

doi: 10.7690/bgzd.2013.02.006

基于精益生产管理的炮厂 MES 系统

乐静¹, 刘治红²

(1. 中国兵器工业第五八研究所党政办公室, 四川 绵阳 621000;
2. 中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对××炮厂生产过程中存在的问题, 自主开发基于精益生产管理理念的××炮厂制造执行系统(manufacturing execution system, MES)。该系统依据平台化的设计原则及模块化的设计思想, 采用 B/S 三层模式、SOA 体系架构、J2EE 技术等进行开发。介绍了系统的功能模块、体系结构、软硬件架构, 及其应用于××炮厂产生的作用及效果。实践结果证明: 该系统为工厂推进实施精益生产管理提供了有效的工具和手段, 适合在机加车间内进行应用推广。

关键词: 制造执行系统; 精益生产; 三层架构; 面向服务; 系统集成
中图分类号: TJ305 **文献标志码:** A

Cannon Factory MES System Based on Lean Production Management

Le Jing¹, Liu Zhihong²

(1. Office of Party & Administration, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China;
2. Deptment of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the problem in the production process of xx cannon factory, independently develop cannon factory MES based on lean production management. The system developed according as the rule of platform and modularization, adopting browser/server three-tier structure, service-oriented architecture and J2EE programming technology. The paper introduced the function module, system structure, software and hardware architecture, and the effect applied to xx cannon factory. The result shows that the system can be used as tool and means to promote the implementation of the lean production management, and it is adapted to machining workshop.

Key words: manufacturing execution system; lean production; three-tier structure; service-oriented architecture; system integration

0 引言

××炮产品结构中关重零部件的工艺复杂、生产要求高、加工难度大, 而目前工厂对生产过程的管理还是传统的人工方式, 存在着生产调度难度大、过程控制不及时、现场管理效率低、生产进度延期等问题。随着产品生产任务急剧增加, 生产任务朝着快速响应、小批量、变品种的方向发展, 对生产管理提出了快速、准确、高效的精益生产管理要求。

因此, 笔者依据国际行业标准 ANSI/ISA-S95, 在对现有制造过程管理控制模式进行规范和优化的基础上, 结合工厂正在实施的精益生产管理模式进行设计, 并采用目前主流的面向服务的软件架构体系和 J2EE 技术, 定制开发了××炮厂制造执行系统(manufacturing execution system, MES)系统。该系统是专门针对××炮关重零部件生产过程及先进的精益生产管理模式的定制, 为××炮产品的生产过程管理提供了协同化的信息平台, 实现了工厂产品制造执行过程的标准化、信息化和规范化管理,

增加了制造执行过程的透明度, 便于管理人员及时掌握生产任务执行情况及准确、迅速进行决策指挥。

1 系统功能模块设计

该 MES 系统针对××炮关重零部件的生产过程, 实现产品从生产计划、生产准备、制造执行与生产资源管理控制等各个环节信息的高度集成和充分共享, 按工厂精益生产的管理模式进行流程的定制和信息的组织, 在相关部门间建立起生产任务协同执行平台^[1]。

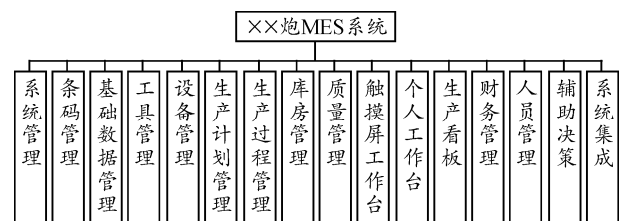


图1 MES系统功能模块结构

系统采用模块化的设计思想, 将需要实现的业务功能划分成功能独立、接口标准的功能模块^[2]。

收稿日期: 2012-08-16; 修回日期: 2012-09-10

作者简介: 乐静(1979—), 女, 四川人, 2000年毕业于辽东学院, 从事管理信息技术研究。

各功能模块通过统一的软件框架集成为一体化的软件系统。MES 系统功能模块结构如图 1 所示。

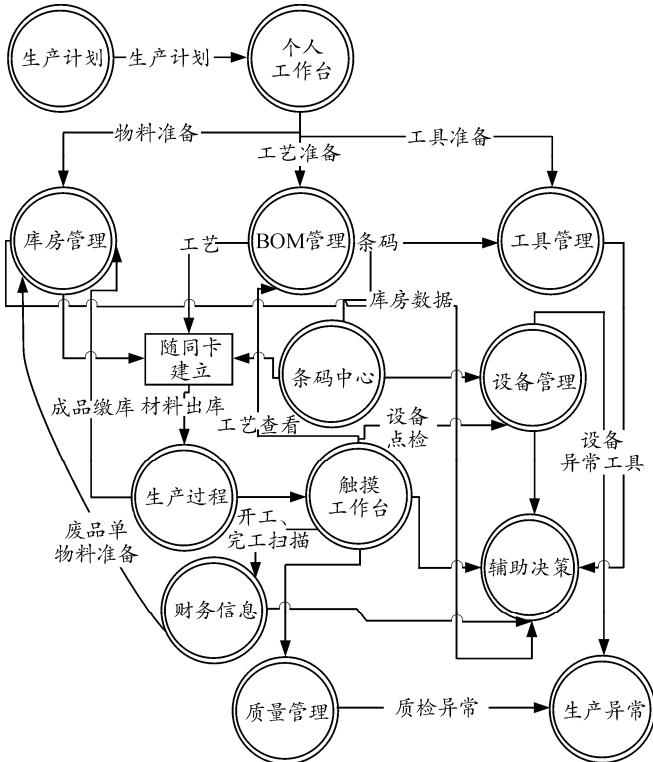


图 2 系统功能模块信息交互流程

每个功能模块实现特定的管理业务，模块间的信息交互体现了实际生产中的业务流程。生产计划驱动生产准备(包括物料、工艺、工具等)，生产过程实现从物料出库、建卡、开工到工件加工完成整个过程的信息采集和管理。其余的功能模块实现生产过程需要的资源条件管理和生产过程采集数据的统计、分析、查询。个人工作台和触摸屏工作台是系统的 2 个主要功能集成界面，提供不同的界面形式实现功能模块的集成，方便不同用户对系统功能的操作。该炮厂 MES 系统功能模块间的信息交互流程如图 2 所示。

2 系统体系结构

该炮厂 MES 系统依据平台化的设计原则，采用面向服务、组件化、面向对象和多层架构等技术构建基于 SOA 架构上的增量迭代系统，同时采用 B/S 模式，实现了业务逻辑、数据存储和客户端界面的分离，保证了系统的扩展性、高维护性和可复用性，以便适应企业不断变化的需求而做出快速响应^[3]。整个系统采用层次化的软件体系结构，整体结构如图 3 所示。

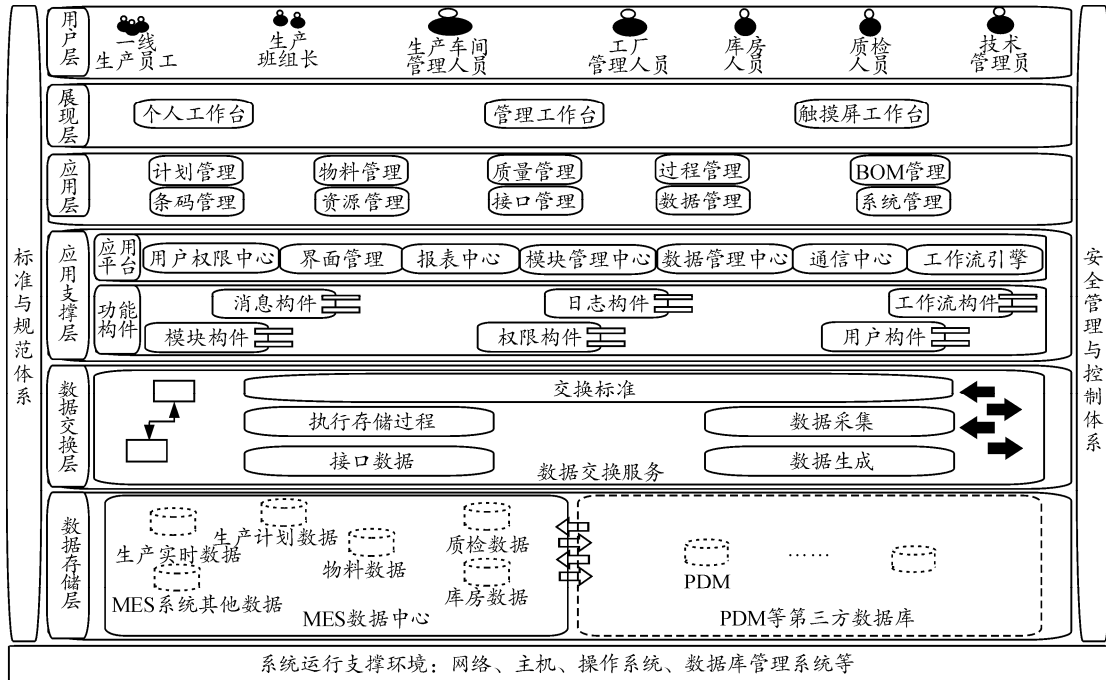


图 3 MES 系统体系层次结构

图 3 中，底层是系统的运行支撑环境，包括网络、主机、操作系统、数据库管理系统等。左右两边是系统设计需要遵循的标准规范、安全管理与控制体系，中间部分为 MES 系统的体系层次结构^[4]。

每层说明如下：

数据存储层：在关系数据库的基础上，建立系统业务需要的数据实体，实现业务数据的结构化存储。不同类别的数据实体构成不同逻辑数据库，实

现数据的分类存放。同时建立与 PDM 等第三方系统的数据库连接。

数据交换层: 实现不同格式数据的转换和不同系统之间数据的交互。封装面向数据库的连接与操作, 使模块与数据库之间不用直接交互, 保证了模块的可重构性。

应用支撑层: 提供应用层模块需要的通用构件、保证系统正常运行的基础构件以及实现系统平台化的相关模块, 保证了系统的灵活性和可维护性。

应用层: 依据具体的业务功能, 定制开发的软件模块。模块基于基础构件快速开发, 接口标准, 能很方便地集成进系统框架, 保证了系统的可定制性和可扩展性。

展现层: 将系统的功能模块按不同的使用需求进行直观展现, 展现的形式与使用的用户群、使用的硬件环境、使用的习惯有关。展现界面可以快速定制。

用户层: 针对不同的用户, 赋予不同的角色, 具有不同的权限, 可以使用不同的功能。充分保证了使用的方便性和信息的安全性。

3 系统软硬件架构

1) 系统软件架构。

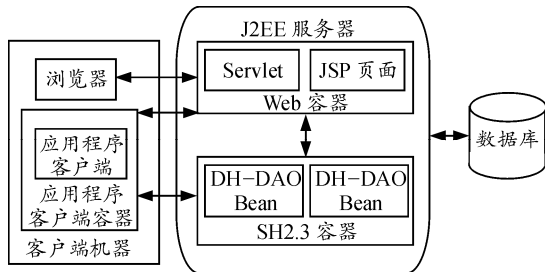


图 4 采用 J2EE 技术开发三层 B/S 系统软件架构

在开发三层 B/S 架构的软件系统技术中, J2EE 技术在应用前景和应用广泛性上都是最好的^[5]。该炮厂 MES 选用 J2EE 技术进行开发。其架构如图 4。

SQLServer2008 是以高级结构化查询语言 (SQL) 为基础的大型关系数据库, 是目前最流行的数据库之一。同时 SQLServer2008 提供了高级安全性解决方案, 保证数据的安全性和完整性; 因此, 数据库平台选用 MS SQLServer2008 数据库。

2) 系统硬件架构。

该炮厂 MES 系统采用数据集中管理、分布式应用的三层 B/S 系统架构模式, 系统的数据和应用集中部署在总厂技术处的机房, 各个分厂的计算机通过集团内部网络以网页的形式访问 MES 系统。系统总体网络结构如图 5 所示。

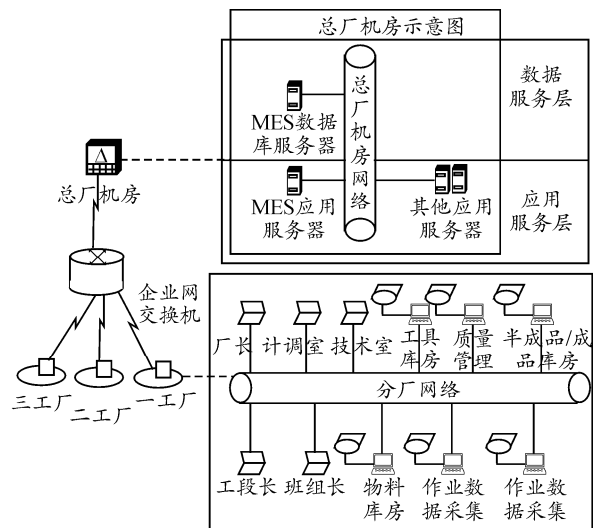


图 5 MES 系统总体网络结构

在每个工厂内部包括计算机、触摸屏、扫描枪、交换机等硬件设备。硬件架构如图 6 所示。

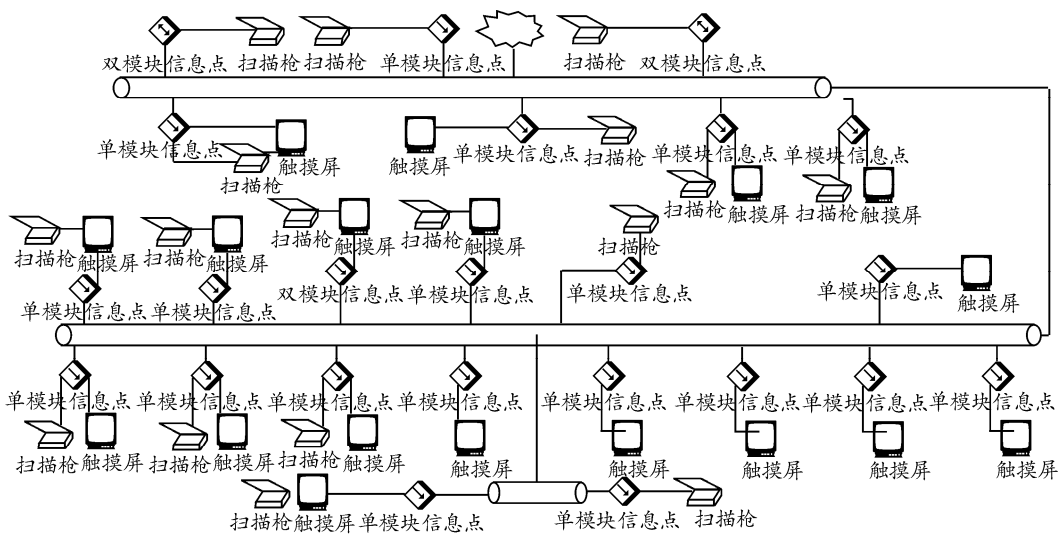


图 6 工厂 MES 系统硬件架构

4 系统作用及实施效果分析

该炮厂 MES 系统为企业建立起了规范的生产过程信息管理平台,使生产现场控制层与管理层之间的信息互联互通,提高了生产管理的效率,促进了精益生产管理的推行。通过 MES 系统的成功实施应用,证明系统具有以下作用和效果。

1) 生产计划与生产准备计划同步生成,促进生产准备全面及时执行。

生产准备情况关系到生产过程中是否需要停顿、等待的问题,对生产过程的连续性有重要影响。在实施系统前,生产准备情况通常只能靠人员电话或跑各部门进行了解,费时费力,很难全面及时。MES 系统以生产计划为驱动模型,全面推进工厂生产准备工作。当分厂计调人员编制的月生产计划经领导审批后,MES 系统自动根据月生产计划生成生产准备信息内容,发布月生产计划的同时发布生产准备计划给相关部门。在计划执行前可以随时检查生产资源准备情况,以保证生产开始时及时可用。

2) 生产过程数据及时采集和统计报表自动生成,便于精确掌控生产过程。

在系统实施前,生产过程的管理存在“黑箱”问题,如分厂到底生产了什么、生产了多少、如何生产的、生产品质怎么样等。这些信息的获取,只能通过人员填写的报表反馈,或是电话汇报,信息获取非常不及时,导致分厂的管理层不能及时有效地下达管理指令,制约了管理措施的有效实施。该炮厂 MES 系统通过工人生产现场扫描数据,收集工厂生产实时数据,以过程数据为驱动,实现各类过程统计报表、情况分析报表的自动生成,为分厂领导精确掌握分厂的生产进度、任务达成度、产品品质等生产过程状况并作出科学决策提供依据。

3) 各类电子看板直观显示,保障顺利推进生产。

在实际生产过程中,生产图纸、工艺文件、随同卡等文件资料是随着工件一起在生产各环节进行流转。在开始加工工件前,需要人工查找、翻阅加工相关的配套资料,费时费力、效率低下。实施 MES 系统后,由于系统提供了一种信息集中共享的手段——电子看板。加工过程中的工艺、物料、进度等相关数据通过处理、分析,整理成适合看板显示的信息格式进行展示。看板种类包括生产进度看板、工艺看板、工具看板、物料看板、设备负荷看板、质量看板等。电子看板通过触摸屏、车间的大

屏幕显示终端等进行显示,加工人员能方便地查询需要的加工工艺、零件设计图、物料、工装、工具、加工进度等信息。这种方式克服了传统人工管理查询生产资料的弊端,大大提高了查询效率,使工件的生产顺利推进。

4) 生产异常及时采集、主动上报,有助于异常的及时有效处置。

生产中的异常情况严重影响生产的进度和质量。在实际的生产过程中,生产管理人员不能及时掌握生产异常,待生产拖期或生产报废情况出现,造成重大损失时,再对异常情况进行追查,但往往于事无补。MES 系统实施后,建立了闭环的异常汇报处置机制,提供了顺畅的通道。现场人员可以将异常情况(设备故障异常、生产质检废品异常、自定义异常等)输入系统,启动异常处置流程,系统的流程引擎自动将异常情况推送到处理人员的桌面上,并以明显的方式主动提醒。这样便于及时处理异常,快速恢复生产,保证了生产任务的顺利执行。

5) 数控设备加工实现全数字化管理,有效提升数控设备的利用率。

数控设备是产品加工过程中的关键设备,承担了各零件关键工序的加工任务。提高数控设备的利用率,能有效缩短零件的加工周期。在实际生产中,数控设备的任务处于加工的中转环节,任务临时性强、生产准备复杂、调度管理难度大。MES 系统实施后,在 DNC 系统实现数控设备联网运行的基础上,实现了数控设备生产管理的全数字化。由于每个环节的数据能通过现场的触摸屏和条码扫描设备及时方便地输入系统中,因此数控设备能实现生产任务的及时获取,系统能根据设备的加工能力安排设备当天的加工任务。加工需要的 NC 程序能在线传输到机床,加工工艺及三维立体图能通过触摸屏及时在线查看,加工工具及物料需求能与生产任务一起编制,并下发到相关部门同步准备,这样减少了加工准备时间和设备的等待时间。加工完成后,工厂 MES 系统能在线实时采集完工信息,便于管理人员根据设备情况灵活进行生产调度安排,尽量减少设备的空闲时间。以上措施有效提高了数控机床利用率。

6) 产品加工数据归档管理,有利于产品生产过程的全程追溯。

产品生产过程数据包括加工人员、设备、物料、工具、工艺数据、质量数据等,由于××炮零件品

种繁多、工艺复杂, 因此过程数据量大, 存在海量数据的管理、检索问题。人工管理时, 所有数据均记录在纸质的单据或零散的办公文档中, 不便于管理、检索, 产品加工过程追溯更是费时费力。MES 系统对海量的生产过程数据进行分类归档管理, 提供强大的生产过程追溯功能, 可重现生产过程情况, 使相关人员能非常清楚地了解产品的原材料是什么时间提供的, 接收人是谁, 检验的参数, 产品在生产过程中各环节的时间、技术参数、操作人员、加工设备、检验数据等信息。根据这些信息, 可以综合分析产品的加工效率、加工质量、加工成本等问题, 以便在后续批次的生产中进行调整和改进。

5 结束语

笔者采用了先进的面向服务的系统架构技术和 J2EE 开发技术, 构建了体系开放、功能可配置、模

(上接第 18 页)

$$\begin{cases} \hat{A}_{k/k-1} = \Phi \hat{A}_{k-1/k-1} \\ \hat{A}_{k/k} = \hat{A}_{k/k-1} + K_k (z_{ok} - G_k^T \hat{A}_{k/k-1}) \\ P_{k/k-1} = \Phi P_{k/k-1} \Phi^T + \Gamma \Gamma^T \delta_\beta^2 \\ K_k = P_{k/k-1} G_k (G_k^T P_{k/k-1} G_k + \delta_\eta^2)^{-1} \\ P_{k/k} = (1 - K_k G_k^T) P_{k/k-1} \end{cases} \quad (11)$$

由此得到第 K 发弹开环脱靶量的最优估计值为

$$\hat{x}_{ok} = G_k^T \hat{A}_{k/k} \quad (12)$$

由于闭环校射是滞后校正, 第 K 发弹脱靶量的滤波结果只能用于第 $K+P$ 发弹的校正, P 为第 K 发弹飞行时间内发射的弹数, 故第 $K+P$ 发弹的最佳校正量预测值 U_{ok+p} 为

$$U_{ok+p} = -G_{k+p}^T \hat{A}_{k+p/k} = -G_{k+p}^T \Phi \hat{A}_{k/k} \quad (13)$$

3 仿真计算

假设目标为直径 0.5 m 的圆平面, 距炮口水平面的高度为零, 以零勾径、速度 $V_m=300$ m/s, 向我舰飞行, 飞行速度包含均值为零、方差为 10 m/s 的随机扰动。舰炮射速为 60 rad/s, 开始抗击距离为 1 500 m, 开始射击诸元的方向和高低误差均为 0.8 mrad, 随射距减小而减小, 舰炮武器的方向和高低散布误差均值为零、方差为 0.4 mrad。按一次假设预测脱靶量进行闭环校射, 闭环脱靶量比开环脱靶量显著减小, 以方向为例, 第 101 发弹至第

块可定制的 MES 平台系统。该炮厂 MES 系统目前已成功应用到 $\times \times$ 炮产品的生产过程管理中, 并取得了良好的效果。同时在实施过程中建立了一套完善的建设规范, 能很好地指导新系统的建设和实施, 非常适合在生产模式类似的企业内进行推广应用。

参考文献:

[1] 汤心刚, 孙磊. 自行火炮保障性参数分析与指标确定方法[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(7): 33.
 [2] 刘治红, 严中青. 车间生产管理数字化解决方案[J]. 兵工自动化, 2005(4): 33-34.
 [3] 柴永生, 孙树栋, 周玉兰, 等. 基于 SOA 的制造执行系统信息集成研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2005(8): 95.
 [4] 柴永生, 孙树栋, 吴秀丽, 等. 制造执行系统柔性框架研究[J]. 计算机应用, 2005, 3(3): 680-681.
 [5] 贾小云, 陈桦, 奚宗悦. 基于 J2EE 平台的企业级管理系统的开发[J]. 机电工程技术, 2004, 33(10): 23-24.

108 发弹开环射击和闭环射击的外部误差脱靶量如表 1 所示。

表 1 第 101~108 发开环射击和闭锁射击的方向脱靶量

射击方式	弹序							
	101	102	103	104	105	106	107	108
开环射击	0.68	0.66	0.60	0.56	0.54	0.50	0.46	0.40
闭环射击	0.28	0.26	0.22	0.20	0.18	0.15	0.13	0.09

由表 1 可知, 运用最佳校正量预测模型校射后弹丸命中目标的概率大大提高, 从而验证了大闭环校射最佳校正量预测模型计算方法的可行性。

4 结束语

小口径舰炮武器系统闭环校射能够有效校正大部分系统误差, 提高射击精度, 简化射击准备, 提高反应能力。闭环校射是舰炮武器系统射击校正的发展方向。由于闭环校正是滞后校正, 中口径舰炮射速低、对空射击弹丸飞行时间较长, 弹丸脱靶量之间的相关性弱; 因此, 笔者还将继续对该模型的适用性进行研究。

参考文献:

[1] 汪德虎. 舰炮火控原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 90-103.
 [2] 刘晓亮, 谭守林, 杨宁. 基于目标毁伤情况的常规导弹作战波次规划模型[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(12): 121.
 [3] 黄义. 近程反导舰炮武器系统闭环校射研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2008(4): 25-28.
 [4] 戴耀. 舰炮弹道估计的卡尔曼滤波算法[J]. 火力与指挥控制, 2003, 28(2): 29-31.