

# Design and Implementation of Cooperative Operation and Command Information System for Range Measurement and Control Equipment Cluster

Xiao Wang, Litao Luo, Yuan Yuan

63726 Troops, Yinchuan Ningxia  
Email: wangxiao\_0308@sina.com

Received: Oct. 11<sup>th</sup>, 2018; accepted: Oct. 23<sup>rd</sup>, 2018; published: Oct. 30<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In this paper, a command and control information system is designed and implemented to give full play to the advantages of TT&C equipment cluster in cooperative operations under the condition of mobile participation in high-density TT&C tasks in the region without comprehensive support. Based on .NET platform, the system designs a four-tier dynamic loading framework, realizes the functions of dynamic co-guidance between devices based on dynamic analysis of various types of measurement data, integrated information processing of multi-type measurement and control equipment, dynamic display and loading, and provides a complete and efficient way for rapid construction of lightweight command information system of measurement and control cluster. After the system is completed, the reliability and scalability of the system are fully verified in many real battles of TT&C cluster.

## Keywords

TT & C Cluster, Cooperative Operation, Dynamic Analysis, Guidance and Selection, Command Information

---

# 靶场测控设备集群协同作战及指挥信息系统设计与实现

王 晓, 骆利涛, 袁 媛

63726部队, 宁夏 银川  
Email: wangxiao\_0308@sina.com

收稿日期：2018年10月11日；录用日期：2018年10月23日；发布日期：2018年10月30日

## 摘要

本文针对靶场测控设备集群在无综合保障依托的地域机动参加高密度测控任务的现状，设计并实现了一套在该条件下充分发挥设备集群协同作战优势的指挥信息系统。该系统基于.NET平台，设计四层层内动态加载架构，实现了基于多种类测量数据动态解析的设备间协同动态引导、多类型测控设备的综合信息处理及动态显示加载等功能，为测控集群快速构建轻量化指挥信息系统提供完整、高效的解决方案，系统完成后在多次测控集群实战中对可靠性、可扩展性等进行充分验证。

## 关键词

测控集群，协同作战，动态解析，引导选择，指挥信息

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来，随着作为靶场测控系统骨干力量的机动测控部队装备的不断升级换代，多种新类型、新型号具备新质作战性能的高信息化测控设备逐步列装。多类型、多台套测控设备编组化、集群化执行测控任务成为常态。根据目标飞行姿态、特征点及弹上合作目标和测控设备跟踪性能等因素综合考量，测控设备在不同类型任务中需要选择不同的布设站点[1]，站点一般选择在远离城市人员稀少的地区甚至无人区，综合保障条件差，导致指挥信息系统无法良好的应用于测控集群，从而严重制约测控集群信息化作战能力的提升。

指挥信息系统是军事信息系统的重要组成部分，主要实现指挥控制、通信等功能[2]。

传统的测控系统指挥信息系统以各固定测控站点内布设的测控设备为数据源，以军事通信网络为传输介质，以服务器集群提供大规模运算处理能力，以大量各类指挥控制终端运行指挥信息系统，形成完善的指挥控制体制[2] [3] [4]。现有测控系统应用指挥信息系统的基本条件如下：

- 1) 系统服务器端软件对运算能力要求较高，可靠性要求高，需构建双机或多机热备份系统[5]；
- 2) 系统客户端软件规模大、种类多，应用部署复杂度高；
- 3) 需要专业的软硬件维护团队进行软硬件维护。

测控集群在无依托条件下受保障条件限制，无法满足上述指挥信息系统应用条件。如何设计符合测控集群现状的指挥信息系统，实现集群内设备捕获跟踪性能优势互补并提供即时、全面、准确的跟踪信息、设备状态信息及指挥信息，是亟待解决的问题。

本文针对测控集群无依托条件下综合保障能力差的现实问题，通过良好的结构设计并采用多种动态技术构建了一套可快速部署的协同作战及指挥信息系统，该系统轻量化软件设计、低保障需求及良好的适应性、扩展性，解决了指挥信息系统在测控集群应用难题。最后通过多次实际应用比对验证了系统的应用效果。

## 2. 系统架构设计及功能

### 2.1. 基于四层结构的系统架构设计

系统采用四层架构设计，包括数据交互层、数据格式解析转换层、信息处理显示加载层及显示交互层，系统架构图如图 1 所示。系统综合考虑测控集群设备编组灵活机动的特点，为提升系统适应性，将显示、信息处理与显示加载、数据格式解析转换、数据交互进行分层设计，上下层之间设计的交互接口。层内功能通过多个动态链接库加载而成，动态链接库之间不进行数据交互，防止层内出现内部耦合。整个系统分三个数据流，显示流通过动态构建当前任务需求的显示结构，提供面向三种用户的显示需求；数据汇聚流，将测控设备信息采集后进行格式解析，之后提供信息处理层进行处理；信息分发流，将处理层处理后的信息进行格式转换后发送至各测控设备。通过严格的功能划分设计，三个数据流之间不进行数据流交互。此外，为提升系统适应性，系统可以通过数据库设置各类显示、解析、处理等功能动态构建，为提升系统部署灵活性，XML 格式配置文件可与数据库替代使用。

### 2.2. 数据交互层

网络数据交互功能。基于 WinSocket 实现网络数据收发功能，为系统内与测控设备间数据传输提供支持，同时为控制指挥局域网内数据流量实现指定源组播功能。

### 2.3. 数据格式解析转换层

多类型数据接口接收解析功能。由于测控集群设备多，不同型号设备在信息传输格式上具有很大的

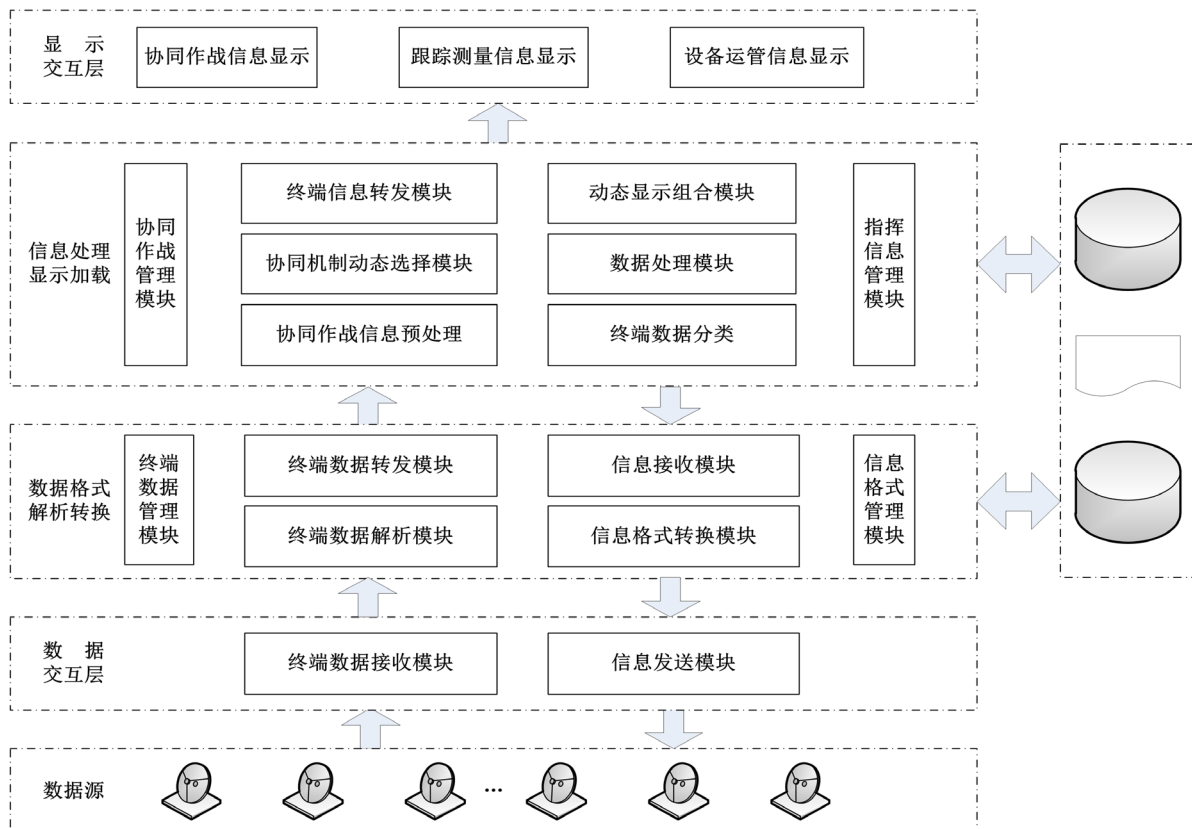


Figure 1. System architecture diagram

图 1. 系统架构图

不同,为适应各类设备的信息传输格式,提升系统应用范围,支持对数据格式进行动态配置,适应多类型数据格式。同时能够将系统产生的数据信息转换为测控设备不同的格式需求。系统除数据库对各类功能进行配置外,必须实现 xml 格式文件配置功能,应用于无法支持数据库的场合。

## 2.4. 信息处理显示加载层

测控集群内协同作战功能。在测控集群多设备协同测量过程中,多类型测控设备具有不同的测量跟踪特性,通常来说目标捕获难度小的跟踪精度较低,捕获难度大的跟踪精度较高[1],部分设备如光电经纬仪对跟踪稳定度要求较高,就需要引导源具备很好的稳定性。除此之外,能够根据测控集群构成,对不同数据源进行分类处理和显示模块动态加载功能,确保指挥信息系统交互层提供良好的数据及功能支持。维护管理功能主要为动态数据解析配置数据格式、动态显示功能配置显示页面、协同作战模块配置引导模式等功能。

## 2.5. 显示交互层

多类型信息动态加载显示功能。信息共享子系统共有三个层面,分为集群指挥员、测控设备指挥员、系统管理员三个交互层抽象功能。集群指挥员获取整个测控集群测量信息、设备状态信息。设备指挥员获取集群跟踪状态信息。系统管理员为掌握系统与各测控设备间链路状态信息。

# 3. 系统关键技术实现

## 3.1. 多类型测量数据动态解析

由于测控集群测控设备类型较多导致设备测量、状态、引导等信息格式类型多且格式各异,综合考虑对数据格式的兼容性,设计多类型测量数据解析子模块,即可实现测控单元的即插即用,即能够将测控设备迅速接入指挥信息系统并快速使用指挥信息系统内信息[6]。为解析多种类数据信息格式,在数据库中设计信息格式表,当有新的数据格式需要系统解析时,在数据库中添加该类型的数据格式定义即可。

如图 2 所示,指挥信息系统传输的数据包基本格式,传统指挥信息系统在数据解析时通过在软件代码中对相应的数据包格式进行解析,本文通过动态获取数据包起始位、当前数据长度、当前位置数据类型的方式动态解析数据包内容。

dataType 为数据类型,Start 为开始位置,Lengthn 为已处理数据长度,dataLength 为当前数据长度,量化单位为 Q。则当前数据 DataNow 如下:

$$\text{DataNow}=\text{DataConvert}(\text{dataType},\text{Start}+\text{Length1}+\dots+\text{Lengthn},\text{dataLength},\text{Q})。$$

系统数据解析模块采用表驱动法实现动态数据解析功能[7]。首先建立网络数据格式的基础类型的枚举类型。DataType 枚举类型中包括测控设备中各类数据包中数据元素的基础类型,如 byte、int、uint、double 等基础类型及部分需要特殊处理的数据类型如 date、time 等。

其次,将与枚举类型 DataType 相同顺序的建立 string 类型数组,其中为各类型相对应的数据格式转换方法,之后通过枚举类型元素的型值与方法名称相对应,并通过反射技术实现动态对应[7]。关键代码如下:

```
static string GetTypeInTable(DataType dataType)
{
    string[] DataConvertMethods = { "DataConvertByte",
    "DataConvertUint16", "DataConvertUint", "DataConvertInt16",
    "DataConvertInt", "DataConvertDouble", "DataConvertString",
    "DataConvertTime", "DataConvertDate" };
    return DataConvertMethods[(int)dataType];
}
```

最后设计 `DataTypeClass` 类，处理各类型数据相应函数。各类型数据格式通过 XML 或者数据库进行定义，手动添加即可。关键代码如下：

```
public void receiveCompleteEvent(object sender, byte[] data, Int32 receivedBytes)
{
    DataTypeClass dataType = new DataTypeClass();
    var convertMethod =
        typeof(DataTypeClass).GetMethod(GetTypeInTable(DataType.byteData),
        new Type[] { typeof(byte[]), typeof(int), typeof(int) });
}
```

### 3.2. 多引导源动态选择

在测控任务开始前，根据测控集群设备跟踪性能对各设备间的引导顺序进行预期设置，如图 3 为系统作战系统配置矩阵界面，在该界面可以通过界面动态连线完成对引导顺序预设。但在实际应用中由于测控设备频率、性能及目标飞行姿态、气象条件等多方面因素[8]，导致实际应用中该预期设置不能满足实际协同作战需求，需要在实战中根据测量数据实时状态进行动态选择协同作战关系。

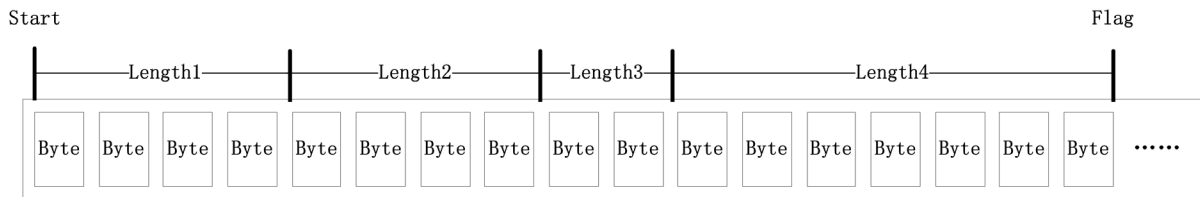


Figure 2. Schematic diagram of dynamic data analysis  
图 2. 数据动态解析模式示意图

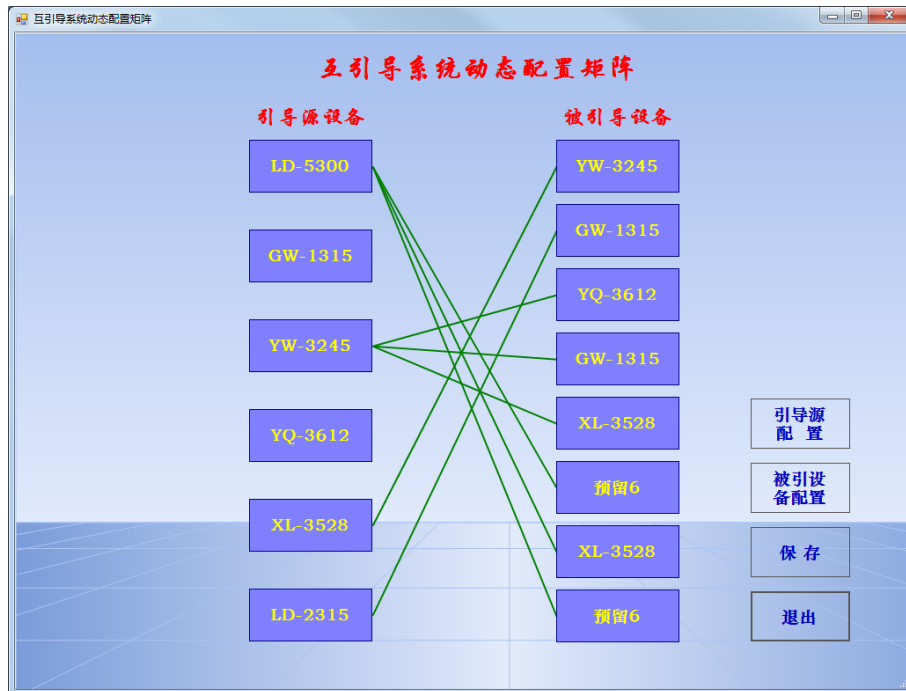


Figure 3. Configuration matrix interface of cooperative combat system  
图 3. 协同作战系统配置矩阵界面

在测控集群任务中，某台测控设备数据源必须满足如下条件才可成为引导源：

- ①该设备锁定目标且测量数据锁定状态为锁定；
- ②该设备跟踪状态为有效跟踪状态，非有效状态无法提供准确引导源；
- ③该设备引导信息与被引导设备在跟踪状态下的引导误差应在波束宽度内。

依据上述条件，系统实时判断测控集群内设备引导源质量，直至找到最优引导源为止。具体流程图如图 4 所示。

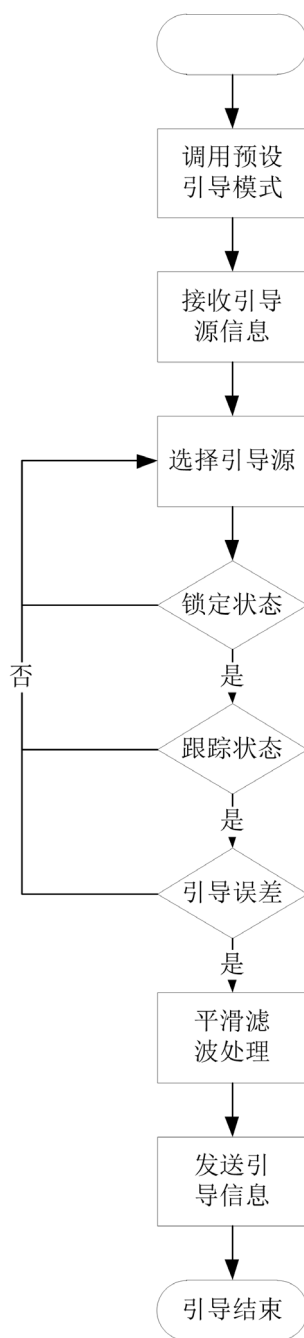


Figure 4. More than 4 flow chart of boot source dynamic selection  
 图 4. 多引导源动态选择流程图



Figure 5. Cooperative operation mode interface  
图 5. 协同作战模式界面

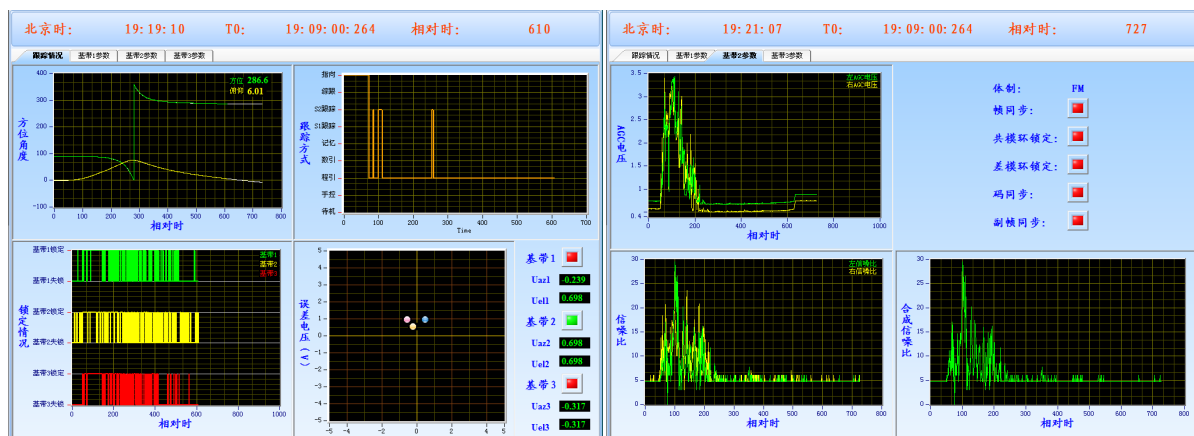


Figure 6. Tracking and measuring equipment and equipment management interface for a certain type of equipment  
图 6. 某型设备跟踪测量及设备运管界面

此外，测控设备对动目标的测量过程中，对动目标的测量受多种因素的影响，在数据采集、处理、传输等过程中会出现野值。野值会影响引导精度甚至导致被引导设备丢失目标[1]。系统根据多种平滑滤波算法在靶场实际应用中的经验，选择 21 点中心平滑算法和最小二乘法，取得良好效果。

### 3.3. 基于显示模式加载的动态构建技术

系统分为四种显示模式：协同作战模式、指挥信息模式、设备运管模式及组合模式。协同作战模式为集群当前协同作战情况显示；跟踪测量模式为指挥员提供当前集群跟踪测量信息，为指挥决策提供依据；运管模式提供集群内测控设备当前运行状态；组合模式为构建最小系统时将上述三种模式进行最优组合后的显示模式。根据历史运行记录可以调用历史显示模式，便于快速生成当前任务的显示模式。如图 5 显示为协同作战模式。

系统根据四种显示模式设计相应显示框架，形成框架、模块、单元三层动态加载方式，在显示单元共设计专用显示控件 97 个，通用显示控件 10 个，是显示模式构建的基础。通过显示单元动态组合构成

**Table 1.** Comparison between the system and the command information system of a TT & C system**表 1.** 本系统与某测控系统指挥信息系统应用性对比

系统名称	状态转换周期(小时)	新增设备方式	备份方式	部署方式	系统最小硬件要求
某测控系统指挥信息系统	8	修改代码	双机热备	固定	服务器 4 台 终端 8 台
协同作战及指挥信息系统	1	数据库或配置文件添加	系统内任意终端均可互为备份	机动	终端 1 台

显示模块, 构成不同协同作战信息、跟踪测量信息、运管信息显示模块, 最后四种显示框架调用相应模块组成完整的显示系统。如图 6 所示, 为某型号设备跟踪测量信息及运管信息界面。

#### 4. 系统应用效果

系统针对野外无依托测控集群开发, 在该条件下的适应性上与原有指挥信息对比, 无论状态转换周期、系统对不同编组适应性以及各类保障条件需求上都具有优势, 具体见表 1。

该系统从 2015 年投入使用后, 截止 2017 年 12 月, 先后应用于近百次机动测控集群机动参试任务, 其中在某综合校飞任务中为 10 个类型近 40 套测控设备完成协同作战及指挥信息保障。

#### 5. 结语

该系统在实际中得到了很好的推广应用, 但与传统的测控系统指挥信息系统相比较仍存在一定劣势。受硬件条件限制, 系统数据综合处理能力不够, 对各类信息综合处理分析并提供辅助决策的能力不足。受测控集群内测控设备跟踪性能、气象条件等因素限制, 在特殊条件下不能够提供持续可靠的引导信息。

#### 参考文献

- [1] 郭军海. 弹道测量数据融合技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- [2] 崔文岩, 孟相如, 赵甜甜, 赵志远. 指挥信息系统任务自愈建模与仿真[J]. 计算机工程与设计, 2016(8): 27-32.
- [3] 杨荣芳. 新型靶场指挥信息系统的软件体系架构研究[J]. 信息科学与控制工程, 2014(8): 105-107.
- [4] 罗小明, 朱延雷, 何榕. 基于复杂网络的信息化靶场体系能力分析与评估[J]. 装备学院学报, 2016(10): 113-118.
- [5] 周雷, 杨学春, 王文普, 宋磊. 指挥信息系统验证支撑软件平台关键技术[J]. 指挥控制与仿真, 2017(3): 130-134.
- [6] 陆敏技. 编写高质量代码改善 C#程序的 157 个建议[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [7] 王汉斌. 指挥信息系统软件可靠性设计[J]. 中国新通信, 2017(10): 31-35.
- [8] 代科学, 孙合敏, 黄志良. 军事网络技术基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [csa@hanspub.org](mailto:csa@hanspub.org)