

# 工程机械涂装品质管理

郑州宇通重工有限公司 张 阳 程凤宏

**摘 要:** 对比工程机械行业与汽车行业在涂装方面的特点, 介绍工程机械涂装品质管理的方法和意义。从原材料管理——包括化学原材料供应商资格管理、涂装原材料管理 - 加强常规性能指标进厂检验及功能性指标的检测、金属原材料管理 - 加强防腐蚀保护; 现场 5S 管理; 工艺管理——建立完善的工艺管理体系, 制定相关工艺文件和加强对外协厂家涂装质量的控制, 制定相应的管理制度, 签订相关的技术协议; 质量管理——顾客级、公司级、部门级和自主级的 4 级质量控制体系; 供应商服务——设置专职售后服务人员及人员培训等多方面, 对工程机械企业涂装品质管理的方法进行了探讨。指出工程机械产品涂装贯彻“持续改善的思想”, 在满足基本设备的条件下, 采取合理的管理制度, 开拓思维, 充分调动每一位员工的聪明才智, 工程机械企业也能做到高品质的涂装质量。

**关键词:** 工程机械 涂装 质量 管理

工程机械行业与汽车行业制造过程不同、侧重点不同, 进一步导致各种制造工艺所受重视不同, 相应的研发、设备投入和人才引进相差较大。汽车涂装工艺约有一百年历史, 已发展成为一门独立学科。汽车工业中的涂装工艺, 无论是设备投入、工艺水平的先进性与复杂性都远高于其焊接、冲压、总装 3 种工艺。一个汽车涂装车间在设备投入上要耗资几亿甚至十几亿人民币<sup>[1]</sup>。工程机械涂装, 无论是涂装目的、涂装质量、涂装工艺都与汽车涂装有较大差别, 但这并不意味着工程机械行业就不能生产出高品质的涂层, 只要我们采取合理的管理制度, 满足基本的工艺、设备要求, 同样能达到较高的涂装质量。下面根据工程机械的涂装特点, 从材料、现场管理、工艺及标准化作业、供应商的全面服务以及人员培训等方面进行品质管理论述。

## 1 工程机械涂装特点

工程机械涂装与汽车涂装有较大差别, 见表 1。

## 2 涂装品质管理

### 2.1 工艺管理

工艺管理是确保涂装工艺得以实施、涂装质量稳定, 达到涂装目的和最佳经济效益的重要条件<sup>[2]</sup>。目前我国工程机械企业正处于从作坊式生产向工业化流水生产过渡之际, 注意和加强涂装管理显得尤为重要。诸多大型企业的涂装技术、设备和工艺等相

差不多, 主要差别在管理方面。许多企业存在着马虎、凑合、迁就等消极管理态度, 这正是涂装质量低劣的主要原因之一。

建立健全完善的工艺保证体系是涂装工程获得成功的根本保障。一个完善的工艺保证体系应包括企业标准、各级程序文件和管理作业文件等。目前《JB/T 5946-91 工程机械涂装通用技术条件》标准, 已不符合工程机械产品的涂装要求, 企业应根据自身的涂装工艺水平及质量要求予以修订, 并作为本企业涂装工艺制定的依据。工艺文件是涂装工艺得到正确实施的指导性文件, 是得到稳定、优质涂膜的必要条件。完整的工艺文件应包括《涂装工程作业卡》、《涂装标准作业书》、《涂装检查基准书》、《涂装车间清扫计划》等。对于汽车制造厂来说, 这些是最基本的工艺文件, 但大多数工程机械企业, 只有《涂装工艺流程卡》和《整车检验卡》, 不能满足品质管理的需要。

另外, 工程机械因产品结构复杂, 有较多的零部件甚至是大型结构件需要外协加工, 以装载机为例, 常见的有铲斗、配重、驾驶室、发动机罩和油箱等。这些工件表面基本都是重要涂装面(涂装面积占整车涂装面积的 1/3, 甚至更多), 其涂装的前处理、底漆及中涂等工艺全部由外协厂家负责。而外协厂家有专职涂装技术员的可谓凤毛麟角(笔者对二十余家外协供应商调查结果)。因此, 必须加强对外协厂家涂装质量的控制, 制定相应的管理制度, 签订相关的

表 1 工程机械涂装与汽车涂装的对比

序号	类别	工程机械涂装	汽车涂装
1	目前状况	规模小、作坊式生产、自动化程度低 不受重视	典型的工业涂装,生产节拍快 1~5 min(甚至几十秒钟);大规模、流水线、自动化程度高、产业化;发展成为一门学科,理论研究深入
2	技术人员	自身技术人员较少,相关前处理、涂料配套企业的售后服务技术人员几乎没有	各企业都有较多的工艺、技术人员,相关前处理、涂料配套企业的售后服务技术人员驻厂服务
3	设备投资	与汽车涂装没有可比性	几亿甚至十几亿人民币
4	原材料控制	涂装 基本处于失控状态,由供应商承诺保证	参与原材料的研究、开发,拥有自己的实验室(价值数百万到数千万),原材料控制极其严格
	金属	复杂,不利于防腐、涂装 薄板件:热轧板、1~3 mm 厚板件:热轧板、5~60 mm	单一,利于防腐、涂装 车身:冷轧板、0.8~1.2 mm 底盘:冷轧板、10 mm 以下
5	涂装管理	管理不为重视,是涂装工程 3 要素中最薄弱的环节	4 大工艺中管理要求最严格、最复杂
6	其它	外协件较多,其前处理、涂装由外协厂家负责,且没有相关管理制度,质量近于失控	几乎没有涉及涂装的外协件

技术协议。以我公司为例,我们制定了管理作业文件《物料外协涂装管理规定》,并和相应的供应商签订《物料涂装技术协议》,规定其必须采用的前处理方法、处理标准、涂料类型及相应涂层技术指标等,并给予技术指导及监督。

## 2.2 质量管理

在汽车制造过程中,涂装工序既是关键工序,又是特殊工序。如此定义,是因为涂装质量不能仅靠最终检验结果来判定其是否完全合格,必须加强对其过程的控制(即每道工序、每一个工艺参数的控制)。因此,完备的质量控制体系必不可少。

完备的质量控制体系必须包括 4 级质量控制:顾客级、公司级、部门级、自主级。

### 2.2.1 顾客级

顾客级质量控制是代表顾客对涂装质量进行客观的评价——VES 评价(Vehicle Evaluation System Static-车辆评价系统),即站在用户的立场以专家的眼光对整车进行评价。VES 评价要对车辆进行一千六百余项评价,是世界上最严格的质量标准之一,是由日本日产汽车有限公司制定的车辆评价系统,必须由具有 VES 评价认定资格的评价员实施评价。在国内已取代“蓝皮书——载货汽车质量检查评定

法”成为新的汽车质量评价标准。工程机械无论是制造、装配的复杂性,还是工作环境的恶劣性都远高于汽车,因此,更有必要建立完善、可靠的质量评价体系。

### 2.2.2 公司级

公司级质量控制即建立可靠的检查、检验体系,由质量保证部门实施。一般分为进厂检验、过程检验、终检 3 部分。对每项检查必须作出详细的规定,如检查手段、判定标准、检查频次以及重要度等,并对检查结果做详细记录、存档。见表 2 某公司装载机整车(A区)检查基准书。

### 2.2.3 部门级

部门级质量控制即涂装车间自主控制系统,由专人每班作质量记录,专人统计、分析,并制定相应对策,主要控制项目有:面漆缺陷记录表(DPU——单台车缺陷总数),统计、分析日报表;底漆、中涂首末检记录表(包括膜厚、附着力、硬度等指标);面漆修补记录表,统计、分析日报表;喷砂、抛丸前处理检查记录表,统计、分析日报表等。

除上述控制项目外,还必须对关键项目实施持续改进目标,如“DPU 值”、“单台车补漆数量”等,可根据不同颜色的色漆或不同车型制定出每月的控制

表 2 某公司装载机整车(A区)检查基准书

××重工有限公司 _____车间		整机面漆(A区)外观检查基准书				产品型号	ZL50E-1		
						产品名称	轮式装载机	共 页	第 页
零(部)件图		零(部)件名称							
序号	检查项目	检查手段	判定标准	检查频次	重要度	备注	简图及其它 1、由专职检验员检验； 2、A区：见附图； 3、附着力测试部位应选择在对外观影响较小部位，测试后应补漆。B区、C区的检查与此同。		
1	色差	目测	肉眼不可分辨	全检	A				
2	漆膜厚度	测厚仪	80~120 μm	1台/天	A				
3	灰尘、颗粒	目测	1mm 不允许 1mm 10个	全检	A	100mm×100mm 范围内			
4	流挂	目测	不允许	全检	A				
5	划痕、划伤	目测	不允许	全检	A				
6	非涂装处粘有涂料	目测	不允许	全检	A				
7	起泡	目测	不允许	全检	A				
8	针孔	目测	15个	全检	A	100mm×100mm			
9	漏涂	目测	不得有	全检	A				
10	桔皮	目测	轻微	全检	A				
11	油滴痕迹	目测	无斑迹	全检	A				
12	水迹点	目测	不允许	全检	A				
13	起皱	目测	不允许	全检	A				
14	缩孔	目测	3个	全检	A	0.5mm			
15	砂纸打磨痕	目测	极轻微	全检	A				
16	光泽	光泽仪	85	1台/天	A				
17	硬度	铅笔	HB	1台/天	A	铅笔硬度			
18	焊点打磨痕	目测	不可见	全检	A				
19	涂膜不干	手感	不允许	全检	A	补漆处除外			
20	两色漆相接处	目测	界线清晰、无锯齿	全检	A				
21	附着力	划格法	21	1台/天	A				
22	补漆雾圈	目测	轻微	全检	A	补漆后观察			
23	胶带痕迹	目测	不可见	全检	A				

目标,图1是某公司某一种型号产品自2005年9月至2006年11月的控制目标,该产品2005年12月无产出。

#### 2.2.4 自主级

自主级质量控制即操作工自主控制,通俗地说是操作工的“责任心”,但实质是操作工的“荣誉感”、“成就感”。所以,必须采取一切可能的手段来激发每个员工的工作热情。主要的措施有:

(1) 持续改进的思想:以某公司为例,涂装车间

所有员工工资均包含一部分“改善工资”——每位员工每个月必须提出10项改善建议,采纳的话另行奖励。如此,极大地调动了全体员工的改善意识,使持续改善的思想深入贯彻到生产的各个环节。

(2) 标准化作业支持:标准化作业是指在节拍时间内,以有效的操作顺序,在同一条件下反复进行的操作<sup>③</sup>。如此,不同的操作者执行标准化作业时,都可以用相同的时间,按相同的作业顺序,生产出相同品质的产品。对于标准作业,必须有完善的工艺文件

支撑：涂装工程作业卡、标准作业书及检查基准书等，如图 2 所示。

(3) 人员培训：人员培训主要以操作工为主，技术人员和检验人员每年也进行必要的培训。操作工

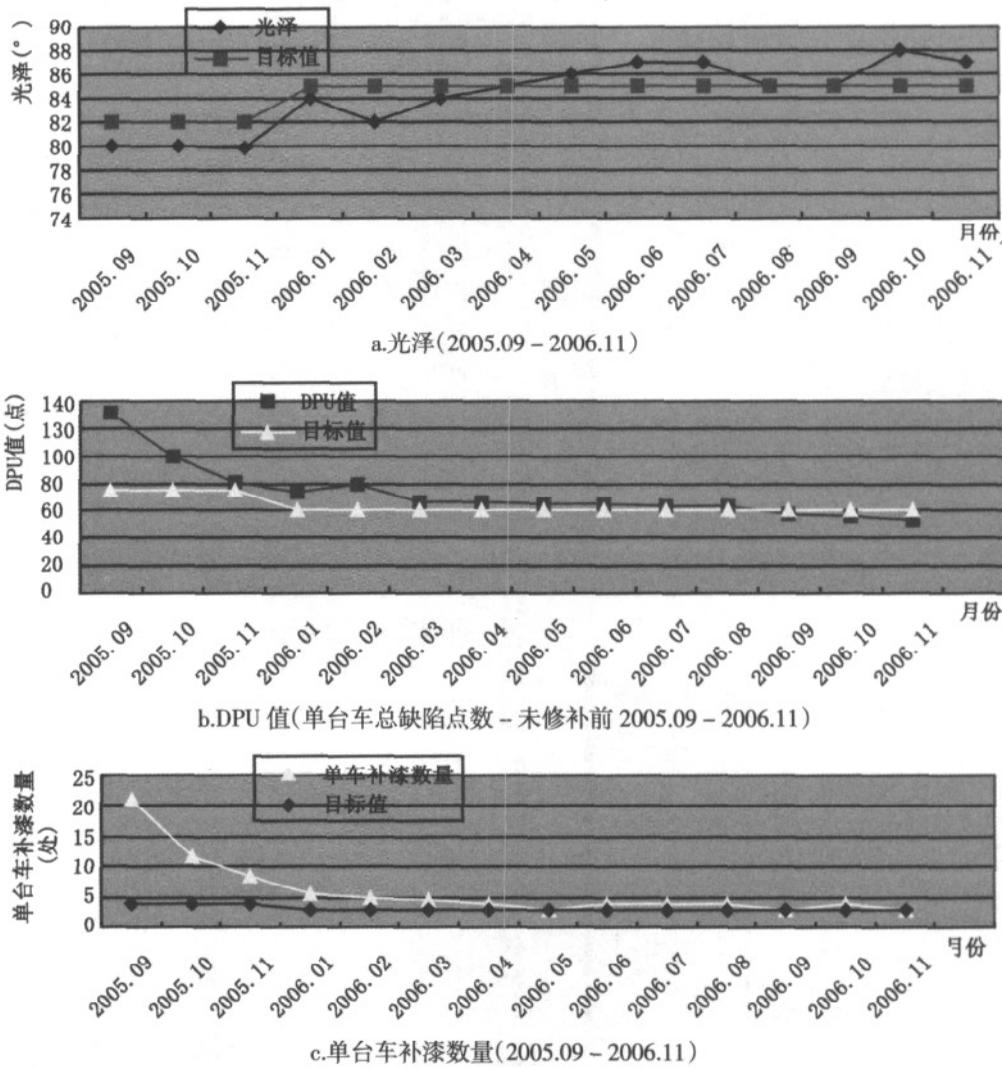


图 1 某公司涂装车间 30 系列装载机质量控制月度考核项目

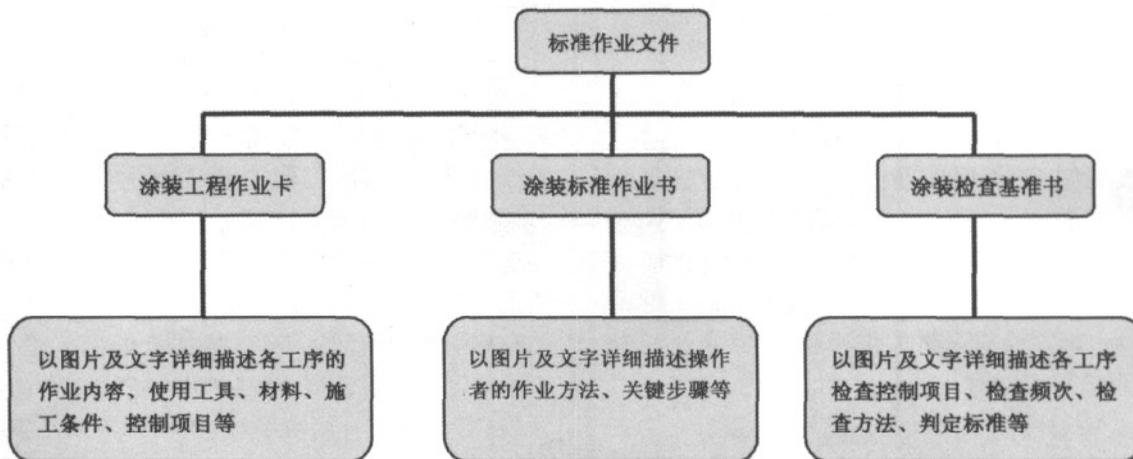


图 2 标准作业文件类别及功能说明

培训以在岗培训、现场培训为主。其优点在于：现场培训，操作指导具体化，便于把握结果；可经常性、连续性训练，熟能生巧；随时随地，发现问题即可指导、培训，机动灵活，不影响生产；培训成本低，效果好。理论培训较为枯燥，但可以采用多种方式调动员工学习的积极性，如定期开展理论知识竞赛等。

## 2.3 原材料管理

### 2.3.1 涂装原材料

目前，工程机械涂料越来越接近汽车涂料。以长沙某重工企业为例，其客车产品和工程机械产品的涂装为混线生产（在同一条涂装线上生产），工程机械产品与客车产品的涂装质量同质化。以其泵车为例，采用“金属漆+罩光清漆”的喷涂方案：漆膜基本上没有桔皮，漆膜亮度高（在 90 以上），鲜映性好（漆膜上人物面部影像清晰可见，见图 3；竖直面 PGD 值（鲜影性）在 0.5 以上）<sup>[4]</sup>。因此涂料品质已成为获得优质涂层的基本条件。

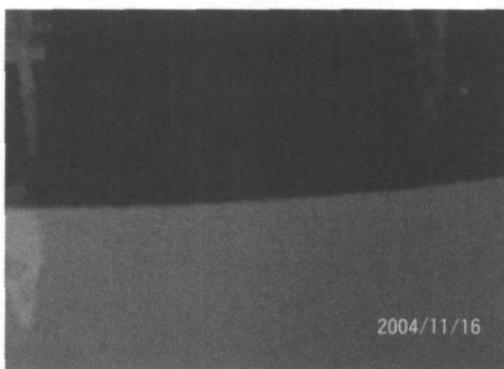


图 3 某企业泵车漆膜上人物面部影像

原材料的控制必须建立企业的涂料、涂装检验室。简单的检验室只需装备五万元左右设备，即可对原材料指标、施工性能指标进行全面检测，如涂料固体分、涂料使用量、细度、遮盖力、流平性、流挂性、漆膜干燥时间、漆膜厚度、光泽、鲜影性、漆膜耐磨性、附着力、硬度、抗冲击性能、柔韧性以及耐中性盐雾性能等二十余项指标。若不做耐中性盐雾性能测定，则只需 3 万元设备。对于自己不能检测的关键项目，可委托“国家涂料质量监督检验中心（常州）”或“化学工业合成材料老化质量监督检验中心（广州）”测试，并在原材料技术协议中明确规定：如耐人工老化性能每两年一次、耐盐雾试验每年一次，其它耐水性、耐酸碱性等每半年一次。要注意的是必须自己取

样（正常供货的产品中取样）、送样，费用和供应商协商分担。

在选用新材料、新供货商时必须采取严格的控制程序。主要包括供应商资格审查、原材料品质确认、样车试验、小批量试装和批量供货 5 个过程，一般要经过 6~10 个月的试验。

对供应商的考察主要包括企业规模、技术水平、供货能力等方面，还有企业的相关资质证明：质量体系认证（如 ISO9001 认证、QS9000 认证以及 ISO14001 认证等）、企业材料试验中心资质（如国家级实验室）及大型企业配套许可认证等。上述两方面的工作必须做到扎实、充分，可先要求对方提供主要生产设备清单、试验设备清单以及上述资质证明，备案，然后进行针对性的实地考察。

### 2.3.2 金属原材料保护

目前，绝大多数工程机械企业中随处可见金属原材料（不管是厚板还是薄板）随意堆放的现象，有的甚至露天存放，导致板材锈蚀严重。虽说抛丸、喷砂等前处理手段效果较好（一般能达到 Sa3 或 Sa2.5 级），但锈蚀严重的板材还是会对涂装带来诸多不利影响：严重的锈蚀影响前处理生产节拍——延长抛丸时间，降低产能；抛丸、喷砂本身是破坏性设备，节拍的延长对设备破坏极大，加速设备老化；节拍的延长还会造成能源的浪费，抛丸设备的功率一般在 300~500 kW，能耗惊人；影响工件的平整度；增加涂装工艺的复杂性。

因此，金属原材料必须加以保护，合理组织生产，使库存最小化（尽量避免露天存放），保护半成品（避免工件“落地”），避免不必要的金属锈蚀。

## 2.4 现场管理

现场管理是涂装品质保证的重要一环，主要包括：现场生产运行和技术管理、现场涂装质量管理、车身漆膜质量跟踪与现场清洁管理等，几个方面相互渗透，相互关联。目前工程机械的生产方式基本以“多品种小批量”为主，正符合“精益生产”模式。“5S”现场管理的方法可谓恰如其分。通过“5S”现场管理活动，工作环境可以变得整洁、舒适，生产活动也井然有序。设备故障得到有效地预防和控制，产品质量得到保证。开展“5S”活动必须做到全员参加，全方位开展；有专业人员组织指导；领导必须亲自抓；必须常抓不懈，持之以恒<sup>[5]</sup>。

## 2.5 供应商现场服务

# 电液比例变量泵控定量马达调速特性研究

军事交通学院汽车工程系 资新运 郭 锋 王 琛 邓成林

**摘 要:**以电液比例变量泵-定量马达恒速控制系统为研究对象,详细阐述了变量泵电液比例变量机构控制原理,分析了变量泵的斜盘机构受力情况,推导了变量机构和泵控马达系统的数学模型。分别在仿真软件 MATLAB/Simulink 和 AMESim 上建立变量机构和变量泵控马达系统的仿真模型,对变量机构响应时间和马达输出转速响应进行了仿真研究和试验对比。利用发电机为恒转速负载,进行了实车试验。在突加/突减 16 kW 负载的试验中,马达转速在 3 s 内恢复到设定值,稳态的波动率为 0.29%,瞬态调整率为 6.0%。分析结果表明,电液比例变量泵控马达系统作为柴油机和恒转速负载之间的调速机构和动力传递纽带是可行的。

**关键词:**电液比例变量泵 泵控马达系统 MATLAB/Simulink AMESim 仿真研究

变量泵作为液压系统的动力源,具有输入功率和输出功率相匹配、高效节能的特点,因此,被广泛应用于工程机械等领域。特别是电液比例变量泵和定量马达组成的闭式液压控制系统,在变量泵广泛的输入转速范围内,具有对马达输出转速进行调节的能力。比如,把电液比例变量泵控定量马达系统作

为柴油机和恒转速负载之间的动力传递纽带和调速机构,在车辆行驶过程中,通过调节电液比例变量泵来实现恒转速输出。

当变量泵输入转速在较大范围(1 000~2 600 r/min)变化时,要实现马达的恒速控制,主要需克服两种扰动:负载转矩扰动、变量泵输入转速扰动。本

以某公司为例,年产装载机 3 000 台,一年涂装材料总用量达七百余万元。年产量在 1 万~2 万台的企业,涂料总用量应达到 3 000 万元以上。如此产值,完全可以要求涂料供应商派驻厂技术服务人员 1~2 人在生产现场,参与涂料参数的调整,跟踪生产线的生产情况,参与生产质量问题的分析、解决。驻厂技术服务人员在每天跟班的同时,统计相关质量信息,经分析后提出改进建议,以周报、月报形式反馈给使用单位的有关部门。

另外,还要充分利用供应商的各种资源,可使用其专业仪器检验设备、漆膜性能等,如风速仪、炉温跟踪仪、照度仪、桔皮测定仪等。还可以派相关技术人员、涂料检验人员、一线操作工到其培训部门进行培训、学习。

### 3 结语

工程机械企业对涂装的投入无法与汽车企业相比,无论人力、物力、财力都相去甚远,也不可能像汽车企业那样拥有国际先进水平的涂装工艺、涂装技术和涂装设备,拥有自己的油漆实验室(价值数百万元,甚至数千万元),拥有专业的清洁公司等。但这并不意味着工程机械企业不能生产出高品

质的涂层,也不能成为涂装品质低劣的理由。只要我们贯彻“持续改善的思想”,在满足基本设备的条件下,采取合理的管理制度,开拓思维,充分调动每一位员工的聪明才智,工程机械企业也能做到高品质的涂装质量。

#### 参考文献

- [1] 陈幕祖.国内大型涂装生产线建设的新思路[J].汽车工艺与材料,2004(3):1-4.
- [2] 王锡春.汽车涂装工艺技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [3] 宫金宝,李树阳,荆宏.谈一汽-丰田体系的涂装线管理 Q //2005 年汽车涂装技术交流会论文集.沈阳:中国汽车涂装技术交流会,2005:76-80.
- [4] 张阳,李俊峰,王莉娟.工程机械涂装的现状及发展方向[J].工程机械,2005(8).
- [5] 王锡春,杨必暖,林鸣玉.最新汽车涂装技术[M].北京:机械工业出版社,1998:276-277.

通信地址:郑州市冉屯东路 23 号 郑州宇通重工有限公司生产技术处 450051 (收稿日期:2007-01-25)

# Construction Machinery and Equipment

Vol. 38 No. 7

## Abstracts in English

conveniences when operators control construction machinery to fulfill their works. Besides that, safety problems must be considered when handling chemical materials or dangerous explosive objects or some poisonous matters. So the discussion and realization of remote control method on construction machinery is an important problem which shouldn't be neglected in modern construction machinery control. Remote virtual instrumentation technology is employed in control systems of construction machinery to realize remote control on construction machinery, which is an advanced and effective solution. On the basis of analyzing and comparing several popular remote virtual instrumentation technologies, how to apply FieldPoint wireless distributing type I/O and DataSocket in virtual instrumentation as well as remote virtual panel technology to realize remote control on construction machinery is mainly researched. Aided by LabVIEW remote control panel, a real-time engine module is installed on server terminal, B/S structure of DataSocket is realized through remote control panel announcement. Taking CASE CX-160 excavator as a research objective, concrete analysis and discussion are conducted. Introduction and application of remote virtual instrumentation technology to construction machinery control area make the operators keep away from work sites and construction machinery operation will never be limited by rigorous work environment or climate conditions.

Keywords: Virtual instrumentation LabVIEW  
Excavator Construction machinery

### Management on Construction Machinery Coating Quality

Compared with automobile industry on coating characteristics, method of quality management for construction machinery coating and its significance are described. The method is discussed from many aspects, such as raw materials management, including qualification management for chemical material suppliers, management on raw coating materials, enhancement of reception supervision and tests on routine performance indexes and function indexes, management on raw metal materials, enhancement of anti-corrosion protection; field 5s management; process management including establishment of perfect process management system, formulation of related process document, enhanced quality control on supplied coating products, establishment of related management regulations, signing of related technical agreements; quality management including four level quality control system of customer level, company level, department level and autonomous level; supplier service in setting up dedicated after-sale-service staff and operator training; and etc. A sustainable improvement concept is suggested for product coating of construction machinery. It is pointed out that high quality coating could be realized with rational management system and open-minded philosophy when every employee's wits are fully initiated.

Keywords: Construction machinery Coating  
Quality Management

### Research on Speed Adjustment Characteristics of a Fixed Displacement Motor Controlled by Electro-hydraulic Proportional, Variable Displacement Pump

Taking a constant speed control system composed of electro-hydraulic proportional, variable displacement pump and fixed displacement motor as a research objective, control principle of a electro-hydraulic proportional variable mechanism with variable displacement pump is expatiated. Loading condition of swashplate of variable displacement pump is analyzed and mathematical models of the variable mechanism and pump

controlled motor system are derived. Simulation models are established for them respectively with MATLAB/Simulink and AMESim simulation software. Simulation and test comparison are conducted on variable mechanism response time and motor output speed. A practical test is carried out with an electric generator as a constant speed load. In the test of sudden increment/reduction of 16 kW load, the motor speed returns to the setting value in three seconds, the stable state fluctuation ratio is 0.29% and transient adjustment ratio is 6.0%. Analysis results show that it is feasible for electro-hydraulic proportional, variable displacement pump controlled motor system to be used as a speed adjusting device or a power transferring tache between diesel engine and constant speed loads.

Keywords: Electro-hydraulic proportional variable displacement pump Pump controlled motor system MATLAB/Simulink AMESim Simulation

### Research on Optimization and Match of Hydrodynamic and Hydrostatic Combined Steering Mechanism Based on Virtual Prototype Technology

The requirement for track vehicles to realize pivot-turning on rigorous land surface is one of the important indexes in steering system design. A hydro-mechanical stepless steering system with dual power flows are commonly adopted on domestic track vehicles. In order to meet the requirements in pivot-turning of large tonnage vehicles, hydraulic pump-motor with large displacement must be equipped or system pressure of the pump-motor must be increased. A hydrodynamic and hydrostatic combined steering mechanism is suggested to overcome these shortcomings. Firstly, the mechanism principle is analyzed and the natural characteristics of a hydraulic coupler are determined. Then, taking the comprehensive drive system on a vehicle as a research basis, a hydrodynamic and hydrostatic combined steering mechanism is structured through introducing a hydraulic coupler and a related virtual prototype model is set up in ADAMS/View environment. Taking the model as the original, four design variables are determined. Through analysis, the key variables are the effective diameter of hydraulic coupler and the drive ratio of power input to impellor of the coupler and their sensitivities are analyzed. Lastly, boundary conditions for optimization and optimal targets are established and simulation analysis of optimal design is carried out with DOE function in ADAMS. Effective diameter and transmission ratio of the coupler are obtained. The simulation shows that the developed steering mechanism could satisfy vehicles to make pivot-turning on rough ground and at the same time the displacement of hydraulic pump-motor is significantly reduced, which provides a basis for large tonnage vehicles to realize their steering performance with low displacement pump-motor.

Keywords: Comprehensive transmission Combined steering  
Virtual prototype Optimal design

### Development of Bucket Tooth Material of High Strength Cast Steel and Its Application

Aiming at the work conditions and performance requirements on bucket tooth materials of excavators and loaders, a cast steel bucket tooth material with high strength is developed. Influences of different heat treatment processes to its structure and mechanical performances are studied. Compared with imported bucket teeth, its wearing performance in abrasive material is researched. The results present that its structure is a combination of martensite, bainite and austenite after quenching and