

工程机械维修文集

徐滨士 易新乾 编

人 民 交 通 出 版 社

工 程 机 械 维 修 文 集

(选自工程机械维修学术会议文献)

徐滨士 易新乾 编

人 民 交 通 出 版 社

工程机械维修文集

徐滨士 易新乾 编

人民交通出版社出版

《北京市安定门外和平里》

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 5 字数: 115 千

1981年12月 第1版

1981年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—~~45,000~~ 册 定价: 0.79 元

5,500

772078

內 容 提 要

本文集包括统筹法在履带车辆修理中的应用、低真空熔结工艺及其在工程机械零件修复中的初步试验、等离子喷镀修复件装车试验报告、镀铁工艺的发展与应用、柴油机动态提前供油角的检测等九篇文章。具有一定的学术水平，可供机械维修（包括工程机械、汽车、农机维修）科技人员阅读，也可供大专院校机械类专业师生参考。

前 言

一

机械修理是维持再生产的必要手段，同时也是节约能源和资源的重要途径，因此它在国民经济中是不可缺少的。

全国基建系统拥有各种施工机械的总动力约2,000万马力，按照一般规律，每年需要大修的约占总数的1/3，而制造厂的生产能力仅达总数的1/6左右；如果我们取消机械修理，则将无法维持再生产。

据调查，目前正在使用的或经过修理的各种柴油机的耗油率都在200克/马力·小时以上，比标准耗油率至少增加10%；全国农用总动力约1.8亿马力，搞好机械修理，把柴油机耗油率降到标准值，每年可节约燃油约100万吨。

近几十年来，大自然教育了人类，肆意挥霍能源和资源将不可逃避大自然的严厉惩罚。灾难使人们变得聪明起来，因而，即便是经济高度发达的国家也都在认真地探求节约能源和资源的有力措施，机械修理业也就应运而得到发展。据了解，美国与日本仅从事汽车保修的人员就占人口总数的近1%。英国的泼金斯发动机公司，美国的卡脱匹勒、寇明斯、布鲁克公司都大批承修本公司生产的发动机及其总成或零件，日本、荷兰等国都有专门的公司，将收购的旧机械大修后提供给国内或国际市场。苏联农业机械供应的维修配件中，修复件占17%，而美国汽车行业的这个比例占25%。我国是社会主义国家，节约每一分钱用于发展生产、并不断地提高人民的物质文化生活水平是社会主义生产的目的，我国又是一个发展中国家，财力、物力都很薄弱，更需要珍惜这些并不富裕的资源。

二

随着机械修理业的发展，机械修理工艺水平日益提高，机械修理的组织管理也日渐完善和科学化。为此，一门新学科——以失效机械为研究对象，以机械失效机理、规律、故障检测手段、失效零件修复工艺为研究内容，以降低修理成本、提高修理质量、延长机械寿命为研究目的的机械修理学正在逐渐形成。

欧洲的西德、法国等12个国家设立了维修保养学术团体，从事机械修理学学术研究，这12国还组成了欧洲设备维修联盟。亚洲的日本、印度与我国也组织了亚洲联盟。

在我国，1979年有人在学术会议上正式提出《机械修理学》，在两年来的几次学术会议上，经过比较广泛的讨论，已经得到比较多的同行们的承认。机械修理学的提出，将为系统地组织修理理论研究，把机械修理从一项技艺逐渐提高成一门科学奠定基础。但是，机械修理学的范畴、体系还有待探讨，以求逐步完善。

三

为了促进我国机械修理学的研究和机械修理业的发展，由国内各行各业从事机械修理的科技人员发起组织的《工程机械维修学术会议》，曾召开过两次。《第二次工程机械维修学术会议》于1980年8月在北京召开，会议收到有关组织管理、基础理论、修理工艺和检测技术方面的文章57篇，经大会论文评审组评选出24篇在大会上宣读。

为了使学术研究的成果及早地转化为生产力，以促进机械修理业的发展，论文评审组又从57篇文章中挑选出9篇具有一定学术水平和推广价值，并且适于逐步在各修理企业推广的文章，编辑成这本文集。

由于我们这个学术团体成立不久，学术活动尚未充分展开，学术水平还不高，所选论文可能还存在着缺点，欢迎同志们批评指正。

编 者

1981.1

目 录

前 言

统筹法在履带车辆修理中的应用.....	装甲兵技术学院系统工程应用研究小组(1)
低真空熔结工艺及其在工程机械零件修复中的初步试验	装甲兵技术学院低真空熔结试验小组(8)
等离子喷镀修复件装车试验报告.....	装甲兵技术学院等离子喷镀试验小组(18)
镀铁工艺的发展与应用 ——对氯化亚铁镀铁工艺几个问题的探讨.....	闻振东(28)
关于零件修复工艺技术基础的初步探讨.....	徐滨士 刘世参(35)
超高压静液传动在拆装修理工具中的应用.....	张庆祥(40)
关于蓄电池快速充电最佳方案的研究 ——适应全过程去极化系统的理论分析.....	姜绍信(50)
柴油机动态提前供油角的检测.....	装甲兵技术学院提前供油角动态检测仪试验小组(59)
东方红-54/75拖拉机曲轴多种修复方法对疲劳 强度影响的试验研究.....	徐德武(65)

统筹法在履带车辆修理中的应用

装甲兵技术学院系统工程应用研究小组

前言

统筹法是系统工程中常用的方法之一，用以制订和控制复杂工程作业计划，行之有效，应用颇广。近两年来，在修理企业中试用，显著地提高了修理速度，取得了可喜的成果。我们于今春试用统筹法于履带车辆修理作业计划，加快了修理速度，提高了修理质量。这里仅谈谈我们的做法、体会及对今后修理工作加强科学管理的几点建议。

一 应用统筹法的意义

提起修理工作，往往讲工艺和工具，而对组织管理考虑较少，似乎这方面不存在什么问题。其实不然，现实情况是技术水平低，管理水平也低。不受重视的修理企业更显落后，设备、工具短缺，简陋，修理工艺陈旧，技术水平低下，配件供应不足，作业中到处可见大量的手工操作，感观检测，甚至还常常见到“大锤装配”法，整个修理过程不够协调，矛盾甚多。近几年虽有改进，但基础薄弱，距四化建设要求差距很大，对此开展系统工程研究十分必要。

作为一个复杂事物，它本身构成一个系统，然而它又是更大系统的组成部分。从系统工程的观点研究履带车辆的修理工程，应该涉及修理对象的一生，即把车辆的设计制造、使用、修理作为大系统来分析，三者间的物流与信息流关系如图1所示，可以看出修理工程对车辆的一生来说具有重要的地位和作用。加强修理企业的建设，保证修理质量和提高修理速度是现代化建设中应优先追求的目标。从系统分析的观点看，影响修理质量和速度的因素是很多的，图2所示是影响修理速度的因素，可根据其影响程度的大小来确定诸因素之主次，图3所示是影响修理质量的因素，对于具体单位，可以经分析、排队后逐一加以改进。

履带车辆修理工程作为一个子系统，它是在一定环境中，将输入的故障车辆经过修理工作转换成为符合一定技术性能的完好车辆。要提高修理子系统的功能，需要对它进行系统分析、优化设计，在当前人力、物力、资源有限的条件下，加强科学管理，运用统筹法分析主要矛盾，合理地组织生产，具有重大的现实意义。

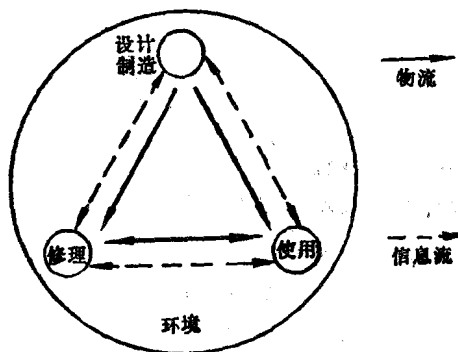


图1 大系统中三个子系统的相互关系

● 本文由戴瑞祥、秦永同志执笔，戴瑞祥整理。

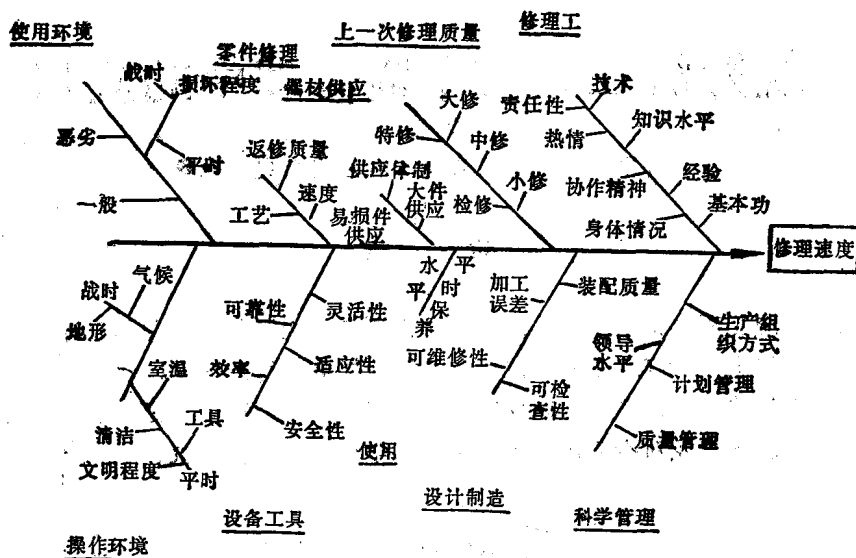


图2 影响修理速度的因素

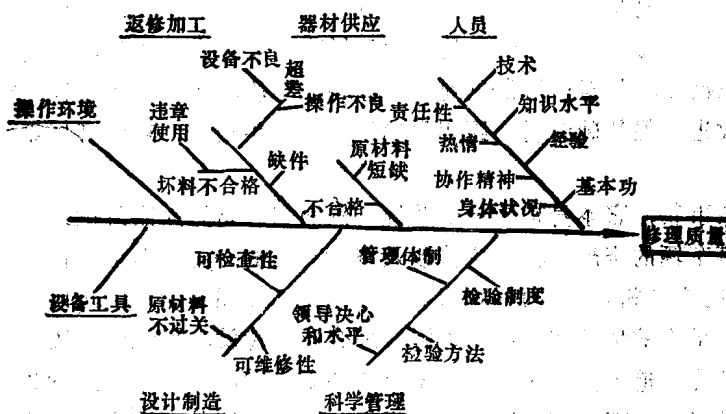


图3 影响修理质量的因素

二 我们的具体做法

(一) 课题选择:

研究课题为在履带车辆修理过程中应用统筹法。修理内容主要是底盘的修理, 包括发动机的更换, 各传动总成、各部件的拆卸、分解、清洗、鉴定、更换不符合技术条件的总成、合件、零件, 其中以传动、行走、操纵等部分修理为主, 除底盘修理工外, 还有电气、钣金等少数工种, 以及焊工、钳工的配合, 涉及拆装工艺、设备、工具的正确使用, 部分易损零件的修复, 某些通用件、标准件的制配等。中修计划管理内容如图4所示。

第一阶段我们试验了统筹法在单车中修中应用, 试验过程如图5所示。

(二) 第一轮试验实施步骤:

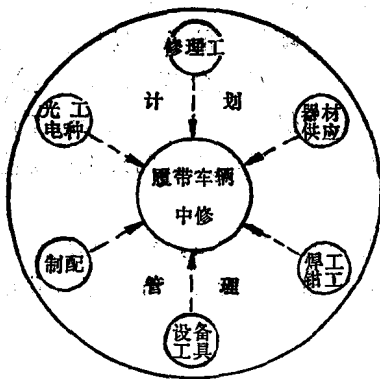


图4 履带车辆中修计划管理范围

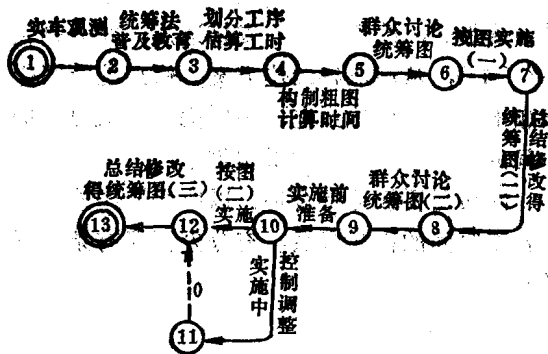


图5 “统筹法在履带车辆修理中应用”过程示意图

1.宣传普及教育：这是推广统筹法的必要准备阶段，我们确定试验单位后，就以上课的方式对有关人员进行了统筹法应用的意义、目的和基本知识的教育，重点讲解了网路图的组成和绘制，经过短期的教育，使之可以掌握网路图的识别方法。

2.工序划分、时间估算和构制初图是对原系统进行分析的结果。工序划分反映了车辆中修的全部作业内容；对于时间的估算，理应做到准确、可靠，它是网路图上以数字方法进行定量计算的基础，然而往往缺乏原始资料，我们在召开调查会上和有经验的老修理工共同估算，并在试验作业中进一步测定，逐步逼近符合实际水平的作业时间；构制初图是要完善地反映出各工序间先行、后续或平行的相互关系，如图6。略图6的合理与否则要满足修理工艺流程的要求以及各工序间内在联系。例如总拆卸时，必须是先拆外、后拆里；先放油水后才能拆各系管路；吊出发动机前，必须拆卸掉发动机和各管路系统相连的一切接头以及连轴器、发动机本体的固定螺栓。需要注意的是它们是被划分在几个不同的工位点上进行拆卸的，图上应反映出各工位点间先后连续的关系。

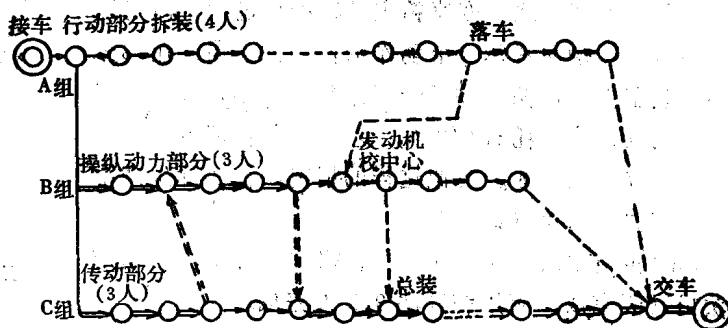


图6 履带车辆中修统筹略图

在以班组包干作业法的前提下，人员是个常数，根据现有的物资条件和水平，统筹法考虑的主要问题在于如何从全局出发，抓住主要矛盾，科学分工、合理选用工具、有效地安排劳力、分析工艺的合理性，使人力和物资在整个修车过程中充分发挥作用。

考虑到修理对象的具体情况有如下特点：（1）行走部分工作繁重，消耗体力大，故障情况不同，对修理拆卸难度和作业时间影响差别较大，允许展开工作的面较大，因此投入劳力可以多些。（2）传动部分主要是拆卸各联轴器、各总成的固定螺栓，一些管路、拉臂、接头等，车上作业时工位点受限制，即使用专用工具，效率也难以提高。（3）操纵部分车内作业空间小，工位点有限，虽工作量不大，但作业时间往往难以缩短。因此修理统筹图划分了三

条平行作业路线：行走——操纵动力——传动，而人力的安排为4——8——3。

3. 网络图的优化：“网络分析技术就是将组成系统的各项任务的各个阶段和先后顺序通过网络形式，统筹规划，安排进度，并分别轻、重、缓、急，对整个系统进行控制和调整”〔1〕，从而取得最佳方案。修理统筹图优化的主要原则仍然是：（1）用分细工序的办法增加平行作业以达到在同一时间内完成更多的关键工作；（2）用非关键路线上的那些有机动时间的人力、物资来支援关键工序。

网络图要优化得合理，以取得最佳效果并不是一件轻而易举的事，统观修理全过程，把握各工序间的内在联系，充分发挥现有条件下具体的人员和工具设备的作用是优化中的基本要求。

4. 实施：

（1）动态过程：实施前的网络图虽经初步规划，但实际上一切工作并不能顺利地照原计划完成，这是因为实施中总会遇到一些不确定的因素和意外发生的情况，于是要求在实施中经常检查和调整计划或修改进度。我们在第一次实施中就遇到了由于操纵组意外地增加了前组油箱修理的作业，使主要矛盾线由行走组转移到操纵组；实施中，根据统筹图作了临时调整，才按原订时间完成了修车任务。

（2）测时：“时间估计得是否正确，决定着网络图的质量优劣和按网络图领导工作过程的效能高低。”〔1〕我们在试验中不断地测定各项实际作业时间，以期逐次逼近最佳方案。这样做的本身也是个优化过程。

（3）行动路线和动作分析：从系统分析的观点看，操作者——人是一个重要的因素，他的动作准确、连贯和行动路线正确与否，直接影响到工效。我们在实施中测定了甲、乙两人组合变速箱主动轴的全过程，因场地布置不合理，操作者每一个动作的目的性不强，在38分钟的组装工作中，两人往返于工作台——零件架——工具柜之间共11次，耗时9'30"，这个徒劳往返占了整个组装工作时间的1/4。类似这样的情况，在实际生产中不少，应力求避免（如图7）。

（4）实施结果：在同样人员、操作条件下，不用统筹法11.5天完成，应用统筹法9.5天完成。

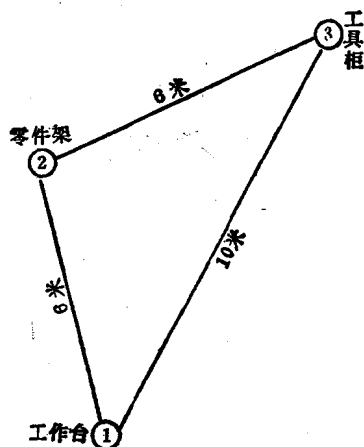


图7 不合理的布局

（三）第二轮试验：

1. 优化：我们在总结第一轮试验的基础上对原网络图作了修改：第一、进一步改进了人员分工、细化工序，修正了时间，增加平行作业线路；第二、考虑到配件供应不能及时保证而影响作业进度，在计划中为仓库留出了半天的备料时间；第三、为了加强质量管理，防止由于缺少必要的检查而产生返工，计划中增加了三级质量检查内容；第四、增加了几项革新工具的应用。

2. 主要矛盾线转移问题：原网络图主要矛盾线是行走部分作业路线，进行到落车工序而后为发动机校中心到总安装作业线。在第二稿网络图上对行走部分作业重新安排，并把履带调整器安装工序放在落车后进行。这样经时间计算，时差分析，主要矛盾线转移到了操纵部分作业线，要求在作业实施中特别注意关键工序的进度。

3. 实施过程：第二轮试验中，车辆故障情况行走部分作业难度较大，加之新电动工具使

用发生意外情况，而拖了一点进度，消耗了本组计划上留有的机动时间；传动部分作业也增加了循环油箱拆装修理的工作量，个别成员一度因病缺勤等也把前阶段的机动时间用掉了，实施结果是三条作业线实际进度相当，于在修期 8 天（实际约为 540 工时）完成了修车任务。

4. 存在问题：现行材料和配件供应制度与材料配件不足，使修车时有停车待料现象发生；计划调度缺少专人指挥，少数工种配合不及时；旧件修复工作不能适应修车要求，给予有力的配合，致使配件更换率加大或超差品装回原车使用；行走部分故障严重时，现有革新工具仍然适应不了要求，有待进一步改进。

（四）一、二轮试验小结：

经二次试验结果表明，在现有条件下，从一台车辆修理应用统筹法，加强组织管理，取得了明显效果，比较结果见表 3，另外也暴露出一系列问题，有待于从整个修理系统的现代化建设来统筹安排，着手解决。

三 几点体会和建议

（一）体会：

我们刚开始这方面的工作，体会是粗浅的。总的讲我们认为在修理中应用统筹法实施组织管理，形象生动，简单易学，行之有效，利于推广。

第一、无论从国内、外文献看，还是从我们自己实践得到证明，统筹法是一种行之有效的组织管理方法。如表 1、表 2、表 3 所示，使用统筹法，效率都有不同程度的提高。

时间节约情况
（一九六三年对美国 44 个公司的调查）^{〔2〕}

表 1

节约时间的比例 (%)	公 司 数
1—5	7
6—10	12
11—15	9
16—20	9
21—25	2
26—30	3
31 以上	2

国内的情况
（一九八〇年根据报导材料统计）

表 2

节约时间的比例	项 目
$\frac{48-12.5}{48} = 74\%$	更 换 发 动 机
$\frac{16-4.5}{16} = 71\%$	更 换 变 速 箱

第二、统筹法能以形象生动的图形清晰、鲜明地反映出修理全过程中各工序间的衔接关系、各工种配合以及矛盾的主次、进展的态势，因而提高了计划性，减少了盲目性，调动了

试验情况

表 8

节约时间的比例	试验次数
17.4%	第一次(与未使用该方法时比较)
31.3%	第二次(与未使用该方法时比较)

积极性,加强了全局观念。统筹图经第一次实践,交基层讨论时普遍称好,感到中修的全过程在图上一目了然,便于班长组织生产,修理工操作亦感到心中有数。

第三、统筹法简单易学,便于掌握运用。经过短时间普及教育,一般干部、修理工都能按图实施。对于新工人培训效果显著。

第四、推广使用统筹法与以前作业实施方法相比,现在分工明确,表达简洁,计划性强,由于按图行事,各级基层领导的计划工作量减轻,但效率却能提高。工序间的脱节、修理中的忙乱和窝工现象可以得到克服。统筹图上可以用专用符号标明各级质量检查的时机和内容,有利于贯彻质量检查制度,保证修理质量。

第五、统筹图上主要矛盾路线反映了各关键工序的轻、重、缓、急,这就为技术革新和技术革命提出了方向。分析行走部分作业路线上的工序,发现工作量多,体力消耗大,使用一般工具操作效率很低,又费时,遇到故障严重的车辆,往往还拆不下来。多年来已改进了一些工具如电动扳手、液压拉拔具,扩力扳手,滚珠丝杆结构的拆装工具等,问题虽然得到一定解决,但目前各种工具的使用可靠性、有效性、方便性、结构合理性等还需进一步改进。

第六、各级领导重视是试用和推广统筹法取得积极效果的重要条件。因为统筹方法是修理过程中各种矛盾因素的制约和综合,从系统分析观点出发,要控制整个系统,在执行过程中就需要有各级领导的支持。用新的科学管理方法组织生产时,往往原有的一套作业方式、工具配备、材料供应以及规章制度等都不能适应,要求改革。这里需要注意一种误解:以为应用统筹法后,诸如工具革新、材料供应、各工种配合等问题都由此发生了。其实不然,原来的计划作业法本来就存在着矛盾,只是由于提出了新的更高要求——如缩短在修期或减少人力、降低物资消耗等,使原有的矛盾暴露得更明显,以致于非解决不可而已,若这些问题得以解决,则在新的生产水平上达到了新的平衡,生产也就得到了发展。

(二)几点建议:

1.统筹法应用行之有效,是值得大力提倡、推广和坚持的。

(1)统筹法是一种科学管理方法,应用先进管理方法是四化建设的需要,势在必行。

(2)统筹法可以在现有人力、物力的条件下不断抓主要矛盾,找关键环节,分析各工序间的关系,合理加以解决就可提高工效,因之,是可行的。

2.在应用统筹法的同时要加强质量管理。在执行计划的过程中,出现过因漏装、错装而返工或因其它原因而打乱计划的现象,也有的修后质量不高,影响使用寿命。前面已经谈到,影响质量的因素是很多的,应结合具体情况逐一加以分析,对于新工人,应结合统筹法应用,考虑以老带新和技术培养的问题;同时要积极采用全面质量管理方法。

3.要与改革体制和制度同时进行。对于试行中暴露出的一些问题,如组织管理体制,缺乏专职的计划管理人员;材料供应制度不适应要求,请领手续不便,材料品种不全,供应不及时,保证不了生产需要等等。需要结合统筹法的贯彻执行,组织一定人力,从系统分析

入手，进行系统设计，在此基础上作出各方面统筹的改革。

4. 建立信息收集和处理系统。在采用统筹法制订计划时，缺乏原始数据是一个突出的问题。不掌握零件的更换率，就无法做好配件供应工作；不研究修后使用情况和故障返修情况，也就无法统计修理质量的高低；实际上不积累原始资料，不仅对原系统进行定量的分析有困难，就是现行修理状态也无法正常进行。原始数据的积累和科学的数据处理是实现修理现代化的一项重要工作，原始数据更是对车辆进行改型和设计的重要依据；我国车辆改型迟缓，除了体制方面的原因外，不能不说和原始数据缺乏应有的积累有关；因此，建议从全局出发，迅速建立以电子计算机为中心的信息收集和处理系统，这是当前实现现代化建设的中心课题之一。

结 束 语

关于在履带车辆修理中应用统筹法，我们还是初步尝试，做了第一阶段试验，提高了修理速度，确实行之有效，坚定了我们在修理工作中采用现代化科学管理的信念。但是对于试验中反映出来的不少矛盾和问题，还有待进行深入的研究。

在这次试验工作中，曾得到一机部自动化所系统工程室大力协助，在此表示感谢。

参 考 资 料

〔1〕《用网络法指挥军队》，П.Г.斯卡契科著，军事科学院外国军事研究部 1978年9月版。

〔2〕《オペレーションズ・リサーチの手法》，近藤次郎著，日科技连出版社 1973年版第二卷第52页。

低真空熔结工艺及其在工程 机械零件修复中的初步试验

装甲兵技术学院低真空熔结试验小组●

工程机械零件修复中应用多种工艺以恢复零件的尺寸和性能,扩大修复范围,延长使用寿命。这些工艺是保证机械处于完好状态、节约能源和经费的重要措施。

零件的焊接修复工艺是广泛应用的一种工艺,它具有不少优点。但是,由于焊修时零件变形大、热影响区宽及熔合区稀释严重等,使堆焊层性能变差以及出现气孔、裂纹等缺陷,限制了它的应用范围。

等离子喷镀工艺具有突出的优点:修复零件的变形小,无热影响区,镀层性能优异,没有熔敷层的稀释问题。因此,在零件修复中将取得愈来愈广泛的应用。但是,由于镀层与基体的结合强度较低,还不能应用于承受冲击和高应力交变载荷的零件修复。

低真空熔结工艺具有自己的特点,它基本上克服了焊修与等离子喷镀的弱点。国外应用这一工艺制造和修复喷气发动机的一些耐高温、耐腐蚀、耐磨损的零件,延长了零件的使用寿命,并且降低了成本。国内已成功地将它应用于发动机排气门阀面的制造和修复,其使用寿命是新品的3~5倍,而成本仅是零件价格的 $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{10}$ 。

一 低真空熔结工艺的原理

(一)熔结工艺过程

低真空熔结工艺是一种表面冶金工艺。熔结工艺过程就是把一定的热能作用于待修复的表面,使预先涂覆在修复表面上的镀层合金在短时间内熔融,并与基体扩散互溶,待冷凝后在修复表面上形成耐磨、耐高温、耐腐蚀的表面合金镀层,并且镀层与基体之间形成比较牢固的冶金结合。

通常镀层合金采用Ni—Cr—B—Si系自熔合金粉末,适用的粒度较宽,80~320目均可。待修复的零件表面需除油、去污、清洗干净,然后把用松香油调制的自熔合金粉末料浆涂到待修复的表面上,经过烘干之后就可以熔结。熔结工艺可在非氧化气氛保护或在 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ mmHg真空钨丝炉中完成。在真空条件下熔结的优点是容易获得致密光滑的合金镀层。除钨丝加热外,也可以应用其它热源,如高频感应加热,等离子弧加热,激光或电子束熔融等方式进行熔结。

松香油是将一份重量松香溶解在三份重量的松节油中制成。料浆(涂膏)由约94%重量的合金粉与约6%重的松香油调制而成。根据零件修复表面的要求,涂上一定厚度的涂膏层,并在80°C的烘箱中烘干,时间约3小时。烘干后的涂膏层具有一定的强度,根据需要

● 本文由徐滨士同志执笔整理。

可用刀具修形。

国外也有应用 Ni (65~85%)、Cr (15~30%)、Si (5~10%)、B (3~5%) 的超细粉末混合, 用酒精悬浮溶液涂在待修复零件表面上, 经烘干后进行熔结镀层工艺〔5〕。

(二) 熔结过程中镀层合金的浸润性

根据表面冶金要求, 熔结工艺的首要问题是, 镀层合金熔融时能否浸润基体并顺利进行熔结。经过实验的几种镀层合金对几种不同基体金属的浸润情况列于表 1。

几种镀层合金对不同基体的浸润情况

表 1

镀 层 合 金	基 体 金 属	润 滑 情 况
Ni-Cr-B-Si-81A	21—4N	一般
	4Cr10Si2Mo	良好
	18Cr2Ni4WA	良好
	38CrSi	良好
	渗碳层	不好
	镀铬层	不好
Co-50	21—4N	一般
	4Cr10Si2Mo	良好
	镀铁层	很好
NiO4	18Cr2Ni4WA	良好
	38CrSi	良好
	渗碳层	不好

表 1 是在 10^{-2} mmHg 真空度下的浸润情况。浸润“良好”是指熔结过程中涂料能在待涂表面上顺利达到全面积浸润; “一般”是指基本上能达到全面积浸润, 但偶尔也发生局部不浸润现象; “不好”是根本不浸润, 镀层合金熔融时呈汗珠滚落。除基材之外, 浸润性的好坏亦与介质有关; 如在真空或氩气保护介质下浸润良好, 但在空气介质中浸润不好。总之, 浸润性的好坏与基体表面的活化状况直接有关, 也可以说当在基体表面愈容易生成钝化膜时, 则愈难浸润; 因此, 为了改善某些材料浸润不好的状况, 在待涂表面镀上约 $8 \sim 5 \mu$ 的镀铁层, 就能得到满意的浸润效果。

(三) 熔结温度曲线及熔结过程的基本反应

为了减少熔结过程对基体金属性能的影响, 在保证镀层合金能够充分自流的前提下, 应尽量采用较低的熔结温度和较短的熔结时间。

图 1 为 6-135 柴油机排气门阀面应用 Ni—Cr—B—Si—81A 粉末镀层的熔结曲线。涂膏层厚度为 1.2~1.5 mm。

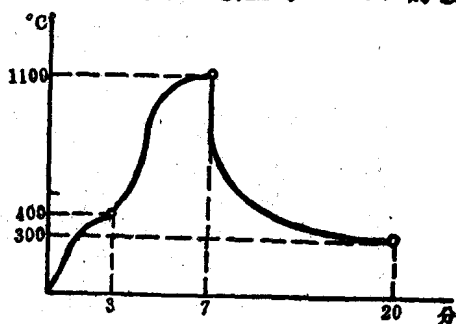


图 1 排气门熔结曲线

整个熔结过程可以分为松香挥发和合金粉熔凝两个阶段。当温度升至 200°C 时, 松香开始分解并挥发, 至 325°C 时松香分解物挥发完毕, 而不会留下灰粉。为了防止松香挥发过于激烈而使涂层崩落, 要求在 400°C 之前缓慢升温。如果涂膏层厚度小 (小于 0.6mm), 不易崩落, 则可不考虑升温速度。当温度升至 900°C 以上时, 涂料中有液相出现, 随着温度继

续升高,液相愈来愈多,以至于达到充分熔融并完全浸润待涂基体金属表面。这里应当明确,充分熔融并不是完全熔融,此时有相当一部分镀层合金组成仍以固态存在,所以镀层的熔结温度一般是处在镀层合金液相线与固相线温度范围之间。在镀层合金充分自流并浸润基体表面的同时,在镀层合金与基体金属之间的扩散与互溶过程就随之开始,并逐渐形成牢固的冶金结合的镀层。图2为镀层与基体熔结的金相组织图。

图2中上半部为Ni—Cr—B—Si镀层合金,下半部为21-4N合金钢基体,中间的白亮、耐腐蚀的窄带是镀层与基体的互溶区。互溶区的存在是镀层合金与基体金属形成牢固的冶金结合的特征;互溶区的元素组成主要是以Fe、Ni为基的固溶体;电子探针分析证实,自基体金属至镀层合金、通过界面与互溶区的各元素分布曲线均为连续的而不是断开的,这也进一步证实了,在镀层合金与基体金属之间存在着冶金结合。

(四)熔结温度对互溶区的影响

自熔合金有较宽的熔结温度范围。例如Ni—Cr—B—Si—81A合金粉末在4Cr10Si2Mo排气门阀面上熔结镀层,在1090~1130℃的温度区间均能获得成形良好、致密的镀层。但是熔结温度对互溶区有较大的影响。图3说明随着熔结温度提高,互溶区就加宽。

对在1090℃与1130℃温度下熔结的镀层、互溶区及基体金属,应用电子探针进行分析,Fe、Ni两元素的分布曲线如图4、图5所示。

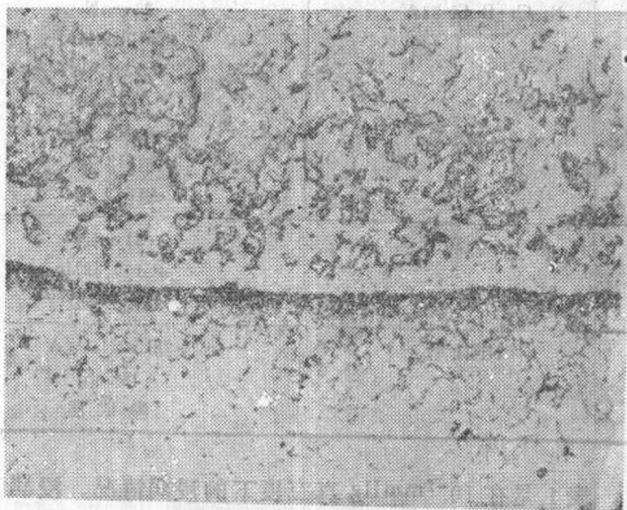


图2 镀层与基体金属熔结的组织图



图3 熔结温度对互溶区的影响(×200)

由图中可以看出,熔结温度对镀层合金与基体金属间元素的相互扩散程度的影响是显著的。经1130℃熔结后,大量的Fe从基体金属扩散到镀层合金中,这样不仅加宽了互溶区,而且在镀层合金中出现了所不希望的组织相,直接影响了镀层合金的机械性能,其结果如表