

doi: 10.7690/bgzd.2015.07.006

空中异常情况网络计划处置方法

包林波, 季新源, 陈希林, 杨小亮

(空军空降兵学院二系, 广西 桂林 541003)

摘要: 针对处置空中异常中对时间要求短暂等问题, 提出利用网络计划方法来进行处置。给出空中异常情况处置程序的关键指标参数, 建立了各指标参数的数学模型, 结合近期 M 国无人机抵近我东南沿海侦察实例, 对模型进行了网络计划分析, 得出基于网络计划的空中异常情况处置程序可有效控制处置时间从而达到作战指挥的要求的结论。

关键词: 网络计划; 空中异常情况; 处置程序

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Air Network Anomalies Planned Disposal Method

Bao Linbo, Ji Xinyuan, Chen Xilin, Yang Xiaoliang

(No. 2 Department, Air Force Airborne Academy, Guilin 541003, China)

Abstract: For dealing with air abnormal conditions in time, use network planning method to deal with air abnormal conditions. Put forwards key index parameters of air abnormal conditions dealing program. Establish math model of every index parameter. Combined with the recent M country using UAV in southeast coastal reconnaissance examples, carry out network planning analysis for model. Make the conclusions that air network abnormal dealing program based on network planning can effectively control the dealing time so as to achieve operational command requirements.

Keywords: network planning; air abnormal condition; dealing program

0 引言

空中异常情况, 是指我国领空面临或可能发生的一切非正常情况^[1]。空中异常情况事发突然, 在平时战备工作中只有事先有明确的作战指挥程序, 在出现异常情况时才能处变不惊, 准确指挥, 确保空防安全。通过对近年处置空中异常情况资料的分析梳理可知, 目前, 我军在空中异常情况处置程序方面, 存在着针对性不强、不合时宜的缺点, 指挥内容“相互重叠”和“冗余繁琐”的现象, 导致在处置空中异常情况的过程中, 指挥内容繁琐、指挥程序不顺畅, 贻误战机而失去处置空中异常情况的主动权。而随着现代武器系统本身技术水平和作战需求的不断提高, 迫切需要形成快速有效的空中异常情况处置程序, 从而快速、准确地处置空中异常情况。网络计划就是对一项任务从整体出发, 用系统的观点分析有哪些工作, 以及工作之间的相互关系和先后排列顺序, 应用点、线连结构成网络计划图, 并能对任务进行调整优化。借助网络图, 以计算有关时间参数, 决定关键工序和关键线路, 以便掌握控制任务进程, 更合理地运用人力、物力和资源, 进行统筹安排, 利用较少的时间和较少的资源

完成全部任务。基于此, 笔者对空中异常情况网络计划处置方法进行研究。

1 处置空中异常情况指挥程序模型

1.1 假设条件

考虑到作战流程优化以及推演评估均需要具体的时间指标和自动的评估算法。笔者重点研究指挥程序的数学模型建立以及适应性问题。为了简化和建模方便, 笔者在研究指挥程序时, 做出如下假设: 假设各种作战资源始终满足作战要求; 假设每项工作持续时间是确定的, 不具备随机性。

在以上假设条件下, 处置空中异常情况指挥程序模型的主要指标参数有:

- 1) 处置空中异常情况的总时间, 即从发现目标开始到恢复战备值班结束所需的总时间;
- 2) 指挥程序中每项工作的最早开始时间, 最早结束时间, 最迟开始时间, 最迟结束时间以及总时差;
- 3) 指挥程序的关键路径, 即决定作战总时间的工作线路。

这些参数是衡量作战行动组织和实施效果重要参数, 也是指挥程序优化的基础。

收稿日期: 2015-03-26; 修回日期: 2015-04-21

作者简介: 包林波(1984—), 男, 湖北人, 硕士, 助理工程师, 从事雷达电源装备, 防空作战指挥研究。

1.2 基于网络计划图的指挥程序

处置空中异常情况时, 各级指挥人员都希望对每一个环节充分了解、及时掌握, 并对其进行有效指挥控制, 尽快完成任务。网络计划可以简明地反映各工作之间的相互制约、相互依赖的关系, 能够计算出工作的最早时间和完成时间、工作最迟开始和完成时间以及总时差和局部时差, 从网络图中可以看出哪些工作是关键工作, 并能迅速进行调整。网络计划图一般分为单代号网络计划图和双代号网络计划图, 国外多采用单代号网络计划图, 而我国科研人员多习惯用双代号网络计划图。为了下面建模方便, 现介绍网络计划图中习惯表达:

1) 若某工作在双代号网络计划途中的箭头节点(或称事项)号为 j , 箭尾节点号为 i 。则该工作可以表示为工作 (i, j) , 该工作持续时间为 $T(i, j)$;

2) 工作 (i, j) 的最早开始时间、最早结束时间、最迟开始时间、最迟结束时间、总时差、自由时差可以分别表示为 $T_{ES}(i, j)$ 、 $T_{EF}(i, j)$ 、 $T_{LS}(i, j)$ 、 $T_{LF}(i, j)$ 、 $R(i, j)$ 和 $r(i, j)$ 。

关于网络计划图的绘制规范、要求, 具体详见文献[2]。

1.3 确定处置程序的关键指标参数

关键指标参数的计算关系到网络计划能否实施, 是基础性工作, 可以建立相应的数据库, 帮助网络计划技术的运用。主要方法有单时估计法和三时估计法, 具体详见文献[3]。

1.3.1 最早开始时间和最早结束时间

最早开始时间 $T_{ES}(i, j)$ 是指某项工作开始执行的最早时间。最早结束时间 $T_{EF}(i, j)$ 是指某工作结束的最早时间。处置空中异常情况时, 每项工作都有一个最早开始时间和最晚结束时间。这一点对于制定作战计划尤为重要。利用网络计划图确定每一项工作最早开始时间和最早结束时间时, 可以从网络计划图的起始点开始, 沿箭线方向一次逐项计算, 根据定义可知, 第一件工作的最早开始时间为 0, 记作

$$T_{ES}(i, j) = 0$$

其中 $i=1$ 取 (i, j) 工作存在多项紧前工作时, 根据紧前工作的定义可知, 只能在这些紧前工作都完成后才能开始改该工作。因此此时 (i, j) 工作的最早开始时间为

$$T_{ES}(i, j) = \max\{T_{ES}(k, i) + T(k, i)\} \quad (1)$$

式中: k 表示工作 (i, j) 的所有紧前工作 $\{(k, i)\}$ 中的各个事项。同理, 根据定义可知, 第一件工作的最早结束时间为

$$T_{EF}(1, j) = T_{ES}(1, j) + T(1, j) \quad (2)$$

第一项工作结束之后, 其紧后工作才能开始。

一般可知工作最早结束时间为

$$T_{EF}(i, j) = T_{ES}(i, j) + T(i, j) \quad (3)$$

1.3.2 最迟开始时间和最迟结束时间

利用网络计划图确定指挥程序中每一项工作的最迟开始时间和最迟结束时间时, 需从网络图的终点节点开始。即按照箭线的逆方向一次确定各项工作的最迟结束时间 $T_{LF}(i, j)$ 和最迟开始时间 $T_{LS}(i, j)$, 直到第一项工作为止。

一般地, 最后一项工作 (i, n) (此时, $j=n$) 的最迟结束时间一般由处置需要确定。在未给定时, 可令其等于最早结束时间。根据定义, 一项工作的最迟结束时间等于该工作结束事项的最迟结束时间, 又等于所有紧后事项的最迟结束时间和相应工作持续时间之差中最小的一个, 同时, 也是所有紧后工作的最迟结束时间与相应工作持续时间之差中最小的。可以表示为:

$$\begin{aligned} T_{LF}(i, j) &= T_{LF}(i, j) + T(i, j) = \\ &= \min\{T_{LF}(k) - T(j, k)\} = \\ &= \min\{T_{LF}(j, k) - T(j, k)\} \end{aligned} \quad (4)$$

工作的最迟开始时间为:

$$T_{LS}(i, j) = T_{LF}(i, j) - T(i, j) \quad (5)$$

1.3.3 工作总时差和自由时差

工作的总时差又称工作的总机动时间、工作的总宽裕时间, 它是指不影响指挥空中异常情况总时间 T_Z 的情况下, 某工作可推迟开始或结束的最大宽裕时间。假设工作 (i, j) 的工作总时差为 $R(i, j)$, 则

$$\begin{aligned} R(i, j) &= T_{LS}(i, j) - T_{ES}(i, j) = \\ &= T_{LF}(i, j) - T_{EF}(i, j) \end{aligned} \quad (6)$$

需要注意的是, 工作总时差往往为若干项工作共同拥有的宽裕时间。

工作自由时差, 又称工作单时差, 指的是在不影响某工作紧后工作最早开始时间的前提下, 该工作所具有的机动时间与工作总时差不同, 工作自由时差是某项工作单独拥有的宽裕时间, 其大小不受其他工作宽裕时间的影响。假设工作 (i, j) 的工作总时差为 $r(i, j)$, 则

$$r(i, j) = T_{ES}(j, k) - T_{EF}(i, j) \quad (7)$$

式中 (j, k) 表示工作 (i, j) 的紧后工作。

1.3.4 确定关键工作及处置总时间

在网络计划中，总时差最小的工作称为关键工作。关键工作所有的机动时间最小，如果延长其持续时间就会影响计划工作。确定处置空中异常情况网络计划的关键工作就是要找出网络图中总时差最小的线路。也是各级指挥人员关心的问题，即：

I 处置空中异常情况的总时间 T_Z ；

II 哪些工作直接影响总时间 T_Z 的大小，即哪些工作是关键工作。

第 1 个问题能够使处置人员回答该装备(飞机、高炮等处置单元)能不能在上级要求的有效处置总时间 T_{ZY} 内完成处置任务；第 2 个问题能够使指挥人员回答缩短哪些工作可以直接减小总时间 T_Z 。由网络计划技术可知：如果 $R(i, j)=0$ ，则工作 (i, j) 为关键工作。所有的关键工作组成关键线路，关键线路上每一项工作的持续时间之和为总时间 T_Z 的大小。

2 处置 M 国无人机侦察网络计划分析

2.1 分析过程

假设：1) 假设各种作战资源始终满足处置 M 国无机执行的是侦察任务要求，2) 假设每项工作持续时间不具备随机性。

处置 M 国无人机侦察需要进行 20 项主要工作。各项工作的逻辑关系、持续时间如图 1 所示。

序号	工作名称	持续时间/min	紧前工作
1	发现空中异常情况	1	
2	值班兵力进入一等	1	A
3	xxxx	4	A
4	综合判定目标属性	3	B
5	xxxx	3	D
6	xxxx	2	C
7	xxxx	1	D
8	我机起飞	5	E
9	xxxx	11	G
10	xxxx	2	F
11	xxxx	3.5	H
12	xxxx	3	E
13	xxxx	2	I
14	xxxx	3	K,L
15	xxxx	3	N
16	xxxx	1	M,O
17	xxxx	6.5	M
18	xxxx	2	G
19	xxxx	3	P
20	恢复战备值班状态	2.5	Q,R,S

图 1 处置 M 国无人机侦察各项工作属性

发现 M 国无人机侦察后，指挥人员将关心以下 3 方面的问题：

1) 在上述假设条件下，我日常防空值班兵力能不能在规定时间内完成作战任务。

2) 如果能，所需最少的总时间 T_Z 为多少。如果不能，需要重点在哪些工作上进一步加强。

3) 在能够妥善处置空中异常情况任务的情况下，哪些任务具有宽裕时间，哪些任务没有宽裕时间。

下面是网络计划软件对处置程序进行仿真、推演和计算。首先根据图 1 各项工作的关系，结合网络计划图的绘制原则和方法，可以绘制出处置空中异常情况作战流程图的双代号网络计划图，具体如图 2 所示。

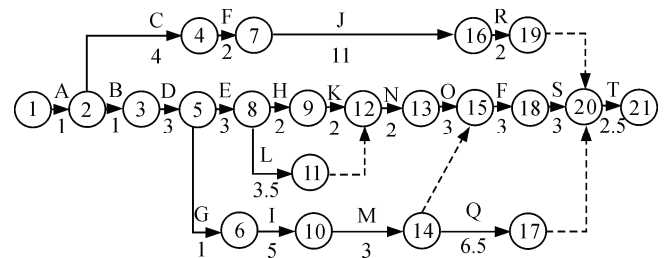


图 2 处置 M 国无人机侦察双代号网络计划

经网络计划软件仿真计算得出各作战指标参数结果，如图 3 所示。

序号	工作代号	紧前工作	最早开始时间	最早结束时间	最迟开始时间	最迟结束时间	总时差	自由时差
1	A		0	1	0	1	0	0
2	B	A	1	2	1	2	0	0
3	C	A	1	5	4	8	3	0
4	D	B	2	5	2	5	0	0
5	E	D	5	8	5	8	0	0
6	F	C	5	7	8	10	3	0
7	G	D	5	6	7.5	8.5	2.5	0
8	H	E	8	10	8	10	0	0
9	I	G	6	11	8.5	13.5	2.5	0
10	J	F	7	18	10	21	3	0
11	K	H	10	12	10	12	0	0
12	L	E	8	11.5	8.5	12	0.5	0.5
13	M	I	11	14	13.5	16.5	2.5	0
14	N	K,L	12	14	12	14	0	0
15	O	N	14	17	14	17	0	0
16	P	M,O	17	20	17	20	0	0
17	Q	M	14	20.5	16.5	23	2.5	2.5
18	R	G	18	20	21	23	3	3
19	S	P	20	23	20	23	0	0
20	T	Q,R,S	23	25.5	23	25.5	0	0

图 3 处置 M 国无人机侦察仿真计算结果

2.2 分析结论

从处置程序的仿真计算结果来看，可以得出如下结论：

1) 处置 M 国无人机侦察的作战任务，所需要

的总时间 $T_Z=25.5$ min 小于 M 国侦察时间(参考内部资料是: $\times \times$ min), 能够按照要求完成作战任务。

2) 由图 3 的数据可知, A, B, D, E, H, K, N, O, P, S, T 的总时差为零。故处置 M 国无人机侦察指挥程序的关键路线 $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow H \rightarrow K \rightarrow N \rightarrow O \rightarrow P \rightarrow S \rightarrow T$, 这些工作直接决定着整个作战所需的总时间 T_Z 的大小, 没有宽裕时间。如果 T_Z 大于侦察时间, 指挥人员应该首先考虑减小上述各项工作的持续时间。

3) 工作 L 单独拥有 0.5 min 的宽裕时间, 工作 Q 单独拥有 2.5 min 的宽裕时间, 工作 R 单独拥有 3 min 的宽裕时间。这些单独拥有的宽裕时间, 不会影响其紧后工作的最早开始时间。

4) 工作 C, F, J, R 共同拥有 3 min 的宽裕时间。即作战时工作 C, F, J, R 可统一提前或统一退后 3 min。类似地, G, I, M, Q 共同拥有 2.5 min 的宽裕时间。

总之, 利用网络计划可以有效掌握各处置指挥环节, 并能及时对突变情况时行决策调整, 使指挥人员指挥关系明确、责权清晰, 控制指挥处置时间, 能很好地解决目前“指挥内容存在着‘相互重叠’和‘冗余繁琐’的现象”^[6]。

3 结束语

网络计划分析表明: 运用网络计划技术能有效

(上接第 23 页)

4 结论

笔者首次将图像分析技术应用于实兵交战模拟系统, 采取“瞄实体, 打数据”的理念, 依据对抗过程与数据判定对抗结果, 实现了对抗过程和对抗结果与真实作战相一致的作战模拟功能, 有效解决了以往各类实兵交战系统毁伤结果判定不准确、对抗结果判定依据不全面等问题, 并具备作战实验功能, 系统的集成度和扩展能力强。该系统的研制使演练人员能够很好地进行实兵、实装训练, 提高了演习对抗实战性、科学性和准确性, 为我军装甲兵部队开展实战化训练及相关研究与实验提供了有力的条件支撑。

参考文献:

[1] 邵学海, 陈璐, 张仁友, 等. 坦克兵作战训练综合仿真实验系统[R]. 北京: 总参军训和兵种部, 2012.

计算指挥程序的各项指标, 能够自动找出处置空中异常情况的关键路径, 在指挥程序上具有很好的应用价值。从原理上讲, 文中研究的数学模型也适用于多批空中异常情况的指挥程序。笔者在研究作战程序数学模型的过程中, 没有考虑各类作战资源(人力、设备、环境等)的约束。如何在多种作战资源约束条件下将该数学模型运用于多批目标作战流程优化, 是需一步研究的重点。此外, 笔者在研究过程中, 没有考虑攻防对抗环境带来的影响, 没有考虑各项工序持续时间的随机性。从长远来看, 攻防对抗环境下的作战流程推演评估, 也是研究的重点。

参考文献:

- [1] 徐洗, 季福新. 空军作战指挥学[M]. 北京: 蓝天出版社, 2000: 273-280.
- [2] 姜明远. 网络技术与空军装备[M]. 北京: 解放军出版社, 2000: 20-32.
- [3] 周赤非. 新编军呈运筹学[M]. 北京: 军事科学出版社, 2010: 75-76.
- [4] 陈榕, 陈邓安, 韩玉龙. 一种空中编队空间协同冲突检测[J]. 兵工自动化, 2014, 32(12): 29-31.
- [5] 白宁, 黄维, 石宇. 基于NTP的航天测控网络对时系统[J]. 兵工自动化, 2014, 32(11): 56-58.
- [6] 张毅. 基于信息优化的加工过程神经网络控制[J]. 机电工程, 2013, 30(10): 1214.
- [2] 张仁友, 王宗祥, 李威, 等. 装甲兵模拟训练系统应用需求与体系构建[M]. 安徽蚌埠: 装甲兵学院, 2011: 68-76.
- [3] 邵思杰, 曹勇, 沈斌, 等. 单兵对抗激光模拟训练器控制系统设计与实现[J]. 装甲兵工程学院学报, 2013, 1(3): 7-11.
- [4] 王雄勇. 基于 DM6446 的视频编码器的硬件设计[J]. 电子设计工程, 2011, 19(9): 173-177.
- [5] 李文斌. 基于 DSP 的射击训练系统设计与实现[D]. 西南交通大学, 2009.
- [6] 张勤, 李家权. GPS 测量原理及应用[M]. 北京: 科学与自然, 2005: 75-83.
- [7] 李广. 模拟实弹激光打靶训练器的设计[D]. 重庆大学, 2005.
- [8] 李兵. 基于 ZigBee 的无线嵌入式设备的设计与实现[D]. 北京邮电大学, 2007.
- [9] 荣明, 王春忠, 王钦钊, 等. 坦克嵌入式车场射击训练系统仿真技术研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 2008, 22(6): 11-14.