表 3-4　东大滩锑金矿成矿元素参数统计一览表

| | Au | As | Sb | Bi | Hg | W | Mo | Cu | Pb | Zn | Ag | Co | Ni | Cr | Ti | V |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 样数 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| 均值 | 1449 | 2345 | 546 | 2.57 | 22.7 | 2.80 | 0.36 | 56 | 24 | 71.0 | 0.31 | 8.8 | 18 | 271 | 3957 | 64.6 |
| 均值标准误差 | 459 | 805 | 349 | 0.9 | 0.61 | 0.5 | 0.03 | 4.3 | 3.01 | 5.4 | 0.2 | 0.8 | 2 | 224 | 611 | 8.15 |
| 中位数 | 90 | 80 | 30 | 0.68 | 22.0 | 2 | 0 | 55 | 20.3 | 73.8 | 0 | 10 | 21 | 51 | 3485 | 72.8 |
| 众数 | 75 | 6 | 17.2 | 0.3 | 18.0 | 0.6 | 0 | 49 | 16.7 | 40.3 | 0.1 | 14 | 5 | 5 | 47.4 | 83.9 |
| 标准差 | 2827 | 4961 | 2153 | 5.73 | 3.74 | 3.10 | 0.20 | 26.6 | 18.6 | 33.4 | 1.20 | 4.91 | 10.6 | 1379 | 3766 | 50.2 |
| 方差 | 7990681 | 24613133 | 4635981 | 32.9 | 14.0 | 9.63 | 0.04 | 709 | 344 | 1115 | 1.44 | 24.1 | 112 | 1900608 | 14179256 | 2522 |
| 偏度 | 2.08 | 2.2 | 5.9 | 3.39 | 0.2 | 3.16 | 3.3 | 0.79 | 3.0 | -0.05 | 6.14 | -0.1 | 0.19 | 6.16 | 1.08 | 0.43 |
| 偏度标准误差 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.38 |
| 峰度 | 3.30 | 4.11 | 35.6 | 11.7 | -1.30 | 13.2 | 13.8 | 3 | 12.2 | -0.06 | 37.8 | -1.49 | -1.2 | 38 | 1.32 | -0.59 |
| 峰度标准误差 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 全距 | 9993 | 19834 | 13279 | 27.7 | 12 | 17.3 | 1 | 139 | 105 | 150 | 7 | 16 | 34 | 8538 | 15922 | 184 |
| 最小值 | 7 | 6 | 1.0 | 0.28 | 18 | 0.2 | 0.20 | 5.0 | 5.0 | 5.4 | 0.06 | 1.8 | 4.8 | 5.0 | 47.4 | 5.0 |
| 最大值 | >10000 | 19840 | 13280 | 28 | 30 | 17.5 | 1.3 | 144 | 110 | 155 | 7.5 | 17.4 | 38.5 | 8543 | 15969 | 189 |
| 总和 | 55067 | 89098 | 20736 | 98 | 863 | 106 | 13.5 | 2128 | 913 | 2697 | 11.7 | 335 | 683 | 10309 | 150365 | 2453 |

均含量可高出数十倍～数百倍，甚至上千倍，各矿区 Ag 的平均含量仅为地壳克拉克值的 3.5～6 倍。与元素的区域地球化学背景相比，一些元素富集，一些元素亏损，在元素地球化学剖面上表现为跳跃的峰或谷，反映了元素在热液活动或成矿过程中的带入、带出特征。

## 二、相关系数及 R 型聚类分析

五龙沟金矿、开荒北金矿、大场金锑矿和东大滩锑金矿成矿元素的相关性分析结果见表 3-5～表 3-8，相应的成矿元素 R 型聚类分析谱系图见图 3-1。

在五龙沟金矿，如取置信水平（相关系数）>0.5，则有 Au-As-W、Mo-V、Co-Ni-Ti 和 Sb-Bi-Pb-Sn-Zn-Cu 四个组合，相关系数分别为 0.60、0.91、0.63 和 0.5，其中 Au 和 As 强烈正相关，相关系数达 0.73，其它元素不具有相关性。

在开荒北金矿，成矿元素在相关系数 r>0.5 的情况下可分为 Au-Pb-Ag-As-Sb-Cu、Bi-Hg-Co-Ni 和 Rb-Cr-Ti-V-Ba 三个组合，相关系数分别为 0.56、0.61 和 0.50。这 3 个组合比较复杂，Au 与 Pb、Ag 相关性最好，相关系数为 0.86，其次是与 As 和 Sb、Cu 呈密切正相关。其余元素不具有明显的规律性。

在大场金锑矿床，如取相关系数>0.5，则有 Au-As、Mo-Co-Ni-Rb-Ba-Cr-Ti-V、Cu-Sn-Ag-Pb-Zn 和 Sb-Bi 四个组合，它们的相关系数分别为 0.93、0.76、0.59 和 0.99，其中 Au 与 As 为高度正相关，其次是与 W，相关系数为 0.41。

在东大滩锑金矿，如按相关系数>0.4 可将成矿元素分为 Au-As-Hg-W、Sb-Bi、Cu-Zn-Co-Ni-Ti-Ba-V、Pb-Ag 四个组合，相关系数分别为 0.42、0.49、0.48。Au 与 As 呈较强的正相关关系，相关系数为 0.64，其次与 Hg 和 W，相关系数分别为 0.46 和 0.42。

综合上述可见，各矿床元素组合均具有多群体性，这一方面反映出不同种类的成矿元素因地球化学性质的差异而在共生组合上“物以类聚”性，另一方面则反映了各矿区内所经历的地质作用的复杂性及成矿的多期次性。在各矿区 Au 与 As 表现出十分明显的强正相关性，相关系数为 0.64～0.93，因此其可以作为各矿区找金的重要近程指示元素。在五龙沟、大场和东大滩矿床，Au 还与 W 具有一定的相关性，相关系数分别为 0.60、0.41 和 0.42，另外，在东大滩和开荒北金矿分别与 Hg 和 Ag、Sb、Cu、Pb 呈现出一定相关性，除此之外，与其它元素的相关性则较差。值得注意的是，Au 与 Ag 的相关性在各矿区表现得十分不一致，在开荒北金矿中为强正相关关系，相关系数达 0.89，在五龙沟金矿为一般相关关系，相关系数为 0.42，而在大场和东大滩矿床中则为负相关关系。除开荒北金矿外，其余各矿床 Sb 与 Bi 均具有较强的相关性，尤其是大场金锑矿床 Sb、Bi 的相关系数达 0.99，五

龙沟和东大滩矿床 Sb 与 Bi 的相关系数分别为 0.66 和 0.49。

**表 3-5　五龙沟金矿床化探元素相关矩阵（N=43）**

| | Au | As | Sb | Bi | Hg | W | Mo | Cu | Pb | Zn | Ag | Co | Ni | Rb | Ba | Cr | Ti | V | Sn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Au | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As | 0.731 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sb | 0.376 | 0.544 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bi | 0.223 | 0.482 | 0.662 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hg | 0.449 | 0.323 | 0.338 | 0.252 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| W | 0.595 | 0.710 | 0.492 | 0.439 | 0.467 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Mo | 0.397 | 0.358 | 0.277 | 0.114 | 0.440 | 0.572 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Cu | 0.125 | 0.338 | 0.397 | 0.492 | 0.272 | 0.332 | 0.199 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Pb | 0.110 | 0.343 | 0.495 | 0.669 | 0.223 | 0.404 | 0.134 | 0.657 | 1 | | | | | | | | | | |
| Zn | 0.056 | 0.223 | 0.342 | 0.585 | 0.262 | 0.300 | 0.056 | 0.654 | 0.860 | 1 | | | | | | | | | |
| Ag | 0.416 | 0.278 | 0.281 | 0.111 | 0.336 | 0.064 | 0.002 | 0.199 | -0.053 | 0.007 | 1 | | | | | | | | |
| Co | -0.054 | 0.017 | -0.077 | 0.006 | 0.066 | 0.061 | 0.257 | 0.449 | 0.194 | 0.147 | -0.069 | 1 | | | | | | | |
| Ni | 0.085 | 0.208 | 0.089 | 0.195 | 0.197 | 0.324 | 0.419 | 0.508 | 0.405 | 0.420 | -0.031 | 0.744 | 1 | | | | | | |
| Rb | 0.315 | 0.273 | -0.005 | 0.011 | 0.139 | 0.454 | 0.184 | -0.115 | -0.035 | 0.052 | 0.100 | -0.069 | 0.146 | 1 | | | | | |
| Ba | -0.071 | -0.065 | -0.227 | -0.138 | -0.211 | -0.045 | -0.049 | 0.014 | -0.114 | -0.003 | -0.006 | 0.148 | 0.096 | 0.217 | 1 | | | | |
| Cr | -0.021 | 0.070 | 0.020 | 0.069 | 0.083 | 0.423 | 0.230 | 0.122 | 0.059 | -0.035 | -0.071 | 0.150 | 0.223 | 0.003 | 0.058 | 1 | | | |
| Ti | 0.074 | 0.148 | -0.010 | -0.025 | 0.100 | 0.370 | 0.357 | 0.294 | -0.003 | -0.088 | -0.061 | 0.626 | 0.518 | 0.155 | 0.406 | 0.519 | 1 | | |
| V | 0.268 | 0.276 | 0.091 | 0.001 | 0.368 | 0.520 | 0.905 | 0.267 | 0.113 | 0.028 | -0.038 | 0.421 | 0.454 | 0.164 | 0.011 | 0.401 | 0.569 | 1 | |
| Sn | 0.172 | 0.411 | 0.516 | 0.701 | 0.260 | 0.477 | 0.169 | 0.665 | 0.969 | 0.804 | -0.049 | 0.178 | 0.379 | 0.024 | -0.073 | 0.100 | 0.090 | 0.161 | 1 |

**表 3-6　开荒北金矿床化探元素相关矩阵（N=153）**

| | Au | As | Sb | Bi | Hg | W | Mo | Cu | Pb | Zn | Ag | Co | Ni | Rb | Ba | Cr | Ti | V | Sn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Au | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As | 0.765 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sb | 0.561 | 0.282 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bi | 0.586 | 0.515 | 0.078 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hg | 0.571 | 0.568 | 0.064 | 0.797 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| W | -0.017 | 0.007 | -0.010 | -0.013 | -0.023 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Mo | -0.055 | 0.069 | -0.048 | -0.057 | -0.041 | 0.036 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Cu | 0.743 | 0.371 | 0.888 | 0.206 | 0.171 | -0.016 | -0.068 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Pb | 0.858 | 0.585 | 0.371 | 0.522 | 0.526 | -0.024 | -0.070 | 0.686 | 1 | | | | | | | | | | |
| Zn | 0.215 | 0.350 | -0.007 | 0.080 | 0.343 | -0.013 | -0.019 | 0.028 | 0.422 | 1 | | | | | | | | | |
| Ag | 0.889 | 0.706 | 0.421 | 0.513 | 0.516 | -0.024 | -0.032 | 0.676 | 0.954 | 0.429 | 1 | | | | | | | | |
| Co | 0.068 | 0.126 | -0.094 | 0.083 | -0.009 | 0.080 | 0.133 | -0.072 | -0.096 | -0.108 | -0.086 | 1 | | | | | | | |
| Ni | 0.384 | 0.406 | -0.064 | 0.611 | 0.470 | 0.036 | 0.012 | 0.009 | 0.180 | -0.021 | 0.200 | 0.702 | 1 | | | | | | |
| Rb | -0.281 | -0.206 | -0.154 | -0.190 | -0.259 | 0.006 | -0.059 | -0.239 | -0.368 | -0.126 | -0.355 | 0.448 | 0.360 | 1 | | | | | |
| Ba | -0.180 | -0.023 | -0.132 | -0.162 | -0.136 | 0.045 | 0.041 | -0.191 | -0.289 | -0.036 | -0.251 | 0.476 | 0.418 | 0.576 | 1 | | | | |
| Cr | -0.351 | -0.291 | -0.181 | -0.225 | -0.325 | 0.010 | -0.048 | -0.280 | -0.454 | -0.211 | -0.447 | 0.507 | 0.307 | 0.728 | 0.545 | 1 | | | |
| Ti | -0.274 | -0.184 | -0.149 | -0.173 | -0.215 | 0.124 | 0.012 | -0.228 | -0.369 | -0.170 | -0.360 | 0.456 | 0.318 | 0.566 | 0.660 | 0.745 | 1 | | |
| V | -0.278 | -0.162 | -0.166 | -0.198 | -0.257 | 0.334 | 0.003 | -0.248 | -0.363 | -0.110 | -0.350 | 0.481 | 0.307 | 0.641 | 0.498 | 0.759 | 0.803 | 1 | |
| Sn | -0.080 | -0.030 | -0.063 | 0.000 | -0.045 | -0.028 | -0.036 | -0.086 | -0.175 | -0.085 | -0.164 | 0.350 | 0.370 | 0.381 | 0.515 | 0.524 | 0.517 | 0.340 | 1 |

表 3-7　大场金矿床化探元素相关矩阵（N=29）

| | Au | As | Sb | Bi | Hg | W | Mo | Cu | Pb | Zn | Ag | Co | Ni | Rb | Ba | Cr | Ti | V | Sn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Au | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As | 0.929 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sb | 0.358 | 0.179 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bi | 0.312 | 0.107 | 0.987 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hg | -0.108 | -0.083 | -0.094 | -0.033 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| W | 0.406 | 0.444 | -0.077 | -0.065 | 0.579 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| Mo | -0.118 | -0.116 | -0.075 | -0.043 | 0.271 | 0.284 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| Cu | -0.158 | -0.127 | -0.224 | -0.189 | 0.473 | 0.536 | 0.644 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| Pb | -0.300 | -0.239 | -0.238 | -0.207 | 0.599 | 0.346 | 0.364 | 0.702 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| Zn | -0.194 | -0.124 | -0.261 | -0.227 | 0.714 | 0.413 | 0.634 | 0.639 | 0.775 | 1.000 | | | | | | | | | |
| Ag | -0.056 | -0.097 | 0.170 | 0.206 | 0.469 | 0.484 | 0.398 | 0.814 | 0.771 | 0.527 | 1.000 | | | | | | | | |
| Co | 0.018 | 0.101 | -0.181 | -0.185 | 0.269 | 0.365 | 0.805 | 0.609 | 0.294 | 0.612 | 0.275 | 1.000 | | | | | | | |
| Ni | -0.086 | -0.039 | -0.161 | -0.145 | 0.317 | 0.359 | 0.911 | 0.702 | 0.366 | 0.657 | 0.390 | 0.946 | 1.000 | | | | | | |
| Rb | -0.264 | -0.148 | -0.247 | -0.216 | 0.617 | 0.483 | 0.703 | 0.615 | 0.428 | 0.656 | 0.339 | 0.701 | 0.698 | 1.000 | | | | | |
| Ba | -0.066 | 0.059 | -0.238 | -0.226 | 0.509 | 0.549 | 0.741 | 0.654 | 0.370 | 0.633 | 0.338 | 0.702 | 0.743 | 0.879 | 1.000 | | | | |
| Cr | 0.115 | 0.246 | -0.143 | -0.158 | 0.506 | 0.693 | 0.664 | 0.665 | 0.430 | 0.642 | 0.436 | 0.682 | 0.704 | 0.784 | 0.940 | 1.000 | | | |
| Ti | 0.051 | 0.183 | -0.141 | -0.160 | 0.471 | 0.607 | 0.678 | 0.628 | 0.331 | 0.596 | 0.333 | 0.692 | 0.712 | 0.815 | 0.945 | 0.966 | 1.000 | | |
| V | 0.005 | 0.103 | -0.231 | -0.220 | 0.598 | 0.679 | 0.759 | 0.740 | 0.483 | 0.730 | 0.450 | 0.761 | 0.802 | 0.860 | 0.954 | 0.961 | 0.954 | 1.000 | |
| Sn | -0.053 | -0.034 | -0.075 | -0.048 | 0.462 | 0.570 | 0.611 | 0.934 | 0.642 | 0.585 | 0.835 | 0.535 | 0.652 | 0.566 | 0.658 | 0.704 | 0.669 | 0.738 | 1.000 |

表 3-8　东大滩锑金矿床化探元素相关矩阵（N=38）

| | Au | As | Sb | Bi | Hg | W | Mo | Cu | Pb | Zn | Ag | Co | Ni | Rb | Ba | Cr | Ti | V | Sn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Au | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As | 0.640 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sb | 0.003 | -0.033 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bi | 0.267 | 0.019 | 0.491 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hg | 0.461 | 0.345 | -0.046 | 0.274 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| W | 0.415 | 0.101 | -0.078 | 0.211 | 0.401 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| Mo | -0.029 | -0.047 | -0.131 | -0.042 | 0.112 | 0.250 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| Cu | -0.292 | -0.191 | -0.375 | -0.554 | -0.168 | -0.068 | 0.180 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| Pb | -0.283 | -0.269 | -0.229 | -0.293 | -0.331 | -0.223 | -0.068 | 0.153 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| Zn | -0.394 | -0.315 | -0.406 | -0.581 | -0.302 | -0.014 | 0.012 | 0.586 | 0.006 | 1.000 | | | | | | | | | |
| Ag | -0.083 | -0.078 | -0.046 | -0.039 | -0.171 | -0.125 | -0.131 | -0.031 | 0.783 | -0.170 | 1.000 | | | | | | | | |
| Co | -0.357 | -0.225 | -0.261 | -0.441 | -0.038 | 0.060 | 0.049 | 0.475 | -0.218 | 0.789 | -0.237 | 1.000 | | | | | | | |
| Ni | -0.292 | -0.144 | -0.253 | -0.409 | -0.055 | 0.102 | 0.073 | 0.492 | -0.223 | 0.834 | -0.202 | 0.917 | 1.000 | | | | | | |
| Rb | -0.207 | -0.185 | -0.269 | -0.352 | -0.214 | -0.025 | -0.227 | 0.280 | 0.365 | 0.567 | 0.253 | 0.233 | 0.376 | 1.000 | | | | | |
| Ba | -0.284 | -0.266 | -0.262 | -0.365 | -0.084 | 0.112 | -0.102 | 0.474 | 0.078 | 0.682 | -0.006 | 0.509 | 0.646 | 0.745 | 1.000 | | | | |
| Cr | -0.090 | -0.084 | -0.047 | -0.067 | -0.213 | 0.123 | 0.155 | -0.011 | -0.023 | 0.119 | -0.037 | 0.052 | 0.084 | 0.017 | 0.018 | 1.000 | | | |
| Ti | -0.307 | -0.292 | -0.219 | -0.329 | -0.136 | 0.180 | -0.016 | 0.344 | -0.129 | 0.667 | -0.170 | 0.743 | 0.739 | 0.260 | 0.482 | 0.122 | 1.000 | | |
| V | -0.353 | -0.317 | -0.249 | -0.391 | -0.181 | 0.164 | 0.023 | 0.484 | -0.157 | 0.780 | -0.205 | 0.824 | 0.860 | 0.327 | 0.617 | 0.160 | 0.940 | 1.000 | |
| Sn | -0.074 | -0.200 | -0.183 | -0.150 | -0.211 | -0.079 | -0.250 | 0.115 | 0.444 | 0.091 | 0.319 | -0.318 | -0.257 | 0.699 | 0.311 | -0.049 | -0.186 | -0.207 | 1.000 |

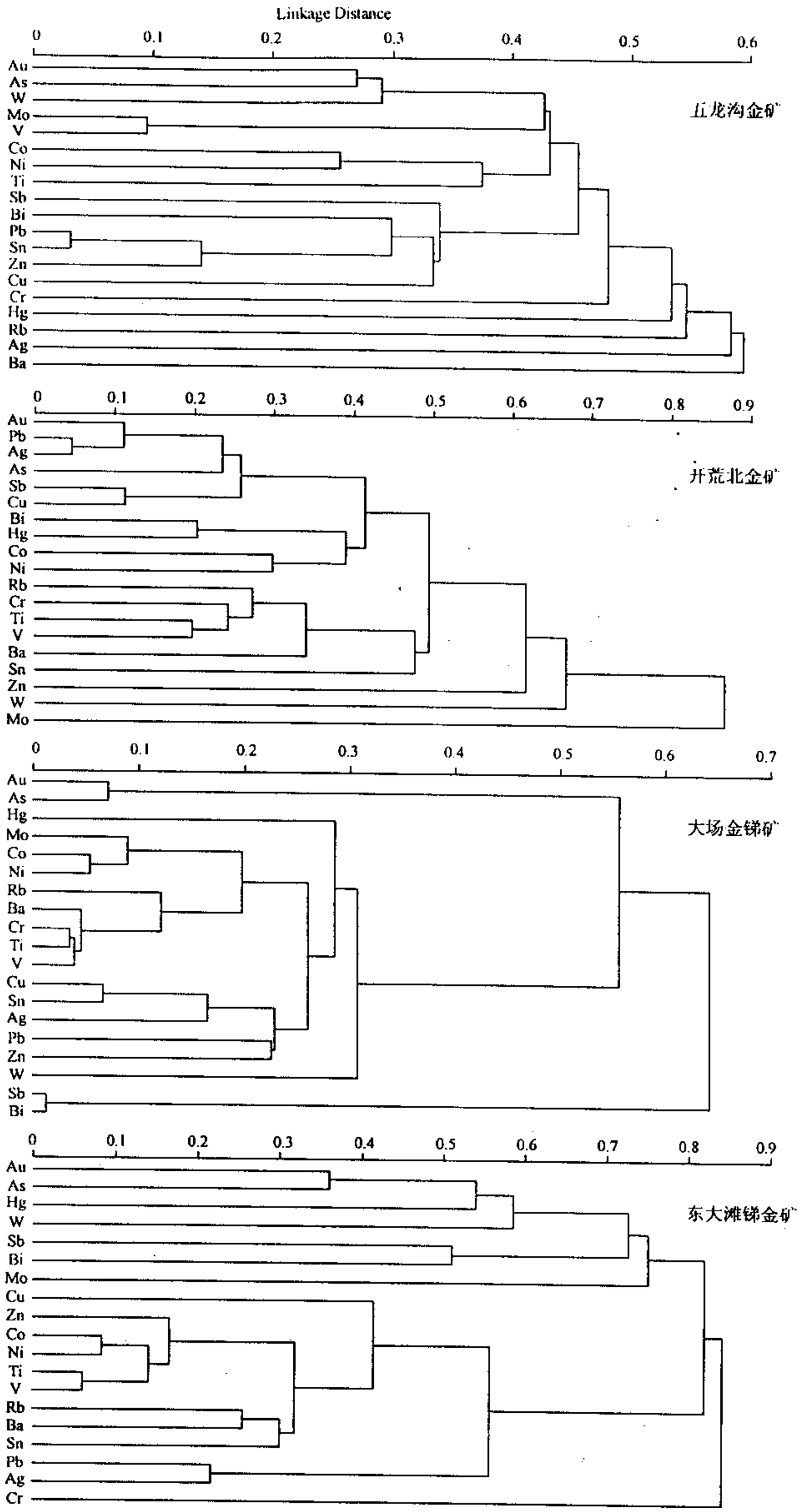



**图 3-1　东昆仑地区金矿床成矿元素 R 型聚类谱系图**