

DOI: 10.3724/SP.J.1005.2012.01409

## 人类 Y 染色体 36 个新 STR 位点的筛选与鉴定

彭冬铂<sup>1,2</sup>, 姜正文<sup>2</sup>, 孙斯平<sup>1,2</sup>, 李才华<sup>2</sup>, 卢大儒<sup>1</sup>

1. 复旦大学生命科学学院, 遗传工程国家重点实验室, 现代人类学教育部重点实验室, 上海 200433;
2. 上海天昊生物科技有限公司遗传分析中心, 上海 201203

**摘要:** 通过对 NCBI 数据库中的 Y-STR 位点和生物信息学预测的新 Y-STR 位点的分析, 选取了 133 个位点在 48 个全球分布的样本中进行检测验证, 获得 41 个可靠的高频位点, 其中 36 个为首次发现验证的新 Y-STR 位点。利用这 41 个 Y-STR 位点, 在 200 个上海随机男性样本中共发现 200 种单倍型, 实现了人群内个体间 100% 区分, 并通过对浙江江山一姜氏聚集地的 9 个 5 代以内无血缘关系的姜氏个体和 7 个上海随机人群的姜氏个体的单倍型的分析, 发现 6 个江山姜氏个体具较近的亲缘关系(彼此差异位点在 2~4 个之间)。这 41 个 Y-STR 位点具备较高的信息度, 能有效区分群体内不同家族来源的个体, 这将有助于群体内个体间近代亲缘关系研究, 并有望在法医学法医个体识别、亲权鉴定, 人类起源、迁徙等研究中发挥重大作用。

**关键词:** Y-STR; 多态性; 单倍型; 区分度; 近代亲缘关系

## Screening and identification of 36 new STR loci in human Y chromosome

PENG Dong-Bo<sup>1,2</sup>, JIANG Zheng-Wen<sup>2</sup>, SUN Si-Ping<sup>1,2</sup>, LI Cai-Hua<sup>2</sup>, LU Da-Ru<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory of Genetic Engineering, MOE Key Laboratory of Contemporary Anthropology, School of Life Science, Fudan University, Shanghai 200433, China;
2. Center for Genetic & Genomic Analysis, Genesky Biotechnologies Inc., Shanghai 201203, China

**Abstract:** 133 candidate Y-STR loci were selected from NCBI STS database or by bioinformatics analysis in human Y-chromosome sequence, and were screened among 48 DNA samples around the world. Forty-one Y-STRs with high allelic frequency were validated, 36 of which were first reported. Two hundred haplotypes of the 41 STRs were identified among 200 randomly sampled male individuals in Shanghai, indicating 100% inter-individual discrimination. By network analysis of haplotypes of the 41 STRs among nine Jiang-surname male individuals with no consanguinity within 5 generations from a Jiang-surname individual gathering at Jiangshan, Zhejiang Province, and 7 Jiang-surname male individuals from the random shanghai population, 6 Jiang-surname individuals from Jiangshan were close with only 2-4 STR locus difference. These 41 Y-STR loci provide enough information by which individuals from each other with different early modern family origin can be effectively distinguished. This will promote studies on identification of non-lineal relationship in forensics,

收稿日期: 2012-05-14; 修回日期: 2012-07-13

作者简介: 彭冬铂, 硕士, 专业方向: 人类遗传学、群体遗传学。Tel: 021-50802060-转 22; E-mail: pengdongbo@163.com

通讯作者: 卢大儒, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 人类遗传学。E-mail: drlu@fudan.edu.cn

致谢: 特别感谢上海天昊生物科技有限公司对本课题的研究提供了研究经费以及技术平台支持。

网络出版时间: 2012-8-15 10:51:15

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1913.R.20120815.1051.001.html>

ancestry location of oversea Chinese, the surname origin and evolution, origin and migration of modern humans and many other studies of Contemporary Anthropology.

**Keywords:** Y-STR; polymorphism; haplotype; discrimination; early modern genetic relationship

1921 年, Painter [1] 利用光学显微镜在人类细胞核中首次发现了男性特有的 Y 染色体, Y 染色体上有 59 373 566 bp 核苷酸, 其中 95% 为非重组区域 (Nonrecombining portion of the Y chromosome, NRY) [2]. 处于 Y 染色体非重组区的遗传多态位点, 构成了整个基因组范围内信息量最大、最稳定的单倍型, 可以反映男性个人之间独特的遗传进化关系, 是进行人类起源与迁徙、群体进化以及个体间亲缘关系研究的最有力工具。

短串联重复序列 (Short tandem repeat, STR), 又称微卫星 DNA, 由 2~6 个碱基对构成核心序列, 呈串联重复排列, 因个体间重复次数不同而形成高度多态性。STR 的突变率一般为  $10^{-3}$  /代 [3,4], 高于 SNP 的突变率 (SNP 的突变率一般为  $10^{-9}$  /代 [5]).

目前现代人类学研究大都聚焦于群体间关系研究, 然而现实中, 个体间遗传的亲缘关系、家族的迁徙、姓氏起源等具体问题要求能在更小的时间尺度上将人群中的个体区分开来 [6~14]. 由于 SNP 突变率过低, 只能在时间大尺度上区分人群之间的遗传亲缘关系, 而 STR 突变率高很多, 如果所检测的 Y-STR 数量足够多, 几乎每个人可以构成独特的单倍型, 能够清晰地区分人群、构建人群个体间的亲缘关系网络。目前存在的问题在于 Y-STR 位点数目比较少, 常用的有 DYS19、DYS388、DYS389I、DYS389II、DYS390、DYS391、DYS392、DYS393、DYS425、DYS426、DYS434、DYS435、DYS436、DYS437、DYS438、DYS439 等 [15], 而且这些 Y-STR 的突变率也相对较低, 很难深入全面地反映大样本人群中个体之间的遗传亲缘关系远近。

本研究基于目前 NCBI 已经公布的 DYS 位点和 3 个人基因组序列信息, 采用生物信息学方法预测新 Y-STR 位点, 结合现有的多态性高的 DYS 位点, 在 48 个全球分布男性样本中检测核实, 收集 200 个上海随机男性群体样本, 检测其多态分布, 确定在中国人群中的分布频率及每个基因座的区分效力,

同时通过对 9 个浙江江山一聚集地 5 代以内无血缘关系的姜氏个体以及 7 个上海随机人群姜氏个体的单倍型比较, 分析其用于近代亲缘关系确定的有效性。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验样本

48 个全球人群样本包括 3 个美洲印第安人、4 个北欧人、6 个白人 (包括 2 个美洲白人、2 个欧洲白人和 2 个澳洲白人)、6 个非洲人、4 个太平洋岛国人和 25 个中国人。

200 个中国男性汉族样本, 大部分为南方汉族, 来源于上海仁爱医院随机体检样本。

9 个浙江省江山市新塘边镇姜氏男性样本, 根据个体自身陈述确认其在 5 代以内无血缘关系。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 Y-STR 位点预测

(1) 在生物公共数据库查阅、整理 Y-STR 信息, 获得 201 个 DYS 标记的 STR 位点信息;

(2) 生物信息学预测获得重复单元 10 次重复以上的 Y-STR 位点信息;

(3) 比较这些 Y-STR 位点在 NCBI 数据库 3 个基因组 (RefGene, HuRef, Celera) 中的重复次数, 获得 Y-STR 位点重复数差异信息;

(4) 根据文献报道, 同时分析 Y-STR 位点序列特征, 首先筛选出 133 个 Y-STR 位点用于后续实验验证, 其中 30 个 DYS 位点, 103 个预测的位点, 这些位点的具体位置信息见附表 1。

#### 1.2.2 Y-STR 位点检测

采用多重荧光 PCR 两步法扩增检测 Y-STR, 第一步利用 5' 端加接 4 种不同通用序列的特异引物扩增目的片段, 第二步利用 4 种荧光标记 (FAM、VIC、NED 和 PET) 的通用引物延伸标记目的片段扩增产物。利用 Primer3 在线软件 (<http://frodo.wi.mit.edu/>)

primer3)设计引物,设计的引物尽量不包含 PolyN、SNP 等遗传多态位点和高度重复序列等,引物序列信息见附表 2。Y-STR 位点检测的具体步骤如下:

(1)扩增目的片段 20  $\mu\text{L}$  的 PCR 扩增体系,包括 1 $\times$ Hotstar Taq 缓冲液,0.1  $\mu\text{mol/L}$  正反向 PCR 引物,2.4 mmol/L  $\text{MgCl}_2$ ,0.3 mmol/L dNTP,1 U Hotstar Taq 聚合酶(QIAGEN),5~10 ng DNA 样本,ddH<sub>2</sub>O 补足。PCR 扩增程序:95 10 min;94 20 s;65 40 s,72 2 min,10 个循环,每个循环复性温度降低 1 ;94 20 s,63 40 s,72 2 min,20 个循环;72 2 h。

(2)目标片段标记荧光 20  $\mu\text{L}$  反应体系包括:1 $\times$ HotStar Taq 缓冲液,2.0 mmol/L  $\text{MgCl}_2$ ,0.2 mmol/L dNTP,0.1  $\mu\text{mol/L}$  4 色荧光引物,1 U Hotstar Taq 聚合酶(QIAGEN),1  $\mu\text{L}$  上一步多重 PCR 扩增产物,ddH<sub>2</sub>O 补足。反应程序如下:95 10 min;94 20 s,65 40 s,72 3 min,30 个循环。

(3)毛细管电泳检测分型荧光标记的目的片段稀释 10 倍后,和内标 LIZ500 混匀(0.2  $\mu\text{L}$  LIZ500+8.8  $\mu\text{L}$  Hi-Di+1  $\mu\text{L}$  PCR 稀释产物)95 变性 5 min,之后在 ABI3130 $\times$ 1 测序仪进行毛细管电泳检测,生成的数据文件用 GeneMapper4.0(Applied Biosystems 公司)软件分型。

### 1.2.3 Y-STR 数据分析

1.2.3.1 Y-STR 等位基因的命名 Y-STR 基因座的等位基因按国际法医遗传学会 DNA 委员会 (ISFG DNA Commission) 推荐的命名原则进行命名<sup>[16-17]</sup>。以 Y-STR 位点实际检测出来的最短 PCR 产物长度为基准 1, 根据该多态位点实际检测出来的重复数进行递增标记。

1.2.3.2 男性个体区分度 衡量 Y-STR 信息度的一个重要指标即位点在男性人群中的区分效力 PDM (Power of Discrimination for Males), Y-STR 位点的 PDM 值越大,说明这个位点区分随机男性的效力越大。其计算方法如下:

$$\text{PDM} = 1 - \sum_i^n X_i^2$$

其中, X 指 STR 具体等位基因的频率, PDM=1- 每个等位基因的频率的平方和<sup>[18]</sup>。

1.2.3.3 Network 软件分析样本之间遗传亲缘关系 Network 软件主要用于构建中介网络图,其包

括所有最简约的树,而且可显示序列的信息(如同质性位点的位置、突变热点以及分辨单倍型类群等),在聚类簇中节点之间的距离越近,其单倍型就越相近<sup>[19]</sup>。

Network 软件包所采用的运算程序主要有: MJ (Median-Joining network) 法和 RM (Reduced Median network) 法。本文采用 MJ 法分析 Y-STR 数据<sup>[20]</sup>, 它根据各个样本在网络图的分组情况及其在各组的分布频率,将这些样本的关系在一个二维图形上显示出来。在网络图中,可以让整个骨架以指定的序列为中心星星型分布,根据这些星型的簇支,可以将所有序列分成若干组,从而体现其遗传、进化距离和系统发育关系等。

## 2 结果与分析

### 2.1 筛选并建立 Y-STR 检测体系

经过在 48 个全球人群样本的检测,剔除扩增失败以及不存在多态或频率过低的位点,从 133 个 Y-STR 候选位点中筛选出 41 个 Y-STR 位点(包括 5 个 DYS 位点,36 个新位点),并优化组成 3 个反应体系进行检测,这些位点具体检测信息见表 1, 3 个 panel 的检测峰图见图 1。

### 2.2 Y-STR 的 PDM (Power of discrimination for males) 值

在上海随机选择 200 个男性样本中,检测到 41 个 Y-STR 位点的遗传多态分布。结果显示,200 个上海随机男性样本中有 200 个单倍型(分型数据见附表 3),100% 将采集的随机男性样本区分,体现研究筛选的 41 个 Y-STR 位点有非常高的区分度。新发现的 36 个 Y-STR 位点有高度的遗传多态性,在 41 个 Y-STR 位点中区分度最高的达到 0.8514 (S85),区分度在 0.5 以上的有 28 个位点(图 2)。

### 2.3 Network 软件分析样本间亲缘关系

在随机的 200 个上海男性人群中,Network 分析显示随机群体个体间出现一些聚集的小区域(图 3, 将聚集区域放大显示)。通过 41 个 Y-STR 位点遗传多态性,也可勾勒出其中的亲缘关系远近,同一聚集区内个体间亲缘关系比较近,而不同聚集区间个体亲缘关系比较远。

表 1 41 个 Y-STR 位点检测信息

STR#	Repeat Unit	Ref <sup>1</sup>	HuRef <sup>1</sup>	Celera <sup>1</sup>	开始 <sup>2</sup>	终止 <sup>2</sup>	荧光	分组	长度范围(bp)
S95 <sup>3</sup>	ac	19	19	19	15624080	15624117	FAM	1	220~250
S115	gt	16	16	16	19281328	19281359	FAM	1	286~326
S10	aata	13	12	12	20125094	20125145	FAM	1	408~470
S96	ag	18	18	18	15707856	15707891	VIC	1	270~312
S63	ac	17	17	17	7013203	7013236	VIC	1	362~403
S31	ac	22	20	22	7614787	7614830	VIC	1	430~470
DYS602	agat	11	11	11	17274833	17275076	NED	1	228~268
S73	tg	19	19	19	8564199	8564236	NED	1	278~312
S16	agat	11	10	11	15784358	15784401	NED	1	372~424
S85	ctt	25	25	25	14262033	14262107	PED	1	224~290
S6	tacta	12	11	11	20079883	20079942	PED	1	280~336
S20	gata	10	9	10	7475625	7475664	PED	1	390~420
S120	tg	17	17	17	20177037	20177070	PED	1	470~490
S110	tg	17	17	17	17195022	17195055	FAM	2	180~228
DYS390	agat	11	11	11	17274885	17275099	FAM	2	264~308
S32	tg	21	20	21	16171405	16171446	FAM	2	300~360
S4	aag	23	7	23	22170997	22171065	FAM	2	398~440
S70	ctt	22	22	22	8486378	8486443	VIC	2	178~232
DYS391	tcta	11	11	11	14102758	14103044	VIC	2	270~310
S14	tatc	12	11	11	10131987	10132034	VIC	2	372~428
DYS389	gata	12	12	12	14612070	14612436	VIC	2	450~520
S91	gt	16	16	16	15118068	15118099	NED	2	294~332
S5	tccctt	11	8	11	7724423	7724488	NED	2	470~508
S99	ca	20	20	20	15786876	15786915	PED	2	220~264
S64	gt	19	19	19	7492245	7492282	PED	2	270~288
DYS448a19	agagat	11	11	11	24365000	24365293	PED	2	300~390
S13	atag	12	11	12	15809316	15809363	PED	2	390~432
S23	aat	12	13	12	17558865	17558900	PED	2	460~490
S109	ac	16	16	16	17152787	17152818	FAM	3	184~228
S76	ga	18	18	18	8807697	8807732	FAM	3	220~260
S11	aaag	11	14	11	16433141	16433184	FAM	3	310~360
S75	ca	19	19	19	8785760	8785797	FAM	3	388~428
S92	gt	19	19	19	15156043	15156080	FAM	3	420~446
S74	ac	22	22	22	8694382	8694425	VIC	3	260~298
S81	gt	22	22	22	10399276	10399319	VIC	3	370~394
S62	tttc	17	17	17	6921231	6921298	VIC	3	412~476
S105	ac	22	22	22	16350723	16350766	NED	3	208~272
S112	ag	26	26	26	17313869	17313920	NED	3	360~390
S117	ac	22	22	22	19577547	19577590	NED	3	460~484
S80	tg	22	22	22	10250890	10250933	PED	3	224~298
S56	tttc	18	18	18	5469729	5469800	PED	3	420~468

注：<sup>1</sup>该位点在 3 个人基因组数据库(Ref、HuRef、Celera)中的重复次数；<sup>2</sup>具体位置参照 NCBI 数据库 GRCh37 版本中 Y 染色体序列信息；<sup>3</sup>S 开头的位点表示本研究首次发现的 36 个新位点。

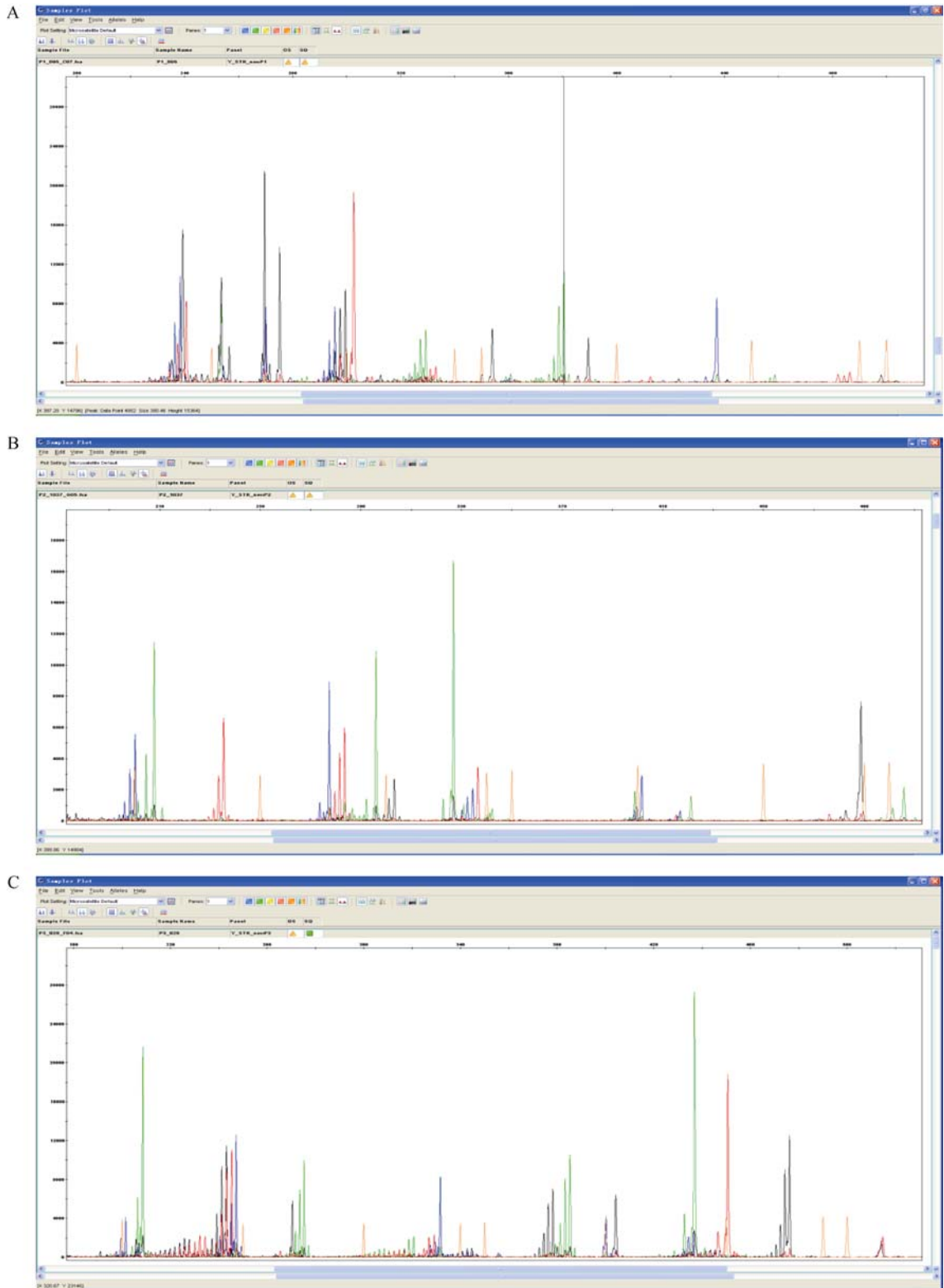


图 1 41 个 Y-STR 位点毛细管电泳分型检测峰图

A: 检测分组 1 中 13 个 Y-STR 位点检测峰图; B: 检测分组 2 中 15 个 Y-STR 位点检测峰图; C: 检测分组 3 的 13 个 Y-STR 位点检测峰图。

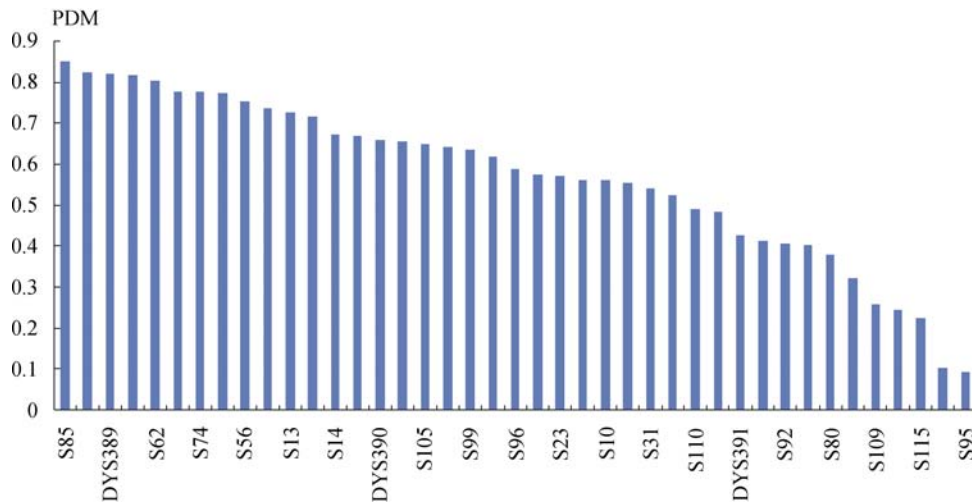


图 2 41 个 Y-STR 位点的男性个体区分度(PDM)

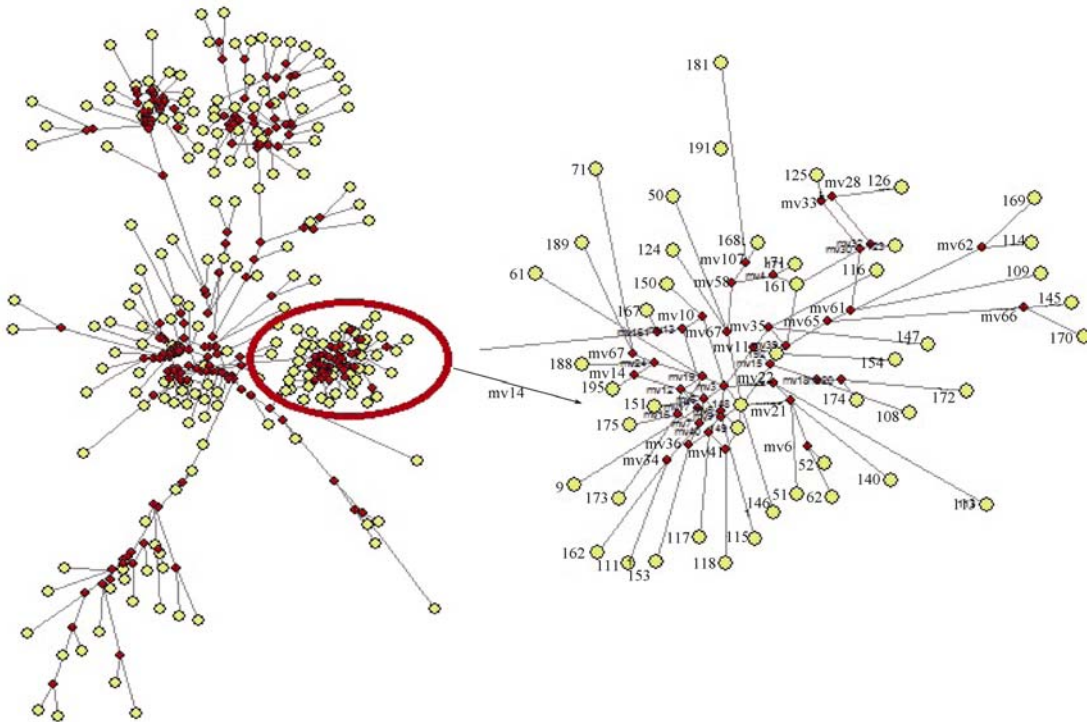


图 3 200 个随机上海男性样本的 Network 分析图(右图为聚集区域的细化图)

本研究利用 41 个 Y-STR 位点单倍型, 采用 Network 分析 16 个姜氏样本间的亲缘关系(16 个姜氏样本单倍型信息见附表 4), 其中 9 个样本(P003、P008、P019、P037、P044、P047、P053、P058、P069)为来自浙江省江山市新塘边镇, 其 5 代以内无血缘关系, 而另 7 个(135、294、498、608、626、662、741)样本为上海随机人群样本。结果显示(图 4, 5): 有 6 个样本(P008、P019、P037、P053、P044、P069)亲缘关系非常接近, 其单倍型彼此之间仅有 2~4 个

位点差异, P003 及 P047 与上海随机姜氏样本距离较远, 而与上述 6 个样本较近, 但同在一个聚集地的 P058 则显示与该地区其他姜氏样本亲缘关系较远, 而与 135 号样本较近, 这显示了姓氏起源的复杂性, 同时也验证了利用高密度高信息度的 Y-STR 位点进行个体间近代亲缘关系鉴定的可行性。

### 3 讨论

本研究根据 Y 染色体上的 DNA 序列信息, 通过

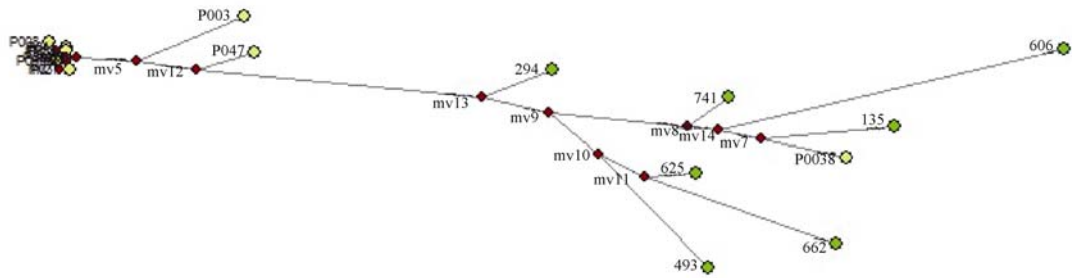


图 4 姜氏家系样本的遗传亲缘关系图

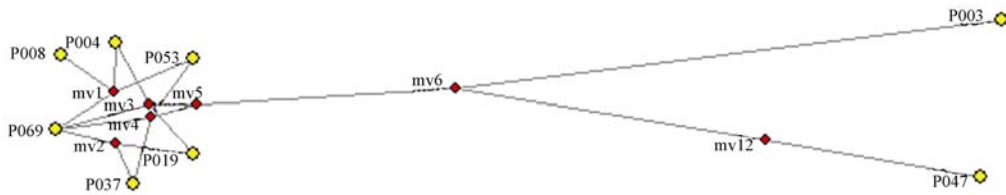


图 5 姜氏家系亲缘关系密切样本之间的亲缘关系图

生物信息学软件预测全新的 Y-STR 位点, 新位点首先在生物数据库 3 个基因组中比较获得其遗传多态性。结合 NCBI 中一些基因多态性高的 DYS 位点, 在 48 个全球人群样本中实例检测鉴定, 然后在 200 个中国汉族的随机人群样本中分析其遗传多态性分布, 结果显示 100% 的将实验检测的随机个体区分开。体现本文检测的 41 个 Y-STR 位点的基因多样性丰富, 首次公布筛选鉴定出的 36 个新 Y-STR 位点具有很高的遗传多态性。

本研究利用新发现的 36 个 Y-STR 位点以及已知的 5 个 DYS 位点进行个体间亲缘关系的鉴定, 成功确定了同一地区的姜氏个体间的亲缘远近关系, 而且对 200 个上海随机人群个体进行亲缘关系图构建, 发现了多个彼此亲缘关系较近个体的聚集区, 但由于缺乏每个位点的突变率数据, 我们无法估计不同单倍型分开时间, 从而无法实现对亲缘关系远近的量化。下一步研究拟通过大量家系样本分析确认每个位点的突变率, 从而实现利用这些 Y-STR 位点对不同个体间进行 Y 染色体的遗传距离估计。另外, 由于 STR 的高突变性, 对于遗传距离比较远的 Y 染色体, 其分辨能力可能会受到影响, 因此有必要结合 SNP 单倍型来提高对遗传距离较远的 Y 染色体的区分能力。

本研究 STR 的检测方法采用了两步 PCR 方法,

首先利用带通用序列的特异引物进行多重 PCR 扩增目的片段, 然后用带荧光标记的通用引物延伸对扩增片段进行标记。这种标记方法不需要每个目的片段的扩增引物进行荧光标记, 只需在其中一条引物 5' 端加上一条通用序列即可, 从而有效降低引物合成成本, 但由于增加了一步 PCR 标记反应, 从而增加了操作步骤以及检测成本, 因此这种标记方法对于检测样本少但检测位点比较多的项目比较适合, 而对于样本量大而位点数比较少则没有优势。

总之, 本研究利用生物信息学预测及后续实验验证成功鉴定出 36 个高信息度的新 Y-STR 位点, 并与 5 个已知高杂合度的 DYS 位点组成 3 个 PCR 检测体系, 通过对 200 个随机人群男性样本以及 9 个姜氏聚集地姜姓样本的单倍型分析, 确认了 41 个 STR 位点对个体间亲缘关系鉴定的有效性。本项研究成果有望应用于非直系亲缘鉴定, 并有望在法医学法医个体识别、亲权鉴定, 人类起源、迁徙等研究中发挥重大作用。

**附录:**附表 1~4 见文章电子版([www.Chinagene.cn](http://www.Chinagene.cn))。

**参考文献(References):**

- [1] Painter TS. The Y-Chromosome in mammals. *Science*, 1921, 27: 503-504. DOI
- [2] Skaletsky H, Kuroda-Kawaguchi T, Minx PJ, Cordum HS,

- Hillier L, Brown LG, Repping S, Pyntikova T, Ali J, Bieri T, Chinwalla A, Delehaunty A, Delehaunty K, Du H, Fewell G, Fulton L, Fulton R, Graves T, Hou SF, Latrielle P, Leonard S, Mardis E, Maupin R, McPherson J, Miner T, Nash W, Nguyen C, Ozersky P, Pepin K, Rock S, Rohlfing T, Scott K, Schultz B, Strong C, Tin-Wollam A, Yang SP, Waterston RH, Wilson RK, Rozen S, Page DC. The male-specific region of the human Y chromosome is a mosaic of discrete sequence classes. *Nature*, 2003, 423(6942): 825–837. [DOI](#)
- [3] Garrigan D, Hammer MF. Reconstructing human origins in the genomic era. *Nat Rev Genet*, 2006, 7(9): 669–680.
- [4] Cavalli-Sforza LL. The human genome diversity project: past, present and future. *Nat Rev Genet*, 2005, 6(4): 333–340. [DOI](#)
- [5] Kayser M, Kittler R, Erler A, Hedman M, Lee AC, Mohyuddin A, Mehdi SQ, Rosser Z, Stoneking M, Jobling MA, Sajantila A, Tyler Smith C. A comprehensive survey of human Y-chromosomal microsatellites. *Am J Hum Genet*, 2004, 74(6): 1183–1197. [DOI](#)
- [6] 石美森, 百茹峰, 于晓军, 唐剑频. 广东汉族 22 个 Y-STR 基因座遗传多态性及遗传关系分析. *遗传*, 2008, 30(9): 1136–1142. [DOI](#)
- [7] 石美森, 百茹峰, 张金生, 于晓军. 辽宁满族 11 个 Y-STR 基因座多态性及遗传关系的分析. *遗传*, 2008, 30(5): 583–589. [DOI](#)
- [8] 冯冬亮, 刘长晖, 梁祚仁, 刘超. 广西 4 个少数民族 17 个 Y-STR 基因座的多态性分析. *遗传*, 2009, 31(9): 921–935. [DOI](#)
- [9] 黄艳梅, 祁英杰, 朱运良, 童大跃, 伍新尧. 7 个 Y-STR 基因座荧光标记复合分型及在中国汉族群体中遗传多态性的研究. *遗传*, 2007, 29(10): 1214–1222. [DOI](#)
- [10] 何燕, 单可人, 谢渊, 修瑾, 吴昌学, 李毅, 任锡麟. 贵州三都水族 Y 染色体上七个 STR 基因座的遗传多态性分析. *遗传*, 2006, 28(12): 1495–1499. [DOI](#)
- [11] 黄艳梅, 祁英杰, 徐基清, 朱运良, 伍新尧. 2 个新 Y-STR 基因座的序列分析和在广东汉族群体中的多态性研究. *遗传*, 2006, 28(11): 1355–1360. [DOI](#)
- [12] Grsković B, Mrcić G. Y chromosome: from evolution to forensics- an overview. *Acta Med Croatica*, 2010, 64(1): 33–40. [DOI](#)
- [13] McElreavey K, Quintana-Murci L. A population genetics perspective of the Indus valley through uniparentally-inherited markers. *Ann Hum Biol*, 2005, 32(2): 154–162. [DOI](#)
- [14] Gemell NJ, Sin FY. Mitochondrial mutations may drive Y chromosome evolution. *Bioessays*, 2002, 24(3): 275–279. [DOI](#)
- [15] Kayser M, Roewer L, Hedman M, Henke L, Henke J, Brauer S, Krüger C, Krawczak M, Nagy M, Dobosz T, Szibor R, de Knijff P, Stoneking M, Sajantila A. Characteristics and frequency of germline mutations at microsatellite loci from the human Y chromosome, as revealed by direct observation in father/son Pairs. *Am J Hum Genet*, 2000, 66(5): 1580–1588. [DOI](#)
- [16] 石美森, 百茹峰, 傅博. 山西汉族 17 个 Y-STR 基因座遗传多态性及遗传关系. *遗传*, 2011, 33(3): 228–238. [DOI](#)
- [17] Bär W, Brinkmann B, Budowle B, Carracedo A, Gill P, Lincoln P, Mayr W, Olaisen B, DNA recommendations. Further report of the DNA Commission of the ISFG regarding the use of short tandem repeat systems. *Forensic Sci Int*, 1997, 87(3): 179–184. [DOI](#)
- [18] Perić M, Barać Lauc L, Martinović Klarić I, Jančićević B, Rudan P. Review of Croatian genetic heritage as revealed by mitochondrial DNA and Y chromosomal lineages. *Croat Med J*, 2005, 46(4): 502–513. [DOI](#)
- [19] Scheinfeldt L, Friedlaender F, Friedlaender J, Latham K, Koki G, Karafet T, Hammer M, Lorenz J. Unexpected NRY chromosome variation in Northern Island melanesia. *Mol Biol Evol*, 2006, 23(8): 1628–1641.
- [20] Bandelt HJ, Forster P, Röhl A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol Biol Evol*, 1999, 16(1): 37–48. [DOI](#)



附表 1 133 个验证 STR 位点信息

STR#	Repeat Unit	Ref <sup>1</sup>	HuRef <sup>1</sup>	Celera <sup>1</sup>	5'POS. <sup>2</sup>	3'POS. <sup>2</sup>
DYS19	tatc	12	12	12	9521935	9522128
DYS197	tg	11	11	11	18468760	18468890
DYS199	ca	13	13	13	19096303	19096543
DYS209	tg	18	18	18	20932050	20932311
DYS211	caa	11	11	11	20975104	20975294
DYS257	tg	14	14	14	8620197	8620484
DYS274	gt	11	11	11	14637813	14638181
DYS280	tg	11	11	11	16543938	16544240
DYS288	ac	15	15	15	7657608	7657726
DYS289	ac	7	12	7	18821148	18821299
DYS379	tg	12	12	12	24631231	24631480
DYS385	gaaa	14	14	14	20842336	20842716
DYS389	gata	12	12	12	14612070	14612436
DYS390	agat	19	19	19	17274885	17275099
DYS391	tcta	11	11	11	14102758	14103044
DYS392	aat	13	13	13	22633758	22634011
DYS393	tctct	14	14	14	3131458	3131528
DYS395	agat	12	12	12	3131128	3131244
DYS413	ac	23	23	23	16167253	16167426
DYS426	tgt	12	12	12	19134813	19134909
DYS437	tcta	10	16	16	14466994	14467058
DYS438	ttttc	10	10	10	14937824	14937874
DYS446a13	tc	38	38	38	3131434	3131545
DYS447a22	ttata	5	5	5	15278692	15278902
DYS448	agagat	24	24	24	24365010	24365246
DYS448a19	agagat	11	11	11	24365000	24365293
DYS458	tatc	17	16	16	9521988	9522036
DYS463a18	ggaag	17	17	17	7643407	7643660
DYS602	agat	11	11	11	17274833	17275076
DYS80	agat	11	11	11	18957359	18958848
S1	gaaag	17	7	17	9090409	9090493
S10	aata	13	12	12	20125094	20125145
S100	at	20	20	20	15950570	15950609
S101	ta	18	18	18	16036833	16036868
S105	ac	22	22	22	16350723	16350766
S106	at	22	22	22	16526503	16526546
S107	at	19	19	19	16559443	16559480
S108	tg	16	16	16	16929108	16929139
S109	ac	16	16	16	17152787	17152818
S11	aaag	11	14	11	16433141	16433184
S110	tg	17	17	17	17195022	17195055
S111	tc	27	27	27	17269637	17269690
S112	ag	26	26	26	17313869	17313920
S115	gt	16	16	16	19281328	19281359

续附表 1

STR#	Repeat Unit	Ref <sup>1</sup>	HuRef <sup>1</sup>	Celera <sup>1</sup>	5'POS. <sup>2</sup>	3'POS. <sup>2</sup>
S116	tg	17	17	17	19522151	19522184
S117	ac	22	22	22	19577547	19577590
S118	ac	19	19	19	20082909	20082946
S119	tg	16	16	16	20102245	20102276
S12	tatc	12	13	12	15951178	15951225
S120	tg	17	17	17	20177037	20177070
S124	gt	17	17	17	22308790	22308823
S125	tg	17	17	17	22391222	22391255
S127	at	19	19	19	26991019	26991056
S128	ta	17	17	17	27110120	27110153
S13	atag	12	11	12	15809316	15809363
S14	tatc	12	11	11	10131987	10132034
S15	aaat	11	12	11	8526195	8526238
S16	agat	11	10	11	15784358	15784401
S17	ttta	11	12	11	7378491	7378534
S18	atcc	11	11	10	19820653	19820696
S19	tgft	10	9	9	7774985	7775024
S2	ac	17	17	11	6209872	6209905
S20	gata	10	9	10	7475625	7475664
S21	tcta	10	12	10	14752027	14752066
S22	tct	18	17	17	8561690	8561743
S23	aat	12	13	12	17558865	17558900
S24	gga	10	8	12	5453363	5453392
S25	ta	31	26	26	22825107	22825168
S26	at	29	30	29	12590036	12590093
S27	ta	28	27	28	7592277	7592332
S28	at	27	23	27	5096584	5096637
S29	ta	27	24	27	14873453	14873506
S3	ta	19	6	8	6210010	6210047
S30	ta	23	24	23	17829229	17829274
S31	ac	22	20	22	7614787	7614830
S32	tg	21	20	21	16171405	16171446
S33	ta	20	20	18	21702987	21703026
S34	at	19	21	19	20225922	20225959
S35	at	19	20	20	17818817	17818854
S36	ta	17	16	17	16325458	16325491
S37	ac	15	16	15	13110831	13110860
S38	ta	15	16	16	19264274	19264303
S39	ta	15	16	15	12939414	12939443
S4	aag	23	7	23	22170997	22171065
S40	tg	12	7	12	13104540	13104563
S41	ct	12	9	12	7678066	7678089
S42	ac	12	13	12	8682200	8682223
S43	gt	11	7	11	16314918	16314939
S44	tg	10	9	10	7304054	7304073

续附表 1

STR#	Repeat Unit	Ref <sup>1</sup>	HuRef <sup>1</sup>	Celera <sup>1</sup>	5'POS. <sup>2</sup>	3'POS. <sup>2</sup>
S46	ta	6	7	6	11963600	11963611
S48	ta	20	20	20	2867025	2867064
S49	at	26	26	26	3882963	3883014
S5	tccctt	11	8	11	7724423	7724488
S52	tg	16	16	16	5246755	5246786
S53	gt	19	19	19	5279337	5279374
S54	ac	16	16	16	5301787	5301818
S55	at	16	16	16	5414714	5414745
S56	tttc	18	18	18	5469729	5469800
S57	tg	17	17	17	5562828	5562861
S6	tacta	12	11	11	20079883	20079942
S60	ta	21	21	21	6406083	6406124
S61	ct	16	16	16	6655213	6655244
S62	tttc	17	17	17	6921231	6921298
S63	ac	17	17	17	7013203	7013236
S64	gt	19	19	19	7492245	7492282
S67	ac	16	16	16	7671641	7671672
S68	ac	17	17	17	7731308	7731341
S70	ctt	22	22	22	8486378	8486443
S73	tg	19	19	19	8564199	8564236
S74	ac	22	22	22	8694382	8694425
S75	ca	19	19	19	8785760	8785797
S76	ga	18	18	18	8807697	8807732
S77	tg	17	17	17	8834717	8834750
S79	ta	21	21	21	10134020	10134061
S8	cttt	15	16	15	16902370	16902429
S80	tg	22	22	22	10250890	10250933
S81	gt	22	22	22	10399276	10399319
S82	gt	16	16	16	10433411	10433442
S83	at	25	25	25	11789880	11789929
S85	ctt	25	25	25	14262033	14262107
S86	at	18	18	18	14419149	14419184
S89	ca	19	19	19	14917509	14917546
S9	tttc	14	13	14	14572566	14572621
S90	tg	18	18	18	15023699	15023734
S91	gt	16	16	16	15118068	15118099
S92	gt	19	19	19	15156043	15156080
S93	ta	21	21	21	15328366	15328407
S94	ac	17	17	17	15343050	15343083
S95	ac	19	19	19	15624080	15624117
S96	ag	18	18	18	15707856	15707891
S97	ta	17	17	17	15748685	15748718
S98	ac	18	18	18	15752373	15752408
S99	ca	20	20	20	15786876	15786915

注: <sup>1</sup> 该位点在 3 个人基因组数据库(Ref, HuRef, Celera)中的重复次数; <sup>2</sup> 具体位置参照 NCBI 数据库 GRCh37 版本中 Y 染色体序列信息。

附表 2 41 个 Y-STR 引物信息

分组	引物名称	引物序列(5'-3')
1	S95F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATTCAAGGCTGCTAGTCATGCTTCTA
1	S95R	GTTTGCTTTGAAGCGTGTGAAAGAA
1	S115F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATGGTCAACAGAAGGGCTTGTATTTTC
1	S115R	GTTTAGCCCCCTCAATTAGCCTTTTG
1	S10F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATCCTCCCCACATTCTGAAATCAC
1	S10R	GTTTCCAAGAGATTCAGAGGCCTCCAC
1	S96F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCTGCTGGTGCCTGATGACAGA
1	S96R	GTTTGGCCCTGGGAAAAATAAGATCA
1	S63F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCGCAGGAGAGCAATGCCTTGTA
1	S63R	GTTTtgatggatgggtgctgaag
1	DYS602F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCTGAGTGGGAGAAATGGATGACA
1	DYS602R	GTTTTTTTTGGGCCCTGCATTTTG
1	S31F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCTGTCTGATGATGCCCAAAATGA
1	S31R	GTTTGGAAAAACAGACCCAGTCACAAA
1	S73F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCCTCAAGAGCTGCCAGGCTGTGT
1	S73R	GTTTGCCTGCCTCCCAATTGACTAAA
1	S16F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCACAGTGTATCCGCCATGGTAGC
1	S16R	GTTTGGGATGGGAAATGATGTTTCTGA
1	S85F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTGACTCCCCATGCCAGTAAGAA
1	S85R	GTTTGGGAAGTGAAGGAAGGCAAAA
1	S6F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTGGGGCCTTACTTACATTGGTGGT
1	S6R	GTTTTGGGTGCTAAATGCCAAGAGT
1	S20F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTCCACAATGCTTTCCTTACACCTG
1	S20R	GTTTAACCAGTGAGAGCCGGAACCTC
1	S120F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTCAAACAGGCAGGCTCCTCCTAA
1	S120R	GTTTtagATTTCCTCACCATTTTCTG
2	S110F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATCCCCGGGCTTATTTTCAGATTTA
2	S110R	GTTTTGTGAGCCAGCCACACTTGATA
2	DYS390F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATACAGTGTATCCGCCATGGTAGC
2	DYS390R	GTTTCATTTTTGGGCCCTGCATTT
2	S32F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATCAGCAGGGAGGACTTGGACAAA
2	S32R	GTTTgcttttccaacctcattca
2	S4F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATTTTGAAGCTGGTGGGATTTCAG
2	S4R	GTTTAGCAGCTGCCAGGTTGTGAA
2	S70F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCAGGAATGTGGCTAACGCTGTCA
2	S70R	GTTTAATCAGAACACAGAGCCCCACAA
2	DYS391F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCccccaccagattagcattca
2	DYS391R	GTTTtaggatagtaggcaggcagat
2	S14F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCAGGAATTTGCTGGTCAATCTC
2	S14R	GTTTGGAAAAATTTGACAAGCCCAAAAG
2	DYS389F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCGAATGTCatagatagatgatggactgc
2	DYS389R	GTTTttgCATTAGCATGAGAGATCctg

续附表 2

分组	引物名称	引物序列(5'-3')
2	S91F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCCCTCACAGGAAGCAGAATTCACTACA
2	S91R	GTTTTCTTTGTTTCAAGTTGGCCaattt
2	S5F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCTCCCTAAAAGTTACAACCCAGCAC
2	S5R	GTTTCACAGCAGTggctaggecacag
2	S99F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTATGGTCCCTCTTAATGTTGCCTGT
2	S99R	GTTTTCTTTGTCTGGGGTATGACAGCTA
2	S64F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTAAATGCATTAACAGCCCATCCCATTAG
2	S64R	GTTTgaaggaaccagcactcecata
2	DYS448a19F	GTTTAGAAAATAGAGATCGCgagacagaag
2	DYS448a19R	GTGTTCCGACCCTATTGTTTTGATTCCCTGTGTTGGAGACCTTTTC
2	S13F	GTTTcteccttacCACAGATAGGTAAGACA
2	S13R	GTGTTCCGACCCTATTGTTTTGAAGATGTTTCAGTCAGGAAAAAAAAA
2	S23F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTCGCATGGACTCCACCCACTTA
2	S23R	GTTTTTCCAAGCCGTTAATTCCTCAT
3	S109F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATAAGCTGTTACCACCTGCTTACATAGAA
3	S109R	GTTTGAGATGAAGCTTCTTTGAGGCATAA
3	S76F	GTTTGGGTTCACTCTAGGTGGACAGAAAA
3	S76R	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATTCACAGGGGTCCAAAGGAAAC
3	S11F	GTTTectacctgggcaacagaacaaca
3	S11R	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATCCAGACAGAATGCAATCTTCttt
3	S75F	GTTTCATCATTCTATATGAAGCAGTGCAAAA
3	S75R	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATGTGATAAAGGCTTGGCAAAAAGAGA
3	S92F	CTTTCGGCCCAGTAAGGGTATTTGCACCTCTGGTCTTACTGGTC
3	S92R	GTTTACCTGCCATCGAAAGCATTACC
3	S74F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCGATCCACAGCCCAAGCAGAT
3	S74R	GTTTGGGACTTCTGCAAAACCATACCA
3	S62F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCGCCTGGGACCGTGTCTTTATTT
3	S62R	GTTTGGTGGCAACCTAAGCTGAAATG
3	S81F	TAGACTAAACGGGCGTGGTTCGGGCCTGGCAATCTTTTCAC
3	S81R	GTTTTGACCCTTCCACAGACCCTAAC
3	S105F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCGGCCATTCAGTTCTTCATCAGCTC
3	S105R	GTTTTGATGAGAAACCACCTGTAAGT
3	S112F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCTGACCAAAGCAAATCCTGAAATATG
3	S112R	GTTTTCCCAAAGGCAACCAAGAA
3	S117F	ATGAGACTACGCGGCTAATGCTCTGCCAACCCACCTGATGATA
3	S117R	GTTTTGACtgatttgctcacaateacatac
3	S80F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTAGGCCAATTTTTGCACACAG
3	S80R	GTTTGGCTGAAGTGCATTAGCCACATT
3	S56F	GTGTTCCGACCCTATTGTTTCATGTGCAAGGCAAAAAGTACCTC
3	S56R	GTTTCAGTTGTGGTACAGGCTGGATT

附表 3 200 个上海随机男性样本单倍型信息

S5	S70	S73	S74	S75	S76	S14	S80	S81	S40	DYS391	S85	DYS389	S91	S92	S95	S96	S16
5	6	6	4	4	3	3	6	2	1	3	7	3	4	3	3	5	6
5	6	5	4	4	3	6	1	2	1	3	8	3	4	5	3	7	4
5	6	5	4	4	3	5	1	2	1	3	7	3	4	5	3	7	4
5	6	5	4	4	3	6	1	2	1	3	8	3	4	5	3	7	4
5	4	6	1	4	3	6	6	7	1	4	10	7	4	5	2	3	4
5	6	4	6	2	3	5	6	2	1	3	3	9	2	2	3	5	5
5	4	4	7	4	3	4	6	4	1	3	3	7	3	4	3	5	4
3	6	4	7	4	6	3	6	4	1	2	7	4	3	4	2	5	6
6	6	4	7	4	3	5	6	4	1	5	9	3	3	5	3	5	4
3	6	4	7	4	6	3	6	4	1	2	5	6	3	4	2	5	6
3	6	4	7	4	6	3	6	4	1	2	7	6	3	4	2	5	5
5	4	4	7	4	3	4	7	4	1	3	3	5	3	4	3	5	3
5	6	5	4	5	3	1	7	5	1	3	7	1	4	5	3	5	5
5	5	4	7	4	3	4	6	4	1	3	8	3	3	5	4	4	4
5	6	4	10	4	3	4	7	2	1	3	8	3	4	5	3	8	5
5	5	6	4	4	3	5	4	5	1	3	6	4	4	5	3	3	4
5	5	6	4	4	3	5	6	5	1	3	8	5	4	5	3	3	4
5	6	4	7	2	3	6	6	2	1	3	3	6	2	2	3	5	4
5	9	4	7	4	3	5	6	2	1	4	8	7	2	2	3	2	6
5	4	4	7	4	3	4	6	4	1	3	8	4	3	5	4	6	4
5	6	4	13	4	3	4	6	4	1	3	7	3	4	5	3	8	5
5	7	7	3	4	3	6	1	2	1	4	7	4	4	5	3	5	7
5	7	8	4	4	3	5	6	2	1	3	9	4	4	5	3	7	5
5	9	5	6	4	3	5	6	3	1	3	4	6	4	5	3	5	5
5	6	7	4	4	3	7	1	2	1	3	7	4	4	5	3	5	5
5	6	5	6	4	3	6	6	4	1	4	9	2	4	6	3	5	5
5	3	4	7	4	3	4	6	4	1	4	2	4	3	5	3	5	4
5	3	4	7	4	3	5	6	4	1	3	2	6	3	5	3	5	4
5	4	4	7	4	3	4	6	4	1	3	5	4	3	4	3	5	4
5	4	4	7	4	3	4	6	4	1	4	5	5	3	4	3	5	4
5	4	3	7	4	3	4	6	4	1	3	2	6	3	4	3	5	4
5	4	4	7	4	3	4	6	4	1	3	4	5	3	4	3	5	4
5	4	4	7	4	3	4	6	4	1	3	4	7	3	4	3	5	4
5	3	4	7	4	3	4	6	4	1	4	6	4	3	4	3	5	4
5	6	7	3	4	3	6	6	2	1	3	8	3	4	5	3	5	6
3	5	8	4	4	3	7	6	2	1	3	8	5	4	5	3	7	5
5	5	7	4	5	3	6	6	2	1	3	7	3	4	5	3	5	5
5	6	6	4	4	3	6	6	2	1	3	7	3	4	5	3	6	6

续附表 3

S5	S70	S73	S74	S75	S76	S14	S80	S81	S40	DYS391	S85	DYS389	S91	S92	S95	S96	S16
5	6	7	4	4	3	6	6	2	1	3	7	5	4	5	3	5	6
5	7	7	4	4	3	6	6	2	1	3	9	2	4	5	3	5	6
5	7	8	4	4	3	7	6	2	1	3	7	5	4	5	3	7	5
5	7	8	4	4	3	7	6	2	1	3	7	5	4	5	3	7	5
5	8	7	4	4	3	6	1	2	1	3	7	4	4	5	3	5	6
5	8	8	4	4	3	7	6	2	1	3	7	4	4	5	3	5	6
5	5	6	4	4	3	5	6	5	1	4	9	4	4	5	3	3	4
5	6	8	4	4	3	6	1	2	1	3	9	5	4	5	3	5	6
5	5	7	4	4	3	5	1	2	1	2	9	3	4	5	3	5	7
5	5	7	4	4	3	5	1	2	1	3	9	4	4	5	3	5	6
5	7	5	6	4	3	5	8	4	1	3	8	4	4	6	3	5	5
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	4	8	5	3	6	3	5	5
6	7	4	7	4	3	6	6	4	1	5	10	5	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	11	5	3	5	3	5	4
5	5	4	9	4	3	4	6	4	1	3	8	4	4	5	3	7	4
5	6	4	9	4	3	4	5	4	1	3	9	5	4	5	3	8	6
3	7	4	7	4	6	3	5	4	1	1	5	5	3	4	2	5	5
5	4	4	6	4	3	4	6	4	1	3	7	6	3	4	3	5	5
5	3	4	7	4	3	5	6	4	1	3	2	4	3	5	3	5	4
5	3	4	7	4	3	5	6	4	1	3	2	5	3	5	3	5	4
6	6	4	7	4	3	4	6	4	1	4	5	4	3	5	3	5	5
5	6	4	7	4	5	6	4	4	1	4	8	7	3	4	5	3	7
6	6	4	7	4	3	5	6	4	1	4	11	5	3	5	3	5	4
6	8	4	7	4	3	5	6	4	1	3	11	5	3	5	3	5	4
5	6	7	2	4	3	7	5	2	1	3	9	3	4	5	3	5	6
5	6	7	4	4	3	6	1	2	1	3	9	4	4	5	3	6	6
5	7	7	4	4	3	6	1	2	1	3	10	3	4	5	3	5	7
5	7	7	4	4	3	7	1	2	1	3	9	1	4	5	3	5	6
5	7	7	4	5	3	7	6	2	1	2	7	2	5	5	3	5	5
5	9	7	4	5	3	6	6	2	1	3	5	3	4	5	3	5	6
6	6	7	4	5	3	6	6	2	1	3	8	4	4	5	3	5	6
5	4	4	7	4	3	4	6	4	1	4	4	8	3	4	3	5	4
6	6	4	7	4	3	5	6	4	1	4	10	5	3	5	3	5	4
5	5	5	6	4	3	5	7	4	1	3	5	7	2	5	3	5	3
5	6	7	4	5	3	5	6	2	1	2	7	3	4	5	3	5	5
5	4	5	7	4	3	4	4	4	1	3	2	5	3	5	3	5	4
5	5	7	4	4	3	5	6	2	1	3	7	5	4	5	3	3	5
6	5	7	4	5	3	7	6	2	1	3	9	4	4	5	3	5	7

续附表 3

S5	S70	S73	S74	S75	S76	S14	S80	S81	S40	DYS391	S85	DYS389	S91	S92	S95	S96	S16
5	5	7	4	5	3	5	6	2	1	3	7	3	4	5	3	5	6
5	6	5	4	4	2	5	8	4	1	4	8	7	5	4	3	5	6
5	6	5	4	4	3	5	6	4	1	2	7	3	5	4	3	5	6
5	7	5	4	4	3	5	5	4	1	2	7	7	5	4	3	5	6
5	6	5	7	2	3	6	6	2	1	3	4	7	2	2	3	5	4
5	4	5	6	4	3	5	6	4	1	3	9	5	4	5	3	6	4
5	9	4	6	4	3	7	6	2	1	3	8	6	3	5	3	5	4
5	5	4	7	2	3	6	5	1	1	3	6	6	2	2	3	5	4
5	5	4	7	2	3	6	6	2	1	3	4	7	2	2	3	5	4
5	6	4	7	2	3	6	6	2	1	3	4	7	2	1	3	5	4
5	6	4	7	2	3	6	6	2	1	3	4	7	2	2	3	5	4
5	6	4	7	2	3	6	6	2	1	3	6	5	2	2	3	5	4
5	7	4	7	2	3	5	6	2	1	4	5	7	2	2	3	5	4
5	7	4	7	2	3	6	6	2	1	4	5	6	2	2	3	5	4
5	9	4	7	2	3	5	6	2	1	3	5	7	2	2	3	5	4
6	5	4	6	2	3	6	6	2	1	3	5	6	2	2	3	5	4
6	7	4	7	2	3	5	6	2	1	4	5	7	2	2	3	5	4
1	3	5	6	4	3	6	6	4	1	3	7	6	4	5	3	6	4
5	4	5	6	4	3	5	6	4	1	3	7	4	4	5	3	6	4
5	4	5	6	4	3	5	6	4	1	3	7	6	4	5	3	8	4
5	6	4	7	2	3	5	6	2	1	3	4	9	2	2	3	5	4
5	9	4	7	2	3	5	3	2	1	4	7	8	2	2	3	5	4
5	6	4	7	2	3	5	5	3	1	3	3	6	2	2	3	5	4
5	4	5	6	4	3	5	6	4	1	3	7	5	4	5	3	6	4
5	5	5	6	4	3	5	6	4	1	3	6	6	4	5	3	6	4
2	5	7	4	5	3	5	6	2	1	3	8	3	4	5	3	5	3
5	10	4	6	4	3	2	6	4	1	4	8	6	4	5	3	9	5
5	7	7	4	4	3	6	1	2	1	2	6	3	4	5	3	5	5
5	8	7	4	4	3	6	1	3	1	3	9	3	4	5	3	5	6
5	9	7	4	4	4	5	1	3	1	3	8	3	4	5	3	5	6
5	4	5	6	4	3	5	7	4	1	3	8	5	4	5	3	6	3
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	4	9	5	3	5	3	6	4
6	7	4	12	4	3	5	6	4	1	3	8	5	3	5	3	5	4
5	4	5	6	4	3	5	6	4	1	3	9	4	4	5	3	6	4
6	8	4	7	4	3	5	6	4	1	3	11	3	3	5	3	6	4
5	5	4	9	4	3	4	6	4	1	4	8	4	4	5	3	7	5
6	6	4	7	4	3	5	6	2	1	4	10	5	3	5	3	5	4
6	6	4	7	4	3	5	6	4	1	3	9	2	3	5	3	5	4
6	7	4	5	4	3	5	6	4	1	3	9	4	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	11	6	3	5	3	5	4
6	9	4	7	4	3	5	5	4	1	5	10	5	3	5	3	5	4
6	9	4	7	4	3	5	6	4	1	3	9	5	3	5	3	5	4



续附表 3

S5	S70	S73	S74	S75	S76	S14	S80	S81	S40	DYS391	S85	DYS389	S91	S92	S95	S96	S16
5	5	4	9	4	3	5	6	4	1	3	11	4	4	5	3	8	4
5	5	5	6	4	5	5	6	4	1	3	6	5	5	5	3	6	4
5	6	4	9	4	3	4	6	4	1	3	7	4	4	5	3	6	6
5	7	4	6	4	3	5	6	3	1	3	5	5	4	5	3	5	5
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	10	6	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	2	4	8	5	3	5	3	5	4
7	6	4	7	4	3	5	6	4	1	3	8	7	3	5	3	5	4
7	5	4	7	4	3	5	6	4	1	3	10	7	3	5	3	5	4
5	4	4	9	4	3	7	6	4	1	3	7	6	4	5	3	9	5
5	6	4	9	4	3	4	6	4	1	5	7	4	4	5	3	8	6
5	6	5	6	4	3	5	6	4	1	3	8	3	4	5	3	6	4
5	6	4	7	2	3	6	6	2	1	3	8	7	2	2	3	5	4
5	8	4	7	2	3	5	6	2	1	5	7	4	2	4	3	5	5
5	7	4	7	2	3	6	6	2	1	4	8	6	2	2	3	5	4
5	3	4	7	4	3	4	6	4	1	3	4	6	3	4	3	5	5
6	5	4	7	4	3	4	6	4	1	4	3	4	3	5	3	5	5
5	6	7	4	3	3	7	6	2	1	3	9	4	4	5	3	5	5
5	5	5	6	4	3	5	6	4	1	3	5	7	4	5	3	6	4
5	9	4	6	4	3	2	6	4	1	4	8	8	4	5	3	9	6
5	9	5	6	4	3	5	5	4	1	3	6	4	4	5	3	5	6
5	6	7	4	4	3	6	6	2	1	3	9	5	4	5	3	5	6
6	7	4	5	4	3	5	6	3	1	4	8	5	3	5	3	5	4
5	3	5	5	5	3	5	8	4	1	3	6	4	4	5	3	6	4
5	4	5	6	4	3	5	5	4	1	3	8	6	4	5	3	6	4
5	6	5	6	4	3	5	6	4	1	3	7	3	4	5	3	4	4
5	9	4	7	2	3	5	2	2	1	3	6	5	2	2	3	5	4
6	8	4	7	4	3	5	6	4	1	3	7	5	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	7	6	4	1	3	9	6	3	5	3	5	4
6	8	4	7	4	1	5	6	4	1	3	10	5	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	4	9	5	3	5	3	5	4
6	8	4	7	4	3	5	6	4	1	4	9	5	3	5	3	5	4
5	5	4	7	4	3	5	6	4	1	4	10	5	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	4	10	4	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	6	6	4	1	4	10	5	3	5	3	5	4
6	9	4	7	4	3	6	6	4	1	4	10	4	3	5	3	5	5
6	6	4	7	4	3	7	6	4	1	5	11	6	3	5	3	5	4
3	4	4	9	4	3	4	6	6	1	3	7	4	4	5	3	5	5
5	5	4	9	4	3	4	6	4	1	3	10	4	4	5	3	8	4
5	5	4	9	4	3	4	6	7	1	2	8	2	4	6	3	8	6
6	5	4	9	4	3	4	6	4	1	3	9	3	4	5	3	8	5
5	4	4	9	4	3	5	6	4	1	3	7	3	4	5	3	8	5
5	5	4	9	4	3	5	6	4	1	3	8	5	4	5	3	8	5

续附表 3

S5	S70	S73	S74	S75	S76	S14	S80	S81	S40	DYS391	S85	DYS389	S91	S92	S95	S96	S16
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	9	6	3	5	3	5	4
6	10	4	7	4	3	5	6	4	1	3	10	4	3	5	3	6	4
5	7	4	4	4	3	5	6	5	1	3	7	5	4	5	3	3	5
5	8	4	7	2	3	5	6	2	1	3	5	8	2	2	3	5	5
5	8	4	7	4	3	7	4	2	1	2	8	4	2	2	3	5	6
5	5	4	9	4	3	4	6	4	1	4	7	5	4	5	3	8	3
6	5	4	7	4	3	5	6	4	1	4	10	4	3	5	3	5	4
6	6	4	6	4	3	5	6	4	1	4	8	5	3	5	3	5	4
6	6	4	7	4	3	5	6	4	1	3	7	3	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	5	5	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	9	6	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	10	5	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	3	10	5	3	5	3	5	5
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	4	8	5	3	5	3	5	4
6	8	5	7	4	3	5	6	4	1	4	10	4	3	5	3	5	4
5	5	4	11	4	3	5	6	4	1	4	9	4	4	5	3	8	5
5	5	4	6	4	3	4	6	4	1	4	8	3	5	3	3	6	6
5	4	4	9	4	3	4	6	4	1	3	9	2	4	5	3	8	4
5	5	4	9	4	3	4	6	2	1	3	6	5	4	5	3	8	5
5	5	4	9	4	3	4	6	4	1	3	11	5	4	5	3	8	4
6	3	4	8	4	3	6	6	4	1	4	9	3	3	5	3	5	4
3	5	4	9	4	3	4	6	4	1	3	8	3	4	5	3	8	6
5	5	4	11	2	3	4	6	5	1	3	8	3	4	5	3	8	5
5	5	5	6	5	3	5	6	4	1	3	9	3	4	6	3	6	4
5	7	5	6	4	3	4	6	4	1	3	9	6	4	5	3	5	6
5	6	7	4	4	3	7	6	2	1	3	7	4	4	5	3	5	6
4	9	4	6	4	3	4	8	4	1	3	9	7	2	6	3	4	5
6	7	4	8	4	3	5	6	4	1	5	10	5	3	5	3	5	4
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	4	10	6	3	5	3	6	4
5	4	4	9	4	3	4	6	4	1	3	9	5	4	5	3	8	4
3	5	5	7	4	3	6	6	2	1	3	6	5	4	6	3	5	5
5	5	5	7	4	4	4	6	4	1	4	6	5	2	6	3	5	5
5	9	4	7	2	3	6	6	2	1	3	4	5	2	2	3	5	4
5	6	7	4	4	3	7	6	2	1	3	8	5	4	5	3	5	7
6	7	4	7	4	3	5	6	4	1	4	10	4	3	5	3	5	4
5	5	5	6	4	3	5	6	4	1	3	8	6	4	5	3	6	4
5	5	5	6	4	3	5	6	4	1	3	8	5	4	7	3	5	5
3	5	4	5	4	3	5	8	4	1	3	6	6	3	5	3	5	5
5	5	5	6	4	3	5	6	4	1	3	4	6	4	5	3	6	5
5	5	5	4	4	3	5	6	4	1	4	11	2	4	5	3	6	5

续附表 3

S99	S13	S32	S105	S11	S109	S110	DYS602	DYS390	S112	S23	S115	S117	S6	S10	S120	S4	DYS448a19
4	7	6	5	5	3	3	5	6	5	5	5	4	5	5	4	10	5
3	6	7	4	4	3	3	3	4	3	5	5	4	5	5	4	14	5
3	6	6	4	4	3	3	3	4	3	5	5	4	5	5	4	16	5
3	6	6	4	4	3	3	3	4	3	5	5	4	5	5	4	10	5
5	6	6	5	6	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	4	12	5
3	7	7	6	8	5	3	4	5	6	5	5	4	3	6	3	12	8
5	5	6	5	5	3	2	3	4	6	4	5	4	5	6	3	12	5
5	8	6	5	4	3	2	5	6	10	6	5	3	4	6	3	8	5
4	6	6	3	6	3	5	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
5	8	6	5	4	3	2	5	6	10	6	5	3	4	6	3	10	5
5	7	6	4	5	3	2	4	5	9	6	5	3	3	6	3	8	5
5	5	4	5	4	3	2	2	3	6	4	5	4	4	6	3	16	5
5	7	6	4	10	3	3	4	5	6	5	5	4	5	6	4	16	5
5	5	6	5	10	3	3	3	4	6	4	5	4	4	8	3	10	7
5	6	5	4	8	3	3	4	5	5	7	5	4	4	6	4	12	7
5	5	6	5	6	3	3	3	4	8	5	5	5	4	5	4	14	5
5	5	6	5	10	3	3	3	4	8	5	5	5	5	5	4	14	5
3	7	6	6	8	5	3	3	4	6	5	5	4	5	6	2	8	8
2	6	6	6	10	5	3	5	6	4	5	5	4	5	6	2	8	8
5	5	6	5	10	3	3	3	4	6	4	5	4	4	6	3	17	5
5	6	6	5	6	3	3	4	5	5	5	5	4	4	6	4	14	9
3	5	6	5	4	3	3	6	7	5	5	5	4	5	5	4	10	5
3	6	6	5	4	3	3	4	5	5	5	5	6	6	5	4	10	5
4	6	5	5	10	3	3	4	5	7	5	5	4	4	7	4	12	9
3	6	6	6	4	3	3	4	5	5	5	5	4	6	6	4	12	5
5	7	6	5	5	3	4	4	5	11	6	4	3	5	6	4	14	5
5	5	6	5	4	3	3	3	4	6	4	5	4	5	5	3	14	4
5	5	6	5	5	3	3	3	4	6	4	5	4	4	7	3	14	4
5	5	6	5	4	3	2	3	4	6	4	5	4	4	6	3	17	7
5	6	6	5	4	3	2	3	4	6	4	5	4	4	6	3	12	5
5	5	6	6	5	3	2	3	4	6	4	5	4	5	6	3	12	5
4	5	6	6	5	3	2	3	4	4	4	5	4	5	6	3	14	5
5	5	6	5	5	3	2	3	4	6	4	5	4	5	6	3	12	5
5	5	6	5	4	1	2	3	4	6	4	5	4	4	6	3	12	5
3	6	6	5	5	3	3	5	6	3	5	6	4	5	6	4	12	7
3	6	6	5	3	3	3	4	5	5	4	5	4	5	5	4	10	7
3	6	6	5	5	3	3	4	5	5	5	5	4	5	7	4	8	7
3	6	6	5	5	3	3	5	6	5	6	6	4	5	6	4	12	5

续附表 3

S99	S13	S32	S105	S11	S109	S110	DYS602	DYS390	S112	S23	S115	S117	S6	S10	S120	S4	DYS448a19
3	5	6	5	8	3	3	5	6	5	5	5	4	5	6	4	14	7
3	6	5	5	5	3	3	5	6	5	5	6	4	5	6	4	14	5
3	4	6	5	2	3	3	4	5	5	5	5	4	5	6	4	12	7
3	6	6	5	3	3	3	4	5	5	5	5	4	5	5	4	12	7
3	6	6	5	3	3	3	5	6	5	5	5	4	5	5	4	14	5
3	6	6	5	4	3	3	5	6	3	5	5	4	6	5	4	10	5
5	6	6	5	6	3	3	3	4	6	5	5	4	7	5	4	10	5
3	5	6	5	5	3	3	5	6	7	5	5	4	5	6	4	14	5
3	6	6	5	4	3	3	6	7	5	5	5	4	4	5	4	16	5
3	6	6	5	4	3	3	5	6	5	5	5	4	5	5	4	14	5
5	6	6	5	6	3	5	4	5	10	6	4	3	5	6	4	12	7
4	6	6	3	8	3	4	4	5	4	4	5	5	6	6	3	10	4
4	6	6	3	8	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	12	4
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	12	4
5	5	6	5	8	3	4	3	4	5	5	5	4	4	6	4	14	7
5	6	6	5	6	3	3	5	6	3	5	3	4	4	6	4	16	7
5	6	6	5	5	3	2	4	5	11	6	5	3	4	6	3	10	5
5	5	6	5	4	3	2	4	5	7	4	5	4	4	6	3	18	4
5	5	6	5	5	3	3	3	4	6	4	5	4	4	7	3	14	4
5	5	6	5	6	3	3	3	4	6	4	5	4	4	7	3	12	4
5	7	6	5	6	3	5	4	5	8	4	5	4	5	7	3	16	5
5	6	7	4	3	3	2	6	7	6	3	5	4	4	6	1	12	5
4	6	6	3	8	3	4	3	4	2	4	5	5	4	6	3	10	4
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	12	4
3	5	6	5	4	3	3	5	6	5	5	5	4	5	5	4	14	4
3	4	7	5	4	3	3	5	6	6	5	5	4	5	5	4	16	5
3	5	6	5	4	5	3	6	7	5	5	5	4	6	5	4	10	5
3	7	6	5	4	3	3	5	6	5	5	5	4	5	5	4	12	5
3	5	6	5	5	3	3	4	5	5	5	5	4	6	6	4	8	7
3	6	6	5	4	3	3	5	6	5	5	5	4	4	6	4	10	7
3	6	6	5	4	3	3	5	6	5	4	5	4	5	6	4	8	5
5	5	6	5	2	5	2	3	4	6	4	5	4	4	6	4	16	5
4	6	8	2	6	3	5	3	4	5	5	5	4	5	7	3	10	4
5	4	6	5	3	3	3	2	3	4	4	5	4	5	6	3	9	4
4	6	6	5	4	3	3	4	5	5	5	5	4	5	6	4	10	7
5	5	6	5	4	3	3	3	4	8	2	5	4	4	5	3	17	7
3	7	6	5	5	3	3	4	5	5	5	5	4	5	6	4	12	7
3	6	6	5	4	3	3	6	7	5	4	5	4	5	6	4	8	5

续附表 3

S99	S13	S32	S105	S11	S109	S110	DYS602	DYS390	S112	S23	S115	S117	S6	S10	S120	S4	DYS448a19
3	6	6	4	5	3	4	5	6	3	5	5	4	5	6	4	8	7
6	6	7	5	8	3	3	5	6	7	5	5	4	6	6	4	10	5
5	6	7	5	8	3	3	5	6	7	5	6	4	5	7	4	6	5
5	6	7	5	10	3	3	5	6	7	5	5	4	5	7	4	10	5
3	5	6	6	8	5	3	3	4	4	5	5	4	5	6	2	6	8
5	4	5	5	4	3	3	3	4	6	5	5	4	4	6	4	10	5
5	4	6	5	6	2	2	3	4	6	6	5	4	3	6	4	14	4
3	6	6	7	8	5	3	3	4	6	5	5	4	5	8	2	8	8
3	5	6	6	10	5	3	3	4	4	5	5	4	5	6	2	5	8
3	5	6	6	6	5	3	3	4	6	5	5	3	4	8	2	8	8
3	6	6	6	8	5	3	3	4	6	5	5	5	5	6	2	6	8
3	5	6	7	6	5	3	3	4	6	5	5	4	4	8	2	8	8
3	5	6	6	8	5	3	3	4	5	5	5	4	6	7	2	8	8
3	5	6	6	8	5	3	3	4	6	5	5	4	3	7	2	8	8
3	5	6	6	8	5	3	3	4	4	5	5	4	5	5	2	6	8
3	6	6	6	10	5	3	3	4	6	5	5	4	5	7	2	6	8
3	5	6	6	6	5	2	3	4	6	5	5	4	4	8	2	10	8
5	3	3	5	6	3	3	3	4	6	5	5	4	6	6	4	10	5
5	3	4	4	5	3	3	3	4	6	5	5	4	4	6	4	14	5
5	5	5	5	5	3	3	3	4	4	5	5	4	4	6	4	12	5
3	5	6	6	8	5	3	3	4	6	5	5	4	4	7	2	8	8
3	5	6	6	10	5	3	3	4	6	4	5	4	6	6	2	8	8
3	5	6	5	6	5	4	3	4	6	5	5	4	5	6	2	6	9
5	4	5	5	4	3	2	3	4	6	5	5	4	4	6	4	14	5
5	4	5	5	4	3	3	3	4	6	5	5	4	4	6	4	12	5
5	6	6	5	3	3	3	2	3	5	5	5	4	5	6	4	12	5
5	7	4	5	4	3	1	4	5	5	5	4	4	4	6	3	5	7
3	5	6	5	4	3	3	4	5	5	5	5	4	5	5	5	10	5
3	7	6	5	4	3	3	5	6	2	5	5	3	5	5	4	10	5
3	7	6	5	4	3	3	5	6	2	5	5	5	5	5	4	12	5
5	4	5	4	4	3	3	2	3	6	5	5	4	4	6	4	12	5
4	6	6	3	5	3	4	3	4	4	4	5	5	5	7	3	6	4
4	7	8	3	5	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	4
5	5	5	5	5	3	3	3	4	6	5	5	4	6	6	4	14	5
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
5	6	6	5	6	3	3	4	5	3	5	5	4	4	6	4	14	7
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	7	3	14	2
6	4	8	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	4

续附表 3

S99	S13	S32	S105	S11	S109	S110	DYS602	DYS390	S112	S23	S115	S117	S6	S10	S120	S4	DYS448a19
4	5	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	3
4	7	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	5
4	7	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
4	6	5	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	7	3	10	4
5	7	6	5	6	3	3	3	4	5	5	5	4	4	6	4	8	7
5	3	3	5	6	3	3	3	4	4	5	5	4	4	6	4	12	5
5	5	6	5	6	3	3	5	6	5	5	5	4	4	6	4	14	8
4	5	4	5	6	3	3	4	5	7	5	5	5	4	6	4	8	7
4	5	8	3	8	3	4	3	4	4	4	5	5	5	5	3	8	4
4	5	6	3	8	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
4	6	8	3	8	3	4	3	4	4	4	6	5	5	6	3	8	4
4	5	8	3	8	3	4	3	4	4	4	6	5	6	6	3	8	4
5	6	6	5	8	3	3	4	5	3	5	5	4	4	6	4	17	7
5	6	6	5	8	3	3	5	6	7	5	5	4	4	6	4	16	5
5	5	5	5	8	2	3	3	4	6	4	5	4	5	6	4	10	5
3	7	6	5	8	5	3	3	4	6	5	5	2	6	6	2	6	8
3	6	6	6	10	5	3	4	5	7	5	5	4	5	7	2	8	8
3	5	6	6	8	5	3	3	4	7	5	5	4	5	8	2	6	8
5	5	6	5	3	3	2	4	5	5	4	5	4	4	6	3	12	5
5	7	6	4	5	3	3	4	5	8	3	5	4	5	7	3	12	8
3	5	5	5	4	3	3	4	5	5	5	5	4	5	5	4	15	5
5	5	5	6	4	3	3	3	4	6	5	5	4	3	5	4	12	5
5	7	6	5	5	3	1	5	6	5	5	4	4	4	5	3	5	8
5	4	6	5	5	3	4	5	6	10	4	5	4	4	7	4	8	7
3	5	6	5	5	3	3	5	6	5	5	5	4	5	6	4	14	5
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	4	5	5	6	3	12	4
5	5	5	4	6	3	3	3	4	6	5	5	4	5	5	4	12	5
5	3	4	5	6	3	3	3	4	6	5	5	4	4	7	4	12	5
5	4	5	5	6	2	3	3	4	6	4	5	4	5	6	4	10	5
3	5	6	6	6	5	3	3	4	6	5	5	4	6	7	2	10	8
4	5	8	1	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	7	3	8	5
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	7	3	10	4
4	5	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	2
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
4	5	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	5	3	10	4
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	7	6	3	10	4
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	4

续附表 3

S99	S13	S32	S105	S11	S109	S110	DYS602	DYS390	S112	S23	S115	S117	S6	S10	S120	S4	DYS448a19
4	6	6	3	6	3	4	4	5	4	4	5	5	5	6	3	10	5
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	4
5	6	6	5	6	3	3	4	5	6	5	5	4	4	6	4	14	7
5	6	6	5	6	3	4	3	4	5	5	5	4	4	6	4	10	7
5	7	6	4	6	3	3	5	6	5	5	5	4	3	6	4	14	7
5	6	5	5	6	3	3	4	5	5	5	5	4	5	6	4	16	7
5	6	6	5	6	3	3	4	5	5	4	5	4	4	6	4	12	7
5	6	6	5	6	3	3	4	5	5	5	5	4	5	6	4	14	7
4	6	6	3	8	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	4
4	6	6	3	8	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
5	4	6	5	8	3	3	4	5	6	5	5	4	5	5	4	12	7
3	5	6	6	8	5	3	4	5	5	5	5	4	5	7	2	6	8
3	4	8	6	11	5	3	5	6	6	5	5	4	5	6	2	12	7
5	7	6	5	8	3	3	2	3	5	5	5	4	4	6	4	17	7
4	5	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	4	5	6	3	10	4
4	6	6	3	8	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	4
5	4	8	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	8	4
4	5	8	1	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	7	3	8	4
4	6	6	3	8	3	4	3	4	5	4	5	5	5	6	3	8	4
4	6	6	3	6	3	5	3	4	4	4	5	5	5	5	3	6	3
4	7	6	3	5	3	4	4	5	4	4	5	5	5	6	3	10	4
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	6	4
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	3	5	5	5	6	3	10	4
4	6	6	5	5	3	3	4	5	5	5	5	4	4	6	4	17	7
6	5	6	5	8	3	3	5	6	6	5	5	4	5	6	3	5	7
5	6	6	5	5	3	3	3	4	5	6	5	4	4	6	4	12	7
5	5	6	5	6	3	4	4	5	5	5	4	4	4	6	4	18	7
5	5	6	5	6	3	3	3	4	5	5	5	4	4	6	4	12	7
4	7	8	3	8	3	4	3	4	4	3	5	5	5	7	3	8	5
5	6	6	5	5	3	3	5	6	5	5	5	4	4	6	4	14	7
5	6	6	5	6	3	3	4	5	5	5	5	4	4	6	4	12	8
5	5	6	3	8	5	3	3	4	6	4	5	4	6	6	4	14	7
6	6	6	5	8	3	4	5	6	12	6	5	4	6	6	4	12	7
3	5	6	5	4	3	3	5	6	5	5	5	4	5	5	4	12	5
2	4	4	5	2	3	3	4	5	6	4	6	3	7	6	3	12	3
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
4	6	6	3	5	3	4	3	4	4	4	5	5	5	7	3	8	4
5	6	6	5	6	3	3	3	4	5	5	5	4	4	6	4	12	7
5	5	6	5	5	3	4	4	5	9	8	5	4	4	6	3	10	8
4	5	4	5	5	2	3	4	5	5	4	5	4	6	6	3	12	5
3	7	6	6	6	5	3	3	4	4	5	5	4	5	6	2	6	8
3	5	6	5	3	3	3	6	7	5	5	5	5	5	5	4	10	5

续附表 3

S99	S13	S32	S105	S11	S109	S110	DYS602	DYS390	S112	S23	S115	S117	S6	S10	S120	S4	DYS448a19
4	6	6	3	6	3	4	3	4	4	4	5	5	5	6	3	10	4
5	4	4	5	8	3	3	3	4	6	5	5	4	4	7	4	12	5
5	4	5	5	5	3	3	4	5	6	5	5	4	5	6	4	12	7
7	6	6	4	6	3	3	4	5	4	6	3	4	4	6	4	5	4
5	4	4	5	8	3	3	4	5	6	5	5	4	6	6	4	12	5
5	5	6	5	10	3	3	4	5	6	5	5	4	6	6	4	8	7

附表 4 16 个姜氏样本 41 个 Y-STR 单倍型信息

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
135	1	7	6	4	4	5	5	7	6	4	█	3	3	5	2	1	3	6	2	4	█
294	7	6	6	4	4	4	5	4	5	6	4	3	5	6	4	1	3	7	4	4	5
498	3	5	6	2	4	4	5	5	4	9	4	3	4	6	4	1	3	8	4	4	5
608	3	7	7	2	4	6	3	6	4	7	4	6	3	6	4	1	2	5	6	3	4
626	8	5	6	4	4	4	5	4	5	5	4	3	5	6	4	1	4	7	4	4	5
662	7	9	6	█	4	4	5	8	3	6	4	3	6	6	4	1	2	7	5	4	5
741	4	4	6	4	4	5	5	4	5	4	4	3	7	6	2	1	3	5	6	4	5
P003	5	3	6	2	4	4	7	6	4	7	4	3	6	6	4	1	3	8	6	3	5
P008	4	6	6	2	4	4	6	6	4	7	5	3	5	6	4	1	3	11	7	3	5
P019	4	7	6	2	4	4	6	7	4	7	5	3	5	6	4	1	3	10	6	3	5
P037	4	7	6	2	4	4	6	7	4	7	5	3	5	6	4	1	3	10	7	3	5
P047	7	9	6	2	4	4	6	6	4	7	5	3	5	6	4	1	3	9	5	3	5
P053	4	7	6	2	4	4	6	6	4	7	5	3	5	6	4	1	3	11	7	3	5
P058	5	7	6	4	4	6	5	6	7	4	4	3	7	6	2	1	3	6	5	4	5
P044	4	7	6	2	4	4	6	6	4	7	5	3	5	6	4	1	3	11	6	3	5
P069	4	7	6	2	4	4	6	6	4	7	5	3	5	6	4	1	3	10	7	3	5

	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42
135	3	5	7	4	5	6	5	█	3	3	6	7	5	5	5	4	6	5	4	8	5
294	3	7	4	5	1	6	6	4	3	3	█	4	6	6	5	4	5	6	4	8	4
498	3	█	5	5	7	6	5	5	3	3	4	5	3	5	5	4	4	6	4	14	7
608	2	5	6	5	8	6	5	4	3	2	5	6	10	6	5	3	4	6	3	10	5
626	3	6	5	5	5	5	5	8	3	3	4	5	6	5	4	4	5	6	4	12	7
662	3	6	6	5	5	6	5	10	3	3	5	6	8	7	4	4	4	6	3	10	8
741	3	5	6	5	5	6	5	4	3	3	5	6	5	5	5	4	6	5	█	8	5
P003	3	5	4	4	5	8	3	8	3	4	3	4	4	4	5	5	6	6	3	8	4
P008	3	5	4	4	6	8	2	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	7	3	10	4
P019	3	5	4	4	6	8	2	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	7	3	10	4
P037	3	5	4	4	6	8	2	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	6	3	10	4
P047	3	5	4	4	6	8	2	8	3	4	3	4	6	5	5	5	5	6	3	8	4
P053	3	5	4	4	6	8	2	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	6	3	10	4
P058	3	5	6	3	5	6	5	4	3	3	5	6	3	5	5	4	5	5	4	12	4
P044	3	5	4	4	6	8	2	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	7	3	10	4
P069	3	5	4	4	6	8	2	6	3	4	3	4	4	5	5	4	5	7	3	10	4