维普资讯 http://www.cqvip.com

第20卷 第3期
2000年7月

桂林工学院学报
JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Vol. 20 No. 3
Jul. 2000

文章编号：1006－544X(2000)03－0220－05

桂东大瑶山隆起区地下水直接成矿类型金矿化特征、成矿条件分析及意义

胡楚雁

（中国地质大学资源学院，湖北武汉 430074）

摘 要：地下水直接成矿类型金矿化系指在近地表活动的含矿地下水在下渗过程中由于物化条件的改变而直接导致的成矿。桂东大瑶山隆起区该类金矿化具有分布广、规模小、产出浅、矿化集中、受负地形的控制、为上富下贫的无根矿化等特征；地层较高的含金性、长期隆起接受风化剥蚀、多期次的断裂构造活动、亚热带温湿多雨的气候环境及特殊的地形位置为成矿创造了条件；金的活化迁移与地下水中富含腐植酸和菌藻类微生物等有机物质关系密切；富集成矿与含矿地下水下渗过程中氧逸度降低、pH值升高、有机碳吸附和还原作用、菌藻类微生物和腐植酸等有机物质作用等因素有关。成矿具有长期性，是一种发生于近地表常温下的内生成矿，加强该类矿化的研究，对丰富金矿成矿理论和指导找矿都有一定意义。

关键词：地下水直接成矿；金矿；矿化特征；成矿条件；广西；大瑶山隆起区

中图分类号：P611；P618.5107　　**文献标识码**：A

1 矿化特征

近年来，在对桂东大瑶山隆起区金矿的研究中发现，该区存在着一类金矿化，它既不同于一般的内生热液成矿，也不同于近地表的次生富集。通过研究，笔者认为该类矿化是在近地表活动的含矿地下水在下渗过程中，由于物化条件的改变而直接导致的成矿，称为地下水直接成矿类型金矿化。该类型金矿化具如下特征[1,2]：

（1）矿化赋存于一定层位，且分布广、规模小、多以矿点或矿化点出现；

（2）成矿受断裂构造和地形的联合控制明显。矿化出现及富集于多期活动的近NW向断裂破碎带切过负地形部位；

（3）矿体以石英脉或石英网脉形式产出，矿化集中，产出浅，左右上下延伸不远，为上富下贫的无根矿化，上部可与地表次生富集带相接；

（4）围岩蚀变弱，主要见硅化和黄铁矿化；

（5）矿物组合为少硫化物含金石英组合，见有黄铁矿、黄铜矿、石英、自然金等，物质成分与地层建造相类似；

（6）自然金成色较高（>950），以明金形式出现，局部富集可构成垂直向下延伸、重达近千克的富金线或富金包。

可见，矿化产出浅，并受负地形的控制是该类矿化区别于一般内生热液矿化的根本所在。此外，不出现一套典型的次生富集矿物组合，而是以原生矿脉及矿物组合形式产出，也与近地表的次生富集有所不同。

收稿日期：1999－09－16；**修订日期**：2000－01－25。

基金项目：国家黄金局科研项目（编号91－93－19）部分成果。

作者简介：胡楚雁（1962－），男，云南楚雄人，在读博士研究生，副教授、矿床矿物学专业。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2 成矿条件分析

2.1 成矿物质来源

该类矿化的赋矿层位为寒武系含碳碎屑岩建造，其中金丰度值较高，已构成了含金地质体，且金丰度值的高低与地层中碳质和硫化物的含量密切相关（表1）。在该地层的碳质板岩中曾发现有大量的草莓球粒状黄铁矿和黄铜矿[3]，表明在成岩过程中有大量菌藻类生物活动。据张景荣[4]、盛雪芬[5]等经实验研究证实，藻类对金可起明显的吸附富集作用。因此，可以认为，金在该地层中的初始富集可能与成岩时菌藻类生物对金的吸附作用有关，成岩后由生物死亡分解形成的有机碳质和硫化物则成为了金的载体，其中的金为易释放金[6]，在岩石遭受风化剥蚀和地下水的作用下较易释放出来，成为主要的矿质来源。

2.2 构造条件

大瑶山隆起区在加里东期由于受南北向的挤压，发育了一系列近东西向展布的断裂构造，该断裂构造在以后的构造运动中多次活动破碎，为地下水的活动与成矿创造了良好的空间场所。同时，断裂破碎带多发育于富碳岩层之中，由于构造分异作用使得破碎带中碳质明显富集，也为金的富集成矿创造了条件。

2.3 地下水活动与金的活化迁移

金在常温地下水中的活化迁移能力是决定金在地下水中能否直接成矿的关键。长期以来，金的低温（<200℃）成矿问题就普遍受到了人们的关注，认为在近地表弱酸性氧化条件下富含氨基酸、腐植酸和微生物等有机质或含 SiO_2 胶体的水溶液可使金产生溶解并活化迁移[7,8]；樊文苓实验研究表明[9]，在细菌的参与下，金可溶解于硫酸铁溶液中形成硫酸金络合物，而在无细菌的情况下金则不溶。

从地理环境来看，该区地处亚热带温湿气候环境，常年温暖潮湿，雨量充沛，植被发育，不仅为地下水活动提供了充足的水源，也为其提供了丰富的腐植酸和微生物等有机物质。可以认为，当含金地层中金的载体碳质和硫化物在近地表的风化淋滤作用中，一方面氧化分解释放出其中的金等成矿物质，另一方面由硫化物氧化产生的硫酸质成分在与地下水中的细菌、腐植酸和有机质等共同作用下，又可使金溶解，并产生活化迁移。胡爱珍[10]通过对比研究我国南北方金矿区水中金

表1 大瑶山隆起区寒武系金丰度值特征

Table 1 Au contents of Cambrian stratum in Dayao mountain upwarped district $w(Au)/10^{-9}$

层位	地点	岩性	样数	变化范围	平均	浓度系数
边溪亚群	古袍	砂岩	6	3.90～27.0	8.92	2.79
		板岩	9	2.70～9.30	4.17	1.39
		碳质页岩	3	9.30～14.0	11.4	3.81
		含黄铁矿砂岩	6	8.00～44.0	23.0	7.70
		含黄铁矿板岩	6	3.40～28.0	14.7	4.90
	岭脚	岩质板岩	5	2.00～31.0	14.8	4.93
	冷富	含黄铁矿碳质板岩	7	0.70～550	197.3	58.8
清溪亚群	五将	含黄铁矿碳质砂岩	1		20.0	6 67
	古店	含黄铁矿碳质板岩	2	23 0～240	132	43.8
	桃花	变质砂岩	98	13.0～33.5	14 1	4 71
		硅质岩	25	1.40～430	20.9	7 00
		碳质板岩	2	50.0～130	80.0	26.7
	龙水	硅质岩	5	2.70～9.10	4.76	1.59
		砂岩	15	2.00～12.3	5.75	1.92
		碳质砂岩	4	7.50～32 0	17.3	5.80
		板岩	17	4.20～7.30	6 10	2.03
		碳质板岩	2	12.3～14.0	13.2	4.40

测试单位：桂林工学院，1992；龙水资料据王鹤年，地壳金丰度值取 3.0×10^{-9}。

维普资讯 http://www.cqvip.com

的相态也发现，南方水溶金要高于北方，这与南方热带温湿气候环境及水中有丰富的腐植酸和微生物等有机物质密切相关。

由于近地表活动的地下水主要由地表水补给，活动范围十分有限，因此地下水中的金含量是不可能很高的，而该区自寒武纪以来长期隆起接受风化剥蚀和地下水的作用，在时间上又可弥补地下水中的金含量之不足。因此，正是由于地下水的长期作用，使得近地表岩层中的成矿物质能得以充分活化迁移出来，为金的富集成矿创造了条件。

2.4 金的富集与成矿

地表水由于有表层岩石中所含硫化物经氧化形成的硫酸质及地表腐植酸等有机质的加入而呈现弱酸性，其中的菌类也主要为喜氧菌，这有利于金的溶解及活化迁移，但一旦环境的改变，将导致金的沉淀富集。张海祥等[11]经实验研究表明，金在室温条件下微生物环境中可被活化迁移及富集，其中厌氧菌中金粒的生长速率要高于喜氧菌；细菌在繁殖新陈代谢过程中产生的H_2O_2对金的活化迁移富集关系密切，在酸性环境中H_2O_2显示出氧化性，有利于金的活化，而在碱性环境中H_2O_2显示出还原性，有利于金粒的生长。崔玉军（1999）认为近地表活动的腐植酸集合体形状随环境pH值的变化而变化，弱酸性条件下多呈纤维状、束状，形成开放结构，有利于与金的结合及活化迁移；弱碱性条件下多呈片状，定向排列，厚度加大，易于发生"缩聚"及被矿物颗粒和岩石表面所吸附，有利于金的沉淀富集。

众所周知，地表水是经负地形（小沟、小溪）的汇集再流入河流的，一旦有断裂破碎带切过负地形地带，部分地表水将沿断裂破碎带向下渗透形成地下水流。近地表活动的地下水属上层滞水，其流动以重力流为主。因此，经负地形流入断裂破碎带中的地下水并不是沿破碎带两侧分流的，而是垂直向下运移。含矿地下水沿断裂破碎带的下渗过程中，由于氧逸度降低，介质由氧化环境转为还原环境，地下水酸碱度也将由弱酸性变为弱碱性，导致地下水中微生物由喜氧菌向厌氧菌转变，腐植酸等有机质的改变，硫酸质成分的还原形成黄铁矿和黄铜矿等硫化物，SiO_2胶体的沉淀，促使了金的沉淀与富集。在此其中，破碎带中所富集的有机碳质也可能是导致金的富集成矿的重要原因之一，有机碳质具有较强的吸附作用和还原作用，其对下渗含矿地下水中金等成矿物质的吸附与还原作用将导致金的富集成矿。帅德权[12]将有机碳对金的富集成矿称为生物间接成矿。在矿区含矿破碎带中也常见富碳质构造透镜体表面附着有呈薄膜状分布的自然金，碳质富集部位往往也是硫化物富集的部位，在不少矿脉中含碳质条带石英脉也可作为富金矿脉的良好标志。值得一提的是，在含碳质条带石英脉矿石的碳质条带中，笔者也发现有大量的草莓球粒状黄铁矿等硫化物，尽管碳质破碎明显，但草莓球粒状黄铁矿等硫化物则完好无损，也无变形、显示为构造破碎以后形成，也表明菌藻类微生物可能参与了成矿过程。

可见，正由于成矿作用是集中于断裂破碎带切过负地形这一特殊部位由上往下进行的，导致该类矿化具有产出浅、矿化集中、延伸不远、上富下贫的无根矿化特征，并且成矿也常呈富金包富金线形式垂直向下延伸。

综上所述，该区广泛出现的地下水直接成矿类型金矿化并非偶然，地层中较高的含金性，长期隆起接受风化剥蚀，亚热带温湿多雨的气候环境，多期次的断裂构造活动，特殊的成矿富集地形条件等都为成矿创造了极为有利的条件，而成矿是一个长期的地质历史过程，由于含矿地下水的长期作用，不断地日积月累，才形成了目前的矿化。该类矿化也可能是导致桂东金矿带中金矿化广、小、浅、富的重要原因之一。

3 研究意义

一般认为，地下水成矿须经过地下水下渗→深部地热加温，形成热液淬取周围岩石有关成分，形成含矿热卤水→在构造活动和温压条件下往上迁移→在有利构造部位经充填交代作用成矿[13,14]，成矿强调了一个热循环过程，是由下往上进行的有根矿化。而地下水直接成矿则是由常温的含矿地下水在下渗过程中直接成矿，它未经热循环过程，成矿是由上往下进行的无根矿化，两者成矿明显不同。笔者认为，地下水直接成矿是一种发生于近地表常温状态下的成矿作用，它的成矿物质来自于地表岩层的风化淋滤剥蚀，成

维普资讯 http://www.cqvip.com

矿物质的活化迁移取决于表生环境、地下水性质及其活动强弱，富集成矿则由围岩性质、断裂构造、成矿时间长短和地形条件等所决定；它并不是简单的表生次生富集，而是一种内生成矿，具有一般内生热液成矿的性质和特征，成矿涉及到了地质、生物、气候、地理和水文等诸方面因素，对该类矿化的进一步研究，将对丰富金矿成矿理论起到积极的作用。

从找矿方面来看，尽管该类矿化产出规模较小，但由于近地表矿化较富，又是以含硫化物石英脉形式产出，且矿化常叠加于早期形成的无矿石英脉之中，可造成矿脉沿破碎带往深部及两侧延伸的假像，稍有不慎将导致在找矿勘探中的严重失误，这在以往桂东金矿带的找矿中已屡见不鲜，且至今尚无人认识。但是由于该类矿化富集部位的特殊性，只要正确认识其矿化的产出特征，对于集体小规模性质探采，仍具有一定经济价值。

4 结论

（1）地下水直接成矿类型金矿化是在近地表活动的含矿地下水在下渗过程中由于物化条件的改变而直接导致的成矿，其具有分布广，规模小，埋藏浅，矿化集中，受地形控制及上富下贫的无根矿化等特征；

（2）成矿受地层含金性、岩石风化剥蚀程度、构造活动、地下水活动、气候环境和地理条件等诸因素的共同控制；地下水中富含腐植酸等有机物质和菌藻类微生物活动，介质的氧逸度和酸碱度改变，有机碳的吸附和还原作用等因素为金的活化迁移与富集成矿创造了条件；

（3）成矿是一种发生于近地表的内生成矿、是一个长期的地质历史过程。开展对该类矿化的深入研究，对丰富金矿理论和指导找矿都具有重要意义。

须指出的是，笔者不仅在桂东大瑶山隆起区发现有该类矿化，而且在桂北和桂西等金矿化产出地区也有发现、推测在整个华南热带、亚热带地区，只要地质条件适合，都将可能会出现该类型的金矿化，应引起重视。同时，对该类矿化的成因机理尚需作进一步研究。

参考文献：

[1] 胡楚雁，叶乃青，曾崇义. 桂东金矿带矿化类型的划分及其找矿意义 [J] 桂林工学院学报，1996，16 (3)：283～285

[2] 胡楚雁 广西大瑶山隆起区不同金矿化类型的矿物标型特征 [J]. 桂林工学院学报，1999，19 (1)：34～39

[3] 欧锦秀. 桂东寒武系发现草莓球粒状黄铜矿 [J] 桂林工学院学报，1997，17 (1)：40

[4] 张景荣，朱法华. 蓝藻富集金的模拟实验及其地质意义 [J] 地球化学，1993，(1)：61～67

[5] 盛雪芬，张景荣，曾昭琪. 藻类富集金的机理初探 [J]. 南京大学学报，1999，(3)：303～308

[6] 王鹤年，张景荣，陆建军，等. 粤西金矿矿床地球化学 [M]. 南京：南京大学出版社，1991. 151～162

[7] R. W. 博伊尔. 金的地球化学及金矿床 [M]. 北京：地质出版社，1984. 125～140，551～602

[8] 崔玉军. 森林沼泽景观区腐植酸与砂金矿床的成因关系研究 [J] 矿产与地质，1999，(3)：161～165

[9] 樊文苓. 低温热液金成矿作用的试验研究 [A] 全国第四届矿物岩石地球化学学术讨论会论文摘要汇编 [C]. 北京：地震出版社，1991 285～286

[10] 胡爱珍. 不同气候若干金矿区水中相态金的地球化学分带 [J] 有色金属矿产与勘查，1998，(5)：300～302

[11] 张海祥，阚小凤，王玉荣 室温条件下微生物环境中块金生长机理的实验研究 [J] 地球化学，1999，(2)：176～182

[12] 帅德权，胡晓强. 拉尔玛金矿的生物成矿作用 [J] 甘肃地质学报，1998，(2)：81～86

[13] 刘英俊，马东升. 金的地球化学 北京：科学出版社，1991. 155～327

[14] 卢焕章 成矿流体 [M]. 北京：北京科学技术出版社，1997. 79～118

维普资讯 http://www.cqvip.com

Study of mineralizing characteristics and mineral - formation conditions of the gold mineralizations in permeating underground water and their significance in Dayao mountain upwarped district of eastern Guangxi

HU Chu-yan

(*Faculty of Earth Resources, China University of Geoscience, Wuhan 430074, China*)

Abstract: The gold mineralizations in permeating underground water near the earth's surface are widely distributed in Dayao mountain upwarped district, eastern Guangxi. Their mineralizing characteristics are of small dimension, shallow occurrence, high concentration and unrooted mineralization. The mineralizations are controlled by gold contents in strata, weathering intensity of rocks, structural activities, underground water activities and properties, climate environment and topographic conditions, etc. The activation and transference of gold in the undergraound water is related to the action of algal and enriching humic acid in the water. The concentration and mineralization of gold is probably related to the dropping of fo_2, rising of pH, absorption and reduction of organic carbon, the action of algal and enriching humic acid in the water. It is very significant for studying the gold mineralization.

Key words: permeating underground water mineratizatiion; gold mineralization; mineralizing characteristics; mineral formation condition; significance; Guangxi; Dayao mountain upwarped district

本刊英文摘要的编排格式

英文摘要应具有独立性和自含性，不应出现图表、冗长的数学公式和非公知公用的符号、缩略号。英文摘要应与中文摘要相对应。

英文摘要前加 "**Abstract**:" 作为标识。

模拟样本：

The study on synthesis of conducting polyaniline with microemulsion polymerization

YANG Fan-wen, TANG Jian-bin

(*Department of Material Engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China*)

Abstract: The conducting polyaniline with 9.1 S/cm of conductivity has been obtained by microemulsion polymerization. The optimum reaction conditions are as follows: aniline 0.1 mol/L, $(NH_4)_2S_2O_8$ 0.12 mol/L, SA 0.26 mol/L at 15 ℃. The polymerization can short the time of the emulsion polymerization (3 h). The conductivity and yield of the polyanilne are superior to those by using the other methods. The structere of the polyaniline has been studied and investigated by FT - IR

Key words: conducting polyaniline; microemulsion polymerization