

有人机指挥控制无人机界面初步设计

岳源, 董彦非, 李隆, 屈高敏
(南昌航空大学,南昌 330063)

摘要: 有人机/无人机协同对地攻击是未来空对地打击的主要作战方式,如何实现有人机对无人机的指挥控制是亟待解决的重要课题。首先,根据有人机对无人机的指挥控制方式建立了有人机对无人机的指挥控制系统架构;然后基于该指挥控制架构设计了有人机指挥控制界面;最后进一步讨论了有人机对无人机指挥控制的方式。

关键词: 无人作战飞机; 有人机; 协同作战; 指挥控制系统; 指挥控制界面

中图分类号: V271.4; E926 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2015)11-0030-05

Preliminary Design of Manned Fighter's Command and Control Interface toUCAVs

YUE Yuan, DONG Yan-fei, LI Long, QU Gao-min
(Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: The cooperation of manned fighters with Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV) for air-to-ground attack will be the main combat mode in the future. How to achieve the manned fighter's command and control toUCAVs is an important topic for study. According to the manned fighter's command and control mode toUCAVs, the architecture of the command and control system is established. Based on which, the manned fighter's interface of command and control is designed. The command and control mode of manned fighter toUCAVs is also discussed in the end.

Key words: Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV); manned fighter; cooperative combat; command and control system; interface of command and control

0 引言

随着无人机技术的发展,无人机已承担起感知和攻击^[1-4]两项战场重要职能。但是由于无人机的智能系统短时间内还不能替代人的思维与判断,需要采用有人机指挥控制无人机组成混合编队来提高作战效率^[5-9]。有人机指挥控制无人机作战完全可胜任空中进攻发起时的空中侦察、电子干扰压制、火力压制和精确打击等任务。有人机指挥控制无人机作战将成为未来空中作战的一种重要方式^[10-11]。

为此,很多国家都开展了相关研究。英国 QinetiQ 公司采用基于智能体的推理方法^[12],实现了有人机对无人机机群战术层次的协调和控制,通过试验验证

了1架狂风战斗机引导 BAC1-11 无人机和3架仿真无人机对地面移动目标执行模拟攻击的过程。美国麻省理工学院开发了一种有人机与无人机间的遥控指挥系统,并于2004年5月利用 F-15 战斗机和 T-33 教练机进行了飞行试验^[13-14]。2014年8月17日,在美国海军的“罗斯福”号核动力航母(CVN71)上,X-47B 舰载无人作战飞机技术验证机与有人驾驶舰载机一起完成了首轮合作式飞行演示验证。

本文根据有人机指挥控制无人机机群的基本方式构建了有人机对无人机的指挥控制系统架构,然后基于指挥控制架构,分析人机交互界面的基本要求,设计了未来有人机对无人机的指挥控制界面。

1 有人机指挥控制系统总体架构

1.1 有人机对无人机的指挥控制方式

有人机和无人机在执行对地攻击任务过程中承担不同职责,这就需要通过相互之间的数据、信息交互,以实现任务的协同。有人机和无人机之间的数据、信息交

收稿日期:2014-12-15

修回日期:2015-01-12

基金项目:航空科学基金(2011ZA56001);江西省研究生创新专项基金(YC2014-S396)

作者简介:岳源(1989—),男,陕西洋县人,硕士生,研究方向为飞行器总体设计与系统仿真。

互需要建立有人机对无人机的指挥控制系统,该系统把战斗机飞行员的指令及时下达到每一个参与协同作战的无人机中,使得每一个无人机数据处理中心在很短的时间内完成对战斗机飞行员的指令下载和解码。

同时,综合战场态势感知的信息进行数据信息处理,然后创建任务管理规划器,控制无人机进行机载武器准备以执行对地打击任务。如果是多无人机协同作战,还可通过任务管理规划器执行群推理,并与请求任务的实体进行通信,而各实体、平台执行个体推理并在任务群之间进行通信。如果任务不能按照预期进行,任务管理器重新“招标”部分或全部任务,以满足任务需求。

指挥控制系统,最关键的功能是实现如图 1 所示逻辑关系:1) 如何对各种数据进行分析,以保障信息的筛选分类,完成重要信息的实时准确传递;2) 如何针对各种数据所反映出来的战场态势做出判断,并根据有人机飞行员的判断对无人机进行任务分配。

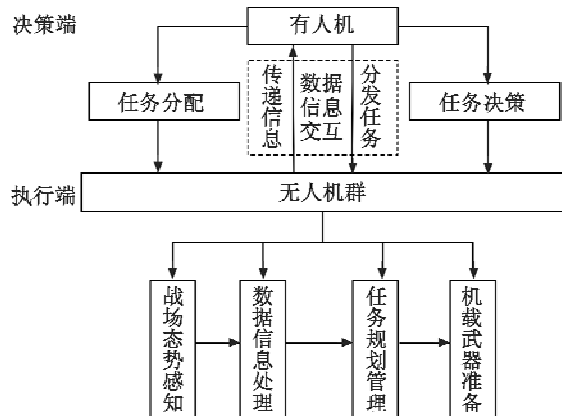


图 1 有人机指挥控制无人机逻辑关系

Fig. 1 The command and control logical relationship of manned fighters to UAVs

在确定的有人机指挥控制无人机逻辑下,需要一定的软硬件配合。一般地,需要设计有人机和无人机交互平台,但是随着无人机传感器的发展,有人机和无人机混合作战编队中接收的信息量和分配的任务量大量增加,单一的人机交互平台不能满足有人机对无人机的指挥控制,因此需要面对未来需求设计有人机对无人机的指挥控制系统。

1.2 有人机指挥控制系统架构

有人机对无人机的指挥控制是一个十分复杂的问题,涉及到有人机自身传感器信息处理、无人机平台自主控制、有人机和无人机之间的链路通信以及人机交互等多方面内容。

基于当前和未来一段时间内可达到的技术,可以预测的是有人机指挥控制系统将基于语音和触屏(按钮)两种控制方式。该系统能够使有人机飞行员发布任务级语音命令给无人机,通过有效的人机交互接口,语音

命令转换为无人机可执行的任务指令,通过在线的任务管理调度和实时路径决策,生成无人机执行任务的航路点数据,从而引导无人机规避威胁和执行任务。

采用语音控制方法是目前实施人机协同的重要手段,成熟的有波音公司和麻省理工学院的 SEC 项目的系统结构^[15-16];触屏(按钮)控制可以作为另外一种有效的控制方式为飞行员提供多种选择,改善操作体验。

基于上述分析,指挥控制系统主要分为 5 部分,即人机交互接口、机群链路通信接口、机群任务管理和调度模块、任务解算和智能决策模块、战场态势信息综合处理模块。系统的总体架构如图 2 所示。

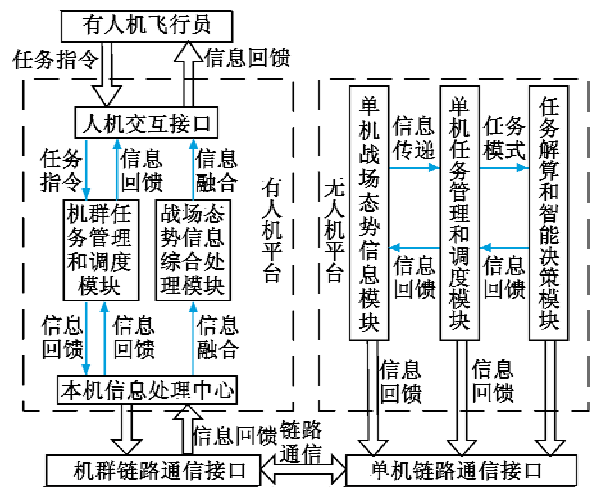


图 2 指挥控制系统架构

Fig. 2 The architecture of command and control system

人机交互接口是飞行员下达指令和无人机传回信息的重要平台。通过有效的人机交互界面对飞行员显示无人机传回的信息,对无人机系统解码飞行员下达的指令。在该界面中,飞行员可以采用自然语言和触屏(按钮)交互方式下达指令。通过命令识别理解模块可以完成对飞行员的语音识别和文本命令理解,同时提取关键任务参数,将其转化为无人机能够识别的任务指令。当无人机传回信息时,也通过人机交互接口将所反馈的信息转化为语音或文本显示在人机交互界面上。

机群链路通信接口实现有人机向机群中各个无人机下达任务指令、机群各个无人机向有人机回馈信息的功能。通过专用的数据链格式实现信息和命令的转换,使所有信息按照数据链报文格式传输。

机群任务管理和调度模块实现对整个机群任务的管理和调度,该模块既可以具体管理某个无人机,也可以以机群为单位下达指令,它负责解析有人机下达的任务指令,接收机群战场态势信息使得机群响应决策信息。同时,无人机单机布置单机战场态势信息模块,使得无人机可以自主地进行任务管理和调度。当需要有人机实施干预时,有人机指挥平台可以超越该模块

直接从机群任务管理和调度模块向无人机下达指令。

任务解算和智能决策模块将当前待执行的任务模式解算为无人机控制系统可以理解的信号,通过无人机智能决策模块,实现无人机飞行姿态的调整、航路的重新规划、攻击武器的选择等无人机即将执行的动作,同时将要执行的动作信息传回有人机。

战场态势信息综合处理模块综合无人机传感器、有人机传感器所接收的战场环境信息,同时也接收指挥中心传来的战场环境信息,诸如气象条件、地形地貌、火力威胁、敌友态势等信息。这些信息一方面通过链路通信接口传回有人机,另一方面传给任务管理和调度模块,为其选择任务模式提供信息支持。同时,该模块也在无人机上布置,形成单机战场信息态势模块,使得无人机也具备战场态势分析能力,并将其分析结果通过链路通信接口传给有人机,从而实现动态的战场态势信息流。

该指挥控制架构主要实现有人机在无人机任务执行过程中对其飞行、通信、载荷和任务等多个层面进行有效监管、指挥和控制的功能,因此,在具体实现该架构时应该满足以下要求。

1) 实现完整的信息流。既要满足有人机向无人机传输作战指令,又要满足无人机能够实时将情报数据、态势信息回馈给有人机。这就要求指挥控制系统实现完整的信息流,从而实现有人机和无人机之间的互联、互通、互操作。

2) 简洁高效的人机交互界面。一方面,有人机对本机操控需要飞行员投入巨大精力,如果人机交互界面不简洁,将增大飞行员的负担;另一方面,因无人机不能直接识别飞行员下达的指令,界面需要足够高效,有利于有人机和无人机的相互理解。

2 有人机指挥控制界面设计

有人机/无人机指挥控制系统的实现,需要硬件设备的同步支持,其中,有人机指挥控制界面将直接承担有人机对无人机的指挥控制。有人机对无人机指挥需要指挥控制系统做到两点:1) 有效融合无人机传来的战场信息;2) 辅助有人机进行战场决策,并传达有人机命令给无人机。有人机对无人机指挥控制界面需要围绕这两点展开。

F-22 的航电系统已经高度综合化,采用了多传感器综合、信息处理技术和驾驶员辅助决策技术^[17]。未来有人机航电系统需要和无人机航电系统信息进行互联互通。可以设想,为有人机航电系统加装更先进的传感器、数据接口,特别是加装无人机数据接口之后,借助大尺寸的显示屏,新一代有人机指挥控制界面可

以全面显示各种信息。此时的有人机指挥控制界面,将实现有人机和无人机信息综合、交互的显示。

以执行典型有人机和无人机协同对地攻击任务为例,有人机对无人机指挥控制界面将显示如图 3 所示的战场环境信息图。显示器主要显示:战场态势、有/无人机位置、无人机编队情况(其中,虚线框包围的无人机表示该无人机默认执行侦察检查任务)、有/无人机参数。其中有/无人机参数包括:本机飞行参数、参与攻击无人机编队信息、编队数据链通信信息、本次飞行姿态。飞行员通过语音解码或者触屏(按钮)实现雷达模式切换、通讯切换、命令切换等功能。

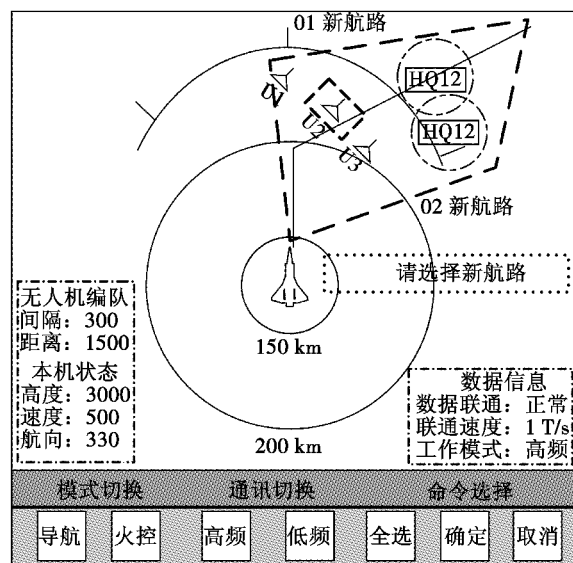


图 3 导航模式下指挥控制界面

Fig. 3 The interface of command and control under the navigation mode

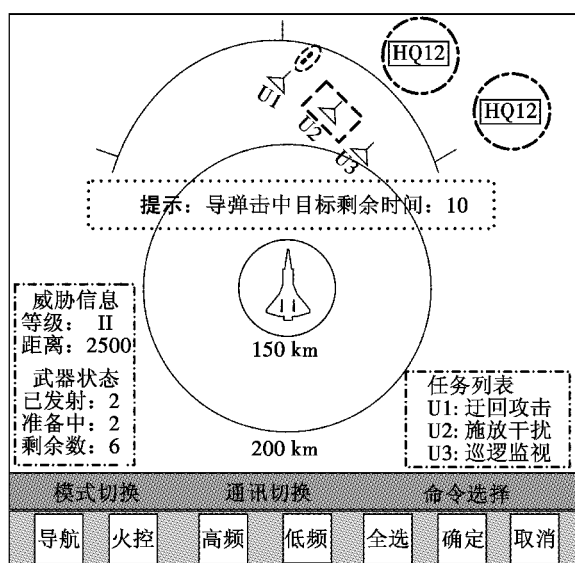
有人机对无人机指挥控制界面设计时,应该充分考虑飞行员的视觉习惯,要使得飞行员信息辨识速度增快、误读率减小、可靠性提高,并能缓解飞行员的心理和生理疲劳^[18-19]。

因此,在界面中应注意左参数、右任务的视觉习惯,即界面左方显示有人机和无人机飞行参数,右方显示当前任务,如果在巡航阶段将显示数据链信息。当飞行员将导航模式切换为火控模式,右方应显示即将下达给无人机的任务列表。同样的,该列表既可以触屏控制,又可以语音控制。

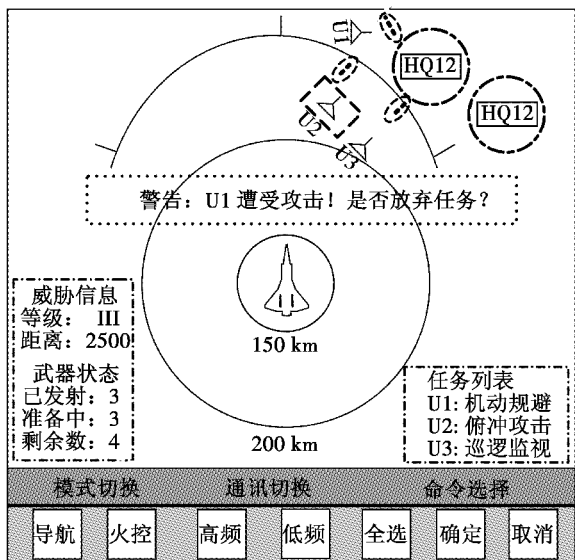
图 3 所示为典型航路规划。当有人机和无人机混合编队巡航飞行时,突然遭遇敌方危险,电子地图发出警告。图中:实线框表示地空威胁,框中的数字表示威胁武器型号为 HQ12 防空导弹;虚线圆表示防空导弹有效攻击半径;同时机载计算机自动进行航路重规划,给出多条新航路,以虚线表示,此时,电子地图上提示“请选择新航路”。这时,飞行员可以语音控制或者点击显

示屏上某条新航路,混合编队便开始执行新航路。

如图 4a 所示,若飞行员决定攻击威胁时,可将电子地图模式选为火控模式。界面左方显示威胁信息和武器状态的信息。其中,威胁信息包括威胁等级、威胁距离信息;武器状态包括已发射导弹数、准备发射导弹数、剩余导弹数目。界面右方显示无人机下达的任务指令。机载计算机根据战场环境和无人机信息对无人机编队自动分配任务,飞行员如不做修改系统将在 3 s 后默认确定,由无人机执行;如飞行员想更改任务,可由信息或触屏进行任务更改;若无人机发射出导弹,界面将对导弹击中的目标进行时间提示。同时,机载计算机将对未来战场状况进行评估。



a 执行攻击命令时指挥控制界面



b 战场状态变化时指挥控制界面

图 4 火控模式下指挥控制界面

Fig. 4 The interface of command and control under the fire control mode

当战场状态没有改变时,未来战场状况信息将在

无人机攻击目标之后提示,如果战场状态发生剧烈变化,界面将提示新的战场变化情况,如图 4b 所示。当战场状态变化,任务列表将根据机载计算机的战场分析自动更新,下达新的任务列表供飞行员选择和无人机执行,同时界面发出危险警告,提醒飞行员重新进行战场决策。

3 结论

基于有人机与无人机协同作战原理,分析了有人机对无人机的指挥控制方式,建立有人机对无人机指挥控制架构。指挥架构不但有利于有人机对无人机指令的传达,也有利于无人机对有人机的信息传递。

基于有人机对无人机指挥控制架构提出了人机交互界面的设计思想,并构建未来有人机指挥控制无人机的人机交互界面。人机交互界面需要依托成熟的软硬件设备,一方面降低装备使用成本,另一方面增强飞行员对交互界面的适应度。

参考文献

- [1] WINNEFELD J A. Unmanned systems integrated roadmap FY2013-2038[R]. Washington DC: Office of the Secretary of Defense, 2013.
- [2] CLAPPER J R. Unmanned systems integrated roadmap FY2009-2034[R]. Washington DC: Office of the Secretary of Defense, 2009.
- [3] CLAPPER J R. Unmanned systems integrated roadmap FY2007-2032[R]. Washington DC: Office of the Secretary of Defense, 2007.
- [4] CAMBONE S A, KRIEGR P P. Unmanned aircraft system roadmap 2005-2030 [R]. Washington DC: Office of the Secretary of Defense, 2005.
- [5] 马向玲,雷宇曜,孙永芹,等. 有人无人协同空地作战关键技术综述[J]. 电光与控制,2011,18(3):56-60. (MA X L, LEI Y Y, SUN Y Q, et al. Key technologies for cooperation of manned/unmanned aerial vehicles in air-to-ground attacking[J]. Electronics Optics & Control, 2011, 18(3):56-60.)
- [6] 祝小平,周洲. 作战无人机的发展与展望[J]. 飞行力学,2005,23(2):1-4. (ZHU X P, ZHOU Z. Development and outlook of the tactical unmanned air vehicle [J]. Flight Dynamics, 2005, 23(2):1-4.)
- [7] 闫晔. 有人机/无人机协同中的交互控制技术研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2007. (YAN Y. Research on interactive control technology for manned vehicle-UAV cooperative mission [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2007.)
- [8] WILSON J L. Unmanned aerial vehicles get ready for prime

- time[J]. *Military & Aerospace Electronics*, 2009(7):45-50.
- [9] 黄长强, 翁兴伟, 王勇, 等. 多无人机协同作战技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 211-218. (HUANG C Q, WENG X W, WANG Y, et al. Cooperative combat technology for multi-UAVs [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012: 211-218.)
- [10] 华人杰, 曹毅风, 陈惠秀, 等. 空军学术思想史[M]. 北京: 解放军出版社, 2008: 306-311. (HUA R J, CAO Y F, CHEN H X, et al. The air force history of academic thought [M]. Beijing: People's Liberation Army Press, 2008: 306-311.)
- [11] 董彦非, 崔巍, 张旺. 有人机/无人机协同空战效能评估的综合指数模型[J]. *飞行力学*, 2014, 32(5): 472-476. (DONG Y F, CUI W, ZHANG W. Integrated index model for cooperative air combat effectiveness assessment of manned/unmanned vehicles [J]. *Flight Dynamics*, 2014, 32(5): 472-476.)
- [12] ROBERTO D, RICHARD L. Flexible UAV/UCAV mission management using emerging technologies [C]// *Command and Control Research and Technology Symposium*, Monterey, 2002: 63-72.
- [13] 史志富. 基于贝叶斯网络的 UCAV 编队对地攻击智能决策研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2007. (SHI Z F. Study on intelligent decision making of air-to-ground attack with UCAV teams based on Bayesian networks [D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2007.)
- [14] 彭辉, 相晓嘉, 吴立珍, 等. 有人机/无人机协同任务控制系统[J]. *航空学报*, 2008, 29(s1): 135-140. (PENG H, XIANG X J, WU L Z, et al. Cooperative mission control system for a manned vehicle and unmanned aerial vehicle [J]. *Acta Aeronautica et Astronautica Sinica*, 2008, 29(s1): 135-140.)
- [15] VALENTI M, SCHOUWENAARS T, KUWATA Y, et al. Implementation of a manned vehicle-UAV mission system [R]. AIAA 2004-5142, 2004.
- [16] SCHOUWENAARS T, VALENTI M, FERON E, et al. Linear programming and language processing for human/unmanned aerial vehicle team missions [J]. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 2006, 29(2): 303-313.
- [17] 杨伟, 季晓光, 赵民, 等. 美国第四代战斗机——F-22“猛禽”[M]. 北京: 航空工业出版社, 2009: 95-111. (YANG W, JI X G, ZHAO M, et al. The America fourth generation fighter F-22 “Raptor” [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2009: 95-111.)
- [18] 庄达民, 完颜笑如. 飞行员注意力分配理论与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 1-3. (ZHUANG D M, WANYAN X R. The theory and application of the pilot attention allocation [M]. Beijing: Science Press, 2013: 1-3.)
- [19] 孙滨生. 现代战斗机座舱布局 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1989: 12-22. (SUN B S. Modern fighter aircraft cockpit layout [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 1989: 12-22.)

(上接第 22 页)

- Materials Science and Engineering*, 2014, 22(7): 75-83.
- [15] MARINHO M M, BERNARDES M C, BO A P L. A programmable remote center-of-motion controller for minimally invasive surgery using the dual quaternion framework [C]// *The 5th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics*, Sao Paulo, 2014: 339-344.
- [16] 周秋生. 测量控制网优化设计 [M]. 北京: 测绘出版社, 1992. (ZHOU Q S. The optimization design of surveying control network [M]. Beijing: Publishing House of Surveying and Mapping, 1992.)
- [17] 於宗涛, 于正林. 测量平差原理 [M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1990. (YU Z T, YU Z L. Survey adjustment [M]. Wuhan: Wuhan Technical University of Surveying and Mapping Press, 1990.)

(上接第 29 页)

- Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2015, 28(3): 297-306.
- [5] 崔立志. 灰色预测技术及其应用研究 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010. (CUI L Z. Grey forecast technology and its application research [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2010.)
- [6] COLORNI A, DORIGO M, MANIEZZO V. Distributed optimization by ant colonies [C]// *Proceedings of the First European Conference on Artificial Life*, 1991: 134-142.
- [7] DORIGO M, BIRATTAR M, STUTZLE T. Ant colony optimization [J]. *Computational Intelligence Magazine, IEEE*, 2006, 1(4): 28-39.
- [8] 张纪会, 高齐圣. 自适应蚁群算法 [J]. *控制理论与应用*, 2000, 17(1): 1-3. (ZHANG J H, GAO Q S. A self-adaptive ant colony algorithm [J]. *Control Theory & Applications*, 2000, 17(1): 1-3.)
- [9] 张凌霜, 王丰效. 基于蚁群算法的灰色模型参数估计法 [J]. *统计与决策*, 2010(15): 159-160. (ZHANG L S, WANG F X. Gray model parameter estimation method based on ant colony algorithm [J]. *Statistics & Decision*, 2010(15): 159-160.)