

组网条件下防空导弹武器系统可靠性建模

龙光正¹, 刘铭², 李灵香³, 张玉玺¹

(1. 空军工程大学导弹学院, 陕西三原 713800; 2. 空军工程大学训练部, 陕西西安 710051; 3. 9594部队, 甘肃兰州 732750)

摘要: 为研究防空导弹武器系统组网后的可靠性建模问题, 探讨了防空导弹武器系统组网原理, 分析了组网的拓扑结构, 对组网条件下防空导弹武器系统的任务剖面进行了研究, 利用网络分析的方法建立了可靠性模型, 并对模型进行了实际解算, 取得了满意的结果。

关键词: 防空导弹武器系统; 建模; 可靠性; 组网

中图分类号: O213.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-3516(2006)05-0016-03

防空导弹武器系统组网作战是未来战争的需要, 也是防空导弹武器系统发展的必然趋势。组网的实质是由防空 C³I 系统将多个防空导弹武器系统火力单元级武器系统紧密交联起来, 实现预警、跟踪、制导等信息共享, 以便于部队使用、管理、机动和重组, 实现反隐身、反干扰的作战目标, 发挥防空导弹武器系统的效能。对组网状态下任务剖面的作战进行仿真建模, 具有很强的现实意义^[1-2]。

1 问题提出

图1是某型防空导弹武器系统(以下也称火力单元)组网的拓扑结构。由图1可以看出, 火力单元组网后, 可以实现: ①各火力单元能够通过网络实时共享战场信息; ②各火力单元能够协同作战, 提高了武器系统的抗干扰能力; ③制导雷达协同使武器系统具备一定的反隐身能力; ④提高系统反应速度; ⑤可变中心控制指挥节点, 具备较强的生存能力。显然, 组网后单个火力单元的组成发生了明显的变化, 它的任务剖面也随之变化, 因此, 其可靠性任务框图也会发生变化, 需要建立有效合理的可靠性模型。

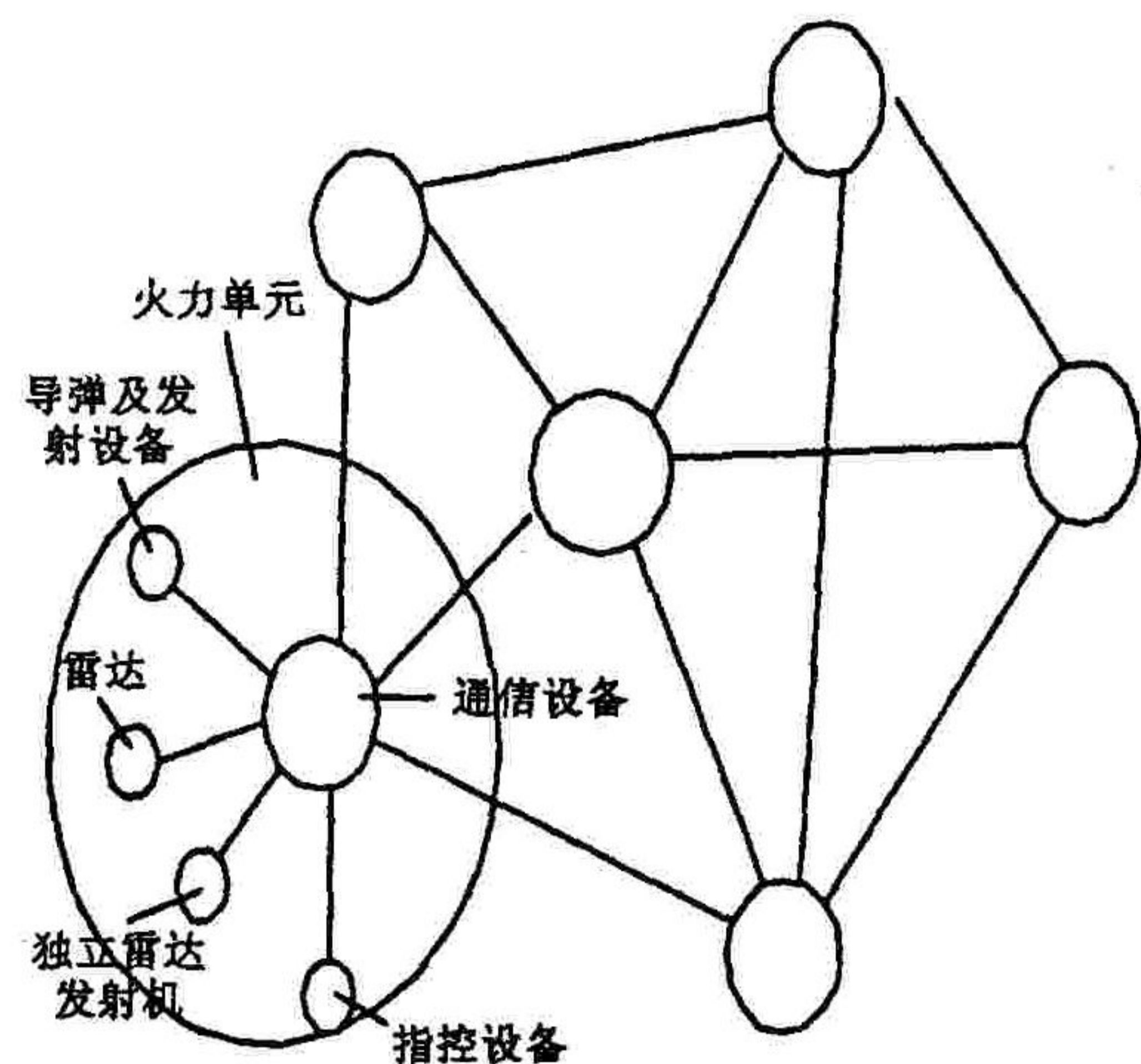


图1 组网拓扑结构示意图

2 建模分析

2.1 组网任务剖面

组网条件下火力单元的任务剖面: 剖面1: 异地制导状态, 对隐身目标实施射击。在上级指挥所情报保障下, 由上级指控中心协调下或本级指控设备发出反隐身请求, 确定选择网内异地雷达发射机和本级制导雷达接收机组合, 由本地雷达对目标实施跟踪、截获, 最后发射导弹拦截目标。剖面2: 单基状态, 对典型目标实施射击。单个火力单元在上级指挥中心协调下, 友邻火力单元和上级指挥所实施情报保障, 本级搜索雷达搜索目标, 然后由本级制导雷达进行跟踪、截获, 由本级指控设备实施射击指挥, 最后发射导弹拦截目标。剖面3: 协同状态, 对干扰目标实施射击。在上级指挥所情报保障下, 由上级指控中心协调下或本级指控设备

收稿日期: 2005-12-28

基金项目: 军队科研基金资助项目

作者简介: 龙光正(1975-), 男, 安徽桐城人, 博士, 主要从事防空作战决策分析、建模与仿真研究。

向友邻火力单元发出协同请求,由友邻火力单元搜索雷达提供目标信息,由制导雷达提供部分目标信息,经本级指控设备实施数据融合后,确保本级制导雷达保持有效跟踪精度,实施跟踪、截获,发射导弹拦截目标。

2.2 组网可靠性逻辑框图

假设:①系统有 $m + 1$ 个火力单元,共配备 $n + 1$ 个独立雷达发射机;②不考虑火力单元具体的部署,任意火力单元都能进行协同;③系统指挥控制中心任务可由任意火力单元配备的指控设备承担,不再单独提出;④上级指挥所在框图中不做描述。火力单元在组网条件下任务可靠性框图(RBD)如图2所示^[3-5]。

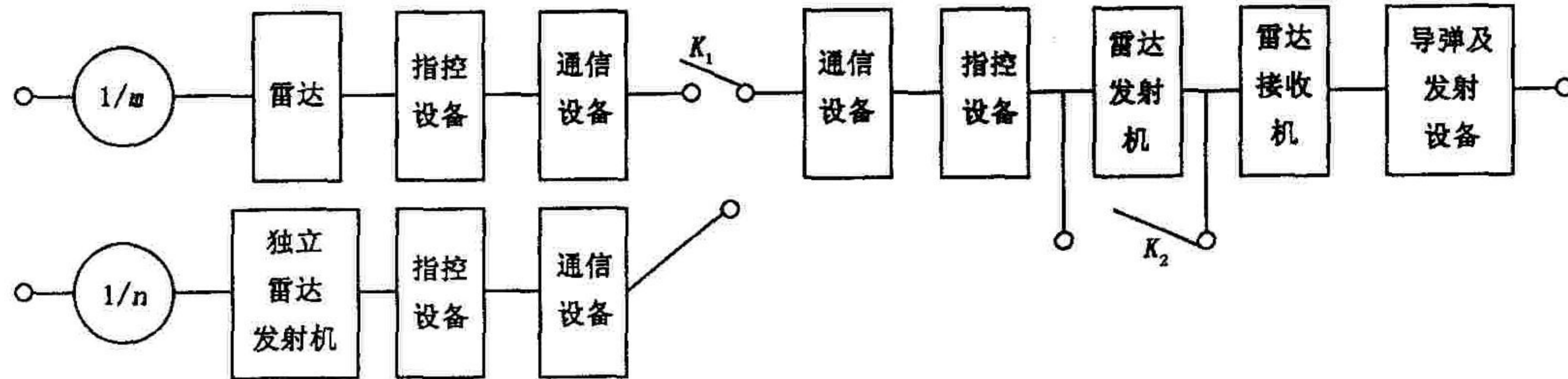


图2 火力单元可靠性框图

其中: $m + 1$ 为系统配备火力单元个数, m 为可参与协同的火力单元数; $n + 1$ 为系统配备独立雷达发射机个数, n 为可进行异地制导的独立发射机个数; K_1 为状态切换开关,指异地制导状态、协同状态、单基状态之间切换; K_2 为状态切换开关,指异地制导状态与异地制导状态之间切换。

1)由剖面1可知,在异地制导状态下,其它火力单元至少1部独立雷达发射机工作,通信网络连通(各通信设备工作),本地、异地制导指控设备工作,本地雷达接收机工作,其可靠性框图如图3。

2)由剖面2可知,在单基状态下,火力单元内通信设备、指控设备,雷达工作,其任务可靠性框图如图4。

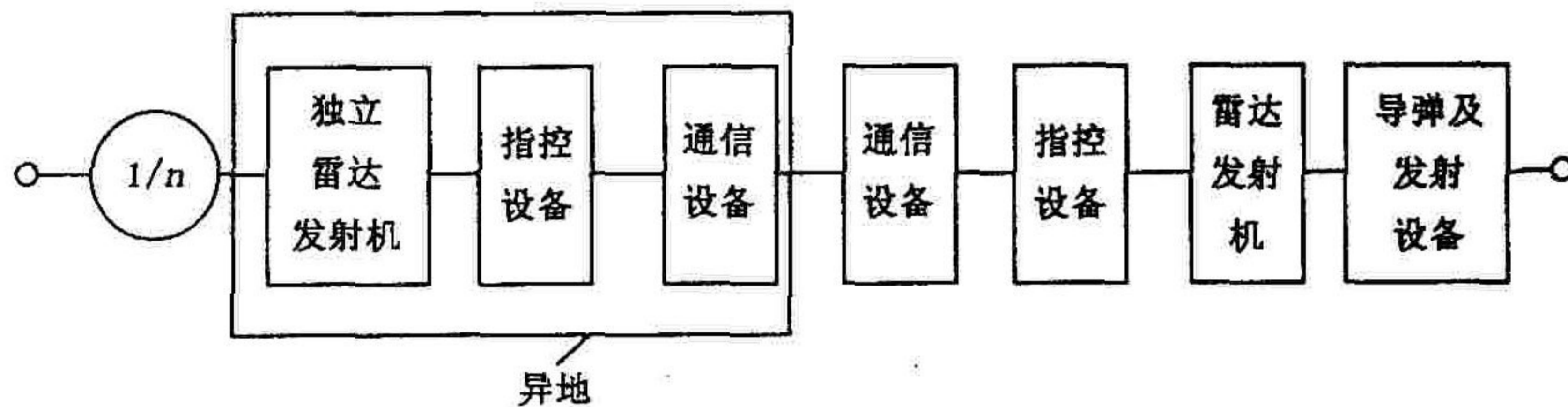


图3 异地制导状态任务可靠性框图

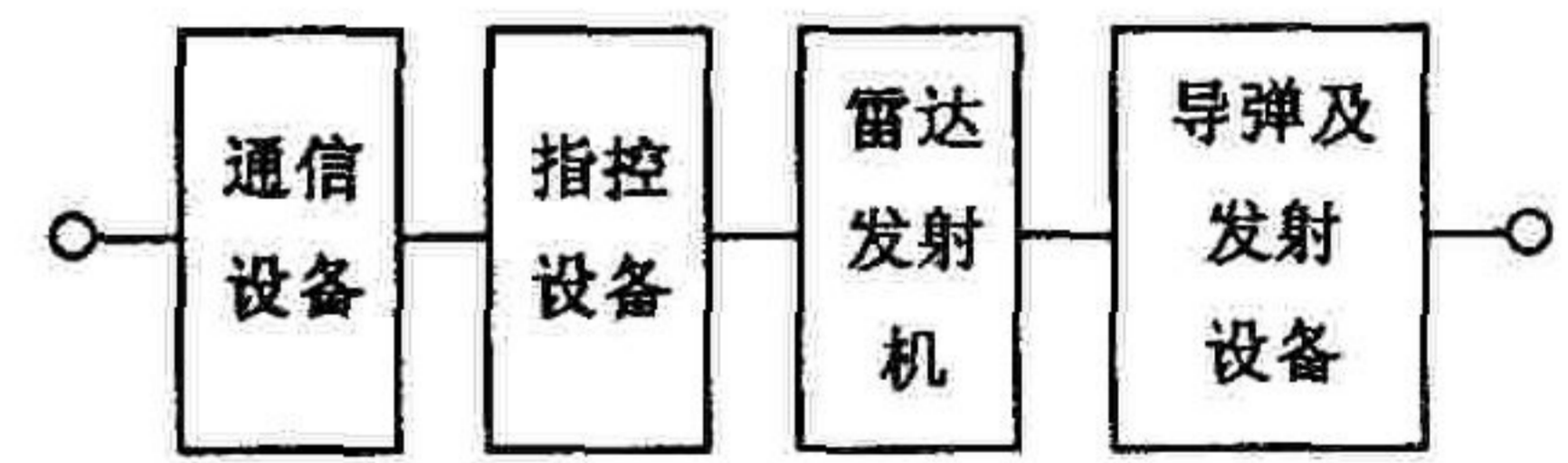


图4 单基状态下任务可靠性框图

3)由剖面3可知,在协同状态下,火力单元内网络连通,火力单元内指控设备工作,火力单元内雷达工作,至少1个友邻火力单元实施协同(该火力单元雷达、指控设备工作、网络通信设备工作),由图2可知,协同状态下单火力单元任务可靠性框图如图5。

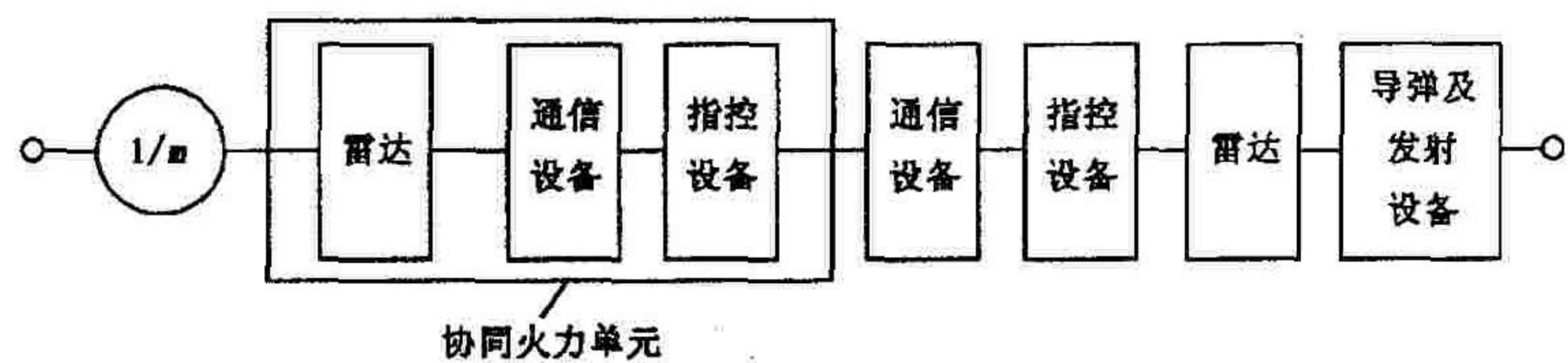


图5 协同状态下任务可靠性框图

4)系统任务可靠度计算

a)异地制导状态下: $MR_1 = [1 - (1 - R_{R3}R_{C2}R_{CD})^n]R_{CD}^2R_{C2}^2R_{R2}R_M$ (1)

b)单基状态下: $MR_2 = R_{CD}R_{C2}R_{R2}R_M$ (2)

c)协同状态下: $MR_3 = [1 - (1 - R_{R1}R_{R2}R_{C2}R_{CD})^m]R_{CD}^2R_{C2}^2R_{R1}R_{R2}R_M$ (3)

以上式中 MR_1 为异地制导状态任务可靠度; MR_2 为单基状态任务可靠度; MR_3 为协同状态任务可靠度; R_{R3} 为独立雷达发射机可靠度; R_{CD} 为通信设备可靠度; R_{C2} 为指控设备可靠度; R_{R1} 为雷达发射机可靠度; R_{R2} 为雷达接收机任务可靠度; R_M 为导弹及发射设备。

3 组网例子

某防空导弹武器系统按照图1所示方案组网后,共配备3个火力单元,每个火力单元包括:1部独立雷

达发射机、1部雷达、1部通信设备、1部指控设备、配套的导弹及发射设备,各分系统任务可靠度如表1所示。数据来源于某型防空导弹武器系统的设计值。

表1 分系统任务可靠度

雷达	雷达发射机	雷达接收机	独立雷达发射机	通信设备	指控设备	导弹
0.928 7	0.951 4	0.976 2	0.951 4	0.997	0.995	0.850

将表1数据代入式(1)、(2)、(3),计算该组网后火力单元的任务可靠度。

1)异地制导状态:

$$MR_1 = [1 - (1 - 0.9514 \times 0.997 \times 0.995)^2] \times 0.997 \times 0.995 \times 0.9762 \times 0.850 = 0.8205。$$

2)单基状态:

$$MR_2 = 0.997 \times 0.995 \times 0.9287 \times 0.850 = 0.7830。$$

3)协同状态:

$$MR_3 = [1 - (1 - 0.9287 \times 0.997 \times 0.995)^2] \times 0.997 \times 0.995 \times 0.9287 \times 0.850 = 0.7782。$$

因此组网前后,火力单元的任务可靠度的变化如表2所示。拦截隐身目标时没有考虑引信与战斗部的配合效率,因此任务可靠度偏大。由表2可知,组网后火力单元初步具备了抗击干扰目标和隐身目标能力。

表2 组网前后任务可靠度

状态	典型目标	干扰目标	隐身目标
组网前	0.789 4	无	无
组网后	0.783 0	0.778 2	0.820 5

4 结束语

文中对某型防空导弹组网建立可靠性模型,并对任务可靠度进行了计算,通过实例应用取得满意的效果。组网条件下的可靠性建模是个新课题,本文主要从火力单元的角度去研究分析,没有涉及组网系统,对于组网系统的可靠性评价是下一步需要研究的问题。

参考文献:

- [1] 刘进忙,唐晓兵,王雷.制导雷达组网数据融合处理精度分析[J].空军工程大学学报(自然科学版),2004,5(2):30-33.
- [2] 朱丽莉.组网雷达作战效能模糊综合评定模型[J].系统工程与电子技术,2003,25(12):1463-1464.
- [3] 胡华平,金士尧.分布式系统可靠性模型[J].计算机工程与应用,1998,16(8):1-3.
- [4] 章国栋,陆廷孝,屠庆慈,等.系统可靠性与维修性的分析与设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,1990.
- [5] 蒋仁言,左明健.可靠性模型与应用[M].北京:机械工业出版社,1992.

(编辑:田新华)

A Study on Reliability Modeling of Air-defense Missile Weapon Systems Networking

LONG Guang - zheng¹, LIU Ming², LI Ling - xiang³, ZHANG Yu - xi¹

(1. The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China; 2. Postgraduate Department of Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China; 3. Army 95948 of PLA, Lanzhou, Gansu 732750, -China)

Abstract: In order to study reliability modeling, an analysis of air - defense missile weapon system networking topology is given and also a discussion on networking theory is given. Mission configuration of single fire unit under networking is studied, and a networking reliability model is put forward with specific calculation. The model is applied to a networking air - defense missile weapon systems reliability modeling, which has perfect effect in both military and economic fields.

Key words: AWS; modeling; reliability; networking