第 30 卷 第 6 期 自 动 化 学 报 Vol.30, No.6
2004 年 11 月 ACTA AUTOMATICA SINICA Nov., 2004

有限群体遗传算法的动力性[1)]

杨海军[1,2] 李敏强[2]
[1](中国科学院计算技术研究所 北京 100080)
[2](天津大学系统工程研究所 天津 300072)
(E-mail: navyyct@vip.sina.com)

摘 要 将遗传算法 (GA) 中进化算子的作用，抽象成从一个离散拓扑空间到另一个离散拓扑空间的映射，将遗传算法等价为离散拓扑空间上的转移自映射的一个复合函数．以符号动力系统 (CS) 为工具，证明了满足一定条件的有限群体的遗传算法 (周期性现象的存在)，构成 Devaney 意义下的混沌；给出了基于二进制编码的有限群体遗传算法在 Bowen 意义下的拓扑熵的范围．

关键词 遗传算法，动力性，混沌，拓扑熵
中图分类号 TP301.6

Dynamical Behavior of Genetic Algorithms with Finite Population

YANG Hai-Jun[1,2] LI Min-Qiang[2]
[1](*Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100080)
[2](*Institute of Systems Engineering, Tianjin University, Tianjin* 300072)
(E-mail: navyyct@vip.sina.com)

Abstract The evolutionary operators are considered as a mapping from one discrete topological space into another one, and GAs are equivalent to a composite function of shift map. Dynamical systems are applied as a tool to do it. The paper demonstrates that the GAs with finite population are chaotic in devaney. Hence, the scope of topological entropy in bowen is presented.

Key words Genetic algorithms, dynamical behavior, chaos, topological entropy

1 引言

模式理论 (schema theorem)、隐并行性 (implicit parallelism) 和建筑块假设 (building block hypothesis) 先后由 Holland 和 Goldberg 提出用来解释遗传算法的工作机理[1,2]．在用遗传算法进行问题的优化求解过程中，这样一种现象经常会出现：对于不同初始群体的选择，在相同进化算子的作用下，求解问题的过程会产生很大的差别，即使对于相同的初始群体，对一个问题的多次运算，其结果表明求解问题的搜索路径也会产生很大的差异．另

1) 国家自然科学基金 (70171002, 69974026) 资助
Supported by National Natural Science Foundation of P.R. China (70171002, 69974026)
收稿日期 2003-05-13 收修改稿日期 2003-09-08
Received May 13, 2003; in revised form September 8, 2003

外，在应用遗传算法的过程中，断续平衡 (punctuated equilibria) 的现象也会经常出现[3]. 对于遗传算法的这些现象，Vose 等人对遗传算法的动力系统模型进行了研究[4,5]，以简单遗传算法 (SGA) 为研究对象，将进化算子的作用抽象成从单型到单型的映射，通过 SGA 的求解过程的图示[4]，给出了 SGA 中蕴含着混沌 (chaos) 的思想. 他们对遗传算法中断续平衡开创性的研究工作，是遗传算法动力性行为研究的一个起点. Beyer 认为，由重组导致的变异 (MISR) 是进化算法的普遍原理，也是进化算法产生动力性行为的主要原因，并且指出 MISR 对有限群体的作用不适用于无限群体的情况[6]. Wright 等人以一维 SGA 为研究对象，研究了遗传算法的动力性行为，证明了在截断选择 (truncation selection) 的作用下一维遗传算法的动力性[7]. Wright 等人分析了遗传算法的三种进化算子在基因池下重组，对于线性适应值函数存在稳定的不动点[8].

本文以符号动力学 (symbolic dynamics) 为工具，对遗传算法的动力性进行研究，通过引入拓扑熵、混沌等概念对遗传算法的动力性进行研究.

2 基本概念与命题

首先引入一些基本概念，在此基础上得到一些命题[9,10].

定义 1. 空间 Ω 上的连续自映射 $f:\Omega\to\Omega$, 经迭代产生的序列 $\{f^0,f^1,\cdots\cdots\}$, 称为空间 Ω 上的离散拓扑半动力系统.

用二进制位串表示 GA 中的染色体，位串长度为 l 的染色体构成的搜索空间，用 $\Omega=\underbrace{e_2\times e_2\times\cdots\times e_2}_{l}(e_2=\{0,1\})$ 来表示. 集合 Ω 是一个由 $n=2^l$ 个元素构成的有限集. 选择、变异、交叉是遗传算法的三种主要进化算子. 这三种进化算子作用在群体上，表示为 $S\circ M\circ C(P)$, 其中 $P\subseteq\Omega$. 令 $f=S\circ M\circ C, f:\Omega\to\Omega$ 是遗传算法的映射表示.

命题 1. 遗传算法的进化算子经迭代产生的序列 $\{f^0,f^1,\cdots\cdots\}$ 构成搜索空间 Ω 上的离散拓扑半动力系统.

当 l 为确定正整数时，搜索空间 Ω 为有限集，显然是紧致的；当 $l\to+\infty$ 时，由 Tychonoff 定理知道，Ω 满足紧致性，因此，有如下命题成立.

命题 2. 遗传算法中的搜索空间 Ω 满足紧致性.

标记 1. (Ω,f) 表示连续映射 f 作用在紧致空间 Ω 上生成的离散拓扑半动力系统.

定义 2. 在 (Ω,f) 中, $\forall x\in\Omega$, 若 $\exists n>0, n\in N$ (N 表示自然数集), 满足 $f^n(x)=x$, 则称 x 为 (Ω,f) 的周期点, 其中最小的 n 称为基本周期, 记为 $P(f)=\{x,f^n(x)=x,\exists n>0,v\in N\}$; 若 $f(x)=x$ 成立，则称 x 为系统 (Ω,f) 的不动点.

定义 3. d 作为拓扑空间的一个度量，设 n 为正整数，$\varepsilon>0$. 若 $\forall x\in\Omega,\exists y\in X$, 满足 $d(f^i(x),f^i(y))\leqslant\varepsilon$, 其中 $i=0,1,\cdots,n-1, X\subset\Omega$, 则 X 称为 f 的一个 (n,ε) 张成集.

定义 4. d 作为拓扑空间的一个度量，设 n 为正整数，$\varepsilon>0$. 若 $\exists x,y\in Y$ 且 $x\neq y, Y\subset\Omega,\exists i,0\leqslant i\leqslant n-1$, 使 $d(f^i(x),f^i(y))>\varepsilon$ 成立，则称 Y 为 f 的一个 (n,ε) 分离集.

标记 2. $\inf_n(\varepsilon,f)$ 表示 (Ω,f) 的 (n,ε) 张成集的数量的下确界， $\sup_n(\varepsilon,f)$ 表示 (Ω,f) 的 (n,ε) 分离集的数量的上确界，分别记为 $\inf(\varepsilon,f)=\lim\limits_{n\to\infty}\sup(\log(\inf_n(\varepsilon,f)/n)$, $\sup(\varepsilon,f)=\lim\limits_{n\to\infty}\sup(\log(\sup_n(\varepsilon,f)/n))$.

定义 5. 对于 (Ω, f), 称 $ent(f)=\lim\limits_{\varepsilon\to\infty}\inf(\varepsilon,f)=\lim\limits_{\varepsilon\to\infty}\sup(\varepsilon,f)$ 为 f 在 Bowen 意义下的拓扑熵 (topological entropy).

定义 6. 对于 (Ω, f),f 满足条件: 1) $\exists x\in\Omega$, 使 $orb(x)=\Omega$ 成立, 其中 $\overline{orb(x)}$ 是 x 的轨迹的闭包; 2) $\overline{P(f)}=\Omega$ 成立; 3) $\exists\delta>0, x\in\Omega, \exists y\in B(x,y), n>0, n\in N$, 其中 $B(x,\delta)$ 表示 x 的邻域, 使 $d(f^n(x),f^n(y))>\delta$ 成立, 称 f 在 δ 下对初始值敏感依赖; 满足以上三个条件的 f, 称为 Devaney 意义下的混沌.

定义 7. 对 $e_2=\{0,1\}$ 作拓扑积, 记 $S^{z+}=\prod_{n=0}^{\infty}e_2=\{x=(x_0,x_1,\cdots,x_n,\cdots)|x_n\in e_2,\forall n\geqslant 0\}$, 其中 Z_+ 表示非负整数的集合. 定义其上的映射 σ 如下: $\sigma(x)=x'$, 其中 $x=\{(x_0,x_1,\cdots,x_n,\cdots)|x_n\in e_2,\forall n\geqslant 0\}, x'=\{(x_1,x_2,\cdots,x_n,\cdots)|x_n\in e_2,\forall n\geqslant 0\}$. 称 σ 为单边符号空间 S^{z+} 上的转移自映射, 称 (S^{z+},σ) 为符号动力系统 (symbolic dynamics).

3 遗传算法的符号动力系统解释及其动力性质分析

不同的编码形式对遗传算法的求解机制并不产生本质上的影响[11]. 所以, 将给出基于二进制编码的遗传算法的符号动力系统描述, 并分析其动力性质.

在时刻 t, 对于染色体数量为 r 的群体, 记作 $\boldsymbol{p}_t=[V_1,V_2,\cdots,V_r]$, 其中 V_i 是一个列向量, 表示一个染色体. 即 $f=S\circ M\circ C, \boldsymbol{p}_0\xrightarrow{f}\cdots\cdots\boldsymbol{p}_t\cdots\cdots$. 同时, $\boldsymbol{p}_t$ 也可以用下面的方式来表示: $\boldsymbol{p}_t=[V_1^{\mathrm{T}},V_2^{\mathrm{T}},\cdots,V_r^{\mathrm{T}}]=[11\cdots0,00\cdots1,\cdots,01\cdots1]$, 其中 V_i^{T} 表示 V_i 的转置. 令 $m=n\times r$, 这样 $\boldsymbol{p}_t$ 可以看作是一个 $1\times m$ 的行向量, 也就是 m 个 0,1 的一种排列与 $\boldsymbol{p}_t$ 构成了一种一一对应的同构关系, 因而两者具有相同的拓扑性质. 映射 f 作用在 $\boldsymbol{p}_t$ 群体上得到群体 $\boldsymbol{p}_{t+1}$, 即 $f(\boldsymbol{p}_t)=\boldsymbol{p}_{t+1}$. 这一过程等价于如下描述: 每次从 $e_2=\{0,1\}$ 中取出 n 个符号 (数字), 组成一个长度为 n 的序列, 这样共有 2^n 种不同的序列. 然后, 可重复地从 2^n 中选取 r 个序列, 组成一个长度为 m 的序列, 由多重集合的组合定理知, 共有 $C_{r+2^n-1}^r$ 种不同的组合; 将这些组合排成一个序列, 记其中任意一种排列为序列 Q, 其长度为 $m\times C_{r+2^n-1}^r$. 令 $x=QQ\cdots Q\cdots$, 显然 $x\in S^{z+}$,Q 中肯定存在与 $\boldsymbol{p}_t$ 相匹配的一部分, 其中 $t=0,1,\cdots$. 这样, 作用在 S^{z+} 上的转移自映射 σ 经过最多不超过 $(2m\times C_{r+2^n-1}^r-1)$ 次的作用将与 $\boldsymbol{p}_t\xrightarrow{f}\boldsymbol{p}_{t+1}$ 等价. 从复合函数的角度看, f 就是 σ 多次复合的结果, 即 $f=g(\sigma)$ 成立. 所以, 可以通过 σ 的动力性质来研究 f 的动力性质.

3.1 σ 的动力性质

命题 3. σ 在 S^{z+} 上是连续的.

证明. 首先引入一般的度量 $d(x,y)=\sum_{i=0}^{\infty}\frac{|x_i-y_i|}{2^i}, \forall\varepsilon>0, x\in S^{z+}, \exists N$ 满足, 当 $n>N$ 时, $\varepsilon>1/2^n$, 令 $\delta=1/2^n$, 对于任意满足 $d(x,y)<\delta$ 的 $y, y\in S^{z+}$, 有 $d(\sigma(x),\sigma(y))\leqslant d(x,y)<\delta<\varepsilon$ 成立. 证毕.

命题 4. $\forall n>0, n\in Z_+, \exists x$ 满足 $\delta^n(x)=x$ 且 $\delta^m(x)\neq x$, 其中 $m<n, m\in Z_+$. 即 σ 存在以 n 为基本周期的周期点.

证明. $\forall n>0, n\in Z_+$, 构造 $x\in S^{z+}$ 如下: $x=\underbrace{01\cdots1}_{n}\underbrace{01\cdots1}_{n}\underbrace{01\cdots1}_{n}\cdots$. 证毕.

命题 5. $\exists x\in S^{z+}$, 满足 $\overline{orb(x)}=S^{z+}$, 其中 $\overline{orb(x)}$ 表示 x 的轨道的闭包.

证明. 首先给出空间 S^{z+} 上的一种度量, $d(x,y)=\max\{1/(n+1), x_n\neq y_n, x,y\in S^{z+}\}$; 然后构造 x, 从 e_2 中任意取出 m 个符号 (数字) 进行排列, 共有 2^m 种, 再对这个 2^m 数字

串进行排列得到一个 $(2^m!)m2^m$ 位串，这些位串顺次连接起来得到 $x \in S^{Z+}$，在给定的度量 d 下，显然 $\overline{orb(x)} = S^{Z+}$ 成立.　　证毕.

命题 6. 系统 (S^{Z+}, σ) 在 Bowen 意义下的拓扑熵为 $ent(\sigma) = \log 2$[9].

3.2　有限群体遗传算法 (f) 的动力性质

由于 f 可以看作是 σ 的复合函数，所以直接应用上面的结果，得到如下命题.

命题 7. 在 (Ω, f) 中，映射 f 是连续的.

命题 8. 在 (Ω, f) 中，f 存在以正整数 n 为基本周期的周期点.

命题 9. 在 (Ω, f) 中，$\exists x \in \Omega$, 满足 $\overline{orb(x)} = \Omega$, 其中 $\overline{orb(x)}$ 表示 x 的轨道的闭包.

命题 10. 在 (Ω, f) 中，(Ω, f) 构成 Devaney 意义下的混沌.

证明. 首先由命题 9 知道 f 满足：$\exists x \in \Omega$, 使 $\overline{orb(x)} = \Omega$ 成立；然后由遗传算法的性质知道，系统的周期点广泛存在，因为任何下一代中都将保留上一代的个体存在，特别是在大群体的情况下，即 $\overline{\boldsymbol{p}(f)} = \Omega$ 成立；由这两个条件可以推导出，f 在 δ 下对初始值敏感依赖[9]. 参照定义 6, 显然命题成立.　　证毕.

从命题 10 的证明可以发现，(Ω, f) 是否构成 Devaney 意义下的混沌，取决于群体进化过程中，对上一代或上几代群体的保留情况，是否满足 $\overline{\boldsymbol{p}(t)} = \Omega$ 的条件.

定理 1. 系统 (Ω, f) 在 Bowen 意义下的拓扑熵的范围为 $0 \leqslant ent(f) \leqslant L(f)\log 2$, 其中 $L(f) = 2m \times C^{r}_{r+2^n-1}$.

证明. 令 $d(x, y) = \max\{1/(n+1), x_n \neq y_n, x, y \in \Omega\}$ 为 ω 上的一个度量，由映射 f 与转移子映射 σ 的关系知，$ent(f) \leqslant ent(\sigma^{L(f)})$ 显然成立. 然后，考察 $ent(\sigma^{L(f)})$ 的上限.

对于任意小的正数 $\varepsilon > 0$, 设 p 是满足条件 $\varepsilon \geqslant 1/p$ 的最小正整数，n 为任意正整数. 对于 $\forall x = (x_0 x_1 \cdots x_{L(f)\times n+p} \cdots) \in \Omega$, 令 $L(f) \times n + p = n', Q = x_0 x_1 \cdots x_{n'}$ 用 x 中的前 n' 项 Q 构造 $y \in Q_{n'}, Q_{n'} = (QQ\cdots) \in \Omega$, 令 $|Q_{n'}|$ 表示基数，$|Q_{n'}| = 2^{n'}$, 由于 $x_i = y_i$, 其中 $i = 0, 1, \cdots, n'-1$, 所以有

$$d((\sigma^{L(f)})^i(x), (\sigma^{L(f)})^i(y)) \leqslant \varepsilon \tag{1}$$

其中 $i = 0, 1 \cdots, n-1$. 式 (1) 说明 $Q_{n'}$ 是 $\sigma^{L(f)}$ 的一个 (n, ε) 张成集. 显然 $\inf_n(\varepsilon, f) \leqslant 2^{n'}$, 其中 $n' = L(f) \times n + p$.

由在 Bowen 意义下的拓扑熵的定义知下式

$$\begin{aligned} ent(f) \leqslant & ent(\sigma^{L(f)}) = \lim_{\varepsilon\to\infty} \inf(\varepsilon, \sigma^{L(f)}) = \lim_{\varepsilon\to\infty}\lim_{n\to\infty} \sup(\log(\inf_n(\varepsilon, \sigma^{L(f)})/n)) \leqslant \\ & \lim_{\varepsilon\to\infty}\lim_{n\to\infty} \sup(\log(2^{L(f)\times n+p})/n) = \lim_{\varepsilon\to\infty}\lim_{n\to\infty} \sup(\frac{L(f)\times n+p}{n})\log 2 = L(f)\log 2 \end{aligned}$$

成立，所以 $ent(f) \leqslant L(f)\log 2$ 成立.

另一方面，当 $f = \sigma^0$ 时，即 f 是一个恒等映射. 由定义 6 知，恒等映射在 Bowen 意义下的拓扑熵为零. 因此式

$$ent(f) \geqslant 0 \tag{2}$$

成立. 所以定理 1 成立.　　证毕.

拓扑熵是对一个复杂系统进行混沌判据的有效工具，它是一个紧致系统的拓扑不变量，且拓扑熵都是非负的，反映了系统运动轨道的性质，刻画了系统运动轨道的不规则程度. 拓扑熵越大，系统的不规则现象越明显；反之，系统的运动轨迹越规则. 拓扑熵作为拓扑结构的一个不变量，并不会因为遗传算法中编码的表示方式上的差异而改变.

4 结束语

将遗传算法作为一个系统来看待，研究其动力性，并将遗传算法中进化算子的作用抽象成从一个空间到另一个空间的映射，将遗传算法等价为离散动力空间上的转移自映射的复合函数. 当遗传算法中进化算子的作用使整个系统满足周期性的要求时，整个系统构成 Devaney 意义下的混沌. 这一结论解释了遗传算法产生动力性状的根本原因，并给出了严格的数学证明. 遗传算法在解决一些简单的优化问题时，例如单峰函数或单调函数时，最后的解是比较稳定的. 但这并未否定本文的结论，通过分析其求解过程，不难发现其混沌现象的普遍存在，求解的过程是混沌的，解之所以稳定是因为它是一个稳定的焦点. 混沌是刻画系统动力性质的一个重要概念，虽然关于混沌的定义存在差异，但它们都是对系统产生的不规则性的本质描述，在这一点上又是相同的. 遗传算法是否构成 Devaney 意义下的混沌，取决于遗传算子的作用，是否使整个系统 (Ω, f) 满足周期性的条件，这就和 Wright 在文章中的结论相吻合. 任何一个动力系统的拓扑熵都是一个拓扑不变量，是度量一个动力系统复杂程度的尺度之一. 一个采用二进制编码的遗传算法，假设其 Bowen 意义下的拓扑熵为 $k_2 \log 2$, 其中 k_2 为常数；若该遗传算法采用八进制编码方式，在相同的进化算子的作用下，Bowen 意义下的拓扑熵为 $k_8 \log 8 = 3k_8 \log 2$, 其中 k_8 为常数，就应该有关系式 $k_2 = 3k_8$ 成立. 这就和应用遗传算法的实际过程一致了，采用不同进制来表示遗传算法中的个体，并不改变求解问题的复杂程度.

另一方面，由于遗传算法构成符号动力系统下的转移自映射 σ 的复合函数，所以从理论上证明了一个遗传算法的复杂性是由其进化算子 f 完全决定的，在具体算法的设计过程中，尽量使用复杂性小的进化算子，以便使整个算法的复杂性降低. 例如，一般认为分段线性函数是简单的，但其复杂性却很大，因此在选择算子中采用截断选择和排序选择 (ranking selection) 将加大整个算法的复杂程度. 这和 Wright 等人的结果异曲同工.

References

1 Holland J H. Adaptation in natural and artificial systems. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1992

2 Goldberg D E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Massachusetts: Addison Wesley Professional, 1989. 85~99

3 Vose M D, Liepins G E. Punctuated equilibria in Genetic search. *Complex Systems*, 1991, **5**: 31~44

4 Vose M D. The simple genetic algorithms: Foundations and theory. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1999

5 Liepins G E, Vose M D. Deceptiveness and genetic algorithms dynamics. In: G J E Rawlins (Ed.) Foundations Of Genetic Algorithms 1. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1991. 36~50

6 Beyer H G. On the Dynamics of Eas without Selection. In: Banzhaf W, Reeves C (Ed.) Foundations Of Genetic Algorithms 5. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999. 5~26

7 Wright A H, Agapie A. Cyclic and Chaotic Behavior in Genetic Algorithms. In: Goodman E K *et al* (Ed). The Genetic and Evolutionary Computation Conference GECCO-2001. Morgan Kaufmann: 2001. 718~724

8 Wright A H, Rowe J E, Poli R, C R Stephens. A Fixed Point Analysis of a Gene Pool GA with Mutation. In: Langdon w B, *et al* (Ed). The Genetic and Evolutionary Computation Conference GECCO-2002. Morgan Kaufmann: 2002. 642~649

9 Zuo ling Zhou. Symbolic systems. Shanghai: Shanghai science and education publishing company, 1997. (in Chinese)

10 Devaney R L. An Introduction to Chaotic Dynamical Systems. Redwood City, CA: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1989

11 Yang Haijun, Li Minqiang. Form Invariance of Schema and Exact Schema Theorem. *Science in China* (series E), 2003, **33**(8): 707~714 (in Chinese)

杨海军　中国科学院计算技术研究所博士后．研究领域为进化计算，人工智能，网格理论．

(**YANG Hai-Jun**　Postdoctor in Institute of Computing technology, Chinese Academy of Sciences. His research interests include evolutionary computation, artificial intelligence, grid theory.)

李敏强　天津大学系统工程研究所教授、博士生导师．研究领域为进化计算，数据库系统，人工智能．

(**LI Min-Qiang**　Professor, Ph.D. director of Institute of Systems Engineering, Tianjin University. His research interests include evolutionary computation, databases, artificial intelligence.)

上接第 889 页

南余荣	姚天任	姜大志	姜齐荣	封举富	战　强	施颂椒	施鹏飞	查红彬	段志生
段志辉	洪炳熔	洪继光	胡　宏	胡卫明	胡包钢	胡占义	胡正名	胡光锐	胡寿松
胡昌华	胡维礼	胡跃明	胡德文	胥布工	费树岷	贺汉根	贺立湘	贺思敏	赵　军
赵　凯	赵　晨	赵千川	赵沁平	赵明扬	赵明杨	郝　飞	钟宜生	钮兴昱	闻　新
原　魁	唐　明	唐加福	席　宁	席裕庚	徐　波	徐　雷	徐心和	徐文立	徐世杰
徐宁寿	徐立鸿	徐光祐	徐扬生	徐建闽	徐金梧	徐道义	徐德民	徐燕侯	柴天佑
殷福亮	涂序彦	涂奉生	秦化淑	秦世引	袁　璞	袁保宗	袁著祉	袁震东	贾云得
贾利民	贾沛璋	贾英民	贾春福	贾新章	郭　平	郭　晨	郭　雷	郭田德	郭树理
钱积新	钱敏平	陶　卿	陶化成	顾国昌	顾宜群	顾树生	顾新建	高　文	高　龙
高　峰	高大志	高东杰	高自友	高志伟	屠善澄	常文森	康景利	曹日东	曹存根
梁　浩	梁　斌	梁久祯	梁艳春	梅生伟	章毓晋	萧德云	阎平凡	黄　琳	黄心汉
黄文奇	黄必清	黄永宣	黄亚楼	黄秉宪	黄厚宽	黄家英	黄泰翼	黄海军	黄继武
强文义	景兴建	曾建平	曾智洪	焦李成	褚　健	程　鹏	程代展	程兆林	程君实
舒迪前	董士海	董再励	蒋　平	蒋田仔	蒋昌俊	蒋慰孙	谢　明	谢广明	谢胜利
谢惠民	韩　兵	韩　敏	韩　靖	韩正之	韩志刚	韩京清	韩建达	韩崇昭	韩曾晋
楚天广	裘丽华	解学军	赖剑煌	路兆海	鲍虎军	廖弘源	廖晓昕	慕小武	慕春棣
熊光楞	蔡自兴	蔡连红	谭　正	谭　民	谭冬梅	谭铁牛	潘　泉	潘志庚	黎　明
穆志纯	薛安克	薛劲松	霍　伟	霍　强	戴　矩	戴汝为	戴志勇	戴国忠	戴宗礼
戴冠中	魏　晨	魏学业							