

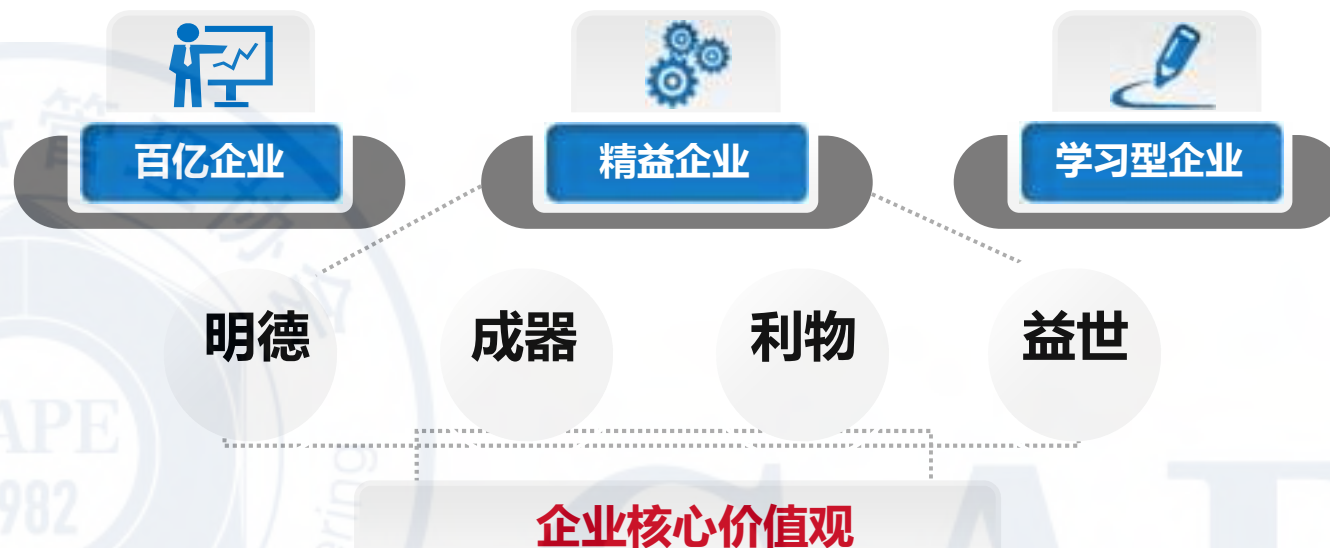


机座加工线TnPM六项改善案例

中车株洲电机有限公司

2017年9月27日

公司介绍



- “明德”** 意指弘扬人类本性中固有的德性，由己及人，止于至善；
- “成器”** 意指创造精良物品。正如《三字经》所说，玉不琢、不成器；
- “利物”** 表示用智慧创造，利益万物，提升系统价值；
- “益世”** 就是利他，兼相爱，交相利，有益于社会和自然。

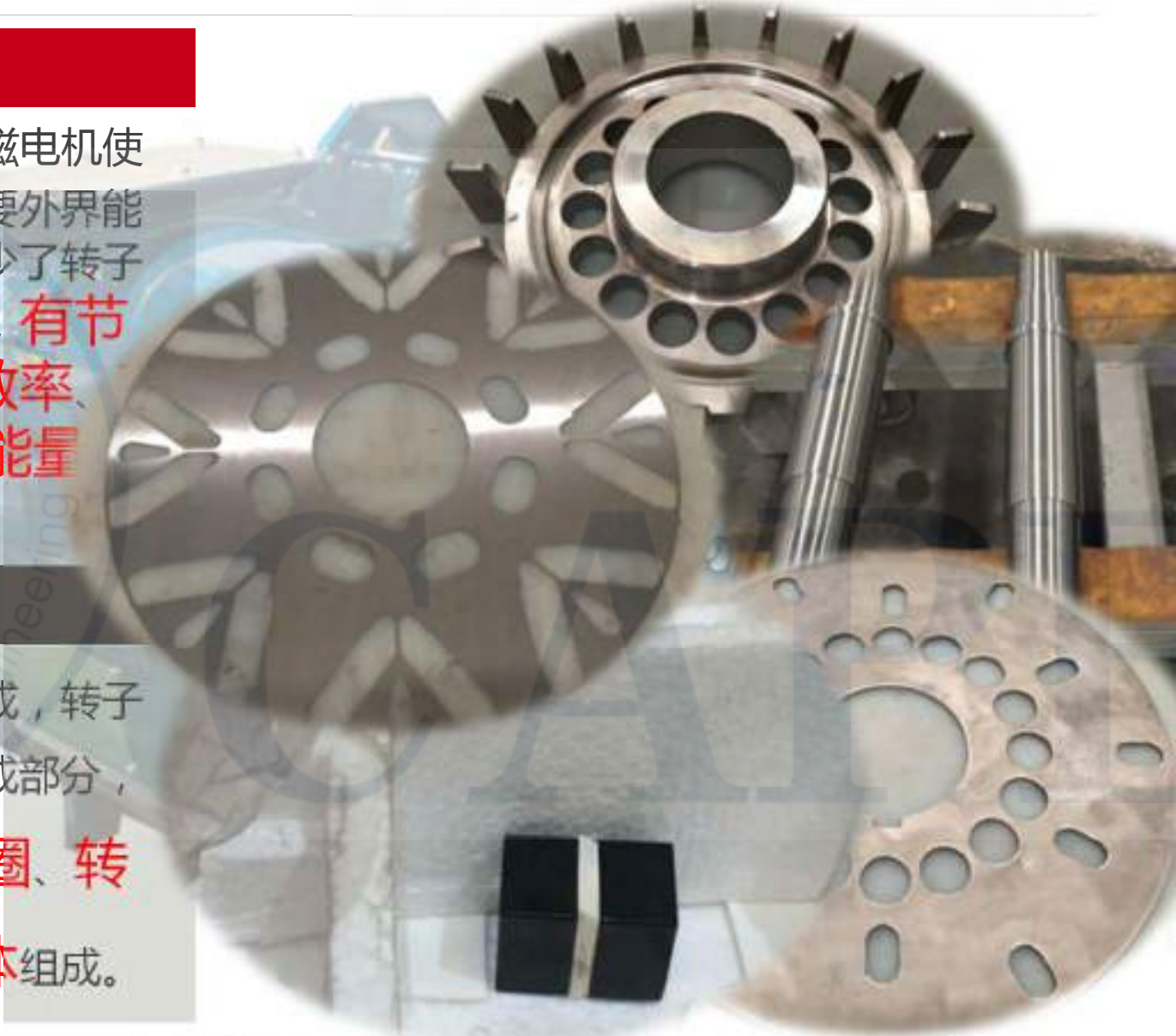
产品介绍

永磁电机

与普通电机相比，永磁电机使用了**永磁体**，不需要外界能量即可维持其磁场，少了转子励磁线圈部分的损耗，**有节能、重量轻、高效率、力矩惯量比、高能量度**等优点。

转子铁心

电机主要由定转子组成，转子铁心是转子的主要组成部分，其主要由**冲片、压圈、转轴、端板及永磁体**组成。



一、小组概况

小组名称		飞虎队				
成立时间	2015.11	活动时间	2016.03 ~ 2016.12			
小组类型	现场型					
小 组 成 员						
序	姓名	性别	年龄	技能等级	职务	组内分工
1	蔡超辉	男	28	工程师	工艺员	全面组织、协调与策划
2	贺北平	男	32	工程师	工艺员	工艺技术指导及过程跟踪
3	罗清华	男	32	工程师	质量管理员	产品质量管控
4	李 浩	男	28	工程师	设备员	现场管理及过程实施管理
5	胡 鑫	男	31	工程师	设备员	现场管理及过程实施管理
6	李赛花	女	31	工程师	设备员	现场管理及过程实施管理
7	龙峰强	男	44	高级技师	操作者	现场操作及具体实施
8	余 榴	女	27	高级工	质检员	产品尺寸检测



一、小组概况

培训工作

2014年1月至今开展164次OPL活动，平均1.2次/周，对好的改善进行交流学习。

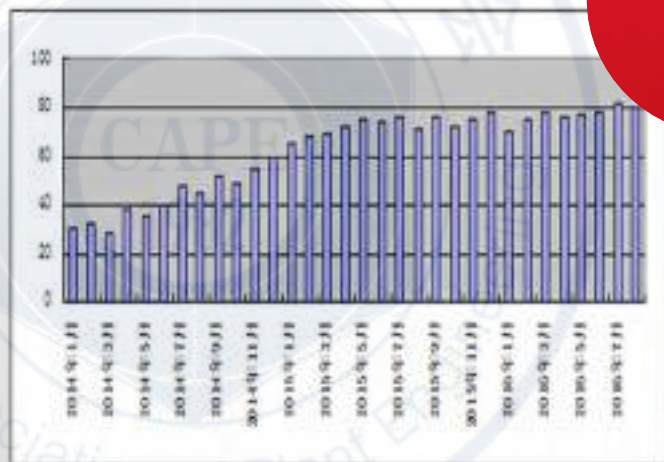
开展设备知识、操作等培训67次，培训人员超1000人次。



一、小组概况

六源活动

六源
改善



六源
评审



累计改善提案达2334篇

一、小组概况

技术切磋

问题攻关



攻关难题**40**余项

技能比武



团队成员参加电工、钳工比赛获得优异成绩

一、小组概况

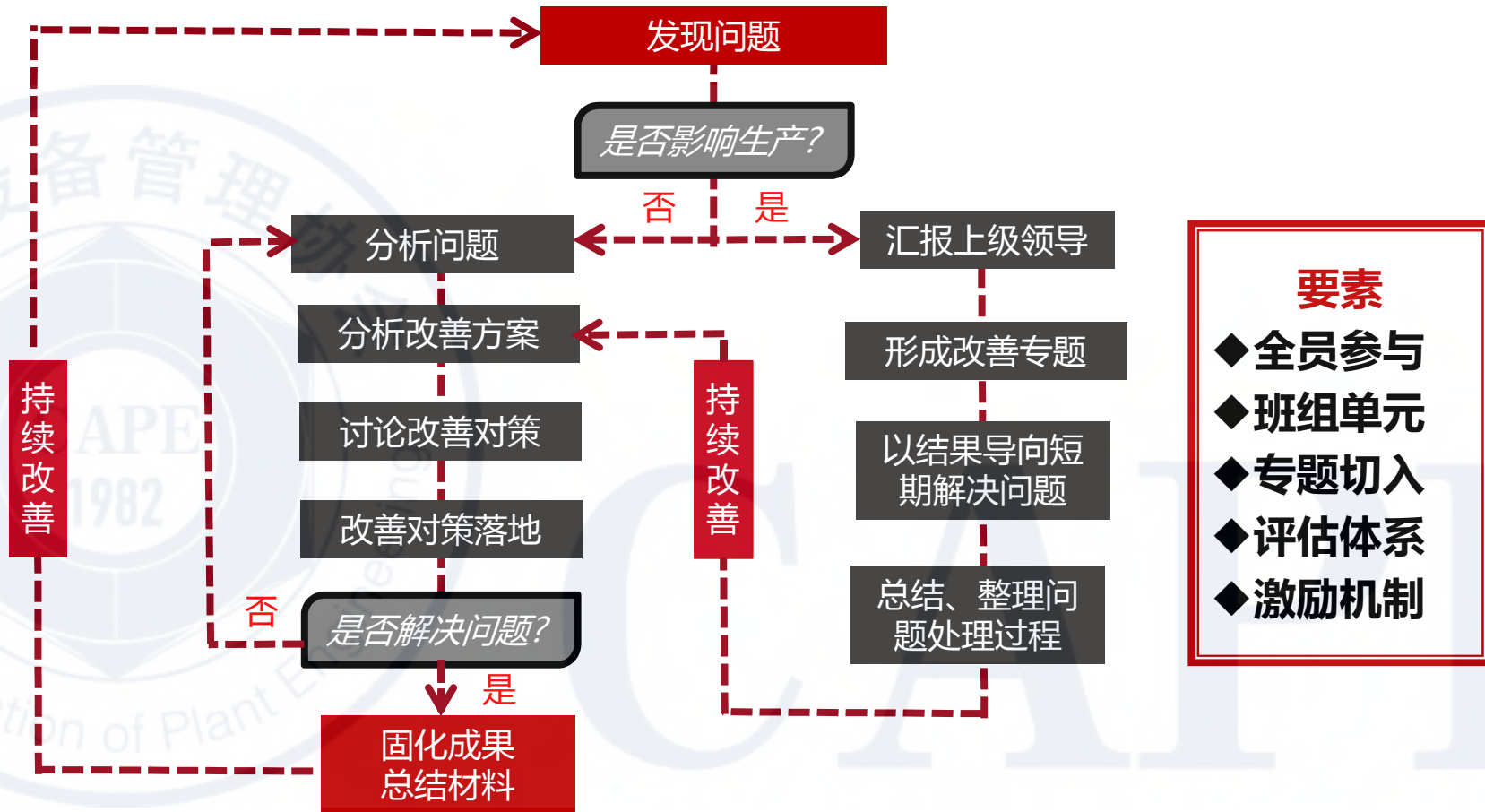
团队协作



自主设计60多项

二、运行机制

推行流程

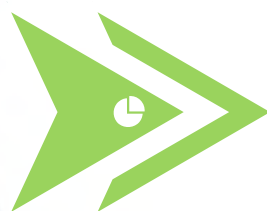


二、运行机制

推行要点

培训宣贯

看板展示筑基础
面授培训促提升
共享平台畅交流



推行要点

稳步提升

现场环境变化
改善指标完成
员工技能提升
体系制度完善



人才育成

技能提升多维度
以赛代练促养成
内培讲解共提升
技能评定获丰收


















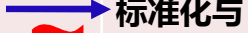
维护管理

点检流程标准化
状态监测专业化
故障分析系统化
六项改善常态化

三、活动计划

为提高工作效率，制定了活动计划表，明确了责任人和完成时间。

计划完成  实际完成 

活动计划	工具运用	项目进展里程碑时间								目标	负责人	
		201604	201605	201606	201607	201608	201609	201610	201611~12			
选题理由	统计表										确定课题	蔡超辉
现状调查	柱形图 帕累托图										改善空间	贺北平
设定目标	柱形图, 调查分析										落实缺陷	罗清华
原因分析	关联图										查找原因	龙峰强
要因确认	调查分析 表										确认要因	蔡超辉
制定对策	对策表										改善计划	王田湘
实施	调查表										改善验证	伍益山
效果检查	柱形图, 统计表										效果确认	余榴
总结与打算	文件化, 标准化										标准化与 未来打算	全体小组 成员

课题一：提高永磁牵引电机转子铁心一次交验合格率

一、选题理由

1

影响大

1、永磁牵引电机在近几年发展迅速，有节能、低噪音、效率高、重量轻等特点，性能优良，有良好的发展前景。

2、公司在制造永磁牵引电机方面尚属于起步阶段，他的产品质量，直接关系到公司利益和未来的发展。

2

问题多

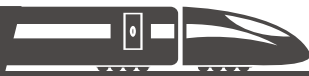
1、永磁牵引电机是新结构，转子铁心的制作还没有沉淀足够的经验，行业内也很难找到相应的工艺标准。

2、制造难度大，返工风险高，出现过冲片间隙大、轴跳动大、磕碰伤等各种各样的问题，一次交验合格率低，项目进程受到严重影响。

提高永磁
牵引电机
转子铁心
一次交验
合格率！

二、现状调查

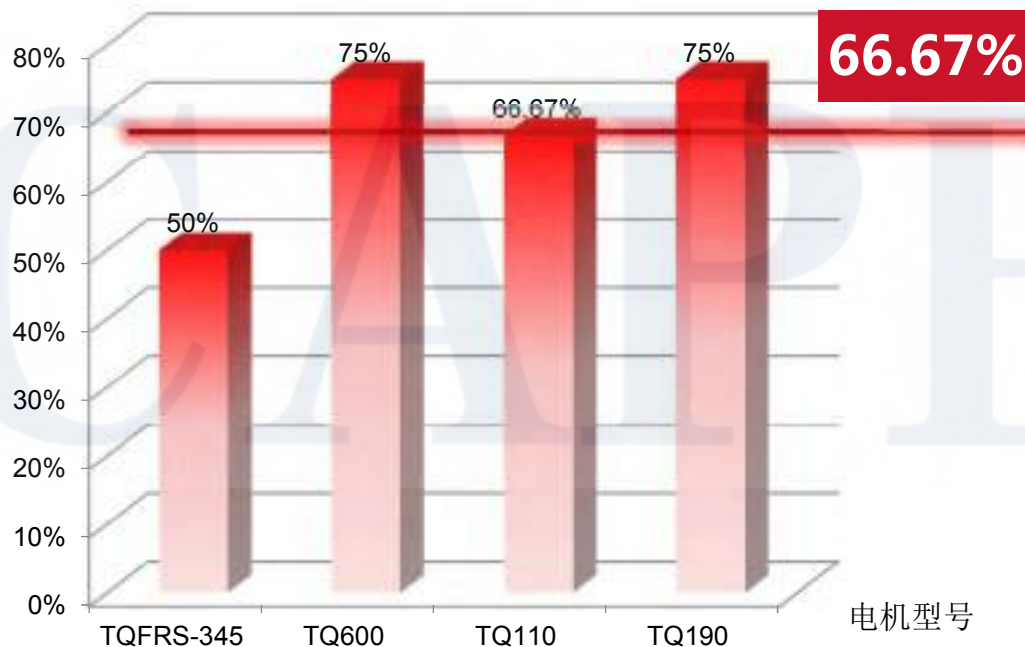
(一) 生产现状



对2015年1月份至2016年3月份期间生产的TQFRS-345、TQ600、TQ110和TQ190等型号电机转子铁心质量进行统计，共交付32台，23台合格，**一次交验合格率仅为66.67%。**

一次交验合格率

序	电机型号	总数	合格数量	一次交验合格率
1	TQFRS-345	2	1	50%
2	TQ600	8	6	75%
3	TQ110	6	4	66.67%
4	TQ190	16	12	75%
合计	4种	32台	23台	66.67%



二、现状调查

(二) 不合格信息统计



序	电机型号	产品编号	外观	轴跳动	冲片间隙	不合格项
1	TQ600	16-0421	表面磕碰伤	0.02mm	0	磕碰伤
2	TQ600	16-0427	无缺陷	0.03mm	1.2mm	冲片间隙大
3	TQ190	16-0224	无缺陷	0.02mm	1.6	冲片间隙大
4	TQ190	16-0265	无缺陷	0.02mm	1.1mm	冲片间隙大
5	TQ190	16-0279	无缺陷	0.03mm	0.8mm	冲片间隙大
6	TQ110	16-0533	无缺陷	0.08mm	0	轴跳动大
7	TQ110	16-0512	无缺陷	0.07mm	0	轴跳动大
8	TQ190	16-0278	无缺陷	0.06mm	0	轴跳动大
9	TQFRS-345	16-0312	无缺陷	0.05mm	0	轴跳动大

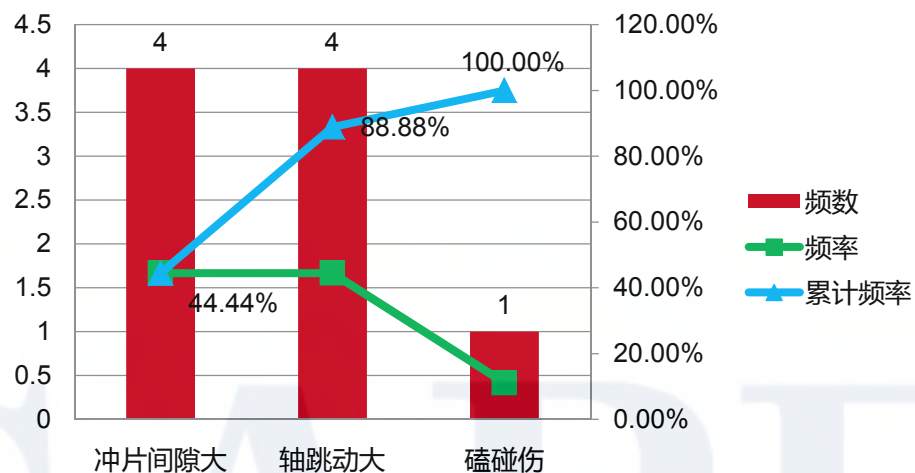
二、现状调查

(三) 不合格品分析



序	不合格项	不合格品数	不合格品百分比	累计不合格品数	累计不合格占比
1	冲片间隙大	4	44.44%	4	44.44%
2	轴跳动大	4	44.44%	8	88.88%
3	磕碰伤	1	11.11%	9	100%
	总计	9	100%	9	100%

质量问题分布



结论:

冲片间隙大和轴跳动大

是影响永磁牵引电机转子铁心产品质量的主要问题。

三、设定目标

(一)

目标值

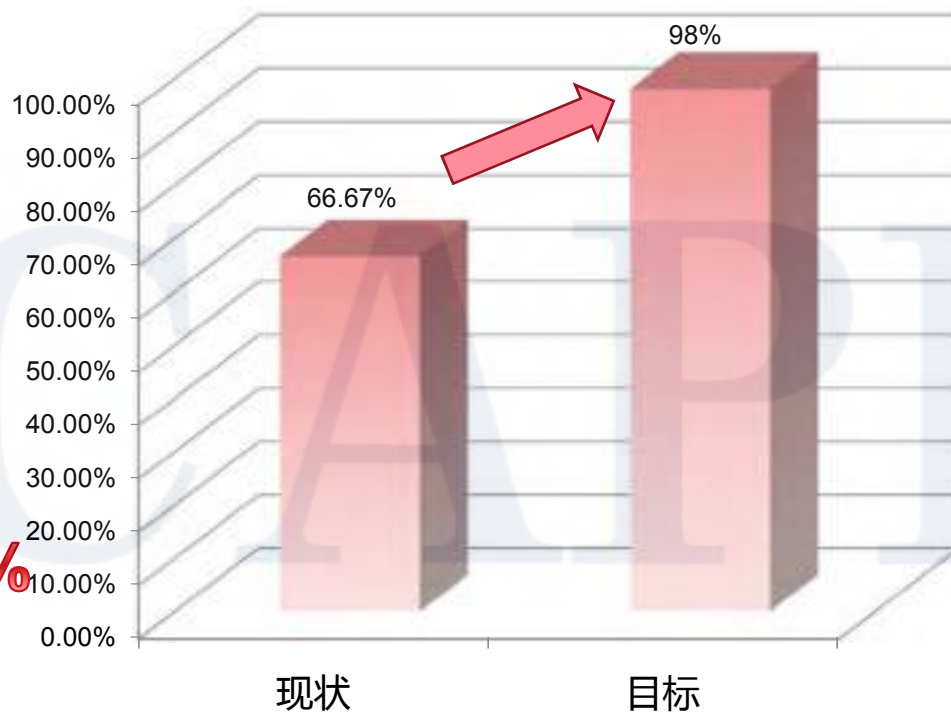


根据生产现状分析及测算，以及考虑到项目进程及大部分客户的实际要求，我们QC小组将永磁牵引电机转子铁心一次交验合格率提高47%，即

$$66.67\% + 66.67\% \times 47\% =$$

98%

一次交验合格率



三、设定目标

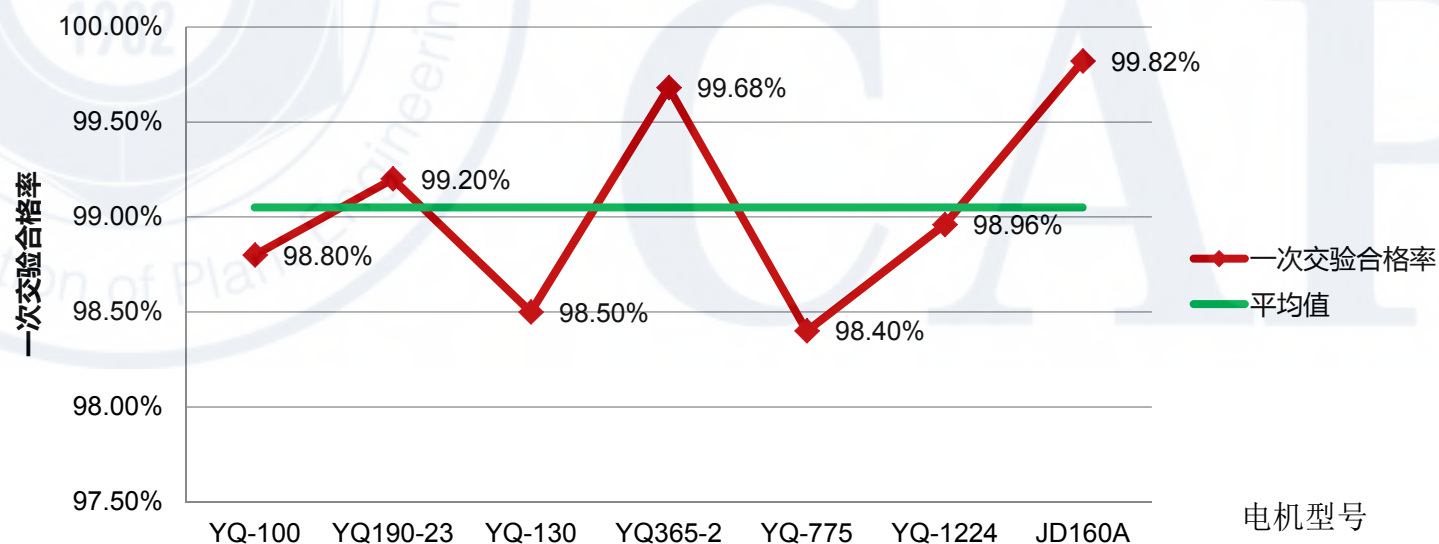
(二) 目标设定依据



1、技术分析

统计班组在2015年1月份~2016年3月份生产的其他型号牵引电机转子铁心产品质量信息，一次交验合格率均大于98%，平均一次交验合格率 **99.05%**

YQ100等其他型号牵引电机转子铁心一次交验合格率



三、设定目标

(三)

目标设定依据



2、人员分析

■领导重视

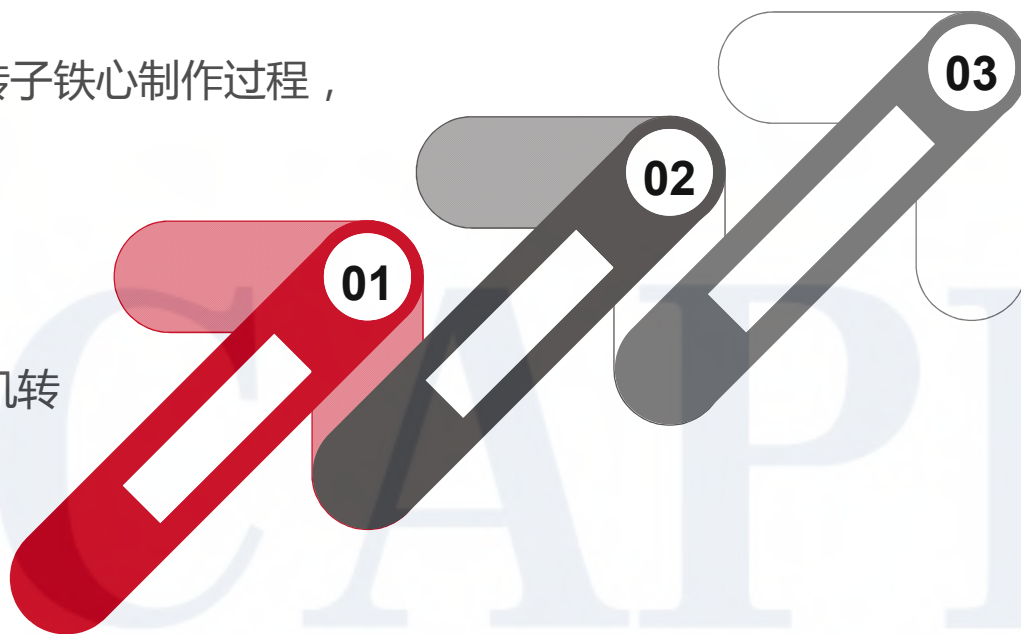
部门领导高度重视永磁牵引电机转子铁心制作过程，各小组成员积极性较高。

■配合默契

小组拥有7名成员，曾协同生产过YQ587、YQ650等高难度的牵引电机转子铁心制作，配合默契。

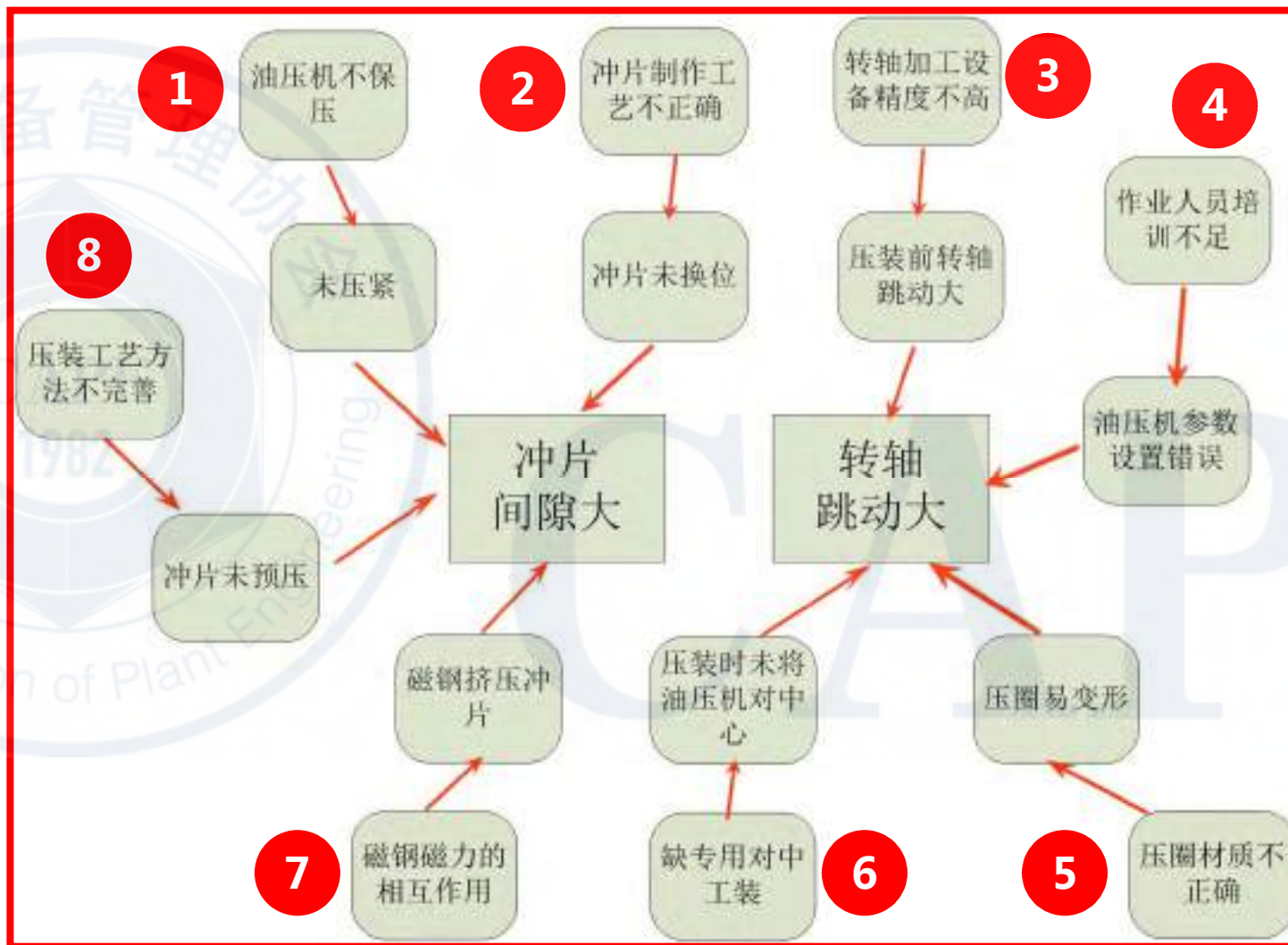
■业务水平高

小组多名成员曾参加过质量攻关和质量提升课题，有较高的科研技术水平。



四、原因分析

分析永磁牵引电机转子铁心制作过程中的质量要素，列关联图如下：



五、要因确认

序	质量要素	末端原因	确认内容	确认方法	标准	调查人	完成时间
4	人	作业人员培训不足	作业人员的培训情况	作业人员理论和实作考试。	合格率达98%	罗清华	2016-6-20
5	料	压圈材质不正确	压圈材质分析报告	压圈材质是否符合图纸要求	材质符合图纸要求	贺北平	2016-6-25
6	机	缺专用对中工装	对中工装对铁心制作的影响	测量无对中工装时铁心的轴跳动值	铁心轴跳动小于0.03mm	蔡超辉	2016-6-25
7	法	磁钢磁力的相互作用	磁力对冲片的影响情况	实物验证磁力对冲片的挤压情况	冲片无弯曲变形	罗清华	2016-6-25
8	法	压装工艺方法不完善	梳理压装工艺	完善压装工艺	工艺验证结果	伍益山	2016-6-25

五、要因确认

油压机不保压

- 1、日常的设备点检和维护记录显示，油压机状态良好。
- 2、使用压力传感器对现场所有油压机进行保压性能再验证，设备符合要求。

压圈材质不正确

通过查看压圈入库的评审资料，发现压圈材质报告显示压圈材质为：60钢板 - 20Mn23AlV-无磁钢，符合设计图纸要求。



转轴加工设备精度不高

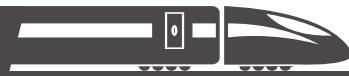
转轴精磨外圆使用的是2015年新增的高精度磨床，精度达到0.01mm，通过检查日常的设备点检和维护记录，设备状态良好，满足工艺要求。

作业人员培训不足

查看作业人员资质及培训记录，发现操作者均有指名作业，并且考试成绩优良。

五、要因确认

(一) 冲片制作工艺不正确



在冲片制作过程，冲片未按照设计图纸要求对每20片换位90°，由于硅钢片原材料厚度不均及毛刺大小不一，厚的地方越来越高，薄的地方越来越低，毛刺不均匀分布，**铁心单边严重**，**受力不均**，最终导致冲片间隙大。



冲片制作过程



冲片未换位



结论：冲片制作工艺不正确

要因

五、要因确认

(二) 缺专用对中工装



在压装转轴过程中，压装工装位置未固定，随意摆放，转子未在油压机压力中心，**转轴受力不均匀，导致转轴跳动大**。跟踪10台转子铁心质量信息，有2台不合格。



转子铁心数量	不合格品数量	不合格品占比	一次交验合格率
10	2	20%	80%

不合格占比



结论：缺专用对中工装

要因

七、要因确认

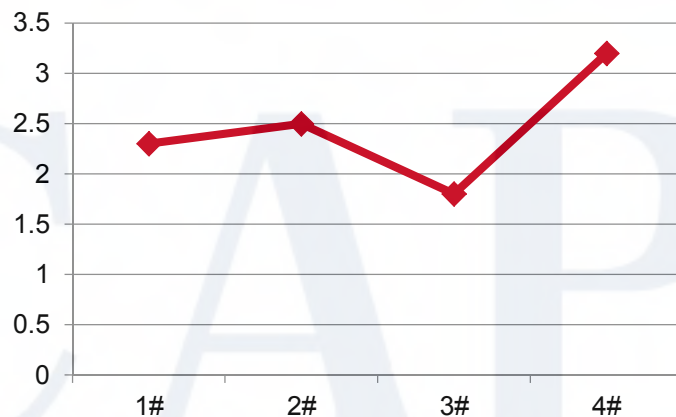
(三) 磁钢磁力相互作用

在磁钢装配过程中，由于磁钢之间的相互磁力作用，导致磁钢之间的冲片受到挤压，变形严重，冲片出现间隙，并测量了一台永磁牵引电机转子铁心的4个位置的冲片间隙。



冲片间隙大

间隙大小 (mm)

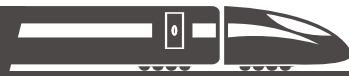


结论：磁钢磁力相互作用



五、要因确认

(四) 压装工艺不完善



在制作转子铁心过程中，**未对冲片进行预压**，因此，受原材料厚度不均匀及毛刺大小不一等影响，转子铁心单边严重，受力不均，致冲片间隙大。



材料厚度及毛刺检测



铁心压装



结论：压装工艺不完善

要因

五、要因确认

根据上述原因分析，小组通过PDCA循环进行逐一调查验证，确定了导致永磁牵引电机转子铁心冲片间隙大和轴跳动大的主要原因。



1、冲片制作工艺不正确。

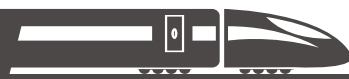
2、缺专用对中工装。

3、磁钢磁力相互作用。

4、压装工艺不完善。

六、制定对策

(一) 提出和评价对策



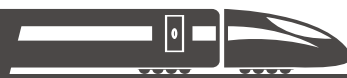
小组针对要因，提出了相应对策（方案），并对每一种方案进行了综合评价。

序	要因	对策	评价				综合评定	选定方案
			有效性	可靠性	实施性	经济性		
1	冲片制作工艺不正确	落料换位	◎	◎	○	△	14	✓
		冲槽换位	◎	○	○	△	12	✗
2	缺专用对中工装	制作专用对中工装	◎	◎	◎	△	16	✓
		现有工装代替	△	△	◎	△	8	✗
3	磁钢磁力相互作用	引入充磁系统	△	△	△	△	4	✗
		制作拉杆固定冲片	◎	◎	◎	◎	20	✓
4	压装工艺不完善	指定专人操作	△	△	△	◎	8	✗
		增加预压工艺	◎	◎	○	△	14	✓

注：◎5分 ○3分 △1分

六、制定对策

(二) 针对要因，制定对策表



序	主要原因	对策	目标	措施	负责人	地点	完成日期
1	冲片制作工艺不正确	控制换位工艺，进行落料换位	每20片换位90°	在落料工序设置每20片自动计数报警装置，确保每冲20片换位90°。	蔡超辉、伍益山	广茂公司	2016年6月30日
2	欠缺专用对中工装	设计对中工装	使模具对中	设计对中工装，能保证工装在油压机的中间。	贺北平、王田湘	A4栋北	2016年7月05日
3	磁钢磁力相互作用	制作拉杆固定冲片	磁钢装配过程中铁心不轻易散片	1、将转子铁心冲片进行固定，磁钢导向装置的相应位置开四根螺栓孔。 2、N端压圈热套完成后再拆除四件拉杆。	贺北平、龙峰强	A4栋北	2016年7月10日
4	压装工艺不完善	增加预压工艺，减小毛刺对铁心的影响	使毛刺大小均匀	1、将叠好的冲片放置烘炉中加热。 2、出炉后，用油压机进行预压，预压力为1.5-2倍的叠压压力值，预压反复进行三次。	蔡超辉、龙峰强	A4栋北	2016年7月20日

七、实施对策

(一) 严格控制冲片制作换位工艺

完成时间：2016年7月30日

参与人：蔡超辉、伍益山



报警装置



旋转90°



每20片换位90°

改善效果

加装报警系统，冲床滑块每冲20次，报警器会自动报警，提示作业人员需旋转毛坯摆放架90°，有效降低冲片高度差，使转子铁心压装时单边量由0.5mm降低至0.15mm，有效控制铁心单边量，使铁心受力均匀，冲片无间隙。

七、实施对策

(二) 制作对中工装



完成时间：2016年8月5日

参与人：贺北平、王田湘



专用对中工装



铁心受力均匀

改善效果

将转子铁心置放在专用对中工装上，确保转轴受力点在油压机滑块中心，转轴受力均匀，极大减小轴跳动量。8月份生产的10台TQ600等永磁电机转子铁心，未出现轴跳动大的情况。

七、实施对策

(三) 制作拉杆固定冲片



完成时间：2016年8月10日

参与人：余榴、龙峰强



转子铁心



拉杆



固定冲片

改善效果

增加拉杆固定冲片后，冲片不再变形严重，改善后，冲片平均变形量由之前的1.8mm降低至0.6mm，冲片变形量显著降低。

七、实施对策

(四) 增加预压工艺

完成时间：2016年8月20日

参与人：贺北平、罗清华



冲片进炉



设置烘焙温度



铁心预压

改善效果

增加了预压工艺，叠压前预烘冲片，设定温度为200℃，持续2h。冲片出炉后，对铁心进行预压，预压力为1.5-2倍叠压力。冲片毛刺由0.03mm压缩至0.01mm，铁心单边量由0.35mm降至0.2mm，铁心受力均匀，冲片无间隙。

八、效果检查

1

活动前后合格率对比



2016年11月，对活动开展以来生产的TYQ-30等6种型号共56台永磁牵引电机转子铁心产品质量进行统计，55台合格，合格率为**98.96%**，与改进前的66.67%相比，合格率显著提高。

活动前

序	电机型号	总数	合格数量	一次交验合格率
1	TQFRS-345	2	1	50%
2	TQ600	8	6	75%
3	TQ110	6	4	66.67%
4	TQ190	16	12	75%
合计	4种	32台	23台	66.67%

活动后

序	电机型号	总数	合格数量	一次交验合格率
1	TYQ-30	16	15	93.75%
2	TQFRS-660	3	3	100%
3	TQ160	3	3	100%
4	TQ120	12	12	100%
5	B005-02	4	4	100%
6	TQ75	18	18	100%
合计	6种	56台	55台	98.96%

八、效果检查

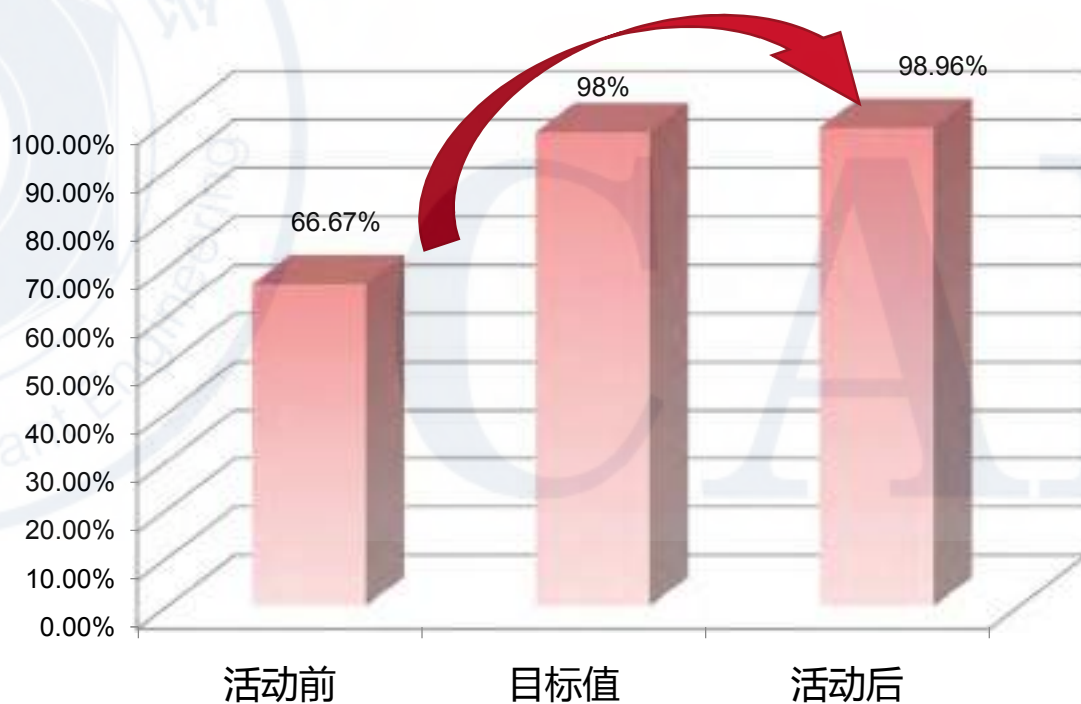
2

与目标值对比



2016年永磁牵引电机转子铁心一次交验合格率由原来的66.67%提高至98.96%。超过了小组设定的目标值98%。

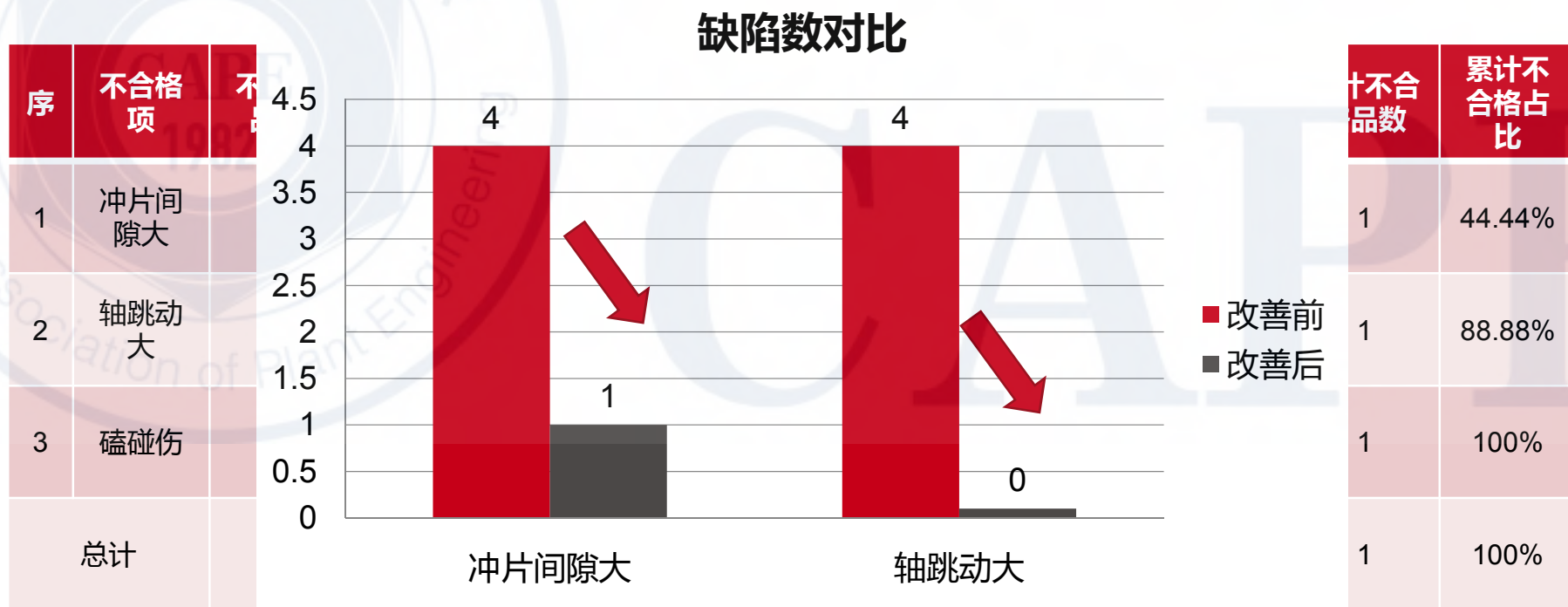
一次交验合格率



八、效果检查

3 活动前后缺陷项目对比

通过各种措施的有效实施，活动期间共生产的TYQ-30等6种型号共56台永磁牵引电机转子铁心，不合格1件，其中转轴跳动大从4件降至0件，占比由活动前的44.4%下降至活动后的0%。



九、效益检查

1

经济效益



1.1 永磁牵引电机转子铁心不合格，其返工难度大、风险高、周期长，其返工成本如下：

a.返工工时：8元/h×40h×2人×2班=1280元。

b.返工转轴报废率为25%，每件转轴的毛坯和加工费用为800+1050=1850元。

c.返工易造成磁钢碎裂，碎裂概率为40%，平均每台碎裂4块，磁钢的损失为：
 $178 \times 4 = 712$ 元。

1.2 每台平均质量损失为： $1280 + 1850 \times 25\% + 712 \times 40\% = 2027.2$ 元。

1.3 按2016年生产的102台永磁牵引电机计算，每年可减少质量损失为：

$102 \times (98.96\% - 66.67\%) \times 2027.2 = 66767.5$ 元 ≈ **6.68万元**

九、效益检查

2 社会效益



小组成功解决了永磁牵引电机转子铁心冲片间隙大和轴跳动超差的问题，对公司及事业部具有重大的意义。

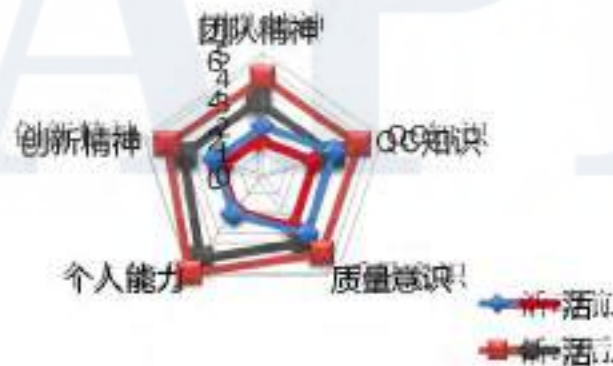
- 1、提高了工作效率，保证了项目进程。
- 2、提高了产品质量，提升了电机性能。
- 3、打造精品电机，为中国高速永磁的成功开发奠定坚实基础。

3 小组受益



小组成员通过此次活动提高了各个方面的能力，不仅学会了各种统计分析工具，更充分认识到了团结合作的重要性，其自我评价如下：

评价内容	活动前（分）	活动后（分）
团队精神	2	4
QC知识	3	4
质量意识	3	5
个人能力	2	4
创新精神	2	4



十、巩固措施

1

固化改善成果



工艺文件更改

修订永磁牵引电机转子铁心作业指导书，文件更改单编号：DT0000208012-01。



理论培训

对修订后的工艺文件进行理论培训，确保班组员工严格按照工艺文件要求进行作业。



实作培训

对实物进行现场指导和实作培训。



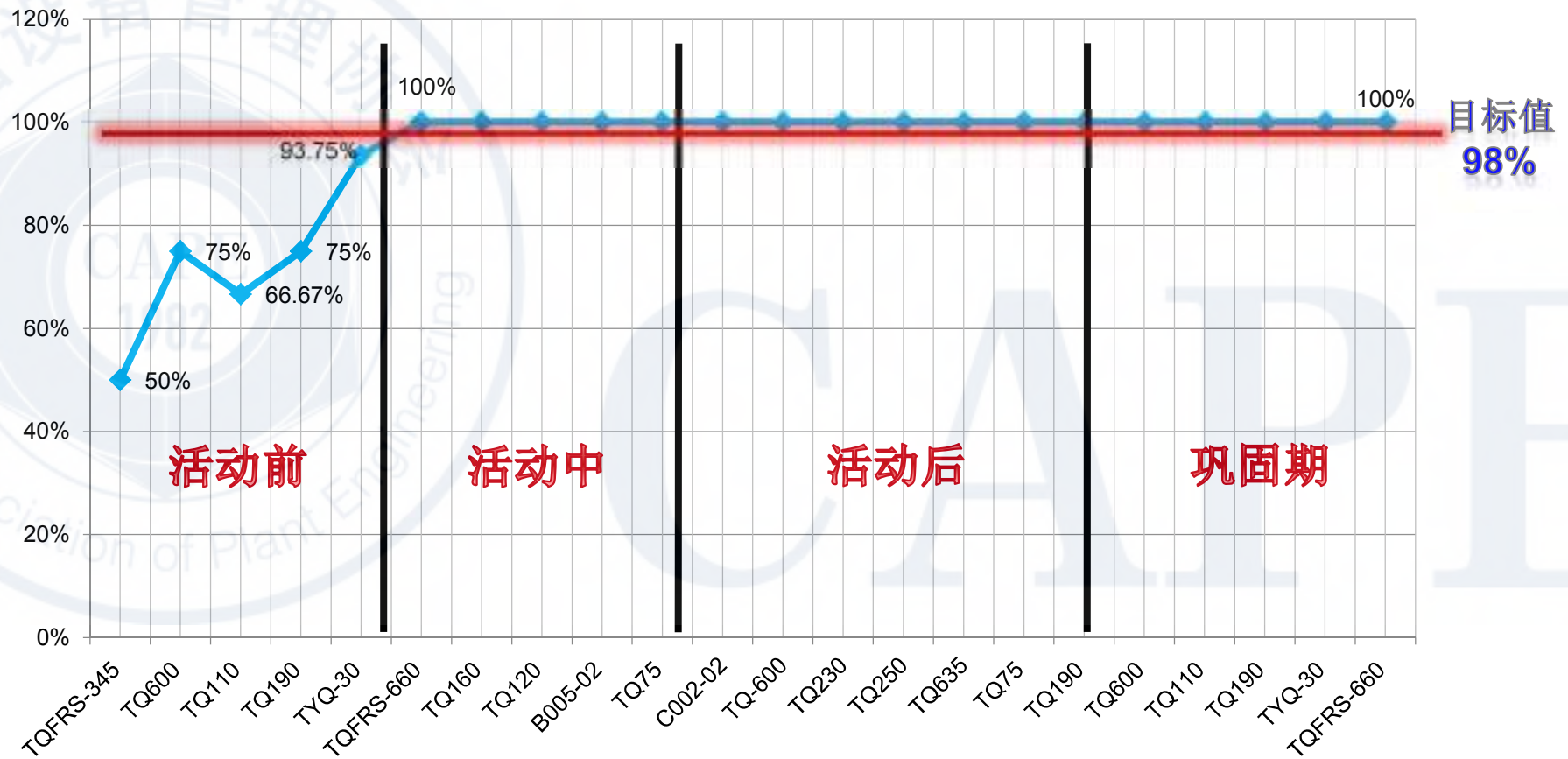
十、巩固措施

2

跟踪巩固结果



一次交验合格率折线图



课题二：减少机座加工线设备故障停机时间

一、选题理由

设备故障管理以数据分析为核心。数据分析贯穿故障处理的全过程，以数据指导维修，以数据验证维修改善效果。

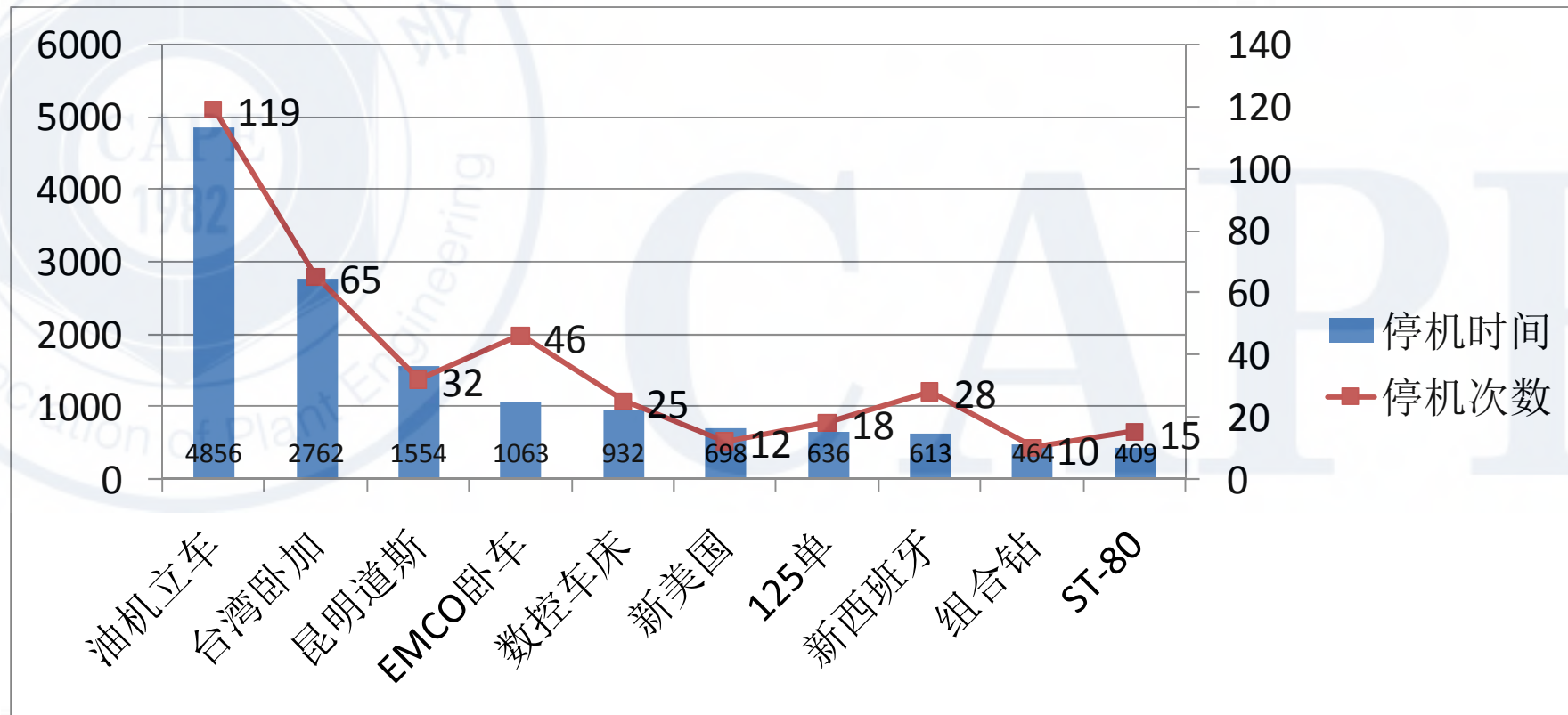
2015年1-10月机座加工线设备停机时间



设备故障停机时间的居高不下，严重影响制造业的发展。

二、现状调查

通过2015年1-10月份数据库数据透视分析，台湾卧加、油机立车等十类设备故障停机时间占机座加工线总时间的80%，其中油机立车停机频次最高（119次），停机时间达到4856min。

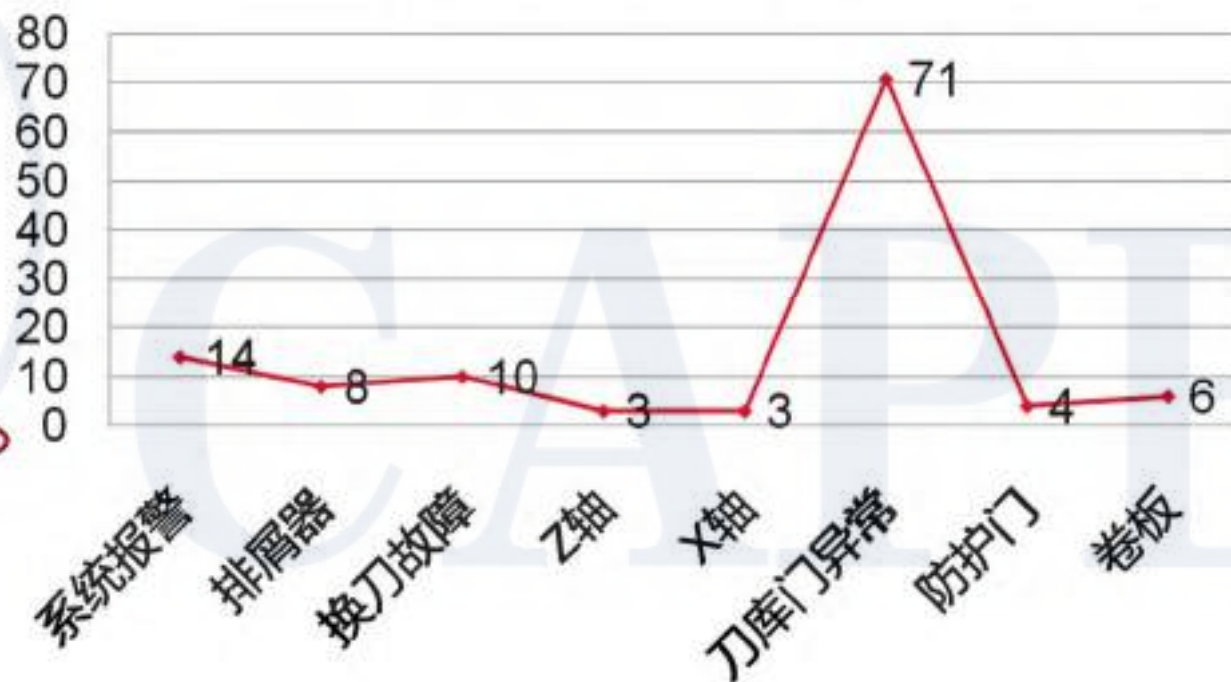


二、现状调查

对2015年1-10月油机立车的故障部位以及故障次数进行统计。

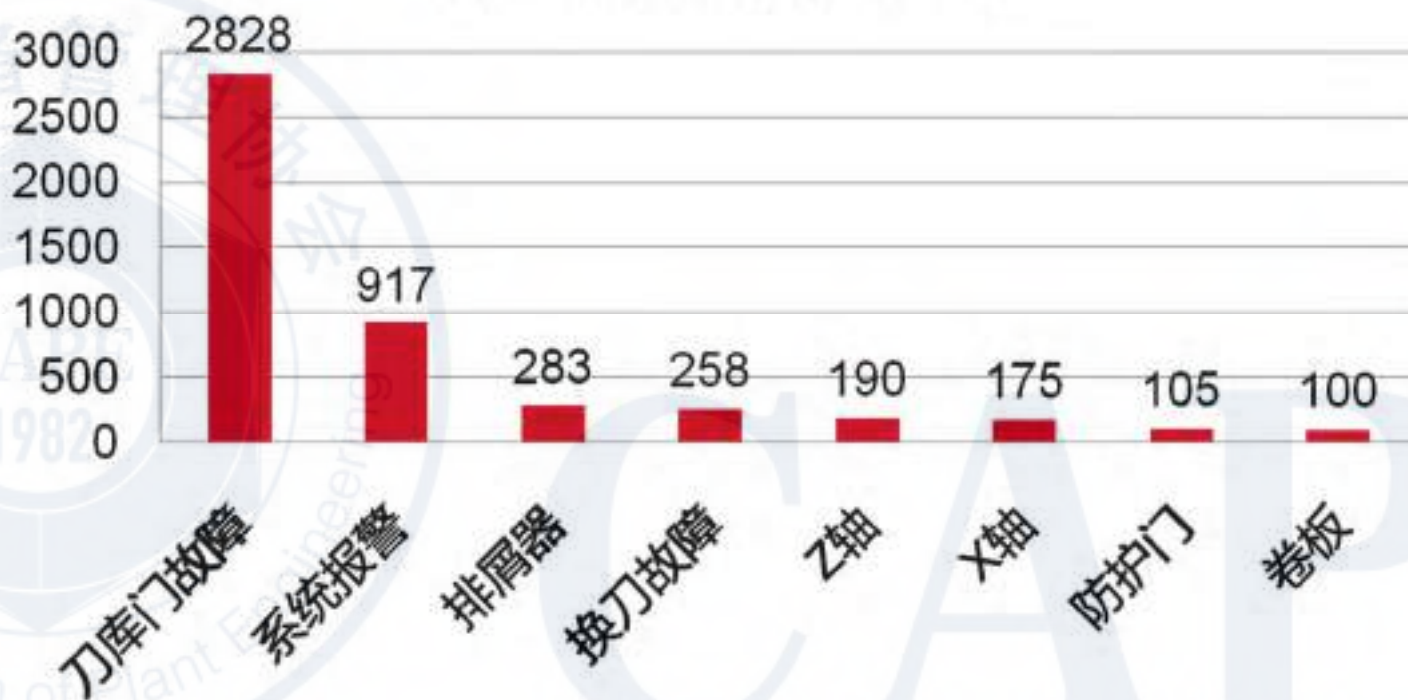
故障部位	故障次数
系统报警	14
排屑器	8
换刀故障	10
Z轴	3
X轴	3
刀库门异常	71
防护门	4
卷板	6

油机立车故障次数



二、现状调查

油机立车停机时间/min



结论：影响油机立车停机频次最高，停机时间最长。

三、设定目标

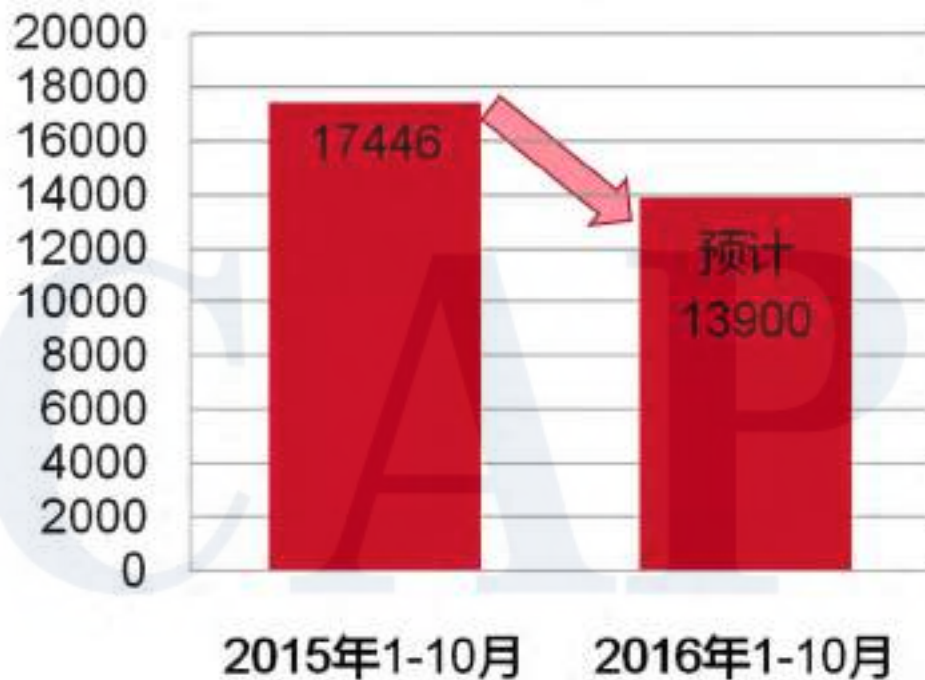
(一)

目标值



根据公司目前的生产现状以及分配的生产任务，我们小组将机座加工线设备故障停机时间下降20%。

总停机时间



三、设定目标

(二) 目标设定依据



1、技术分析

统计在2015年1-6月，普通设备停机时间7327min，2016年1-6月，普通设备停机时间5538min，设备停机时间下降 **24.4%**



三、设定目标

(三)

目标设定依据



2、人员分析

■领导重视

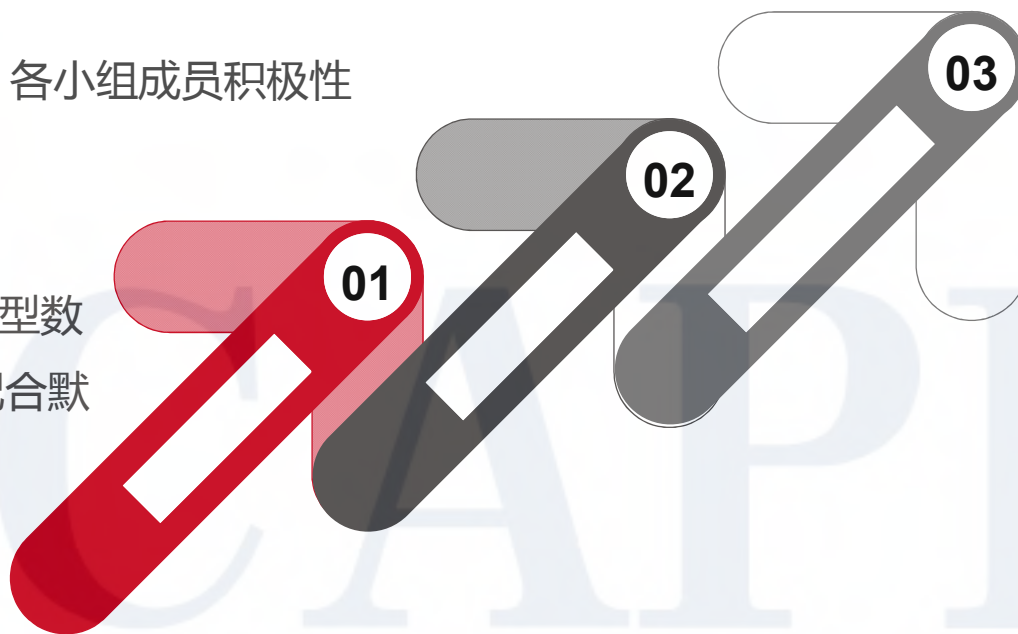
部门领导高度重视设备运行状态，各小组成员积极性较高。

■配合默契

小组拥有X名成员，曾协同修复大型数控设备，团队维修经验非常丰富，配合默契。

■业务水平高

小组多名成员曾参加过质量攻关和设备提升课题，有较高的科研技术水平。



四、原因分析

分析影响油机立车刀库门故障主要因素，列关联图如下：



五、要因确认

小组成员根据关联图，采取现场调查、验证、比较分析等方法，针对设备停机时间的各种末端原因，制订了**要因确认计划表**。

序	要素	末端原因	确认内容	确认方法	标准	调查人	完成时间
1	作业人员	操作不规范	作业人员的培训情况	作业人员理论和实操考试	合格率达95%	胡鑫	2015-11-20
2	作业人员	设备保养习惯差	作业人员的培训情况	作业人员理论考试和督查通报	完成率达90%	胡鑫	2015-11-23
3	设备	风管破裂	风压系统报警	风压是否符合正常	符合设备要求	李浩	2015-11-25
4	设备	仪器安装位置偏差	对门信号感应的影响	选择适合的位置进行安装传感器	感应快速灵敏	李浩	2015-11-27
5	维修员	调整紧固不到位	设备所有紧固问题确认	划线紧固标识	定置率100%	李浩	2015-12-05
6	设备	气动电子阀坏	配件防水确认	加装防水装置	防水99%	李浩	2015-12-10
7	设备	动作运行精度偏差	运行精度校对	空载调试确认	精度满足要求	李浩	2015-12-13

五、要因确认

仪器安装位置偏差

- 1、仪器选型满足设备使用要求。
- 2、将仪器固定后，感应门的信号灵敏无误。

风管破裂

- 1、选择的风管质量达到使用要求。
- 2、风压出口压力检测符合设备正常使用要求。



动作运行精度偏差

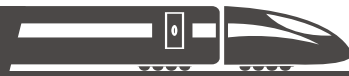
- 1、连续多次空运行，偏差在可接受范围。
- 2、试切产品，夹取和放回刀具无异常，试切产品无质量问题

作业人员培训不足

查看作业人员操作证及培训记录，发现操作者均有指名作业，并且考试成绩优良。

五、要因确认

(一) 作业人员设备保养习惯差



在生产加工过程中，设备在切削产品的过程中会有很多铁屑在床子内到处飞溅，但操作者对于设备保养意识较差，未进行定期铁屑清理，导致**铁屑卡在轨道上**，最终导致设备故障，增加设备停机时间。



床子内铁屑堆积

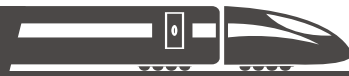


结论：作业人员设备保养习惯差

要因

五、要因确认

(二) 气动电子阀坏



在产品切削过程中，需要用到大量切削液，切削液在喷出过程中会到处飞溅在床子内各处，而床内气动电子阀未进行有效防护，**阀内线圈进水**，导致线圈烧坏设备故障，增加停机时间。



切削液进入阀内

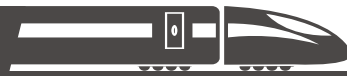


结论：气动电子阀坏

要因

五、要因确认

(三) 调整紧固不到位



在刀具库门多次开关后，部分装置长时间处于工作状态，螺丝在反复受力过程中出现了些许的松动，长时间未检查，出现明显松动，且容易让维修人员疏漏，导致设备故障，增加设备故障停机时间。



螺丝出现松动



结论：调整紧固不到位

要因

五、要因确认

根据上述原因分析，小组通过PDCA循环进行逐一调查验证，确定了导致油机立车设备故障停机时间的主要原因。

1、作业人员设备保养习惯差。

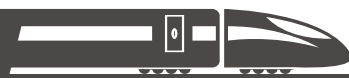
2、气动电子阀坏。

3、调整紧固不到位。



六、制定对策

(一) 提出和评价对策



小组针对要因，提出了相应对策（方案），并对每一种方案进行了综合评价。

序	要因	对策	评价				综合 评定	选定 方案
			有效性	可靠性	实施性	经济性		
1	作业人员设备 保养习惯差	培训和督查	◎	◎	○	◎	18	✓
		委外清理	△	○	○	△	8	✗
2	气动电子阀坏	加装防护罩	◎	◎	◎	○	18	✓
		持续更换	○	△	○	△	8	✗
3	调整紧固不到 位	委外处理	○	○	○	△	10	✗
		加装防松垫，定 期检查	◎	◎	◎	◎	20	✓

注：◎5分 ○3分 △1分

六、实施对策

(1) 培训和督查



完成时间：2015年12月20日

参与人：李赛花、李浩



培训



专项督查通报



保养到位

改善效果

组织5次培训，45人次受训，8次专项督查通报，作业人员设备保养意识提升，平均每月故障次数减少至2次/月，停机时间降低约350min/月。