

含金重砂异常微水系地质分析方法及其应用

余成就 卢 宇

(江西省地质矿产局 916 大队·九江)

本文介绍了微水系重砂异常概念及其地质分析方法;应用该方法对滨田含金重砂异常进行半定量统计分析,将 1:20 万圈定的大范围重砂异常划分为 49 个微水系重砂异常,圈定Ⅲ级以上找矿靶区 23 个。野外初步验证发现金矿脉 9 条,异常见金率大于 60%。

关键词 微水系 含金重砂异常分析 江西滨田

在中大比例尺金矿成矿预测研究中,如何迅速有效地应用水系沉积物测量成果进行金矿远景靶区优选,在赣北铜、金矿产预测研究中,对 1:20 万圈定的滨田含金重砂异常进行层次支解,取得了找金矿突破。

“微水系重砂异常”概念

含金重砂异常的形成是十分复杂的,它受大地构造环境、蚀源区地形地貌、地层、构造、岩浆岩及其含矿性、迁移环境中铁质含量、pH 值、Eh 值等各方面因素制约;而且,金在水系中迁移可能存在多种形式,它可以原生金的碎屑物形式进行机械搬运,也可以络合物的形式进行化学搬运。水系中金以自然金形式在重砂中开始沉淀,意味着上述搬运作用(机械的、化学的)的反作用开始,这是自然金作为找矿信息的一个高层次整体信息。

水系中一矿物重砂异常点,它所包含的矿物及其含量数据(定性、定量)其代表意义实际上是一个呈扇形展布、指向水系源头的矢量,愈近源头扇形面积愈小,其意义愈明确,反之愈模糊。因此,在使用矿物异常进行找矿靶区预测时,必须把不同层次、不

同水平的信息进行层次区分,把干扰因素排除到尽可能小的范围。为了解决这些问题,卢宇(1988)提出“微水系重砂异常”概念,以微水系作为矿物学图统计单元和找矿靶区预测单元。微水系系指自水系源头至水系中开始沉积标型矿物(自然金)的这段紧靠源头的微小水系,一般为长约 1000~1500m 构成的汇水盆地^①。

微水系地质分析

滨田金重砂异常区,1:20 万区调圈定 Au、As、HgⅡ级重砂矿物异常面积 80km²,同时叠加 Cu、Pb、Zn 元素Ⅱ级异常,为该地区找金矿提供了重要的基本信息。但由于异常面积太大,模糊系数大,未发现金矿化点。1982 年我队对该异常检查验证时,实施 1:2.5 万重砂、化探扫面,异常范围大大缩小,除发现一处金矿化点外,仍未取得找金突破。我们在综合 1:20 万、1:2.5 万重砂成果的基础上,对圈定的大面积异常进行微水系划分,实行大异常支解,经微水系重砂异常分析,编制了具有定性和定量意义的微水系重砂综合异常图(图 1),野外验证找到了多处金矿(化)脉带。

本文 1992 年 8 月收到,1993 年 3 月修回,李春兰编辑。

①卢宇等,彭山-鹅湖一带金汞重砂异常矿物学数学地质分析与金矿预测,1988 年。

1.微水系划分

按微水系定义,对滨田地区 1:2.5 万重砂取样出现金矿物点的每一支流以分水岭为界,划出汇水盆地范围,微水系以外的支流、干流、主干流重砂见金样点作无效点处理。80km² 范围内见金样点 213 个,平均 2.67 个/km² 点(背景值)。本区所圈出的

微水系汇水盆地面积平均 0.4km^2 ，少数达 1km^2 以上，因此，只要微水系中有 1 个以上的取样点见到自然金，即可视为异常。将圈定的每一微水系含金异常作为参加统计预测的基本单元并进行编号。滨田异常区共划分 49 个含金重砂微水系异常（即统计单元）。

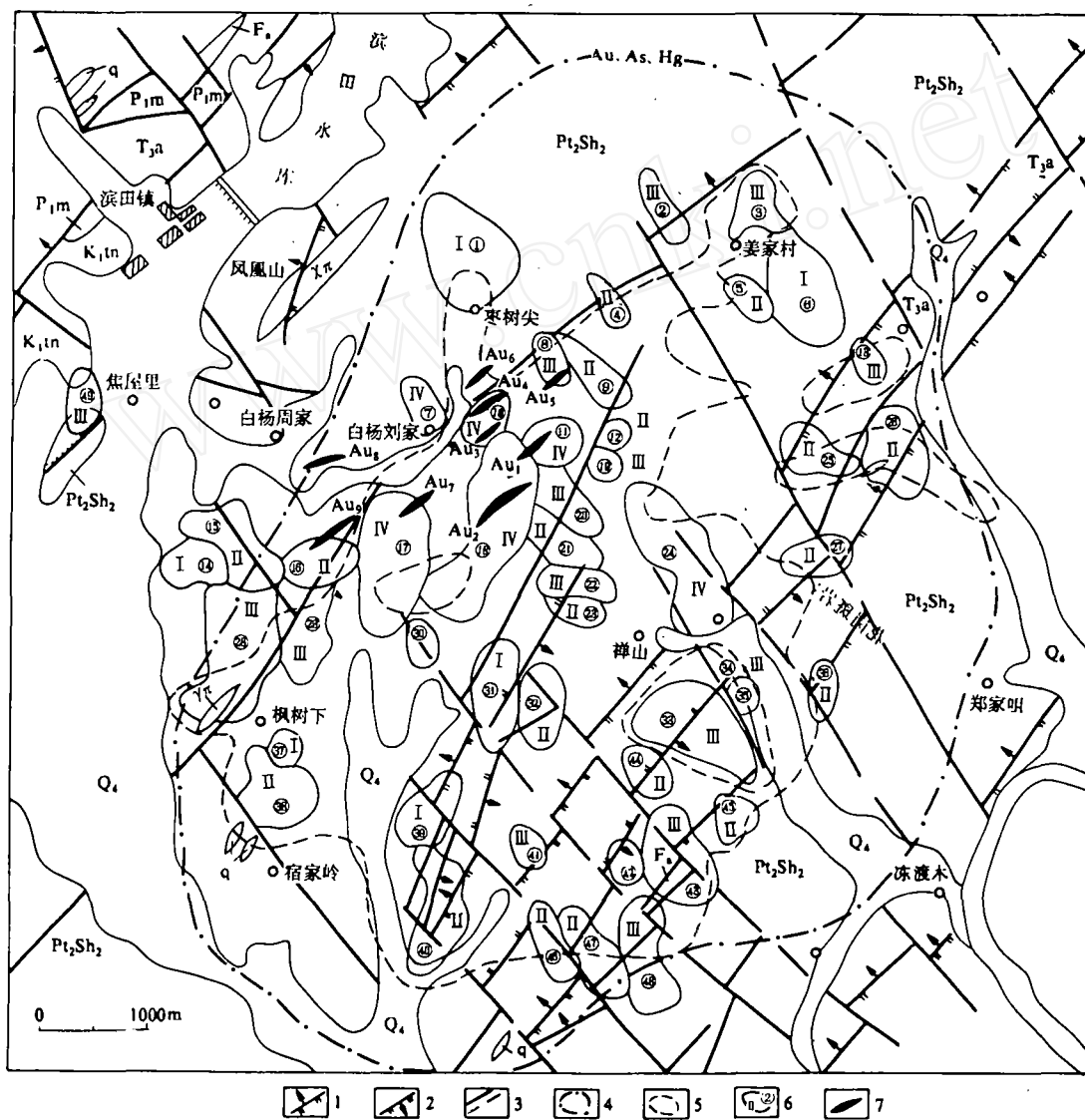


图 1 江西滨田微水系重砂金异常分布及找矿靶区图

Q₄—第四系; K_{1n}—白垩系田坂群; T_{3a}—三叠系安源组; P_{1m}—二叠系茅口组; Pt_{2sh}—中元古界双桥山群上亚群; $\chi\pi$ —长石斑岩; $\gamma\pi$ —花岗斑岩; q—石英脉; Fa—硅化破碎带; 1—实测、推测正断层; 2—实测、推测逆断层; 3—实测、推测性质不明断层; 4—1:20万重砂金异常范围; 5—1:2.5万重砂Ⅰ级金异常范围; 6—1:2.5万重砂Ⅱ级金异常范围; 7—金矿(化)脉带

2.微水系含金重砂异常形成条件分析

重砂中出现金矿物,表明其汇水盆地内存在高背景含金地质体或金矿(化)体。金在该汇水盆地存在某种富集条件,即有利于形成含金地质体的地质条件和迁移环境条件。

本区出露地层主要为中元古界双桥山群上亚群浅变质岩系,岩性为变粉砂岩、板岩、千枚岩、绿泥绢云板岩等。区域资料分析^[1]表明,该套地层含金背景值较高,为赣北地区含金矿源层。

区内构造以断裂构造为主。断裂带及其两侧岩石多破碎硅化,石英脉发育,野外检查金矿化带及含金石英脉受北东向断裂构造控制。

岩浆及岩浆热液活动对金的活化、迁移、富集起重要作用,对形成金矿化有利。

本区为中、低山流水地貌,水系切割基岩,落差大,水动力强度不适宜于金的化学搬运沉淀。

很显然,各微水系含金重砂异常单元找矿有利程度受其成矿地质条件、地貌水文条件制约。在同一资料成果的信息水平上,对各单元地质地貌条件应用二态变量(0,1)赋值,计算异常地质条件有利度,实行半定量评价,设置数学表达式为:

$$A = \frac{1}{3} \sum_{n=1}^3 \mu_i$$

式中 A 为地质条件有利度; μ_i 为地层、构造、岩浆岩有利度。例如图 1 中②号单元地层、断裂构造对成矿有利,赋值为 1;无岩浆岩分布,赋值为 0;②号单元地层、构造、岩浆岩对成矿均有利,各赋值为 1,则 A 计算值分别为 0.67 和 1。

地貌水文条件有利度:中低山地貌赋值为 1,平原、沙漠、戈壁赋值为 0。

统计计算结果表明,49 个微水系异常单元处于相差不大的成矿地质条件中。

3.异常单元金矿物含量及矢量连续性强

度计算

进一步评价各单元的优劣,主要取决于单元内的取样点见金频率(P_i)、见金样品的平均含量(H_i)、见金最大粒度(L_i)、有利成矿矿物数(K_i)、金矿物矢量连续性强度(S_i)等。 P_i 为异常单元中见金矿物的样品个数与该单元取样总数比值(%); H_i 为单元内金颗粒总数的重量与该单元见金矿物的样品个数的比值; L_i 为重砂样品中金矿物镜下实际观测值;样品中见及与金矿有关的矿物如辰砂、黄铁矿、辉锑矿、铜族矿物、铁质等(有利成矿矿物),镜下累加观测值即为 K_i 值。为了便于 49 个单元优选对比,假定 P_i 、 H_i 、 L_i 、 K_i 四个变量对于评价异常具有相等意义,则可设置异常优度公式: $U = P_{ic} + H_{ic} + L_{ic} + K_{ic}$;其中 P_{ic} 、 H_{ic} 、 L_{ic} 、 K_{ic} 分别为 P_i 、 H_i 、 L_i 、 K_i 计算值按大小进行排列后的序贯值,序贯值之和即为各单元的优度值。例如③号微水系单元中重砂取样总数 3 个,见金矿物点 2 个,金矿物颗粒数 18 粒,最大金粒度 0.5mm (L_i 值);有利矿物辰砂、黄铁矿、锐钛矿、金红石等 4 种 (K_i 值);称出 18 粒金重量,计算出 H_i 值和 P_i 值。如果金矿物颗粒数量少,且粒度大小不等,为了减少工作量,可按下列经验换算关系近似计算重量:块状 1 颗 = 5 个粒状,粒状 1 颗 = 5 个片状,片状 1 颗 = 0.0001g。计算出各单元 4 个变量值之后,将区内 49 个单元的变量值按大小排序,得出各变量值的序贯值,序贯值之和即为该单元的优度值,该值为无量纲量,参与后面异常单元找矿有利度的统计。如③号单元 4 个变量值及序贯值分别为:66.7%, 8; 0.0009g, 14; 0.5mm, 3; 4, 4。优度值 29。

对于单个微水系异常,其水系中见及金矿物,当它们处于水系不同位置,对指示金矿源的意义也不同。它与取样点位置、见金样点的多少、样点的连续性分布程度有关,

它是一种具有矢量性质的变量,连续性分布好者,指示找矿意义大。为了提取异常单元内有意义的找矿信息,我们把重砂金矿物指示金矿源的矢量模糊度及其分布连续性称之为矢量连续性强度(S_i)。图2中,当见金重砂样点处于A、B、C、D不同位置时,其指示性意义不同,D点较C点指示金矿源其模糊度大,反之C、B、A则依次较小,同时每一点又与其所见金含量成正比,另外见金样点的连续性分布程度不一致时,异常指示源头找到金矿的可能性也不一致。为了统计方便,把微水系划分为源头区(A)、次源头区(B)、近源头区(C)、后源头区(D)。按统计经验,A点源头区取样见金点,面积约为总面积1/2;B点次源头区取样见金点,面积较A点约扩大1/4;C点近源头区取样见金点,面积较B点约扩大1/6;D点后源头区取样见金点,面积较C点约扩大1/8。设置矢量连续性强度计算公式:

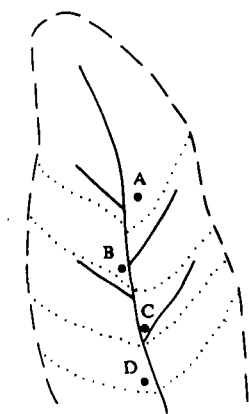


图2 微水系重砂异常取样矢量分析示意图

$$S_i = \left(\frac{1}{2} H_A + \frac{1}{4} H_B + \frac{1}{6} H_C + \frac{1}{8} H_D \right) \cdot n_i$$
 其中 H_A 、 H_B 、 H_C 、 H_D 分别为源头区、次源头区、近源头区、后源头区见金点含量级别(级别划分为:1级1~2粒、2级3~5粒、3级6~10粒、4级

11~15粒、5级16~25粒、6级>26粒)。 n_i 为水系中连续见金点个数。例如⑦号微水系单元中(图3):取样点5个,见金连续性点数3个,其中源头点A174见金41颗,近源头点A171见金11颗,后源头点A176见金57颗,级别分别为6、4、6, S_i 值为13.2。

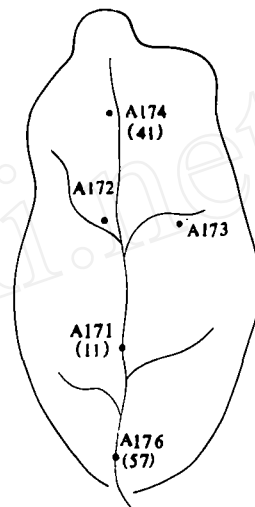


图3 ⑦号微水系单元取样点图

4.微水系含金重砂异常金矿物及矿物组合特征

矿物是岩石、矿石和其他地质体形成的历史客观证据,是反映其形成条件的载体,它蕴藏着大量的成因信息和找矿信息^[2]。微水系重砂中出现自然金,其矿物标型意义主要指明汇水盆地内存在高背景含金地质体或矿(化)体,说明金在该汇水盆地存在矿化富集作用。

本区213个具统计意义的见金样点中,金矿物形态以细粒状($d=0.25\sim0.5\text{mm}$)、片状($d\leq0.01\text{mm}$)为主,少数为粗粒状($d=1.00\sim2.00\text{mm}$),分别占43%、43%、14%。据卫万顺研究,自然金的形态特征可以反映大地构造环境、构造层复杂程度等^[3]。本区金的形态相对较复杂,表现为地台区复杂构造环境下金的异常特征。自然金形态从片状→细粒状→粗粒状,指示金矿

化强度增大，距离系数减小。

在矿物组合上，本区异常类型多为单金异常，少数为金—辰砂异常。伴生矿物有辰砂、黄铁矿、金红石、褐铁矿、锐钛矿、自然铜、绿帘石、赤铁矿、钛铁矿、磁铁矿等10余种。各微水系单元中，出现的矿物组合及伴生矿物种类、数量不同，同时各种伴生矿物对指示蚀源区地质意义和成矿信息也不一样，如矿物组合中的汞矿物，标志蚀源区原生金矿剥蚀不深。因此，在统计各单元矿物组合特征时，约定存在某种矿物为1，不存在为0，转换成二态变量。根据本区8、11、16、17、18号异常单元已见金矿

(化)体，计算每一变量不同状态下的频度，规定出现一次为0.1，则各变量频度结果如表1所示，表内各矿物变量对于指示寻找原生金矿其意义不等，由于已知见矿单元少，无法进行统计赋权，只能按金矿一般规律人为赋权，其中辰砂、黄铁矿与金密切共生，赋权值为2，其他矿物与金成矿有关，赋权值为1，重砂中未发现与成矿不利矿物(如出现对金成矿不利矿物，赋权值为-1)，设置矿物不同状态下有利度计算公式 $f_i = O_i \cdot t_i$ (f_i 为矿物有利度； O_i 为权值； t_i 为矿物频度)。单元中各矿物不同状态下有利度的加权值即为该单元的矿物组合有利度。

表1 见矿单元矿物组合频度计算表

矿物	辰砂		黄铁矿		褐铁矿		铜族		磁铁矿		钛铁矿		锆石		金红石		锐钛矿	
状态	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
8	1			0		0		0		0		0	1			0	1	
11		0		0	1			0		0		0		0		0		0
16		0		0	1			0		0	1		1			0		0
17		0		0	1			0		0	1		1			0	1	
18		0		0	1			0		0		0	1			0	1	
频数	1	4	0	5	4	1	0	5	0	5	2	3	4	1	0	5	3	2
频度	0.1	0.4	0	0.5	0.4	0.1	0	0.5	0	0.5	0.2	0.3	0.4	0.1	0	0.5	0.3	0.2

5.微水系含金重砂异常找矿有利度计算及异常综合性评价

统计计算上述各变量，目的为了实现找矿靶区的圈定和评价。找矿靶区的范围是以微水系异常单元的汇水盆地为边界，以异常找矿有利度作为综合评价参数，有利度愈大说明找矿风险愈小，找到原生金矿化带(体)的可能性愈大。为实行微水系异常综合评价，通过累加各有利度计算值，得出每一单元找矿有利度(表2)。

前面提到的5个已知见矿单元，找矿有利度平均值为3.48，因此拟定找矿有利度(Y)值>3.5为找矿高度有利单元；3.5~3.0为找矿有利单元；3.0~2.5为中等有利单元；<2.5为低度有利单元。找矿预测靶区级别以找矿有利度为准绳进行划分，49个异常单元找矿靶区相应地划分为：IV级单

元6个、Ⅲ级单元17个、Ⅱ级单元20个、I级单元6个。Ⅲ级以上靶区均可实施野外验证工作。IV级靶区优先查证，对发现的矿化、蚀变、构造进行追索调查、取样，达到解释异常、评价靶区、找到矿体的目的。根据本区异常预测靶区级别划分，选择了白杨刘家一带10个异常(I级1个、Ⅱ级3个、Ⅲ级3个、IV级3个)进行试验性验证，结果发现金矿脉带9条，最高含量15g/t，60%异常见矿化，实现了找金突破。随着工作深入，金矿规模不断扩大。

图1表明：含金重砂异常微水系划分不仅大大缩小了异常范围，划分了找矿预测靶区级别，而且把金异常面上分布特征与构造关系表现得十分清晰，本区金异常明显地受北东向断裂构造控制。

我国大部分地区已开展了1:20万~1

: 5 万区调重砂扫面, 获取了大量的含金重砂异常信息。

但对异常的定量评价仍不够充分。快速、准确地对含金重砂异常作出评价, 本文提出的方法仅是一种初步尝试, 有不少问题尚待进一步研究完善。需要说明的是在进行微水系划分时应用 1: 1 万~1: 5 万地形图作底图最为理想, 收集的重砂成果资料尽量

齐全, 异常对比评价必须处于同一信息水平上; 在统计对比前还必须考虑区内地质环境条件。统计预测, 在某种意义上仍然是类比, 只不过是多元定量类比, 参加统计类比的对象必须具备统计前提, 原则上只有在同一类型或相似产出地质条件、同一信息水平上进行统计类比。

表 2 微水系异常找矿有利度计算表

编号	地貌水文条件有利度	地质条件*有利度	矿物组合*有利度	金矢量强度	* 优选值	找矿有利度	预测找矿靶区分级	编号	地貌水文条件有利度	地质条件*有利度	矿物组合*有利度	金矢量强度	* 优选值	找矿有利度	预测找矿靶区分级
1	1	0.33	0.37	0.294	0.326	2.32	I	26	1	0.67	0.37	0.25	0.391	2.68	II
2	1	0.67	0.611	0.035	0.674	3.00	III	27	1	0.67	0.611	0.122	0.587	2.99	II
3	1	0.67	0.79	0.287	0.630	3.38	III	28	1	1.00	1.00	0.07	0.239	3.31	III
4	1	0.67	0.537	0.024	0.608	2.84	II	29	1	0.67	0.611	0.182	0.717	3.18	III
5	1	0.33	0.611	0.107	0.456	2.50	II	30	1	0.67	0.611	0.182	0.934	3.39	III
6	1	0.33	0.611	0.10	0.396	2.41	I	31	1	0.67	0.611	0.035	0.391	2.07	I
7	1	0.67	0.815	0.946	1.00	4.43	IV	32	1	0.67	0.37	0.072	0.522	2.63	II
8	1	0.67	0.79	0.198	0.413	3.07	III	33	1	0.67	0.611	1.00	0.435	3.71	IV
9	1	0.67	0.525	0.123	0.348	2.67	II	34	1	0.67	0.611	0.054	0.652	2.99	II
10	1	1.00	0.79	0.123	0.587	3.50	IV	35	1	0.67	0.611	0.089	0.848	3.22	III
11	1	0.67	0.37	0.143	0.565	2.75	II	36	1	0.67	0.525	0.215	0.456	2.87	II
12	1	0.67	0.37	0.142	0.543	2.73	II	37	1	0.33	0.525	0.143	0.413	2.41	I
13	1	0.67	0.611	0.287	0.652	3.22	III	38	1	0.67	0.611	0.096	0.413	2.79	II
14	1	0.33	0.37	0.06	0.239	2.00	I	39	1	0.67	0.37	0.106	0.304	2.45	I
15	1	0.67	0.611	0.121	0.37	2.77	II	40	1	0.67	0.611	0.347	0.413	2.94	II
16	1	0.67	0.864	0.195	0.391	3.12	III	41	1	0.67	0.611	0.089	0.804	3.17	III
17	1	0.67	1.00	0.511	0.761	3.94	IV	42	1	0.67	0.525	0.107	0.674	3.00	III
18	1	1.00	0.914	0.831	0.761	4.51	IV	43	1	0.67	0.611	0.413	0.609	3.30	III
19	1	0.67	0.525	0.107	0.891	3.19	III	44	1	0.67	0.37	0.024	0.435	2.50	II
20	1	0.67	0.611	0.359	0.457	3.10	III	45	1	0.67	0.525	0.107	0.478	2.78	II
21	1	0.67	0.525	0.120	0.391	2.71	II	46	1	0.67	0.37	0.026	0.478	2.54	II
22	1	0.67	0.611	0.215	0.543	3.03	III	47	1	0.67	0.611	0.06	0.652	2.99	II
23	1	0.67	0.525	0.035	0.370	2.60	II	48	1	0.67	0.611	0.052	0.978	3.31	III
24	1	0.67	1.00	0.539	0.543	3.75	IV	49	1	0.67	0.537	0.179	0.826	3.21	III
25	1	0.67	0.525	0.143	0.261	2.60	II								

* 为标准化值, 取值 0~1 区间。

本文为国家“85-901-03-02B”课题部分研究内容, 属集体劳动成果。曹汉生、熊晓明、胡笔正等参加了野外验证工作, 并得到付文、李文生同志帮助, 在此一并致谢。

参考文献

[1] 许 静, 江西地质科技, 1987, 第 1~2 期。
[2] 邵洁涟, 《金矿找矿矿物学》, 中国地质大学出版社, 1988 年。
[3] 卫万顺, 地质与勘探, 1991, 第 2 期。

Geological Analytical Method of Au-bearing Heavy Sand Anomaly of Micro-drainage System and Its Application
Yu Chengjiu Lu Yu

The heavy sand anomaly concept of micro-drainage system and its geological analytical method have been introduced in this paper. Semi-quantitative statistical analysis of Au-bearing heavy sand anomaly in Bintian has been made by use of this method. The former 1: 200000 large scope of heavy sand anomaly has been divided into 49 heavy sand anomalies of micro-drainage system and 23 ore-exploring target areas over III grade have been delimited 9 gold lodes have been found by the primary verification of field work and their anomalous gold-seeing proportion is over 60%.