

# 电子装备试验方案的灰色优选模型及算法

柯宏发<sup>1,2</sup>, 陈永光<sup>1,2</sup>, 刘 波<sup>2</sup>

(1. 国防科技大学电子科学与工程学院, 湖南长沙 410073; 2. 六三三八零部队, 河南洛阳 471003)

**摘 要:** 根据电子装备试验的特点, 本文提出试验方案的组成是一个树状结构, 从而把总体试验方案的优选分解为每个子方案或孙方案的优选问题. 建立了方案的灰色效果测度优选模型和灰关联优选模型, 并确定了其具体算法. 灰色效果测度优选是通过方案目标属性的灰色效果测度处理, 把多目标属性的方案优选问题简化为一个权重平均值的效用函数值的比较问题, 决策者可以根据决策偏好利用权重对方案比较模型进行调整; 灰关联优选是以相对优化原则为依据, 通过比较待选方案目标属性的数据序列与参考数列之间关联度的大小来确定最佳方案; 对某次试验中三个预备方案进行了两种优选方法的仿真, 表明了模型及算法简单、直观、合理, 灰色理论应用于电子装备试验在技术上是可行的.

**关键词:** 电子装备; 试验方案; 选优; 灰色; 模型; 算法

**中图分类号:** TN97 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2005) 06-0995-04

## Grey Model and Algorithm for the Selection of Electronic Equipment Test Project

KE Hong-fa<sup>1,2</sup>, CHEN Yong-guang<sup>1,2</sup>, LIU Bo<sup>2</sup>

(1. School of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China;

2. Unit 63880, Luoyang, Henan 471003, China)

**Abstract:** It is proposed that the electronic equipment test project is a tree construction due to the testing characteristics. So the optimal selection of the whole test project can be decomposed into a set of optimal selection of subprojects or grand-projects. The grey effect measure optimal selection model (GEMOSM) and grey incidence optimal selection model (GIOSM) and their corresponding algorithms are introduced. The GEMOSM method is to convert a multiple-objective optimal selection question into a data comparison question of the effect function with weighted factors through the grey data effect measure processing of project objective attribute. The decision makers can set their decision preferences by tuning the weighting factors of the model. Based on the principle of relative optimum, the GIOSM method is to determine the optimal test project by comparing the degree of grey incidence of the data sequence acquired from the projects under selection and the reference data sequence. Using two proposed models, the paper studies an optimal selection question of three projects in a electronic equipment test. The result shows that these two models and algorithm are simple, intuitive and feasible. And from the view of technology, it is reasonable to apply the grey system theory to the domain of the electronic equipment test.

**Key words:** electronic equipment; test project; optimal decision; grey; model; algorithm

### 1 引言

随着信息技术的迅猛发展和高新技术的广泛应用, 高新电子装备的靶场试验项目日趋多样化和复杂化, 需要通过试验考核的指标更加全面, 促使试验技术的深度和广度都有了新的发展, 同时使得试验费用十分昂贵; 另外由于试验中不确定因素 (诸如天气、电磁等试验环境的动态变化等) 十分多, 拟订多种试验方案显得十分必要, 相应地就带来了试验方案的优选问题. 试验方案的优选对于保证任务的完成和试验技术水平的提高是一个十分重要且很有价值的问题. 本文根据电子装备试验的特点, 首先提出把试验任务分解为一个树状结构的任务体系, 这样总试验方案的组成也就是一个树状层次结构体系, 从而根据实际试验条件和假设条件, 把总

体试验方案的优选分解为每个子方案或孙方案的优选. 对于方案优化决策有很多种模型及方法<sup>[1~8, 11~13]</sup>, 本文利用灰色系统的部分理论, 分别建立了灰色效果测度优选模型和灰关联优选模型, 并确定其具体算法, 最后对某装备试验中的三个预备方案分别进行了仿真优选.

### 2 方案优选问题描述

电子装备的靶场试验通常分为静态测试、动态试验及对抗试验等多个阶段, 每个阶段有若干个任务项目, 所以任务可以看成是一个如图 1 所示的树状层次结构体系, 高层次的任务可以分解成一系列低层次的子任务, 通常认为各子任务或孙任务的完成是相互独立的. 所以试验方案也可以看成是一个层次结构的方案体系, 每个高层次的方案可以分解成一

系列低层次的子方案,各个层次的子方案或孙方案都影响着总体试验方案,其目标要素(目标信息有些是确定的、有些是灰色不确定的)的整体作用之和受到总体试验方案目标要素的

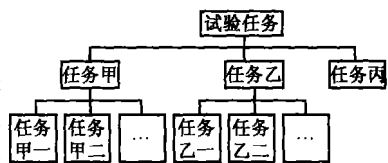


图1 试验任务的树状结构图

制约,如各个层次的子方案或孙方案都要受到试验周期和试验消耗的约束。在实际的靶场试验中,常常最大限度地考虑方案的效用,而忽略试验的总消耗要求(但具体方案比较时要考虑其消耗),在此基础上本文认为这些子方案或孙方案是相互独立的,从而对总体试验方案的优选分解为对每个子方案或孙方案进行优选。

每个方案在实施过程中不可避免地受到天气、作战环境的变化、试验数据的不精确等因素的影响,而这些影响按照中心极限定理服从一个正态分布,可以用一个平均值和一个偏差值去描述其影响,本文假定不考虑偏差值,在方案优选算法中忽视这些影响因素。

### 3 灰色效果测度优选模型及算法

#### 3.1 优选模型

方案的优选是建立在方案的各种目标属性之上的,设电子装备的靶场试验方案  $A_k$ ,方案的优选可以转化为所有满足式(1)的各种方案之间的比较问题。

$$\begin{cases} \max F_i(A_k) & m, 1 < i < n_1, \\ \min G_j(A_k) & n, 1 < j < n_2, \end{cases} \quad 1 < k < n_3 \quad (1)$$

式中  $n_1$  为待选方案的效益目标要素个数,  $n_2$  为待选方案的消耗目标要素个数,  $n_3$  为待选方案个数;  $F_i(\cdot)$  为第  $i$  个目标要素效益函数,  $F_i(A_k)$  表示方案  $A_k$  的第  $i$  个目标要素效益值;  $G_j(\cdot)$  为第  $j$  个目标要素消耗函数,  $G_j(A_k)$  表示方案  $A_k$  的第  $j$  个目标要素消耗值,  $m, n$  分别为效益和消耗门限值。很显然,效益目标要素和消耗目标要素之间有时是相互矛盾的,例如在追求目标最大效益的同时往往会增加消耗。为了解决这个矛盾,对方案的目标要素进行灰色效果测度处理,把效益函数  $F_i(\cdot)$  和消耗函数  $G_j(\cdot)$  都表示成效用函数  $F_i(\cdot)$  和  $G_j(\cdot)$ ,就可把式(1)中的  $\min$  转化为  $\max$ ,设方案  $A_k$  的效用函数用  $E_k(A_k)$  表示,从而式(1)简化为

$$\max E_k(A_k) = \sum_{i=1}^{n_1} \alpha_i F_i(A_k) + \sum_{j=1}^{n_2} \beta_j G_j(A_k) \quad (2)$$

式中  $\alpha_i, \beta_j$  为不同效用函数的权重,表示不同目标要素的相对重要性,是区分目标要素对效用函数  $E_k(A_k)$  贡献的相对值,值大者表示该目标要素对效用函数  $E_k(A_k)$  的影响也大,所以也是调整系数,决策人员可以按照决策偏好利用它们对模型(2)进行调整。这样就把问题简化为方案之间效用函数  $E_k(A_k)$  ( $1 < k < n_3$ ) 值的大小比较问题。

#### 3.2 优选算法

方案集  $A = \{A_1, \dots, A_n\}$ ,效用函数集  $E = \{E_1, \dots, E_n\}$ ,方案  $A_i$  的目标集  $u_i = \{u_{i1}, \dots, u_{im}\}$ ,根据决策模型(2),为了算法说明简便,方案  $A_i$  的效用函数可表示下面的形式

$$E_i = f_i(u_i) = \sum_{j=1}^m \alpha_j f_j(u_{ij}), 1 < i < n \quad (3)$$

式中  $\alpha_j$  表示第  $j$  个目标要素对效用函数的权重。这样就可以得到方案集  $A$  的效用集  $E$  为

$$E^T = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(u_{11}) & f_1(u_{12}) & \dots & f_1(u_{1m}) \\ f_2(u_{21}) & f_2(u_{22}) & \dots & f_2(u_{2m}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_n(u_{n1}) & f_n(u_{n2}) & \dots & f_n(u_{nm}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ \dots \\ m \end{bmatrix} \quad (4)$$

记  $\begin{bmatrix} f_1(u_{11}) & f_1(u_{12}) & \dots & f_1(u_{1m}) \\ f_2(u_{21}) & f_2(u_{22}) & \dots & f_2(u_{2m}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_n(u_{n1}) & f_n(u_{n2}) & \dots & f_n(u_{nm}) \end{bmatrix} \triangleq F, F$  称为目标

要素的属性效果矩阵;  $[ \alpha_1, \dots, \alpha_m ]^T = W$  为目标要素的权重向量。

效果可以看成是方案的映射,而效果的好坏要用目标要素来衡量,同一方案在不同目标要素下效果是不同的。如果把每一个目标作为一个坐标轴,这些目标要素的全体效果向量记为  $F_i = (f_i(u_{i1}), \dots, f_i(u_{im}))$ ,其中  $m$  为目标要素数目,其中的效果点  $f_i(u_{ij})$  为第  $i$  个方案第  $j$  个目标要素的灰色效果测度。则全部方案的效果向量构成了效果空间,即效果矩阵  $F$ ,决策就是在效果空间里进行的。求得  $F$  和  $W$ ,即得到方案集  $A$  的效用集  $E$ ,比较  $E_i$  ( $1 < i < n$ ) 的大小就能比较方案的优劣,  $E_i$  的值越大,对应的方案  $A_i$  就认为越优。

**3.2.1 权重向量算法** 本文目标要素的权重通过层次分析法(AHP)求取,组织专家组根据目标要素之间的相互重要程度,按照其两两比较标度得到判断矩阵(比较标度视具体试验装备要求而定),用方根法求得其权值,其具体步骤见文献[7]。

**3.2.2 目标值的白化算法** 在电子装备的靶场试验中,方案的目标值在很多情况下不能定量给出具体的数值,一般是定性的灰色信息数值,这常常使问题的解决复杂化,也是问题解决的难点所在。为了利用这些灰色信息,必须通过白化函数对专家给出的灰色信息进行量化估计,从而得到灰色信息的确值。白化函数与具体问题的类型及参数的特征紧密相关,常常带有主观特征,当用“优秀”或“中等”灰色等级表示某方案对某目标要素能达到的程度时,本文用如表1所示的白化函数对这些定性值进行量化。当用十分制进行打分来表示某方案对某目标要素能达到的程度时,本文选用如式(5)的梯形函数对灰色信息进行白化。

表1 定性结论等级的白化

定性等级	优秀	良好	中等	一般	合格	不合格
白化值	0.95	0.85	0.75	0.65	0.6	0.5

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x = 10 \\ \frac{[x]}{10} + 0.5, & 6 < x < 10 \\ 0.6, & x = 6 \\ 0.5, & x < 6 \end{cases} \quad (5)$$

式中,  $x$  为十分制分数值,  $[x]$  表示对  $x$  进行取整运算。

3.2.3 灰色效果测度处理算法 方案  $A_i$  的目标集  $u_i = \{ u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im} \}$ , 组织  $k$  个专家对每个方案的各个目标要素进行评估, 对定性的目标值进行白化, 分别求出每个目标  $k$  个数据的算术平均值, 则可得到方案集  $A$  的目标属性矩阵  $U$  为

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1m} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{n1} & u_{n2} & \dots & u_{nm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

对矩阵  $U$  按目标属性进行相应的灰色效果测度处理, 即可得到相应的属性效果矩阵  $F$ . 对矩阵  $U$  的目标列向量关于指标的性质按下列算法处理.

(1) 值越大越好的目标

着眼于衡量效果偏离最大值的程度, 求其上限灰色效果测度, 即

$$f_i(u_{ij}) = u_{ij} / \max(u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{nj}) \quad (7)$$

由于有  $u_{ij} \leq \max(u_{1j}, \dots, u_{nj})$ , 则有  $0 \leq f_i(u_{ij}) \leq 1$ .

(2) 值越小越好的目标

着眼于衡量效果偏离最小值的程度, 求其下限灰色效果测度, 即

$$f_i(u_{ij}) = \min(u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{nj}) / u_{ij} \quad (8)$$

(3) 值要求适中的目标

适中灰色效果测度, 衡量效果值偏离适中值的程度. 在所有方案的该目标列向量中, 指定  $u_0$  为适中值, 则适中灰色效果测度计算为

$$f_i(u_{ij}) = \min(u_{ij}, u_0) \max(u_{ij}, u_0) \quad (9)$$

由于  $\min(u_{ij}, u_0) \leq \max(u_{ij}, u_0)$ , 同样有  $0 \leq f_i(u_{ij}) \leq 1$ , 只有当  $u_{ij} = u_0$  时, 才会有  $f_i(u_{ij}) = 1$ .

3.3 仿真示例

试验方案优选决策包括以下分析过程: 首先分析具体装备的试验目的和要求, 确定方案需满足的目标要素; 组织专家组对目标要素进行分析, 确定其相对重要性程度; 组织专家组对待选方案进行分析, 对每个方案的每个目标要素给出符号(定量或定性)形式的描述; 在方案优选比较程序中输入每个方案的各种参数, 从而可以得到各个方案的效用函数值和最佳的试验方案.

对其装备的试验目的和要求进行分析, 确定方案对试验要求的满足程度、技术水平、所需试验时间和所需消耗作为其目标要素, 组织专家组确定三个待选方案的各种参数, 从而得到优选结果如图 2 所示. 图中各个方案的目标要素值是

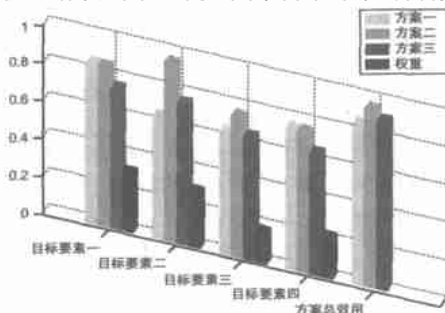


图 2 三个方案的目标要素及优选结果图

经过白化但未进行测度处理的结果, 目标要素一和二是数值越大越好的要素, 目标要素三和四是数值越小越好的要素, 各个方案的总效用在图中一目了然, 方案二是较优的试验方案, 与原来试验专家组结论一致.

4 灰关联优选模型及算法

4.1 灰关联优选问题描述

灰色关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密, 曲线越接近, 相应序列之间的关联度就越大, 反之就越小. 对一个抽象的系统进行灰色关联分析, 首先要选准反映系统行为特征的数据序列. 对于电子装备的试验方案来说, 最能反映其特征的是目标要素序列, 它不是时间序列, 只好用灰关联原理进行定量分析<sup>[11]</sup>.

根据灰色系统理论, 令数据列  $x_0$  为参考序列,  $x_i (i = 1, \dots, n)$  为比较序列, 数据列的长度(即方案的目标要素个数)为  $m$ ,  $x_0(k)$ 、 $x_i(k)$  分别为序列  $x_0$  与  $x_i$  中第  $k$  个数, 令

$$\delta_0(k) = |x_i(k) - x_0(k)|, \text{ 则 } x_0(k) \text{ 与 } x_i(k) \text{ 的关联系数为}$$

$$(x_i(k), x_0(k)) = \frac{\min_k \min_i \delta_0(k) + \max_k \max_i \delta_0(k)}{\delta_0(k) + \max_k \max_i \delta_0(k)} \quad (10)$$

$$(x_i, x_0) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_i(k), x_0(k)) \quad (11)$$

则数据列  $x_i$  与  $x_0$  的关联度  $(x_i, x_0)$  由式(11)求取,  $(x_i, x_0)$  大者数据列对应的方案为优.

4.2 灰关联优选模型及算法

用灰关联方法对试验方案进行优选的基本模型是: 对数据进行白化处理; 确定参考序列; 计算关联系数和关联度; 排列关联序得到最优方案. 优选算法如下:

(1) 方案的目标要素分析

分析待选试验方案, 确定能反映方案特征的目标要素序列, 组织专家组对每个方案的每个目标要素给出符号(定量或定性)形式的描述.

(2) 灰色信息白化

用 3.2.2 中目标值的白化算法对目标要素中的灰色信息进行白化, 得到每个待选方案的数据序列  $x_i$ .

(3) 构造参考序列  $x_0$

以相对优化原则为依据, 在所有待选方案的数据序列的基础上构造数列  $x_0 = [x_0(1), \dots, x_0(m)]$ . 对于值越大越好的目标要素, 选  $x_0(k) = \max(x_1(k), \dots, x_n(k))$ ; 对于值越小越好的目标要素, 选  $x_0(k) = \min(x_1(k), \dots, x_n(k))$ ; 对于值要求适中的目标要素, 选  $x_0(k) = 1/2(\max(x_1(k), \dots, x_n(k)) + \min(x_1(k), \dots, x_n(k)))$ .

(4) 求差序列  $\delta_i$  和最大差与最小差

差序列就是比较序列  $x_i$  与参考序列  $x_0$  的对应数据之差构成的数据列, 则有  $\delta_i = [|x_i(1) - x_0(1)|, \dots, |x_i(n) - x_0(n)|]$ , 可求得两级最大差  $\max_k \max_i \delta_i(k)$  和两级最小差  $\min_k \min_i \delta_i(k)$ .

(5) 求关联系数和关联度

按式(10)求方案序列  $x_i$  与参考序列  $x_0$  中  $x_i(k)$  与  $x_0(k)$  的关联系数, 按式(11)求序列  $x_i$  与  $x_0$  的关联度  $(x_i, x_0)$ .

### (6) 比较优选方案

对关联度  $(x_i, x_0)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) 进行大小排序,  $(x_i, x_0)$  为大的数据列所对应的方案为优。

### 4.3 仿真示例

同样以 3.3 中的三个待优选方案进行灰关联分析。白化后三个方案的数据列为  $x_1 = [0.85 \ 0.65 \ 0.65 \ 0.75]$ 、 $x_2 = [0.85 \ 0.95 \ 0.75 \ 0.75]$  和  $x_3 = [0.75 \ 0.75 \ 0.65 \ 0.65]$ ; 方案中目标要素一和二的数值越大越好, 目标要素三和四的数值越小越好, 从而构造参考序列  $x_0 = [0.85 \ 0.95 \ 0.65 \ 0.65]$ ; 得到差序列  $_1 = [0 \ 0.3 \ 0 \ 0.1]$ 、 $_2 = [0 \ 0 \ 0.1 \ 0.1]$  和  $_3 = [0.1 \ 0.2 \ 0 \ 0]$ , 两级最大差  $\max_k \max_i (k) = 0.3$ , 两级最小差  $\min_k \min_i (k) = 0$ ; 计算关联系数和关联度, 得到  $(x_1, x_0) = 0.733$ ,  $(x_2, x_0) = 0.8$  和  $(x_3, x_0) = 0.757$ 。  $(x_2, x_0)$  值最大, 方案二为最优, 方案三为次优, 与 3.3 结论一致。

### 5 结束语

电子装备试验技术方案的优化选择是一个重要且有价值的研究课题。试验方案在实施过程中不可避免地受到很多影响, 且其部分目标特征信息是灰色的, 所以本文尝试将灰色系统理论应用于电子装备试验方案的优选问题。分别建立了灰色效果测度优选模型和灰关联优选模型, 并确定其具体算法。灰色效果测度优选是通过目标属性的灰色效果测度处理, 把多目标属性的方案优选问题简化为一个权重平均值的效用函数值的比较问题; 灰关联优选是以相对优化原则为依据, 通过比较待选方案的数据序列与参考数列之间关联度的大小确定最佳方案。文章对某装备试验中的三个方案分别进行了灰色效果测度优选和灰关联优选仿真, 两种仿真结果都与原来试验专家组结论一致, 仿真结果表明灰色理论应用于电子装备试验技术是可行的, 试验方案的灰色效果测度优选和灰关联优选方法简单直观, 结果合理。

### 参考文献:

- [1] Gary Powers, Janaka Y Ruwanpura, Garry Dolhan, Martin Chu. Simulation based project selection decision analysis tool [A]. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference [C]. PWSC, 2002. 1778 - 1785.
- [2] Hossam S Hassanein, Xinhua Weng, Hosam Aboelfotoh. Multi - objective optimization based flow control in multipoint-to-point communication [A]. Performance, Computing, and Communications Conference, 2003. Conference Proceedings of the 2003 IEEE International [C]. IEEE, 2003. 361 - 368.
- [3] 崔振才, 田文苓, 吕广. 系统层次灰关联分析与应用 [J]. 水电能源科学, Dec. 1998, 16(4) : 41 - 45.  
Cui Zhencai, Tian Wenling, Lu Guang. Grey relational analysis method for multiple stage system and application [J]. International Journal Hydroelectric Energy, Dec. 1998, 16(4) : 41 - 45.
- [4] 李伟军, 叶飞. 基于灰色关联度的区间评价方法探讨 [J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(2) : 55 - 57.  
Li Weijun, Ye Fei. Interval appraise method based on grey relation [J]. System Engineering and Electronics, 2001, 23(2) : 55 - 57.
- [5] 陈德军, 张曙红, 陈绵云. 灰色一般局势决策及其应用研究 [J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(4) : 423 - 429.  
Chen Dejun, Zhang Shuhong, Chen Mianyun. Research for gray general situation decision and its application [J]. System Engineering and Electronics, 2004, 26(4) : 423 - 429.
- [6] 兰继斌, 徐杨, 刘家忠. 灰色多属性决策的折衷方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(1) : 40 - 43.  
Lan Jibin, Xu Yang, Liu Jiazhong. Compromise method for fuzzy multiple attribute decision making [J]. System Engineering and Electronics, Jan. 2004, 26(1) : 40 - 43.
- [7] 谭跃进, 陈英武, 易进先. 系统工程原理 [M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2001.
- [8] 《运筹学》教材编写组. 运筹学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [9] Nong Ye, Vuong Nguyen, George C Runger. Assessment of operation plan performance under uncertainty [J]. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-part C: Applications and reviews, IEEE, 2001, 31(2) : 256 - 260.
- [10] V S Manusov, A V Mbgilenko. Application of experimental design with fuzzy input information [J]. The 4th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology, 2000, 2(7) : 256 - 260.
- [11] 姚富强, 都基焱. 通信系统的灰关联分析 [J]. 电子学报, July 1994, 22(7) : 61 - 67.  
Yao Fuqiang, Du Jiyan. Grey relational analysis of communication system [J]. Acta Electronica Sinica July 1994, 22(7) : 61 - 67.
- [12] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国, 等. 灰色系统理论及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [13] 易德生, 郭萍. 灰色理论与方法 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.

### 作者简介:



柯宏发 男, 1969 年 3 月出生于江苏泰兴, 博士研究生, 高级工程师, 1998 年 3 月毕业于国防科技大学机械制造专业, 获工学硕士学位, 发表学术论文二十多篇, 获部委级科技进步二等奖 1 项、三等奖 3 项, 研究方向为电子信息装备试验技术。E-mail: kehongfa2004@163.com.



陈永光 男, 1962 年 2 月出生于安徽合肥, 总工程师, 研究员, 博士生导师, 1995 年 11 月毕业于国防科技大学通信与电子系统专业, 获工学博士学位, 1997 年 11 月从该校计算机科学与技术博士后科研流动站期满出站, 2000 年 8 月至 2002 年 2 月在美国作高级访问学者兼客座研究科学家, 出版专(译)著两部, 发表学术论文逾百篇, 获全军军事科学优秀成果一等奖 1 项, 部委级科技进步二等奖 3 项、三等奖 2 项, 研究方向为电子信息装备试验技术。

刘波 女, 1978 年出生于河南驻马店, 硕士、工程师, 研究方向为电子信息装备试验技术。