

绿色维修理论与技术体系框架研究

甘茂治, 周 红

(军械工程学院, 石家庄 050003)

摘 要: 在简述维修与持续发展关系的基础上, 提出了绿色维修的概念, 研究绿色维修的基本特征, 构建了绿色维修理论与技术体系框架, 并对框架内的绿色维修设计、绿色维修分析与评价、绿色维修作业技术等关键问题进行了阐述。

关键词: 绿色维修; 维修方案设计; 维修性设计; 绿色维修工艺

中图分类号: TH17;TB21

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289-(2006)05⁺-0043-04

Research on Green Maintenance Theory and Technological System Frame

GAN Mao-zhi, ZHOU Hong

(Ordance Engineering College, Shijazhuang 050003, China)

Abstract: the relationship between maintenance and sustainable development was described, and the concept and characteristic of Green maintenance were presented. The green maintenance theory and technique frame was established in this paper. The key questions in this frame, such as green maintenance design, green maintenance analysis and assessment and green maintenance task technique, were researched.

Key words: green maintenance; maintenance concept design; maintainability design; green maintenance craftwork

0 引 言

产品以及更加广泛的有形资产的维修, 由于能够以较少的能源、资源消耗和废弃物排放获得与制造同样或相近的产品, 从本质上说维修是“绿色”的。它是实现减量消费(Reduce)的有效途径, 同产品的再利用、再制造、再循环(3R, reuse、remanufacture、recycle)一样都是循环经济中的重要环节, 是社会持续发展的重要技术途径。在贯彻科学发展观和持续发展国策中, 维修事业将被赋予新的内容和意义, 从而获得新发展的历史机遇。

然而, 资产维修同样要消耗资源和能源, 并可能产生废弃物和污染。因此, 资产维修同样必须积极开发和推广新技术、新工艺、新设备, 加快本行业和企业的管理和技术改造, 合理、节约地使用能源和资源, 减少甚至消除维修作业的污染, 即实现维修的绿色化。绿色维修是在持续发展理念和科学发展观的发展中应运而生的, 它将促使传统维修概念和技术的根本性变革, 同时, 将带来维修行业(事业)新的增长。绿色维修有着广阔的发展前途, 必

将产生十分长远而巨大的社会效益和经济效益。研究和应用绿色维修的理论和技術, 是新的历史条件下, 资产维修发展的重要前提和紧迫任务。就维修理论与技术发展来说, 绿色维修将使维修更加科学, 并走向文明。

与产品制造相比, 虽然一次次维修所消耗资源和产生的废弃物很少, 但在整个寿命期中维修消耗资源和产生的废弃物就很多了。据报道, 北京市1996年洗汽车用水达643万吨, 相当于13个昆明湖的蓄水量。当时北京汽车保有量是110万辆, 平均每辆车洗车用掉近6t水。仅仅这样一种最简单的汽车维护消耗的资源如此之大, 并带来大量的废水、废物。所以, 在提出绿色产品、绿色制造之后, 绿色维修必然随之提出。

上个世纪80~90年代, 国外已经将维修与社会持续发展和环境保护联系在一起。德国Tschuschek提出, “对于所谓的可持续发展, 维修是一项关键的技术”; 美国的Blanchard把减少维修对环境的影响作为产品维修性的重要目标。90年代初, 出现了“Green Maintenance”, 但更多地是指建筑、校园、园林等范畴维护。1997年我们在一次维修理论研讨会发表了《资产维修-环境保护-社会持续发展》中,

收稿日期: 2006-05-26

作者简介: 甘茂治(1938-), 男(汉), 教授。

提出应当重视资产维修对环境的影响,把减少资源能源消耗和污染作为维修发展的重要目标,首先要从产品设计上着手以达到这个目标等。1999 年徐滨士院士、马世宁教授等主持的工程机械维修研讨会,正式提出绿色机械维修,石家庄铁道学院马怀祥教授等发表了题为《绿色维修刍论》的论文。随后,为了了解维修绿色化的必要性,我们曾在部队、修理工厂进行典型调查。数据表明,维修资源消耗及废弃物排除已经成为迫切需要解决的问题,维修绿色化具有现实性和长远效益。我们在几篇论文和报告中提出绿色化是装备(设备)维修发展的一个重要方向,以及维修绿色化的基本点。周红博士研究了绿色维修的理论框架和若干重要的分析、评估方法。2000 年以来,我们进行了总装备部课题“持续发展理念下的维修理论和技术研究”,对持续发展理念下的维修理论和技术,对绿色维修体系做了比较全面、系统的研究,形成了相应国防报告。我们还进行了“绿色维修与维修性”等两个基金项目研究。本文在这些研究的成果的基础上,简要地讨论绿色维修的理论和技术框架和几个关键问题。

1 绿色维修的理论和技术体系框架

绿色维修理论和技术是考虑环境影响的维修理论和技术,是在现有维修理论和技术的基础上,增加约束、扩大目标而形成的,是对现代维修理论和技术的发展和补充。

1.1 基本概念

绿色维修是基于社会可持续发展理念和科学发展观的高效、优质、低耗、无污染的产品(设备、装备乃至更广泛的有形资产)维修。或者说是采用先进的工艺和设备,以最少的资源和能源消耗,在避免污染环境,废弃物产生量最小化的条件下的维修。显然,它是一种科学、文明的维修。为了区别于一般所说的“科学维修”,突出其包含的节省资源、减少(消除)污染和利于社会持续发展的特点,并与绿色工程、绿色产品、绿色设计、绿色制造等相一致,将这种维修形象地称为“绿色维修”。

2.2 基本点

实现绿色维修应当把环境意识贯穿于整个维修工作中,贯穿于有关维修的产品设计、制造中。其基本点包括:

- 建立和实施故障的环境准则,把对环境的损害作为设备或装备故障的主要判据。有害环境的故障是通过维修要预防和排除的重要对象;

- 通过各种技术和方法(如寿命周期评估 LCA)鉴别、分析并采取措施消除维修过程对环境可能的损害,对维修废弃物要进行再利用再制造再循环处理;

- 把对环境的影响作为维修质量及其验收的重要准则;

- 实现绿色维修首先在于产品设计,绿色设计必须包含绿色维修设计特性的设计;产品维修性必须将减少维修对环境的影响作为主要目标。

1.3 理论与技术体系框架

基于上述概念和基本点,可以建立具有广泛内容的绿色维修理论和技术框架,如图 1。

(1) 绿色维修基础理论及技术基础。包括绿色维修涉及到的基础理论以及考虑环境影响时维修理论中部分概念的拓展;绿色维修有关的管理和技术法规;涉及环境和资源消耗等方面的检测监测技术手段等。它们是研究绿色维修的理论或技术基础。

(2) 绿色维修与维修性设计。产品使用中的维修能否达到“绿色”的要求,归根结底取决于设计,包括绿色维修方案设计、维修性设计、维修工艺设计等。要在一般维修和维修性设计的基础上,突出考虑环境因素的影响,针对节能、节材、无污染提出和确定指标要求,研究如何形成满足这些要求的维修方案、维修性设计的设计方法。完整地说,绿色维修设计还应当包括维修工艺过程的设计。工艺设计在研究和选择维修作业技术基础上进行的。

(3) 绿色维修分析。实现绿色维修和维修性设计方案,确定维修策略并规划维修资源,需要进行多方面的分析工作。要在一般维修分析的基础上,形成绿色维修分析技术、综合权衡技术。

(4) 绿色维修与维修性评价。产品是否达到或可能达到绿色维修要求需要评价,包括绿色维修活动评价以及绿色维修性评价。需要建立相应的评价指标和具体的评价方法。

(5) 绿色维修作业技术。绿色维修(作业)技术主要是为降低或消除装备使用阶段进行维修活动所产生的环境影响所应用的各类维修方法和技术手段。包括绿色维修材料、表面工程技术、机加工技术、零件清洗技术、热处理技术以及其他先进维修技术等。

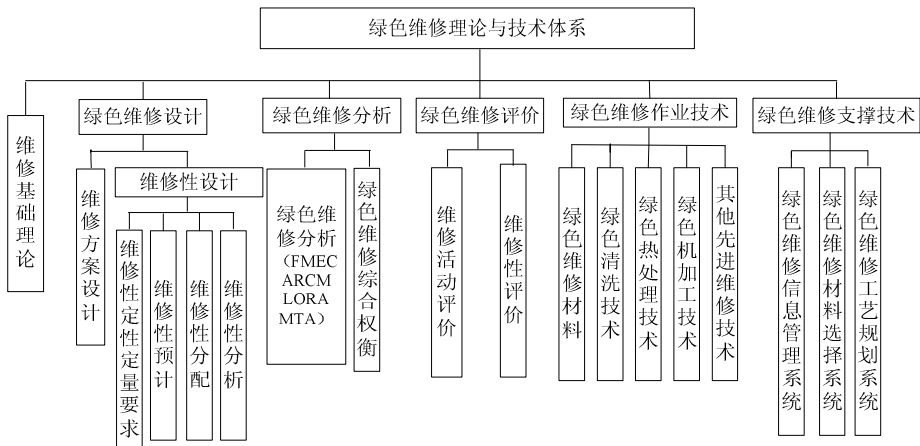


图 1 绿色维修理论与技术框架体系图

(6) 绿色维修支撑技术。绿色维修支撑技术指采用信息技术，设计和开发的各类维修辅助系统和工具，以提高维修的效率、降低维修的能耗和物耗。包括绿色维修信息管理系统、绿色维修材料选择系统、绿色维修工艺规划系统等。

2 绿色维修设计

实现绿色维修，前提是设计。包含维修性设计，维修方案设计，维修工艺设计。

2.1 维修方案设计

维修方案是关于装备维修的总体描述，主要规定装备（设备）采用的维修级别、维修策略、各维修级别的主要工作以及维修条件等。它既是制定详细的维修计划的依据，又是维修性设计的约束条件。绿色维修方案必须是遵循节能、节材、环保、高效原则的维修方案，它规定了符合绿色（即节能、节材、环保、高效）要求的产品使用阶段的维修类型、维修策略、维修级别及其任务、预计的主要维修资源和维修活动约束等。

绿色维修方案的设计准则，除包含现时的经济性、适用性和有效性的设计准则外，还应包括环境性方面的准则。其具体内容为：最小更换准则；先换后修或前换后修准则；最少定期维修准则；寿命最大利用准则；综合权衡准则。在维修方案中应用不同层次的维修浮动（maintenance floating）。

根据这些原则，按照具体设备或装备实际情况，设计或制订维修方案。绿色维修方案与传统的维修方案将会在预防性维修、修理策略和更换方案、诊断方案以及保障资源等方面有显著的不同。绿色维修方案还必须包含产品报废处理（再利用、

再制造、再循环）的方案。

绿色维修是一个动态演变的过程，它将吸收产品设计、制造、材料、管理等多种学科和技术的新成果而不断发展。

2.2 维修性设计

维修性已有一系列要求、设计、分析和验证方法。绿色维修性研究的关键是提出和确定具有绿色特征的维修性指标要求，以及对这些指标进行分配、预计、分析乃至验证的具体方法。

产品绿色维修性要求同样包括定性和定量要求。在一般维修性定性要求的基础上，应当增加和提出考虑有利于维修环保、节能、节材的要求。诸如，设计时选择绿色材料，重视贵重件、稀有材料制备件的可修复性，弃件型零部件的处置和标志要求等。维修性定量要求，除传统的维修时间、工时、费用指标外，要研究提出具有绿色特征的指标。例如，维修资源消耗量；维修废弃物排放量 W_M ；维修生成废弃物的回收率 M_{Rcy} 等。即使是传统的工时和费用指标也要加以扩展，不仅考虑维修产品直接的工时或费用，而且要包括维修处废的工时或费用。需要将这类指标结合不同产品具体化，成为可量度、可分配、可设计、可验证的。

现有维修性设计方法主要是针对维修时间、工时应指标的。要针对以上“绿色”的指标要求，研究维修性建模、分配、预计、分析方法。例如，在分析现有维修性预计方法的基础上，我们参考维修性预计方法中的 205 方法的基本原理，结合环境影响评价方面应用比较广泛的寿命周期评价法（LCA—Life Cycle Assessment）和比较常用的进行成本控制的作业成本法（ABC—Activity Based Costing），提出了一种基于

维修活动的时间、费用和环境影响的综合预计方法—MABTCE (Maintenance Activity Based timing /costing/ environment impact assessment)方法。

2.3 维修工艺设计

绿色维修工艺主要指利用环保型维修工具、设备及材料,采用先进的绿色维修技术改变产品或项目的形状、大小或表面状况,以保持或恢复产品或项目的性能。绿色维修工艺必须符合技术先进性、环境协调性以及经济性等原则。绿色维修工艺是对传统工艺技术的变革,是综合应用先进材料科学与技术先进制造技术等形成的先进维修技术。对绿色维修工艺技术,从功能方面可分为三种类型:即节约资源的工艺技术、节约能源的工艺技术、环保型的工艺技术等。实际上,任何一种绿色工艺都应该兼顾节能、节材和环保三个方面。要开发“绿色维修工艺规划系统”,用于辅助维修人员对大型设备、装备的维修工艺进行规划、决策。

3 绿色维修的分析与评价

产品维修和维修性是否符合绿色维修的要求,需要一整套分析、评价、权衡技术。首先,要建立绿色维修评价准则和指标。原则上,前面所说是维修性要求和指标,可以作为分析与评价准则和指标。分析和评价内容,除传统的维修分析和维修性分析内容外,着重于维修与处理的环境影响(绿色性)分析,主要是对预期的产品预防性维修和修复性维修活动可能产生的环境影响进行分析,对不能修复的故障件或整机报废后处理问题进行分析。包括维修资源的消耗、维修废弃物的回收和处置、报废件的“3R”处理。根据维修与处理的环境影响分析,为维修性设计时材料的选择、零部件的连接方式、零部件的可修复性设计等提供信息,为制定维修工艺提供支持。我们提出了一种以寿命周期评价(LCA)方法为基础的绿色维修分析与评价方法。

绿色维修将传统维修的目标扩展到环保节能节材等,从而,使维修和维修性需要考虑和权衡的问题更多、更难。需要建立包含维修时间、费用、资源、环保等多因素权衡的模型和方法。在前述基于维修活动的时间、费用和环境影响的综合预计方法(MABTCE)的基础上,我们提出一种综合权衡分析的方法(MABTCEA)。

4 绿色维修作业技术

最终实现绿色维修是绿色的维修工艺和材料,

以及维修废弃物处理。绿色维修作业技术中,表面工程是一项核心技术。就目前情况看,绿色维修的重点工艺改进或改造有:清洗,特别是节水或无水清洗;表面处理,特别是硬铬电镀等环境污染大的工艺替代;零部件制造精密化、节约化;维修废弃物处理。实现精确维修是化的源头。引进、借鉴先进制造技术、先进材料科学与技术、信息技术等,对机加工、零件清洗、热处理等依据绿色维修要求改进、发展、更新,以降低维修过程中的能耗和污染是维修作业技术绿色化的主要途径。显然,绿色维修作业技术有丰富的内容和发展前景,本文不准备就这些技术做进一步的介绍和分析。

5 绿色维修管理

实现绿色维修,技术重要,管理更重要,可以说管理是关键。推行绿色维修迫切需要:

(1) 建立有关政策法规。要贯彻《清洁生产促进法》和保护环境有关法律法规,结合维修行业特点制订和实施有关维修方面的行政法规和技术标准;

(2) 在设备、装备管理和设计、制造、维修人员中普及环境意识教育,提高人的素质。绿色维修必须从资产全寿命角度认识;

(3) 加强科学研究,建立和完善绿色维修理论与技术体系;

(4) 加强对维修绿色化的经济支持,重点投入,促进维修技术改造。

参考文献:

- [1] 甘茂治,等. 资产维修-环境保护-可持续发展. 中国现代化研究文库,北京:中央文献出版社,2000.9.
- [2] 徐滨士,等. 再接再厉,为迈向21世纪的现代化机械维修工程而努力奋斗.绿色机械维修工程.北京:中国铁道出版社,1999.9
- [3] 周红. 绿色维修理论与技术研究. 军械工程学院博士论文,2003.03.
- [4] 甘茂治,周红,郝建平,等. 基于可持续发展理念的维修理论与技术研究. 国防科技报告,2004.03.
- [5] Zhang Jiebin, Gan Maozhi. Asset Maintenance Environmental Protection-Sustainable Development [J]. International Journal of Plant Engineering Management, 1999,4 (2).

作者地址:石家庄和平西路97号 军械工程学院 050003
Tel: (0311) 7994996