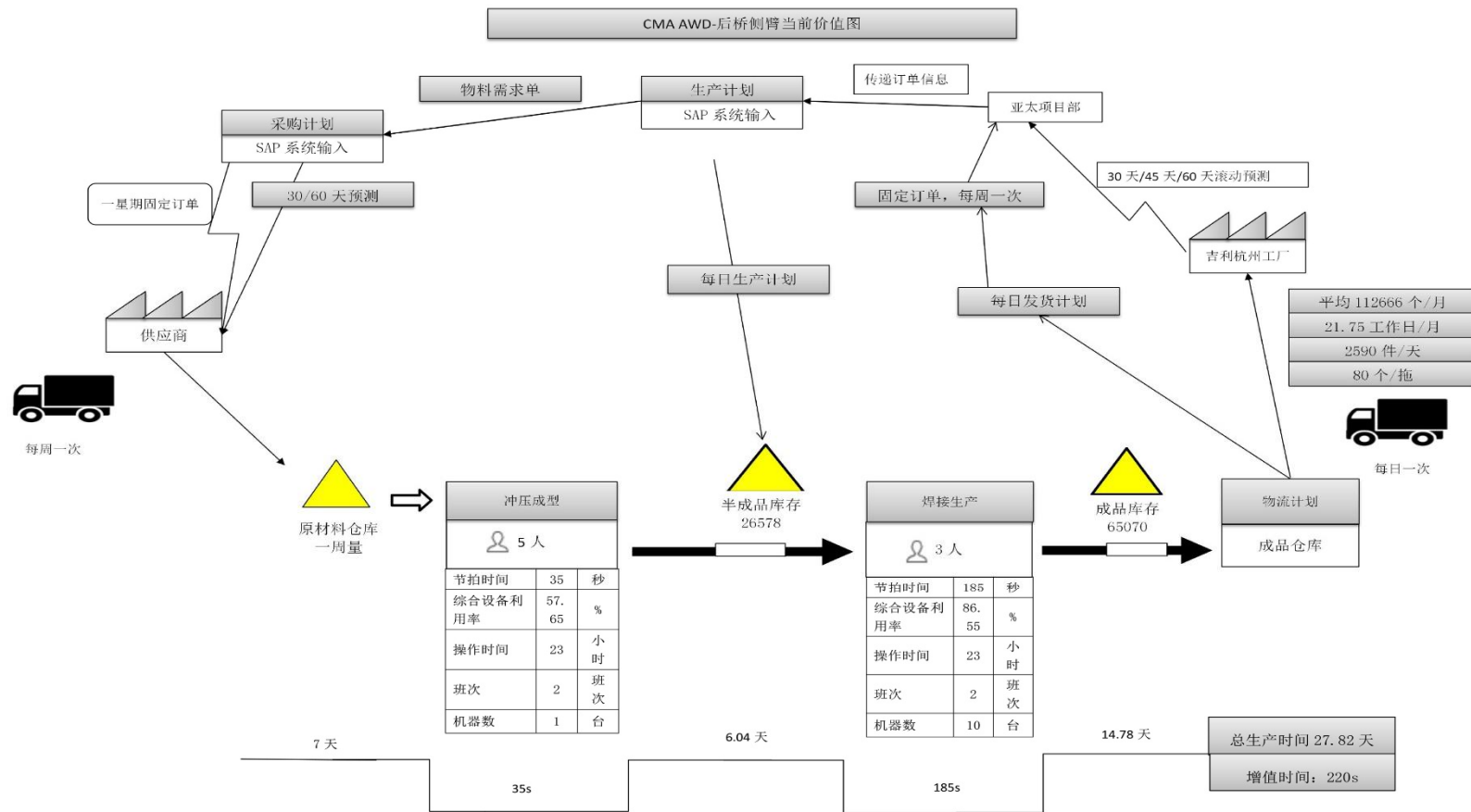


图 2-7 CMA AWD 后桥侧臂现状价值流程图

Fig.2-7 CMA AWD current value flow chart of rear axle side

## 2.4 B 零部件厂生产管理问题总结分析

通过观察和分析 CMA AWD-后桥侧臂现状价值流程图，总结出当前生产方式下主要有以下问题：

### (1) 设备综合效率 OEE 低

从价值流图看，冲压生产的设备综合利用率只有 57.65%，而造成设备利用率低的主要可能原因是停机维修时间长，换模时间长等。改善小组决定分别从影响设备综合利用率的三个因素进行讨论分析。

### (2) 设备时间开动率

影响设备时间开动率的主要是设备故障停机时间和设备维护停机时间。项目经理（本文作者）以生产淡季 2 月与生产旺季 6 月为典型，统计了设备故障停机时间和设备计划维护停机时间如下表 2-6 所示。

表 2-6 设备故障停机时间和设备维护停机时间比例

设备	月份	理论设备利用时间 (单位: h)	设备故障停机时间 (单位: h)	设备维护停机时间 (单位: h)
2500T	2 月	480h	52.17h	31.98h
	6 月	480h	68.69h	42.10h
	2 月	所占理论设备利用时间 的比例	10.87%	6.66%
	6 月		14.31%	8.77%

从上表2-6可以看出，2500T压机故障停机时间和维护停机时间较长，在生产淡季与生产旺季实际所用时间分别占理论设备可利用时间的17%和23%，占用了可生产时间，造成停机等待。且在生产旺季与淡季之间，设备时间开动率之间存在一定差异，淡季的设备时间开动率高于生产旺季。这是由于B厂在生产过程中，由于临近或处于夏日，且正逢生产旺季，设备长时间运转导致生产现场环境温度较高，设备容易因工况温度过高而导致设备零件失效造成停机。

### (3) 设备性能开动率

影响设备性能开动率的主要是生产换线准备和设备待料准备。项目经理（本文作者）统计了生产淡季 2 月与生产旺季 6 月的生产准备损失和设备待料损失时间如下表 2-7 所示。

表 2-7 生产准备损失和设备待料损失比例

设备	月份	设备实际生产时间 (单位: h)	换线时间 (单位: h)	生产待料时间 (单 位: h)
2500T	2月	351.2h	31.65h	12.28h
	6月	349.7h	32.21h	13.18h
	2月	所占实际生产时间的比 例	9.01%	3.76%
	6月		9.21%	3.77%

从上表 2-7 可以看出, 2500T 压机生产换线及待料时间较长, 生产淡季与旺季实际所用时间分别占理论设备可利用时间的 12% 和 13%, 这意味着压机每 100 个小时, 2500T 压机就有约 12 和 13 小时没有产出, 造成产能浪费。此外, 生产淡季因客户订单需要生产的产品数量及种类较少, 因此生产换模次数相对较少。

#### (4) 产品合格品率

项目小组讨论后认为, 影响设备合格品率的因素主要是产品质量缺陷。B 零部件厂的产品合格品率接近 99%, 基本符合行业标准, 暂时不作为此次优化重点改进的地方。

因此, 上述主要影响设备综合效率的因素是设备故障停机、设备维护停机以及产品换线准备。运用 5W1H 分析方法如下表 2-8 进行根本原因分析。

表 2-8 影响设备综合利用率的根本原因分析

#### (1) 设备故障停机

序号	问题	回答
1	为什么设备故障停机时间长?	因为故障维修耗时较多。
2	为什么故障维修耗时较多?	因为技术员检查处理耗时较长。
3	为什么技术员检查处理耗时较长?	因为技术员维修熟练度不够, 边摸索边维修。
4	为什么技术员维修熟练度不够?	因为以往故障解决后, 没有对故障进行全组经验分享, 平日里的维修技巧培训也几乎没有。

#### (2) 设备维护停机

序号	问题	回答
1	为什么设备维护停机时间长?	因为压机需要每周进行一次停机维护, 一次维护的时间大概需要 4-8 小时。
2	为什么维护时间需要 4-8 小时?	因为无周期性预防检查维修, 因此在维保时, 需要对产线压机的润滑系统、液压系统、冷却系统以及常用替换件进行全部更换。

## (3) 产品换线准备

序号	问题	回答
1	为什么产品换线准备时间长？	因为大部分装卸环节需要在压机暂停时进行，且一般为单人模修工操作。
2	为什么大部分模具拆卸环节需要在停机下进行？是否有更好的替代方法？为什么一般换模只有单人操作？	因为以往换模无标准化作业指导，模修工凭借经验和以往习惯进行操作，且一般换模只配置了一套工具。

经过 5W1H 的详细分析，造成目前设备综合效率较低的原因主要由：

## (1) 设备技术员熟练度不够

生产设备都依靠现场技术员进行操作，对于交付期限严格的生产企业，设备故障维修、设备维护保养都挤占了原本的生产时间，而无法短时间完成维保工作将进一步减少每天固定生产时间，降低生产效率。据现场设备经理反馈，B 厂设备技术员大多只会基础的机械或电气维修，而 B 厂设备故障经常非单一因素引起，需要设备技术员掌握较全面地电气和机械知识。而目前相应的培训和经验分享文件尚未有效组织和编写，导致设备技术员只能凭借经验和依赖工程师进行共同处理，花费较多维修时间，造成故障停机等待。

而维护保养方面，由于没有周期性的预防检查，因此每次保养时间较长。

## (2) 产品换线准备时间较长

产品换线准备是前一批产品生产完毕后，更换下一批产品期间必要的过程。但，较长的换线准备无疑会缩短生产时间。

项目改善小组对后桥侧臂的换模过程进行了现场观察，并统计了现有换模的环节和时间，得到从停机开始算起，换模时间长达 138.5 分钟。如下表 2-9 所示。

表 2-9 CMA Side Tube 换模时间表（优化前）

编号	作业内容	时间 (分)	编号	作业内容	时间 (分)
	接到换模指令后领取模具	20	S13	检查模具安装情况、清理模具表面	5
S1	关机	0.5	S14	安装位置传感器、空气管路接头等模具辅助配件	5
S2	上下模具卡紧器松开、滑块至上始点、废料滑道收起	10	S15	上下模具卡紧器卡死、废料滑道打开	6
S3	模修工领取拆卸工具、更换用配件	20	S16	设置模具参数	3

表 2-9 (续)

编号	作业内容	时间 (分)	编号	作业内容	时间 (分)
S4	拆卸位置传感器、空 气管路接头等模具 辅助配件	5	S17	全工序参数 确认	2
S5	清洁模具	5	S18	空载试运行	15
S6	开行车	3	S19	首件生产并 检验	28
S7	安装吊环	15	合计: 138.5(分钟)		
S8	系吊带				
S9	吊下模具				
S10	吊模具上工作台	16			
S11	装定位圈				
S12	固定模具				

观察现场,发现如下问题增加了换模时间:

1) 现有流程除了领取模具是外补作业,其他都是内部作业,也就是从停机后开始,都是串行工作,现场换模多凭经验,无规范换模作业指导书。

2) 现场换模工人虽然配置了双人,但只配有一套换模工具,造成实际只有一人在操作,另一人闲置的现象。

3) 参数设定不规范,没有按模具类型事先设置参数程序,存在凭经验记忆设置参数现象。

4) 首件生产检验流程时间长,主要由于等待检验时间过程,首件生产完成后需要送至质量部待质量工程师校检。

综上所述,设备人员操作熟练度不够及换模时间较长是主要影响设备综合利用效率 OEE 的因素,是改善活动中主要的优化对象。

### (3) 增值率低

增值率是指所有工序的加工时间之和(即增值时间之和)与总时间(增值时间与非增值时间之和)的比值。由价值流程现状图可知:

$$\text{增值时间}=35+185=220\text{s}$$

$$\text{非增值时间}=604800+521856+1276992=2403648\text{s}$$

$$\text{增值时间比率}=220/(220+2403648)*100\%=0.009\%$$

增值时间比率仅仅为 0.009%,意味着 B 厂生产管理中存在着浪费。依据精益生产的七大浪费, B 厂存在着以下浪费:

#### (1) 库存浪费

据价值流现状图现状可知,所有工序库存之和=26578+65070=91648 件。由于 B

厂后桥侧臂产品价值较高（近 400 元/件），上万件库存的在制品及成品占用了公司的资金资源，加上其短时间内无法被消化和变现，而客户不会为库存买单，所以库存成本居高不下，造成库存浪费。

### （2）搬运浪费

对物料的任何移动都视为搬运。由价值流现状图可知，B 厂的搬运浪费主要体现在重复入库的搬运浪费及工序与工序之间的在制品搬运浪费。

下图 2-8 是 B 厂的车间布局图：

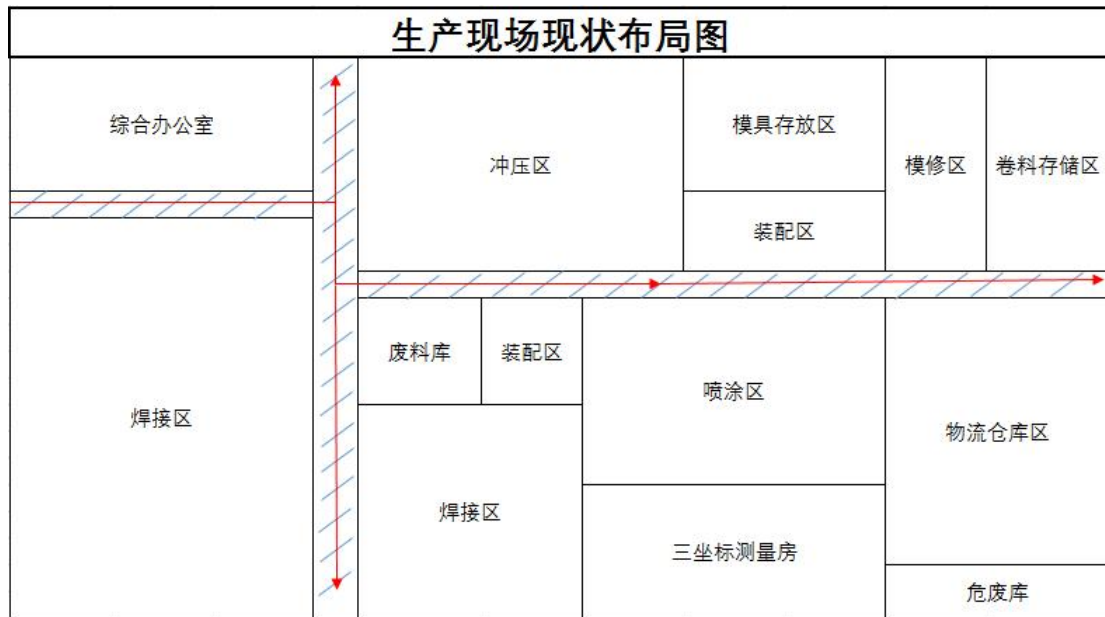


图 2-8 生产现场布局图

Fig.2-8 Layout of production site

在冲压生产完成后，在制品会从冲压装配区运送到物流仓库区，整个入库过程需要 40 分钟，然后焊接生产人员会从物流仓库区领取在制品，搬运至焊接区进行生产。生产完成后再运送到物流仓库区入库。经实地测取数据，得到表 2-10 所列物料搬运距离统计数据。

表 2-10 物料搬运距离统计

序号	功能间名称		距离
1	冲压生产区	物流仓库区	80 米
2	物流仓库区	焊接生产区	85 米
3	焊接装配区	物流仓库区	80 米
搬运距离合计			245 米
人工行走距离合计			490 米

由于搬运时间属于非增值时间，多次往返搬运（步行接近 500 米的距离）和入库都消耗了原本用于生产的增值时间，造成搬运浪费。

### （3）动作浪费

B 零部件厂目前冲压生产过程中，存在着影响冲压工艺生产的 3 个因素：

1) 滑块；2) 机械手；3) 坯料。在实际生产中，滑块起导向作用，辅助压机进入正确位置，因为每个工位放置的料片角度不同，由机械手负责抓料放料。其相对位置如下图 2-9 所示。

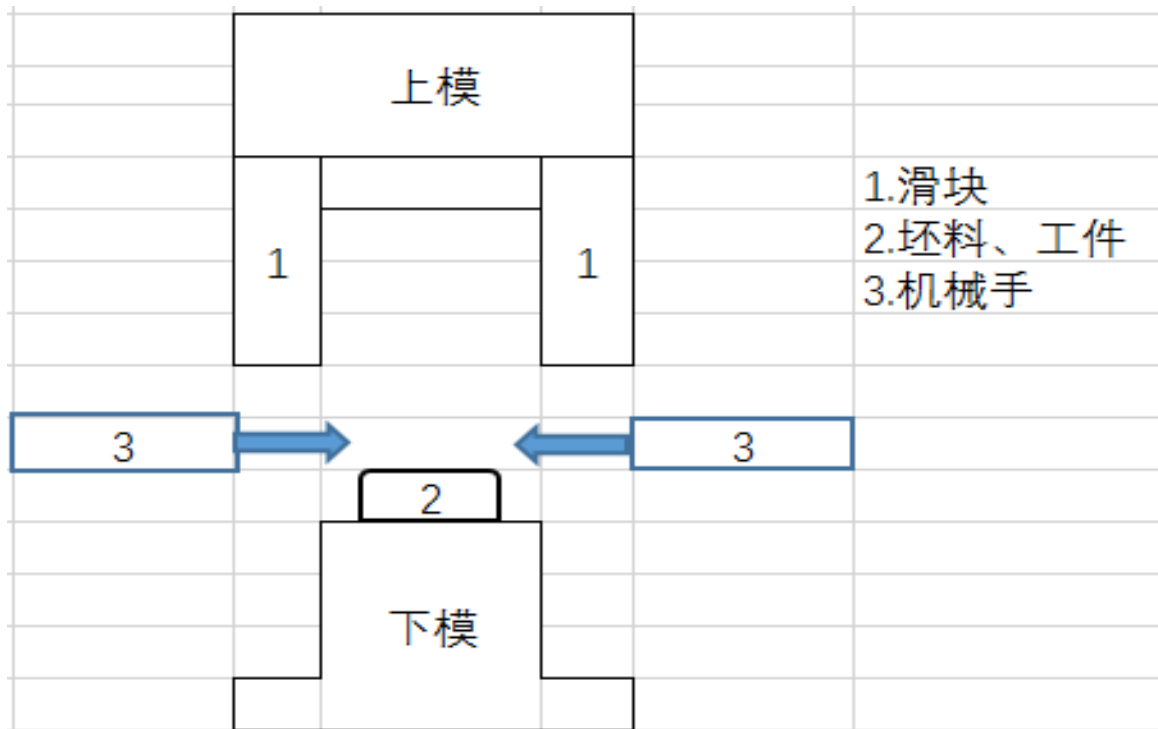


图 2-9 滑块、机械手、工件相对位置

Fig.2-9 Relative position of slider, manipulator and workpiece

精益改善小组根据现场观察，收集了冲压生产中，滑块与机械手的行程及速度信息如下表 2-11 所示。

表 2-11 滑块与机械手生产中运动轨迹

步序	步序内容	位置	行程	速度	耗时
1	滑块从上止点移动至下模上台面并触发位置传感器	(0mm,0mm,700mm) =》 (0mm,0mm,220mm)	480mm	375mm/s	1.28s

表 2-11 (续)

步序	步序内容	位置	行程	速度	耗时
2	压机静止待命	(0mm,0mm,220mm)	0mm	0mm/s	4s
3	机械手从起始点移动至坯料上方	(0mm,400mm,0mm) =》 (0mm,0mm,0mm)	400mm	500mm/s	0.8s
4	机械手抓料并放置在下一工位	(0mm,0mm,0mm) =》 (600mm,0mm,0mm)	600mm	500mm/s	1.2s
5	机械手退回起始点	(600mm,0mm,0mm) =》 (0mm,400mm,0mm)	1000mm	500mm/s	2s
6	压机滑块下降至合模点	(0mm,0mm,220mm) =》 (0mm,0mm,0mm)	220mm	175mm/s	1.26s
7	压机保压	(0mm,0mm,0mm)	0mm	0mm	2s
8	压机滑块抬升至下模上台面	(0mm,0mm,0mm) =》 (0mm,0mm,220mm)	220mm	175mm/s	1.26s
9	压机继续抬升回上止点	(0mm,0mm,220mm) =》 (0mm,0mm,700mm)	480mm	375mm/s	1.28s
合计					11.08s

改善项目小组通过头脑风暴，总结认为当前生产工艺存在以下问题：

#### 1) 压机滑块初始位置过高

目前冲压生产中，滑块初始位置距离坯料的相对位置有 700mm，在滑块移动过程中，存在一定距离的“空跑”行程，即压机滑块停留的上止点位置应尽可能贴近机械手上平面，只需保证机械手能离开模具范围即可。其余滑块所跑的行程都为多余行程，示意图如下图 2-10 所示。

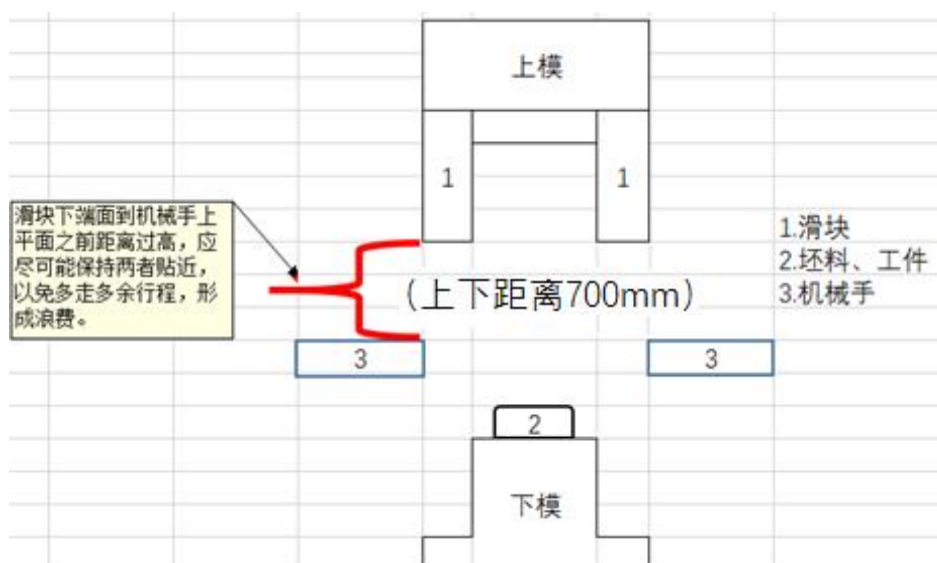


图 2-10 滑块初始点位置示意图 (改善前)

Fig.2-10 Position diagram of slider and manipulator (before improvement)

## 2) 机械手初始位置过远

机械手 Y 方向的待命位置情况与滑块上止点位置情况类似, 同样存在不合理之处。对于机械手而言, Y 方向的跑动距离应满足离开压机合模范围的同时, 尽可能贴近模具。目前 Y 方向停止点 (0, 400mm, 0) 也存在一定量的“空跑距离”, 示意图如下图 2-11 所示。

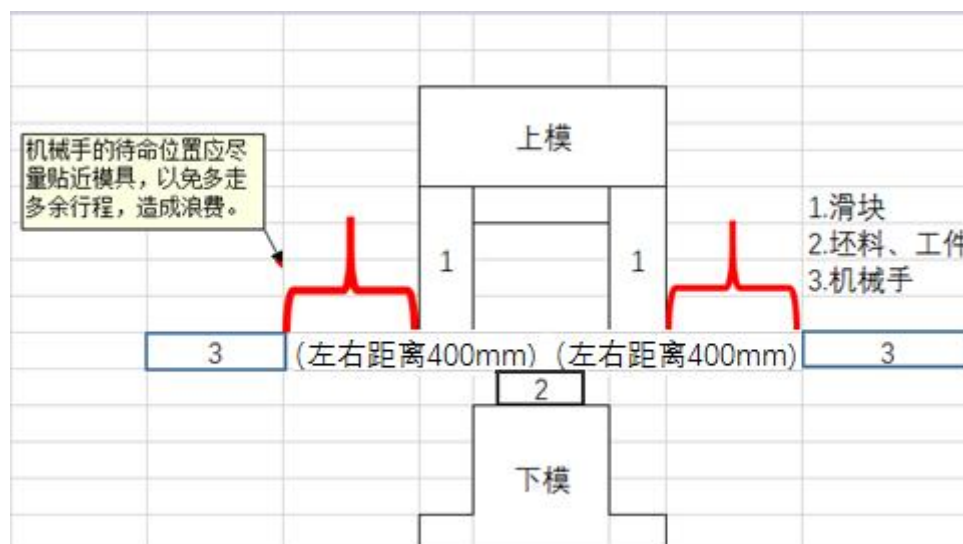


图 2-11 机械手初始位置示意图 (优化前)

Fig.2-11 Schematic diagram of initial position of manipulator (before optimization)

3) 参数设置不合理

根据现场观察，现有压机生产程序中，对于不同模具，滑块与机械手速度设置一致，无差别，造成所有模具的冲压节拍都处在同一个平均速度水平，可见，其中存在较大提升空间。

(4) 不恰当加工

流程程序分析是以产品和零件的制造全过程为研究对象，把加工工艺分为加工、检验、等待和储存等五种状态加以记录。并对这些数据分析其搬运距离、等待、储存等“隐藏成本”的浪费。

在流程程序分析中，一般用特殊符号表示加工、检验、搬运、等待和储存这五种状态，如下所示：

- 加工符号：φ
- 检验符号：Δ
- 搬运符号：→
- 等待符号：W，表示在生产现场的在制品滞留状态
- 储存符号：⊙，表示长期的过程。

改善小组对 CMA AWD-后桥侧臂产品现有生产流程按流程程序图进行研究绘制，得到如下表 2-12 所示。

表 2-12CMA AWD 后桥侧臂流程程序图（改善前）

现行方法												
	操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离 / 米	用时 / 分钟	取消	合并	重排	简化
1	φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.2				
2	φ	→	Δ	W	⊙	去倒刺，修边		0.1				
3	φ	→	Δ	W	⊙	产品检查		0.2				
4	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板，打包		5				
5	φ	→	Δ	W	⊙	过程巡检		5				
6	φ	→	Δ	W	⊙	每班完成后搬到待检区	20	20				
7	φ	→	Δ	W	⊙	半成品搬运至物流仓库区并检验	80	20				
8	φ	→	Δ	W	⊙	放置在仓库		5				
9	φ	→	Δ	W	⊙	半成品出库到焊接区	85	10				
10	φ	→	Δ	W	⊙	拆包		5				

表 2-12 (续)

11	φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		2.5				
12	φ	→	Δ	W	⊙	降温		0.17				
13	φ	→	Δ	W	⊙	产品检查		0.25				
14	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		5				
15	φ	→	Δ	W	⊙	过程巡检		5				
16	φ	→	Δ	W	⊙	每班完成后搬到待检区	20	20				
17	φ	→	Δ	W	⊙	成品入库检验	80	20				
18	φ	→	Δ	W	⊙	放置在仓库		5				

根据计算, 目前生产流程环节共需 128.42 分钟, 总移动距离达到 285 米。通过“5W1H”提问方法进行逐项分析, 发现存在如下问题:

1) 检验流程问题。产品在完成返修后, 需要进行一次检查后再打包装箱。在入库之前, 需要在待检区再完成检验后方可入库。检验手续复杂, 等待时间长, 浪费严重。

2) 频繁入库、出库。B 厂为了方便现场物料管理, 统一将原材料、半成品、成品存放于 MRO 库房中, 在生产完成一批次的产品后, 先入库并统计数量信息。待到下一次生产, 再从 MRO 库房领取半成品, 重复出入库造成生产时间被浪费。

## 2.5 本章小结

本章通过比较, 首先确立此次精益生产改善活动以 B 厂冲压生产线为对象。运用 P/Q 分析法, 以吉利 CMA AWD 后桥侧臂冲压产品为此次研究典型, 并同时建立生产流程改善小组。通过收集该产品在生产中的信息流、物流流等生产过程信息, 绘制当前价值流程图。借助价值流图析法, 识别出 B 厂冲压生产存在着设备综合效率利用率低和生产增值率低的问题, 并进一步分析出 B 厂生产目前存在着生产换模时间较长、设备技术员技能熟练度不够、库存浪费、搬运浪费、动作浪费和不恰当加工浪费等问题。为下一章具体优化改善方案提供优化方向。

## 第三章改善方案的研究

通过对 B 厂冲压生产线的现状整体分析，本章将依据上章的价值流现状图梳理整体改进规划思路，重点讨论相应改善方案，并依据精益价值流准则开展未来价值流的设计和绘制未来价值流状态图，其后明确改进目标。

### 3.1 制定改善方案的总体思路

通过上节冲压生产的价值流程现状分析，冲压生产现存主要问题是：设备综合利用率低和生产环节存在较大浪费。结合 B 厂冲压生产线的生产实际，针对以上主要问题，计划从以下 2 个方面实施改善：

#### 1. 设备综合利用效率 OEE 提升

- 1) 应用快速换模技术，减少换模时间，提高实际生产可用时间；
- 2) 加强员工培训，优化故障解决流程，减少设备维保时间。

#### 2. 减少生产环节浪费

- 1) 生产流程通过取消、简化、合并、重排进行优化，减少生产环节时间；
- 2) 优化压机生产程序，通过优化压机与机械手的行程、初始位置和运行速度，提高冲压生产节拍；
- 3) 安全库存设置改善，减少在制品、成品仓储库存，降低库存成本。

### 3.2 规划改进目标

通过对 B 厂冲压线后桥侧臂产品的整体分析，结合企业对交付能力提高的期望值，改善团队认为后桥侧臂项目生产线具备很明显的改进余地。在结合上章节对后桥侧臂生产线现状价值流程图的分析后，改善团队将改进目标制定如下表 3-1。

表 3-1 B 厂生产线改进目标统计表

改善项目	在制品库存数量	成品库存数量	设备综合利用率 OEE	单位加工周期
改善前状态	26578 件	65070 件	57.65%	35 秒
改进目标	15947 件	39042 件	80%	20 秒

### 3.3 改进方案的整体设计

#### 3.3.1 库存改善设计

B 零部件厂使用的是传统的推动式生产方式，收到客户订单后组织生产再交货。生产计划将客户需求转化成生产指令，并确定生产完成时间。在推动式生产中，已发货信息同生产的信息之间没有联系。如果客户需求变动大，生产计划也随之频繁变动，容易造成半成品和产品库存多且波动大。精益生产中的拉动生产只生产客户需要的数量，先收到订单，然后用库存来及时交付，稍后生产相应的量来补充库存。只有仓库或超市内的库存被使用后，才会产生新的生产指令。拉动生产方式能改善库存多、生产周期长的问题。

后桥侧臂产品生产环节较少，只有冲压成型和焊接拼缝两个价值流过程框。虽然拉动生产方式有很多优点，但是项目改善团队考虑公司实际情况，基于公司刚开始推行改善，各项基础都比较薄弱，再加上人员流动大，即使强制推行拉动生产方式，在较长的一段时间内很可能也会发生众多问题，无法达到真正的减少浪费的目的，且旧生产观念很难短时间改变，大部分员工对新的生产方式比较抵触。公司领导对精益生产方式想尝试但也担心影响产品交付。因此，项目改善团队决定暂时不改变现有的推动生产方式。

虽然不建立超市拉动系统，但决定设定最高周转库存限制，吉利后桥侧臂全年平均每日的需求量是  $1351996/365=3704$  件，实际每天交付的产能是 5180 件，可以满足客户一般需求。但在旺季平均每日需求量是 7170 个，即使没有任何异常、任何停机的情况每天产能还是不能满足，所以必须准备一定的库存。实际生产中生产设备异常情况较多，换模时间也接近 2.5 小时，而对客户目标服务是 100%，所以生产改善小组设定成品周转库存目标：最多 7 天的量，也就是  $3704 \times 7=25928$  件；在制品库存设定按旺季平均每日需求量：7170 件，周转天数是  $7170 \div 3704=1.94$  天。

客户的需求变换难以预测，加上生产状况异常及产能限制，备有一定成品安全库存，可以用来满足客户需求。另外当客户需求增多时，安全库存可减少加塞插单、加班等增加风险、增加成本的行为。现根据安全库存的计算方法计算成品的安全库存。

$$\text{安全库存}=\text{补货周期} \times \text{安全系数} \times \text{需求不确定因素}^{[29]}$$

(3-1)

式中：

**补货周期:**补充一批物料所需要的时间总和,包括提前期、生产时间和补货频率,提前期可不考虑。吉利后桥侧臂的最快生产时间是1天,补货频率3天。

**安全系数:**对客户的目标服务水平,因为吉利是公司大客户,要求100%满足。

**需求的不确定因素:**需求的离散系数NSD,即需求的标准差/平均需求。依据表3-1,2018年吉利后桥侧臂每月订单需求,算出需求的标准差是:50598,每月平均需求是112666件,需求的离散系数 $NSD=50598\div112666=0.45$ 。

后桥侧臂安全库存 $=0.45\times100\%\times(1+3)=1.8$ 天

安全库存全年平均数量 $=1.8\times3704=6667$ 件

这里安全库存以天数来衡量,而不是具体的数量。这样设置的优点在于,当需求波动大时,特别是淡旺季明显的,安全库存的具体数量也会随着变化,减少多余库存出现的机率。安全库存不是一成不变的,要根据实际情况变化安全库存。

后桥侧臂成品库存的总数是周转库存加上安全库存为 $25928+6667=32595$ 件, $7+1.8=8.8$ 天的量。

除了优化安全库存设置外,由于客户为了响应市场需求,有时会选择临时加塞生产订单或变更交付时间,这会对生产流程的正常开展产生影响,除了会增加换模、停机时间外,也会影响在制品库存量的多少。因此,针对这个情况,从以下几点进行生产订单变更优化:

首先,就更新的订单进行订单评审,分析企业成本是否发生实质变化,其余相应部门做分析审核,然后重新签订意向订单。

其次,根据现有产品进行存货分析,并重新确认新的生产订单并设计相应生产物料BOM和生产工艺路线。

然后,根据生产对工艺的分析,物流对库存的分析,针对不同订单变更内容调整相应策略如下表3-2所示。

最后,根据新的生产订单进行生产、检测、入库、发货。

表 3-2 订单变更内容应对

订单内容变更类型	应对方法
订单产品数量增加	进行计划外采购,并且进行制造资源再分配
订单产品数量减少	检查库存,如果没有完成生产计划,则按新生产计划执行,如果产品已经入库,则进行损失统计,做下一次生产库存
订单产品类型变更	如果已经完成生产,则检查库存状态,要求索赔。如果生产一半,则对生产件要求做赔付,其余原料入库。如果尚未生产,则按修改后的生产计划生产
订单产品参数变更	修改成品计划

订单交货期提前	在提前期适当的情况下，加快生产速度，减少生产前的物料准备时间，如果提前期过长则需修改生产计划，提前生产或加班生产产品
订单交货期延后	修改生产计划，减少因提前生产而造成的库存费用

此外，备件物料计划和排产计划也都需要相应作出变更。

就备料计划而言，需要根据订单变更类型进行相应调整，主要的调整过程如下：

如果是订单产品数量增加，需要重新制定物料需求计划，并将新旧需求物料进行对比，以此为根据追加需要准备的备件数量。

如果是产品数量减少，需要根据产品数量减少的种类和数量确定需要处理的物料和数量，并进行损失统计。

如果是产品类型变更，则产品 BOM 也随之发生变更，将变更前后的 BOM 进行对比分析，根据新产品 BOM 核对所需在制品库存，并重新制定物料需求计划。

就排产计划而言，需要统计生产计划、BOM 信息、库存信息、采购信息之后才能一并进行相应调整。下图 3-1，图 3-2 为订单变更前提下的，改善后的生产物料准备流程和生产计划变更流程图。

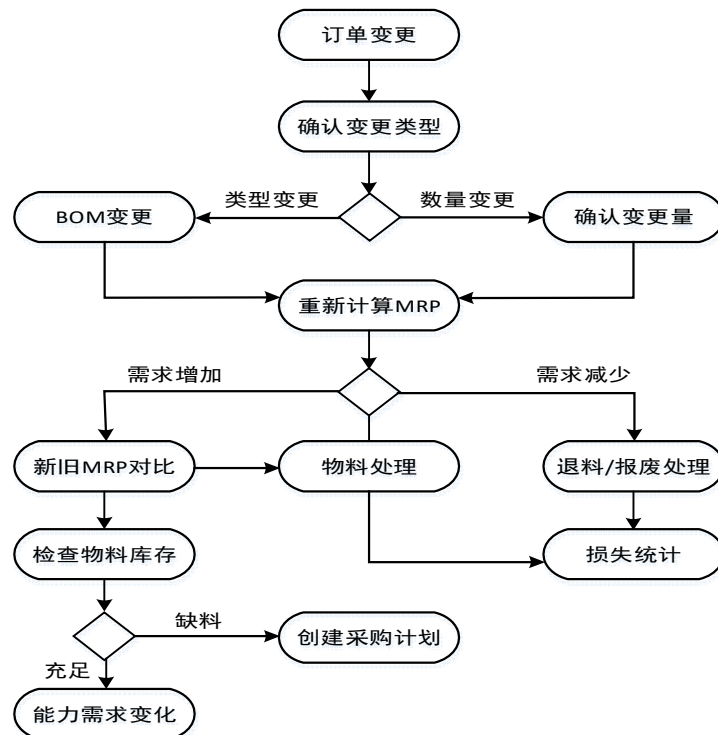


图 3-1 生产订单变更后，生产物料准备流程（优化后）

Fig.3-1 Production material preparation process after production order change (after optimization)

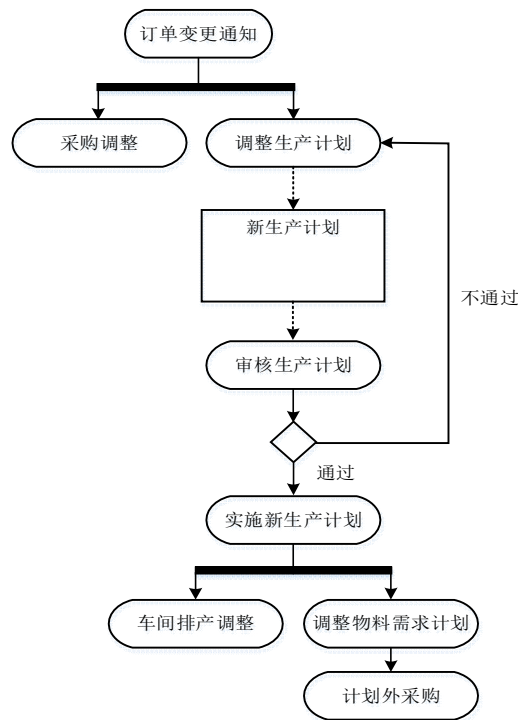


图 3-2 生产订单变更后，生产计划变更流程（优化后）

Fig.3-2 Production plan change process after production order change (after optimization)

### 3.3.2 生产流程改善设计

上节分析得出，吉利后桥侧臂产品现有生产流程中，主要有流程环节重复、检验手续复杂、频繁出入库等问题。基于上述问题，改造方案主要是通过检验流程简化和生产现场布局优化并根据 ECRS 原则进行，以减少流程环节，缩短浪费时间为目标，得出 CMA AWD 后桥侧臂的生产流程改善要点。

检验流程优化方案，需要在 2500T 压机旁边增加货架，当坯料冲压成型后，并准备冲压成型时，半成品登记数量信息并暂放于货架，等一定数量由生产人员取料放置在 2500T 压机待料处，确保现场不堆料，同时取消重复的检验入库步骤。因此，对原后桥侧臂生产流程做以下改进：

- 1) 取消第 3 步、第 5 步至第 8 步的产品检查、过程巡检、搬运至待检区、半成品入库检验和入库等 5 项程序。
- 2) 简化第 4 步，半成品经检验后，直接堆放于货架，并填写相关信息。
- 3) 合并第 9 步和第 10 步，由操作工登记领取半成品信息后，直接于货架取料，

并放置在压机待料区。

4) 取消第 13、第 15、第 16 步的产品检查、过程巡检和搬运至待检区等 3 个程序。

5) 合并第 14 步放置木托板、第 17 步入库检验和第 18 步放置在仓库。冲压成型完成后，由质检人员在现场直接对产品进行检验，检验完成后，由操作工打包装箱并入库。

检验流程简化方案，取消了产品检查、过程巡检和搬运待检区 3 道流程，简化了检验入库的环节，减少等待时间。半成品完成后，放置在生产现场货架，需要冲压生产时，直接从货架取料。当冲压成型后，由质检检验货品，并由生产操作工打包入库。上述改善要点具体内容如表 3-3 所示：

表 3-3 CMAAWD 后桥侧臂流程序图（改善后）

现行方法												
	操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离 / 米	用时 / 分钟	取消	合并	重排	简化
1	φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.2				
2	φ	→	Δ	W	⊙	去倒刺，修边		0.1				
3	φ	→	Δ	W	⊙	产品检查		0.2	√			
4	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板，打包		5				√
5	φ	→	Δ	W	⊙	过程巡检		5	√			
6	φ	→	Δ	W	⊙	每班完成后搬到待检区	20	20	√			
7	φ	→	Δ	W	⊙	半成品搬运至物流仓库区并检验	80	20	√			
8	φ	→	Δ	W	⊙	放置在仓库		5	√			
9	φ	→	Δ	W	⊙	半成品出库到焊接区	85	10		√		
10	φ	→	Δ	W	⊙	拆包		5		√		
11	φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		0.2				
12	φ	→	Δ	W	⊙	降温		0.17				
13	φ	→	Δ	W	⊙	产品检查		0.25	√			
14	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板，打包		5		√		
15	φ	→	Δ	W	⊙	过程巡检		5	√			
16	φ	→	Δ	W	⊙	每班完成后搬到待检区	20	20	√			
17	φ	→	Δ	W	⊙	成品入库检验	80	20		√		
18	φ	→	Δ	W	⊙	放置在仓库		5		√		

经评估，此次优化可以减少约 191 米的移动距离，生产环节时间可以从 128.42 预计降低到 60.6 分钟，优化流程前后对比示意表如上图 3-3 所示，现场布局图如下图 3-3 所示。

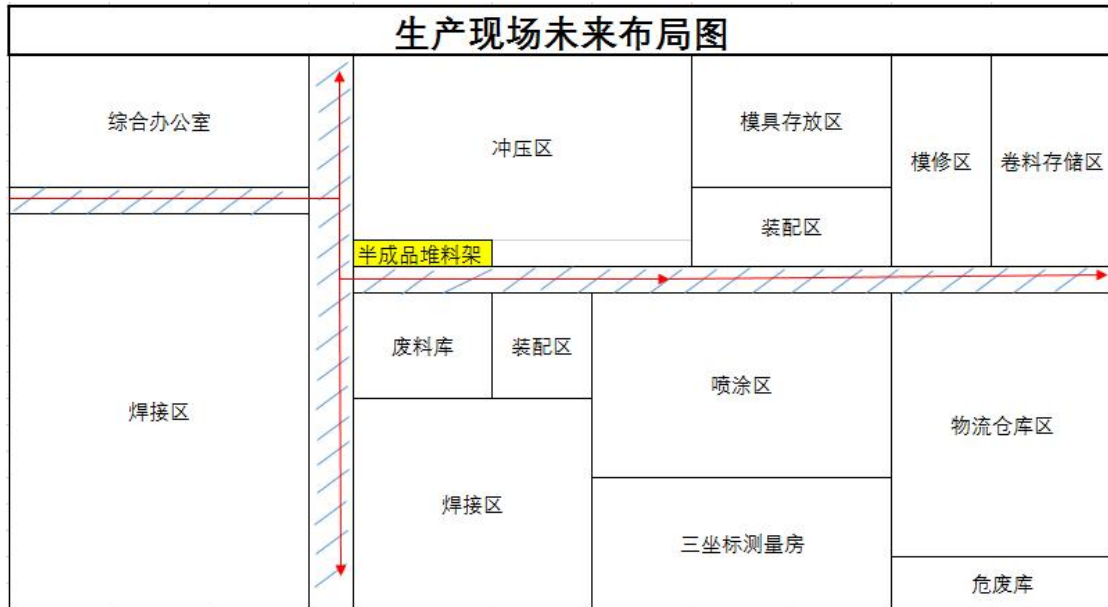


图 3-3 生产现场未来布局图

Fig.3-3 Future layout of production site

### 3.3.3 快速换模应用

快速换模是消除过量生产及库存的有效方法。过量生产的主要原因是规模经济，也就是说由于多生产一件产品，机构的固定成本就可分摊到更多的产品中，所有单位产品的成本就更低。快速换模意味着缩短操作时间以实现缩短生产过程花费的时间。

冲压车间设备利用率低，主要是由于换模时间长，设备维保频率高、维修时间长等造成的意外停机过多。其中 70%的停机是由生产计划安排的换模引起的，因此减少换模时间，可以有效提高设备利用率。快速换模是目前能够明显降低换模时间的最好方法。

换模流程主要包括：换模准备，换模，参数调整，首件检测。在整个换模过程中，一些作业必须停机才能进行以及为保证质量进行的设备调整称为内部操作，那些无需停机可以并行的作业称为外部操作，如模具和工具的领用。根据内外部操作，换模时间可以分为内部时间和外部时间。

快速换模的主要步骤：

- 1) 对换模过程进行现场观察，记录换模步骤及各步骤花费时间；
- 2) 分离内外部操作，尽量把内部操作改成外部操作；
- 3) 简化内外部操作，特别是通过详细分析改善优化内部操作，缩短换模时间；
- 4) 换模流程标准化及持续改进。

根据快速换模方法，主要需分析换模步骤并区分内外部操作。外部操作一般在机器运行状态下完成。经统计，后桥侧臂内外部换模作业如下表 3-4 所示。

表 3-4 CMA AWD 后桥侧臂换模内外部作业表（优化前）

编号	作业内容	时间 (分)	内部作业	外部作业
	接到换模指令后领取模具	20		√
S1	关机	0.5	√	
S2	上下模具卡紧器松开、滑块升至上始点、废料滑道收起	10	√	
S3	模修工领取拆卸工具、更换用配件	20		√
S4	拆卸位置传感器、空气管路接头等模具辅助配件	5	√	
S5	清洁模具	5		√
S6	开行车	3		√
S7	安装吊环	15	√	
S8	系吊带		√	
S9	吊下模具		√	
S10	吊模具上工作台	16	√	
S11	装定位圈		√	
S12	固定模具		√	
S13	检查模具安装情况、清理模具表面	5	√	
S14	安装位置传感器、空气管路接头等模具辅助配件	5	√	
S15	上下模具卡紧器卡死、废料滑道打开	6	√	
S16	设置模具参数	3	√	
S17	全工序参数确认	2	√	
S18	空载试运行	15	√	
S19	首件生产并检验	28	√	
总计				158.5 分钟

S3 模修工领取工具、S5 清洁模具、S6 开行车这 3 项是外部作业。可以通过提早备好相关工具、配件，提早给待生产模具清洁，模具提早等候在压机边时再关机。开行车可以有辅助人员操作。其他剩余为内部作业。

S19 的首件检验本来属于内部操作，但是经过分析，可以将其转换成外部操作。吉利后桥侧臂产品由于稳定性较好，产品检查主要以外观是否有倒刺、变形等为主。而客户投诉的类型大也都只是毛刺没去干净问题。因此在试生产阶段，质量工程师可以在现场直接对首件进行检验，无需停机等待。

综上所述，通过对所有作业进行内外部分析，计划实行以下改善措施：

1) 模具领用是外部操作，一般要花 20 分钟。可以提早通知模修工准备好模具并快速提取模具搬运至冲压机旁。

2) 整理工具车，对工具、夹具、辅助零部件摆放进行 5S 和目视化管理，固定位置摆放做好标记。模修工领取工具时要依据清单检查是否缺失，如缺要求 MRO 仓库补齐。另外在归还拆卸工具时，仓管管理员也要依据清单进行核查是否完整，摆放位置是否符合。

3) 合理分配换模作业，将串行作业改成并行作业,并通过增加一套扳手等工具等方式将水管油管连接、检查模具内部结构等环节进行两人或以上同时进行操作。另外，可以通过事先编写好模具参数信息并保存在压机电脑端到生产时进行取用，可减少凭记忆设置参数造成的差错可能。

### 3.3.4 生产程序优化

吉利后桥侧臂配有一套模具，由 1 台压机负责冲压，由机械手负责焊接。根据客户需求节拍，年平均是 16 秒，旺季是 11.54 秒，淡季是 25.97 秒。这个数据不含设备故障停机、换模时间或生产不良品。而冲压成型周期是 15 秒，现有设备生产能力可以满足年需求总量，暂时不会额外增加压机和增加产线，但是在旺季或客户突然增加需求时很可能出现产能瓶颈，在目前资源投入不变的情况下，如何使吉利后桥侧臂生产效率优化，提高产能是目前需要解决的问题。

根据瓶颈管理思想<sup>[30]</sup>,当客户需求量超出企业的生产能力时，“瓶颈”工序零件的出产率决定了最终产品的出产率，同时也确定了其他工序的零件需求量，如果非“瓶颈”工序生产的零件超过了“瓶颈”工序的零件，就会造成在制品积压，不仅无法增加最终产品出产量，而且还由于过量生产造成生产成本上升。不过瓶颈管理允许合理数量的库存，最主要是找出“瓶颈”工序的资源配置并充分利用，同时兼顾非“瓶颈”工序的资源配置，使之能与“瓶颈”工序同步，将在制品积压减少到最低程度。

常见的生产瓶颈主要有：1) 资源类瓶颈；2) 物流类瓶颈；3) 生产控制类瓶颈。其中，生产控制类瓶颈的解决途径，需要同时考虑系统中所有约束因素，之后再对加工顺序、加工时间以及提前期等事项进行优化。

改善小组结合 B 厂冲压生产现场客观情况，制定了以下改进措施方案：

(1) 减少日常维保时间。为使瓶颈工序设备充分运转，生产模具与压机要加强日常维保，减少停机时间特别是换模时间。由于之前公司并未明确保养的具体时间，造成维保时间一定程度上的拖沓。经讨论，参照行业普遍维保时间，将单次设备小保养时间调整至 4.5 小时左右，单次大保养时间调整至 6 小时左右。并约定每周五进行一次小保养，每月月底进行一次大保养，并由冲压线的设备维护小组和操作工共同维护保养。

(2) 生产程序优化。前文已提及，压机的机械手与滑块参数设置不合理，没有根据模具尺寸特性，科学设置参数，使得冲压生产效率没有达到最优。

针对这个情况，首先用根本原因分析法对整个冲压过程中可能造成瓶颈的原因进行分析，如下图 3-4 所示。

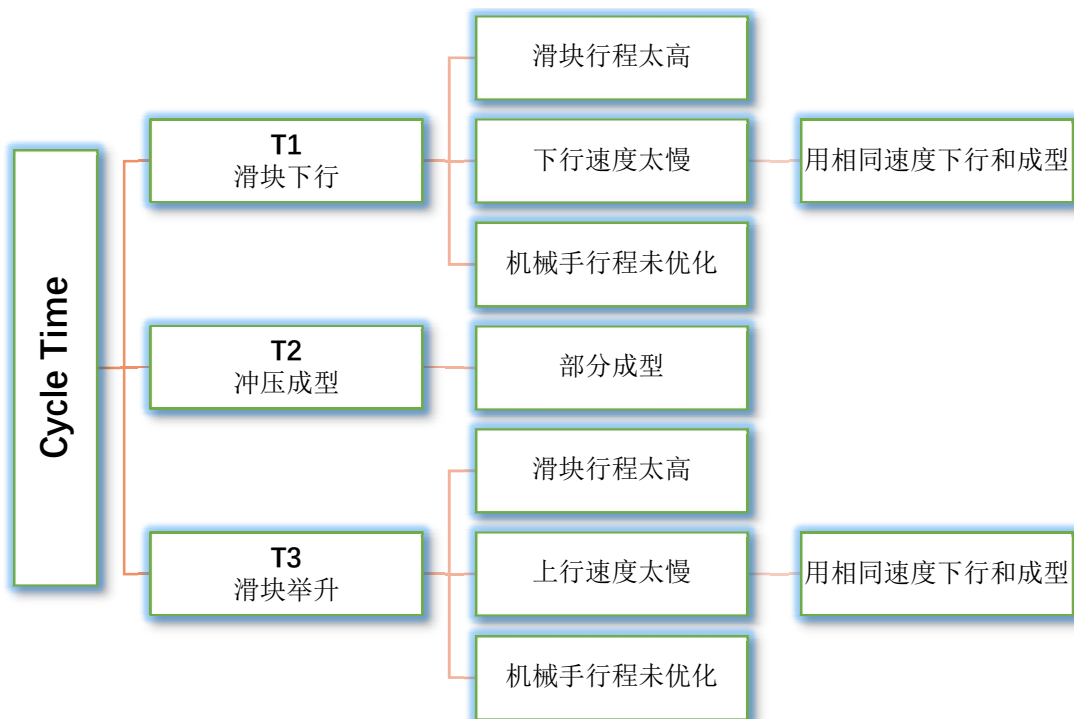


图 3-4 生产瓶颈工艺根本原因分析

Fig.3-4 Root cause analysis of bottleneck process

然后根据 5W1H 找出真正的原因，如下表 3-5 所示：

表 3-5 生产瓶颈工艺根本原因

## (1) 滑块行程过高

序号	问题	回答
1	为什么滑块行程过高?	因为压机参数没有优化。
2	为什么压机参数没有优化?	因为不同模具参数没有区分。
3	为什么没有压机参数区分?	因为操作工只凭经验设置参数。

## (2) 相同速度下行或举升

序号	问题	回答
1	为什么用相同速度下行或举升?	因为操作工使用默认参数作为标准速度。
2	为什么使用默认参数?	因为没有为不同模具定制速度。

## (3) 机械手行程优化

序号	问题	回答
1	为什么机械手行程没有优化?	因为没有因模具不同配置不同参数。
2	为什么没有配置不同参数?	因为操作工只凭经验设置参数。

根据冲压流程优化所提及的，项目经理整理了小组成员意见，统一确认后得出，可以从以下 2 方面对参数进行优化：

## 1) 个性化模具参数

将不同模具，按大致整体规格，分类输入程序，当进行冲压程序设置时，根据不同大小，直接调取相应生产参数进行生产。

## 2) 滑块、机械手行程参数

根据之前的根本原因分析法，滑块和机械手行程存在着无效行程过多的现象，因此根据实际所需，缩短滑块及机械手实际所需路径。

## 3.3.5 设备故障维修改善

上文中，B 厂设备人员由于岗位培训欠缺，所以导致花费比正常更多的时间处理设备故障。基于上述存在的问题，生产改善小组制定了从故障解决流程、设备点巡检、周期性预防维修等方面的优化方案。

## (1) 故障解决流程优化

对于 B 厂现有故障发生，维保人员一般采用更换受损部件的方法，来暂时性的解决设备因故障失效所带来的停机，可只更换受损部件并未真正有效决绝设备故障的真实原因，对设备优化无任何作用。生产时间一长，设备故障还会再度出现，

甚至会对设备造成更大的损害。此外，针对故障维修的方法与经验，没有出具相关 8D 报告或者 Lesson Learn 的经验总结文件，不利于故障原因的总结归纳以及维修人员的能力提升。因此，改善小组计划如下表 3-6 所列，改善故障解决流程。

表 3-6 故障解决优化流程图

序号	故障实施内容
1	问题具体描述
2	故障临时性解决措施
3	根本原因分析
4	制定并实施长期改善计划
5	更新每日每月巡检表内容
6	跟踪预防实施情况

通过上述故障解决步骤，从故障首次发生到相应故障预防，每个环节都能做到对故障“有记录，有预防，有优化”的“三有”，实现问题闭环，杜绝此类问题轻易地再度发生。

#### (2) 设备点巡检优化

设备的每日点巡检是设备维护的重要一环，但是 B 厂在日常设备设施管理点检中，经常会出现以下 3 个情况：

- 1) 设备点检不能够持续，走形式，技术员只是表面性的打钩，并未真实去检查；
- 2) 设备点检项目，没有第三方核查和监督，缺乏管理控制；
- 3) 生产操作工发现的问题，技术员处理不及时。

针对这个情况，改善小组优化了设备点巡检流程，如下图 3-5 所示。

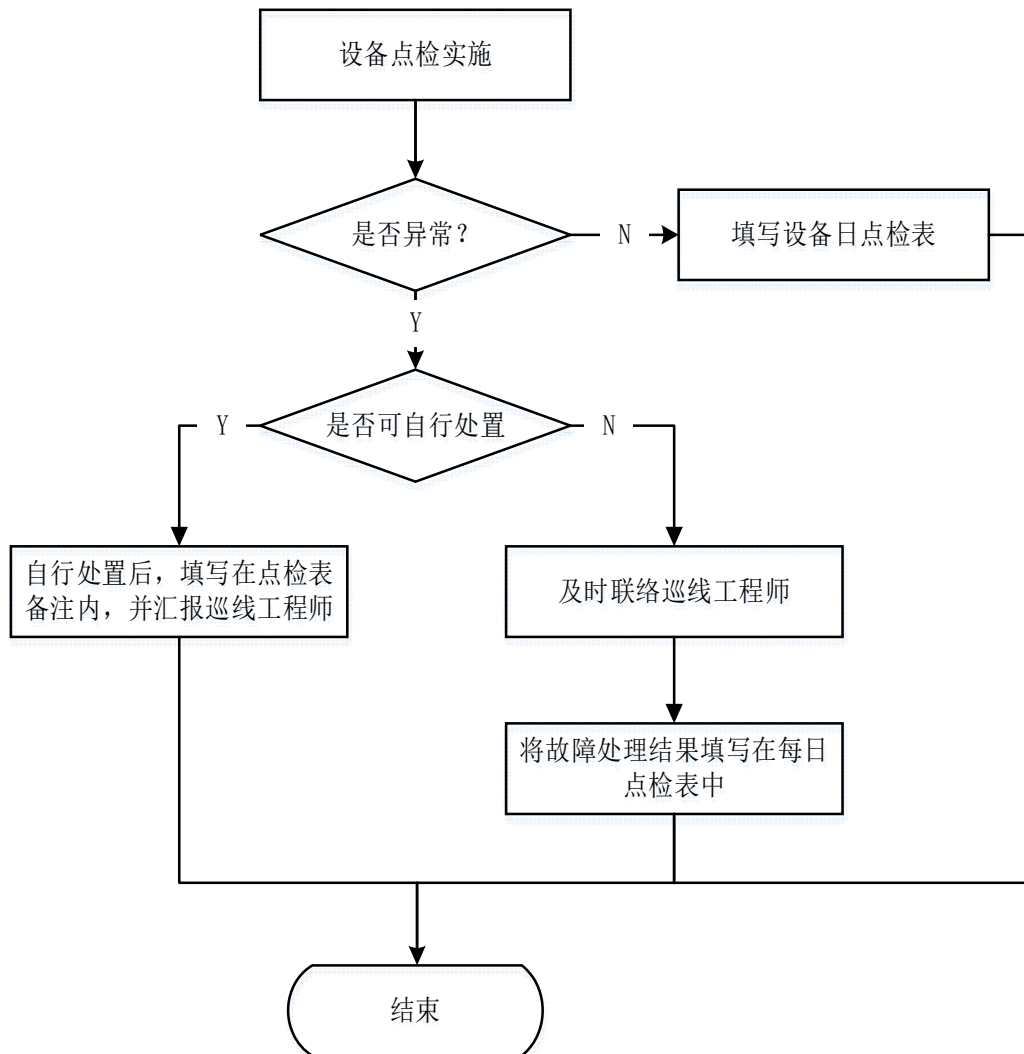


图 3-5 设备点巡检流程(优化后)

Fig.3-5 Inspection process of equipment points (after optimization)

点检流程的改善, 需要加强设备干系人的互相监督, 同时, 通过加强操作工对于设备的检查, 使其能够更了解与关心设备的使用情况, 也能更好的在遇到故障时表述清楚故障的细节。

### (3) 周期性预防维修优化

B 零部件厂虽然建立了设备预防性维修的制度, 但实际完成情况并不能满足正常生产需求, 预防性的检查、维修几乎没有, 并仍采用事后抢修的方式来处理故障设备。预防性的抢修制度虽然存在, 但是并没有相关检查文件进行指导, 导致现场实施效果差。项目经理咨询了设备工程师与设备经理, 并让他们就冲压设备中例如配电房、液压机、排水设备等重要检查部件编写周期预防点检表, 表中标明所检设备

名称、维保部位、保养内容及相应保养时间。项目组讨论决定，根据实际生产需求，设备定期检查为 2 周间隔。以压机空调为例，表 3-7 为空调周期预防检查表。

表 3-7 压机空调周期预防检查表

设备名称	预防维修部位	预防维护内容		周期	备注
		序号	维护内容		
压机 空调 系统	冷凝水管路	1	漏水检查	两周一次	
	制冷效果	2	效果检查	两周一次	
	水塔清洗	3	水塔内壁清洗	两周一次	
	压力数据	4	读数检查	两周一次	
	机械润滑	5	添加润滑油	两周一次	
	控制面板	6	检查触摸屏灵敏度	两周一次	
	出风口清洁	7	清洗出风口	两周一次	
	防尘网	8	清洁网面	两周一次	
	各接线头	9	检查紧固度	两周一次	
	绝缘电阻	10	检查器件是否正常	两周一次	
	电源开关	11	检查开关功能是否正常	两周一次	

上述的改造方案就是优化故障解决流程，做到现场发生的故障“有据可循”；将日常现场设备的巡检制度真正落实到位，避免遗漏隐患；将设备的维保定时定量，并控制频率，提高保养的质量同时缩短耽误正生产的时间。

### 3.4 绘制未来价值流程图

综合上述所有改善方案，生产改善小组制定了实施改善计划表 3-8，并绘制了未来价值流程图 3-6。

表 3-8 B 厂冲压生产改善实施计划表

项目名称	B 厂冲压生产线生产改善实施计划表		
区域	B 厂冲压生产线	位置	亚太区，上海
序号	纠正措施	责任人	完成日期
1	优化现场布局，增设半成品堆料架。	肖 XX	2018.12-2019.1
2	更新压机生产程序。	金 X	2018.12.-2019.3
3	设备员工岗位培训。	肖 XX、金 X	2018.12-至今
4	工艺标准化文件，操作手册编制。	鲍 XX	2018.12-至今

### 3.5 本章小结

本章结合上节提及的生产环节存在浪费及设备综合利用率不高的问题，制定了相对应的优化方案包含快速换模、加强员工培训、生产流程环节优化、生产程序优化及安全库存改善等，为下一章具体实施提供了方向。

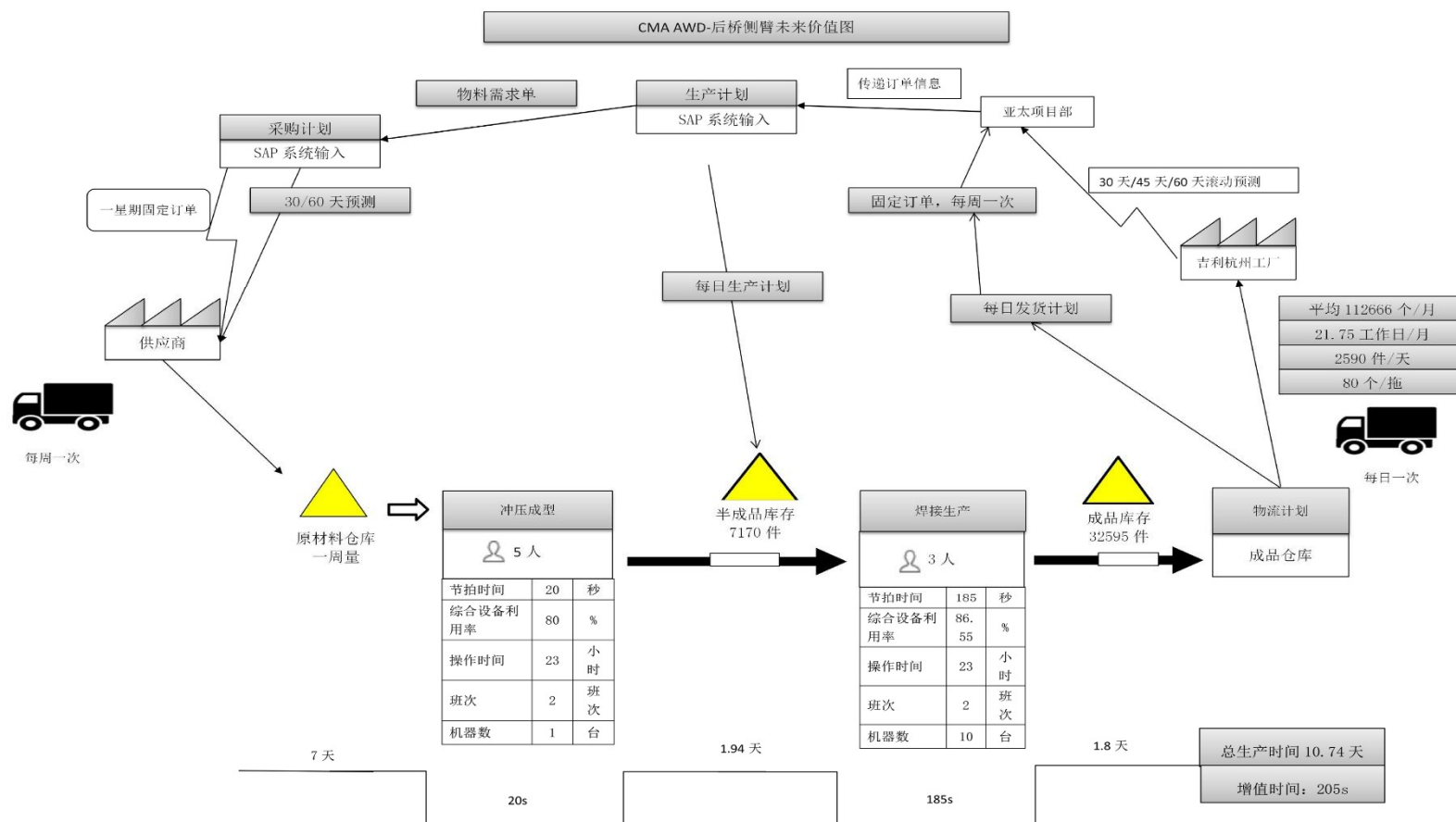


图 3-6 CMA AWD 后桥侧臂未来价值流程图  
Fig. 3-6 CMA AWD future value flow chart of rear axle side

## 第四章改善方案的实施及效果评析

在上一章，我们制定了未来价值流程图，并拟定了改进方案的推进计划。本章主要阐述了改善方案实施的具体过程和结果，并对改善后的效益进行分析。

### 4.1 改进方案的实施

#### 4.1.1 生产流程改善实施

根据上文提及，取消产品检查、过程巡检和搬运待检区 3 道流程和生产现场增设半成品堆货架的优化方案。生产改善小组在 2500T 压机旁增设了堆料架和储物架如图 4-1 和图 4-2 所示。



图 4-1 2500T 压机旁堆料架图 4-2 2500T 压机旁储物架

Fig.4-1 Stacking rack beside the 2500T press Fig.4-2 Storage rack beside the 2500T press

改善后吉利后桥侧臂的生产环节消除了大量浪费。改善小组经过现场统计，制作了优化前后对比表 4-1，从表中可以看出生产线搬运次数减少了 3 次，搬运距离从 285 米缩短到 191 米，减少原长度的 33%；减少检验次数 5 次，减少储存次数 1 次；生产周期从原先的 128.42 分钟缩短到 67.82 分钟，缩短了 52.81%，生产效率大幅提高；减少了操作、检验、搬运的工人，同时降低了工人劳动强度。

表 4-1 CMA AWD 后桥侧臂生产流程改进前后对比

现行方法												改进方法										
	操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离 (米)	用时 (分)	取消	合并	重排	简化		操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离	需时	
1	φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.2					1	φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.2	
2	φ	→	Δ	W	⊙	去倒刺, 修边		0.1					2	φ	→	Δ	W	⊙	去倒刺, 修边		0.1	
3	φ	→	Δ	W	⊙	产品检查		1	√				3	φ	→	Δ	W	⊙	半成品检验后, 填写信息 并堆放于货架		20	
4	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2				√	4	φ	→	Δ	W	⊙	填写信息并从货架取料	9	10	
5	φ	→	Δ	W	⊙	过程巡检		3	√				5	φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		0.2	
6	φ	→	Δ	W	⊙	完成后搬到待检区	20	20	√				6	φ	→	Δ	W	⊙	降温产品		0.1	
7	φ	→	Δ	W	⊙	半成品搬运至物流仓库 区并检验	80	20	√				7	φ	→	Δ	W	⊙	现场产品检验后, 放置在 木托盘并打包入库	8 5	30	
8	φ	→	Δ	W	⊙	放置在仓库		5	√													
9	φ	→	Δ	W	⊙	半成品出库到焊接区	85	10		√												
10	φ	→	Δ	W	⊙	拆包		5		√			<b>统计表</b>									
11	φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		0.2					项目	改进前	改进后	节省						
12	φ	→	Δ	W	⊙	降温		0.1					操作次数	7 次	5 次	2 次						
13	φ	→	Δ	W	⊙	产品检查		1	√				搬运次数	3 次	0 次	3 次						
14	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2		√			检验次数	6 次	1 次	5 次						
15	φ	→	Δ	W	⊙	过程巡检		3	√				等待次数	0 次	0 次	0 次						
16	φ	→	Δ	W	⊙	完成后搬到待检区	20	20	√				储存次数	2 次	1 次	1 次						
17	φ	→	Δ	W	⊙	成品入库检验	80	20		√			移动距离	285 米	94 米	191 米						
18	φ	→	Δ	W	⊙	放置在仓库		5		√			环节时间	128.42 分	60.6 分	67.82 分						

## 4.1.2 快速换模改善实施

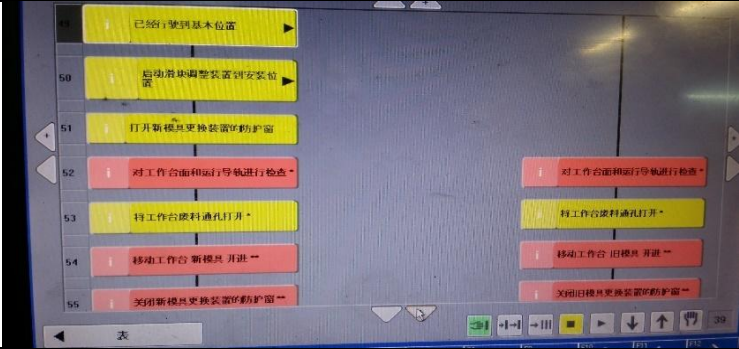


基于上节的优化方案，改善小组统计了优化后的后桥侧臂换模时间，并与优化前进行了对比，制作了表 4-2：

表 4-2 吉利后桥侧臂换模时间前后对比

编号	作业内容	内部作业	外部作业	改善前时间(分)	改善后时间(分)	改善要点
	接到换模指令后领取模具		√	20	15	
S3	模修工领取拆卸工具、更换配件		√	20	8	移到停机前,现场 5S 管理
S1	关机	√		0.5	0.5	
S2	上下模具卡紧器松开、滑块升至上始点、废料滑道收起	√		10	10	
S4	拆卸位置传感器、空气管路接头等模具辅配件	√		5	3	双人并行作业
S5	清洁模具	√	√	5	5	
S6	开行车		√	3	0	
S7	安装吊环	√		15	15	
S8	系吊带	√				
S9	吊下模具	√				
S10	吊模具上工作台	√		16	16	
S11	装定位圈	√				
S12	固定模具	√				
S13	检查模具安装情况、清理模具表面			5	4	双人并行作业
S14	安装位置传感器、空气管路接头等模具辅助配件	√		5	4	双人并行作业
S15	上下模具卡紧器卡死、废料滑道打开	√		6	6	
S16	设置模具参数	√		3	1	直接调取系统内程序
S17	全工序参数确认	√		2	0	合并至 S16
S18	空载试运行	√		15	15	
S19	首件生产并检验	√		28	16	现场检验
总计		90.5	28	158.5	118.5	总计


从表 4-2 中可以看出,虽然吉利后桥侧臂换模时间缩短 40 分钟,提升了 26.3%,但是内部换模时间还有 90.5 分钟,还有很大的空间提升,所以需要持续跟踪改善。因此,改善小组制定了换模作业指导书,对上下模作业进行规范化,并要求按照作业指导书进行规范作业和安全操作,进一步缩短换模时间如表 4-3。

表 4-3 压机换模作业指导书

压机换模作业指导书			
版本号	文件编号	编写人	修改内容
V0	0706_MM_004	黄 XX、徐 XX	首次发放
序号	图示	注意事项	
1		自动换模至第 35 步骤时,对工作台面和导轨进行检查。	
2		平行轨道上小颗粒清除清扫,保持整洁	
3		定位轨道清洁清扫,保持整洁	

4		模具压板两端必须设专人看护方可执行操作
---	--	---------------------

表 4-3 (续)

5		模具开入压机内，换模小车平台压痕位置必须严格检查并清洁
重要关注点		
1)	换模小车撞，机械臂倒塌等，主要由于轨道有小料片，从而导致出轨。	
2)	在进出时如 4 图，人员需在看好状态下动作，以避免造成设备损坏和停机。	
3)	压机内模具小车压痕如图 5 处，要做到换一次模清理一次。（报修时造成下模不到位，有很大因素是这造成的）	

#### 4.1.3 设备故障维修改善实施

根据上节改善方案，改善小组推行了相关制度流程，以下是具体实施过程。

##### 1.故障解决

2019 年某天，操作工在巡检 SGM358 空调线时，发现 SGM358 空调线的检漏及螺钉固定壳体工位，出现检漏仪 24H 内多次出现故障。首先，设备技术员采取临时措施，先暂时立即恢复设备功能：

- 1) 检查并更换测试工装密封圈及气控阀；
- 2) 调整检漏仪进气压力；
- 3) 更换检漏仪备件。

然后，通过鱼骨图分析，造成检漏仪故障的可能的根本原因，如下图 4-3 所示。

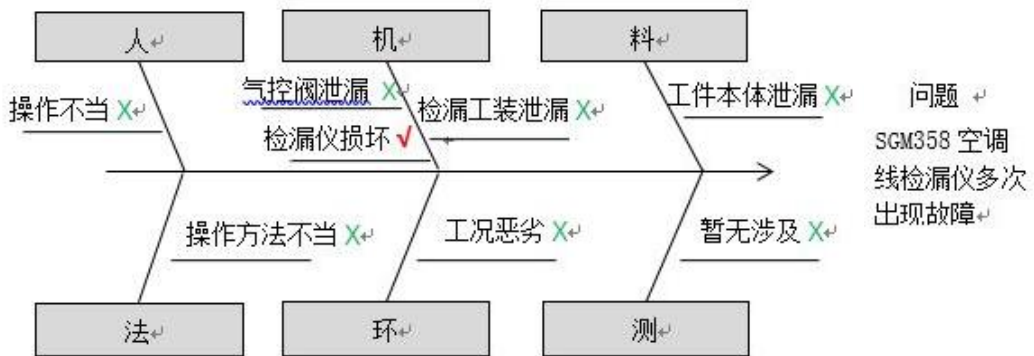


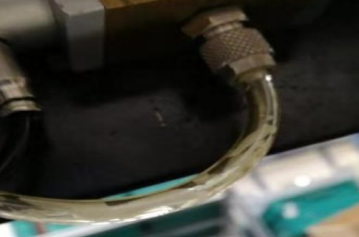

图 4-3 故障鱼骨图分析

Fig.4-3 Analysis of fishbone diagram

4	检漏仪损坏	√		为什么需要更高等级的过滤器？	检漏仪对于气源要求高于等级 ISO8573.1 Class 1-4-2
5	进气压力异常	X			
6	工件本体泄漏	X			
7	检测对比件泄漏	X			

然后确认根本原因，如下表 4-4 所示：

表 4-4 根本原因确认

	
1) 原有进气过滤器不具备防水功能，测试管路过滤器不具备防油功能 2) 检漏仪进气、测试管路的过滤器过滤精度不够	

找出故障的根本原因后，工程师联合现场操作工，针对根本故障本身，采取彻底维修，如下表 4-5 所示。

表 4-5 具体维修措施

N0	行动方案	负责人	截止日期	状态	是否有效
----	------	-----	------	----	------


1	更换检漏仪备件	朱 X	2019.8.10	●	√
2	组织检漏仪供应商提供培训并选型进气&测试管路过滤器	周 XX	2019.8.27	●	√
3	紧急订购进气 FESTO 过滤器及 Furness 测试管路过滤器	钱 XX	2019.9.27	●	√
4	安装进气过滤器及测试管路过滤器	周 X	2019.9.30	●	√

然后针对这一故障，采取长期预防措施，从而真正杜绝此类故障继续的发生。此外，在日常点检表中增加相应的点检内容，如下表 4-6，图 4-4 所示。

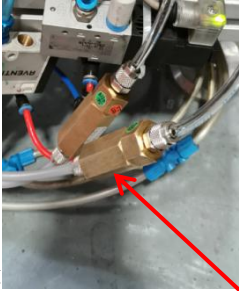
表 4-6 长期措施

SGM358 空调线检漏仪安装进气及测试管路过滤器，用于防水、防油；

2. 对同类空调线进行排查，在 C1XX 空调线检漏工位加装同型号过滤器；
3. 每日巡检，增加对检漏仪过滤器的检查和更换；
4. 通知研发部门新项目负责人对于新项目 OMEGA 空调线，配置相同型号的过滤器；



增加进气自排水滤芯



增加测试管路防油滤芯

设备日常点检记录卡																																		
20 年 月																C070401.2																		
设备名称: C1XX/OMEGA空调总装线(静音房)																设备型号: 专用																		
车间: 空调车间																班次:																		
点检内容		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	合计	
1	检查安全光栅,急停按钮 标准:光栅按钮表面无污渍,无破损,动作可靠;																																	
2	检查输送链,观察输送电机 标准:无异响,链条松紧适度,电机无抖动,运转平稳.																																	
3	检查光电开关 标准:光电完好,固定机构无明显松动,连接电缆无拖拉.																																	
4	检查追溯系统 标准:按工艺操作规程开关机,数据采样无异常.																																	
5	检查静音房进出口升降门 标准:气缸无漏气,上升&下降动作平稳,固定机构螺母无松动,门扣未碰无变形.																																	
6	检查压缩空气 标准:压缩空气无漏气,压力表指针在绿标准范围内(0.6-0.7)Mpa																																	
7	检查阻挡及升降台 标准:阻挡无损坏,动作灵活可靠,无异常.																																	
8	检查插座插针 标准:插针无弯曲,松动,无发黑,无严重磨损发白																																	
9	检查C-Box及鼓风机插头标准:鼓风机插头完好,针脚无发黑,C-box电源指示灯无报警(红色),观察 PORT接头无明显松动.																																	
点检人签名																																		
班组长签名确认																																		
处理记录(调整、修复)																																		
设备运转时间																																		
停台检修时间																																		

设备操作者必须做到:

- 1.每天上班后半小时内按设备规定的点检内容完成设备点检。
- 2.点检方法:听、看、试。
- 3.点检时发现异常,视具体情况由操作者或维修工进行调整、排故。
- 4.符号(标记)规定:正常√,异常×,厂休日(节假日)或因故障停产T。
- 5.认真作好记录。

图 4-4 针对故障更新的设备每日点检表

Fig.4-4 Daily spot check list of equipment updated for failure

## 2. 设备人员能力提升

改善小组实地地了解每位设备技术员和工程师的技术情况，绘制了对应职能矩阵，如表 4-7 所示。

表 4-7 B 厂设备技术员的职能矩阵

姓名	岗位	液压故障分析	机械故障分析	电气故障分析	液压维修	机械维修	电气维修	钳工技能	电焊技能	测绘能力	协作能力	紧急应变	电脑应用	安全知识
杨 X X	电工	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
王 X X	电工	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
沈 X	电气工程师	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
马 X	机械工程师	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
徐 X X	机械技术员	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
董 X	机械技术员	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
查 X X	机械工程师	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
周 X	电气工程师	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉
向 X X	电工	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉

☉: 需要指导完成 ☉: 可培训他人

☉: 可独立完成 ☉: 独立完成工作，并具备改善意识

从表 4-7 中可以看出，沈师傅技能覆盖最全，设备经理委任沈师傅为维修部小组组长，同时剩余 3 名工程师作为副组长，管理日常维修保养工作。此外，设备经理

负责整个车间维修小组组长和副组长的定期培训。负责将维修小组工作纳入日常工作检查，并在生产例会上通报。职能如下表 4-8 所示。

表 4-8 设备维修组职能

姓名	岗位	职能
沈 X	组长	负责部门运行并指挥监督所属成员。编制《设备档案》，《压机巡检表》，《设备月保养计划》，《备品备件清单》等。给予组员指导并对日常维保提出建议。
马 X、 周 X、	副组长	协助组长处理部门事物，负责监督计划的执行、记录、归档。在被授权时，代行组长职务。
全组员	维修组员	早晚班生产线的跟线。设备抢修、设备定期预防保养、设备定期润滑、设备检修、元件更换，并做好记录。
组长	技术支持	对组员进行“带帮教”。故障分析，根据工艺要求，对设备改造，机能，性能进行改进。

#### 4.1.4 生产程序改善实施

基于前文压机程序优化方案的设计，针对冲压生产过程中三个重要的因素：滑块、机械手和模具进行优化，由于模具的所有权属于整车厂客户，因此，基于模具不变的情况下，此次仅针对滑块及机械手的技术参数进行优化调整。

以吉利后桥侧臂产品模具为例，改善小组收集了不同坯料抬升高度数据如图4-5所示。

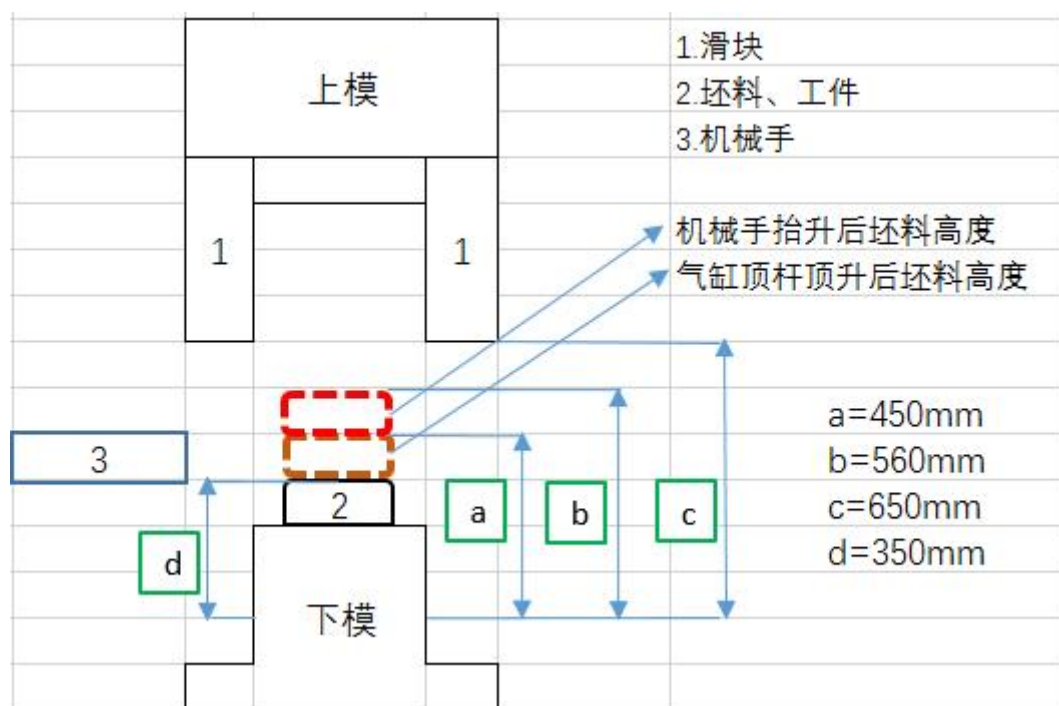


图 4-5 坯料不同位置高度  
Fig.4-5 Different position of blank

根据上文改善方案,滑块的停止位置应尽可能接近机械手抬升坯料的高度以减少无效行程。据现场测算,吉利后桥侧臂,机械手拿取坯料的高度为560mm,经改善小组评估,为保证机械手移动空间及防止机械手碰撞模具,预留90mm安全高度,即上模滑块初始等待位置距离下止点为650mm。此外,经现场工程师调试,优化了滑块不同高度速度如下表4-9所示。

表 4-9 滑块速度调试表

NO.	描述	优化前 V-max (mm/s)	V1 (mm/s)	V2 (mm/s)	V3 (mm/s)	最合理速度 (mm/s)
P01	接触零件前	375 mm/s	500	600	730	730
P02	下止点前	175 mm/s	250	300	350	350

同理,机械手停止位置应尽可能贴近滑块以减少无效行程。据现场测算,机械手距离模具滑块外侧面当前距离为400mm,经改善小组评估,为保证机械手移动空间及模具位置传感器能及时感应机械手位置,预留200mm安全距离,即机械手进入抓料的初始等待位置距离模具滑块外侧为200mm。

优化程序完成后，滑块从优化前原本上止点为 $Z_0(0,0,700\text{mm})$ ，即距离模具上台面 $700\text{mm}$ 高度，现在优化到 $Z_0'(0,0,650\text{mm})$ ，优化前以 $375\text{mm/s}$ 速度匀速下降到 $Z_1(0,0,220\text{mm})$ 高度，优化后以 $730\text{mm/s}$ 速度下降到 $Z_1(0,0,220\text{mm})$ 高度；优化前以 $175\text{mm/s}$ 速度继续下降，直至合模；优化后以 $350\text{mm/s}$ 速度下降至合模完成。

如下表4-10所示，经过测算，吉利后桥侧臂滑块、机械手优化前后数据对比

表4-10吉利后桥侧臂滑块、机械手优化前后数据对比

步序	步序内容	位置（优化前/优化后）	行程（优化前/优化后）	速度	耗时
1	滑块从上止点移动至下模上台面并触发位置传感器	$(0\text{mm},0\text{mm},700\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	480mm	375mm/s	1.28s
		$(0\text{mm},0\text{mm},650\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	430mm	730mm/s	0.59s
2	压机静止待命	$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	0mm	0mm/s	4s 3.2s
3	机械手从起始点移动至坯料上方	$(0\text{mm},400\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	400mm	500mm/s	0.8s
		$(0\text{mm},200\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	200mm		0.4s
4	机械手抓料并放置在下一工位	$(0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (600\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	600mm	500mm/s	1.2s
5	机械手退回起始点	$(600\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},400\text{mm},0\text{mm})$	1000mm	500mm/s	2s
		$(600\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},200\text{mm},0\text{mm})$	800mm		1.6s
6	压机滑块下降至合模点	$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	220mm	175mm/s	1.26s
				350mm/s	0.63s
7	压机保压	$(0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	0mm	0mm	2s
8	压机滑块抬升至下模上台面	$(0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	220mm	175mm/s	1.26s
				350mm/s	0.63s
9	压机继续抬升回上止点	$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},700\text{mm})$	480mm	375mm/s	1.28s
		$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},650\text{mm})$	430mm	730mm/s	0.59s
合计				优化前	11.08s
				优化后	5.64s

在见到吉利后桥侧臂产品优化的效果后，设备工程师根据之前优化的经验，着手推广优化剩余产品。下表4-11是优化过程中其他产品模具改善情况。

表 4-11 其余模具持续工艺改善进度表

序号	产品名称	工艺开口项	计划优化措施	完成节点
1	ALL Die	机械手角度与滑块行程调整不合理	现场对每副模具进行优化	30/11/18
2	NCS Control Arm LH	机械手投放 op30 后零件晃动, op40 卡废料。	更换机械手及盖板,更改 op40 废料滑落方向.	20/06/18
3	W205 Crossmember Front	op60 成型后零件晃动导致机械手抓取不稳定.	1.购买新的压料板限位缓冲聚氨酯。 2.调整 op60 压料板导板导向间隙。	30/08/18
4	C346/C520 FLCA UPR Shell LH/RH	op60、70 成型后零件晃动导致机械手抓取不稳定.	1:更换下模导向销,确保在正确的导向间隙下工作 2:调整粗定位。 3:更换 Lifter 或 Lifter 的导板,确保 Lifter 在正确的导向间隙下工作。	30/08/18
5	C490 Control Arm LH/RH	机械手夹钳感应器不稳定导致机械手报警.	1.研配机械手与零件形面.	23/09/18
6	M3M4 Side Arm Upper Shell LH/RH	op20 机械手投料与定位干涉, op80 机械手抓料不稳定。	1.调整送料机械手位置 2 调整夹钳与零件的间隙	10/10/18
7	NCS Control Arm RH	机械手投放 op40 后零件晃动.	1.更改机械手上下挡板的间隙	12/10/18
8	C346 POT LH	op20 上模导板与机械臂干涉,	1.加长机械手连接管 2.调整机械手运行曲线	25/11/18
9	C346 POT RH	op20 上模导板与机械臂干涉,	1.加长机械手连接管 2.调整机械手运行曲线	30/11/18
10	AWD-Front Crossmember 全驱-前横梁	op40 旋转机械手抓取时撞料, 导致机械臂过紧报警。	1.重新制作机械手,优化旋转中心位置	25/11/18
11	FWD-Front Crossmember 前驱-前横梁	op20 空工位零件跳动导致机械手抓取不稳定	1.更改机械手上下挡板的间隙	20/11/18

## 4.2 效益对比分析

价值流图析技术的应用，帮助了公司对精益改善无从下手的难题。用工业工程的方法和精益思想原则对生产流程进行改进，在投入很少的情况下，短时间内获得了较为满意的效果，吉利 CMA AWD 后桥侧臂产品交货周期明显缩短、在制品库存大量减少。另外公司运营流程也大大简化，去除了多次重复的检验、入库的流程，减少了环节等待的浪费。订单变更流程的调整，加强了对物料的管控，缩短了处理时间，物料采购操作由原先的 3 天缩短到 1.5 天。总体来说，这次改善活动取得了不错的成绩。

### 4.2.1 库存改善前后对比

通过上文中改善方法，经过连续几个月的实施，截止 2019 年 11 月，实施前后库存价值降低了接近 21%，如图 4-5，表 4-12 所示。

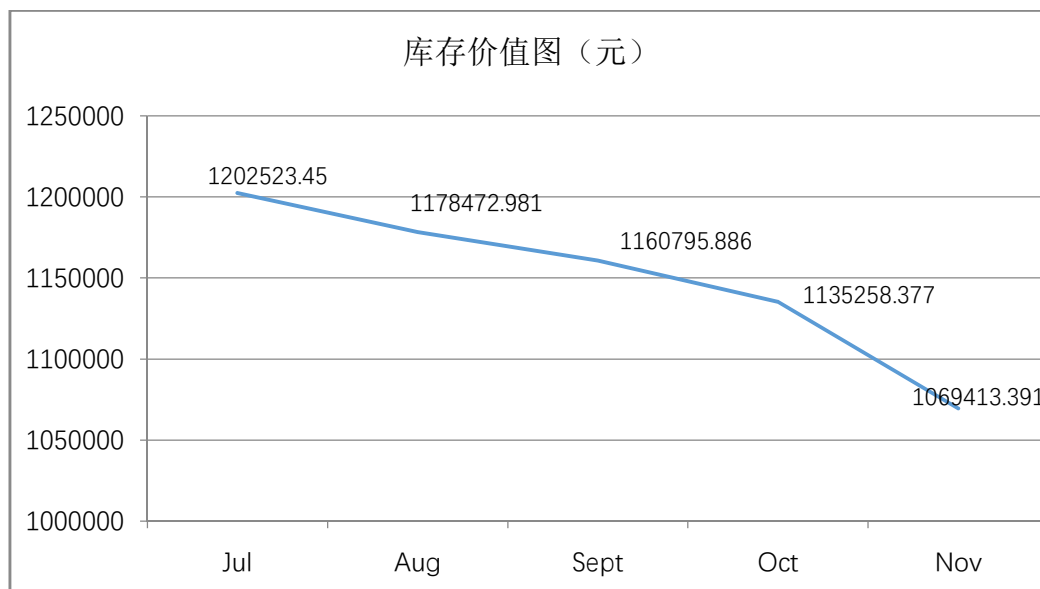


图 4-5 B 厂产品安全库存价值变化图

Fig.4-5 Change chart of product safety stock value of plant B

表 4-12 B 厂部分产品安全库存价值变化

物料编号	供给率	安全库存 (个)		金额变化量		
		2018 年 (7-11 月)	2019 年 (7-11 月)	成本单 价 (元)	变化差 (万元)	改善率
Hoñ 侧臂	100%	4470	3435	66.13	6.84	23%
B515 上片	100%	6165	4742	62.47	8.89	23%
W205 前横梁	100%	9125	7654	117.32	17.26	16%
C520 下片	100%	4155	2565	131.89	20.97	38%
NCS 右片	100%	6180	3392	52.21	14.56	45%
CMA Side Tube	100%	13109	7573	130.55	72.27	42%

经统计，后桥侧臂在制品和成品存货天数优化前后对比如下：

- 交货周期：27.82 天（优化前）-》
- 原材料库存天数：7 天
- 在制品库存天数：6.04 天（优化前）-》1.94 天（优化后）
- 成品周转库存天数：7 天
- 成品安全库存天数：14.78 天（优化前）-》1.8 天（优化后）
- 总生产时间：7+1.94+7+1.8=17.74 天
- 与客户沟通订单及内部订单处理：1 天
- 完成物料采购订单：1 天
- 交货周期：17.74+1+1=19.74 天
- 交货周期改善率： $(27.82-19.74) \div 27.82 \times 100\% = 29.04\%$
- 增值时间：29s+185s=214s（优化后）
- 增值率： $(214 \div 3600 \div 24) \div 19.74 \times 100\% = 0.013\%$  (优化后)

#### 4.2.2 生产流程和换模时间前后对比

吉利后桥侧臂产品生产流程和换模时间的改善前后对比，如表 4-13。通过生产流程优化，在投入很少的情况下，优化了产品流程程序，减少了大量浪费，降低了成本。物流距离缩短了 67.02%，减少了搬运强度；检验次数减少 83.33%；取消了半成品仓库储存环节；生产流程时间（这里指流程程序图的制造时间包括操作、检验、搬运、等待和储存等生产工序）改善了 52.81%。通过快速换模方法，换模时间缩短了 25.24%，提高了冲压设备利用率。

表 4-13 生产流程及换模时间改善对比

内容	改善前	改善后	改善比例
物流距离（米）	285	94	67.02%
检验次数（次）	6	1	83.33%
储存次数（次）	2	1	50%
生产流程时间（分钟）	128.42	60.6	52.81%
换模时间（分钟）	158.5	118.5	25.24%

#### 4.2.3 故障维护时间和设备利用时间对比

方案实施后，项目经理选取优化后，截止至 2019 年 6 月份的设备具体使用情况如下表 4-14 和表 4-15 所示。

表 4-14 设备利用率利用前后对比

2500T		理论设备 利用时间	设备故障 停机时间	设备维护 停机时间	占理论设备利用 时间的比例比例		设备 时间开动率
	优化前	480h	50.86h	38.85h	10.59%	8.09%	76.92%
优化后	480h	42.31h	22.92h	8.81%	4.78%	86.41%	
2500T		理论设备 生产时间	实际设备 生产时间	换线时间	生产待料时间		设备性能实 际开动率
	优化前	480h	345.07h	29.43h	12.73h		71.89%
	优化后	480h	401.86h	18.27h	8.38h		83.72%

表 4-15 优化前后 OEE 对比

年份	设备	平均时间开动率	平均性能开动率	平均 合格品率	设备综合效率 (OEE)
2018 全 年平均	2500T	81.31%	71.89%	98.63%	57.65%
2019 年 1 至 6 月平均	2500T	86.41%	83.72%	98.64%	71.36%

综合设备利用率上，优化实施前后，2500T 设备综合利用率从优化前 57.65%提升到 71.36%，提高了 13.71%，但尚未达到预期目标，项目经理和改善小组分析了 2500T 压机改善实施过程中遇到的问题，并加以总结：

- 1) 问题一：内部资源调用困难。

虽然公司成立了生产改善小组并委任了项目经理,但是当需要跨部门合作时,仍然存在着“部门墙”,导致某些方案不得不采用临时措施,对改善效果或多或少有些影响。

2) 问题二:改善阻力。方法的实施与传统的生产管理方法有很大区别,缩短的维保时间和现场设备管理流程的优化导致现场相关设备操作人员需要效率更高,更高的专注度,从某种意义上说,它要求操作人员更具责任心,加大了操作人员的工作量,导致现场人员“阴奉阳为”,无法实际落实改善举措。

3) 问题三:团队某些成员对认识不够,处理问题时反应速度慢。

故障的发生后需要相关人员迅速做出反应,并以最快的速度处理好问题。但现在实际情况是,当生产线出现问题时,相关问题负责人反应迟缓,问题处理也要花费较长的时间。深究其原因,因为刚推行新的改善方法,某些成员尚未进行培训,只能按照老方法;而已经培训完毕的以为只是原来的管理方式换个新名词而已,故处理问题时还是按照传统的处理问题的流程,导致生产设备停滞等待。

以上均出现在 2500T 压机推行优化方案的实施过程中,因此,项目经理针对上述问题做出了以下措施:

1) 针对问题一

项目经理向总经理陈述了优化措施及相应理论效益数据,并申请由工厂总经理直接决定实施方案,部门经理按总经理同意方案进行实施。此外,项目经理申请项目改善专项资金,用于优化激励,更好地进行项目改善实施。并成立了合理化建议邮箱,吸取更合理化意见和意见。

2) 针对问题二

项目经理与部门经理沟通协商,采取改善措施考评制度,并设置绩效。并组织全员培训,让生产团队所有成员理解推行方法的优劣。其次,对于实施效果差、屡次消极应对的员工,进行换岗。

3) 针对问题三

加大方法宣传力度,并设置相关培训时间最终节点,并加以考评。此外,在食堂和车间进口及生产线显眼处贴上宣传标语,让所有员工从思想上重视。

### 4.3 本章小结

本章基于优化改善方案,通过分析量化后的生产流程参数指标,并结合前文所提及的,四大主要影响生产环节因素问题:在制品库存、设备现场管理、冲压生

产工艺和设备利用率方面，改善小组优化了上述问题，并通过优化前后的对比分析，证实优化方案确实一定程度上提高了 B 零部件厂生产产能。此次对 B 厂冲压生产线的优化研究工作，做到了全员参与，无论是技术人员还是一线生产或是管理人员均从改善实践活动中获得了宝贵的经验，锻炼了员工分析问题的能力，也提升了公司整体的生产管理水平。

通过此次以吉利后桥侧臂为研究典型的生产改善活动中，充分展示了运用价值流程图方法改善实际生产活动的可用价值，为后续的企业开展精益生产做了充分的操作准备。

## 第五章总结与展望

本文以项目管理为手段，根据大批量、订单式生产企业特点，以 B 厂冲压生产线生产流程管理出现的问题为出发点，以提高压机生产产能的措施及成果为终点，从 B 厂冲压生产管理环节中存在的压机综合利用率低、库存价值高、冲压工艺不合理三方面入手，依托价值流分析方法为主线，以产能提升为最终目标，对 B 厂冲压生产线生产管理流程进行优化改造。在具体的改进方案中，将 B 厂冲压生产线流程优化方案总结如下：

1) 在设备维保优化方面，通过建立完善的故障处理流程，加强设备维护人员的技能培训，使得设备保养时间从原本 8 小时降低至 4 小时，维修时间得到缩短，从整体上来看，设备综合效率从原本 57.65% 提升至目前的 71.36%，提升约 13.71%。

2) 在库存价值优化方面，通过设定最高库存周转限制，在制品按照旺季平均每日需求量 7170 件进行配置，成品安全库存通过综合考虑补货周期、服务水平以及需求离散程度等因素，得出成品安全库存为周转库存加上安全库存 32595 件，经现场运转评估，能满足交货需求，且库存价值由原本 121 万降低至 106 万。

3) 在冲压工艺优化方面，通过优化压机冲压参数，通过改善滑块与机械手的初始待机位置，并根据模具特性调试行程速度，以吉利后桥侧臂为例，整个单位冲压周期减少约 6 秒，单位生产节拍得到提高。

4) 在生产环节优化方面，通过增加临时储物架和堆料架，减少半成品的入库搬运环节，取消重复的检验步骤等方法，使得生产环节时间从 128.42 分钟降低至 60.6 分钟，缩短了 50% 的环节时间。

5) 在换模方面，运用快速换模方法，通过区分内外部作业，并行相同工序，双人操作等方法，使得换模时间由原本 158.5 分钟降低至 118.5 分钟，缩短了 25% 的换模时间。

以上优化方案的实施，实现了在不增设产线，不加大生产资源投入的情况下，以较低的改善成本，利用精益生产优化方法，使得 B 厂设备综合利用率得到提升，生产环节存在的浪费情况得到改善，从而降低了企业运营成本，初步达到了企业对于生产线改善的需要。

本文主要创新点为针对冲压零部件生产的价值流分析。

## 参考文献

- [1] H. Hill, Christopher new manufacturing paradigms-new manufacturing policies, Technological forecasting and social change, 1992, 23-45.
- [2] 迈尔·伯乐、弗雷迪·伯乐, 金矿: 精益生产-挖掘利润[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [3] Toksoy G. Five Principles to Guide lean Success[J]. Canadian Shipper, 2014.
- [4] Chiarini A. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 85: 226-233. Amelia Natasya Abdul Wahab, Muriati Mukhtar, Riza Sulaiman. A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. Procedia Technology, 2013, 11, 1292-1298.
- [5] C. Roriz, E. Nunes, S. Sousa. Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company[J]. Procedia CIRP, 2017, 63: 125-131.
- [6] Anisur Rahman, Azharul Karim. Application of lean production to reducing operational waste in a tile manufacturing process[J]. International Journal of Management Science and Engineering Management, 2013, 8(2): 9.
- [7] Bhim Singh, S. K. Garg, S. k. Sharma, Chandandeep Grewal. Lean implementation and its benefits to production industry[J]. International Journal of Lean Six Sigma, 2010, 1(2): 157-168.
- [8] Rahani AR, Muhammad al-Ashraf. Production Flow Analysis Through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study[J]. Procedia Engineering 2017(41): 1727-1734.
- [9] Ha Harwinder Singh, Amandeep Singh. Application of lean manufacturing using value stream mapping in an auto-parts manufacturing unit[J]. Advances in Management Research, 2016 (10) : 72-84.
- [10] Anand Gurumurthy, Rambabu Kodali. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation[J]. Manufacturing Technology Management, 2018(22): 444-473.
- [11] 陆杰, 周炳海. 基于精益生产理念的精密仪器装配线改善[J]. 机械制造, 2016, 54(9): 81-84.
- [12] 李琴, 彭丽霞, 刘海东等. 价值流技术在产品生产系统优化中的应用[J]. 现代制造工程, 2015 (2) : 24-29.

- [13] 黄东杏.快速换模 (SMED) 在 TM 弹簧制造公司的应用研究[D].华南理工大学, 2015.
- [14] 蔡培明.精益生产在 E 变速箱公司生产管理中的应用研究[D].东华大学, 2017.
- [15] 齐海龙.阿道尔公司精益生产方式研究[D].吉林大学, 2017.
- [16] 董鹏, 吴焕岭.精益生产在生产线改善中的应用研究[M].北京: 服装学院学报(自然科学版), 2013, 33 (02): 63-72.
- [17] 杨青, 乔黎黎.基于价值流图析技术的精益改进研究[J].金属世界, 2019(s1): 145-148.
- [18] 李文杰, 徐克林.基于价值流图析的精益生产研究[J].机电设备, 2019, 26 (01): 41-44.
- [19] 涂在友, 王峰, 王巍巍.流程程序分析在企业生产流程改进中的研究[J].中国储运网, 2010.04, 91-93.
- [20] Guangyu Xiong,Xiuqin Shang,Gang Xiong,Timo R.Nyberg.A Kind of Lean Approach for Removing Wastes From Non-Manufacturing Process With Various Facilities[J].IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica,2019,6(01):307-315.
- [21]高贺云, 任成渝, 王霄.基于 ECRS 原则的生产系统流程优化[J].计算机产品与流通, 2017 (10) .
- [22] 李庆远. 如何做好精益生产:JIT 生产实务手册 [M]. 广州: 广东经济出版社, 2012.
- [23] 张雷.设备综合效率在半导体测试设备管理中的应用研究[J].中国高新技术企业, 2014(15): 17-19.
- [24] 杜金丹.设备综合效率在注塑企业的计算及应用[J].橡塑技术与装备, 2017 (16) .
- [25]搜狐.汽车观察|本特勒:练好底盘功夫  
[EB/OL].[https://www.sohu.com/a/140102084\\_190282](https://www.sohu.com/a/140102084_190282), 2017年5月12日.
- [26] 中商情报网. 2019 年中国汽车零部件市场回顾及 2020 年发展趋势预测 (附数据图)  
[EB/OL].[https://www.askci.com/news/chanye/20191227/0949191155845\\_2.shtml](https://www.askci.com/news/chanye/20191227/0949191155845_2.shtml), 2019 年 12 月 27 日.
- [27] 本间峰一, 北岛贵三夫, 叶恒二著, 陈楚阳译.改善[M].北京, 人民东方出版社, 2012年, 第22-37页.
- [28] 今井正明著, 周健译.现场改善: 低成本管理方法的常识[M].北京, 机械工业出版社, 2013年, 第126-127页.
- [29] 李海兰, BSL 公司注塑车间生产管理的现状研究及改善[D].华东理工大学, 2011.
- [30] 赵月.基于价值流程图的 A 公司 BPI 生产线改善研究[D].中国矿业大学, 2019.

## 致谢

在本次课题研究以及论文写作的过程中，非常感谢上海交通大学给予我的学习机会，以及程先华老师给予我的帮助，无论是选题、论文架构以及各章节的内容，老师都给予了我细心的指导与宝贵的建议。如果没有导师的帮助，我是无法顺利完成此次的研究工作。在此过程中，导师严谨求实的态度、兢兢业业的精神深深的打动了我。这不仅是我学习生涯的榜样，更是日后工作中的榜样。感谢所有授我以业的老师，没有这些年知识的积淀，我没有这么大的动力和信心完成这篇论文。感恩之余，诚恳地请各位老师对我的论文多加批评指正，使我及时完善论文的不足之处。谨以此致谢最后，我要向百忙之中抽时间对本文进行审阅的各位老师表示衷心的感谢。

## 攻读硕士学位期间发表的学术论文

《科技论文写作》课程成绩：B

该课程提交大作业(学术文章)：徐■■■■，浅谈伺服电机控制系统在整车测试中应用

说明：2016年6月，经学院、学部、学校学位评定委员会审核，通过了学院关于非全日制硕士生取消发表小论文的提议。同意非全日制研究生自2015级开始，用《科技论文写作》课程取代发表小论文，课程结束时提交一篇小论文作为作业，并且该作业由学院统一进行查重。

# 附件2. 1011版

申请上海交通大学工程管理硕士学位论文

## 基于价值流分析的 B 厂生产流程 改善研究

院 系： 机械与动力工程学院

专 业： 工程管理

交 大 导 师： 程先华教授

企 业 导 师： 肖俊

硕 士 研 究 生： 徐■■■

学 号： 1170208913

上海交通大学机械与动力工程学院

2020 年 8 月

Thesis Submitted to Shanghai Jiao Tong University  
for the Degree of Engineering Master

**THE RESEARCH ON IMPROVEMENT OF B COMPANY'S  
PRODUCTION PROCESS BASE ON VALUE STREAM  
MAPPING**

**M.D.Candidate:** Yicheng Xu

**Supervisor(I):** Xianhua Cheng

**Supervisor(II):** Jun Xiao

**Speciality:** Engineering Management

School of Mechanical Engineering  
Shanghai Jiao Tong University  
Shanghai, P. R. China  
August, 2020

# 上海交通大学

## 学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期：年月日

# 上海交通大学

## 学位论文使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。

本学位论文属于公开论文

内部论文，1年/2年/3年解密后适用本授权书。

秘密论文，年（不超过10年）解密后适用本授权书。

机密论文，年（不超过20年）解密后适用本授权书。

（请在以上方框内打“√”）

学位论文作者签名： 指导教师签名：

日期：年月日 日期：年月日

## 基于价值流分析的 B 厂生产流程改善研究

### 摘要

汽车作为工业文明的产物受到越来越多的重视。对于汽车制造商而言，如何缩短产品的交付周期以及提高产品交付的质量是企业面对越来越竞争激烈的市场中，能够活下去的关键。如何对产品的生产流程优化，使生产流程在环节上最精简、成本上最低廉是摆在当下汽车制造商面前的一道难题。

B公司是德国知名汽车零部件制造商，国内市场份额占有率排名前列。随着国内本土零部件企业竞争力加强，为保持市场地位及加强市场竞争力，B公司在2019年初提出“降本增效”口号，选定冲压产品吉利CMA AWD后桥侧臂为研究对象，并组建生产改善小组，利用精益生产方法进行生产优化。生产改善小组运用价值流程图分析法，收集了后桥侧臂生产中的信息流、物流流，并完成价值流程图绘制。分析后，发现B厂冲压生产存在：生产增值率低和设备综合利用率低问题。导致B厂生产增值率低的原因是生产中存在着搬运浪费、动作浪费和不恰当加工浪费等问题，导致设备综合利用率低的原因是生产换模时间较长、设备技术员技能熟练度不够问题。

针对生产增值率低问题，改善小组通过调整冲压工艺参数优化压机生产程序，缩短单位冲压时间；通过现场物料架增设及环节合并来缩短生产流程时间。

针对设备综合利用率低问题，改善小组通过制定故障解决流程，将流程标准化；通过分析设备故障原因并培训维修经验，提升维修团队整体维修水平。通过快速换模方法，区分内外部作业，缩短产品换模时间；

优化实施后，设备综合效率从原本 64.11%提升至 73.58%，提升约 9.47%；吉利后桥侧臂整个单位冲压周期减少约 2 秒；生产环节时间从 22.75 分钟降低至 16.65 分钟，缩短了 26.8%的环节时间；换模时间由原本 1979 秒降低至 1386 秒，缩短了约 30%换模时间。以上改善，初步达到了公司年初的目标。

**关键词：**冲压产能，价值流程图，生产流程优化，价值流分析，精益生产

# **THE RESEARCH ON IMPROVEMENT OF B COMPANY'S PRODUCTION PROCESS BASE ON VALUE STREAM MAPPING**

## **ABSTRACT**

As a product of industrial civilization, automobile has been paid more and more attention. For automobile manufacturers, how to shorten the product delivery cycle and improve the quality of product delivery is the key to survive in the increasingly competitive market. How to optimize the production process of the product, so that the production process in the link is the most concise, the lowest cost is placed in front of the automobile manufacturers.

Company B is a well-known German auto parts manufacturer, and its domestic market share is in the forefront. With the strengthening of the competitiveness of domestic parts enterprises, in order to maintain the market position and strengthen the market competitiveness, company B put forward the slogan of "reducing cost and increasing efficiency" in early 2019, selected the stamping product Geely CMA AWD rear axle side arm as the research object, and set up a production improvement group to optimize the production by using lean production method. The production improvement team used the value flow chart analysis method to collect the information flow and logistics flow in the production of the rear axle side arm, and completed the value flow chart drawing. After analysis, it is found that there are some problems in stamping production in B plant: low production value-added rate and low comprehensive utilization rate of equipment. The reason for the low value-added rate of production in factory B is that there are problems such as waste of handling, waste of action and waste of improper processing. The reason of low comprehensive utilization rate of equipment is that the time of mould change is long and the skill of equipment technician is not enough.

In view of the low value-added rate of production, the improvement team adjusted the stamping process parameters to optimize the press production process and shorten the unit stamping time; through the rapid die change method, the internal and external operations were distinguished to shorten the product die change time; the on-site material rack addition and link combination were used to shorten the production process time.

Aiming at the problem of low comprehensive utilization rate of equipment, the improvement team standardized the process by formulating fault solving process; updated

the inspection scope of equipment points timely by recording the failure; and improved the overall maintenance level of the maintenance team by analyzing the causes of equipment failure and outputting relevant experience documents.

After the optimization, the overall efficiency of the equipment was increased from 64.11% to 73.58%, which was increased by 9.47%; the whole unit stamping cycle of Geely rear axle side arm was reduced by about 2 seconds; the production link time was reduced from 22.75 minutes to 16.65 minutes, which shortened 26.8% of the link time; the die change time was reduced from 1979 s to 1386 seconds, which shortened the die change time by about 30%. The above improvement has initially achieved the target of the company at the beginning of the year.

**KEY WORDS:**Stamping capacity, value flow chart, production process optimization, value flow analysis, lean production

# 目录

摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
目录 .....	IV
第一章绪论 .....	1
1.1 研究的背景及意义 .....	1
1.1.1 研究的背景 .....	1
1.1.2 研究意义 .....	1
1.2 精益生产国内外研究现状 .....	2
1.3 精益生产相关方法 .....	4
1.3.1 价值流图分析法(VSM).....	4
1.3.2 快速换模 .....	7
1.3.3 设备综合利用率 .....	7
1.4 研究内容 .....	9
1.5 本章小结 .....	10
第二章 B 零部件厂生产管理现状及问题分析 .....	11
2.1 B 零部件厂概况 .....	11
2.1.1 公司运营概况 .....	11
2.1.2 B 厂面临的挑战 .....	13
2.2 基于价值流程图的 B 零部件厂冲压生产流程分析 .....	15
2.2.1 选定研究对象 .....	15
2.2.2 B 厂冲压产品 PQ 分析 .....	16
2.2.3 精益小组成立 .....	18
2.2.4 客户需求分析 .....	20
2.2.5 工位关键数据收集 .....	21
2.2.6 物流相关数据收集 .....	22
2.2.7 信息流相关数据收集 .....	22
2.3 绘制价值流程图 .....	23
2.4 B 零部件厂生产管理问题总结分析 .....	25

2.5 本章小结 .....	35
<b>第三章改善方案的研究 .....</b>	<b>36</b>
3.1 制定改善方案的总体思路 .....	36
3.2 规划改进目标 .....	36
3.3 改进方案的整体设计 .....	37
3.3.1 生产流程改善设计 .....	37
3.3.2 快速换模应用 .....	39
3.3.3 生产程序优化 .....	40
3.3.4 设备故障维修改善 .....	43
3.4 绘制未来价值流程图 .....	46
3.5 本章小结 .....	46
<b>第四章改善方案的实施及效果评析 .....</b>	<b>48</b>
4.1 改进方案的实施 .....	48
4.1.1 生产流程改善实施 .....	48
4.1.2 快速换模改善实施 .....	50
4.1.3 设备故障维修改善实施 .....	52
4.1.4 生产程序改善实施 .....	57
4.2 效益对比分析 .....	61
4.2.1 库存改善前后对比 .....	错误！未定义书签。
4.2.2 生产流程和换模时间前后对比 .....	61
4.2.3 故障维护时间和设备利用时间对比 .....	61
4.3 本章小结 .....	63
<b>第五章总结与展望 .....</b>	<b>65</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>66</b>
<b>致谢 .....</b>	<b>67</b>
<b>攻读硕士学位期间发表的学术论文 .....</b>	<b>69</b>

# 第一章绪论

## 1.1 研究的背景及意义

### 1.1.1 研究的背景

汽车零部件行业是汽车产业中重要的一环。近几年，由于购车需求的日益下降以及持续拥堵的道路环境所导致的限行限购政策等原因，汽车行业整体销售增速放缓。增速的放缓以及由于主机厂订单量的下降逐渐影响到下游零部件厂的日常生产运营。加上日益增高的例如场地、人力等成本的支出，对于大多数零部件企业而言，降本增效迫在眉睫。

本人以工作过的B零部件厂冲压产线为主要研究对象，B零部件厂主要生产汽车关键零部件（发动机排放控制装置、驱动桥、车身结构件）等产品。B零部件厂开展业务往来的车企众多，包括戴姆勒奔驰、一汽大众、上汽通用、长安福特、武汉神龙、奇瑞捷豹路虎、奇瑞观致、杭州吉利等中大型车企。

B零部件厂的生产规模和技术均排名行业前列，公司建立之初的生产任务主要以德国生产项目迁移至国内为主，将设备机器、工艺布局、生产工序直接复制粘贴。但随着公司品牌在华影响力的扩大和订单的增加，加之本地客户的需求愈发多样化和个性化，对于企业的生产要求越来越严格，靠大批量低成本的盈利模式渐渐无法适应现在的市场竞争。因此，亚太及工厂管理层逐渐意识到需要采取适合企业本地化发展的战略。为应对这个情况，B零部件厂亚太总部制定了新的经营战略：

- （1）巩固优势：巩固规模生产的优势，将现有资源配置优化，挖掘企业潜能；
- （2）提升竞争力：提高客户满意度，降低生产成本，进一步释放设备产能；
- （3）快速提升：通过加强岗位学习，培训，加速战略目标实现。

为了配合新的经营战略，亚太高层在B零部件厂开展全员精益生产岗位培训活动。而B零部件厂经营改善的基本思想就是针对现场应用价值流图分析技术，评估当前现场生产状况，再使用精益生产相关理论和工具进行改善。

### 1.1.2 研究意义

中国汽车市场虽然近一两年由于全球经济下行压力以及国内一二线城市市场需求渐渐趋于饱和等因素影响，整体整车市场销售体量处于减少趋势，但仍然具有一

定市场规模潜力值得发掘，许多大型跨国汽车企业也进一步的在中国加大投资力度，为进一步实现整车本地化战略做铺垫，这对于零部件厂而言依然是一个利好的信息与机遇，但，机遇与风险往往并存。目前的汽车市场客户需求端，存在着需求个性化，需求多样化的变化态势，同时，对于汽车配套件的创新性、环保性、安全性等方面也存在着较高的要求。对于汽车零部件厂商而言，除了要降低自己的库存，提高产品换代速度之外，如何提高生产效率，降低企业生产成本是目前存在的较为普遍的问题。

此外，在查找相关精益生产理论文献的过程中，发现关于针对冲压生产产能提升的文献资料比较缺乏，因此希望本文的研究成果为其他学者在冲压企业进行精益改善时作参考。

本文以精益生产的理论为基础，通过研究B零部件厂冲压生产产品的价值流及相应改善方案的应用，可以对企业起到以下4个方面的作用：

- (1) 通过对现有产品的价值流分析和采取的响应改善措施，可以有效提高公司的生产效率，减少过量生产，缩短产品生产周期；
- (2) 根据客户实际需求，保质保量并按时交付产品，且不产生过量成品库存；
- (3) 改善生产工艺，缩短生产单位周期；
- (4) 改善生产工序，以更快速度切换产品，降低在制品库存。

## 1.2 精益生产国内外研究现状

精益生产是多国专家在研究丰田生产模式在发达国家和发展中国家实际应用情况的基础上，在1990年提出的比较完整的生产经营管理理论<sup>[1]</sup>。

国外对于精益生产的研究主要分为两类，第一类结合实践经验，从不同角度对精益生产的定义、内涵、方法以及目的进行诠释。

迈尔·伯乐、弗雷迪·伯乐在《精益生产-挖掘利润》一书中，详细介绍了精益生产改善的工具，并认为，通过全员参与的持续改善能够为企业起到提升竞争力的目的<sup>[2]</sup>。

Guy Tosksoy认为，全员参与、内部质量控制、标准化、缩短交付期和持续改善是精益生产实施成功所必备的五项原则<sup>[3]</sup>。

Chiarini A等研究发现，现场5S管理可以提高废物管理，全面生产维护可以降低设备故障率，快速换模可以进一步增加生产时间，提高生产效率<sup>[4]</sup>。

第二类是运用精益生产相关理论，结合企业生产实际，进行问题分析并提出改善方案。

Roriz等对纸箱生产企业的生产过程质量进行研究，通过使用5W1H、鱼骨图分析

等精益生产工具，进行时间和性能指标的研究，为企业降低生产成本找到切实可行措施<sup>[5]</sup>。

Anisur Rahman和Azharul Karim认为，目前大规模生产的企业容易造成库存浪费和较高的生产成本，他俩运用精益生产中价值流分析的方法，优化生产流程和布局，实现了企业零浪费和准时化生产<sup>[6]</sup>。

Bhim Singh等对企业生产过程中存在的资源浪费、人力浪费等现象进行价值流分析，并采取改善生产布局、优化生产流程等方式有效减少在制品库存，缩短了产品交货期，从而认为指出价值流图是精益生产改善过程中贯穿于整个生产现场的重要工具<sup>[7]</sup>。

Rahani AR和Muhammad al-Ashraf通过利用价值流程图为基础的精益生产揭示了D45T产品生产过程中的非增值环节。运用精益生产工具来减少这些非增值时间，并通过优化后的生产周期时间来评估改善成果<sup>[8]</sup>。

Harwinder Singh和Amandeep Singh<sup>[9]</sup>运用价值流程图，找出企业生产流程中低效的环节，并最终使得企业的生产周期时间下降。

Anand Gurumurthy和Rambabu Kodali<sup>[10]</sup>运用价值流程图，设计了相关仿真模型，使得门窗企业在无任何额外的资源提高了生产产能，满足了日益增长的订单需求。

最近几年，越来越多的学者开始运用精益生产来对我国制造业企业生产过程中存在的进行分析和改善。

陆杰、周炳海<sup>[11]</sup>通过记录工作状况，运用精益生产工具和方法，从生产布局方面分析了现有问题，通过运用精益生产工具，简化操作过程，优化工位任务，缩短搬运距离，进而有效提高生产效率。

李琴等运用价值流图技术对现场生产过程进行研究分析，首先对改善前产品生产过程进行工艺流程分析和现场数据收集，然后针对现有问题，制定相应改善措施，并绘制出改善后的产品未来价值图。通过车间设备布局的改善和人员的调整，有效地减少了生产过程中的非增值活动，提高加工效率，并减少了在制品库存量<sup>[12]</sup>。

黄东杏从流程现状、操作现状、动作现状等四个角度对弹簧制造公司产品快速换模的现状进行分析研究，运用区分内外部作业、内外作业转换等方法，改善了快速换模中存在的问题，提高了生产效率<sup>[13]</sup>。

蔡培明运用价值流程图方法，寻找分析变速箱生产公司在实施精益生产过程中存在的问题，并通过5S、快速切换、全员维护TPM等精益生产工具制定相应优化方案，并最终提高了企业生产效率<sup>[14]</sup>。

齐海龙通过对阿道尔公司的生产管理现状进行分析研究，从生产流程、现场管理、

精益生产工具的推行三个角度提出了改善方案，并在此基础上从人力资源、生产制度和生产成本三个方面进行实施改善，最终提高了企业生产效率，降低企业生产成本<sup>[15]</sup>。

董鹏、吴焕岭从物流运输、工序节拍、生产工艺三个角度对卡莱公司生产管理现状进行分析，并针对所发现的产能低、生产效率低等问题，运用精益生产理论，5W1H、ECRS 等方法提出合理改善方案，最终提高企业生产效率，增加生产产能<sup>[16]</sup>。

相较于西方发达国家，我国精益生产的研究起步较晚，我国国内一部分企业在引入精益生产方式之后，往往只取得了一点改善就半途而废，而没有深入地去理解精益思想的本质。随着国内人力成本的逐年提升，生产资源成本的增加，市场竞争压力的加大，如何有效运用精益生产方法来提高生产线生产效率，降低生产成本正逐步获得重视；虽然国内外相关研究已经较多，但是如何结合自身企业来解决企业问题，仍然还需继续研究。

### 1.3 精益生产相关方法

#### 1.3.1 价值流图分析法(VSM)

价值流图分析法（Value-Stream-Mapping）由美国麻省理工学者迈克·鲁斯和约翰·舒克提出。价值流图分析法是一种具备目视化沟通、流程改善和生产管理功能的管理工具<sup>[17]</sup>。

价值流图分析法通过运用符号，表达了客户从下单到产品交付的整体信息流和材料流，并在绘制过程中改善瓶颈工序<sup>[18]</sup>。

价值流图析包括以下具体实施步骤，主要过程如图1-1所示<sup>[19]</sup>：

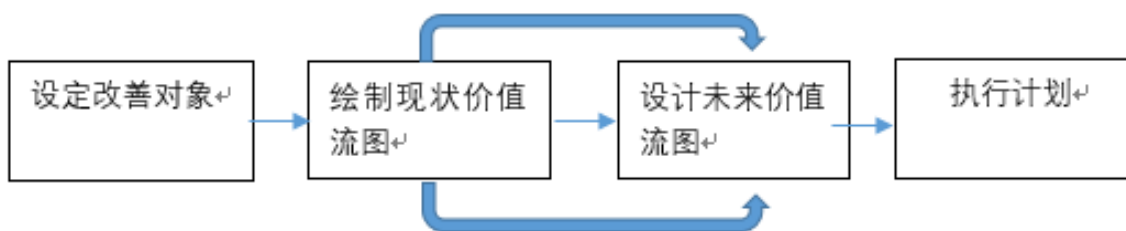


图1-1 价值流图析应用过程

Fig.1-1 The process of value stream mapping

- (1) 成立改善研究小组；
- (2) 选择一个产品系列作为研究对象；

- (3) 收集客户端订单、物流和信息流等相关数据；
- (4) 描绘现状价值流图；
- (5) 发现、分析问题；
- (6) 设计未来价值流图、设立改善目标；
- (7) 改善方案设计、论证、计划、实施；
- (8) 评价改善效果、总结。

在分析价值流图时，一般会使用5W1H法、七大浪费法、ECRS等方法发现和消除不增值活动和浪费。

“5W1H”提问技术是指生产活动从目的、原因、时间、地点、人员、方法等六个方面进行提问，并进一步探讨改进的可能性，具体提问方式如表 1-1 所示。

表 1-1 “5W1H”提问表

询问内容	第一次设问	第二次设问	第三次设问
目的	做什么 (what)	是否必要做	是否有更合适对象
原因	为何做 (why)	为什么要这样做	是否不需要做
时间	何时做 (when)	为何需要此时做	是否有更适合时间
地点	何处做 (where)	为何需要此处做	是否有更适合地点
人员	何人做(who)	为何需要此人做	是否有更适合的人
方法	如何做(how)	为何需要这样做	是否有适合的方法

七大浪费是指生产活动中存在着7种浪费现象，分别是：搬运的浪费，等待的浪费，过多制造的浪费，维修和返工的浪费，过度加工的浪费，库存的浪费，动作的浪费<sup>[20]</sup>。

#### (1) 等待浪费

等待浪费一般有以下4种情况：第一种情况是本道工序毛坯料未按时送到造成的等待浪费，这种浪费产生原因主要是前后工序沟通不畅造成的；第二种是自动设备加工时工人在旁无所事事等待造成的浪费。这种浪费产生原因主要是生产管理不到位；第三种是信息等待，生产过程遇见问题无法及时处理造成生产停滞；第四种是计划安排不当，生产不平衡。这种浪费产生原因主要是瓶颈工位加工时间较长造成下游工序的等待。

#### (2) 搬运浪费

搬运浪费是指流程中的两点之间存在一定无效距离，造成生产时间浪费在不断的搬运过程中。解决方法一般是优化搬运距离或生产布局，减少搬运时间。

### （3）维修和返工的浪费

维修和返工的浪费是指加工的产品性能无法满足客户要求，需要返工或者直接报废，而这就造成了人工、机器及材料的浪费，精益生产应该杜绝不合格品的浪费。

### （4）动作的浪费

生产加工的操作者在生产过程中做过多的多余动作，精益生产强调最精炼的动作完成生产。

### （5）过度加工的浪费

过度加工的浪费是指加工工艺不合理导致加工时间变长而造成的浪费。

### （6）库存浪费

这里库存包括原材料、半成品库存及成品库存。传统制造业会设置一定量库存来避免生产停滞，精益生产认为，库存本身就是浪费，库存所涉及的场地费、搬运费都间接增加了管理费用。消减库存是精益生产的重要任务之一。

### （7）过量制造浪费

过量制造来源于企业管理者传统观念中对机器和人工闲置的抵触。对于企业而言，每个生产车间都按最大能力生产而忽视客户的实际需求，会造成在制品、成品的库存数量增加，另外，库存设置的不合理也是主要造成过量制造浪费的主因之一。

ECRS 分析原则一般被用于作业或生产工序中，主要对每一道生产工序参照 ECRS 原则进行检查，“E”即消除，消除不必要环节。“C”即合并，对于无法取消又必要的，通过合并来简化。“R”为重排，不能取消或合并的，可以根据何人、何事、何时来重排。“S”为简化，精简复杂、重复的环节。具体如表 1-2 所示<sup>[21]</sup>。

表 1-2 ECRS 原则

原则	阐述
剔除	首先要思考该项工作或环节有无存在的必要？这个工作或环节起到了什么作用？完成了什么工组？是否是必须存在的环节？理由是什么？
合并	如果不能取消，是否存在于与其他工作或环节合并的可能性？
重排	思考，当前生产环节顺序是否恰当？是否有重新排序的必要？
简化	工作或环境的步骤中是否存在重复或者过于复杂，是否可以精炼？

增值活动与非增值活动是生产过程中唯一的两种活动，通过识别浪费或非增值活动，来起到改进生产流程，降低在制品中间库存，降低等待浪费等作用，来最终提高客户满意度，提升公司市场竞争力。

### 1.3.2 快速换模

目前国外在处理小批量多品种定单的成本控制方面的理论主要是 SMED。SMED 的全称是“六十秒即时换模”(Single Minute Exchange of Die)，是一种快速和有效的切换方法。主要是用来改善设备装换调整时间过长这一难点，将可能的换线时间缩到最短(即时换线)。它可以将一种正在进行的生产工序快速切换到下一生产工序。快速换模法能够并且常常是用于启动一个程序并快速使其运行，且处于最小浪费的状态<sup>[22]</sup>。

快速换模的实现主要通过 3 大步骤：

(1) 区分内部作业和外部作业。在换模过程中对所有的换模操作进行分类，其中，将必须要使设备停止的作业划分为内部换模作业；可以在设备运转时进行的操作归位外部换模作业。

(2) 压缩内部作业时间。针对内部换模，调整其操作步骤，发掘内部作业中不需要串行的操作，改为并行操作，同时需要考虑安全因素，坚决摒弃安全隐患的环节。

(3) 压缩外部作业时间。通过对设备或者工具的改造可以同时改善内部作业和外部作业，节约内部和外部换模时间，对设备的改善包括对设备功能进行优化，对工具的领取实行标准化。

### 1.3.3 设备综合利用率

设备综合效率 OEE(Overall Equipment Efficiency)，是一种分析工具，用来衡量设备生产能力并能够识别瓶颈工序设备带来的效率损失<sup>[23]</sup>。

在计算设备综合效率 OEE 时，首先需要知道各个时间的构成。如下表 1-3 所示：

表 1-3 设备运行时间组成

总时间			
计划运行时间			计划故障
实际工作时间		计划维护	计划停机
净运行时间		利用率损失（换模时间、故障时间、非计划维护时间）	
总生产时间		性能损失	

净生产时间	质量损失
-------	------

总时间指计算周期内所有可利用时间。计划故障时间为由于外部因素造成的停机时间（如节假日、计划内的周期性停水停电等）。计划维护、计划停机时间是必要的设备维护和生产计划中已安排的可停机时间。利用率损失指某种意外事件发生而导致设备不能正常运行或者因物料缺料导致等待、产品换模等。性能损失是指设备故障，修理和更换零部件所需时间。质量损失是指生产过程中产生的废品和返工时间<sup>[24]</sup>。

设备综合效率(OEE)主要包含 3 个衡量因子：设备时间开动率、设备性能开动率和合格品率，主要的计算公式如下：

$$\text{设备综合效率 OEE} = \text{性能开动率} \times \text{时间开动率} \times \text{合格品率} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中：

(1) 时间开动率反映了设备的时间利用情况，包括设备故障、调试等停机损失。

$$\begin{aligned} \text{时间开动率} &= \text{实际工作时间} / \text{计划运行时间} \\ \text{计划运行时间} &= \text{总时间} - \text{计划停机时间} \\ \text{实际工作时间} &= \text{计划运行时间} - \text{设备调整时间} \end{aligned}$$

(2) 性能开动率是指理论产出和实际产出的比值。反映了设备性能发挥情况，包括设备空转、停机、速度降低等性能损失。

$$\text{性能开动率} = \text{生产数量} \times \text{加工周期} / \text{实际生产时间}$$

(3) 合格品率反映了设备真实工作情况，反映了设备加工损失情况。

$$\text{合格品率} = \text{合格品数量} / \text{生产数量}$$

设备综合效率由时间开动率、性能开动率和合格品率共同决定，因此需要这三个指标都维持较高水平，设备综合效率才能提高。这三个因素指标又与设备实际工作时间、设备生产加工周期和不合格品数量相关。

制造业中一般存在六大损失，六大损失与 OEE 的关系如下表 1-4 所示，利用设备综合效率 OEE 指标可以有效帮助企业发现隐藏的问题。

表 1-4 制造业六大损失与 OEE 关系表

损失项目	OEE 类别	造成的原因	备注
停机损失	时间开动率	1) 原材料短缺 2) 设备故障	表示设备突发故障引发停工
换模、调试损失	时间开动率	1) 模具更换 2) 产线调试	因为产品更换造成的换线准备
暂停机损失	性能开动率	生产不畅	故障原因以外的短暂停机
减速损失	性能开动率	运行设备老化后低于设计速度	任何导致设备无法达到要求速度的因素
启动过程次品损失	合格品率	报废、返工	试运行过程产生的次品
生产过程次品损失	合格品率	报废、返工	稳定生产产生的次品

## 1.4 研究内容

在本研究中，主要包含 5 个章节的内容，具体论述如下：

第一章绪论。主要是介绍了选择该选题的主要原因及其背后的研究意义，其次阐述了国内外研究现状，通过了解这一课题相关的研究现状和理论，为后续的研究提供一定的参考价值，最后阐述希望通过研究能达到的目的和成果。

第二章 B 零部件厂生产管理现状及问题分析。主要简述了 B 零部件厂的概况，对 B 公司现有的生产流程现状和存在的问题进行梳理，并通过组建生产流程优化小组，绘制价值流程图的方式，来分析识别问题所在，并为下一章具体优化改善方案提供优化方向。

第三章改善方案的研究。根据前一章分析的 B 零部件厂生产存在的生产环节浪费和设备利用率低两个方面，提出优化改进方案，然后基于五点准则，绘制未来价值流程图。分别计划通过设备现场管理改善、工艺流程改善、生产换模改善等几个方面对冲压生产流程进行改善，为下一章具体实施提供了方向。

第四章改善方案的实施及效果评析。基于前文第三章优化改善方案进行优化实施。在实施后，提升了设备的综合利用率，减少了生产环节时间，缩短了生产换模事假，整体上达到了优化的目标。

第五章总结与展望。说明本文在精益生产理论运用中的不足以及以后的研究方向。论文研究框架（见图 1-2）

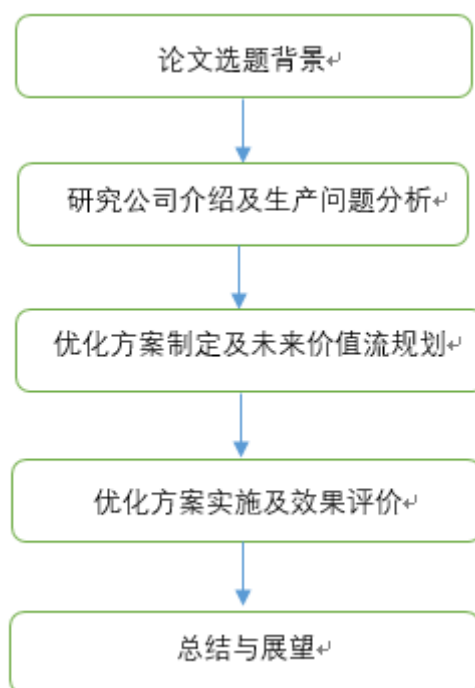


图 1-2 论文框架图

Fig.1-2 Structure of thesis

## 1.5 本章小结

本章首先就论文的选题背景与研究意义进行阐述,通过目前汽车市场竞争压力巨大的客观事实,以及现有精益生产尤其是价值流图析文献在冲压生产领域的研究的不足,突出研究提高汽车生产效率具有一定的研究价值。同时,综述国内外关于精益生产、价值流图析及快速换模的研究现状及相关理论方法,并以框图形式,简述了论文的基本结构和写作思路,本论文旨在运用精益生产改善工具中的价值流图析方法,通过分析B零部件厂冲压生产过程,绘制当前生产价值流程图,并发现存在的非增值环节及存在的问题,然后制定优化改善方案并绘制未来价值流程图,通过实施改善方案和效果评价,来证明该优化方案的有效性以及价值流图析技术的可行性。

## 第二章 B 零部件厂生产管理现状及问题分析

### 2.1 B 零部件厂概况

#### 2.1.1 公司运营概况

德国家族企业B公司1876年成立于德国比勒菲尔德，全球范围内拥有81家生产工厂及工程中心，一万九千多名员工，主营钢管制造、汽车零配件等，截止2017年，汽车销售额占B公司总销售额的76.2%。中国区域汽车业务占全球汽车业务的12%<sup>[25]</sup>，达58亿元。

B 零部件厂建立于 2011 年 9 月 23 日，是 B 公司在上海设立的独资企业，主要供给汽车底盘冲压件产品，包括侧臂、前横梁、控制臂等如下图 2-1 所示。




图片	描述
	
(控制臂)	(上壳体)
	
(钢管)	(下臂)

图 2-1 B 厂主要产品类型

Fig.2-1 Main products of Plant B

B 零部件厂作为 B 公司在亚太地区的管理及研发中心，与 B 公司亚太区研发与管理中心共用一处办公地点，在职能上，B 零部件厂承接由亚太项目部所指派的项目生产任务，公司组织上由总经理领导，总经理的任命与经营权利由亚太部授权；总经理

直属管理采购、质量、生产运营、物流四个部门经理，生产运营部包括焊接生产部、冲压生产部和设备部，负责工厂日常生产开展。具体结构如下图2-2所示。

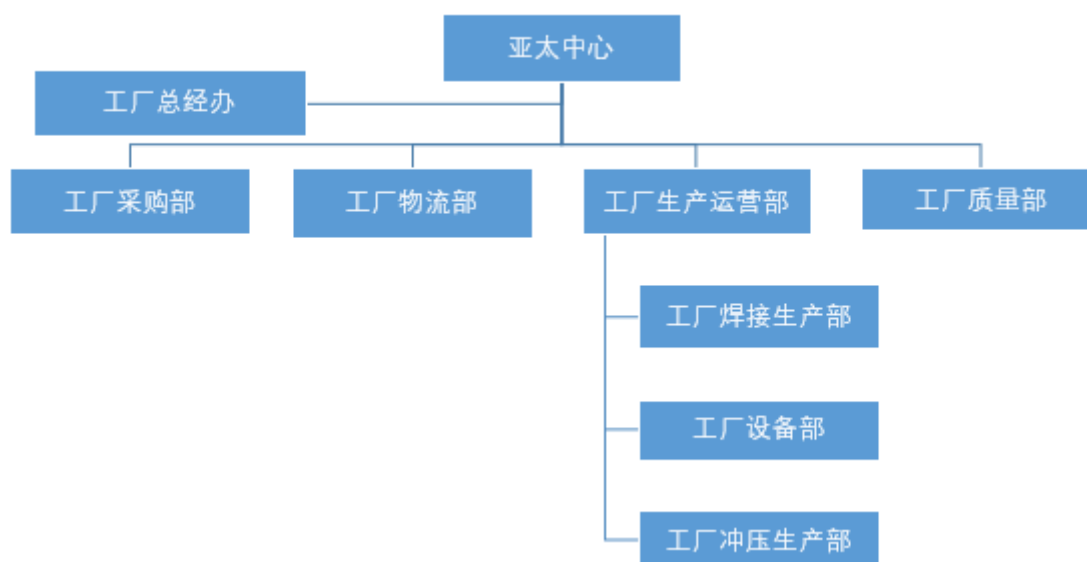


图 2-2 B 厂运营组织架构

Fig.2-2 Operation organization structure of plant B

冲压生产部是生产运营部内重要部门，主要负责将板材坯料冲压成型的工作，拥有工程师、操作工等近30人负责包括模具维修保养、压机调试操作、现场管理等，整个生产环节均有人员参与，人为因素参与程度较多。生产设备较齐全，包括1台2500T疏勒压机，3台CNC数控加工中心以及多台线切割、铣床、磨床等。冲压生产部共生产包括本田飞度侧臂，福特蒙迪欧消音器上片，奔驰W205前横梁以及吉利CMA后桥侧臂等23种车型零部件，其中，吉利CMA为模块化架构车型，其配套零部件后桥侧臂年销售量较高，占公司2018年销售额的26%。经统计，所有冲压产品占公司年销售额的63%。焊接生产线是生产运营部下属的另一个生产部门，其主要负责在冲压生产完成后，将半成品焊接拼缝的工作，拥有工程师、操作工等15人，主要负责机器人程序调试运行，焊接工装维护等。整个生产环节自动化程度较高，除放置半成品、拿取成品以及生产程序进行与终止有人员参与外，主要焊接生产部分由机器人独立完成，人为因素参与程度相对较少。2018年，焊接生产线共计8种产品销售额占公司年总销售额的22%。

截止2018年12月底，如图2-3B公司2018年年报显示，B公司全球盈收80.72亿欧元，较2017年78.56亿欧元上涨2.74%，总资产由2017年的5.13亿欧元上升到2018年的5.33

亿欧元, 上涨3.9%,但息税前利润从2017年的2.1亿欧元下降到1.2亿欧元,下降42.8%, 现金流2.81亿欧元, 下降约30.3%。B零部件厂2018全年销售额8.96亿元人民币, 比2017年全年8.26亿上涨了7.8%,

B公司相较2017年, 整体盈收上取得进步, 但利润率的下降、现金流的减少, 引起了B公司集团管理层的重视。在2019年年初, 集团总部号召下属企业开展“降本增效”活动, 通过加强企业自身运营能力, 提升市场竞争力。

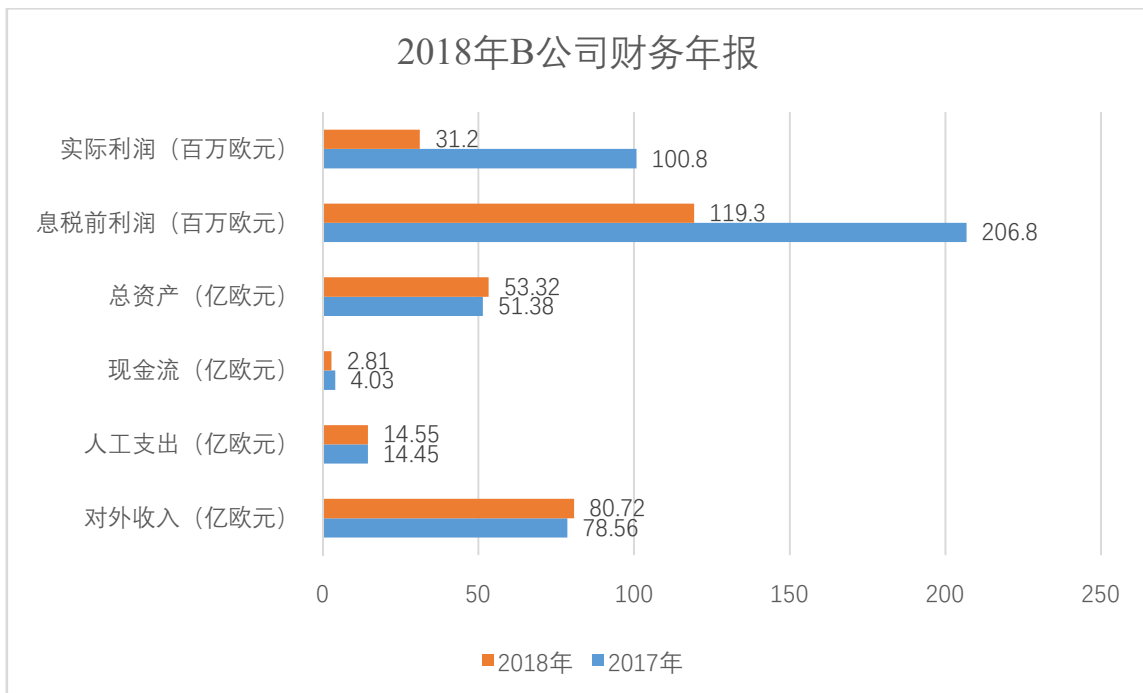


图2-32018年B厂财务年报

Fig.2-3 Financial report of factory B in 2018

## 2.1.2B 厂面临的挑战

### 2.1.2.1 B 厂面临的市场环境

汽车零部件作为汽车工业发展的基础, 是国家长期重点支持发展的产业, 2018年, 我国汽车零部件制造企业销售收入4万亿元, 同比增长7%<sup>[26]</sup>, 尽管汽车消费市场转冷, 但财政和产业政策对于汽车零部件领域的资源倾斜, 加之产业链不断完善, 故整体行业长期向好趋势不变, 仍有较大发展机遇。图2-4 中国汽车零部件销售收入情况。

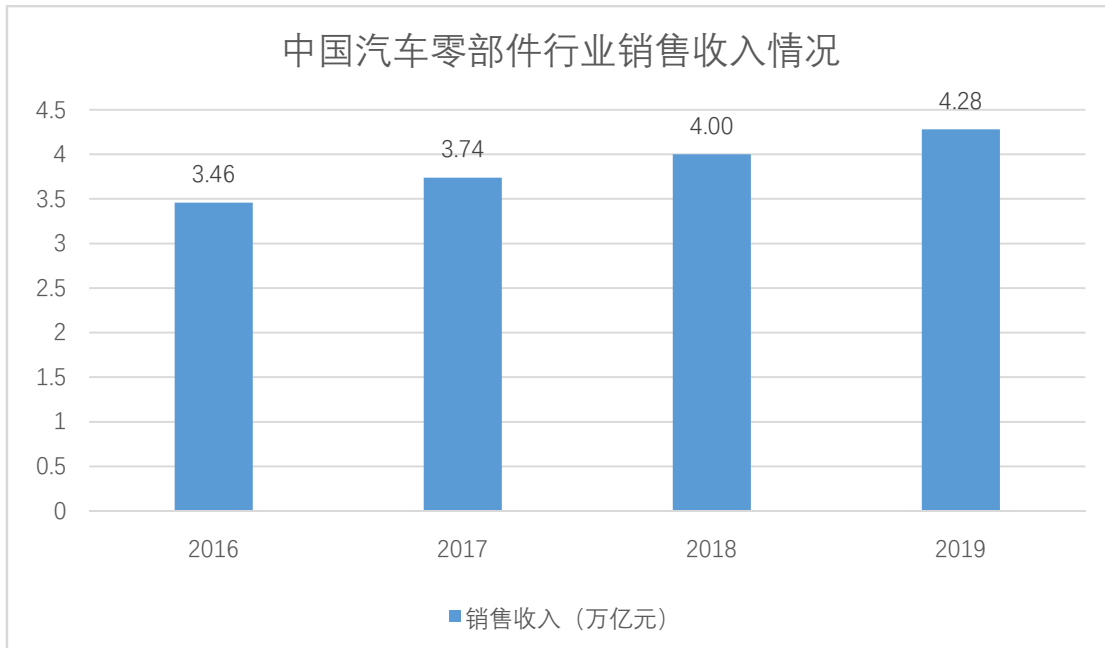


图 2-4 中国汽车零部件行业销售收入走势

Fig.2-4 Sales revenue trend of auto parts industry in China

行业竞争上，虽仍以跨国汽车零部件供应商为主导，但随着本土企业自主研发及核心领域技术突破，国内零部件厂商已经具备商用车和乘用车零部件系统的产业化能力，市场地位不断提升。

发展趋势上，由于整车厂为了有效降低生产成本、缩短开发周期、提高产品竞争力，目前普遍采取系统化开发、模块化制造、集成化供货的模式，促使配套零部件供应商的生产模式也逐步向系统化、模块化方向转变。此外，随着国内汽车行业竞争日趋激烈，消费者对汽车价格的敏感度提升，从而对汽车零部件企业成本控制水平提出新要求。由于汽车零部件产品生产具有较强规模和品牌效应，因此，整合优化企业内外部资源，提升生产、运输能力并降低生产成本是众多汽车零部件企业未来着力提升的核心竞争力之一。

综上所述，当前 B 厂面临的市场环境情况是：1、行业整体趋势向好，政府照顾政策；2、本土零部件企业技术不断突破，市场竞争力不断提升，对外资企业市场地位产生冲击；3、零部件市场竞争日益激烈，降低成本和提高生产力势在必行。

### 2.1.2.2 B 厂面临的挑战

B 厂的技术水平始终领先于行业其他企业，加上以往良好的经营业绩，部分 B 厂管理人员从观念上并不重视对生产过程的优化和改善。此外，虽然 B 厂作为母公司生产基地性质的分公司，生产流程和工艺流程都是母公司几十年生产运营经验基础上设计、规划的，因此要对生产流程和工艺流程进行合理性分析、优化，是对以前生产经验权威的挑战。但通过初步分析，B 厂生产线采用传统的推动式生产，使用 SAP 系统（Systems Applications And Products In Data Processin，企业管理软件，ERP 软件中的一种）管理物料和生产计划，产品生产制造过程存在一定程度的各式浪费。

## 2.2 基于价值流程图的 B 零部件厂冲压生产流程分析

### 2.2.1 选定研究对象

B 厂的主营业务是运用冲压工艺为汽车生产如驱动桥、车身结构件、底盘件等关键零部件。自投产以来，冲压产品销售都保持了良好势头，从 2018 年的销售数据来看，冲压产品的销售额占公司销售额 63%，并且销售占比如下图 2-5 所示。

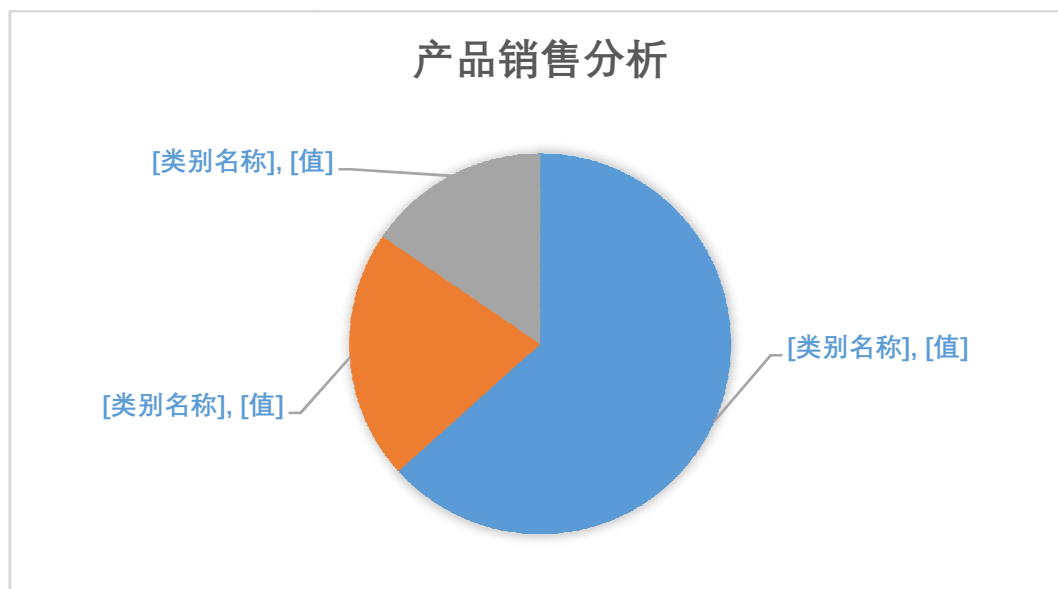


图 2-5 2018 年 B 厂销售产品类型占比

Fig.2-5 Proportion of products sold by factory B in 2018

另外，冲压生产线相对焊接生产线，其产品种类较多，人力耗用和人力参

与生产环节较多，所以预期的改善空间较大。因此，本文选择冲压生产线作为 B 厂精益改善的研究对象，以价值流分析为主要研究工具来发现问题，并运用不同改善手法进行实际操作，达到提高生产效率，降低成本的目的。

### 2.2.2 B 厂冲压产品 PQ 分析

精益生产价值流分析中，选定产品系列的工具一般分为 PQ 分析法和 PR 分析法。PR 分析法主要按照产品工艺差别，把工艺相同的产品聚集在一起开展研究。PQ 分析法则按照各个产品数量的分布情况，把“核心的少数”和“其次的多数”分隔开，根据分类结果，将数量较多的产品作为研究对象。由于 B 厂产品生产工艺基本相同，故本次研究仅选取 PQ 分析法进行价值流分析。PQ 分析法将客户对成品的需求划分为 3 大类：

**A 类产品：** 这些产品为数不多，但其需求量非常大，需要特地建立专门的生产线。这类产品一般占据 70% 的市场需求。

**B 类产品：** 这些产品通常是一个产品的系列，需要有相应的生产线。其中产品系列按工艺相似性来划分，约占市场需求的 25%。

**C 类产品：** 在一个工厂很少生产的产品。对于这些产品，不需要保留在制品。通常只占市场总需求量的 5%。

运用 PQ 分析法，按以下 3 个步骤进行：

- (1) 收集 B 厂冲压产品客户年需求量的可靠数据；
- (2) 将产品按照年需求量由大到小的顺序登记在 PQ 分析表上；
- (3) 根据 PQ 分析表上的数据绘制帕累托图。

表 2-1 B 厂冲压销售产品需求占比及排名

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
1	CMA AWD-后桥侧臂	66.56	16.99	16.99
2	HonXX FXX 侧臂 (左)	43.11	11.01	28.00
3	HonXX FXX 侧臂 (右)	43.11	11.01	39.01
4	CMA FWD-前横梁	18.8	4.80	43.81
5	CMA FWD-后横梁	18.8	4.80	48.61
6	MX/MX 侧臂上片	16.47	4.21	52.81
7	MX/MX 侧臂下片	16.47	4.21	57.02
8	C3XX 转向节臂 (左)	15.91	4.06	61.08

9	C3XX 转向节臂 (右)	15.91	4.06	65.14
---	------------------	-------	------	-------

表 2-1 (续)

编号	产品名称	年需求量 (万个)	需求量占总量百分比 (%)	累计需求比例 (%)
10	W2XX 前横梁	13.3	3.40	68.54
11	W2XX 前横梁前片	13.3	3.40	71.93
12	W2XX 前横梁后片	13.3	3.40	75.33
13	CQXX 侧臂	13.1	3.34	78.68
14	CQXX 下片	12.8	3.27	81.94
15	CMA RLA-后横梁	10.54	2.69	84.63
	CMA AWD-后横梁	9.96	2.54	87.18
16	C3XX/C5XX 横梁上片	9.4	2.40	89.58
17	C3XX/C5XX 横梁下片	9.4	2.40	91.98
18	C4XX 悬架控制臂(左)	7.13	1.82	93.80
19	C4XX 悬架控制臂(右)	7.13	1.82	95.62
20	NXX 悬架控制臂(左)	4.84	1.24	96.85
21	NXX 悬架控制臂(右)	4.84	1.24	98.09
22	NXX 横梁上片	3.74	0.95	99.05
23	NXX 横梁下片	3.74	0.95	100

从表 2-1 看出,按照客户年需求量大小排序,前五的分别是 CMA AWD-后桥侧臂、HonXX FXX 侧臂(左)、HonXX FXX 侧臂(右)、CMA FWD-前横梁和 CMA FWD-后横梁。

将每个产品的需求比例按降序排列绘制帕累托图 2-6,累积比例在 70%-75% 的为 A 类产品,累积需求比例在 75%-95%之间的为 B 类产品,累积需求比例在 95%-100%之间的为 C 类产品。

一般优先选择需求量最大的 A 类产品进行价值流图析,其次是 B 类产品, C 类产品需求量比重较小,一般不予以考虑。从图 2-6 可以看出, A 类产品为: CMA AWD-后桥侧臂、HonXX FXX 侧臂(左)、HonXX FXX 侧臂(右)、CMA FWD-前横梁、CMA FWD-后横梁、MX/MX 侧臂上片、MX/MX 侧臂下片、C3XX 转向节臂(左)、C3XX 转向节臂(右)和 W2XX 前横梁。在 A 类产品中,以 CMA AWD-后桥侧臂需求量最大。HonXX FXX 侧臂(左)、HonXX FXX 侧臂(右)需求量其次。由于这需求量排名前三的产品结构类似,冲压工艺相同,属于同一系列产品,因此选择需求量最大的 CMA AWD-后桥侧臂作为典型研究对象进行价值流分析。

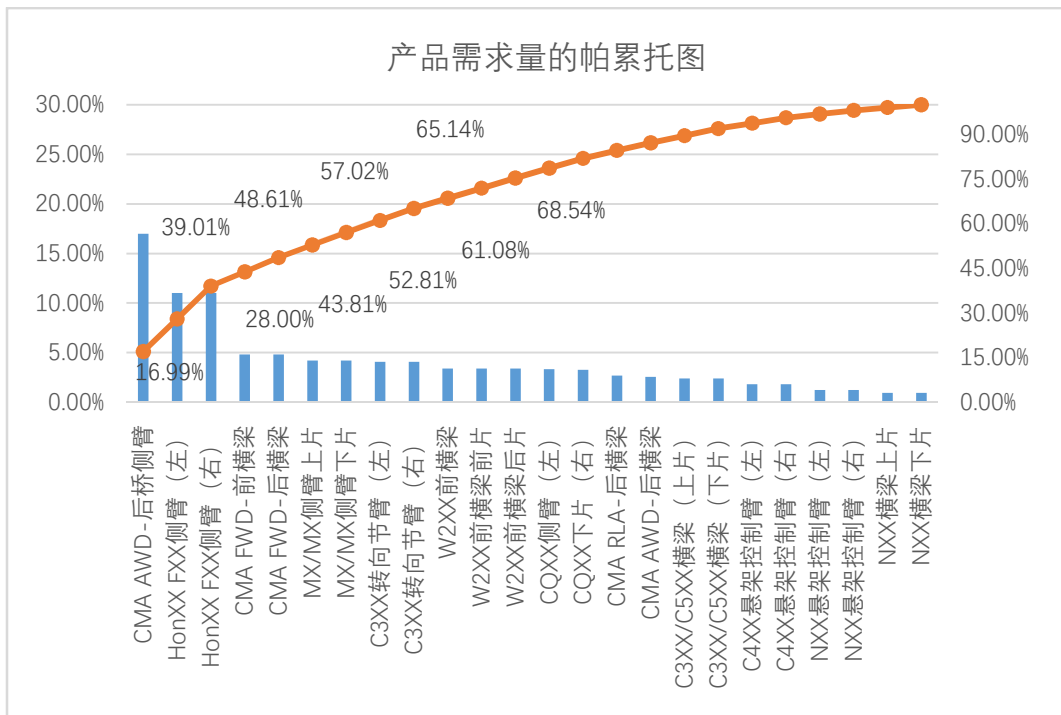


图2-6 产品需求帕累托图

Fig.2-6 Pareto chart of product demand

### 2.2.3 精益小组成立

为了有组织地针对冲压线生产流程进行改进，B零部件厂决定成立冲压生产流程改进项目小组。由于需要对整体生产流程相应环节熟悉，同时需要知晓质量及工艺标准，所以由现场工程师（本文作者）牵头，担任本次生产流程改进小组的项目经理，小组主要人员部门及职责如下表2-2所示。

表2-2 生产改善项目小组成员情况

姓名	岗位	部门	职责
徐XX	现场工程师	生产部	作为项目经理，对整个改善项目负责，协调小组成员工作
肖XX	生产运营经理	生产部	负责生产数据统计分析及问题分析
鲍XX	质量经理	质量部	负责产品生产过程中品质问题分析
金X	设备主管	生产部	负责产品生产过程中设备故障问题分析
唐X	物流经理	物流部	负责产品计划生产问题分析
王XX	采购经理	采购部	负责产品原料备件采购问题分析
李X	冲压操作工	生产部	按小组要求从生产一线收集数据

项目小组根据工作分工，同时制定了此次流程改善项目的计划表，详见下表2-3：

表2-3 项目活动计划表

序号	改善项目		实施进度															负责人	
			2018年										2019年						
	步骤	具体内容	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5		
1	项目选择	确定生产改善对象	→																徐XX
2	小组组建	小组成立、职责分工	→																徐XX
3	价值流分析及浪费识别	生产线价值流分析(VSM)			→														徐XX、肖XX、鲍XX、唐X、王XX
		浪费识别				→													
	确定目标	通过讨论,确定项目目标					→												全员
	问题分析	针对浪费分析其存在的原因							→										全员
	制定改善方案	针对存在的浪费,拟定对策								→									全员
	实施改善	逐一实施对策										→						全员	
	效果评估	对改善后改善后效果进行评估																→	徐xx
	持续化改善	生产标准建立,持续改善																→	全员
	项目总结	总结运作中的优点与不足																→	徐xx

项目改善小组所有人员划归B厂厂长领导并尝试推行精益生产方式。由于B零部件厂人员流动性较大，生产一线文化水平相对较低，生产管理一般还是参照管理人员的经验习惯，而精益生产与传统生产方式存在较多不同，因此改变旧有习惯，大部分员工存在抵触和不适应的情况。基于上述情况，项目小组在推行精益生产方式的过程中在推行例如5S、价值流图析、快速换模等技术时，也组织了相关精益生产理论的宣讲。

#### 2.2.4 客户需求分析

根据精益的思想，生产改良的关键是要从顾客角度出发来明确产品价值，否则即使做出了改善，也无法达到客户实际需求<sup>[29]</sup>。

分析客户需求的方法主要是两种：销售预测和需求预测。销售预测是指销售负责人参考客户预约情况、内部信息、市场动态及行业动态等信息对公司不同产品的未来销售情况进行预测。由于受销售负责人主观看法和掌握市场信息的全面度、准确性影响，销售预测准确度不会太高。需求预测一般指，对以往销售业绩数据进行统计处理，并基于此对未来销售量进行预测。统计处理的方法处理的方法包括移动平均法等各种计算方法，但无论采用何种统计处理方法，都不能保证预测与实际结果完成一致。因此要设想影响需求预测的可能因素，另外，还需探讨弥补需求预测与实际需求之间的差距库存或者缩短采购前置周期从而缩短预测周期等。

B厂目前采取的是需求预测法，因此选取2018年全年每月吉利CMA AWD-后桥侧臂实际生产销售数据作为此次价值流图分析的依据，具体参见表2-4：

表 2-4 2018 年吉利 CMA AWD-后桥侧臂每月订单总数

2018 年	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	全年 总计 (PCS)	每月 平均 (PCS)
订单 数 量 (PCS)	27211	36028	45980	58158	68445	87888		
2018 年	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	665600	55467
订单 数 量 (PCS)	70209	85662	90281	27882	21626	46232		

根据全年的销售预测，可以计算出平均每月出货量为55467件，每日平均出货量是2550件，并在此基础上，得出Takt Time(节拍时间)：

$$\text{Takt Time} = \text{每月可用生产时间} \div \text{每月客户需求} \quad (2-1)$$

B厂双休日正常休息，每月平均工作日21.75天,每天2班生产，每班12小时，每班包括1小时吃饭和休息时间；

$$\begin{aligned} \text{每月平均可用生产时间} &= (21.75 \text{天} \times 22 \text{小时}) \times 3600 \text{秒} \\ &= 478.5 \times 3600 \\ &= 1722600 \text{秒} \end{aligned}$$

$$\text{Takt Time} = 1722600 \div 55467 = 31.06 \text{秒/件}$$

$$\text{每班目标产量} = \frac{665600}{11 \times 21.75 \times 2} = 1391 \text{件/}$$

根据以上计算可知，生产一件CMA AWD-后桥侧臂，客户要求达到的节拍时间为31.06秒，如果低于此节拍时间，那么就完成不了客户要求的交付数量1391件/班。

### 2.2.5 工位关键数据收集

为了了解 CMA AWD-后桥侧臂的生产现状，需要对该产品的各个工序所用时间、人数、设备有效加工时间比例（即设备完全用于加工生产的时间占总投入工时的比例）进行现场调查和数据收集。作者统计了 2018 年整年 1 月至 12 月间 2500T 压机生产 CMA AWD-后桥侧臂时的相关生产信息，汇总后如下表 2-5 所示。

表 2-5 CMA AWD-后桥侧臂生产工序

CMA AWD-后桥侧臂生产工序					
序号	工序内容	工序时间	人员配置	每日班次	每班实际小时数
1	冲压成型	6s	3	2	11
2	焊接拼装	150s	3	2	11
3	降温检查	25s	1		
4	包装	10s	1		
设备综合利用率					
年份	设备	平均时间开动率	平均性能开动率	平均合格品率	设备综合效率
2018	2500T	86.83%	74.48%	99.13%	64.11%
全年	焊接线	94.37%	91.75%	99.97%	86.55%

CMA AWD-后桥侧臂产品在冲压完成后，半成品流向后道焊接，在焊接机器人完成焊接拼装后，取出成品并在风扇下静置 25 秒之后打包包装。

### 2.2.6 物流相关数据收集

一般，与价值流图分析相关的物流包括企业与客户间的物流、企业与供应商间的物流以及企业内部的物流。

企业客户间物流。如前文所提及，B 厂 CMA AWD-后桥侧臂产品都发往吉利杭州工厂，B 厂没有属于自己的物流公司，加之路途较近，一般由物流计划组织，选用第三方物流公司以陆路运输的方式进行产品运输，单次单向车程为 2 小时。物流公司采取的为木箱运输，每个木箱可以放置 80 件产品，物流公司货车可以装 35 箱，每车最多 2800 件，一般每天运输一次。

企业与供应商间物流。为了缩短物流提前期的考虑，B 零部件厂的大部分供应商都分布在公司附近的长三角区域，所以供应商大多采取陆路运输的方式。一般 1 至 3 天内货物可到达。B 厂平均每个星期向供应商订货一次，供应商的送货频率也平均每星期 1 次。

企业内部物流。收到供应商交付的物料后，公司物流部仓库管理员检查来料信息，包括数量明细、规格、外观等，并在检查完成后将来料明细和数量信息登记入 SAP 系统，之后放置在仓库内等待领用。整个过程一般在供应商送料当天完成。

### 2.2.7 信息流相关数据收集

信息流同样包括 3 个方面，分别是企业与客户之间、企业与供应商之间以及企业内部的信息流。传递订单信息

企业与客户的信息流。客户一般会给 B 厂提供 30 天/45 天/60 天滚动预测以及固定每周三给出下一星期的固定订单。物流部接收到订单后，物流经理会与生产部门初步确定生产日期，并将此日期与客户交流并确定最终交付日期。产品生产完成后，物流经理与客户保持紧密联络，直至客户收到合格的货物。

企业与供应商的信息流。在收到客户订单后，生产计划将订单信息录入 SAP 系统，从而触发物料需求，采购计划接收物料需求信息，并在 SAP 系统内制作采购订单，并下发给相应供应商。一般，采购计划在周五依据原材料库存状况向供应商发出订单，确认在周末的送货数量。供应商交货周期与供给客户的交货周期大致相同，一星期固定订单以及 1 个月至 2 个月的预测订单量，以便供应商有充足的时间备料。

企业内部的信息流主要包括物料准备、生产计划下达及出货安排。在接收到项目部订单后，物流计划根据零件物料配置清单、物料库存数量、在途订单状况填写采购需求单。采购需求单上列有具体料号、数量和交期，采购工程师根据采购需求单

上的数据在 SAP 系统中编制采购单，采购单打印出来后需要采购经理、物流经理、生产经理、厂长分别签字后才可以发给供应商，如果有 1 人外出，或开会，采购订单就放在要签字人员的桌上，一般整个流程至多需要 2 天。在物料到位后，生产计划根据客户订单需求，向生产单位传递清晰的生产需求信息如物料名称、规格、数量、型号、批次等。生产部门员工根据生产需求信息向仓库管理员领料生产。产品生产完成后，物流部安排相应出货计划。针对 CMA AWD-后桥侧臂产品，生产计划主要就生产材料来料检验、出货环节等下达生产计划。

### 2.3 绘制价值流程图

根据上述所给信息，改善小组绘制了吉利后桥侧臂当前价值流程图，如下图 2-7 所示。

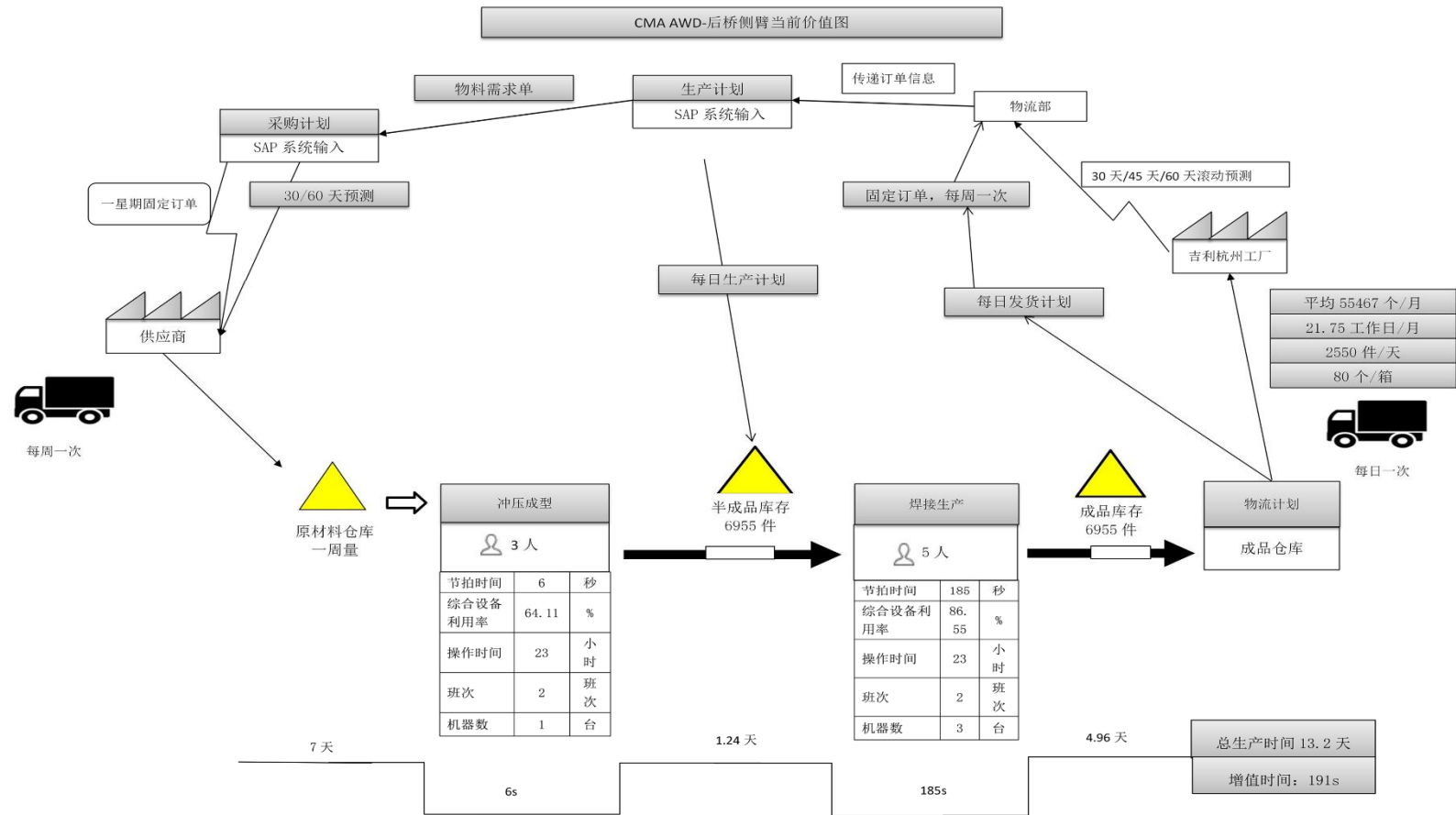


图 2-7 CMA AWD 后桥侧臂现状价值流程图

Fig.2-7 CMA AWD current value flow chart of rear axle side

## 2.4 B 零部件厂生产管理问题总结分析

通过观察和分析 CMA AWD-后桥侧臂现状价值流程图，总结出当前生产方式下主要有以下问题：

### 1. 设备综合效率 OEE 低

从价值流图看，冲压生产的设备综合利用率只有 64.11%，而造成设备利用率低的主要可能原因是停机维修时间长，换模时间长等。改善小组决定分别从影响设备综合利用率的三个因素进行讨论分析。

#### (1) 设备时间开动率

影响设备时间开动率的主要是设备故障停机时间和设备维护停机时间。项目经理（本文作者）以生产淡季 3 月与生产旺季 6 月为典型，统计了设备故障停机时间和设备换模停机时间如下表 2-6 所示。

3 月份，CMA AWD-后桥侧臂产品线月计划生产 76 小时，7 个生产班次，每班 12 小时，且每班次含吃饭 0.5 小时，休息 0.5 小时。设备保养计划用时 8 小时。设备点巡检 0.5 小时。

3 月压机总计划生产时间=76×60=4560 分钟

计划停机时间包括岗位培训、设备保养、设备点检、午餐、休息等。

3 月计划停机时间=1.5×7×60+8×60=1110 分钟

计划生产时间=总计划生产时间-计划停机时间

3 月计划生产时间 4560-1110=3450 分钟

根据每天的生产计划，压机将生产不同规格、尺寸产品，因此需要更换生产辅料和调整压机参数。经汇总收集数据，3 月调整时间分别为：

3 月故障维修时间=218 分钟

3 月换模调整时间=221 分钟

设备实际开动时间=计划生产时间-换装调整时间-故障维修时间

3 月设备实际开动时间=3450-218-221 分钟=3011 分钟

设备时间开动效率=实际开动时间/计划生产时间×100%

3 月压机设备时间开动效率=3011/3450×100%=87.28%

6 月份，CMA AWD-后桥侧臂产品线月计划生产 142 小时，12 个生产班次，每班 12 小时，且每班次含吃饭 0.5 小时，休息 0.5 小时。设备保养计划用时 8 小时。设备点巡检 0.5 小时。

6 月压机总计划生产时间=142×60=8520 分钟

6 月计划停机时间= $1.5 \times 12 \times 60 + 8 \times 60 = 1560$  分钟

计划生产时间=总计划生产时间-计划停机时间

6 月计划生产时间= $8520 - 1560 = 6960$  分钟

根据每天的生产计划，压机将生产不同规格、尺寸产品，因此需要更换生产辅料和调整压机参数。经汇总收集数据，6 月调整时间分别为：

6 月故障停机时间=567 分钟

6 月换模和调整时间=429 分钟

设备实际开动时间=计划生产时间-换装调整时间-故障维修时间

6 月设备实际开动时间= $6960 - 567 - 429 = 5964$  分钟

设备时间开动效率=实际开动时间/计划生产时间 $\times 100\%$

6 月压机设备时间开动效率= $5964 / 6960 \times 100\% = 85.69\%$

表 2-6 设备故障停机和换模停机时间占比

设备	月份	设备计划生产时间 (单位: 分钟)	设备故障停机时间 (单位: 分钟)	设备换模时间 (单 位: 分钟)
2500T	3 月	3450 分钟	218 分钟	221 分钟
	6 月	6960 分钟	567 分钟	429 分钟
	3 月	所占设备计划时间的比	6.32%	6.41%
	6 月	例	8.15%	6.16%

从上表2-6可以看出，2500T压机换模时间较长，占生产淡季计划生产时间的6.4%和旺季的6.2%，分别减少了近220分钟和430分钟可生产时间，且6月换模时间高于3月，据调查，由于受模具自身材料特性及工况温度影响，吉利CMA AWD产品模具每4000至5000冲次条件下，必须撤换进行降温并修模，以保护模具镶块表面涂层的有效性，且由于6月临近夏天，环境温度高于3月，因此换模频率增加，换模时间增加。

## (2) 设备性能开动率

性能开动率主要考虑生产速度上的损失，包括设备磨损，材料的不合格以及操作人员的失效等。项目经理（本文作者）统计了生产淡季 3 月与生产旺季 6 月的生产准备损失和设备待料损失时间如下表 2-7 所示。

3 月份冲压线压机生产产品数量 45980 件，6 月冲压线压机生产产品数量 87888 件。

表 2-7 3 月和 6 月 CAM AWD 后桥侧臂生产产品数量及耗时

产品	CMA AWD 后桥侧臂 (3 月)	CMA AWD 后桥侧臂 (6 月)	合计
单件冲压耗时 (s)	6s	6s	6s
加工数量	45980	87888	133868
总耗时 (s)	$45980 \div 2 \times 6 = 137940$	$87888 \div 2 \times 6 = 263664$	401604
总耗时 (min)	2299	4394	6693

3 月冲压线压机设备性能开动率= $2299/3011 \times 100\% = 76.35\%$

6 月冲压线压机设备性能开动率= $4393/5964 \times 100\% = 73.66\%$

### (3) 产品合格品率

项目小组讨论后认为,影响设备合格品率的因素主要是产品质量缺陷。B 零部件厂的产品合格品率维持在 99%以上,基本符合行业标准,暂时不作为此次优化重点改进的地方。

因此,上述主要影响设备综合效率的因素是设备故障停机和产品换线准备。运用 5W1H 分析方法如下表 2-8 进行根本原因分析。

表 2-8 影响设备综合利用率的根本原因分析

#### (1) 设备故障停机

序号	问题	回答
1	为什么设备故障停机时间长?	因为故障维修耗时较多。
2	为什么故障维修耗时较多?	因为技术员检查处理耗时较长。
3	为什么技术员检查处理耗时较长?	因为技术员维修熟练度不够,边摸索边维修。
4	为什么技术员维修熟练度不够?	因为以往故障解决后,没有对故障进行全组经验分享,平日里的维修技巧培训也几乎没有。

#### (2) 产品换线准备

序号	问题	回答
1	为什么产品换线准备时间长?	因为大部分装卸环节需要在压机暂停时进行,且一般为单人模修工操作。
2	为什么大部分模具拆卸环节需要在停机下进行?是否有更好的替代方法?为什么一般换模只有单人操作?	因为以往换模无标准化作业指导,模修工凭借经验和以往习惯进行操作,且一般换模只配置了一套工具。

经过 5W1H 的详细分析,造成目前设备综合效率较低的原因主要由:

## (1) 设备技术员熟练度不够

生产设备都依靠现场技术员进行操作，对于交付期限严格的生产企业，设备故障维修、设备维护保养都挤占了原本的生产时间，而无法短时间完成维保工作将进一步减少每天固定生产时间，降低生产效率。据现场设备经理反馈，B 厂设备技术员大多只会基础的机械或电气维修，而 B 厂设备故障经常非单一因素引起，需要设备技术员掌握较全面地电气和机械知识。而目前相应的培训和经验分享文件尚未有效组织和编写，导致设备技术员只能凭借经验和依赖工程师进行共同处理，花费较多维修时间，造成故障停机等待。

## (2) 产品换线准备时间较长

产品换线准备是前一批产品生产完毕后，更换下一批产品期间必要的过程。但，较长的换线准备无疑会缩短生产时间。

项目改善小组对后桥侧臂的换模过程进行了现场观察，分析总结换模过程可分为 5 个阶段：

- 1) 停机后，操作工换卷料；
  - 2) 模修人员更换模具；
  - 3) 更换模具后操作工调试；
  - 4) 样件检验；
  - 5) 产品尺寸不合格再次调试。
- 并将操作工在换模过程中常态化动作记录在下表 2-9 中。

表 2-9 CMA AWD 后桥侧臂换模时间表（优化前）

编号	作业内容	时间 (秒)	编号	作业内容	时间 (秒)
S1	寻找工具	25	S11	切换新批次生产坯料	57
S2	清洁模具表面	44	S12	打开安全门，清洁模具表面	125
S3	拆除位置传感器、空气管路接头等模具附件	70	S13	样件试冲并首件检查	276
S4	拆除模具定位销等紧固件	247	S14	正常生产	/
S5	准备新模具压机参数	104	合计：1979 秒		
S6	换模小车移出旧模具	212			
S7	行车将新模具在固定位置对齐	322			
S8	换模小车移入新模具	231			
S9	打开上下模	89			
S10	安装位置传感器、空气管路接头等模具附件	177			

经分析发现，原本换模作业多为串行作业，设备停机之后还出现寻找工具的现象，存在时间浪费，经总结，主要由如下问题增加换模时间：

- 1) 内外换模没有进行区分，所有作业都在停机之后完成，致使设备利用率不高
- 2) 现场换模工人虽然配置了双人，但分工不明，换模作业不规范

3) 参数设定不规范, 没有按模具类型事先设置参数程序, 存在凭经验记忆设置参数现象。

综上所述, 设备人员操作熟练度不够及换模时间较长是主要影响设备综合利用效率 OEE 的因素, 是改善活动中主要的优化对象。

## 2. 增值率低

增值率是指所有工序的加工时间之和 (即增值时间之和) 与总时间 (增值时间与非增值时间之和) 的比值。由价值流程现状图 2-7 可知:

$$\text{增值时间} = 6 + 185 = 191\text{s}$$

$$\text{非增值时间} = 604800 + 107136 + 428544 = 1140480\text{s}$$

$$\text{增值时间比率} = 191 / (191 + 1140480) * 100\% = 0.017\%$$

增值时间比率仅仅为 0.017%, 意味着 B 厂生产管理中存在着浪费。依据精益生产的七大浪费, B 厂存在着以下浪费:

### (1) 搬运浪费

对物料的任何移动都视为搬运。由价值流现状图可知, B 厂的搬运浪费主要体现在重复入库的搬运浪费及工序与工序之间的在制品搬运浪费。

下图 2-8 是 B 厂的车间布局图:

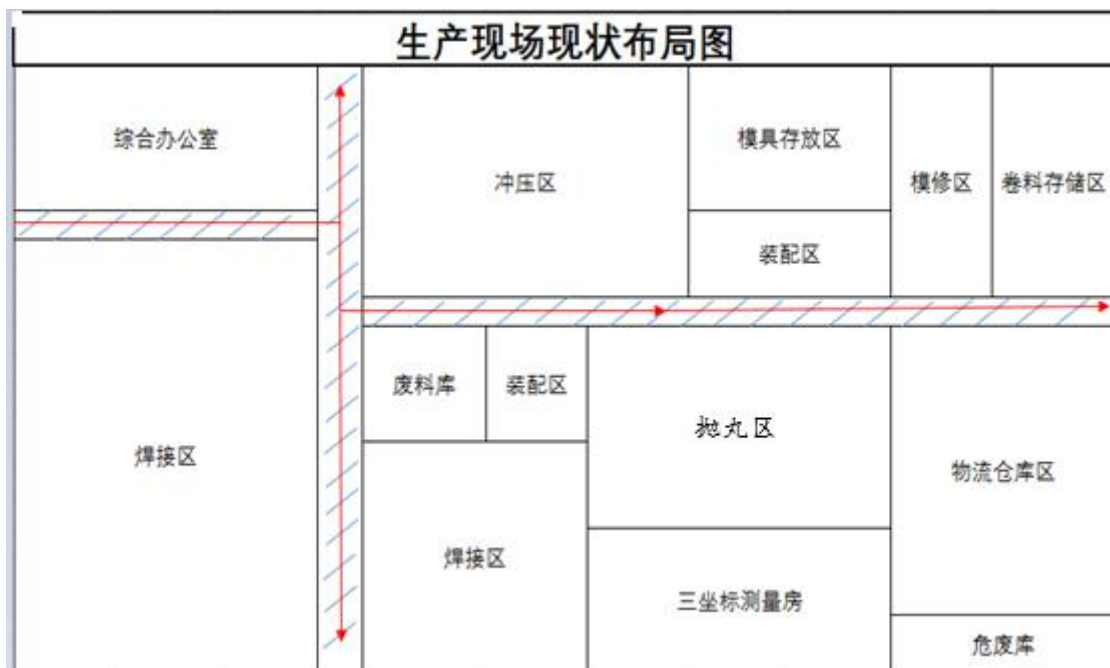


图 2-8 生产现场布局图

Fig.2-8 Layout of production site

在冲压生产完成后, 在制品会从冲压装配区运送到物流仓库区, 整个入库过程需要 40 分钟, 然后焊接生产人员会从物流仓库区领取在制品, 搬运至焊接区进行生产。

生产完成后再运送到物流仓库区入库。经实地测取数据，得到表 2-10 所列物料搬运距离统计数据。

表 2-10 物料搬运距离统计

序号	功能间名称		距离
1	冲压生产区	物流仓库区	80 米
2	物流仓库区	焊接生产区	85 米
3	焊接装配区	物流仓库区	80 米
搬运距离合计			245 米
人工行走距离合计			490 米

由于搬运时间属于非增值时间，多次往返搬运（步行接近 500 米的距离）和入库都消耗了原本用于生产的增值时间，造成搬运浪费。

## (2) 动作浪费

B 零部件厂目前冲压生产过程中，存在着影响冲压工艺生产的 3 个因素：

1) 滑块；2) 机械手；3) 坯料。在实际生产中，滑块起导向作用，辅助压机进入正确位置，因为每个工位放置的料片角度不同，由机械手负责抓料放料。其相对位置如下图 2-9 所示。

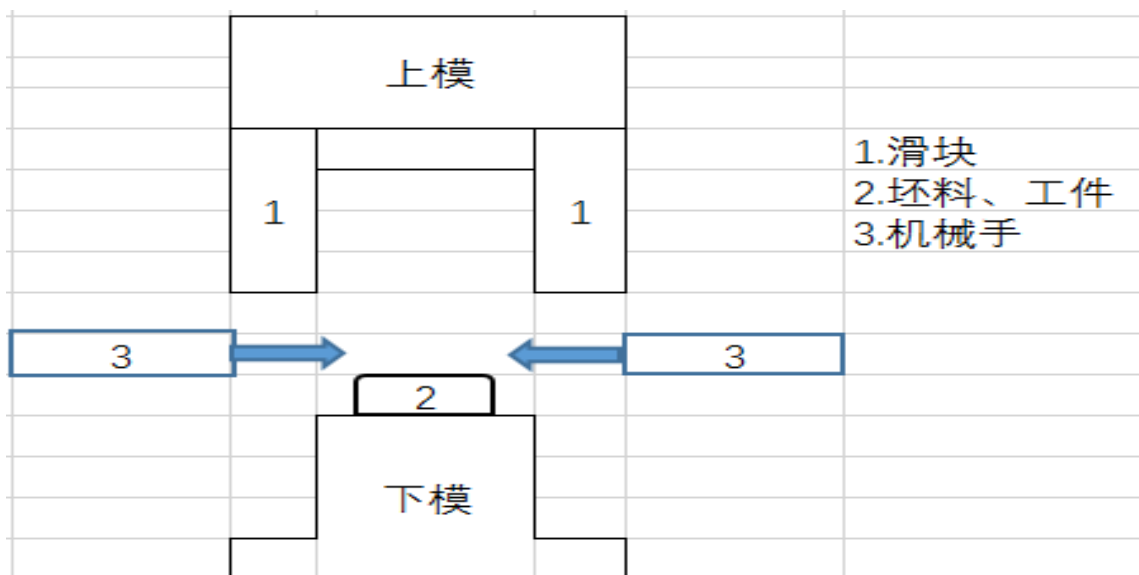


图 2-9 滑块、机械手、工件相对位置

Fig.2-9 Relative position of slider, manipulator and workpiece

精益改善小组根据现场观察，收集了冲压生产中，滑块与机械手的行程及速度

如下表 2-11 所示。

表 2-11 滑块与机械手生产中运动轨迹

步序	步序内容	位置	行程	速度	耗时
1	滑块从上止点移动至下模上台面并触发位置传感器	(0mm,0mm,700mm) =》 (0mm,0mm,220mm)	480mm	750mm/s	0.64s
2	压机静止待命	(0mm,0mm,220mm)	0mm	0mm/s	2.5s
3	机械手从起始点移动至坯料上方	(0mm,400mm,0mm) =》 (0mm,0mm,0mm)	400mm	800mm/s	0.5s
4	机械手抓料并放置在下一工位	(0mm,0mm,0mm) =》 (600mm,0mm,0mm)	600mm	800mm/s	0.75s
5	机械手退回起始点	(600mm,0mm,0mm) =》 (0mm,400mm,0mm)	1000mm	800mm/s	1.25s
6	压机滑块下降至合模点	(0mm,0mm,220mm) =》 (0mm,0mm,0mm)	220mm	350mm/s	0.63s
7	压机保压	(0mm,0mm,0mm)	0mm	0mm	1s
8	压机滑块抬升至下模上台面	(0mm,0mm,0mm) =》 (0mm,0mm,220mm)	220mm	350mm/s	0.63s
9	压机继续抬升回上止点	(0mm,0mm,220mm) =》 (0mm,0mm,700mm)	480mm	750mm/s	0.64s
合计					6.04s

改善项目小组通过头脑风暴，总结认为当前生产工艺存在以下问题：

#### 1) 压机滑块初始位置过高

目前冲压生产中，滑块初始位置距离坯料的相对位置有 700mm，在滑块移动过程中，存在一定距离的“空跑”行程，即压机滑块停留的上止点位置应尽可能贴近机械手上平面，只需保证机械手能离开模具范围即可。其余滑块所跑的行程都为多余行程，示意图如下图 2-10 所示。

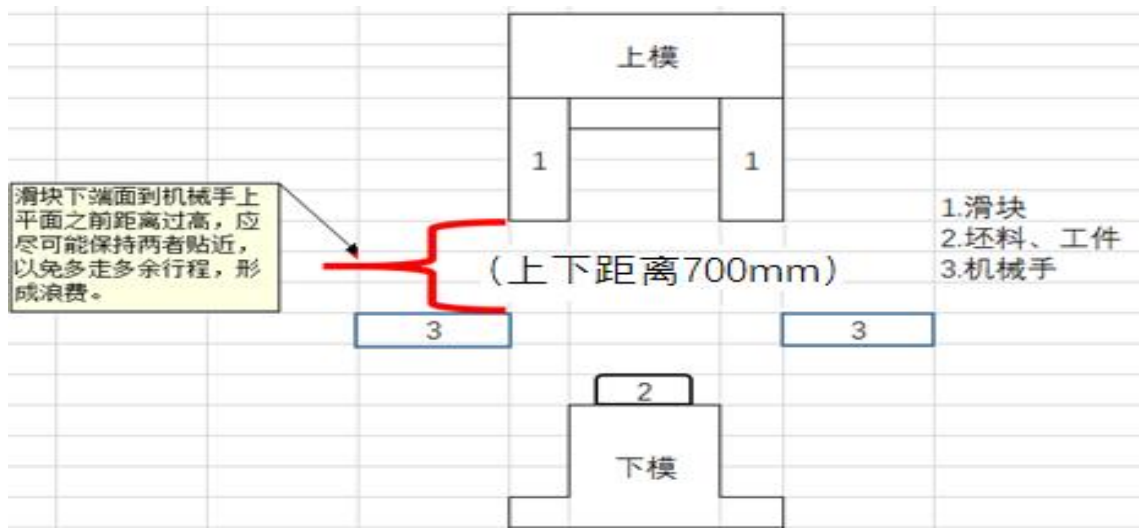


图 2-10 滑块初始点位置示意图 (改善前)

Fig.2-10 Position diagram of slider and manipulator (before improvement)

2) 机械手初始位置过远

机械手 Y 方向的待命位置情况与滑块上止点位置情况类似, 同样存在不合理之处。对于机械手而言, Y 方向的跑动距离应满足离开压机合模范围的同时, 尽可能贴近模具。目前 Y 方向停止点 (0, 400mm, 0) 也存在一定量的“空跑距离”, 示意图如下图 2-11 所示。

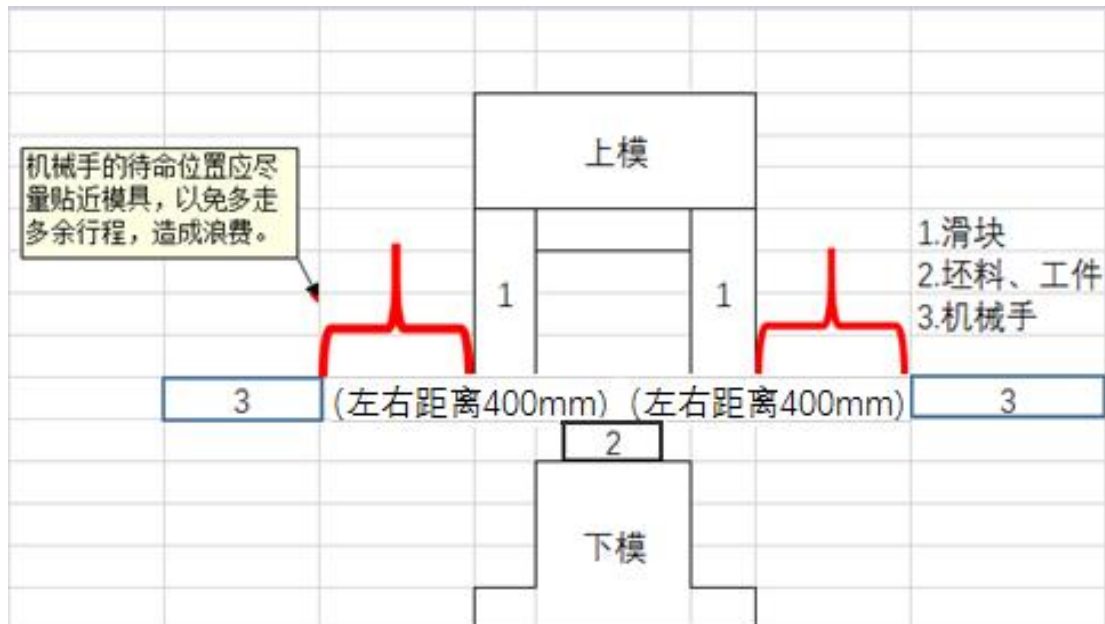


图 2-11 机械手初始位置示意图 (优化前)

Fig.2-11 Schematic diagram of initial position of manipulator(before optimization)

### (3) 参数设置不合理

根据现场观察，现有压机生产程序中，对于不同模具，滑块与机械手速度设置一致，无差别，造成所有模具的冲压节拍都处在同一个平均速度水平，可见，其中存在较大提升空间。

### (4) 不恰当加工

流程程序分析是以产品和零件的制造全过程为研究对象，把加工工艺分为加工、检验、等待和储存等五种状态加以记录。并对这些数据分析其搬运距离、等待、储存等“隐藏成本”的浪费。

在流程程序分析中，一般用特殊符号表示加工、检验、搬运、等待和储存这五种状态，如下所示：

- 加工符号： $\phi$
- 检验符号： $\Delta$
- 搬运符号： $\rightarrow$
- 等待符号：W，表示在生产现场的在制品滞留状态
- 储存符号： $\odot$ ，表示长期的过程。

改善小组对 CMA AWD-后桥侧臂产品现有生产流程按流程程序图进行研究绘制，得到如下表 2-12 所示。

表 2-12CMA AWD 后桥侧臂生产流程工序图（改善前）

现行方案												
	操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离 / 米	用时 / 分钟	取消	合并	重排	简化
1	φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.1				
2	φ	→	Δ	W	⊙	半成品检验		2				
3	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2.5				
4	φ	→	Δ	W	⊙	半成品搬运至物流仓库区	80	1.1				
5	φ	→	Δ	W	⊙	半成品检查并入库登记		3				
6	φ	→	Δ	W	⊙	半成品从仓库区搬运到焊接区	85	2.2				
7	φ	→	Δ	W	⊙	拆包		0.5				
8	φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		2.5				
9	φ	→	Δ	W	⊙	降温		0.25				
10	φ	→	Δ	W	⊙	成品检验		2				
11	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2.5				
12	φ	→	Δ	W	⊙	成品搬运至物流仓库区	80	1.1				
13	φ	→	Δ	W	⊙	成品检查并入库登记		3				
总计							245	22.75				

根据计算, 目前生产流程环节共需 22.75 分钟, 总移动距离达到 245 米。通过“5W1H”提问方法进行逐项分析, 发现存在如下问题:

1) 检验流程问题。产品生产完成后, 需要进行一次检查后再打包装箱。在入库之前, 需要再完成检查方可入库, 重复检查, 浪费时间。

2) 频繁入库、出库。B 厂为了方便现场物料管理, 统一将原材料、半成品、成品存放于 MRO 库房中, 在生产完成一批次的产品后, 先入库并统计数量信息。待到下一次生产, 再从 MRO 库房领取半成品, 重复出入库造成生产时间被浪费。

## 2.5 本章小结

本章通过比较，首先确立此次精益生产改善活动以 B 厂冲压生产线为对象。运用 P/Q 分析法，以吉利 CMA AWD 后桥侧臂冲压产品为此次研究典型，并同时建立生产流程改善小组。通过收集该产品在生产中的信息流、物流流等生产过程信息，绘制当前价值流程图。借助价值流图析法，识别出 B 厂冲压生产存在着设备综合效率利用率低和生产增值率低的问题，并进一步分析出 B 厂生产目前存在着生产换模时间较长、设备技术员技能熟练度不够、搬运浪费、动作浪费和不恰当加工浪费等问题。为下一章具体优化改善方案提供优化方向。

## 第三章改善方案的研究

通过对 B 厂冲压生产线的现状整体分析，本章将依据上章的价值流现状图梳理整体改进规划思路，重点讨论相应改善方案，并依据精益价值流准则开展未来价值流的设计和绘制未来价值流状态图，其后明确改进目标。

### 3.1 制定改善方案的总体思路

通过上节冲压生产的价值流程现状分析，冲压生产现存主要问题是：设备综合利用率低和生产环节存在较大浪费。结合 B 厂冲压生产线的生产实际，针对以上主要问题，计划从以下 2 个方面实施改善：

#### 1. 设备综合利用效率 OEE 提升

- 1) 应用快速换模技术，减少换模时间，提高实际生产可用时间；
- 2) 加强员工培训，优化故障解决流程，减少设备维保时间。

#### 2. 减少生产环节浪费

- 1) 生产流程通过取消、简化、合并、重排进行优化，减少生产环节时间；
- 2) 优化压机生产程序，通过优化压机与机械手的行程、初始位置和运行速度，提高冲压生产节拍；

### 3.2 规划改进目标

通过对 B 厂冲压线后桥侧臂产品的整体分析，结合企业对交付能力提高的期望值，改善团队认为后桥侧臂项目生产线具备很明显的改进余地。在结合上章节对后桥侧臂生产线现状价值流程图的分析后，改善团队将改善率设置为 20%并制定改机目标如下表 3-1。

表 3-1 B 厂生产线改进目标表

改善项目	换模时间	生产流程时间	设备综合利用率 OEE	单位加工周期
改善前状态	1979 秒	22.75 分	64.11%	6 秒
改进目标	1583 秒	18.2 分	76.93%	4.8 秒

### 3.3 改进方案的整体设计

#### 3.3.1 生产流程改善设计

上节分析得出，吉利后桥侧臂产品现有生产流程中，主要有重复检查、频繁出入库问题。基于上述问题，改造方案计划通过简化检验流程和优化生产布局，参照 ECRS 原则进行改善。

为减少产品出库入库次数，计划在 2500T 压机旁边增加货架，当坯料冲压成型后，登记半成品数量信息并暂放于货架，待焊接生产时直接在半成品货架取料。主要对原后桥侧臂生产流程做以下改进：

- 1) 取消第 3 步和第 5 步的放置木托板打包和半成品检查并入库登记 2 项步骤。
- 2) 简化第 4 步，半成品经检验后，直接堆放于货架，并填写相关信息。
- 3) 重排第 6 步，操作工登记领取半成品数量信息，直接货架取料，并搬运至焊接区

检验流程简化方案，取消了打包、半成品检查 2 道流程，简化了检验入库的环节。半成品完成后，放置在生产现场货架，冲压区到半成品堆料架距离为 20 米。需要焊接生产时，直接从货架取料。半成品堆料架到焊接区的距离为 28 米。焊接生产完成后由生产操作工打包入库。上述改善要点具体内容如表 3-2 所示：

表 3-2 CMA AWD 后桥侧臂流程程序图 (改善后)

现行方案												
	操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离 / 米	用时 / 分钟	取消	合并	重排	简化
1	Φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.1				
2	Φ	→	Δ	W	⊙	半成品检验		2				
3	Φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2.5	√			
4	Φ	→	Δ	W	⊙	半成品搬运至物流仓库区	80	1.1				√
5	Φ	→	Δ	W	⊙	半成品检查并入库登记		3	√			
6	Φ	→	Δ	W	⊙	半成品从仓库区搬运到焊接区	85	2.2			√	
7	Φ	→	Δ	W	⊙	拆包		0.5				
8	Φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		2.5				
9	Φ	→	Δ	W	⊙	降温		0.25				
10	Φ	→	Δ	W	⊙	成品检验		2				
11	Φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2.5				
12	Φ	→	Δ	W	⊙	成品搬运至物流仓库区	80	1.1				
13	Φ	→	Δ	W	⊙	成品检查并入库登记		3				
总计							245	22.75				

经评估, 此次优化可以减少约 117 米的移动距离, 生产环节时间可以从 22.75 分钟预计降低到 16 分钟, 优化后现场布局图如下图 3-1 所示。

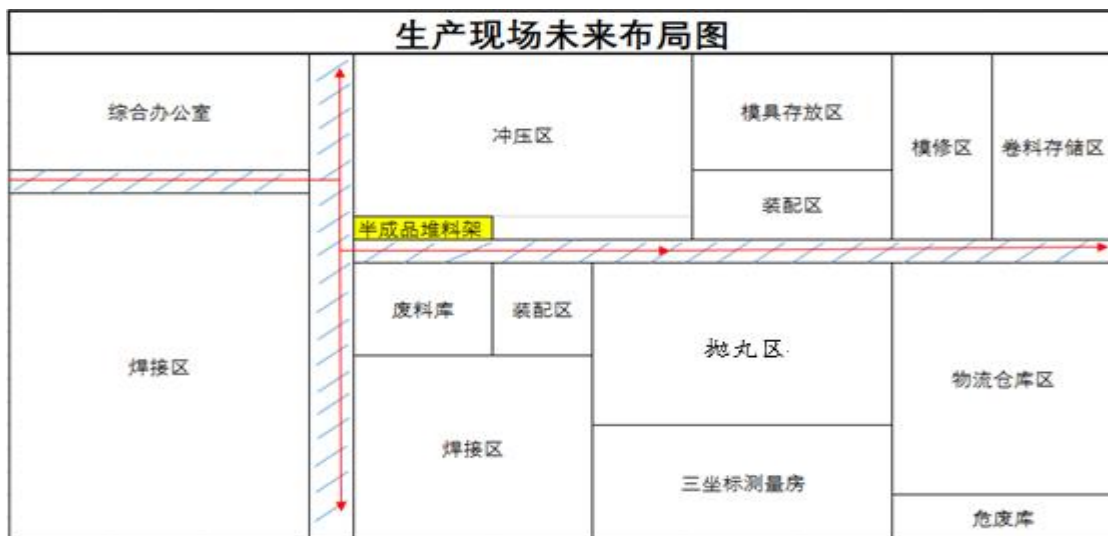


图 3-1 生产现场未来布局图

Fig.3-1 Future layout of production site

### 3.3.2 快速换模应用

快速换模是消除过量生产及库存的有效方法。过量生产的主要原因是规模经济，也就是说由于多生产一件产品，机构的固定成本就可分摊到更多的产品中，所有单位产品的成本就更低。快速换模意味着缩短操作时间以实现缩短生产过程花费的时间。

冲压车间设备利用率低，主要是由于换模时间长，设备维保频率高、维修时间长等造成的意外停机过多。其中 70%的停机是由生产计划安排的换模引起的，因此减少换模时间，可以有效提高设备利用率。快速换模是目前能够明显降低换模时间的最好方法。

换模流程主要包括：换模准备，换模，参数调整，首件检测。在整个换模过程中，一些作业必须停机才能进行以及为保证质量进行的设备调整称为内部操作，那些无需停机可以并行的作业称为外部操作，如模具和工具的领用。根据内外部操作，换模时间可以分为内部时间和外部时间。

快速换模的主要步骤：

- 1) 对换模过程进行现场观察，记录换模步骤及各步骤花费时间；
- 2) 分离内外部操作，尽量把内部操作改成外部操作；
- 3) 简化内外部操作，特别是通过详细分析改善优化内部操作，缩短换模时间；
- 4) 换模流程标准化及持续改进。

根据快速换模方法，主要需分析换模步骤并区分内外部操作。外部操作一般在机器运行状态下完成。经统计，后桥侧臂内外部换模作业如下表 3-3 所示。

表 3-3 CMA AWD 后桥侧臂换模内外部作业表（优化前）

编号	作业内容	时间 (秒)	内部作业	外部作业
S1	寻找工具	25		√
S2	清洁模具表面	44	√	
S3	拆除位置传感器、空气管路接头等模具附件	70	√	
S4	拆除模具定位销等紧固件	247	√	
S5	准备新模具压机参数	104		√
S6	换模小车移出旧模具	212	√	
S7	行车将新模具在固定位置对齐	322		√
S8	换模小车移入新模具	231	√	
S9	打开上下模	89	√	
S10	安装位置传感器、空气管路接头等模具附件	177	√	
S11	切换新批次生产坯料	57		√
S12	打开安全门, 清洁模具表面	125	√	
S13	样件试冲并首件检查	276	√	
S14	正常生产	/	√	
总计			1471 秒	508 秒
		1979 秒		

S1 模修工领取工具、S5 准备新模具压机参数、S7 行车将新模具在固定位置对齐、S11 切换新批次生产坯料这 4 项是外部作业, 是可以将更换动作提前并提早备好相关工具、配件及原料。其他剩余为内部作业。

综上所述, 通过对所有作业进行内外部分析, 计划实行以下改善措施:

1) 工具、模具 5S 和目视化管理, 在固定位置摆放并做好标记。模修工领取工具时要依据清单检查是否缺失, 如缺要求 MRO 仓库补齐。另外在归还拆卸工具时, 仓管管理员也要依据清单进行核查是否完整, 摆放位置是否符合。

2) 换模作业标准化。将工艺参数例如每套模具所需压力、顶杆位置等信息以及换模操作步骤顺序制作成《换模作业指导书》, 形成标准。操作人员根据指导书, 按步骤调试, 减少因参数设置不当而需要调试的次数, 减少内换模时间。

3) 新模具、新生产批次坯料提前在模具暂放区和待料区放置。

### 3.3.4 生产程序优化

吉利后桥侧臂配有一套模具, 由 1 台压机负责冲压, 由机械手负责焊接。根据客户需求节拍, 现有设备生产能力可以满足年需求总量, 暂时不会额外增加压机和

增加产线，但是在旺季或客户突然增加需求时很可能出现产能瓶颈，在目前资源投入不变的情况下，如何使吉利后桥侧臂生产效率优化，提高产能是目前需要解决的问题。

根据瓶颈管理思想<sup>[30]</sup>,当客户需求量超出企业的生产能力时,“瓶颈”工序零件的出产率决定了最终产品的出产率,同时也确定了其他工序的零件需求量,如果非“瓶颈”工序生产的零件超过了“瓶颈”工序的零件,就会造成在制品积压,不仅无法增加最终产品出产量,而且还由于过量生产造成生产成本上升。不过瓶颈管理允许合理数量的库存,最主要是找出“瓶颈”工序的资源配置并充分利用,同时兼顾非“瓶颈”工序的资源配置,使之能与“瓶颈”工序同步,将在制品积压减少到最低程度。

常见的生产瓶颈主要有:1)资源类瓶颈;2)物流类瓶颈;3)生产控制类瓶颈。其中,生产控制类瓶颈的解决途径,需要同时考虑系统中所有约束因素,之后再对加工顺序、加工时间以及提前期等事项进行优化。

改善小组结合 B 厂冲压生产现场客观情况,制定了以下改进措施方案:

(1) 减少日常维保时间。为使瓶颈工序设备充分运转,生产模具与压机要加强日常维保,减少停机时间特别是换模时间。由于之前公司并未明确保养的具体时间,造成维保时间一定程度上的拖沓。经讨论,参照行业普遍维保时间,将单次设备小保养时间调整至 4 小时左右,单次大保养时间调整至 6 小时左右。并约定每周五进行一次小保养,每月月底进行一次大保养,并由冲压线的设备维护小组和操作工共同维护保养。

(2) 生产程序优化。前文已提及,压机的机械手与滑块参数设置不合理,没有根据模具尺寸特性,科学设置参数,使得冲压生产效率没有达到最优。

针对这个情况,首先用根本原因分析法对整个冲压过程中可能造成瓶颈的原因进行分析,如下图 3-2 所示。

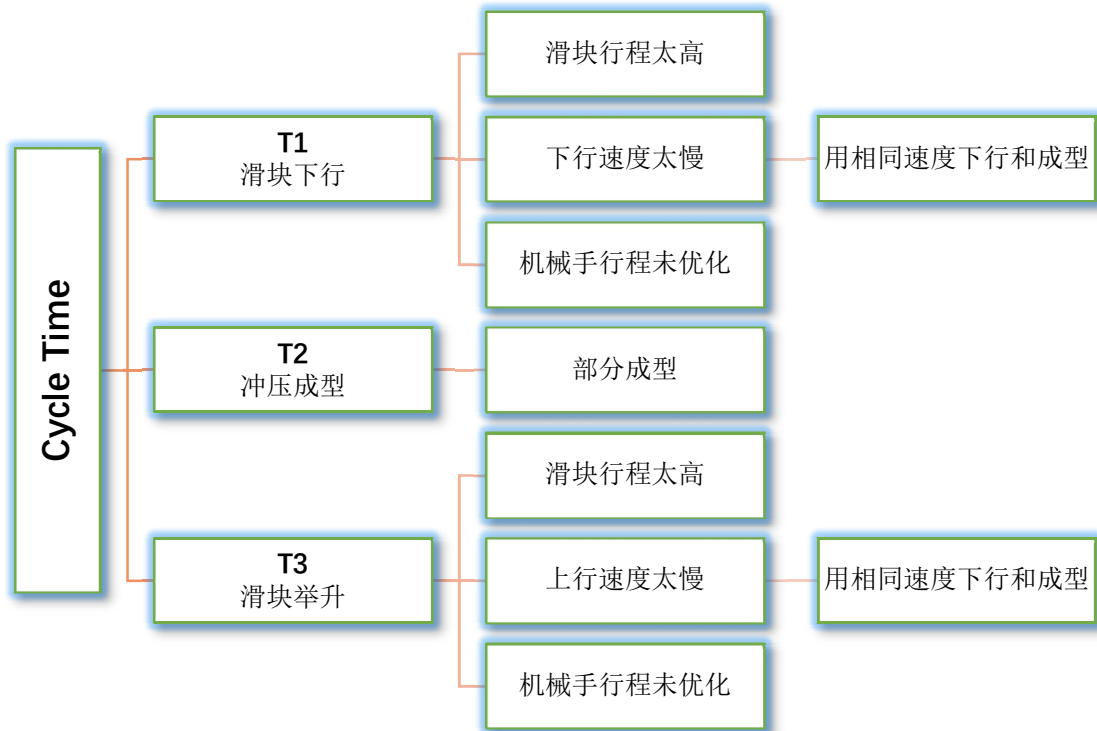


图 3-2 生产瓶颈工艺根本原因分析

Fig.3-2 Root cause analysis of bottleneck process

然后根据 5W1H 找出真正的原因，如下表 3-4 所示：

表 3-4 生产瓶颈工艺根本原因

(1) 滑块行程过高

序号	问题	回答
1	为什么滑块行程过高？	因为压机参数没有优化。
2	为什么压机参数没有优化？	因为不同模具参数没有区分。
3	为什么没有压机参数区分？	因为操作工只凭经验设置参数。

(2) 相同速度下行或举升

序号	问题	回答
1	为什么用相同速度下行或举升？	因为操作工使用默认参数作为标准速度。
2	为什么使用默认参数？	因为没有为不同模具定制速度。

### (3) 机械手行程优化

序号	问题	回答
1	为什么机械手行程没有优化?	因为没有因模具不同配置不同参数。
2	为什么没有配置不同参数?	因为操作工只凭经验设置参数。

根据冲压流程优化所提及的，项目经理整理了小组成员意见，统一确认后得出，可以从以下 2 方面对参数进行优化：

#### 1) 个性化模具参数

将不同模具，按大致整体规格，分类输入程序，当进行冲压程序设置时，根据不同大小，直接调取相应生产参数进行生产。

#### 2) 滑块、机械手行程参数

根据之前的根本原因分析法，滑块和机械手行程存在着无效行程过多的现象，因此根据实际所需，缩短滑块及机械手实际所需路径。

### 3.3.5 设备故障维修改善

上文中，B 厂设备人员由于岗位培训欠缺，所以导致花费比正常更多的时间处理设备故障。基于上述存在的问题，生产改善小组制定了从故障解决流程、设备点巡检、周期性预防维修等方面的优化方案。

#### (1) 故障解决流程优化

B 厂设备维修工一般采取更换部件的方法暂时性解决设备停机，但未真正解决设备根本故障且对设备优化无任何作用。生产时间一长，相同故障还会再度发生，甚至更严重。此外，针对故障维修的方法与经验，没有出具相关 8D 报告或者 Lesson Learn 的经验总结文件，不利于故障原因的归纳总结以及维修人员的能力提升。因此，改善小组计划如下表 3-5 所列，改善故障解决流程。

表 3-5 故障解决优化流程图

序号	故障实施内容
1	问题具体描述
2	故障临时性解决措施
3	根本原因分析
4	制定并实施长期改善计划
5	更新每日每月巡检表内容
6	跟踪预防实施情况

通过上述故障解决步骤，从故障首次发生到相应故障预防，每个环节都能做到对故障“有记录，有预防，有优化”的“三有”，实现问题闭环，杜绝此类问题轻易地再度发生。

### (2) 设备点巡检优化

设备的每日点巡检是设备维护的重要一环，但是 B 厂在日常设备设施管理点检中，经常会出现以下 3 个情况：

- 1) 设备点检不能够持续，走形式，技术员只是表面性的打钩，并未真实去检查；
- 2) 设备点检项目，没有第三方核查和监督，缺乏管理控制；
- 3) 生产操作工发现的问题，技术员处理不及时。

针对这个情况，改善小组优化了设备点巡检流程，如下图 3-3 所示。

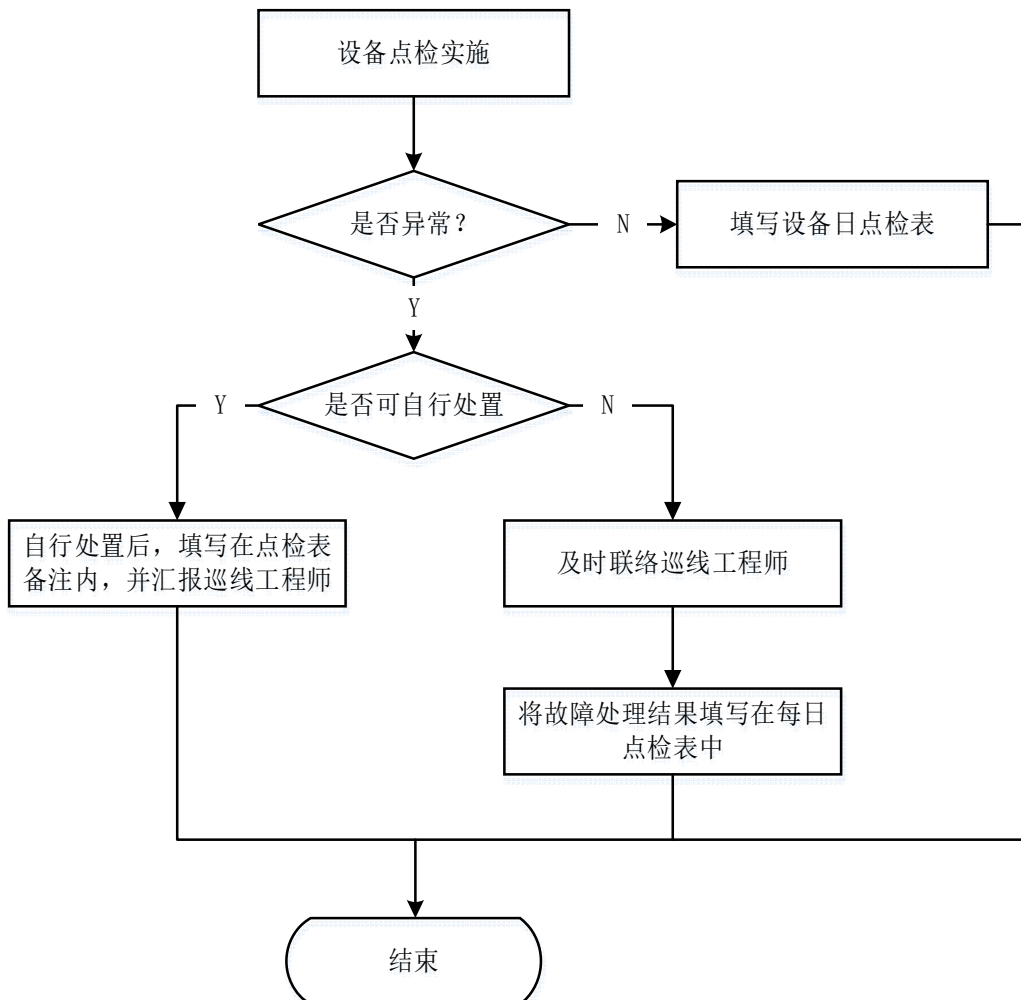


图 3-3 设备点巡检流程(优化后)

Fig.3-3 Inspection process of equipment points (after optimization)

点检流程的改善，需要加强设备干系人的互相监督，同时，通过加强操作工对于设备的检查，使其能够更了解与关心设备的使用情况，也能更好的在遇到故障时表述清楚故障的细节。

### (3) 周期性预防维修优化

B 零部件厂虽然建立了设备预防性维修的制度，但实际完成度较差，现场仍采用事后抢修的方式来处理故障设备。项目改善小组讨论后认为，就冲压设备中例如配电房、液压机、排水设备等重要检查部件需编写周期预防点检表，表中需标明所检设备名称、维保部位、保养内容及相应保养时间并根据实际生产需求，将设备定期检查设为 2 周间隔。以压机空调为例，表 3-6 为空调周期预防检查表。

表 3-6 压机空调周期预防检查表

设备名称	预防维修部位	预防维护内容		周期	备注
		序号	维护内容		
压机空调系统	冷凝水管路	1	漏水检查	两周一次	
	制冷效果	2	效果检查	两周一次	
	水塔清洗	3	水塔内壁清洗	两周一次	
	压力数据	4	读数检查	两周一次	
	机械润滑	5	添加润滑油	两周一次	
	控制面板	6	检查触摸屏灵敏度	两周一次	
	出风口清洁	7	清洗出风口	两周一次	
	防尘网	8	清洁网面	两周一次	
	各接线头	9	检查紧固度	两周一次	
	绝缘电阻	10	检查器件是否正常	两周一次	
	电源开关	11	检查开关功能是否正常	两周一次	

上述的改造方案规范故障解决流程，确保故障“有据可循”；将巡检制度真正落实到位，避免遗漏隐患；提高设备保养质量。

### 3.4 绘制未来价值流程图

综合上述所有改善方案，生产改善小组制定了实施改善计划表 3-7，并绘制了未来价值流程图 3-4。

表 3-7 B 厂冲压生产改善实施计划表

项目名称		B 厂冲压生产线生产改善实施计划表		
区域		B 厂冲压生产线	位置	亚太区，上海
序号	纠正措施		责任人	完成日期
1	优化现场布局，增设在制品堆料架。		肖 XX	2018.12-2019.1
2	更新压机生产程序。		金 X	2018.12.-2019.3
3	设备员工岗位培训。		肖 XX、金 X	2018.12-至今
4	工艺标准化文件，操作手册编制。		鲍 XX	2018.12-至今

### 3.5 本章小结

本章结合上节提及的生产环节存在浪费及设备综合利用率不高的问题，制定了相对应的优化方案包含快速换模、加强员工培训、生产流程环节优化、生产程序优化及安全库存改善等，为下一章具体实施提供了方向。

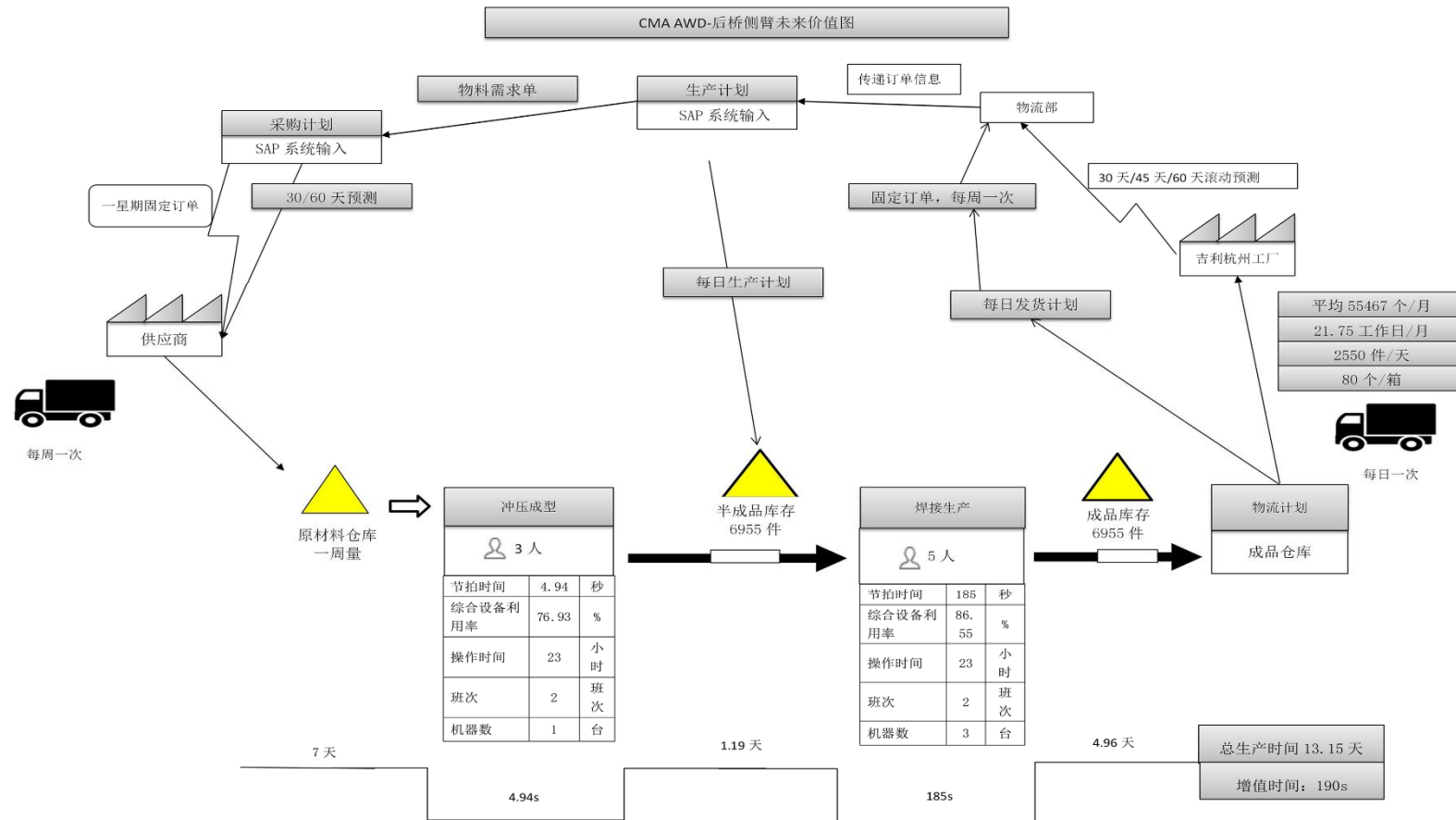


图 3-4CMA AWD 后桥侧臂未来价值流程图

Fig. 3-4CMA AWD future value flow chart of rear axle side

## 第四章改善方案的实施及效果评析

在上一章，我们制定了未来价值流程图，并拟定了改进方案的推进计划。本章主要阐述了改善方案实施的具体过程和结果，并对改善后的效益进行分析。

### 4.1 改进方案的实施

#### 4.1.1 生产流程改善实施

根据上文提及，取消半成品打包、半成品入库 2 道流程和生产现场增设半成品堆货架的优化方案。生产改善小组在 2500T 压机旁增设了堆料架和储物架如图 4-1 和图 4-2 所示。



图 4-1 2500T 压机旁堆料架图 4-2 2500T 压机旁储物架

Fig.4-1 Stacking rack beside the 2500T press Fig.4-2 Storage rack beside the 2500T press

改善小组经过现场统计，制作了优化前后对比表 4-1，从表中可以看出搬运距离从 245 米缩短到 145 米，减少原长度的 40.8%；减少操作次数 1 次，减少储存次数 1 次；生产周期从原先的 22.75 分钟缩短到 16.65 分钟，缩短了 26.8%，取得了一定的成果。

表 4-1 CMA AWD 后桥侧臂生产流程改进前后对比

现行方案												改进方案									
	操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离 (米)	用时 (分)	取消	合并	重排	简化		操作	搬运	检验	等待	储存	工作说明	距离	用时
1	φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.1					1	φ	→	Δ	W	⊙	CMA AWD 冲压成型		0.1
2	φ	→	Δ	W	⊙	半成品检验		2					2	φ	→	Δ	W	⊙	半成品检验		2
3	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2.5	√				3	φ	→	Δ	W	⊙	半成品运至堆料架、登记	20	1.1
4	φ	→	Δ	W	⊙	半成品运至物流仓库区	80	1.1				√	4	φ	→	Δ	W	⊙	堆料架取料登记运至焊接区	45	1.6
5	φ	→	Δ	W	⊙	半成品检查并入库登记		3	√				5	φ	→	Δ	W	⊙	拆包		0.5
6	φ	→	Δ	W	⊙	半成品出库运至焊接区	85	2.2				√	6	φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		2.5
7	φ	→	Δ	W	⊙	拆包		0.5					7	φ	→	Δ	W	⊙	降温		0.25
8	φ	→	Δ	W	⊙	焊接拼缝		2.5					8	φ	→	Δ	W	⊙	成品检验		2
9	φ	→	Δ	W	⊙	降温		0.25					9	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2.5
10	φ	→	Δ	W	⊙	成品检验		2					10	φ	→	Δ	W	⊙	成品搬运至物流仓库区	80	1.1
11	φ	→	Δ	W	⊙	放置木托板, 打包		2.5					11	φ	→	Δ	W	⊙	成品检查并入库登记		3
12	φ	→	Δ	W	⊙	成品搬运至物流仓库区	80	1.1					项目		改进前		改进后		节省		
13	φ	→	Δ	W	⊙	成品检查并入库登记		3					操作次数		5 次		4 次		1 次		
<b>统计表</b>												搬运次数		3 次		3 次		0 次			
项目						改进前		改进后		节省		检验次数		2 次		2 次		0 次			
移动距离						245 米		145 米		100 米		等待次数		1 次		1 次		0 次			
环节时间						22.75 分钟		16.65 分钟		6.1 分钟		储存次数		2 次		1 次		1 次			

#### 4.1.2 快速换模改善实施

基于上节的优化方案,改善小组改进了换模步骤并统计了优化后的后桥侧臂换模时间如表 4-2 所示:

表 4-2 吉利后桥侧臂换模时间 (优化后)

编号	作业内容	内部作业 (秒)	外部作业 (秒)	改善后停机 时间 (秒)	改善 要点
S1	寻找工具		√	0	移到停机前, 现场 5S 管理
S2	清洁模具表面	√		44	
S3	拆除位置传感器、空气管路接头等 模具附件	√		70	
S4	拆除模具定位销等紧固件	√		223	双人并行作业
S5	准备新模具压机参数		√	0	直接调取系统 内程序
S6	换模小车移出旧模具	√		212	
S7	行车将新模具在固定位置对齐		√	0	移到停机前
S8	换模小车移入新模具	√		231	
S9	打开上下模	√		89	
S10	安装位置传感器、空气管路接头等 模具附件	√		131	双人并行作业
S11	切换新批次生产坯料		√	0	移到停机前
S12	打开安全门,清洁模具表面	√		125	
S13	样件试冲并首件检查	√		261	
S14	正常生产	√			
总计		1386 秒			

在此次优化中,改善小组在换模之前,提前将新模具放于压机旁的生产模具暂放区,减少吊运时间如图 4-3;同时,在换模开始前,提前做好换模工具小车,并做好相关 5S 工作,减少反复寻找拆装工具时间如图 4-4。从表 4-2 中可以看出,此次优化有较明显提高,吉利后桥侧臂换模时间较之前 1979 秒缩短至 1386 秒,提升了 29.96%,但是内部换模时间还有 1386 秒,仍有一定提升空间,需继续改善。



图 4-3 新模具提前暂放区图 4-4 换模工具小车



Fig.4-3 Temporary area for new mould Fig.4-2 Die change tool car

改善小组同时制定了换模作业指导书，对上下模作业进行规范化，并要求按照作业指导书进行规范作业和安全操作如表 4-3。

表 4-3 压机换模作业指导书

压机换模作业指导书				
版本号	文件编号	编写人	修改内容	
V0	0706_MM_004	黄 XX、徐 XX	首次发放	
序号	图示	注意事项		
1		换模至第 35 步骤时，对工作台和导轨进行检查。		
2		平行轨道上小颗粒清除清扫，保持整洁		
3		定位轨道清洁清扫，保持整洁		

表 4-3 (续)

4		模具压板两端必须设专人看护方可执行操作
5		模具开入压机内，换模小车平台压痕位置必须严格检查并清洁
重要关注点		
1)	换模小车撞，机械臂倒塌等，主要由于轨道有小料片，从而导致出轨。	
2)	在进出时如 4 图，人员需在看好状态下动作，以避免造成设备损坏和停机。	
3)	压机内模具小车压痕如图 5 处，要做到换一次模清理一次。（报修时造成下模不到位，有很大因素是这造成的）	

#### 4.1.3 设备故障维修改善实施

根据上节改善方案，改善小组推行了相关制度流程，以下是具体实施过程。

##### 1.故障解决

2019 年某天，操作工在巡检 SGM358 空调线时，发现 SGM358 空调线的检漏及螺钉固定壳体工位，出现检漏仪 24H 内多次出现故障。首先，设备技术员采取临时措施，先暂时立即恢复设备功能：

- 1) 检查并更换测试工装密封圈及气控阀；
- 2) 调整检漏仪进气压力；
- 3) 更换检漏仪备件。

然后，通过鱼骨图分析，造成检漏仪故障的可能的根本原因，如下图 4-5 所示。

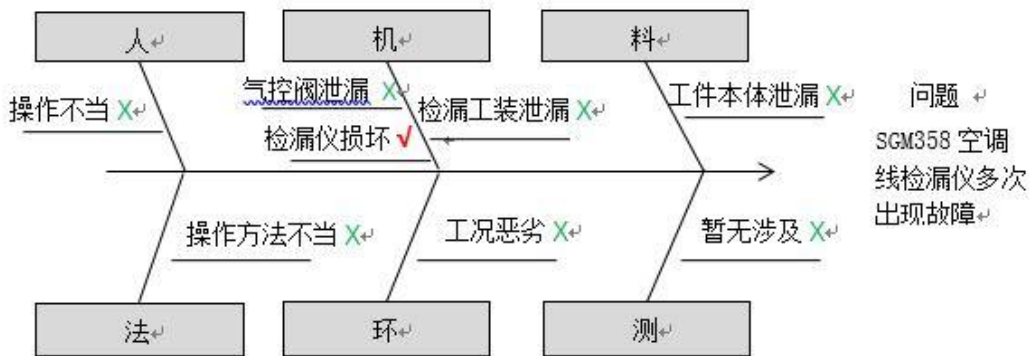


图 4-5 故障鱼骨图分析

Fig.4-5 Analysis of fishbone diagram

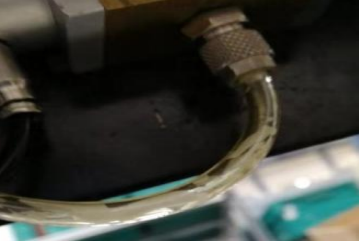

接着，如下表 4-4 所示，运用 5W1H 方法，找出最终的根本原因。

表 4-4 5W1H 分析故障根本原因

验证潜在根本原因 - 标识: 潜在根本原因 = ✓ 不相关 = X			为什么	原因
NO	调查原因	结果		
1	操作方法	X	为什么检漏仪损坏?	检漏仪压力感应器和泄漏感应器损坏
2	气控阀泄漏	X	为什么压力感应器和泄漏感应器损坏?	仪器内部进水/进油
3	检漏工装密封圈泄漏	X	为什么仪器内部进水/进油?	压缩空气内含有微量水/油, 且滤芯防水/油等级不够
4	检漏仪损坏	✓	为什么需要更高等级的过滤器?	检漏仪对于气源要求高于等级 ISO8573.1 Class 1-4-2
5	进气压力异常	X		
6	工件本体泄漏	X		
7	检测对比件泄漏	X		

然后确认根本原因，如下表 4-5 所示：

表 4-5 根本原因确认

	
<p>1) 原有进气过滤器不具备防水功能，测试管路过滤器不具备防油功能</p> <p>2) 检漏仪进气、测试管路的过滤器过滤精度不够</p>	

找出故障的根本原因后，工程师联合现场操作工，针对根本故障本身，采取彻底维修，如下表 4-6 所示。

表 4-6 具体维修措施


N0	行动方案	负责人	截止日期	状态	是否有效
1	更换检漏仪备件	朱 X	2019.8.10	●	√
2	组织检漏仪供应商提供培训并选型进气&测试管路过滤器	周 XX	2019.8.27	●	√
3	紧急订购进气 FESTO 过滤器及 Furness 测试管路过滤器	钱 XX	2019.9.27	●	√
4	安装进气过滤器及测试管路过滤器	周 X	2019.9.30	●	√

然后针对这一故障，采取长期预防措施，从而真正杜绝此类故障继续的发生。此外，在日常点检表中增加相应的点检内容，如下表 4-7，图 4-6 所示。

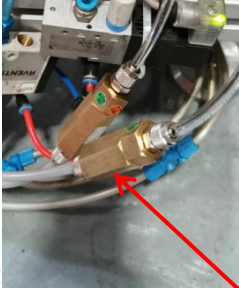
表 4-7 长期措施

SGM358 空调线检漏仪安装进气及测试管路过滤器，用于防水、防油；

- 对同类空调线进行排查，在 C1XX 空调线检漏工位加装同型号过滤器；
- 每日巡检，增加对检漏仪过滤器的检查和更换；
- 通知研发部门新项目负责人对于新项目 OMEGA 空调线，配置相同型号的过滤器；



增加进气自排水滤芯



增加测试管路防油滤芯

设备日常点检记录卡																																	
20 年 月																C070401.2																	
设备名称: C1XX/OMEGA空调总装线(静音房)																设备型号: 专用																	
车间: 空调车间																班次:																	
点检内容		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	合计
1	检查安全光栅,急停按钮 标准:光栅按钮表面无污渍,无破损,动作可靠;																																
2	检查输送链,观察输送电机 标准:无异响,链条松紧适度,电机无抖动,运转平稳.																																
3	检查光电开关 标准:光电完好,固定机构无明显松脱,连接电缆无拖拉.																																
4	检查追溯系统 标准:按工艺操作规程开关机,数据采样无异常.																																
5	检查静音房进出口升降门, 标准:气缸无漏气,上升&下降动作平稳,固定机构螺母无松动,门扣未碰无变形.																																
6	检查压缩空气 标准:压缩空气无漏气,压力表指针在绿标准范围内(0.6-0.7)Mpa																																
7	检查阻挡及升降台 标准:阻挡无损坏,动作灵活可靠,无异常.																																
8	检查插座插针 标准:插针无弯曲,松动,无发黑,无严重磨损发白																																
9	检查C-Box及鼓风机插头标准:鼓风机插头完好,针脚无发黑,C-box电源指示灯无报警(红色),观察 PORT接头无明显松脱.																																
点检人签名																																	
班组长签名确认																																	
处理记录(调整、修复)																																	
设备运转时间																																	
停台检修时间																																	

设备操作者必须做到:

- 每天上班后半小时内按本设备规定的点检内容完成设备点检。
- 点检方法: 听、看、试。
- 点检时发现异常, 视具体情况由操作者或维修工进行调整、排故。
- 符号(标记)规定: 正常√, 异常×, 厂休日(节假日)或因故障停产T。
- 认真作好记录。

图 4-6 针对故障更新的设备每日点检表

Fig.4-6 Daily spot check list of equipment updated for failure

## 2. 设备人员能力提升

改善小组实地了解每位设备技术员和工程师的技术情况，绘制了对应职能矩阵，如表 4-8 所示。

表 4-8 B 厂设备技术员的职能矩阵

姓名	岗位	液压故障分析	机械故障分析	电气故障分析	液压维修	机械维修	电气维修	钳工技能	电焊技能	测绘能力	协作能力	紧急应变	电脑应用	安全知识
杨 X X	电工	◐	◐	◑	◐	◐	◑	◐	◑	◑	◑	◑	◑	◑
王 X X	电工	◐	◑	◑	◐	◑	◑	◑	◐	◐	◑	◑	◑	◑
沈 X	电气工程师	◐	◑	●	◐	◑	●	◑	◑	◑	●	●	●	●
马 X	机械工程师	◐	●	◑	◐	◐	◑	◑	◑	◐	◐	◐	◐	◐
徐 X X	机械技术员	◑	◑	◐	◑	◑	◐	◑	◑	◑	●	●	●	●
董 X	机械技术员	◑	◑	◐	◑	◑	◐	◑	◑	◑	●	●	●	●
查 X X	机械工程师	◐	●	●	◐	◐	●	●	●	◑	●	●	●	●
周 X	电气工程师	◑	◑	●	◑	◑	●	◑	◑	◑	●	●	●	●
向 X X	电工	◐	◑	◑	◐	◑	◑	◑	◐	◐	◑	◑	◑	◑

◐：需要指导完成 ◑：可培训他人

◑：可独立完成 ●：独立完成工作，并具备改善意识

从表 4-8 中可以看出，沈师傅技能覆盖最全，设备经理委任沈师傅为维修部小组组长，同时剩余 3 名工程师作为副组长，管理日常维修保养工作。此外，设备经理

负责整个车间维修小组组长和副组长的定期培训。负责将维修小组工作纳入日常工作检查，并在生产例会上通报。职能如下表 4-9 所示。

表 4-9 设备维修组职能

姓名	岗位	职能
沈 X	组长	负责部门运行并指挥监督所属成员。编制《设备档案》，《压机巡检表》，《设备月保养计划》，《备品备件清单》等。给予组员指导并对日常维保提出建议。
马 X、 周 X、	副组长	协助组长处理部门事物，负责监督计划的执行、记录、归档。在被授权时，代行组长职务。
全组员	维修组员	早晚班生产线的跟线。设备抢修、设备定期预防保养、设备定期润滑、设备检修、元件更换，并做好记录。
组长	技术支持	对组员进行“带帮教”。故障分析，根据工艺要求，对设备改造，机能，性能进行改进。

#### 4.1.4 生产程序改善实施

基于前文压机程序优化方案的设计，针对冲压生产过程中三个重要的因素：滑块、机械手和模具进行优化，由于模具的所有权属于整车厂客户，因此，基于模具不变的情况下，此次仅针对滑块及机械手的技术参数进行优化调整。

以吉利后桥侧臂产品模具为例，改善小组收集了不同坯料抬升高度数据如图4-7所示。

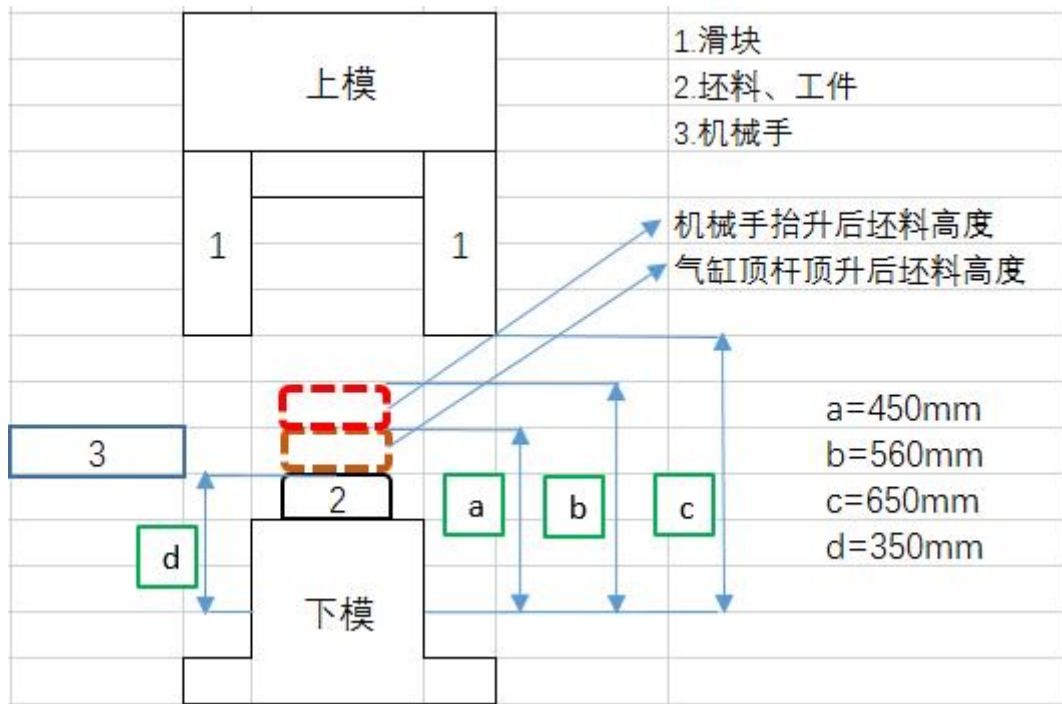


图 4-7 坯料不同位置高度  
Fig.4-7 Different position of blank

根据上文改善方案, 滑块的停止位置应尽可能接近机械手抬升坯料的高度以减少无效行程。据现场测算, 吉利后桥侧臂, 机械手拿取坯料的高度为560mm, 经改善小组评估, 为保证机械手移动空间及防止机械手碰撞模具, 预留90mm安全高度, 即上模滑块初始等待位置距离下止点为650mm。此外, 经现场工程师调试, 优化了滑块不同高度速度如下表4-10所示。

表 4-10 滑块速度调试表

NO.	描述	优化前 V-max (mm/s)	V1 (mm/s)	V2 (mm/s)	V3 (mm/s)	最合理速度 (mm/s)
P01	接触零件前	750mm/s	800	850	900	900
P02	下止点前	350 mm/s	400	420	450	450

同理, 机械手停止位置应尽可能贴近滑块以减少无效行程。据现场测算, 机械手距离模具滑块外侧面当前距离为 400mm, 经改善小组评估, 为保证机械手移动空间及模具位置传感器能及时感应机械手位置, 预留 200mm 安全距离, 即机械手进入抓料的初始等待位置距离模具滑块外侧为 200mm。

优化程序完成后，滑块从优化前原本上止点为 $Z_0(0,0,700\text{mm})$ ，即距离模具上台面 $700\text{mm}$ 高度，现在优化到 $Z_0'(0,0,650\text{mm})$ ，优化前以 $750\text{mm/s}$ 速度匀速下降到 $Z_1(0,0,220\text{mm})$ 高度，优化后以 $900\text{mm/s}$ 速度下降到 $Z_1(0,0,220\text{mm})$ 高度；优化前以 $350\text{mm/s}$ 速度继续下降，直至合模；优化后以 $450\text{mm/s}$ 速度下降至合模完成。

如下表4-11所示，经过测算，吉利后桥侧臂滑块、机械手优化前后数据对比

表4-11 吉利后桥侧臂滑块、机械手优化前后数据对比

步序	步序内容	位置（优化前/优化后）	行程（优化前/优化后）	速度	耗时
1	滑块从上止点移动至下模上台面并触发位置传感器	$(0\text{mm},0\text{mm},700\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	480mm	750mm/s	0.64s
		$(0\text{mm},0\text{mm},650\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	430mm	900mm/s	0.48s
2	压机静止待命	$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	0mm	0mm/s	2.5s 2s
3	机械手从起始点移动至坯料上方	$(0\text{mm},400\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	400mm	800mm/s	0.5s
		$(0\text{mm},200\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	200mm		0.25s
4	机械手抓料并放置在下一工位	$(0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (600\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	600mm	800mm/s	0.75s
5	机械手退回起始点	$(600\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},400\text{mm},0\text{mm})$	1000mm	800mm/s	1.25s
		$(600\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},200\text{mm},0\text{mm})$	800mm		1s
6	压机滑块下降至合模点	$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	220mm	350mm/s	0.63s
				450mm/s	0.49s
7	压机保压	$(0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$	0mm	0mm	1s
8	压机滑块抬升至下模上台面	$(0\text{mm},0\text{mm},0\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	220mm	350mm/s	0.63s
				450mm/s	0.49s
9	压机继续抬升回上止点	$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},700\text{mm})$	480mm	750mm/s	0.64s
		$(0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$ = $\rangle (0\text{mm},0\text{mm},220\text{mm})$	430mm	900mm/s	0.48s
		$(0\text{mm},0\text{mm},650\text{mm})$			
合计				优化前	6.04s
				优化后	4.94s

在见到吉利后桥侧臂产品优化的效果后，设备工程师根据之前优化的经验，着手推广优化剩余产品。下表4-12是优化过程中其他产品模具改善情况。

表 4-12 其余模具持续工艺改善进度表

序号	产品名称	工艺开口项	计划优化措施	完成节点
1	ALL Die	机械手角度与滑块行程调整不合理	现场对每副模具进行优化	30/11/18
2	NCS Control Arm LH	机械手投放 op30 后零件晃动, op40 卡废料。	更换机械手及盖板,更改 op40 废料滑落方向.	20/06/18
3	W205 Crossmember Front	op60 成型后零件晃动导致机械手抓取不稳定.	1.购买新的压料板限位缓冲聚氨酯。 2.调整 op60 压料板导板导向间隙。	30/08/18
4	C346/C520 FLCA UPR Shell LH/RH	op60、70 成型后零件晃动导致机械手抓取不稳定.	1:更换下模导向销,确保在正确的导向间隙下工作 2:调整粗定位。 3:更换 Lifter 或 Lifter 的导板,确保 Lifter 在正确的导向间隙下工作。	30/08/18
5	C490 Control Arm LH/RH	机械手夹钳感应器不稳定导致机械手报警.	1.研配机械手与零件形面.	23/09/18
6	M3M4 Side Arm Upper Shell LH/RH	op20 机械手投料与定位干涉, op80 机械手抓料不稳定。	1.调整送料机械手位置 2 调整夹钳与零件的间隙	10/10/18
7	NCS Control Arm RH	机械手投放 op40 后零件晃动.	1.更改机械手上下挡板的间隙	12/10/18
8	C346 POT LH	op20 上模导板与机械臂干涉,	1.加长机械手连接管 2.调整机械手运行曲线	25/11/18
9	C346 POT RH	op20 上模导板与机械臂干涉,	1.加长机械手连接管 2.调整机械手运行曲线	30/11/18
10	AWD-Front Crossmember 全驱-前横梁	op40 旋转机械手抓取时撞料, 导致机械臂过紧报警。	1.重新制作机械手,优化旋转中心位置	25/11/18
11	FWD-Front Crossmember 前驱-前横梁	op20 空工位零件跳动导致机械手抓取不稳定	1.更改机械手上下挡板的间隙	20/11/18

## 4.2 效益对比分析

价值流图析技术的应用，帮助了公司对精益改善无从下手的难题。用工业工程的方法和精益思想原则对生产流程进行改进，在投入很少的情况下，短时间内获得了较为满意的效果，吉利 CMA AWD 后桥侧臂产品交货周期明显缩短、在制品库存大量减少。另外公司运营流程也大大简化，去除了多次重复的检验、入库的流程，减少了环节等待的浪费。订单变更流程的调整，加强了对物料的管控，缩短了处理时间，物料采购操作由原先的 3 天缩短到 1.5 天。总体来说，这次改善活动取得了不错的成绩。

### 4.2.1 生产流程和换模时间前后对比

吉利后桥侧臂产品生产流程和换模时间的改善前后对比，如表 4-13。通过生产流程优化，物流距离缩短了 40.8%，减少了搬运时间；取消了半成品入库、出库环节；生产流程时间（这里指流程程序图的制造时间包括操作、检验、搬运、等待和储存等生产工序）缩短了 61 分钟，改善率 26.8%。通过快速换模方法，换模时间缩短了 29.96%，提高了冲压生产时间。

表 4-13 生产流程及换模时间改善对比

内容	改善前	改善后	改善比例
物流距离（米）	245	145	40.8%
操作次数（次）	5	4	20%
储存次数（次）	2	1	50%
生产流程时间 （分钟）	22.75	16.65	26.8%
换模时间（秒）	1979	1386	29.96%

### 4.2.3 故障维护时间和设备利用时间对比

方案实施后，改善小组选取了 2018 年 6 月改善前的设备平均综合利用率和优化后的 2019 年 6 月份的设备平均使用情况进行对比，如下表 4-14 所示。

表 4-14 2018 年 6 月与 2019 年 6 月设备利用率前后对比

2500T	设备计划 生产时间	设备故障 停机时间	设备换 模时间	设备 时间开 动率	设备性 能开动 率	平均合 格率	设备综合 效率
优化前	6960min	567min	429min	85.69%	73.66%	99.21%	62.62%
优化后	3900min	339min	166min	87.05%	85.04%	99.20%	73.44%

优化后，2019 年 6 月后桥侧臂订单交付量为 70134 件，2019 年 6 月月计划生产用时 80 小时，设备保养 2 次，每次计划用时 4 小时，每天 2 班，每班 12 小时，其中每班吃饭半小时，休息半小时。

压机总计划生产时间=80×60=4800 分钟

计划停机时间=60×7+4×60×2=900 分钟

计划生产时间=总计划生产时间-计划停机时间

计划生产时间=4800-900=3900 分钟

故障停机时间=339 分钟

换模和调整时间=166 分钟

设备实际开动时间=3900-339-166=3395 分钟

压机设备时间开动效率=3395/3900×100%=87.05%

生产 70134 件产品总耗时=70134÷2×4.94÷60≈2887 分钟

设备性能开动率=2887/3395×100%=85.04%

整体上，2500T 压机在同一生产季节，整体优化后设备时间开动率以及性能开动率上都优于优化前。综合设备利用率上，如下表 4-15 所示，优化实施前后，2500T 设备综合利用率从优化前 64.11%提升到 73.58%，提高了 9.47%，但尚未达到预期目标。

表 4-15 优化前后设备 OEE 对比

年份	设备	平均时间开动率	平均性能开动率	平均合格品率	设备综合效率 (OEE)
2018 全年平均	2500T	86.83%	74.48%	99.13%	64.11%
2019 年 1 至 6 月平均	2500T	87.19%	85.13%	99.13%	73.58%

项目经理和改善小组分析了 2500T 压机改善实施过程中遇到的问题，并加以总结：

1) 问题一：内部资源调用困难。

虽然公司成立了生产改善小组并委任了项目经理,但是当需要跨部门合作时,仍然存在着“部门墙”,导致某些方案不得不采用临时措施,对改善效果或多或少有些影响。

2) 问题二:改善阻力。方法的实施与传统的生产管理方法有很大区别,缩短的维保时间和现场设备管理流程的优化导致现场相关设备操作人员需要效率更高,更高的专注度,从某种意义上说,它要求操作人员更具责任心,加大了操作人员的工作量,导致现场人员“阴奉阳为”,无法实际落实改善举措。

3) 问题三:团队某些成员对认识不够,处理问题时反应速度慢。

故障的发生后需要相关人员迅速做出反应,并以最快的速度处理好问题。但现在实际情况是,当生产线出现问题时,相关问题负责人反应迟缓,问题处理也要花费较长的时间。深究其原因,因为刚推行新的改善方法,某些成员尚未进行培训,只能按照老方法;而已经培训完毕的以为只是原来的管理方式换个新名词而已,故处理问题时还是按照传统的处理问题的流程,导致生产设备停滞等待。

以上均出现在 2500T 压机推行优化方案的实施过程中,因此,项目经理针对上述问题做出了以下措施:

1) 针对问题一

项目经理向总经理陈述了优化措施及相应理论效益数据,并申请由工厂总经理直接决定实施方案,部门经理按总经理同意方案进行实施。此外,项目经理申请项目改善专项资金,用于优化激励,更好地进行项目改善实施。并成立了合理化建议邮箱,吸取更合理化意见和意见。

2) 针对问题二

项目经理与部门经理沟通协商,采取改善措施考评制度,并设置绩效。并组织全员培训,让生产团队所有成员理解推行方法的优劣。其次,对于实施效果差、屡次消极应对的员工,进行换岗。

3) 针对问题三

加大方法宣传力度,并设置相关培训时间最终节点,并加以考评。此外,在食堂和车间进口及生产线显眼处贴上宣传标语,让所有员工从思想上重视。

### 4.3 本章小结

本章基于优化改善方案,通过分析量化后的生产流程参数指标,并结合前文所提及的,四大主要影响生产环节因素问题:在制品库存、设备现场管理、冲压生

产工艺和设备利用率方面，改善小组优化了上述问题，并通过优化前后的对比分析，证实优化方案确实一定程度上提高了 B 零部件厂生产产能。此次对 B 厂冲压生产线的优化研究工作，做到了全员参与，无论是技术人员还是一线生产或是管理人员均从改善实践活动中获得了宝贵的经验，锻炼了员工分析问题的能力，也提升了公司整体的生产管理水平。

通过此次以吉利后桥侧臂为研究典型的生产改善活动中，充分展示了运用价值流程图方法改善实际生产活动的可用价值，为后续的企业开展精益生产做了充分的操作准备。

## 第五章总结与展望

本文以项目管理为手段，根据大批量、订单式生产企业特点，以 B 厂冲压生产线生产流程管理出现的问题为出发点，以提高压机生产产能的措施及成果为终点，从 B 厂冲压生产管理环节中存在的压机综合利用率低、库存价值高、冲压工艺不合理三方面入手，依托价值流分析方法为主线，以产能提升为最终目标，对 B 厂冲压生产线生产管理流程进行优化改造。在具体的改进方案中，将 B 厂冲压生产线流程优化方案总结如下：

1) 在设备维保优化方面，通过建立完善的故障处理流程，加强设备维护人员的技能培训，使得设备保养时间从原本 8 小时降低至 4 小时，维修时间得到缩短，从整体上来看，设备综合效率从原本 64.11% 提升至目前的 73.58%，提升了约 9.47%。

2) 在冲压工艺优化方面，通过优化压机冲压参数，通过改善滑块与机械手的初始待机位置，并根据模具特性调试行程速度，以吉利后桥侧臂为例，整个单位冲压周期减少约 1.2 秒，单位生产节拍得到提高。

3) 在生产环节优化方面，通过增加临时储物架和堆料架，减少半成品的入库搬运环节，取消重复的检验步骤等方法，使得生产流程时间从 22.75 分钟降低至 16.65 分钟，缩短了 26.8% 的环节时间。

4) 在换模方面，运用快速换模方法，通过区分内外部作业，并行相同工序，双人操作等方法，使得换模时间由原本 1979 秒降低至 1386 秒，缩短了约 30% 的换模时间。

以上优化方案的实施，实现了在不增设产线，不加大生产资源投入的情况下，以较低的改善成本，利用精益生产优化方法，使得 B 厂设备综合利用率得到提升，生产环节存在的浪费情况得到改善，从而降低了企业运营成本，初步达到了企业对于生产线改善的需要。

本文主要创新点为针对冲压零部件生产的价值流分析。

## 参考文献

- [1] H. Hill, Christopher new manufacturing paradigms-new manufacturing policies, Technological forecasting and social change, 1992, 23-45.
- [2] 迈尔·伯乐、弗雷迪·伯乐, 金矿: 精益生产-挖掘利润[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [3] Toksoy G. Five Principles to Guide lean Success[J]. Canadian Shipper, 2014.
- [4] Chiarini A. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, 85: 226-233. Amelia Natasya Abdul Wahab, Muriati Mukhtar, Riza Sulaiman. A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. Procedia Technology, 2013, 11, 1292-1298.
- [5] C. Roriz, E. Nunes, S. Sousa. Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company[J]. Procedia CIRP, 2017, 63: 125-131.
- [6] Anisur Rahman, Azharul Karim. Application of lean production to reducing operational waste in a tile manufacturing process[J]. International Journal of Management Science and Engineering Management, 2013, 8(2): 9.
- [7] Bhim Singh, S. K. Garg, S. k. Sharma, Chandandeep Grewal. Lean implementation and its benefits to production industry[J]. International Journal of Lean Six Sigma, 2010, 1(2): 157-168.
- [8] Rahani AR, Muhammad al-Ashraf. Production Flow Analysis Through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study[J]. Procedia Engineering 2017(41): 1727-1734.
- [9] Ha Harwinder Singh, Amandeep Singh. Application of lean manufacturing using value stream mapping in an auto-parts manufacturing unit[J]. Advances in Management Research, 2016 (10) : 72-84.
- [10] Anand Gurumurthy, Rambabu Kodali. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation[J]. Manufacturing Technology Management, 2018(22): 444-473.
- [11] 陆杰, 周炳海. 基于精益生产理念的精密仪器装配线改善[J]. 机械制造, 2016, 54(9): 81-84.
- [12] 李琴, 彭丽霞, 刘海东等. 价值流技术在产品生产系统优化中的应用[J]. 现代制造工程, 2015 (2) : 24-29.

- [13] 黄东杏.快速换模 (SMED) 在 TM 弹簧制造公司的应用研究[D].华南理工大学, 2015.
- [14] 蔡培明.精益生产在 E 变速箱公司生产管理中的应用研究[D].东华大学, 2017.
- [15] 齐海龙.阿道尔公司精益生产方式研究[D].吉林大学, 2017.
- [16] 董鹏, 吴焕岭.精益生产在生产线改善中的应用研究[M].北京: 服装学院学报 (自然科学版), 2013, 33 (02): 63-72.
- [17] 杨青, 乔黎黎.基于价值流图析技术的精益改进研究[J].金属世界, 2019(s1): 145-148.
- [18] 李文杰, 徐克林.基于价值流图析的精益生产研究[J].机电设备, 2019, 26 (01): 41-44.
- [19] 涂在友, 王峰, 王巍巍.流程程序分析在企业生产流程改进中的研究[J].中国储运网, 2010.04, 91-93.
- [20] Guangyu Xiong, Xiuqin Shang, Gang Xiong, Timo R. Nyberg. A Kind of Lean Approach for Removing Wastes From Non-Manufacturing Process With Various Facilities[J]. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2019, 6(01): 307-315.
- [21] 高贺云, 任成渝, 王霄.基于 ECRS 原则的生产系统流程优化[J].计算机产品与流通, 2017 (10).
- [22] 李庆远. 如何做好精益生产: JIT 生产实务手册 [M]. 广州: 广东经济出版社, 2012.
- [23] 张雷.设备综合效率在半导体测试设备管理中的应用研究[J].中国高新技术企业, 2014(15): 17-19.
- [24] 杜金丹.设备综合效率在注塑企业的计算及应用[J].橡塑技术与装备, 2017 (16).
- [25] 搜狐.汽车观察|本特勒:练好底盘功夫  
[EB/OL].[https://www.sohu.com/a/140102084\\_190282](https://www.sohu.com/a/140102084_190282), 2017年5月12日.
- [26] 中商情报网. 2019 年中国汽车零部件市场回顾及 2020 年发展趋势预测 (附数据图)  
[EB/OL].[https://www.askci.com/news/chanye/20191227/0949191155845\\_2.shtml](https://www.askci.com/news/chanye/20191227/0949191155845_2.shtml), 2019 年 12 月 27 日.
- [27] 本间峰一, 北岛贵三夫, 叶恒二著, 陈楚阳译.改善[M].北京, 人民东方出版社, 2012年, 第22-37页.
- [28] 今井正明著, 周健译.现场改善: 低成本管理方法的常识[M].北京, 机械工业出版社, 2013年, 第126-127页.
- [29] 李海兰, BSL 公司注塑车间生产管理的现状研究及改善[D].华东理工大学, 2011.
- [30] 赵月.基于价值流程图的 A 公司 BPI 生产线改善研究[D].中国矿业大学, 2019.

## 致谢

在本次课题研究以及论文写作的过程中，非常感谢上海交通大学给予我的学习机会，以及程先华老师给予我的帮助，无论是选题、论文架构以及各章节的内容，老师都给予了我细心的指导与宝贵的建议。如果没有导师的帮助，我是无法顺利完成此次的研究工作。在此过程中，导师严谨求实的态度、兢兢业业的精神深深的打动了我。这不仅是我学习生涯的榜样，更是日后工作中的榜样。感谢所有授我以业的老师，没有这些年知识的积淀，我没有这么大的动力和信心完成这篇论文。感恩之余，诚恳地请各位老师对我的论文多加批评指正，使我及时完善论文的不足之处。谨以此致谢最后，我要向百忙之中抽时间对本文进行审阅的各位老师表示衷心的感谢。

## 攻读硕士学位期间发表的学术论文

《科技论文写作》课程成绩：B

该课程提交大作业(学术文章)：徐■■■，浅谈伺服电机控制系统在整车测试中应用

说明：2016年6月，经学院、学部、学校学位评定委员会审核，通过了学院关于非全日制硕士生取消发表小论文的提议。同意非全日制研究生自2015级开始，用《科技论文写作》课程取代发表小论文，课程结束时提交一篇小论文作为作业，并且该作业由学院统一进行查重。