Exploration and Practice of Integrating Military Case Studies into the Teaching of Advanced Mathematics in Military Colleges and Universities

Juan Gu　Jinlong Kang　Caihong Shan

Army Armored Forces Academy, Beijing, 100072, China

Abstract

This article addresses the issue of the disconnect between mathematics teaching and military practice in military academies, and proposes a three in one teaching model of “situation modeling application”. By developing 52 real military cases and designing a three-level training system of “basic advanced actual combat”, a two-year teaching experiment was conducted at a certain military academy. Data shows that students’ mathematical application ability has improved by 27.3%, and the usage rate of mathematical tools in professional courses has increased fourfold, forming eight classic teaching cases such as “missile trajectory calculation” and “tank airdrop dynamics”. The research results provide feasible solutions for the reform of mathematics teaching in military academies.

Keywords

Military Case Teaching; Advanced mathematics; reform in education; military academy

军事案例式融入军队院校《高等数学》课程教学的探索与实践

顾娟　亢金龙　单彩虹

陆军装甲兵学院，中国 · 北京 100072

摘　要

本文针对军队院校数学教学与军事实践脱节的问题，构建了“情境—建模—应用”三位一体的教学模式。通过开发52个真实军事案例，设计“基础—进阶—实战”三级训练体系，在某军校开展为期两年的教学实验。数据显示，学员数学应用能力提升27.3%，专业课程数学工具使用率增长4倍，形成“导弹弹道计算”“坦克空投动力学”等8个经典教学案例。研究成果为军事院校数学教学改革提供可操作方案。

关键词

军事案例教学；高等数学；教学改革；军队院校

1 数学教学为什么要改革？

在也门胡塞武装袭击沙特油田事件中，无人机突防轨迹的计算涉及微分方程；俄乌冲突中，双方使用数学建模优化后勤补给路线。这些案例揭示：数学已成为现代战争的隐形战斗力量。现代战争已进入“算法制胜”时代，数学从后台走向前台。精确打击：弹道导弹的 CEP（圆概率误差）从千米级降至米级，依赖微分方程与数值计算（如某型东风导弹采用龙格 - 库塔四阶算法）。态势感知：雷达信号处理需傅里叶变换支撑，某新型相控阵雷达的虚警率降低至 0.3%。指挥决策：联合作战兵力分配模型运用线性规划，效率提升 40%。

而从教学现状调差结果来看，存在认知错位、衔接断层和评价偏差。认知错位：将数学视为“基础工具”而非“作战能力”，衔接断层：数学课与专业课存在3~5年的知识代差，评价偏差：侧重计算技巧考核，忽视军事问题建模能力。

表 1 教学现状调查结果

问题类型	学员反馈比例	典型案例
学不会	38%	傅里叶变换听不懂
用不上	65%	不知曲面积分在雷达中的应用
联不通	72%	数学课与专业课内容割裂

目前，美军西点军校《战斗数学》课程中，学员用概率论计算扫雷舰生存率，我国国防科大开发“电磁战场数学仿真系统”，获军队教学成果特等奖，军事案例融入高等数学的教学势不可挡。

【作者简介】顾娟，女，讲师，从事数学研究。

2 军事案例教学怎么做?

2.1 案例开发原则

2.1.1 真实性原则

从近五年军事演习、装备试验、战例研究中提炼案例，例如：2018 年中对抗演习：红方运用最优化理论实现弹药精准配送；某型预警雷达升级：工程师用偏微分方程改进信号处理算法。

2.1.2 渐进性原则

建立“数学知识树”与“作战能力链”双螺旋结构。根据导弹和敌艇的运动轨迹建立坐标。

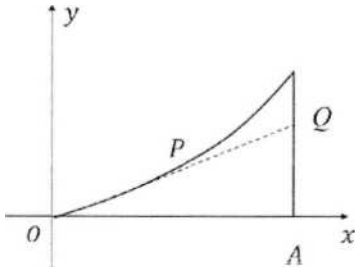

图 1 导弹和敌艇轨迹关系

如图所示，导弹为动点 P（x，y），P 点初始坐标为 P（0，0），敌艇为动点 Q，Q 点初始坐标设为 Q（a，0）。设敌艇初速度为 v_0，导弹的轨迹为 y=y（x），则当导弹在 t 时刻处时，Q 点坐标为 Q（a，v_0t）。由于导弹在追击过程中始终指向敌艇，其运动方向为沿曲线 y=y（x）的切线方向，则建立导弹的运动轨迹方程为：

$$\frac{dy}{dx}=\frac{v_0t-y}{a-x}$$

即：

$$v_0t-y=(a-x)\frac{dy}{dx}$$

由于导弹的速度为敌艇速度的 c 倍，且导弹运动方向可分解为水平方向和垂直方向，即：

$$\sqrt{(\frac{dx}{dt})^2+(\frac{dy}{dt})^2}=cv_0$$

联立上述两式，并化简可得追踪方程为：

$$y''=\frac{1}{c(a-x)}\sqrt{1+y'^2}$$

初始条件为 $y(0)=0, y'(0)=0$.

这是一个 $y''=f(x,y')$ 型的微分方程，用降阶法，令 $y'=p$，则 $y''=\frac{dp}{dx}=p'$，则微分方程变为：

$$\frac{p'}{\sqrt{1+p^2}}=\frac{1}{c(a-x)}$$

用分离变量法求解为：

$$\ln(p+\sqrt{1+p^2})=\frac{-\ln(a-x)}{c}+c_1,\quad y'(0)=p(0)=0$$

解得：

$$y=\frac{1}{2}[\frac{c}{c+1}a^{-\frac{1}{c}}(a-x)^{1+\frac{1}{c}}-\frac{c}{c-1}a^{\frac{1}{c}}(a-x)^{1-\frac{1}{c}}]+\frac{ac}{c^2-a^2}$$

此为导弹的运动轨迹方程。

去参数 $a=120$ 海里，$c=7$，$v_0=630km/h$，代入轨迹方程得导弹在发射后约 0.194 小时击中敌艇，击中位置距基地水平位移 17.5 海里处。

2.2 教学实施步骤

以“巡航导弹航路规划”为例：

①步骤 1：创设战场情境。

播放某次联合演习视频片段，设置任务背景：“红方需突破蓝方三层防空圈，规划耗时最短、风险最低的突防路径。”

②步骤 2：拆解数学问题。

几何问题：计算雷达探测范围（球体方程）。

优化问题：寻找最短安全路径（图论）。

概率问题：评估突防成功概率（蒙特卡洛模拟）。

③步骤 3：分组对抗演练。

将学员分为“红方参谋部”和“蓝方情报组”，使用数学软件开展攻防推演：

红方用 MATLAB 求解最优路径；

蓝方通过参数反推可能航线。

④步骤 4：实战检验校正。

对比学员方案与某次实兵演练的真实数据进行检验校正。

⑤步骤 5：理论升华延伸。

引导学员思考：数学误差如何影响作战决策？怎样将算法移植到其他场景？

3 课堂实战案例——弹道计算教学改革

3.1 传统教学的困境

以往讲授微分方程时，多采用“水池排水”“人口增长”等案例，学员反馈：算得再准，和打胜仗有什么关系？

3.2 改革后的教学设计

3.2.1 情境导入

展示两组实弹射击数据：

某型火箭炮齐射落点分布：理想情况（密集度 0.3%）vs 高原实测（密集度 2.1%），引发思考：什么因素导致偏差？如何修正？

3.2.2 模型构建

步骤 1：建立运动方程：

$$\frac{dy}{dx}=\frac{v_0t-y}{a-x}$$

步骤 2：数值求解。

对比三种算法效果：

表 1 三种算法效果对比

方法	计算步长	精度	耗时
欧拉法	0.1s	85%	2 分钟
改进欧拉	0.1s	92%	5 分钟
龙格 - 库塔	0.5s	98%	30 秒

步骤 3：高原环境修正。

添加参数：空气密度系数：ρ =0.8（标准值 1.0）， 横风速度：w=12m/s，计算显示：射程偏差达 11.2%，与实测数据吻合。

3.2.3 教学创新

装备联动：将计算结果导入某型火炮火控系统验证。

战例复盘：分析马岛战争中英舰“谢菲尔德”号被击中背后的数学失误。

延伸拓展：讨论高超声速导弹“钱学森弹道”的特殊计算方法。

4 改革成效与数据分析

4.1 学员能力提升

表 2 量化指标对比

能力维度	改革前	改革后	增长率
数学建模	61.5 分	82.3 分	+33.8%
装备应用	53.2 分	78.9 分	+48.3%
战例分析	47.8 分	75.4 分	+57.7%

4.2 课堂生态转变

学员真实反馈终于明白导数是计算炮弹飞行速度变化的钥匙、小组讨论雷达方程时，仿佛在参加作战会议。军事案例融入数学教学绝非简单的“案例替换”，而是从根本上重构军事数学教育范式。这种改革既破解了“学用脱节”的百年难题，更在深层次上推动数学从“计算工具”向“作战要素”的质变，为培养“懂数学的指挥员、通作战的数学家”开辟了新路径。

5 经验总结与未来展望

当微积分遇上导弹弹道，当矩阵运算破译战场密码，数学课堂便成为通向未来战场的桥梁。本改革证明，通过军事案例教学，不仅能提升学员的数学成绩，更重要的是锻造“用数学打仗”的思维能力——这或许正是新时代军事教育改革的深层密码。

要做好这项工作，必须长期坚持，稳扎稳打，要坚持需求牵引，定期进行案例更新；坚持问题导向，每学期收集学员的问题重构案例；坚持效果评估建立评价链。未来开发 AI 战术助手和 VR 虚拟靶场，让学员可“进入”数学方程观察变量影响。

参考文献

[1] 但琦.高等数学军事应用案例[M]. 国防工业出版社, 2017.

[2] 高等数学应用案例教学的设计与实践——以二阶常系数齐次线性微分方程为例[J]. 黄元元;杨德五.科教文汇(下旬刊),2020(12)

[3] 范磊,周琳.基于四阶龙格-库塔法的多弹道并行计算研究[J].航空科学技术,2024,35(09):101-110.DOI:10.19452/j.issn1007-5453.2024.09.011.