

天津大学硕士学位论文

首钢京唐公司冷轧作业部焊接质量
改进与控制应用研究

**Improvement and Control of Welding
Quality in Cold Rolling Department of
Shougang Jingtang United Iron
& Steel Co.,Ltd**

学科专业： 工商管理

研 究 生： 高延帅

指导教师： 沈江 教授

天津大学管理与经济学部

2014 年 12 月

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 天津大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：

签字日期：

年 月 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 天津大学 有关保留、使用学位论文的规定。特授权 天津大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

（保密的学位论文在解密后适用本授权说明）

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期： 年 月 日

签字日期： 年 月 日

中文摘要

钢铁企业为了适应产能过剩的市场形势和提高企业竞争力,必须满足产品质量、成本、交货期的需求,这就在本质上要求设备系统能够满足生产平稳顺行。因此,当前的不满足生产的设备管理模式必须改进,管理人员的技术管理水平必须提高,是设备从业人员必须直面的挑战。TnPM 是在 TPM 基础上发展起来的一种生产和设备保养维修体制,强调全面规范化生产维护,为了保障设备综合效率、持续提高完全有效生产率,不断完善检维修模式,并规范全体员工的行为。

本文通过分析研究 TnPM 理论,借鉴国内企业 TnPM 管理的成功经验,在首钢京唐公司冷轧作业部焊机设备管理中导入 TnPM 理念,搭建 TnPM 管理模式体系。研究生产运行现场,找出规律,制定操作、维护、保养、维修规范,评价效果,持续改进。重点设计好焊机设备的检维修模式,并采取措施完善设备状态管理,配置好设备维修力量,不断规范现场作业以及维修。

在保障焊机设备功能精度及稳定运行的基础上,积极开展六西格玛活动,深入研究焊接工艺,不断提升焊缝质量。

通过 TnPM 工作深入推进和六西格玛活动的开展,焊机设备功能精度得到有效保持,操作水平有了明显提高,连续生产线平稳顺行,为公司做出了贡献。

关键词: 全面规范化生产维护; 六西格玛; 焊接质量

ABSTRACT

To face the buyer's market and improve competitiveness, iron and steel enterprises have to well meet the product quality, cost, and delivery time demands, which essentially require the production equipment should operate smoothly. Therefore, it is a great challenge for equipment personnel to modify the backward equipment management model, and improve the technique and management level. TnPM(Total Normalized Productive Maintenance) is developed from TPM(Total Productive Maintenance) in China. TnPM aims at improving the Overall Equipment Effectiveness and Total Effective Efficiency of Production, by means of systematic maintenance strategy and employees' normalized behaviors. TnPM is an activity based on total staff participate in, not only maintenance staff, but also production staff.

This thesis does research and analysis on the TnPM theory, by learning from successful TnPM actions. And then introduces TnPM activities and model in welder equipment maintenance of Shougang Jingtang United Iron & Steel Co., Ltd. Depend on the plant site to find the maintenance pattern, normalize operation and maintenance, evaluate effectiveness, and get continuous improvements. Make emphasis on the systematic design model of the welder maintenance, by maintenance pattern design, equipment state management, organization and optimization of maintenance resources, to normalize operation and maintenance behaviors.

Based on the well kept welder equipment function and accuracy, 6Sigma activity is taken to investigate the welding process and improve the welding seam quality.

Since the TnPM and 6Sigma actions are taken, the function and accuracy of the welder machine is kept, the operators work obviously better, and the lines are running smoothly, which contributes to the company.

Key words: TnPM; 6Sigma; Welding Quality

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究内容和意义	2
1.3 研究方法	3
1.4 论文结构	3
第二章 全面规范化生产维护理论综述.....	4
2.1 全面规范化生产维护相关理论	4
2.1.1 设备维修策略简介	4
2.1.2 全面生产维护	5
2.1.3 设备综合效率与完全有效生产率	5
2.1.4 全面规范化生产维护	6
2.2 全面规范化生产维护设备管理体系	6
2.2.1 全面规范化生产维护的体系框架	6
2.2.2 全面规范化生产维护的导入与推进	7
第三章 焊机设备维修管理现状.....	8
3.1 焊机设备特点及分布	8
3.2 焊机设备维护状况	8
3.3 焊机设备管理主要问题	9
3.4 焊机组职责	9
3.5 焊机组架构	10
3.6 焊机组 KPI 指标	10
第四章 焊机设备管理体系导入推行全面规范化生产维护	13
4.1 现场 6S 管理	13
4.1.1 实施 6S 步骤	13
4.1.2 现场 6S 标准	13
4.2 现场寻找六源活动	14
4.2.1 污染源	14
4.2.2 清扫困难源	14

4.2.3 故障源	14
4.2.4 浪费源	15
4.2.5 缺陷源	15
4.2.6 危险源	15
4.3 六项改善活动	16
4.4 六大工具使用	17
4.5 追求六个零	18
4.6 点检管理	18
4.6.1 点检人员任务	19
4.6.2 点检“八定”	19
4.6.3 功能精度掌控	20
4.7 维修组织	21
4.8 维修规范管理	22
4.8.1 维修工程的规范管理	22
4.8.2 维修技术管理规范化	22
4.9 员工未来能力持续成长体系	23
4.10 全面规范化生产维护理论导入推行效果	24
第五章 焊接质量管理体系导入推行六西格玛方法	26
5.1 定义阶段	26
5.1.1 项目背景	26
5.1.2 问题陈述	28
5.1.3 项目范围	29
5.1.4 Y 的定义	29
5.1.5 基线及目标陈述	30
5.1.6 财务收益	31
5.1.7 团队组织	31
5.1.8 推进计划	32
5.2 测量阶段	33
5.2.1 测量系统分析	33
5.2.2 Y 的现状分析	34
5.2.3 详细过程图	34
5.2.4 因果矩阵分析	35
5.2.5 FMEA 失效分析	36
5.2.6 快赢措施	38

5.2.7 快赢后的效果.....	40
5.2.8 M 阶段小结	40
5.3 分析阶段	41
5.3.1 数据的收集说明.....	42
5.3.2 关键因子分析.....	43
5.3.3 快赢措施.....	44
5.4 改善阶段	44
5.4.1 改善计划.....	44
5.4.2 DOE 试验.....	45
5.4.3 改善落实.....	46
5.5 控制阶段	47
5.5.1 控制计划.....	47
5.5.2 措施标准化.....	48
5.5.3 项目移交及人员培训.....	48
5.5.4 改善效果验证.....	48
5.5.5 下一步计划.....	49
第六章 结论与展望.....	50
参考文献.....	51
发表论文和参加科研情况说明.....	54
附录.....	55
致谢.....	68

第一章 绪论

1.1 研究背景

中国已成为世界的工业制造大国，但不是制造强国。预计到 2020 年，中国将实现国内生产总值比 2000 年翻两番以上，达到人均 3000~5000 美元的宏伟目标。从 1978 年至 2009 年，中国国内生产总值从 1473 亿美元增长到 51700 亿美元，年均增长接近 9%；中国年生产钢材近 6 亿吨，钢材产量世界第一，但每年进口钢材高达 5000 万吨，进口量仍居世界第一^[1]。

首钢京唐钢铁联合有限责任公司（以下简称“首钢京唐公司”）钢铁厂项目是纳入国家“十一五”规划纲要的重点工程，主要生产高端板材。冷轧作业部（以下简称“冷轧部”）生产冷轧产品，下辖三个冷轧厂，一冷轧厂和二冷轧厂先后于 2007 年、2008 年开工建设，相继于 2010 年、2011 年全面建成投产。三冷轧厂于 2011 年开工建设，2013 年底全面建成投产。一冷轧厂侧重于生产家电板，二冷轧厂侧重于生产汽车板，三冷轧厂侧重于生产马口铁。总加工能力 1010 万吨/年，总商品量 560 万吨/年。设备管理是企业管理的重要组成部分。

近年来，随着现代装备的飞速发展，国内外对此都有深入的研究，设备的管理维修是国内外研究的热点。在 2004 年欧洲维修会议上，总结了设备的状态监测，设备的状态维修，以及 TPM 的应用，并建议重视以可靠性为中心的维修。在中东地区的设备维护运行组织 OMANTECH、日本设备维修管理协会 JIPM、澳大利亚的 AME、南美地区 ABRAMAN 等设备维修组织经常召开国际会议，对设备管理理念的更新发展和指导实践，在世界产生了深刻的影响。中国设备管理协会和机械工程学会设备管理与维修分会每年召开多次会议、交流和培训，极大地促进了中国设备管理状态的进步和发展。

比利时的沃特·休斯指出维修管理的第一理念：企业要盈利，首先要生产。企业取得不断成功的关键因素是人员。要发挥员工的积极主动性，并持续创新。

智利的阿道夫·安德烈尼等提出维修工程化进展的概念。他认为，紧急抢修严重影响生产，是最低水平的预防维修；而周期性预防维修，不断的跟踪设备状态提出预测就可以有效的延长设备的使用寿命，保障设备的可靠运行，并持续改善设备的状态。

乌拉圭的撒迪亚哥认为设备的寿命周期影响资产管理,设备的寿命周期利润等于设备的生产收益与维护成本的差值。他还认为维修组织结果与设备领导的组织水平有关,与员工对维修工作的认同有关。

葡萄牙的瑞·曼牛提出通过维修理念,优化维修组织和效率。TPM 的关注点在于持续改进质量,不断的减少浪费,在保持设备状态的过程中提升员工的能力,达到减少六大损失的目的。而 RCM 在专家分析的基础上,保持设备的功能精度,关注于故障模式以及故障后果的分析,并通过优化设备维修的策略,最大程度的减少设备维修的成本。

英国的拉毕认为维修策略的重组有其特点,各个企业从实现价值最大化的角度,可以选择不同的设备维修策略。处于快速扩张且竞争少的企业、资本良好但竞争激烈的企业、处于稳定发展并且无竞争的企业等,它们的维修策略可能大不相同。

国际设备管理的新模式有:从预知维修到状态维修、以利用率为中心的维修、全面计划质量维修、适应性维修、可靠性维修等。

中国作为制造业的大国,设备的维修管理水平没有跟上设备技术发展的速度。中国设备管理协会等行业组织深入开展设备维修理论的研究,创新设备管理手段,开展设备维修技术的培训,促进了设备管理水平的整体上台阶。

徐滨士院士的绿色维修概念引人关注。他在表面工程以及再制造方面,研究成果颇丰,实现了社会效益、经济效益的双丰收。

高金吉院士在设备状态监测诊断方面研究成果丰硕,他的自诊断理论以及自修复技术在航空航天领域应用广泛。

西北工业大学在国内是最早从事设备管理研究的。广州大学李葆文提出的 TnPM 设备管理体系,在冶金工业、石化工业、电力行业等企业推广应用,成效显著。

企业要进步,必须要有先进的设备作为支撑。设备的可靠稳定运行是企业盈利的前提,而规范高效的设备管理体系是设备可靠稳定运行的先决条件。

1.2 研究内容和意义

针对不能满足生产高效运行的传统设备管理方法,导入全面规范化生产维护理念,指导关键设备焊机的管理,以提升设备综合效率为目标,确保顺稳运行,初步搭建焊机设备管理体系。

同时针对焊接质量,开展六西格玛活动,持续改进,确保生产线顺稳运行,初步搭建焊接质量管理体系。

在焊机设备管理体系和焊接质量管理体系的支撑下,通过保证设备顺稳和生产线顺稳,减少非计划故障停机和降速时间,减少断带次数,为公司创造效益。

1.3 研究方法

本文采取理论与实践相结合的方法,在对焊机设备管理现状分析的基础上,研究全面规范化生产维护理论,导入推行全面规范化生产维护理论,不断提高焊机设备的功能精度,减少焊机设备的故障停机和降速,为焊接质量的改进和控制打好设备基础。

同时使用六西格玛中统计的方法,针对现场焊接质量问题,采取定性分析与定量分析相结合的方法,制定持续改进的措施,不断提升焊接质量。

1.4 论文结构

本论文由六章组成,说明如下:

第一章,绪论。阐述了设备管理背景,指出了不断完善设备管理工作的重要性。提出以全面规范化生产维护理论来指导焊机设备管理,以六西格玛方法来指导焊接质量的不断提升。

第二章,全面规范化生产维护理论综述。介绍了设备维修策略,在此基础上介绍了全面规范化生产维护理论的产生和发展。

第三章,焊机设备维修管理现状。介绍了焊机的设备管理架构及维修模式,针对现行的焊机设备管理评价指标体系进行了分析。

第四章,焊机设备管理体系导入推行全面规范化生产维护。介绍了全面规范化生产维护在焊机设备管理的导入推行,重点包括五个六架构,检维修体系的点检管理、维修组织,维修规范管理,员工未来能力持续成长体系。

第五章,焊接质量管理体系导入推行六西格玛方法。介绍了六西格玛方法,以“降低二酸轧 Miebach 焊机高强钢重焊率”项目的有效实施为例,依靠质量管理方法不断提升焊接质量。

第六章,结论与展望。总结论文研究成果,指出了今后的研究方向。

第二章 全面规范化生产维护理论综述

2.1 全面规范化生产维护相关理论

2.1.1 设备维修策略简介

设备维修策略是设备维修管理的重要组成部分，随着时间推移不断发展^[2]。

Breakdown Maintenance 是指事后维修。1950 年代以前盛行。当在生产过程中设备发生故障导致无法生产的时候，才维修设备。主要应用在非关键设备和辅助设备上，当设备损坏不会对生产造成很大经济财产损失的情况下，比较适用。

Preventive Maintenance 是指预防维修。在 1960 年代以前比较常见。在发生故障之前，维护人员即按照检修周期来实施维修。

与事后维修相比，优点包括：预防维修可以保证连续生产，在设备未发生故障前采取措施可以减少停机，减少带出品带来的经济损失。缺点在于：预防维修可能不准确，维修的项目没出问题，没维修的项目可能出问题。维修项目多可能导致过维修的情况，也可能会出现漏项目的情况，对维护人员经验的要求比较高。

预防维修是学术研究的热点之一，有论文对预防维修和改善维修成本做了比较，对于预防维修周期做出优化^[3]。有论文基于设备的劣化特性曲线，提出了预防维修的新模式^[4]。有论文研究估算了预防维修的周期^[5]。

Productive Maintenance 是指生产维修，在 1960 年代之后发展起来，包括设备的事后维修、设备的预防维修、设备的改善维修、设备的维修预防等四部分。

Corrective Maintenance 是指改善维修，是采用一定的技术性修复措施，对已经发生疲劳、磨损的设备，恢复其性能的一种维修模式。

Maintenance Prevention 是指维修预防。即把现场设备的表现情况反馈给设备制造商，以便其不断完善设备的功能，提出新的设计理念，生产出更可靠的产品。

除了以上基本的维修策略外，还有预知维修、状态维修、以可靠性为中心的维修、可靠性为基础的维修、适应性维修、全面生产维护等。

维修模式的选择需要根据具体情况选择，考虑因素多样，有规律可循^[6]。以效率为中心的维修方式，需要考虑可靠性、经济性、计划检修周期等因素^[7]。以可靠性为中心的模式指导了铜矿设备的维修^[8]。维修的发展历程随着设备技术的发展变化，状态维修广泛应用^[9]。在设备状态下选择维修策略，要综合考虑可靠性、电脑技术、状态监控和管理理论的应用^[10]。

2.1.2 全面生产维护

全面生产维护 TPM(Total Productive Maintenance)诞生于 1970 年代初,“全面生产维护”,倡导公司所有成员都参与,综合运用多种维修手段,通过不断的引导,来实现设备生产效率的最优,不断打造舒适便捷的工作环境,以实现设备故障为零的愿景,设备事故为零的愿景,以及产品缺陷为零的愿景。

TPM 要取得成功,有几大关键要素,包括管理层重视、员工积极参与、团队合作、组织架构支撑、制造策略、责任感等,并持续改进^[11]。

5S 现场管理是取得 TPM 成功的重要基础。它是日本企业提升管理现场的手段。关于 5S 管理的著作不断发表,深入的推动了 5S 理论和实践的发展壮大。

5S 是指整理、整顿、清扫、清洁、素养。其关键点在于:

整理:取舍分开,取留舍弃。

整顿:条理摆放,取用快捷。

清扫:清扫现场,不留污物。

清洁:清除污染,美化环境。

素养:形成制度,养成习惯。

2.1.3 设备综合效率与完全有效生产率

生产机组都会有最大设计产能,在各种条件达到的情况下,可以实现。但是由于生产计划、设备停机、产品流程等多方面的原因,可能无法实现。

设备综合效率 OEE (Overall Equipment Effectiveness) 是用来表征生产机组或者单体设备的全局设备效率,计算公式如下^[12]:

$$OEE = \text{时间开动率} * \text{性能开动率} * \text{合格品率}$$

时间开动率是指设备“开动时间”的利用情况,例如更换刀具、模具等准备时间以及设备故障导致的停机时间等,会影响时间开动率。性能开动率与生产时设备的加减速等速率损失有关。合格品率与产品中产生的废品、次品等有关。世界上比较知名的企业,一般“时间开动率>90%;性能开动率>95%;合格品率>99%”时, OEE>85%。

完全有效生产率是 TEEP (Total Effective Equipment Performance):

$$TEEP = EU * OEE,$$

EU 是设备利用率,反映了设备的停机状况。

2.1.4 全面规范化生产维护

广州大学李葆文教授创立了“全面规范化生产维护”管理模式 TnPM (Total Normalized Productive Maintenance)，重在开展全面规范化生产维护，保障设备综合效率、持续提高完全有效生产率，不断完善检维修模式，并规范全体员工的行为。

TnPM 设备管理体系，能够体现企业的文明程度，开展 TnPM 活动，可以增加企业的知名度。TnPM 设备管理体系，是 TPM 的不断规范，在全体职工的参与和努力下，逐步明确规范，落实规范，跟踪评价效果，不断改善。TnPM 的关键在于检维修 SOON 体系的构建，鼓励企业扎根现场发现问题，紧盯 OEE 和 TEEP。

自 TnPM 理论问世以来，已在数百家企业应用。例如 2003~2005 年，TnPM 在广州石油化工推广后，由于设备原因停车损失降幅最大为 66.3%，与此同时，修理成本大幅下降。

2.2 全面规范化生产维护设备管理体系

2.2.1 全面规范化生产维护的体系框架

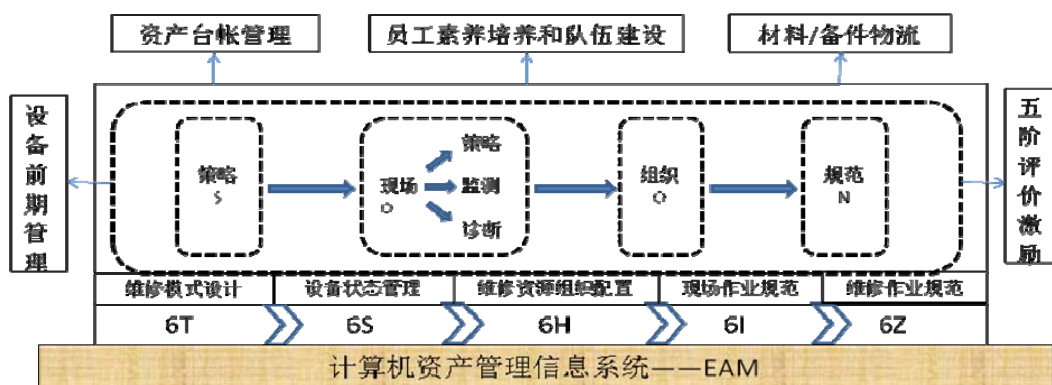


图 2-1 TnPM 的体系框架

TnPM 的管理体系，以检维修系统解决方案为载体，以员工的行为全规范化为过程，以全员参与为基础。

TnPM 的五个“六架构”，即以 6S 活动、清除 6 源（6H）、六项改善（6I）、六个零目标（6Z）和六大工具运用。

从 2002 年之后，EAM 系统，开始了在中国应用^[13]。

2.2.2 全面规范化生产维护的导入与推进

TnPM 在生产现场的导入与推进，可以大致划分为：

第一，广泛宣传 TnPM 理论，从组织架构上做好人才的培养，制定初步要达到的目标及初步推进计划。

第二，以 6S 推进作为切入点，攻关现场的难题，打造样板区，以点带面，逐步推广。积极开展合理化建议活动，在日常检修作业的基础上，完善检维修模式。研究员工不断进步的阶梯。

第三，绩效跟进，奖优罚劣，持续改进，不断进步。

第三章 焊机设备维修管理现状

3.1 焊机设备特点及分布

焊机是冷轧连续生产线关键的单体设备，位于生产线入口，将前后钢卷带尾、带头焊接保证连续生产，属“咽喉要道”。焊机如果出现故障，轻则导致生产线停车，重则发生焊缝开裂甚至断带的事故，造成很大的经济损失。

焊机设备稳定运行，焊缝质量安全可靠，是生产线稳定运行的重要环节之一，是首钢京唐公司冷轧部生产经营的内在需求。

现在，冷轧部共有 18 台焊机，三个冷轧分厂各有 6 台。涉及国内外三个焊机厂家品牌：日本的 TMEIC、德国的 Miebach、国内的武汉凯奇公司。其中，一酸轧是 TMEIC 激光焊机（德国通快 TRUMPF 激光源），一连退、一镀锌、二镀锌、四镀锌、三连退、一镀锡、二镀锡都是 TMEIC 窄搭接焊机；二酸轧是 Miebach 激光焊机（德国通快 TRUMPF 激光源），二连退、三镀锌、三酸轧是 Miebach 激光焊机（德国罗芬 ROFIN 激光源）；一重卷、二重卷、三重卷、六重卷、一冷罩退脱脂线、三冷罩退脱脂线是国内武汉凯奇公司的搭接电阻焊机。

焊接技术持续发展，应用广泛^[14]。钢铁厂使用激光焊机焊接，焊缝质量高^[15]。工厂激光焊机属于 CO₂ 气体激光源，波长 10.6 微米，焊缝成形的影响因素分析较多^[16,17]。

焊机，属于精密设备，涉及专业面较广，包括焊接工艺、机械、流体、电气、自动化、传热学、光学等专业，机电一体化明显。可谓“麻雀虽小，五脏俱全”。生产线生产节奏快，焊机设备机械精度高、自动化程度高。学科交叉，完全掌握难度大。

3.2 焊机设备维护状况

顺义冷轧薄板、马钢、唐钢、邯钢等公司焊机归各生产线管理，无焊机专业维检队伍，焊接工艺由生产线负责。这种管理模式下，从事焊机设备管理维护的人员经常还要负责其它设备的技术管理，不易专业化；提报备件也不统一，容易多报漏报。

相对于上述企业，宝钢有焊机小组，但无焊机专业维检队伍。在检修期间，与生产线共用维检人员。作业人员除焊机工作外，还要实施生产线上其它设备维护作业，流动性大。

鉴于焊机设备的关键性和专业性，首钢京唐公司冷轧部成立焊机组（即焊机维护作业区），负责冷轧部 18 台焊机设备维护、焊接工艺参数优化、焊机操作工技能培训，并固定人员专门从事焊机维护。

3.3 焊机设备管理主要问题

主产线焊机设备均从国外进口，设备自动化程度较高，但维修管理仍主要是事后维修。故障事故导致生产线降速、停车，影响生产节奏，产生带出品。更严重的，因为设备功能精度出现偏差，或者操作工不细心，导致焊缝质量不合格，发生焊缝开裂、甚至断带事故，导致长时间停机，如在连退炉内断带，处理时间长达 40 小时，严重影响公司效益。

因此，找到一套现代管理理论和方法，有效提高冷轧部焊机设备管理水平，不断提升焊接质量，已成为焊机设备管理者深入研究的重要课题。

3.4 焊机组职责

焊机组直接隶属冷轧作业部管理。设备工程室对其行使专业管理职能。

焊机组的主要职责包括：全面负责一、二、三冷轧 18 台焊机的设备和焊接工艺管理；负责焊机日常点巡检和事故抢修等工作；负责备品备件的提报及管理工作；负责焊机部分计划检修的编报和组织实施等工作；负责一冷、二冷和三冷焊机设备的四班维护；负责一冷、二冷和三冷焊机机械电气自动化的检修等工作；负责对焊机操作人员培训工作。

3.5 焊机组架构

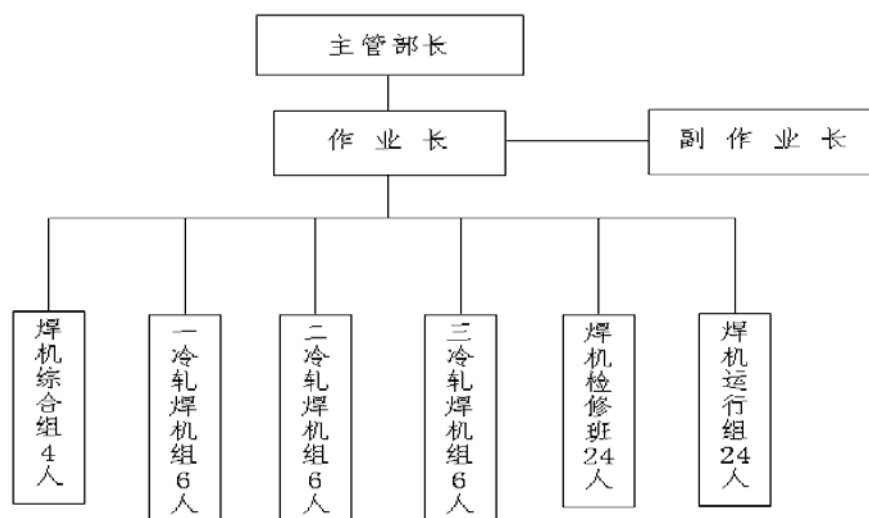


图 3-1 焊机组组织机构图

焊机维护作业区（即焊机组）：设作业长 1 人、副作业长 1 人，下设焊机综合组（4 人），主要负责安全事务及检修计划、焊接工艺研究、组织试焊方案、制定焊接操作技术通知单及对操作人员的培训；一冷轧焊机组（6 人），主要负责一冷轧焊机设备日常点检和事故抢修、备品备件的提报及管理、检修计划的编报及组织实施、四大标准的制定和完善，协助焊接质量的生产跟踪；二冷轧焊机组（6 人），主要负责二冷轧焊机设备日常点检和事故抢修、备品备件的提报及管理、检修计划的编报及组织实施、四大标准的制定和完善，协助焊接质量的生产跟踪；三冷轧焊机组（6 人），主要负责三冷轧焊机设备日常点检和事故抢修、备品备件的提报及管理、检修计划的编报及组织实施、四大标准的制定和完善，协助焊接质量的生产跟踪；焊机检修班(24 人)，分成机械检修班 18 人、电气自动化检修班 6 人，主要负责 18 台焊机设备的检修作业、参与事故抢修，协助提报、领用备品备件，协助商定检修项目及技术方案；焊机运行组（24 人），分成四班、每班 6 人，机械 3 人、电气自动化 3 人，主要负责 18 台焊机设备的四班维护和日常巡检，反馈焊接质量信息和焊机设备运行信息，参与检修作业和事故抢修；总定员 72 人，其中：定员包括作业长 2 人，专业技术人员 10 人，点检检修作业人员 60 人。

3.6 焊机组 KPI 指标

KPI 是 Key Performance Indicator 的缩写，意指企业关键绩效指标。它是企业的战略目标的细化分解，是落实绩效管理的基础。

冷轧部实施的焊机组现行 KPI 指标涵盖了焊缝断带影响 OEE 时间开动率因素，重焊导致产线降速影响 OEE 性能开动率因素，断带、降速产生带出品影响 OEE 的合格品率因素，检修质量及拖期与否影响 TEEP 的 EU 因素。此外，还有挂钩指标、内部用户满意度指标、体系建设指标等，见表 3-1。

第三章 焊机设备维修管理现状

表 3-1 冷轧部 2014 年月度 KPI 绩效考核表（焊机组）

大类	指标类型	权重	单位	指标内容	权重	考核办法	计划	实际	比较	得分	总分	备注	评价部门
月度	焊缝断带次数	20	次	1#酸轧/2#酸轧焊机	10	(1) 焊缝轧机区断带次数之和≤5 次(不含四机架及之后 FGC 断带), +5 分, 每增加 1 次, -1 分。(2) 焊缝轧机前断带, 每次, -2 分; 焊缝开裂, 每次-1 分。没有, +5 分。							生技室
			次	连退/镀锌等后处理线焊机	10	无焊缝断带, +10 分。焊缝断带, 每次, -2 分。(炉内断带走专项考核)							生技室
月度	焊缝重焊影响	10	%	1#酸轧/2#酸轧焊机	5	因重焊造成的产线停机及降速次数之和≤4 次(原料原因除外, 降速指轧机出口小于 100m/min), +5 分。每超 2 次, -1 分。							设备室
			%	连退/镀锌等后处理线焊机	5	因重焊造成的产线停机及降速次数之和≤6 次(原料原因除外, 降速指炉区速度小于 60m/min), +5 分。每超 2 次, -1 分。							生技室
													设备室
													生技室
月度	运行	30	h	非计划停机时间	15	计划 12 小时, +15 分, 每增加 1 小时, -1 分。各线重焊引起的非计划停车时间, 焊机组与产线均分。							设备室
			次	设备故障次数	10	计划 6 次, +10 分, 每增加 1 次, -1 分。(焊机本身的设备故障次数)							设备室
			h	检修评价	5	见附件《冷轧部定修评价管理办法》							设备室
月度	挂钩指标	10		产量、成本、交货期、质量	10	每项承担公司考核的一半, 累计考核不超过 10 分							生技室
月度	内部用户满意度	10	次	焊缝断带分析未反馈次数	5	0 次, +5 分, 每发生 1 次, -1 分。							各分厂
			次	呼叫后 10 分钟不到现场次数	3	0 次, +3 分, 每发生 1 次, -1 分。							各分厂
			次	夜班处理故障人力不足次数	2	0 次, +2 分, 每发生 1 次, -1 分。							各分厂
月度	体系建设	20		安全管理体系	8	见冷轧作业部安全管理办法							安全组
				质量管理体系	4	见冷轧作业部质量体系评价细则							生技室
				设备管理体系	8	见冷轧作业部设备管理评价细则							设备室
专项	事故专项			扣分									各室
	突出业绩			加分									各室

第四章 焊机设备管理体系导入推行全面规范化生产维护

4.1 现场 6S 管理

2014 年是首钢京唐公司推进 6S 现场管理的初始年,聘请了某深圳咨询公司,计划在全公司范围内全面实施 6S 现场管理,旨在提升公司生产、办公现场的管理水平,让优质的现场管理成为企业核心竞争力的有机组成部分。

“5S”管理方法进入到我国后,海尔公司增加“安全”(Safety)一词,发扬成为“6S”管理理论。

4.1.1 实施 6S 步骤

焊机组 6S 工作推行遵循 PDCA 循环。P 阶段,是指计划阶段,成立 6S 推进小组,制定详实的推进计划,做好大力宣传。D 阶段,是指实施阶段,试点样板区建设,以点带面,开展整理、整顿、清扫、安全等活动,打造“三天一层楼”。C 阶段,是指检查阶段,按 6S 的实施要求检查评价,提出指导意见予以整改。设立“羚羊旗”和“蜗牛旗”,鼓励先进,鞭策落后。A 阶段,是指改进提高阶段,将好的实施方法制度化、规范化,文档化,维持所取得的成果。

对不足之处,深入分析原因,落实整改措施,回到下一阶段,不断巩固 6S 的成果,持续提高。

4.1.2 现场 6S 标准

焊机组结合现场实际,制订了 6S 推行标准,包括焊机区域环境卫生、焊机宣传标识、焊机组办公区域物品整理、现场设备定置、库房等。

表 4-1 以焊机库房区域为例,介绍 6S 诊断标准。

表 4-1 6S 自我诊断标准

序号	评估区域	诊断标准
1	库房	(1) 地面整洁,定置摆放有序 (2) 入库、出库台帐明细清楚 (3) 账、卡、物相符,与焊机 8316 机旁库一致 (4) 安全防范到位,管理责任人明确

焊机组通过 6S 活动的推进,焊机区域现场面貌焕然一新,总结 6S 活动,员工的素质提升是关键。随着活动的开展,员工在思想上由被动变为主动,由他律变为自律,并逐步遵循形式化、行事化、标准化、规范化、品格化的规律逐步深入。期间,领导亲力亲为严格要求、全体员工尽心尽力,持之以恒至为关键。

此外,焊机现场还制作了设备看板,在不影响现场作业的情况下放置于设备周边合适的位置。焊机组现场工作看板包括“焊机巡检项目”、“焊机指导书”、“焊机技术通知单”、“钢种代码划分”、“焊机典型案例”、“焊机报警信息”、“重点关注钢种”、“焊缝缺陷图谱”等内容,用于指导现场人员作业。

4.2 现场寻找六源活动

6H (“六源”, Headstream) 在设备管理中的造成物的不安全状态的 6 个源头,即污染源、清扫困难源、故障源、浪费源、缺陷源、危险源。

4.2.1 污染源

焊机组开会讨论、现场排查污染源。现场发现焊机的污染源包括:粉尘,焊渣,激光辐射,射频辐射,噪音,氦气、氮气、二氧化碳气体,水冷机水箱内的生物抑制剂。已在这些污染区域悬挂标识牌,提醒员工远离污染源。

4.2.2 清扫困难源

焊机是紧凑型装置,如焊机工作头区域、夹钳内部区域,清扫困难。在生产中,焊接工作头区域、焊机小车轨道区域,因为开卷产生大量粉尘而受到污染,无法及时清扫。激光源系统高电压、高辐射,生产中不能清理,由于激光源具有很强的专业性^[18]。针对以上清理困难源,制订了不同的清理周期,在确保安全的基础上,及时清理,保证在两次检修之间设备能良好运行。

4.2.3 故障源

焊机组全员通过整理过往设备事故和故障案例,归纳出容易出问题的设备部位,将其作为检修重点关注点,予以有效控制。通过攻关消除设备固有故障源;通过对操作工培训使其了解熟悉设备,消除操作不当故障源;通过不断讨论汇总维护技术方案,减少维护不当故障源和维修不当源;通过跟踪总结部件劣化趋势,做好预防维修,减少自然劣化故障源。

针对焊机设备重复发生的故障，采用“5why”分析方法，多问几个为什么，追根溯源^[19]，以求找到根本原因。案例见附录 1。

职工创新工作室是职工自发形成的组织^[20]，针对生产中的故障问题，群策群力，积极攻关，共同进步，效果明显。焊机组在 2013 年获得首钢京唐公司命名，成为京唐之光创新工作室。

4.2.4 浪费源

焊机组全员讨论现场的浪费源，并积极商定如何有效控制。如在办公室要杜绝人走灯还亮、机器空转，空调开启等方面的能源浪费；在现场，通过仔细检查，杜绝漏水、漏油、漏汽、漏介质和漏气等；通过调整焊机参数，减少原料、加工用的辅助材料如焊丝、氩气保护其体用量；通过审定作业标准，减少无用劳动、无效工序、无效活动方面的浪费；协调好维护人员与操作人员的沟通机制，减少等待检维修人员时间过长；精简会议，减少重复统计表格的填报汇总；创新现场掌控机制，使用微信群，将维检人员和操作人员都加入，提高对现场的掌控等。以上措施，有效节省了时间、人工，并提升了团队士气。

4.2.5 缺陷源

zkq 20151125

焊机组所负责的焊机是精密设备，设备功能精度的缺失会直接导致焊缝开裂、断带等严重后果，直接危及生产线运行。焊机组目标是努力确保设备功能 100%到位，焊缝质量 100%可靠。

焊机组推进落实“双精度”管理。在保证焊机设备功能精度的基础上，通过持续优化焊接参数，保证焊缝质量可靠。当焊缝质量出现问题时，反查设备功能精度缺陷点。

制定焊缝对板带来料的需求，对要求来料板材符合焊接标准，对上游工序提出明确要求。如酸轧激光焊机对热轧板带来料要求，见附录 2。

4.2.6 危险源

焊机组践行“安全第一”的理念，认真做好危险源的辨识和标识工作，加强安全培训教育。严格落实冷轧部的“八大禁令”，具体包括：

严禁指挥职工或职工本人用手、脚等身体任何部位直接接触设备的传动和转动部位以及运行的带钢和跨越带钢；

严禁擅自启动已停机挂牌的设备；

严禁 进入厂房，施工现场不戴安全帽；

严禁进入煤气区域不戴煤气报警器；
严禁起重吊物下站人；
严禁特殊工种无证操作；
严禁检修项目未执行“三方确认挂牌制度”；
严禁高空作业不系安全带。

4.3 六项改善活动

焊机组在 TnPM 的推进改善过程中，践行 PDCA 方法，但在开始新的 PDCA 时，有必要把当前的流程给稳定固化下来，也就是：规范化（Nomalization）-执行（Do）-检查（Check）-处理（Action）。

焊机组扎根在现场做改善。以员工、生产流程、设备、质量、仓库、环境为关注点，不断改进。点、巡检人员每天都去现场，检查设备的运行状态，检查焊缝的质量，不断改进。

6I（“六项改善”，Improvement）：

第一，焊机组注意改善影响生产的要素，以及影响设备运行的原因。焊机设备系统损失包括设备原因造成的产品质量损失，故障处理损失以及主动预维修的损失。故障实际修理时间的一部分是故障停机等待时间，通过良好的技术方案和可靠的维修行为规范，有效缩短等待时间；通过无线对讲、内线、外线、手机电话公开、微信群等方式，确保联络畅通，倾听焊机设备运行和焊缝质量的声音，有效缩短故障等待时间。通过故障案例的形式，通过在现场传、帮、带，在现场培训实操，总结、归纳高效的作业方法，形成详细作业指导书，来减少停机时间。

第二，焊机组注意改善影响产品质量，不断提高服务质量。在公司 QS9000、TS16949 的产品质量的认证体系下，全员关注质量。通过六西格玛、QC 方法来分析影响焊缝质量的要因，加以研究解决，减少焊缝断带次数，减少焊缝重焊率，保障生产顺稳运行。

第三，焊机组注意改善影响制造成本之处。在保证备品备件质量可靠的前提下，积极稳妥推进国产化工作，节约成本。国产化上线后的跟踪与控制工作，不得降低设备精度。目前焊机已完成末级管、双切剪刀、修磨轮、碾压轮、提升辊、退火线圈等二十余种备件的国产化，年可节约采购费用 160 余万元。

第四，焊机组注意改善员工疲劳状况。产生员工疲劳的原因之一是生产方式落后，繁重体力劳动多；其二是动作虽然简单、省力，但是重复、频率高或者持续时间长，造成员工疲倦。焊机组所管理的焊机设备，跟随主要生产线检修，检修频次高，容易疲劳。通过员工轮流倒休的方式，可以有效保障员工的工作状态。

第五，焊机组注意改善安全与环境。焊机组落实环境改造措施，保证环保设施、装置的有效投入。做好安全防护措施，如工作帽、防护眼镜、耳塞、口罩等，对危险点实施“警示标签”管理。

第六，焊机组注意改善工作和服务态度。焊机作为主线关键设备，努力为生产顺行打基础。焊机组全员严格执行工序服从制度。在生产期间，一切为了生产顺行，服务生产。在检修期间，与操作人员密切合作，完成好检修任务。

4.4 六大工具使用

TnPM 的 6T（TOOLS），焊机组认真做好。

可视化管理，焊机组有现场管理工作看板，有物品定置标识、危险标识等。

目标管理，焊机组在管理实践中，紧紧围绕冷轧作业部“五大核心任务”（安全、消防、环保是红线；质量是核心；交货期需提升；品种增利是突破；成本要降耗）、以 KPI 分解目标为指针，开展各项工作。

项目管理，焊机组在管理实践中，针对难题，组织虚拟技术团队展开技术攻关。如针对一冷酸轧焊缝在轧机四机架后断带的问题，组建以技术带头人作为项目负责人的攻关团队，有目标，有跟踪，有措施，有时限，有机制地开展活动，并争取冷轧作业部的支持，取得了良好的效果。

企业形象构建方面，焊机组以“我为企业争光添彩”为己任，遵守公司的各项规章制度，努力展现焊机组人员的风采。注重能力培养，扎根基层，注意人才梯队建设，争创一流业绩。

组建教育型团队。虽然团队文化建设非常重要，国企有不足^[21]。焊机组立志成为教育型、学习型组织，运用企业教练法则，让员工和企业一同成长，激励团队成员从工作中学到更多知识、技能，并更愿意接受工作挑战。以焊机组技术骨干成员为主，通过成立创新工作室的形式，凝心聚力，培养团队合作意识，主动参与、共同研究，发挥团队集体优势；围绕保证焊机设备稳定、提高效益、降低消耗等，开展技改攻关；关注生产过程中的环节、细节，把握创新点，积极提出合理化建议；注重创新成果在生产实践中的应用，针对不足，及时改进和完善；注重学科交叉、互相学习，苦练内功，不断提高创新能力和解决实际问题能力，打造一流焊机设备维护团队；不断提高焊机操作工的水平，降低焊缝断带率和重焊率。

绩效评估方面，焊机组在月度绩效里，依据 KPI 业绩表现和日常工作表现，实行分级打分评价。在年终绩效评价里，通过自评、互评、领导评价加权得出。

4.5 追求六个零

6Z 是指，6 个 Zero，即：质量零缺陷、材料零库存、安全零事故、工作零差错、设备零故障、生产零浪费。

焊机追求焊缝质量零缺陷，要把质量和成本捆绑在一起来考量。追求成本限度内的零缺陷，追求质量保证下的低成本。焊机组追求焊缝零断带、零重焊。断带的成本要高于重焊的成本，所以提出了“宁停勿放”，即焊缝质量不好，即使生产线停车，操作人员也不能放行。

焊机追求材料备件零库存，企业从优化资源配置的角度，追求最佳的工艺节拍，减少中间库存和最终库存，使效益最大化。在追求零库存时，要优先保证生产和合同交货期。焊机组对 18 台焊机的备品备件实施统一管理，杜绝了同一备件反复提报的问题，优化了库存量。

焊机追求安全生产零事故，要全面落实安全操作行为规范，做好企业外来人员管理，实施安全警示报告制度，并加强规范检查。焊机组利用安全专题会、班前会、班后会等机会，强化安全防范意识。

焊机追求工作人员零差错，讨论研究失误规律，从失误描述开始，进行失误分类、失误后果分析、纠错防错设计、建立防失误档案，并做好行为规范培训，最后达到无失误的状况。焊机组通过梳理业务流程，做好内部工作界面划分，规范作业流程，细化作业标准，积极开展培训，从机制上逐步减少工作犯错机会。

焊机追求设备运行零故障，注重保持设备的初始和基本状态，严格遵守操作规程，修复设备劣化部位等。对于故障停机造成严重生产损失或者后果的设备，维持零故障水平的成本可以忽略不计，焊机属于此类。

焊机追求生产过程零浪费，认真分析不创造增值的作业环节，通过管理流程分析组织结构设计和流程简化设计，来提升管理效率。在实践中，焊机组通过现场管理，杜绝跑、冒、滴、漏浪费，通过控制会议效率减少会议成本等。

4.6 点检管理

点检是 TnPM 设备管理 SOON 体系的第一个 O，即现场信息的检查、监测、诊断。

设备点检是工厂设备管理的基本制度之一，是指为了保证设备生产顺行，通过人的“五感”，以及使用简单的工器具，按照要求对设备的规定部位周密检查，以使设备的隐患和劣化能够得到“早期发现、早期预防、早期修复”的效果。

焊机点检，在设备维修计划管理、设备状态管理、技术管理及维修费用和设备信息系统中都起处于重要的地位，起着核心的作用。

焊机作为各连续生产线的关键设备，三个分厂，每个分厂都有 6 台焊机，6 名点检员，机械工程师 1 名，电气自动化工程师 1 名，机械点检员 2 名，电气点检员 2 名，落实区域包机责任制。

4.6.1 点检人员任务

第一，焊机设备检修计划制定和实施协调。检修计划由点检人员亲自做，内容包括计划项目，并进行估工。计划平衡后，做施工准备工作，包括安全许可、停机挂牌，并掌握施工进度，进行施工协调，完工确认，试运转设备对施工质量负责。检修计划样表见附录 3。

第二，焊机备材备件的准备。点检员在编制维修计划时，依据设备劣化倾向，提报、领用备品备件，将备品备件运抵检修现场，确保检修顺利进行。

第三，焊机设备状态管理。跟踪掌握焊机设备在生产中的状态变化，使设备维修达到及时和经济化。

第四，焊机维修费用的预算控制。主要依据生产状况、设备状况、维修总体费用计划，来预算维修费用。

第五，焊机维修技术的掌握和标准的制定。点检人员实施点检作业，点检标准和给油脂标准是由点检员自己制定和修改，并随时掌握标准，开展点检业务。

第六，焊机设备技术信息的传递。点检人员是设备的最基层管理者，最了解设备的一切变化，如设备运行状态、隐患、异常等原始信息，及时汇报。

4.6.2 点检“八定”

在实践中，焊机组使用“5W2H”方法，落实点检责任制。所谓“5W2H”，即 Why（为何）；Where（何地）；When（何时）；Who（何人）；How（如何）；How much，How many（何种程度）。

将“5W2H”与点检工作结合，就是点检“八定”。

第一，定人员。日班工作制，专职点检。要求有设备点检的管理理论和实际经验，有办公桌和点检工具，半天点检，半天管理、协调。

第二，定地点。点检 18 台焊机，范围就是焊机区域的包机区域。

第三，定方法。五感，即：听、看、闻、摸、尝；听音棒、万用表、测温仪、测速仪等。在点检时，注重磨损、变形、腐蚀等劣化倾向，努力实现预知维修。

第四，定周期。每天上午在包机区域点检。点检时，注意与操作工交流，进

一步摸清设备运行状态。

第五，定标准。每台焊机设备都有点检标准，点检人员务必掌握、熟悉。

第六，定表式。焊机有固定的点检样表，见附录 4。

第七，定记录。点检信息记录，都要记录在点检记录本上。

第八，定点检业务流程。对点检结果，急需处理的内容通知维护人员立即处理；不急的则作好记录，在下次定修中解决。

4.6.3 功能精度掌控

焊机点检人员掌握设备功能精度。在现场故障诊断分析中，常使用鱼骨图分析法，把故障原因按照因果层次关系用线条连接起来，主因是脊骨，此外还有中骨、小骨、细骨等。个例如下图所示：

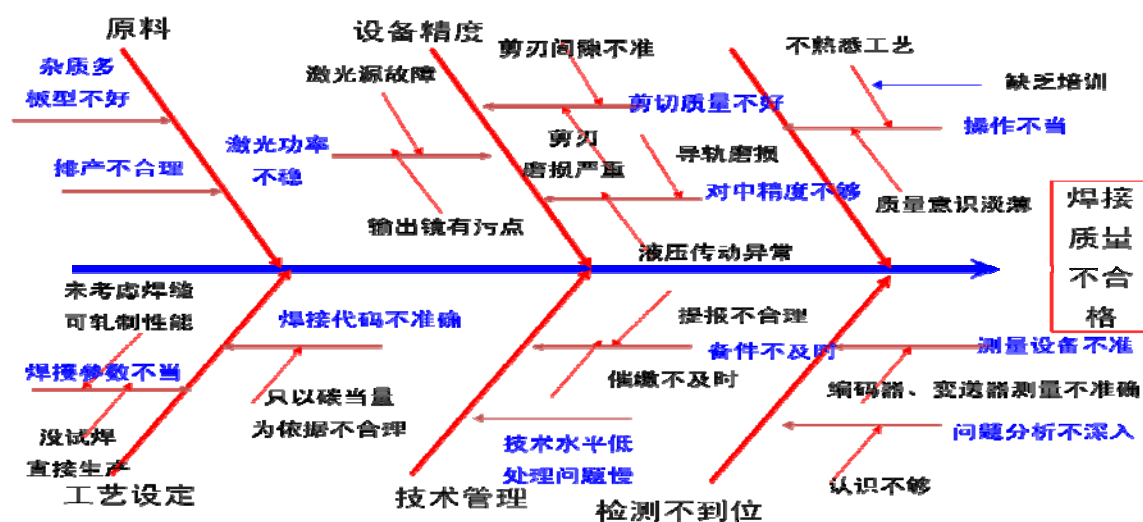


图 4-1 影响焊接质量因素鱼骨图

如果出现故障，首先从鱼头处逐渐向鱼尾处检查验证，检查出大骨，再依次寻找中骨、小骨、细骨，从人、机、料、法、测、环等要素（即 5M1E）着手，直到找到故障源，可以排除为止。

在分析的基础上，制定 18 台焊机设备的功能精度关键控制点，个例如下：

表 4-2 1#酸轧激光焊机（TMEIC 焊机，Trumpf 通快激光源）

关键控制点	实测标准	确认人	备注
100%激光功率	12KW	戚**、李*	精密点检，实测，1 次/半年
5KW 激光功率测试	≥4.2KW	戚**、李*	若不满足，则清洗（更换）M3、M2、M1 镜子，每次检修确认
对中精度 (Cross adjustment)	±3mm	张**、刘*	生产过程中确认，异常则在检修时精调整

支撑轮 (Back Roll level)	$\pm 0.1\text{mm}$	张**、刘*	以出口夹钳为标准,每两周定修确认,更换新支撑轮确认
双切剪间隙范围 (Shear clearance)	0.45-0.60mm (允差 0.00 至-0.05mm)	张**、刘*	每次检修确认
剪切平行度测试 (Y axis tracking)	0 (允差 $\leq 0.1\text{mm}$)	张**、刘*	剪切 1.6mm 板带,更换剪刀时确认
剪切缝隙测试 (Gap)	1mm (允差 0.1mm, Max.-Min. $\leq 0.15\text{mm}$)	张**、刘*	Gap 设定 1mm,更换剪刀确认
双切剪刀剪切次数	≥ 8000 次	张**、刘*	根据生产,大约 5 周更换剪刀面, 最多不超过 12000 次

4.7 维修组织

维修管理是 TnPM 设备管理 SOON 体系的第二个 O,即组织,内容包括维修组织结构、维修资源的配置以及维修活动的计划和组织。

在组织结构方面,作为部属直管作业区,焊机组由冷轧部设备副部长主管,在设备副部长的统一部署下开展各项活动,并协同动作、相互配合,以保证设备管理正常有序工作。焊机组内部落实分级管理,检修班组自主管理,分为机械检修班和电气自动化检修班。班组长对作业长负责。

焊机在维修资源配置方面,实行矩阵式管理。三个冷轧厂焊机组履行点检职责,点检后下发任务单到检修班,检修班内部平衡工作量后,安排实施检修作业。同时,点检在技术上予以指导,参与检修。检修期间,巡检人员也参与检修。

焊机设备维修活动的计划和组织方面,关键在于编制设备维修计划和对整个作业计划进行控制。维修计划包括维修作业计划和作业进度两部分。按计划时间长短,维修计划分为年度、季度、月度和周维修计划;按作业类别,分为设备大修计划、设备中修计划、设备小修计划、设备预防性检查计划、定期的设备精度检查、调整与保养计划等。

焊机设备维修计划的实施过程包括修理前的准备、组织维修施工和竣工验收三个环节。在修理前的准备阶段,掌握设备技术状态,掌握故障隐患、劣化趋势。点检人员与维修人员一起开维修准备会,确定维修项目,做好技术交底;依据项目,由维修人员编制维修技术文件,包括维修任务书、维修工艺规程;换修件、材料、检测工具准备;工时定额确定等。

焊机组在施工组织与管理阶段,认真做好维修牌的领用和归还。解体检查严格按照技术方案实施,有序摆放。临时需要加工配件的,及时沟通,保质保量。

施工进度密切跟踪，协同配合，有序作业。质量控制方面，在维修人员自查后，由点检确认。在焊机设备试车、焊接质量良好后，需要确认设备和现场清扫擦拭干净，在岗位操作人员确认符合 6S 要求后，才允许还牌收工。

焊机维修项目竣工验收后，安排技术骨干人员跟踪生产，待顺利启车、下成品卷后，方可离开现场。如果在启车过程中有设备问题，第一时间处理。在生产线上顺利生产 24 小时设备无故障后，方可确认维修成功。

4.8 维修规范管理

维修规范是 TnPM 设备管理 SOON 体系的 N，即规范。焊机组在设备维修执行层面，按照维修行为规范落实。

4.8.1 维修工程的规范管理

维修现场要落实 6S 管理，对于设备检修的安全、效率、质量、节约影响大。

焊机组在检修现场都有图示管理，通过安全提醒、检修程序图、施工网络图等手段管理。要划线定位，将检修区域、零部件摆放区等以色带标出，利于现场施工。

焊机设备检修期间，加强安全管理。作业长和专职安全员巡查现场，要求大家严格遵守安全规范，杜绝违章作业。在电气维修时，严格落实停送电票证制度。在维修期间落实好检修技术方案实施，技术资料包括设备图纸、历史检修档案、故障及事故记录及维修标准。

4.8.2 维修技术管理规范

维修规范即点检定修制中的维修标准，遵循检修四大标准，包括：点检标准、维修技术标准、给油脂标准和维修作业标准。

焊机组制定的维修技术标准侧重于维修精度和技术要求，是点检标准、给油脂标准和维修作业标准的基础。标准的内容主要包括设备易损件的性能构造、简明示意图、材质的标准；更换零件的维修特性如劣化倾向等；更换件的维修管理阈值，包括装配尺寸、允差等。维修技术标准是不断完善的。在经过一段时期的实践后，根据生产状况、维护状况、更换备品备件周期等内容，逐步完善。样表见附录 5。

焊机组制定的维修作业标准侧重于维修行为流程，是检修人员实施作业的依据和基准。主要内容包括作业名称，作业的工艺顺序，安全事项和工器具等。当

检修方在接受点检的委托工单后，就需要对设备部位的性能结构和环境条件进行工程调查，在完全熟悉的基础上，着手编制维修作业标准。初稿在点检人员确认后交作业长审批，批准后由检修班组长执行。同时，在作业中做好记录，逐渐标准化。样表见附录 6。

4.9 员工未来能力持续成长体系

TnPM 的全员规范化是与员工的培训和成长同步进行的。FROG（Future Reboosting Operators Growth），即员工未来能力持续成长，是 TnPM 稳定发展的决定性因素之一。焊机组活动过程包括：

第一，员工工作能力分析。

焊机组员工主要分为机械、电气自动化、工艺等三个专业方向。同时，由于焊机设备的集成度很高，专业交叉多。针对不同类型焊机，要求技术骨干人员是“一精多通”，有专业特长，同时会相关内容，互补性强。

表 4-3 焊机组技术骨干能力分布表

分布	姓名	TMEIC 激光	TMEIC 窄搭接	Miebach 通快	Miebach 罗芬	武汉凯奇
综合	高**	■	■	■	■	■
	常*	●	●	●	●	●
	孙*	※	※	※	※	※
一冷轧	张**	●	●	●	●	●
	戚**	●	●			●
	刘*	●	●		●	●
	李*	●	●			●
二冷轧	王**		●	●	●	●
	孟**	■	■	■	■	■
	刘*		●	●	●	●
	王**		■	■	■	■
三冷轧	王*		■	■	■	■
	张*		●		●	●
	师**		●		●	●
	武**	■	■		■	■

注：（1）●：机械专业；■：电气自动化专业；※：工艺专业。

（2）不管哪个专业，都能熟练操作负责区域的设备，掌握焊接参数的修改，指导生产。

（3）鼓励专业交叉学习，鼓励技能不断提升。

第二，成长约束分析。

焊机组成员内部有分工，部分点检人员的管理协调水平有待提高，部分检修人员缺乏学习兴趣和培训机会，还有：基础知识薄弱、自我学习能力差、不擅长沟通、工作过于疲倦、缺乏信心等。

第三，制定个人成长计划。

焊机组通过年度绩效考评，综合评价员工素质及成长情况，制定下一年成长计划。在实施阶段，通过月度绩效评定，与相关人员重点交谈，鼓励先进人员再接再厉；并分析进展缓慢人员的不足及下一步发展方向。

第四，目标导向的自上而下的培训。

焊机组每周五 9:30-10:30 是维护技能提升会时间，由技术骨干讲解过往故障案例和现场检修作业预案，问答互动，讲清楚、问明白，共同提高。随着工作的开展，要求每个人都提前准备讲解内容，提供上台机会，锻炼表达、沟通素养。利用年修、定修时间，强化了操作工的培训，不光是知识技能，还有岗位责任意识。下发了焊接参数指导书，指导操作工依据来料板带情况，在一定范围内调整参数，确保生产顺行。提高了操作工判断焊缝质量的水平，减少了误操作，有效防止了焊缝断带等事故发生，提高产品成材率和生产作业率。操作工焊接参数调整推荐表见附录 7。

此外，焊机组对操作工深入开展培训，编制 SOP 标准化操作文档，规范操作细节，样表见附录 8。

4.10 全面规范化生产维护理论导入推行效果

自 2014 年 1 月导入 TnPM 设备管理体系以来，焊机组整体运行时间较为平稳，均完成了焊机停车时间指标，较 2013 年同期有了大幅度降低，见图 4-2。

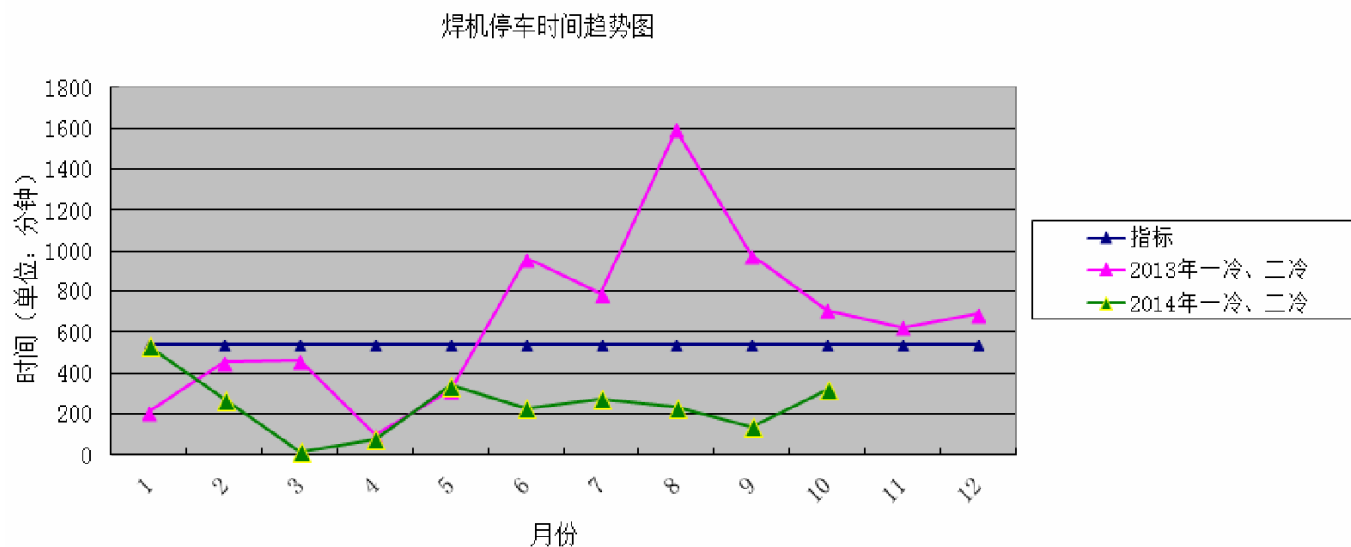


图 4-2 焊机停车时间趋势图

注：三冷 2013 年底建成，目前，属于调试试运行期，停机指标不参与绩效考核。

焊机组依托京唐之光创新工作室，共进行技术攻关 6 项，进行现场改造 22 项，提出合理化建议 50 多条，其中有 15 条获得公司奖励，为公司创造效益 300 余万元。

此外，焊机维护人员士气高涨，整体素养有了明显提高，形成了一批规范化文档，指导着现场设备维护和生产实践，在焊机组内部为下一步首钢京唐公司整体启动 TPM/TnPM 做好了热身准备。

第五章 焊接质量管理体系导入推行六西格玛方法

六西格玛是统计学术语，该水平意味着每一百万次机会里，仅有 3.4 个缺陷/失效，在某种意义上，它是“零缺陷”的代名词。

六西格玛方法，以事实以及数据为事实基础，采取数据驱动来发现问题、进而分析问题，解决或者改善问题，最终满足客户的需求，取得企业效益。作为一种工具，应用广泛。在中国六西格玛应用，应建立质量文化，有助于我国企业管理层科学地认识 and 在本企业成功实施六西格玛。六西格玛是一种持续改进的体系和文化。在公司经营战略的指引下，通过倾听 VOP 流程之声和 VOC 客户之声，搭建标准体系，不断改进^[22~27]。

首钢京唐公司 2014 年 1 月启动了六西格玛项目，邀请深圳华天谋 SBTI 咨询公司辅导。本论文作者负责的《降低二酸轧 Miebach 激光焊机高强钢重焊率》绿带项目在公司立项，按照时间节点开展各项工作，已经完成 DMAIC 结题，实现了有效降低焊机重焊率、提高了设备的性能开动率、减少了停机产生的带出品损失，给公司创造了效益，获得了良好评价。

5.1 定义阶段

D 是 Define 的缩写，即定义。主要明确问题，确定流程输出 Y，明确目标，测算收益，确定人员等。共分为项目背景、问题陈述、项目范围、Y 的定义，基线及目标的陈述、财务收益、团队组织、推进计划等部分。

5.1.1 项目背景

首钢京唐公司高端板材产量迅猛增加、品种规格进一步拓展，对产能的释放提出了更高的要求，二酸轧生产线作为京唐公司高端汽车板的主要生产线，能够批量、稳定、经济的生产是保证酸轧连续生产线释放产能的必然要求。随着汽车安全性、轻量化的趋势发展，高强钢订单日趋增多，但是高强钢由于屈服强度大，焊接难度大^[28~30]。公司目前覆盖的高强钢产品见表 5-1，2014 年重点认证客户品种计划见表 5-2。

表 5-1 首钢京唐公司高强钢品种

高强钢种类划分	
种类	举例
碳素结构钢带	Q235B、St37-2G 等
低合金高强钢带	H260LA、H300LA、H340LA、H380LA、H420LA、 H380LAD+Z、H420LAD+Z 等
加磷高强度钢带	170P1、250P1、H220PD+Z、H260PD+Z 等
烘烤硬化高强度钢带	CR180BH、CR220BH、CR260BH、H180BD+Z、H220BD+Z 等
高强度 IF 钢带	CR180IF、CR220IF、H260Y、H180YD+Z、H220YD+Z 等
双相高强度钢带	DP450+Z、CR300 / 500DP、FE500DPF、CR420/780DP、 FE600DPF 等
相变诱导塑性钢带	TRIP590+Z、TRIP590 等
优质碳素结构钢带	S250GD+Z、S320GD+Z、S350GD+Z、S400GD+Z 等

表 5-2 2014 年重点认证客户品种计划

序号	用户	认证牌号
1	长城(天津)	SUV:250P1、DP 钢
		顺义转京唐: IF 钢
2	福田	S700 车型(SUV)新车镀锌高强钢
3	起亚	旧: SPCEN、SPCUD
		新: 170P1、DP590 等
4	四川现代	QZC 车型, SPCEN
5	通用汽车	IF 钢: CR1-CR4
6	上海汽车	AP11 新车型: DC03、DC05
7	上汽大通	镀锌 IF 钢、高强钢
8	吉利汽车	IF 钢、DP 钢等
9	一汽大众	镀锌宽版:CC 车型 HX180BD+Z
10	一汽夏利	新车型 T012, SUV: SPFC440、340/590DP
11	福特	C346 车型: CR4、CR4+Z
		CD539 新车型试模
12	东风日产	软钢系列: SP120 系列

Miebach 激光焊机作为酸轧产线能够保证连续生产的关键设备，用于将热轧钢卷带头带尾进行焊接以保证产线连续，一旦焊缝质量不合格，需要进行重焊，这时产线需要进行降速生产影响产能释放。在实际生产中，由于高强钢具有较高的碳当量和屈服强度，对焊接提出了更高要求。根据生产统计，高强钢生产中，由重焊导致的降速及停车时间，占比超过 53%。深入研究高强钢重焊问题，势在必行。

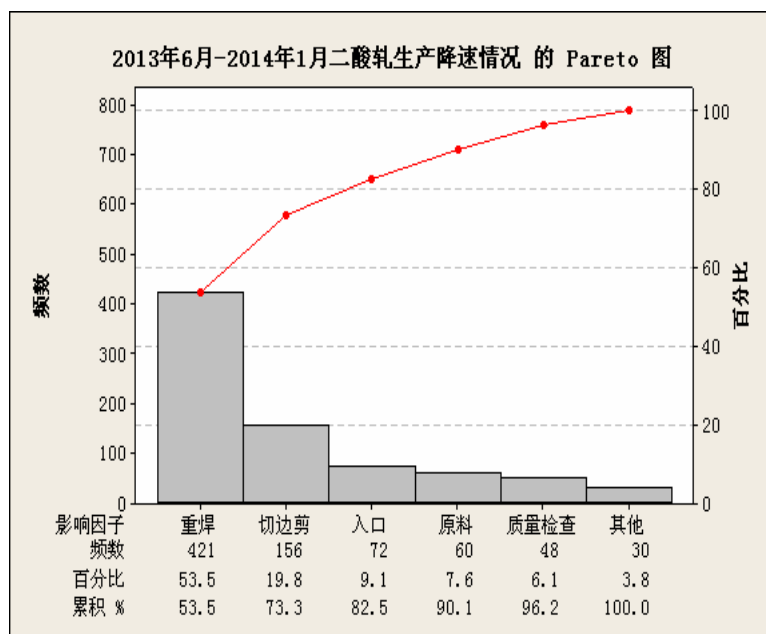


图 5-1 二酸轧生产线高强钢生产降速统计图

5.1.2 问题陈述

据统计 2013 年 6 月至 2014 年 1 月，二酸轧生产线整体重焊率为 7.23%，而高强钢的重焊率平均为 24%，最高甚至接近 40%，远高于整体，见图 5-2。

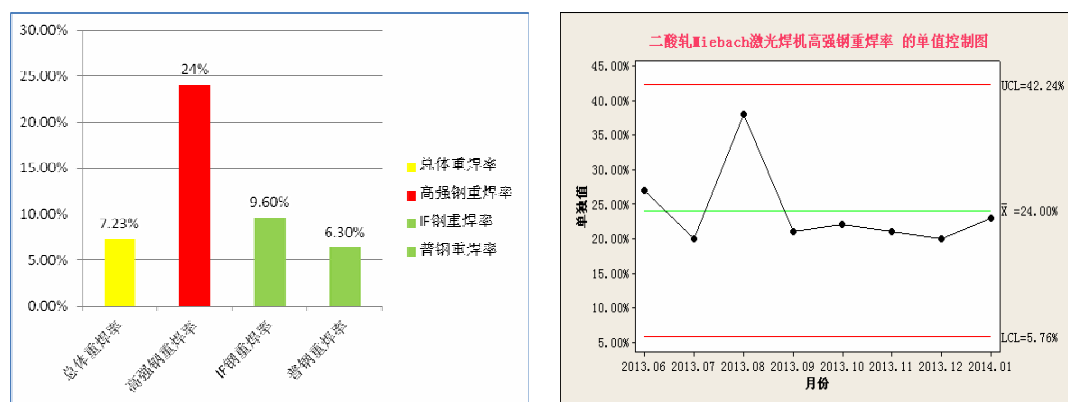


图 5-2 二酸轧生产线整体重焊率与高强钢重焊率对比

对比宝钢 2030 酸轧产线 3% 的高强钢重焊率，京唐公司冷轧部 24% 的高强钢重焊率居高不下，所以选定降低重焊率作为的研究项目。

5.1.3 项目范围

主要研究从操作工审核计划单、矫直带头带尾、定位带头带尾、确认参数、对中剪切、焊接、判断焊缝质量、放行或者重焊这一整个焊接过程，以提高焊缝一次合格率，释放酸轧产能。SIPOC 详见图 5-3。



图 5-3 项目流程分析图

5.1.4 Y 的定义

重焊率的定义为实际焊接次数减去理论焊接次数比上理论焊接次数，并规定统计频率为一月一统计。见图 5-4。

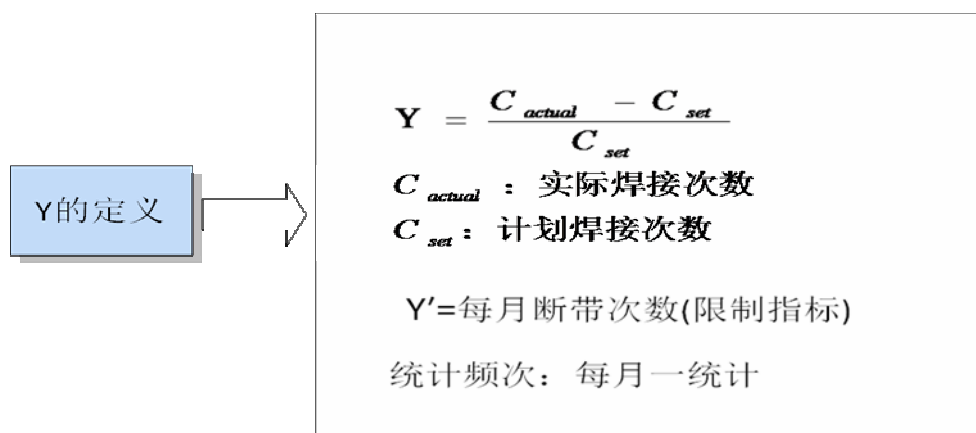


图 5-4 Y 的定义

其中，Y'是限制性指标，即降低高强钢重焊率是在断带次数不增加的前提下进行的。

在实际生产中，操作工依据焊缝在线监测系统 QCDS，并结合焊缝放行标准进行焊缝质量的判定，决定是否进行重焊，见图 5-5。

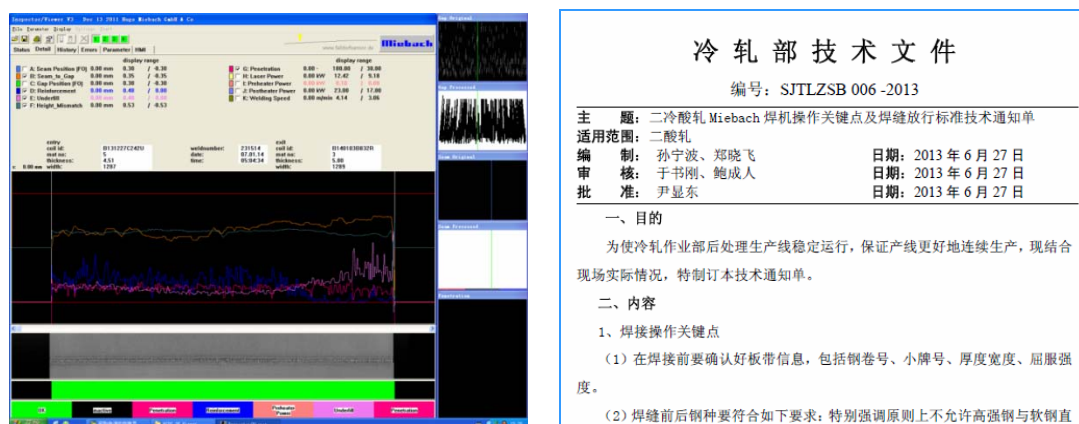


图 5-5 QCDS 曲线和焊缝放行标准

5.1.5 基线及目标陈述

将 2013 年 6 月至 2014 年 1 月的平均重焊率作为基线，将宝钢焊机的重焊率作为极限目标，目标值采用取基线与极限目标值中间值的方法确定为 13.5%。

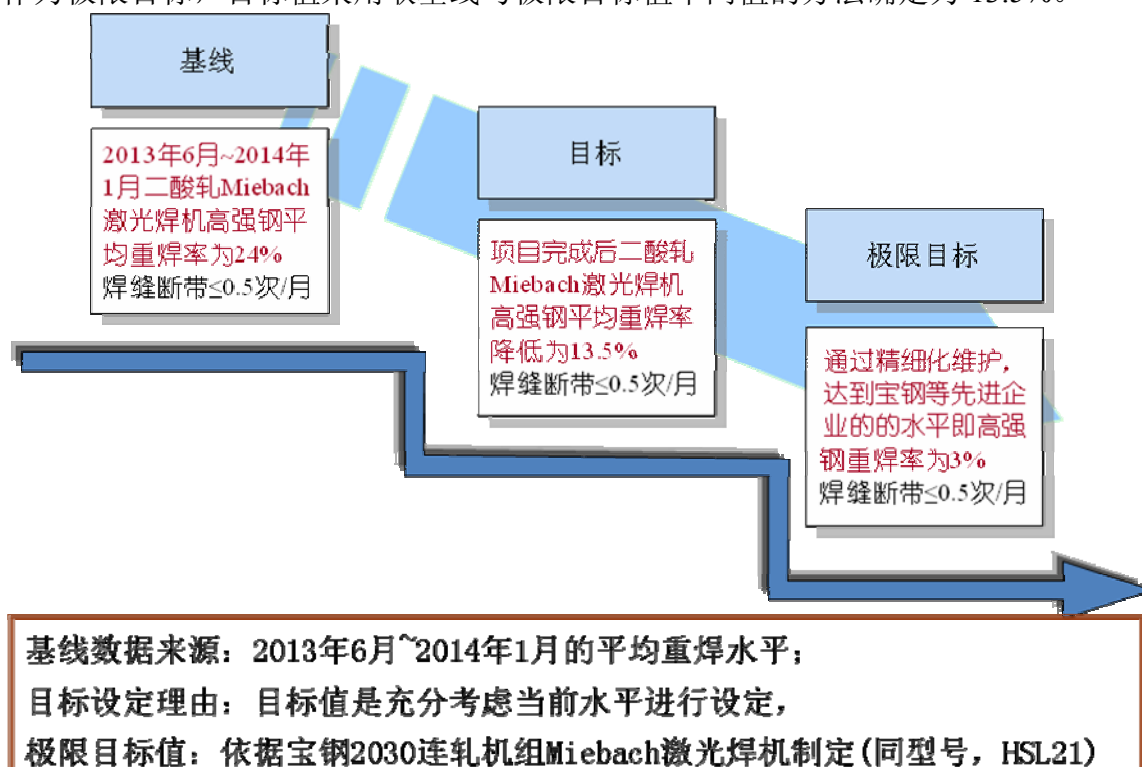


图 5-6 确定高强钢重焊率目标

5.1.6 财务收益

二酸轧每月生产约 1 万吨高强钢，涉及高强钢的焊接次数需要约为 550 次，每次重焊影响约 2 分钟。

在项目实施阶段：

2-7 月间每月因减少停车产生的效益 $P1 = (\text{现有重焊率} - \text{目标重焊率}) \times \text{每月焊接卷数} \times \text{产能} \times \text{高强钢吨钢效益} = (24\% - 15\%) \times 550 \times 2/60h \times 300t/h \times 235 \text{ 元/t} = 11.63 \text{ 万元}$ ；因降低耗材（双切剪刀、保护气体、激光气体等） $P2 = 0.1 \text{ 万元}$ ；

8 月份减少停车产生效益 $P3 = (\text{现有重焊率} - \text{目标重焊率}) \times \text{每月焊接卷数} \times \text{产能} \times \text{高强钢吨钢效益} = (24\% - 13.5\%) \times 550 \times 2/60h \times 300t/h \times 235 \text{ 元/t} = 13.57 \text{ 万元}$ ；因降低耗材（双切剪刀、保护气体、激光气体等） $P4 = 0.2 \text{ 万元}$ ；

合计收益： $6 \times (P1 + P2) + 1 \times (P3 + P4) = 84.15 \text{ 万元}$ 。

在项目完成阶段：

每月因减少停车产生的效益 $P3 = (\text{现有重焊率} - \text{目标重焊率}) \times \text{每月焊接卷数} \times \text{产能} \times \text{高强钢吨钢效益} = (24\% - 13.5\%) \times 550 \times 2/60h \times 300t/h \times 235 \text{ 元/t} = 15.3 \text{ 万元}$ ；因降低耗材（双切剪刀、保护气体、激光气体等） $P4 = 0.2 \text{ 万元}$ ；

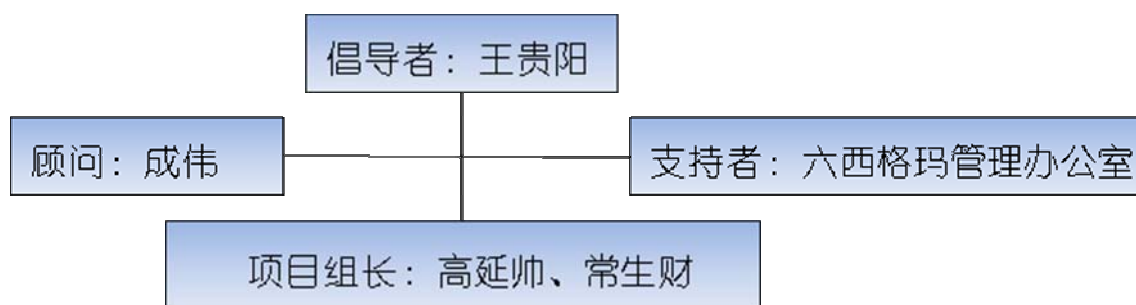
合计收益： $12 \times (P3 + P4) = 165.24 \text{ 万元}$ 。

除了以上直接的财务收益，还有技术、质量、管理水平的提升，员工素质的提高等无形财务收益。

5.1.7 团队组织

本项目由冷轧部王贵阳部长倡导，SBTI 咨询公司成伟老师进行辅导，项目组长高延帅和常生财。

项目推进由 1 月份开始至 8 月份项目完成，期间按照计划进行推进。



姓名	部门	职位	职责
康永华	生产技术室	工程师	工艺方案设计、讨论，督促措施落实，数据收集
王颖旺	2230 镀锌作业区	工程师	工艺方案设计、讨论，督促措施落实，数据收集
姜 磊	焊机组	工程师	方案讨论，设备改进及维护，数据收集
孙宁波	焊机组	工程师	工艺方案设计、讨论，实验开展，报告的完成
陈 亮	焊机组	工程师	方案讨论，设备改进及维护，数据收集
刘 陶	焊机组	点检员	方案讨论，设备改进及维护，数据收集
苏晓蒙	焊机组	点检员	工艺方案设计、讨论，供应商管理，数据收集

图 5-7 项目团队组织图

5.1.8 推进计划

按照公司要求制定推进计划，见图 5-8。

D8 推进计划					
时间	Define 定义	Measure 测量	Analyze 分析	Improve 改进	Control 控制
1月	开始日期2014.1				
3月		预计完成2014.4			
5月			预计完成2014.6		
7月				预计完成2014.7	
8月					预计完成2014.8
小组活动	- 选题理由 - 项目定义 - 项目目标 - 团队组建 - 树立计划 - 项目审批	- Y的MSA - Y的过程能力评价 - 原因查找 - 原因筛选 - 快赢改善	- X的MSA分析 - 数据收集计划 - X的现状分析 - X对Y的影响的初步分析 - 统计分析	- 改善思路 - 方案排序 - 方案实施 - 效果验证	- 改善措施标准化 - 控制计划 X、Y的SPC控制 - 收益预估

图 5-8 推进计划时间节点

5.2 测量阶段

M 是 Measure 的缩写，即测量^[31]。M 阶段分为测量系统分析、Y 的现状分析、详细过程图、C&E 矩阵、FMEA、快赢措施、快赢后的效果、M 阶段小结等部分。

5.2.1 测量系统分析

测量系统为操作工根据焊缝判断标准结合 QCDS 系统的检测曲线进行判断，为此为了验证操作工是否按照放行标准进行判断，选取 50 组焊接曲线（一半为需要重焊的曲线），由操作工进行两次模拟在线监测，并根据数据进行 Kappa 分析，结果见图 5-9。

通过 Minitab 分析，操作工之间、所有操作工与标准 Kappa 值均大于 90%，测量系统可靠。

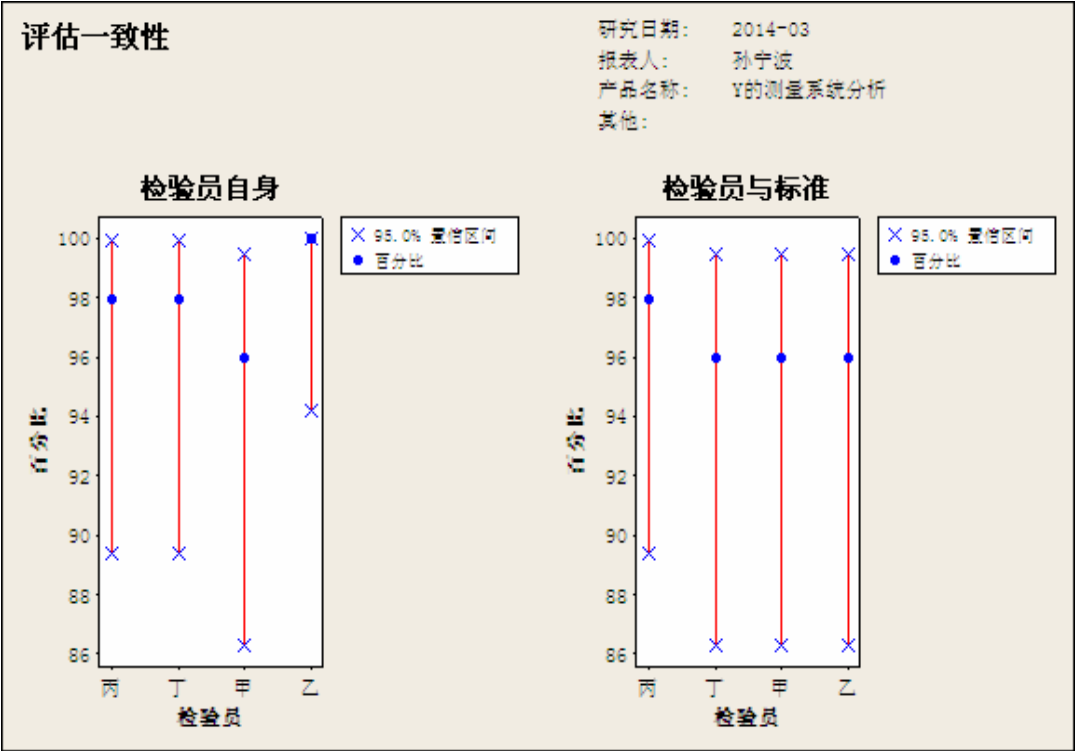


图 5-9 一致性分析

所有检验员与标准

评估一致性

检 # 相

验数 符数 百分比 95% 置信区间

50 46 92.00 (80.77, 97.78)

相符数: 所有检验员的评估与
已知的标准一致。

Fleiss 的 Kappa 统计量

响应	Kappa 标			
	Kappa	准误	Z	P(vs > 0)
A	0.949992	0.05	18.9998	0.0000
R	0.949992	0.05	18.9998	0.0000

5.2.2 Y 的现状分析

2013 年 6 月至 2014 年 1 月高强钢重焊率达到 24%，焊缝每月断带次数均维持在 2 次以下，满足冷轧部设定的 KPI 指标，降低重焊率是在满足焊缝断带指标的基础上进行，见图 5-10。



图 5-10 二酸轧高强钢焊缝断带次数统计

5.2.3 详细过程图

这是详细过程流程图，通过头脑风暴得出，见图 5-11。

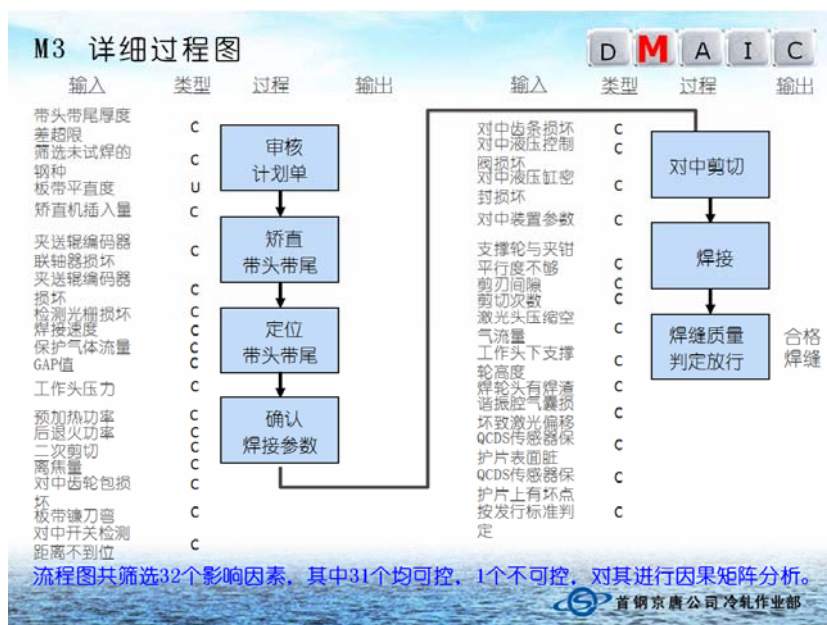


图 5-11 详细过程图

5.2.4 因果矩阵分析

找出影响因素后，进行了 C&E 因果矩阵分析，结合冷轧部 KPI 指标，将焊缝的断带情况作为降低重焊率的另一个重要指标。

表 5-3 因果矩阵打分表

M4 C&E矩阵

D M A I C

重要程度 (1—10)			10	8	总计
Y分解 (包含相关质量指标)			重焊	断带	
序号	过程步骤	过程输入	等级: 0, 1, 3, 9	等级: 0, 1, 3, 9	
1	审核计划单	带头带尾厚度差超限	3	3	54
2	审核计划单	筛选未试焊的钢种	9	3	114
3	矫直带头带尾	矫直机插入量设定	3	3	54
4	定位带头带尾	夹送辊编码器联轴器损坏	3	0	30
5	定位带头带尾	夹送辊编码器损坏	1	0	10
6	定位带头带尾	检测光栅损坏	1	0	10
7	确认焊接参数	焊接速度	9	3	114
8	确认焊接参数	保护气体流量	9	9	162
9	确认焊接参数	驱动侧GAP值	9	9	162
10	确认焊接参数	工作头压力	9	3	114
11	确认焊接参数	预热功率	9	3	114
12	确认焊接参数	后退火功率	9	9	162
13	确认焊接参数	二次剪切的使用	9	3	114
14	确认焊接参数	离焦量	3	3	54
15	对中剪切	对中齿轮包损坏	3	1	38
16	对中剪切	板带镰刀弯	3	9	102
17	对中剪切	对中齿条损坏	3	0	30
18	对中剪切	对中接近开关检测距离不到位	3	0	30
19	对中剪切	对中液压控制阀损坏	1	0	10
20	对中剪切	对中液压缸密封损坏	1	0	10
21	对中剪切	对中装置参数	1	0	10
22	对中剪切	支撑轮与夹钳相对平行度不够	3	3	54
23	对中剪切	剪刀回跳	9	9	162
24	对中剪切	剪切次数	3	3	54
25	焊接	激光头压缩空气流量	9	3	114
26	焊接	工作头下支撑轮高度	9	3	114
27	焊接	焊轮头焊渣清理周期	9	9	162
28	焊接	谐振腔气震损坏导致激光偏移量	9	3	114
29	焊缝质量判定	QCDS三个传感器保护片表面脏	3	1	38
30	焊缝质量判定	QCDS三个传感器保护片上有坏点	3	0	30
31	放行	按发行标准判定	9	9	162

首钢京唐公司 冷轧作业部

采用二八原则，共筛选出 15 个影响因子，分别为筛选未试焊的钢种、板带平直度、焊接速度、保护气体流量、GAP 值、工作头压力、后退火功率、二次

剪切、板带镰刀弯、剪刀间隙、剪切次数、工作头下支撑轮高度、焊轮头有焊渣、谐振腔气囊损坏导致激光偏移量、按放行标准判定，见图 5-12。

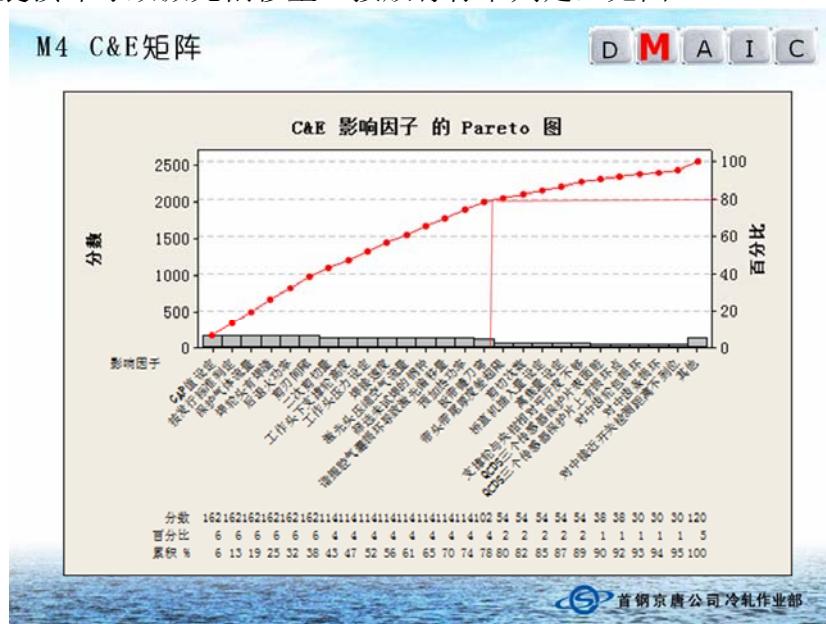


图 5-12 筛选占比 80%的影响因子

5.2.5 FMEA 失效分析

接下来进入到 FMEA 分析阶段，在进行 FMEA 分析前制定了 FMEA 打分的标准，以方便大家讨论，见表 5-4。

表 5-4 FMEA 打分标准表

失效的严重度	重焊				
分值	7				
出现频率	每次都出现	经常出现	出现频率一般	偶尔出现	基本不出现
分值	9-10	7-8	5-6	3-4	1-2
检测度	基本都能检测到	检测到的机会较高	检测机会中等	检测到的机会较低	基本检测不到
分值	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10

根据打分标准进行的 FMEA 分析，通过对失效频率和探测度进行打分，计算 RPN 值，得出影响高强钢重焊的关键因子分别为：焊接速度、GAP 值、工作头压力、后退火功率、二次剪切、工作头下支撑轮高度、焊轮头有焊渣，打分情况见表 5-5。

表 5-5 RPN 打分表

序号	输入	失效模式	失效后果	严重程度	潜在失效原因	频率	现有控制	探测度	风险优先数 RPN
1	筛选未试焊的钢种	未进行筛选	重焊	7	未进行上线前试焊	5	只对新钢种试焊, 新厚度跟踪生产不试焊	3	105
					参数未输入到二级系统	1	每次试焊后将参数输入二级系统	3	21
					热轧板带板型差	3	有板带平直度要求标准, 实际控制较差	5	105
2	焊接速度	速度过快	重焊	7	参数未经优化	7	新钢种上线前进行参数优化	7	343
		速度过慢	重焊	7	错误设定	3	未进行控制	3	63
3	保护气体流量	流量不足	重焊	7	保护气体喷嘴堵塞	3	每班交班时确认一次	3	63
4	GAP 值	GAP 值过大	重焊	7	设备精度损失实际值较设定值有偏差	3	更换剪刀时进行标定 1	3	63
					参数未经优化	7	新钢种上线前进行参数优化 2	7	343
		GAP 值过小	重焊	7	设备精度损失实际值较设定值有偏差	3	更换剪刀时进行标定 2	3	63
5	工作头压力	压力过大	重焊	7	错误设定	1	未进行控制	7	49
		压力过小	重焊	7	参数未经优化	7	只有试焊后的规格进行修订, 其他无控制	7	343
6	后退火功率	功率过大	重焊	7	错误设定	3	发生重焊后进行修改	5	105
		功率过小	重焊	7	参数未经优化	7	新钢种上线前进行参数优化 3	7	343
					加热装置损坏	3	定期进行检查维护	3	63
7	二次剪切的使用	未投入	重焊	7	参数未经优化	9	新钢种上线前进行参数优化 4	7	441
8	板带镰刀弯	对中效果差	重焊	7	热轧板带板型差	3	有板带镰刀弯要求标准, 但实际控制较差	5	105
9	剪刀间隙	剪刀间隙过小	重焊	7	装配时未要求进行合理装配	1	由外部单位安装, 失效后不会上线	3	21
		剪刀间隙过大	重焊	7	剪刀磨损	5	每次停机检修时进行测量	3	105
				7	安装时未要求进行合理装配	1	安装时按标准进行装配	3	21
10	剪切次数	剪切次数超出使用要求	重焊	7	未及时更换双切剪剪刀	1	HMI 面板有实时显示	1	7
11	工作头下支撑轮高度	低于夹钳平面	重焊	7	未按标准调整到规定位置	7	调试后未进行测量标定	9	441
12	焊轮头有焊渣清理周期	清理周期过长	重焊	7	未及时进行清理	7	当焊渣较多时, 出现后, 进行清理	7	343
13	谐振腔气囊损坏致激光偏移	激光束偏移	重焊	7	未定期进行检查	3	定期进行检查, 到使用周期及时更换	3	63
14	按放行标准判定	未按放行标准进行判断焊缝质量	重焊	7	出于谨慎心理	3	制定放行标准, 并要求操作工执行	3	63

15	预加热功率	不能使用	重焊	7	加热装置损坏	3	平时不使用，只有在板型不好时才投入	3	63
----	-------	------	----	---	--------	---	-------------------	---	----

5.2.6 快赢措施

分别就工作头下支撑轮高度、工作头压力、GAP 值进行了 3 项快赢措施，具体如下：通过试焊和跟踪生产，调整了焊机下工作头焊轮（Lower Pilot Roll）高度，使之高出夹钳垫板取上限值，0.1mm（设计 0-0.1mm），减少重焊，见图 5-13。



图 5-13 调整下工作头焊轮高度

通过通过试焊和跟踪生产，调整工作头碾压力有效改善带头带尾下扎，减少重焊，见图 5-14。

图 5-14 调整工作头碾压力

通过试焊和跟踪生产，修改驱动侧 Gap 值，减少重焊，见表 5-6。

表 5-6 调整驱动侧 Gap 值二级表

3 项措施中，调整工作头碾压力已经比较成熟，而下工作头焊轮高度和驱动侧 Gap 值调整可能仍需继续优化。

5.2.7 快赢后的效果

通过进行一系列的快赢措施，高强钢重焊率得到了明显的下降，见表 5-7。

表 5-7 重焊率统计表

	第一周	第二周	第三周	第四周	第五周	第六周	第七周	第八周	第九周	第十周	第十一周	第十二周
时间节点	1.1-1.7	1.8-1.14	1.15-1.21	1.22-1.28	1.29-2.4	2.5-2.11	2.12-2.18	2.19-2.25	2.26-3.4	3.5-3.11	3.12-3.18	3.19-3.25
理论焊接次数	121	120	109	146	74	176	138	190	44	129	87	108
实际重焊次数	29	19	29	29	18	40	20	20	6	11	14	6
重焊率	23.97%	15.83%	26.61%	19.86%	24.32%	22.73%	14.49%	10.53%	13.64%	8.53%	16.09%	5.56%

实施快赢措施后效果图如图 5-15 所示，其中左图中红线左右为进行快赢措施前后效果的对比。

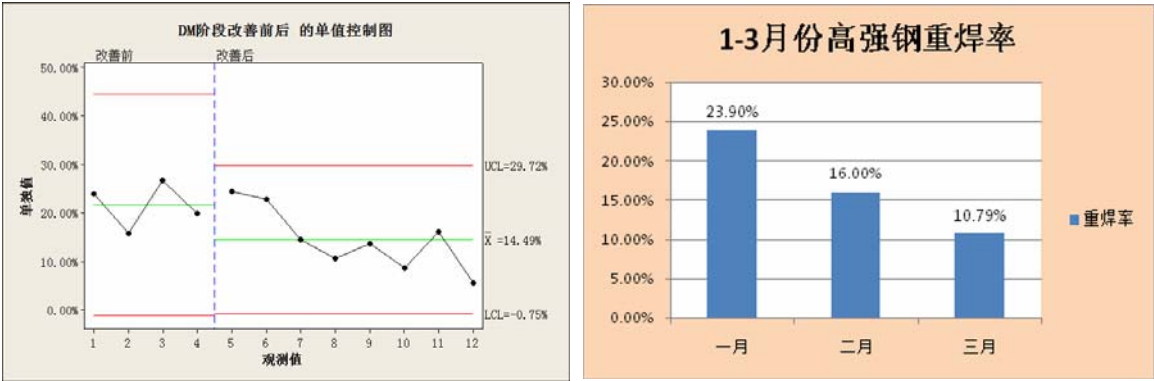


图 5-15 DM 快赢措施实施效果比对

5.2.8 M 阶段小结

经过因果矩阵、FMEA、快赢措施，最终确定出关键的五项因素输出至 A 阶段，分别为焊接速度、后退火功率、二次剪切、焊轮工作头焊渣清理周期、驱动侧 GAP 值。

5.3 分析阶段

A 是 Analyze 的缩写，即分析。通过数据分析，确定过程的关键因素。项目中 A 阶段分为数据收集说明、X1 焊接速度因子分析、X2 二次剪切因子分析、X3 后退火功率因子分析、X4 工作头焊轮焊渣清理周期因子分析、X5 驱动侧 GAP 值因子分析、快赢措施、A 阶段小结等部分。

5.3.1 数据的收集说明

表 5-8 关键因素数据收集表

可控输入	x	类型	测量系统	X 与 Y 的关系	测量数据	计划完成日期	负责人
x1	焊接速度	计量型	可靠	焊接速度水平为原始参数、原始参数整体提高 10%、原始参数整体降低 10%时, 高强钢重焊率是否变化?	Y	2014.6.20 前	孙宁波
x2	二次剪切的使用	计数型	可靠	使用二次剪切、未使用二次剪切时, 高强钢重焊率是否变化?	Y	2014.6.20 前	苏晓蒙
x3	后退火功率	计量型	可靠	后退火功率为原始参数、原始参数整体提高 10%、原始参数整体降低 10%时, 高强钢重焊率是否变化?	Y	2014.6.20 前	陈亮
x4	工作头焊轮焊渣清理周期	计量型	可靠	清理周期为 3 天、7 天、10 天时, 高强钢重焊率是否变化?	Y	2014.6.20 前	刘陶
x5	驱动侧 GAP 值	计量型	可靠	GAP 值为 0mm、-0.15mm、-0.3mm 时, 高强钢重焊率是否变化?	Y	2014.6.20 前	姜磊

5.3.2 关键因子分析

依据实际，选用卡方检验，依次判断焊接速度、二次剪切、后退火功率、工作头焊轮焊渣清理周期、驱动侧 Gap 值等五个关键因子对重焊有无显著影响。

结果显示，焊接速度、二次剪切、后退火功率、驱动侧 Gap 值，这四个因子对重焊有显著影响。工作头焊轮焊渣清理周期对重焊无显著影响。



图 5-16 关键因子卡方检验

5.3.3 快赢措施

在 A 阶段，通过在线测试，确认二次剪切使用对降低高强钢重焊率有显著作用，为此在焊接所有高强钢时，均投入二次剪切功能，并此数据固化到焊机参数系统中。



图 5-17 有无二次剪切的焊接曲线比对差异明显

经过 A 阶段分析验证，判断对 Y 有影响的重要 X 因子有：

X1：焊接速度

X2：二次剪切的使用

X3：后退火功率

X5：GAP 值

其中，对于 X2，在焊接高强钢时均投入二次剪切功能，以降低重焊率，是 A 阶段快赢措施。并在下一阶段（I）对另外三个重要 X 因子进一步优化和改善。

5.4 改善阶段

I 是 Improve 的缩写，即改善阶段。在该阶段，会努力优化方案，深入研究输出 Y，采取措施消除掉或者减少某些关键因子所产生的影响，努力控制过程中的缺陷并减少变异。

项目中 I 阶段分为 I 阶段改善计划、DOE 试验设计、DOE 试验结果、DOE 响应优化、I 阶段的改善等内容。

5.4.1 改善计划

通过 A 阶段的验证与因子分析，确定了驱动侧 GAP 值、焊接速度和后退火功率 3 个因子是影响高强钢重焊率的关键因子。根据工艺常识：驱动侧 GAP 值、

焊接速度和后退火功率 3 个因子进行 DOE。重编因子序号。

表 5-9 关键因素分析计划表

变 量	名 称	类 型	Low	High
X1	驱动侧 GAP	计量型	-0.05mm	-0.25mm
X2	焊接速度	计量型	原参数	降低 10%
X3	后退火功率	计量型	原参数	增加 10%
分析工具	DOE 试验分析 (3 因子 2 水平加 3 个中心点的 DOE 全因子试验分析)			

5.4.2 DOE 试验

通过假设检验等方法确定高强钢重焊率与驱动侧 GAP 值、焊接速度、后退火功率三个因子有关，因此采用三因子两水平设计 DOE 试验，并增加三个中心点仿形试验，其试验数据如下：

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
标准序	运行序	中心点	区组	驱动侧GAP值	焊接速度	后退火功率	Y重焊率
5	1	1	1	-1	-1	1	23.33%
6	2	1	1	1	-1	1	15.36%
2	3	1	1	1	-1	-1	17.12%
9	4	0	1	0	0	0	18.62%
1	5	1	1	-1	-1	-1	25.43%
11	6	0	1	0	0	0	19.39%
3	7	1	1	-1	1	-1	21.33%
7	8	1	1	-1	1	1	20.28%
8	9	1	1	1	1	1	12.21%
4	10	1	1	1	1	-1	13.68%
10	11	0	1	0	0	0	19.22%

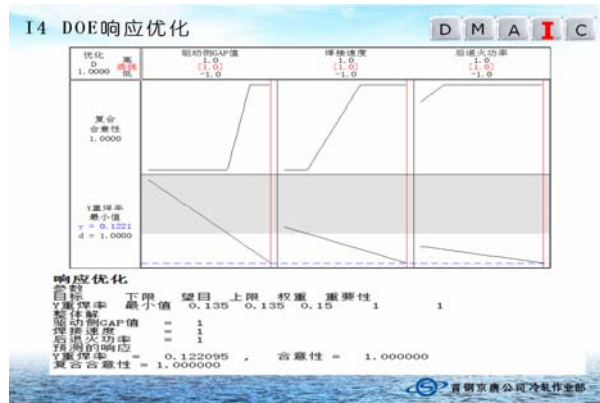
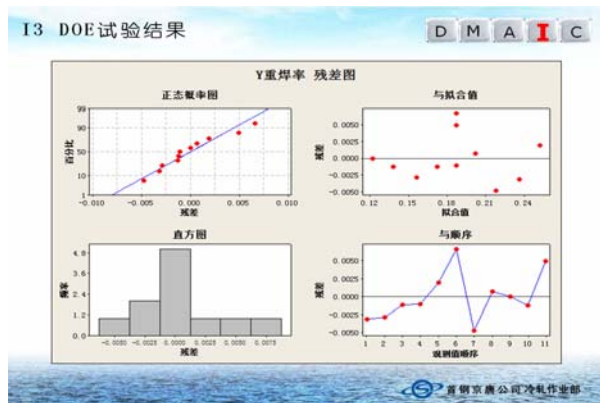
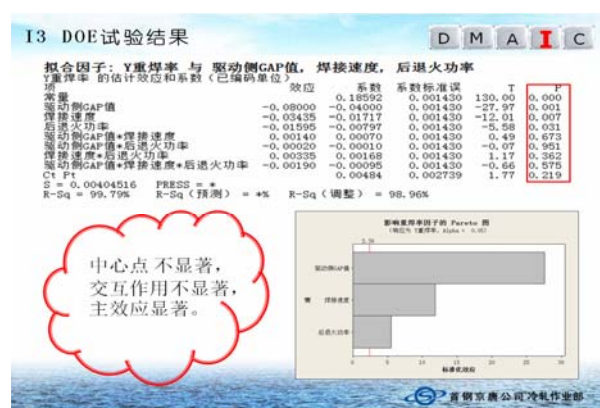


图 5-18 DOE 试验数据

5.4.3 改善落实

对于高强钢焊接来讲，焊接速度降低 7%~10%、后退火功率增加 10%、驱动侧 GAP 值设定为-0.2mm~-0.25mm 时重焊率较低，实际设定为焊接速度降低 10%、后退火功率增加 10%，驱动侧 GAP 值设定-0.25mm 时，重焊率统计结果最低，已将参数表重新进行了设定。

表 5-10 优化二级焊接参数表

Mat1	Mat2	TRain	TRaax	void-specifier	posplan	prespre	heat	post-heathed	preswire	specverified	focus	(0.gap	os	(gap	ds	(rev	gap	(sec	cut
3	9	1.25	1.44	0	0	0	0	0	0	0	T	0	0	0	0	0	0	0	0
3	9	1.45	1.64	75	80	15	0	20	20	0	T	-100	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	1.65	1.89	80	90	20	0	20	25	0	T	-100	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	1.9	2.14	50	90	20	0	25	25	0	T	-100	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	2.15	2.39	50	90	20	0	25	25	0	T	-100	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	2.4	2.64	40	95	20	0	30	30	0	Y	-100	3	-25	0	0	0	50	0
3	9	2.65	2.89	40	90	20	0	30	30	0	T	-100	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	2.9	3.19	40	90	20	0	30	30	0	T	-150	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	3.2	3.49	35	95	25	0	35	40	0	T	-200	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	3.5	3.79	35	95	25	0	35	40	0	Y	-200	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	3.8	4.09	33	95	25	0	35	35	0	T	-200	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	4.1	4.39	33	90	30	0	35	40	0	Y	-200	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	4.4	4.69	33	95	30	0	40	40	0	Y	-200	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	4.7	4.99	33	90	30	0	40	40	0	Y	-200	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	5	5.29	26	95	35	0	40	45	0	Y	-250	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	5.3	5.59	23	95	35	0	45	45	0	Y	-250	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	5.6	5.89	23	95	35	0	45	45	0	T	-300	0	-25	0	0	0	50	0
3	9	5.9	6.19	23	00	35	0	45	50	0	T	-300	-5	-25	0	0	0	50	0

通过 AI 阶段的因子分析及 DOE 实验，4-7 月份高强钢重焊率逐月下降，其中 7 月份截止到 15 日高强钢重焊率为 13.12%，已达到目标水平(目标为 13.5%)，另外在项目实施期间未发生高强钢断带。

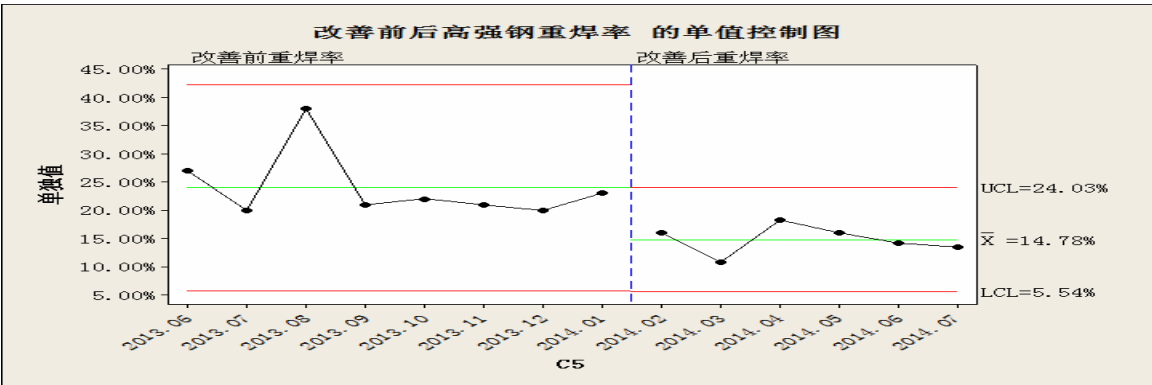


图 5-19 A 阶段改善效果图

5.5 控制阶段

C 是 Control 的缩写，即控制阶段。在该阶段，固化所取得的成果并将其制度化。持之以恒地监测，并继续寻求持续改进的方法和手段。

项目中 C 阶段分为控制计划、措施标准化、项目移交及人员培训、改善效果验证、项目的收益核算及后续计划等内容。

5.5.1 控制计划

表 5-11 控制计划表

序号	主要输入变量	主要输出变量	规格/要求	评估/测量方法	测量工具	抽样数量	抽样频率	控制方法	责任部门	反应计划
1	下工作头焊轮高度		0-0.1mm	机械标定	仪表检测	全检	1 次/月	检修时测量标定	焊机组	调整
2	工作头压力		原始值增大 5%	程控测量	仪表检测	全检	实时	仪表显示	焊机组	调整
3	焊接速度		原始值降低 10%	程控测量	仪表检测	全检	实时	仪表显示	焊机组	调整
4	二次剪切		投入	程控测量	仪表检测	全检	实时	仪表显示	焊机组	调整
5	驱动侧 GAP 值		-0.25mm	程控测量	仪表检测	全检	实时	仪表显示	焊机组	调整
6	后退火功率		原始值增大 10%	程控测量	仪表检测	全检	实时	仪表显示	焊机组	调整

5.5.2 措施标准化

表 5-12 措施标准化

序号	阶段	X	类别	改善内容	效果	下一步安排
1	DM	下工作头焊轮高度	设备精度	每月检修时测定，记录数据，超出范围后重新进行标定。	保证各参数稳定在控制范围内	严格按周期标定
2	DM	工作头压力	技术操作	将参数固定，并通过仪表时时检测。详见新版《二冷酸轧 Miebach 焊机操作关键点及焊缝放行标准》		继续监控
3	AI	焊接速度	技术操作			
4	AI	二次剪切	技术操作			
5	AI	驱动侧 GAP 值	技术操作			
6	AI	后退火功率	技术操作			

5.5.3 项目移交及人员培训

项目移交及培训对象是酸轧焊机操作工和焊机长白维检人员，签字存档。

对酸轧焊机操作工，生产中的培训主要包括：各工艺参数的基本设定方法及原理；操作工可以在线进行参数的检测；进一步熟悉焊缝放行标准。

对焊机长白维检人员，检修中的培训主要包括：掌握焊接头下焊轮的测量标定周期；掌握焊接头下焊轮的测量标定方法。按作业标准，保精度可靠。

5.5.4 改善效果验证

开展项目以来，高强钢的重焊率整体呈下降趋势，日趋平稳。尤其是到控制阶段的 8 月份，重焊率降到了 12.21%，达到了预定目标。

经公司计财部门测算，项目期间因避免停车降速产生的经济效益为 73 万元，项目完成后全年效益为 163.2 万元。此外，还有无形收益，包括团队成员的协作能力，精细化管理意识，统计分析能力，技术文件与制度的完善性，系统化培训机制等。

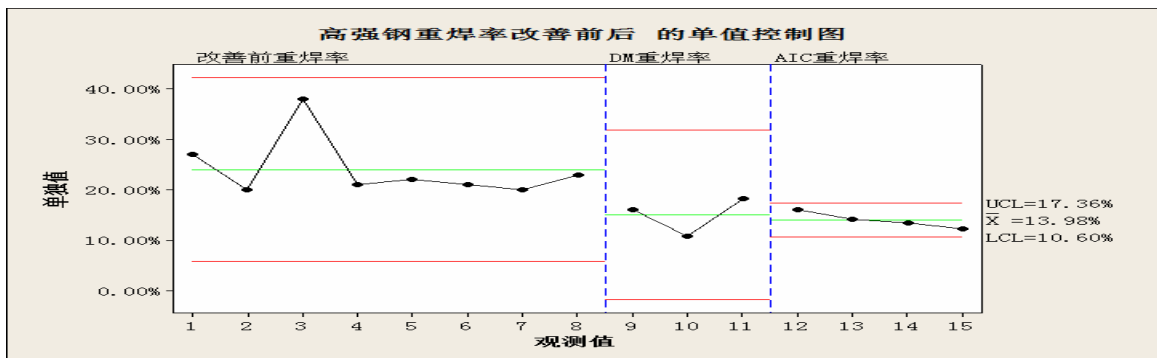
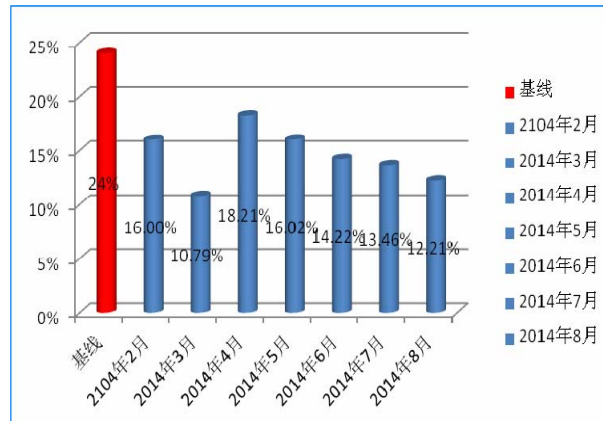


图 5-20 改善效果图

5.5.5 下一步计划

六西格玛项目强调的是持续改善。下一步的工作包括：继续收集统计每月高强钢重焊数据；在线进行 EVOP 试验，找出最优设定；将高强钢的焊接方法向一酸轧和三酸轧的焊机推广。

第六章 结论与展望

焊机是冷轧板带连续生产线上的关键单体设备，首钢京唐公司冷轧部现有 18 台焊机，学科交叉，设备精度高，专业性强。

公司成立焊机组，负责设备的维护工作，并负责工艺研究，指导操作工生产。

论文从两方面入手，在设备管理体系方面，导入了 TnPM 理念，搭建 TnPM 管理模式体系，五个六架构，深入开展 6S 活动，深入开展 6H 活动，研究 6 项改善方面，以期达到理想的 6 个 Z 的结果。SOON 体系，重点设计好焊机设备的检维修模式，并采取措施完善设备状态管理，配置好设备维修力量，不断规范现场作业以及维修。FROG 体系，实现员工与公司共同成长。为焊接质量的改进与控制打好设备基础。

在焊接质量管理体系方面，通过跟踪开展六西格玛项目，研究关键因子并采取 DOE 试验及快赢措施来改进与控制，为公司创造了效益，取得了良好的结果。

通过以上措施的逐步实施，为焊机设备稳定运行和焊缝质量逐步提高提供了保障。

下一步，将继续以 TnPM 和六西格玛工具为抓手，学透做细 TnPM，控制好六西格玛相关因子，持续降低重焊率，保障生产高效率。

参考文献

- [1]李葆文, 设备管理新思维新模式[M], 北京: 机械工业出版社, 2014.121~309
- [2]李葆文, 设备管理新思维新模式[M], 北京: 机械工业出版社, 2005.30~32
- [3]Xiao-yan XING, Yi-yong XIAO, Wen-bing CHANG. The Establishment of a Preventive Maintenance Period Optimum Model[A]. Proceedings of 2011 IEEE the 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (Volume 2)[C]. 2011.1169~1172
- [4]Li Dawei, Zhang Zhihua, Zhong Qianghui, Zhai Yali, Performance deterioration modeling and optimal preventive maintenance strategy under scheduled servicing subject to mission time, Chinese Journal of Aeronautics, 2014,27(4):821~828
- [5]WU Bo, CHEN Gang, JIANG Zhengfeng. Research on Approximate Calculation of Preventive Maintenance Period in Machinery Systems under Random Distribution, Journal of Wuhan University of Technology, 2006(S3):867~871
- [6]Ge Meng, Jiao Yanli. Research on Maintenance Method of the Industrial Maintenance Management[A]. Proceedings of 2010 4th International Conference on Intelligent Information Technology Application(Volume 1)[C]. 2010.197~200
- [7]Qiang GUO , Xi-Ying YUAN. Efficiency-Centered Maintenance(EfCM), The Proceedings of 2009 8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (Vol. I) [C]. 2009.650~652
- [8]Amin Moniri Morad, Mohammad Pourgol-Mohammad, Javad Sattarvand. Application of reliability-centered maintenance for productivity improvement of open pit mining equipment_Case study of Sungun Copper Mine[J], Journal of Central South University, 2014(6):2372~2382
- [9]DING Jin-hua, WANG Xue-Jun, ZHOU Rong, LIN Min, Olsson Erland, Maintenance and Condition-Based Maintenance, International Journal of Plant Engineering and Management, 2005(3):160~170
- [10]DAI Xu-dong, ZHAO San-xing, XIE You-bai. Study on Equipment Selective Maintenance Strategy Based on Performance[J], International Journal of Plant Engineering and Management,2001(3):1~7
- [11]Harsej, Fatemeh, Yusof. Total Productive Maintenance:A Conceptual Framework for Manufacturing Performance, Proceedings of 12th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, APIEMS 2011.511~517
- [12]张孝桐, 设备点检管理手册[M], 北京: 机械工业出版社, 2014.96~100
- [13]LIU Defeng. DEVELOPMENT AND APPLICATION OF EQUIPMENT

- MANAGEMENT INFORMATIZATION IN CHINA[A], 第四届世界维修大会论文集, 2008.1513~1517
- [14]张文钺, 21 世纪我国能源开发与焊接技术可持续发展的战略性思考[J], 焊接技术, 2005(2): 1~5
- [15]孙忠明、兰永明, 1420mm 酸-轧联合机组激光焊接技术[J], 轧钢, 1997 (4): 70~76
- [16]王剑、刘玉麟, CO₂ 激光深熔焊焊缝成形的影响因素分析[J], 冶金设备, 2008 特刊 (2): 88~90
- [17]王剑、邱耕、侯玉新, 大功率 CO₂ 激光焊机焊接技术的研究与应用[J], 现代制造技术与装备, 2011 (6): 35~40
- [18]郑三堂, 激光焊机激光器故障处理与维护[J], 武钢技术, 2011, 49 (3): 50~52
- [19]孙雅姝、孙娜琳, 浅谈 8D 和 5Why 解决方式[J], 产业与科技论坛, 2012, 11 (9): 68
- [20]陈士云, 职工创新工作室功能与作用发挥的分析思考[J], 北京市工会干部学院学报, 2013, 28 (3): 60~63
- [21]宗贞勤, 我国企业团队文化建设的几点思考[J], 现代管理科学, 2003 (2): 47~48
- [22]S. PIMSAKUL, N. SOMSUK, W. JUNBOON. Production Process Improvement using the Six Sigma DMAIC Methodology_ A Case Study of a Laser Computer Mouse Production Process[A], Proceedings of 2012 IEEE 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management(IE&EM 2012).342~346
- [23]何桢、魏明、周善忠, 我国企业推广六西格玛应注意的关键问题[J], 工程机械, 2004(12): 34~37
- [24]张汉民、张璐, 现代产品的质量改进和六西格玛管理[J], 价值工程, 2007(10): 82~85
- [25]龚晓明, 论卓越经营模式与 6SIGMA 的互补、兼容和整合[A], 首届亚洲质量网大会暨第 17 届亚洲质量研讨会——首届中国质量学术论坛论文集, 2003, 2(9): 9~13
- [26]刘卫华、佟立丽, 六西格玛管理理念在核电厂的应用[J], 核安全, 2007(1):31~34
- [27]Jun-yi SHU, Liang LIU, The application of Six Sigma methods in Packing Line Y of Company A[A], Proceedings of 2011 IEEE the 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management(Volume 2):1071~1074
- [28]王能庆、童彦刚、杨小波、贺晓娜, 20Cr 钢激光焊接工艺与焊缝组织性能[J], 热加工工艺, 2012, 41 (01): 119~120

- [29]吴言沛、刘金合、徐韦锋, TC4 薄板激光焊接温度和接头微观组织分析[J], 金属铸锻焊技术, 2010, 39 (15) : 145~147
- [30]赵明、贾晓燕、孙永兴, 激光深熔焊三维瞬态温度场的数值模拟[J], 焊接, 2008 (11) : 56~58
- [31]马林、何桢, 六西格玛管理[M], 北京: 中国人民大学出版社, 2007.121~121

发表论文和参加科研情况说明

发表论文：

[1] 无

参加科研情况：

负责 2013 年一酸轧 TMEIC 激光焊机焊缝质量攻关项目；

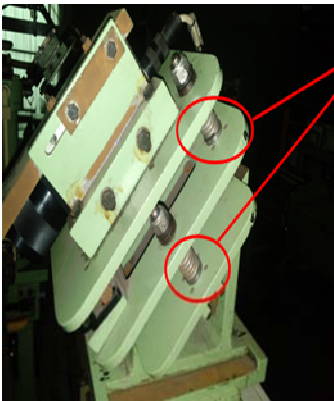
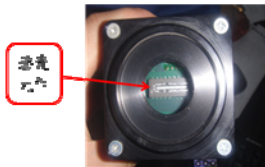
负责 2014 年“降低二酸轧 Miebach 焊机高强钢重焊率”六西格玛项目。

附 录

附录 1：“5why” 分析案例。

对中问题的 5why 分析

作业线名称	二冷轧连退、三镀锌作业区	事故名称	二连退、三镀锌 Miebach 焊机对中问题	发生时间	2013 年 2 月 28 日、3 月 8 日、3 月 20 日、4 月 30 日、5 月 7 日、6 月 16 日、7 月 1 日、7 月 2 日				后果	二连退停车 1 次，三镀锌停车 7 次，重复发生	
类型	小事故	一般事故	重大事故	其它	原因	人为	设备	制度	原料	其它	
标注		★			标注	★	★	★			
历史原因同类时间回顾		2011 年调试期间，三镀锌出口操作侧焊机对中不好，更换了摄像机及其镜头									
经过及处理过程	2013 年 2 月 28 日、3 月 8 日、3 月 20 日、4 月 30 日、5 月 7 日、6 月 16 日、7 月 1 日，三镀锌焊机入口驱动侧、出口操作侧摄像机多次测量不准，引发对中不良，生产线停车，调整了摄像机的紧固弹簧。			案例原因分析	焊机对中不准由摄像机测量不准引起，原因包括：液压管路传递振动、弹簧老化刚度不够、摄像头老化感光不敏感等。 (1) 液压管路传递振动： • 该按位置现在已经处理，将其断开 (2) 弹簧老化刚度不够：						

		 摄像机上下角度和侧面 角度调整弹簧老化刚度 不足，加平垫处理。效 果不理想。预计7月底8 月初弹簧到货定行更 换。 (3) 摄像头老化感光不敏感： • 对中摄像机包括两部分：摄像机和镜头  摄像头  镜头																								
事故过程图示	带头带尾对中偏差 → 摄像机检测不准 → 调整摄像头位置	<table><tr><th>序号</th><th>措施</th><th>星级</th><th>责任人</th><th>验证人</th><th>验证时间</th></tr><tr><td>1</td><td>将摄像头检查周期由一个月缩短为半个月</td><td>★★★</td><td>王**</td><td>孟**</td><td>5月7日</td></tr><tr><td>2</td><td>制作加长螺栓，增加背母。</td><td>★</td><td>刘*</td><td>孟**</td><td>7月1日</td></tr><tr><td>3</td><td>更换不稳定摄像头，重新调整。</td><td>★★★</td><td>王** 刘*</td><td>孟**</td><td>7月11日</td></tr></table> 总结教训 梳理未到备件，加大催交力度； 利用定修，组织维检人员现场培训并对不能掌握培训内容的维检人员落实考核； 对于摄像头功能及调整问题，需从理论方面进一步学习实践，更深层次摸清摄像头调整方法。	序号	措施	星级	责任人	验证人	验证时间	1	将摄像头检查周期由一个月缩短为半个月	★★★	王**	孟**	5月7日	2	制作加长螺栓，增加背母。	★	刘*	孟**	7月1日	3	更换不稳定摄像头，重新调整。	★★★	王** 刘*	孟**	7月11日
序号	措施	星级	责任人	验证人	验证时间																					
1	将摄像头检查周期由一个月缩短为半个月	★★★	王**	孟**	5月7日																					
2	制作加长螺栓，增加背母。	★	刘*	孟**	7月1日																					
3	更换不稳定摄像头，重新调整。	★★★	王** 刘*	孟**	7月11日																					

附录 2：焊接板带原料要求样例。

冷轧部酸轧焊机原料板带形状、尺寸、允许偏差要求
(第一版)

为保证焊接质量，对到达焊机区域的带头、带尾板带的形状及尺寸允许偏差要求如下。

1、厚度

板带的厚度允许偏差应符合表 1 的规定。

厚度的测定点，板带位于从板带边缘向心部 15mm 以上内侧的任意点。

表 1 厚度的允许偏差（单位 mm）

厚度	宽度	
	<1 600	1 600~< 2000
<1.25	±0.16	—
1.25 ~ 1.60	±0.18	—
1.60~ <2.00	±0.19	±0.23
2.00~< 2.50	±0.20	±0.25
2.50~<3.15	±0.22	±0.29
3.15~< 4.00	±0.24	±0.34
4.00~<5.00	±0.45	±0.55
5.00~<6.30	±0.50	±0.60

2、镰刀弯

板带的镰刀弯要求见表 2，应用按图 1。

表 2 板带的镰刀弯（单位 mm）

宽度	最大值
≥250	任意段每 2000 为 5

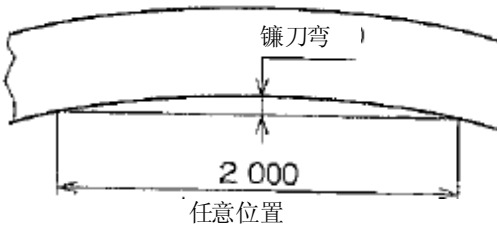


图 1 板带镰刀的适用

3、平直度

板带平直度的最大值应符合表 3 的规定。

表 3 板带的不平度（单位 mm）

厚度	测定长度			
	2000			
	板宽			
	<1250	1250~<1600	1600~<2000	≥2000
<1.60	18	20	—	—
1.60~<3.15	16	18	20	—
3.15~<4.00	16			—
4.00~<5.00	14			24
5.00~<8.00	13			21

备注：

3.1 表 3 适用于 2000mm 的任意长度；钢板长度<2000mm 时，对全长适用。此外，对波浪间距超过 2000mm 的钢板，在其波浪间距长度内适用。但波浪间距超过 4000mm 的钢板，则对超过 4000mm 钢板的任意长度适用。

3.2 不平度的值从变形的最大值中减去钢板厚度得出，适用于钢板上侧面。

3.3 若无特殊要求，对于抗拉强度的标准下限 460N/mm^2 以上的钢板，以及与此具有相当化学成份或硬度的钢板，其不平度最大值为表 3 数值的 1.5 倍。

3.4 不平度的测定原则上在平台上进行。

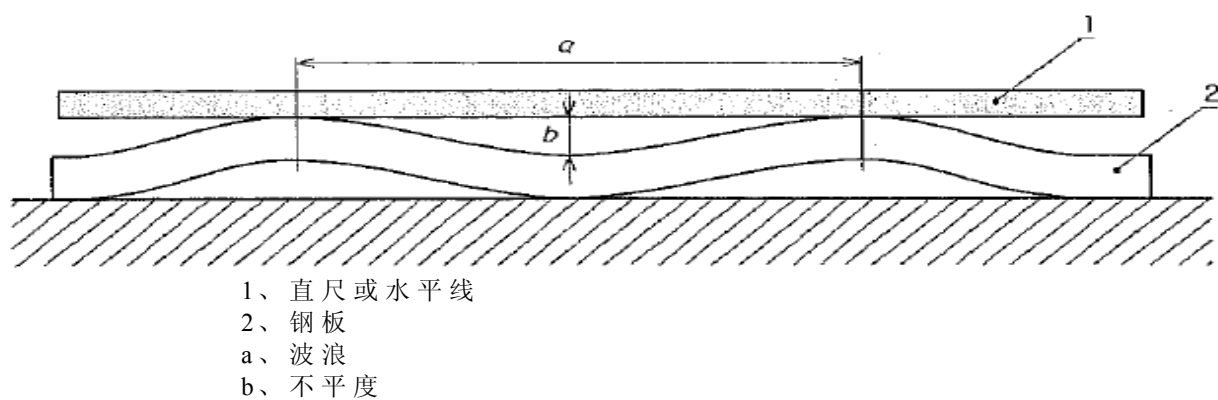


图 2 不平度的测定

4、脱方度

板带的脱方度偏差用图 3 的 A/W 表示，不能超过 1.0%

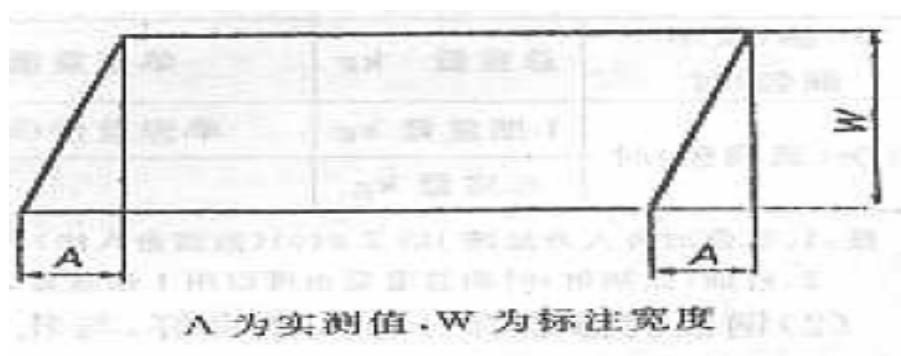


图 3 脱方度的测定

焊机组

2013-12-2

附录 3：检修计划样表。

冷轧部 2014 年* 月 *日* 小时定修计划综合汇总表																		
机械__项，电气__项，自动化__项																		
时间节点安排：***																		
序号	生产区域	项目名称	项目来源	计划进度小时								行车配合	点检员	计划工时		动火证	高危项目	计划人员
				1	2	3	4	5	6	7	8			人	时h			
焊机区域																		
1	一冷酸轧	更换双切剪刀(更换完后填记录)	2									√	刘**	4	4			刘**、张**、吴**
2	一冷酸轧	测量激光功率，清洗外光路镜子	2										戚**	2	2			刘**、张**
3	一冷酸轧	***	*										**	2	2			***
文明生产																		
1	一冷酸轧	启车后设备卫生达到文明生产要求	3										赵**					张**、吴**、陈**、张*
停车要求																		
1	板带离开焊机检修区域																	
2	取好试焊钢板 3.5mm*1250mm，两块、长1300mm																	

注：项目来源：1：点检发现 2：周期性项目 3：其它

附 录

附录 4：焊机点检样表（部分）。

京唐公司二冷轧厂酸轧焊机设备点检标准

设备名称：焊机				设备编码：***				设备级别：关键核心设备												王** 编写 2013-11-7	
序号	部件编号	部件名称	部位	项目（表达清晰，分类和时间清楚，工作是维检，检查是点检）	点检周期及分工			设备状态		点检方法										点检标准 所述包含油管所有液压缸固定检查，润滑要求对接头重新清洗，每天点检要求检查漏油	备注
					操作	维护	点检	运转	停止	五感					测量		其它				
										目视	手摸	听音	打诊	嗅觉	抄表	测量	解体	精密	其它		
1	***	设备本体	焊机区域	清洁和紧固	4H	1D	1W		○	※	※	※								清洁无锈，无松动	
2	***	设备本体	导轨	工作面	8H	1W	1W		○	※	※									清洁无锈，无碰损和凹坑	
3	***	设备本体	导轨机械精度	导轨水平检查		1Y	1Y		○	※	※				◎	◎				<0.01	
4	***	小车承重滚轮	润滑和滚轮本体	润滑和工作状态检查		1W	1W		○	※	※									表面清洁，无损坏	
5	***	轨道侧面滚轮	润滑和滚轮本体检查	润滑和工作状态检查		1W	1W		○	※	※									表面清洁，无损坏	

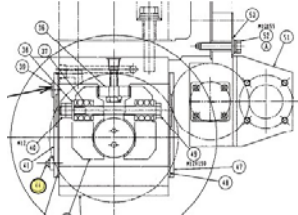
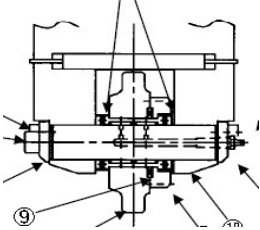
附录 5：维修技术标准（样表）。

维 修 技 术 标 准

设备名称：窄搭接焊机

设备编码：*****

设备级别：A

维 修 部 位 略 图 及 图 纸 号	检 验 项 目	材 料	重 量 (Kg)	维 修 标 准			点 检 或 检 修		更 换 周 期	备 注
				图 面 尺 寸	图 面 间 隙	允 许 值	方 法	周 期		
装配图号：**** 示意图：焊轮头  示意图：碾压轮 	焊轮头				油量处于正常位 无泄漏	在上下限中间	目视	10D	1Y	停 机 配合
	夹钳垫块				无磨损，清洁	磨损不大于 0.5mm	仪器测量	10D	1Y	停 机 配合
	碾压轮				无磨损，清洁	磨损不大于 0.5mm	仪器测量	10D	1Y	停 机 配合
	皮带				1300KN	1250KN 到 1350KN	仪器测量	10D	6Y	停 机 配合

附录 6：维修作业标准（样表）。

编制：张**		维修作业标准					编制日期：***		
审核：高**							审核日期：***		
设备名称：编码器					项目名称：编码器现场更换				
人，仪表，料投入情况汇总									
需用 工机 具及 编号	A 活扳手 12 寸 2 件		需用 材料 及编 号	1 同型号编码器 1 台		需用 人数	2 人	工种 代码	a 自动化维护工
	B 万用表 1 台			2 电工胶带 1 卷					2 人
	C 十字改锥 1 只			3 手套 2					
	D 尖嘴钳 1 件								
	E 活扳手 6 寸 1 件								
	F 六角螺丝刀一套								
步序	作业方法		技术要点及要求		作业 时间	作业 人员	工具.材 料编码		安全措施
1	更换前，工具、材料准备		根据设备安装的位置和 介质，选择工具，准备 好所需材料。重点部位 制定出安全措施。			2 人	A、B、C、 D、E、1、 2、3、		1. 双方确认，方 可操 作，做好班前危 险预知 安全交底。 2.做好安全防护
2	1	双方确认，仪表断 电	双方配合，结合环境安 全交底.		5min	2 人			措施， 上下楼梯拉好扶 手，防 滑。防摔伤。
	2	拆编码器	拆前确认仪表是否断 电，拆下编码器头盖、 拆下连接管件、接线		5min	2 人	A、C、D、 E、2、3、 F		3.搬运仪表时防 碰伤、 砸伤。
	3	安装编码器	接上编码器线管，接线， 安装编码器头盖，拨好 地址。		10min	2 人	A、C、D、 E、F/1、2、 3		4.相互配合要协 调，一 致，2 人互保。 5.易燃易爆地区 注意风
3	送电调试（活完现场净）		送电确认供电电压，标 定编码器，检查编码器 工作是否正常。生产人 员确认。		15min	2 人	B		向，应使用铜质 工具。 6.空间狭小注意 碰伤、误伤。作 业中人员站位得 当。 7.标准化作业，做 到“三 不伤害”。安全第 一。

附录 7 操作工焊接参数调整推荐表。

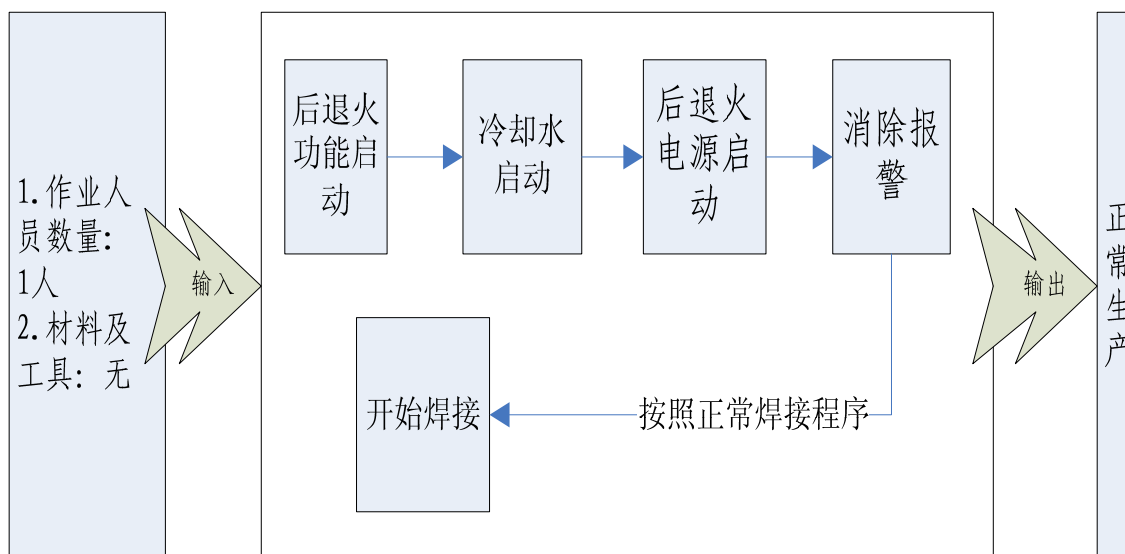
操作工焊接参数调整推荐表（一连退）

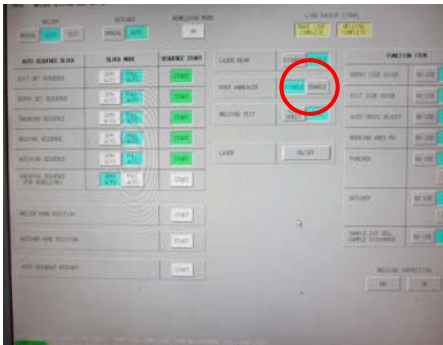
序号	英文	中文	建议调整量 (以焊接参数表为参考)	对焊缝质量的影响	备注
1	WELDING CURRENT	焊接电流	$\pm 2\text{kA}$ (重退卷除外)	正常情况下，增大电流会使焊缝区域得到更多的热量，检测温度升高，但要注意焊缝表面，防止因过热导致表面黑/起皮，甚至焊漏等问题。	操作工需要确认钢卷信息； 焊缝质量以焊缝杯突试验为最终判断标准（检查杯突断面，完全是焊缝开裂不合格，其余合格）； 持续改进：操作工在生产中跟踪、确认参数表内相关参数；生产线汇总后，每周提出参数改进意见，由焊机组固化到焊接参数表中。
2	WELDING SPEED	焊接速度	$\pm 3\text{m/min}$	正常情况下，降低速度会使焊缝区域得到更多的热量，适当提高检测温度，并保证检测温度平稳。	
3	WELDING PRESSURE	焊接压力	$\pm 2\text{kN}$	压力降低，焊接温度提高；增加压力可有效减少焊接时产生的火花，在生产高强钢需要适当提高焊接压力，保证焊接质量。	
4	LAP LENGTH	搭接量	$\pm 0.5\text{mm}$	适当增大搭接量可以有效改善焊缝质量，当过大时容易导致焊缝区域过高于板厚。	
5	LAP COMPENSATION	搭接补偿量	$\pm 0.5\text{mm}$	有利于提高焊缝驱动侧焊接质量。	

附录 8：标准化操作 SOP（样表）。

首钢京唐 1700 分厂岗位标准操作程序 - 技术操作				制作人：高**	编号：SOP-ES317 版本：1 生效日期：
岗位	酸洗入口	操作项目	焊机高强钢时启动后退火	批准人：周*	

- 作业要点：焊接高强钢时启动后退火
 - $Ceq \leq 0.4\%$ ，正常焊接无后处理退火；
 - $0.4\% < Ceq \leq 0.5\%$ ，应用后处理退火，其行程和焊接一样，因此焊接时间比无焊后退火长 25%；
 - $Ceq > 0.5\%$ ，焊后退火应用另一种行程。因此附加行程对焊后退火是必要的。附加时间与无焊后退火相比约需 1 分钟。
- 作业人员数量： 1 人（负责监控人员）
- 操作对象：PWM 、PA (POST ANNEALER POWER CONTROL PANEL)、PLWD01-CU
- 材料及工具：无
- 作业流程：



序号	作业程序	操作内容	检查确认
1	后退火功能启动	1. 画面选择: PWM 面板 PN10 界面 2. 操作方法: 在 POST ANNEALER 点击 ENABLE , 执行 	
2	冷却水启动	 1. 画面选择: PLWD01-CU 操作柜 2. 操作方法: 将模式选为 LOCAL , 点击 PUMP ON 按钮	
3	后退火电源启动	1. 画面选择: PLWD01-PA 操作柜 2. 操作方法: 将图示开关扳手拧至 ON 	
4	消除报警	1. 画面选择: PWM 面板 PN30 界面	

附录

序号	作业程序	操作内容	检查确认
		2. 操作方法：点击， FAULT RESET 	
5	开始焊接	后退火功能选择后，按照正常焊接程序焊接	

致 谢

本论文是在导师沈江教授的亲切关怀下完成的，导师深入指导了论文架构，有效督促论文进展，并严格审阅论文，给出了很多富有建设性的意见。

沈江教授在工作和生活上也给我提供了无私的关心和支持，在此向导师表示衷心的感谢。

在撰写论文期间，霍有为、刘浩等同学对我论文中的研究工作给予了热情帮助，在此向他们表达我的感激之情。

另外，我也要感谢我的家人，工作上的领导以及各位焊机组同事，他们的理解、支持和帮助使我能够专心完成学业。

高延帅

2014 年 11 月