Computer Science and Application 计算机科学与应用, 2021, 11(6), 1672-1678
Published Online June 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/csa
https://doi.org/10.12677/csa.2021.116172

Hans汉斯

基于网络计划技术的两栖兵力水路投送时效研究

宋　剑[1]，许二旭[1]，梁妙妍[2]

[1]91976部队，广东 广州
[2]中山火炬置业技术学院，广东 中山
Email: jane0423@163.com

收稿日期：2021年5月10日；录用日期：2021年6月8日；发布日期：2021年6月15日

摘　要

水路投送是两栖兵力投送的重要方式之一，针对两栖兵力水路投送的时效问题，提出一种基于网络计划技术的投送时间预测方法。该方法首先确定各工作的时间参数，找出关键点和关键路线，以最优完成整个计划为目标，组织、调整和控制投送计划进度，提升反应能力和指挥效能。

关键词

两栖兵力投送，网络计划技术

Research on the Effectiveness of Amphibious Force Water Delivery Based on Network Planning Technology

Jian Song[1], Erxu Xu[1], Miaoyan Liang[2]

[1]PLA of 91976, Guangzhou Guangdong
[2]Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan Guangdong
Email: jane0423@163.com

Received: May 10th, 2021; accepted: Jun. 8th, 2021; published: Jun. 15th, 2021

Abstract

Water delivery is one of the important ways of amphibious force delivery. Aiming at the timeliness

文章引用: 宋剑, 许二旭, 梁妙妍. 基于网络计划技术的两栖兵力水路投送时效研究[J]. 计算机科学与应用, 2021, 11(6): 1672-1678. DOI: 10.12677/csa.2021.116172

of amphibious force water delivery, this paper proposes a delivery time prediction method based on network planning technology. This method first determines the time parameters of each work, finds out the key routes and points, and finally takes the optimal completion of the whole plan as the goal to organize, adjust and control the delivery schedule and improve the response capability and command effectiveness.

Keywords

Amphibious Force Delivery, Network Planning Technology

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

两栖兵力投送是指综合运用军队和地方的交通运输力量，将两栖兵力(包括装备、人员和物资)向指定地区实施快速、立体、远程的联合军事行动。其基本投送方式有铁路、公路、水路以及航空投送四种，其中两栖兵力水路投送是以军用舰船为主，民船为辅实施投送任务。水路投送工具是指各种运输舰船，它不是以攻击和防御能力作为构成要素，而是以运输、装载和卸载作为基本要素[1]。

两栖兵力投送上形成了力量多元、构架合理、动员高效的整体体系，而我军在两栖投送上研究起步较晚，投送概念已比较成熟，对兵力投送优化算法有不少研究，其中包括动态网络图的方法，形成了《战略投送基本问题研究》、《海上战略投送能力建设研究》、《战略投送能力分析与评估研究》等一大批研究成果，但对两栖兵力水上投送时效预测主要依靠参与人员的个人经验，使用人工方式编制方案计划。为实现对两栖作战行动的关键支撑，建立新体制下的投送迫在眉睫。用网络计划图表示某次两栖兵力水上投送中各项具体工作的逻辑关系和先后顺序，通过定量计算确定各工作的时间，找出关键点和关键路线，以最优完成整个计划为目标，对时间和资源等进行综合平衡，不断优化网络结构。以此方法的结果为参考，组织、调整和控制计划进度，对研究两栖兵力水路投送时效具有重要的现实意义[2] [3]。

2. 两栖兵力水路投送组织实施程序

两栖兵力水路投送方式包含投送准备、装载组织、运行组织及卸载组织四个阶段，这四个环节所需的时间加在一起构成了总的投送时间。组织与实施程序如图 1 所示。

3. 两栖兵力水路投送组织实施时间网络计划图

网络计划技术是依照任务要求，对尚未开展的工作进行预测，用网络计划对执行的任务或工作进度合理安排与控制，安从而提高工作效率，以保证实现预定目标的科学计划技术。网络计划技术有诸多优点，1962 年美国政府就规定凡是与政府签订合同的企业，都必须采用网络计划技术保证工程质量和进度。我国从 20 世纪 60 年代初期开始在航天系统应用网络计划技术。在军事上，特别在规模庞大、复杂多变的军队指控系统中使用网络计划技术可以得到更大的成效。该方法不受计划规模及复杂程度的制约，直观易掌握，具有系统性、可控性、协调性、科学性等等优点，适合用于两栖兵力水路投送组织战斗时效预测。网络计划图是网络计划技术的基础，主要应用有向图刻画计划编排[4]。

在绘制两栖兵力水路投送网络计划图时，任务划分应适当且表达简化，绘制过程分三步。

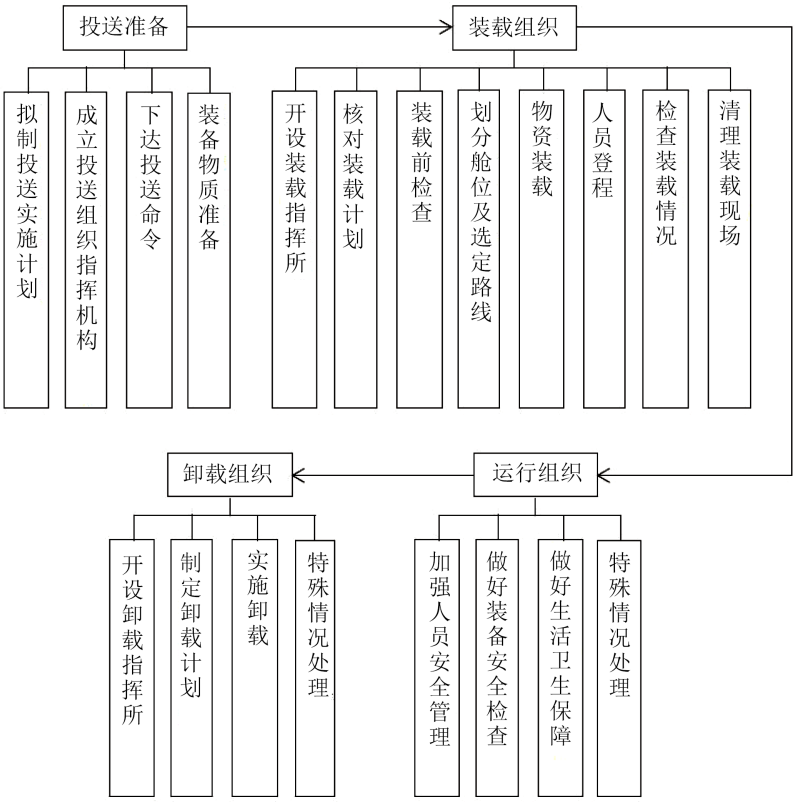

Figure 1. Organization and implementation procedure of amphibious force water delivery
图 1. 两栖兵力水路投送组织与实施程序

3.1. 分解任务

分解任务一是将一个任务根据实际情况分解为一定数目的工作，如投送准备可分解为投送部队受领任务、组织投送勘查、定下投送决心(装卸载地域、完成投送准备时限、主要保障措施等等)。二是明确工作顺序、制约关系和平行关系等逻辑。三是确定每项工作的持续时间，在一定的资源条件下尽可能减少完成任务的总时间。总时间取决于关键线路的长短，因此统筹计划时间调优以缩短关键路线的持续时间为主，措施主要有：① 找寻非关键工作，加速关键工作的进程。具体做法有：在非关键工作的可机动时间内，延长其时间，将其多余的人力、战斗力用于支援关键工作，达到缩短关键线路持续时间。② 分解关键工作，采取交叉和平行作业，该方法对缩短关键线路时间有较好的效果。③ 在机动时间的允许范围之内，延长非关键工作或推迟开始非关键工作的持续时间，解决与关键工作时间分配的矛盾[5] [6]。

两栖兵力水上投送基本工作清单如表 1 所示。

Table 1. Basic work list of water delivery
表 1. 水上投送基本工作清单

工作代号	工作名称	紧后工作	持续时间(h)
A1	组织准备：上级下达投送命令。主要包括敌情、上级指示、部队任务、首长决心，各项准备工作开展及完成时限等等	A2，S1	t_{12}
A2	实施转换：各部(分)队进入战备转换，包括装载战备物资、器材、处置临机情况，掌握和检查各部(分)队完成战备转换的情况	A3	t_{23}

Continued

A3	机动准备：接收上级联合投送命令，拟制上报决心，拟制下达预先号令及知识，掌握和检查各部(分)队完成机动准备情况	S2	t_{34}
S1	水运运力准备：承运部门按投送计划调度运力到场	S2	t_{25}
S2	水上投送序列到达装载地域：向指定码头集结待装载	S3	t_{45}
S3	装载组织：按顺序实施装载、加固	S4	t_{56}
S4	水上投送：按航线投送及保障	X1	t_{67}
X1	卸载组织：开设卸载指挥所、制定卸载计划、实施卸载、特殊情况处理等		t_{78}

3.2. 绘制网络计划图

网络计划图又称为统筹图，用于对各种任务进行计划、指挥与管理的一种方法，使用圆圈、箭头、数字等符号和图形，把投送行动的各个环节和工作项目，按内在联系以及指挥员的设想拟制成网络图，由作业、节点及路线三要素组成，从而对整个计划进行定量分析、调整优化、控制和管理，目的是取得一定约束条件下的最优方法。

3.2.1. 网络计划图的组成

1) 作业

作业是指完成两栖兵力水上投送任务的各项活动过程及其联系，有是作业和虚作业两种。实作业是指需要一定人力物力，消耗一定时间的时间活动。如组织准备、水路投送装载等等。在网络计划图中，用实箭线(→)表示，实箭头线上方标作业名称(或代号)，下方标作业所需时间。虚作业是表明一项作业与另一项作业间的逻辑关系或内在联系，并不是具体的实践活动。如下达预先号令与现地侦察之间的制约关系。在网络计划图中，用虚箭线(⇢)表示，所需时间定为零。

2) 节点

节点是统筹图的基本组成部分，表示某项作业开始或结束的时刻，是箭线两端的连接点，在图中用圆圈表示。将一整个组织任务按需(即粗细程度)分解成若干个需要耗费时间或需要耗费其他资源的子项目(单元)。

3) 路线

路线表示作业之间的连贯顺序关系，是指按箭头的方向从最初节点连续不断地到达终点的一条通路。可以通过实作业也可以通过虚作业，其长度是通过路线上各项节点的长度之和。根据网络计划图中计算出各个路线所需的时间，整个计划的总消耗时间就是最大值。其中，路线中总时间最长的线路是关键路线。

3.2.2. 网络计划图的拟制原则

网络计划图必须具有便于识别、分析和执行等性质，要做到这些，首先就要掌握好网络计划图的绘制规则，然后通过网络计划图计算时间参数，找出关键工作和关键路线，通过不断地改进计划，从而寻求最优方案，以最小消耗取得最大效果[7]。

绘制网络计划图的基本规则归纳为以下四点：

1) 连通性原则

在一个完整的网络计划图不能发生中断，从网络计划图的最初节点(即整个网络计划图的第一个节点)出发，沿着箭线所指方向到达最终节点(即整个图中的最后一个节点)，或从最终节点出发沿着箭线所指方向到达最初节点。

2) 非回路性原则

工作具有时间上的不可逆转性，因此网络计划图中就是指图中不能出现工作循环执行的情况，这就是非回路性原则。

3) 节点编号原则

网络计划图通常由左向右绘制(即箭头方向指向右方)，注明作业名称、时间等必要信息，表示作业进程。一个节点有一个编号，编号顺序随箭头方向增大，相邻节点之间只能有一条箭线，表示一项作业，虚作业应尽量少。

3.2.3. 某次水上投送行动的网络计划图

某次两栖兵力水路投送网络计划图如图 2 所示，原理解释如下：

第一阶段：投送准备。被投送部队接到部署命令后做好人员、装备、物资准备，承担投送任务的部队或机构接到任务后做好运力准备。由于部分工作通常同时进行，因此单向工作时间的最大值决定了这一环节的最终时间。

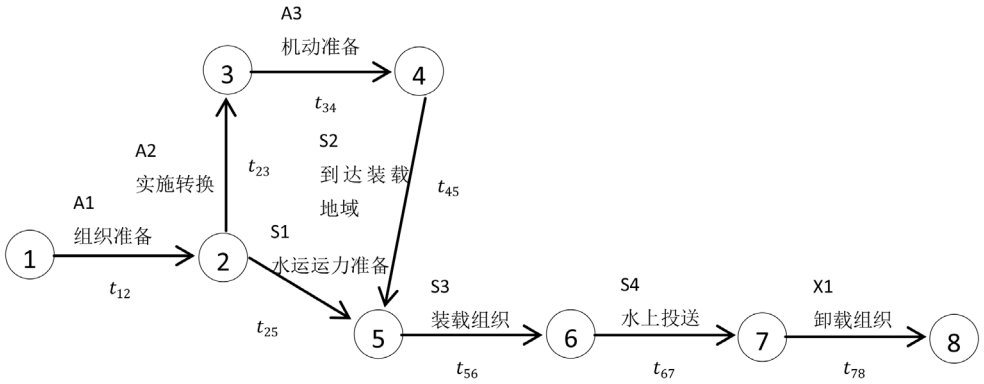

Figure 2. Water delivery network plan
图 2. 水上投送网络计划图

第二阶段：装载组织。在被投送部队、运力到达装载点后开始组织实施。待装载兵力的类型和投送工具的特性影响着装载所需时间。以美国民用船只的装载为例，其装载时间如表 2 所示，不同型号装载时间的差异较大[8]。

Table 2. US civilian vessel loading schedule
表 2. 美军民用船只装载时间表

装载船只种类	装载时间(h)
快速海运船	45~72
大型中速滚装船	72
辅助起重船	70~95
西比式载驳船	79~92
集装箱船	88~136
拉西式载驳船	232~264

第三阶段：投送阶段。投送时间为船只离开装载点到卸载点之间的时间。投送距离的长短、投送工具的航行速度、停靠点的数量、停留时间等都是影响投送时间的主要因素。

第四阶段：卸载阶段。卸载时间有更大的不确定性。待卸载兵力的类型和投送工具的特性影响着装载所需时间。同样以美国民用船只的卸载为例，其卸载时间如表 3 所示，不同型号卸载时间的差异较大，其中辅助起重船、西比式载驳船、集装箱船以及拉西式载驳船的装卸载时间一样。

Table 3. US civilian ship unloading schedule
表 3. 美军民用船只卸载时间表

装载船只种类	卸载时间(h)
快速海运船	24~36
大型中速滚装船	48
辅助起重船	70~95
西比式载驳船	79~92
集装箱船	88~136
拉西式载驳船	232~264

3.3. 投送时间计算

3.3.1. 每项工作持续时间

投送的每项工作持续时间可通过单时估计法或三时估计法两种方法得出。如具备类似工作持续时间的历史资料，根据资料采用分析对比，从而确定所需工作的持续时间；如不具备有关工作持续时间的历史资料，应对工作进行估计乐观时间、最可能时间和悲观时间值的数据，后计算平均值为该工作的持续时间。

3.3.2. 总时间

两栖兵力水上投送总时间是关键线路上各关键工作时间的总和。关键工作需要的时间是使用概率计算得出的估值，各工作时间之间相互独立，各工作时间之和组成的水上投送完成时间 T_m 服从正态分布，根据概率论中期望值与方差的求法，可得关键工作所需时间的期望值、方差如下所示：

$$T_m = \sum_{k=1}^{n} t_k = \sum_{k=1}^{n} \frac{a_k + 4m_k + b_k}{6}$$

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^{n} \sigma_k^2 = \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{b_k - a_k}{6} \right)^2$$

其中 $k = 1,2,3,\cdots,n$，k 为关键工作，n 为关键工作数，t_k 为关键工作所需要的时间。

在规定时间内该次任务完成的概率为：

$$\mathrm{P}\left(\mathrm{T} \le T_f\right) = \int_{-\infty}^{T_f} N\left(T_m, \delta^2\right) \mathrm{dt} = \int_{-\infty}^{\frac{T_f - T_m}{\sigma}} N\left(0,1\right) \mathrm{dt} = \varnothing\left(\frac{T_f - T_m}{\sigma} \right)$$

其中 T_f 是规定的总完成时间，$\mathrm{T} \le T_f$ 表示实际工作时间 T 需在规定的总完成时间 T_f 之内，概率要求的完成时间 T_d 为

$$\mathrm{P}\left(\mathrm{T} \le T_\mathrm{d}\right) = \int_{-\infty}^{\frac{T_d - T_m}{\sigma}} N\left(0,1\right) \mathrm{dt} = \int_{-\infty}^{Z} N\left(0,1\right) \mathrm{dt} = P_d$$

其中 T_d 是一次任务的完成概率。

查正态分布表查得一次任务时间的标准值为：$T_\mathrm{d} = Z\sigma + T_\mathrm{m}$。

当实际投送时间小于等于投送时间的标准值时，认为该次两栖兵力水上投送组织实施效能发挥充分，

投送时效为 1；当实际投送时间超过了标准时限时，认为投送时效未满足要求，投送时效需考虑拖延时间而损失的效能[8]。

4. 结束语

两栖兵力水上投送时效预测，若要评估时效，除了要知道该次投送任务的实际完成时间，还必须要先确定完成任务的最可能时间，即正常情况下各项能力的最可能值。由于运输部门未对投送各阶段时间进行大数据搜集和统计，数据样本很少，导致根据现有数据得出的时间平均值只能称之为参考值。两栖兵力水上投送任务包含多工作、多线路，使用网络计划技术可以科学统筹规划。

网络计划技术通过对网络计划图进行时间参数计算，找出关键工作和关键线路，通过改进计划寻求最优方案，保证合理的投送，达到了时效优化的目的，实现了计划中各时段工作量的相对均衡。虽然我们运用网络计划图对整个计划可进行调优，但在实际生活中各种条件是时刻变化的，比如在执行任务的过程中可能出现舰船问题、人员紧缺、天气恶劣等。这些都是制约我们完成计划的因素，因此指挥员在执行任务的过程中按照网络计划图来安排工作的同时，也应该根据实际情况及时作出调整，确保任务的完成。

参考文献

[1] 顾光廷, 等. 作战兵力联合投送任务规划[J]. 军事交通学院学报, 2019, 21(11): 1-4.

[2] 周献中, 郑华利, 等. 指挥自动化系统辅助决策技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012(9): 56-60.

[3] 胡运权. 运筹学教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018: 269-275.

[4] 刘天宇, 等. 基于动态网络图的兵力投送优化算法研究[J]. 国防交通工程与技术, 2017, 15(6): 21-25.

[5] 总后勤部军事交通运输部. 联合投送案例汇编[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 211-229.

[6] Li, F. (2009) Predicting Intrusion Goal Using Dynamic Bayesiannet Work with Transfer Probability Estimation. *Journal of Network and Computer Applications*, **3**, 721-732. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2008.06.002

[7] 梁峰, 等. 关于我军海上预置能力建设的思考[J]. 军事交通学院学报, 2018, 20(6): 46-49.

[8] 常刚, 等. 美军空运后备役部队建设及启示[J]. 军事交通学院学报, 2018, 20(7): 13-16.