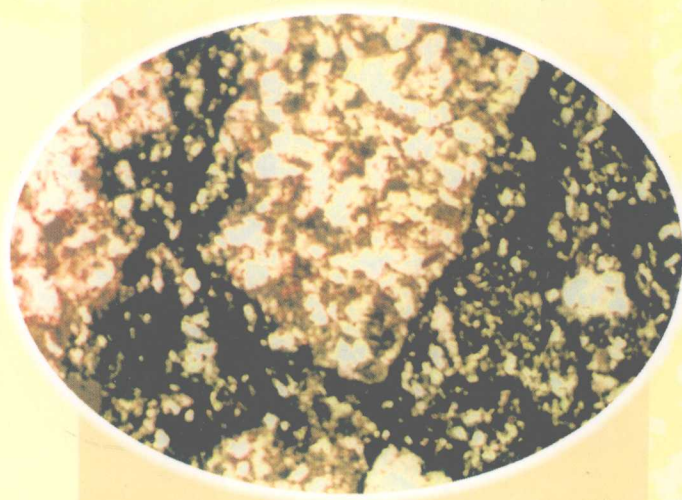


中国川北甘南 类卡林型金矿床

孙树浩 著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

中国川北甘南类卡林型金矿床

孙树浩 著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2009

内 容 提 要

类卡林型金矿床理论,在国内外均是一个新的理论。全书共分为六章,主要论述了地层和岩石、构造、类卡林型金矿床地质地球化学、成矿条件、成矿作用和成矿模式、找矿标志和准则,并在附录中附有金矿石的显微照片。

本书可供金矿地球科学工作者、大专院校相关专业师生、科研人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国川北甘南类卡林型金矿床/孙树浩著. —北京:
冶金工业出版社, 2009. 2

ISBN 978-7-5024-3914-9

I. 中… II. 孙… III. ①金矿床—找矿矿物学—
四川省 ②金矿床—找矿矿物学—甘南藏族自治州
IV. P618. 510. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 015354 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010) 64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 王之光 美术编辑 李 心 版式设计 葛新霞

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-3914-9

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2009 年 2 月第 1 版, 2009 年 2 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 4.5 印张; 1 插页; 102 千字; 132 页; 1-1500 册

19.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010) 65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

作者于2004年9月,首次论述了川北的联合村金矿和甘肃的阳山金矿均为类卡林型金矿。论文《川北—甘南地区类卡林型金矿床的地质-地球化学特征》发表于《地质找矿论丛》第20卷第1期(2005年3月)。

1986~1992年,作者与原冶金部西南地勘局合作,对四川南坪县和甘肃文县等地的卡林型金矿床成矿条件和矿床预测进行了研究。在南坪县联合村,发现了类卡林型金矿体的分布,并预测联合村至甘肃省文县新关为该类型金矿的找矿远景区。1997年,武警黄金十二支队在进行水系沉积物测量时,在文县发现了阳山金矿。在勘探过程中,十二支队的技术人员到联合村参观了类卡林型金矿,并进行了对比,他们受益良多。

在地球科学不断发展的过程中,只要认真研究,就会有新的发现。

到2007年,阳山类卡林型金矿床已经探明黄金资源量308t,为超大型岩金矿床。中国类卡林型金矿,是全世界金矿新类型。类卡林型金矿床理论,在国内外均是一个新的理论,不仅具有金矿科学的意义,而且在不断地创造出巨大的经济效益。

中国类卡林型金矿床和美国卡林型金矿床,同归类为浅成低温的造山带型金矿床。其共同特征为:

(1) 金矿的形成受断裂构造带控制。

(2) 发育特征的热液蚀变：细粒硅化、碳酸盐化、绢云母化、黄铁矿化。

(3) 发育一套低温元素组合：金、银、砷、锑、汞、铜、铅、锌、铊、硒、碲、钼、钡。

(4) 金矿物颗粒细小，肉眼不可见。

(5) 成矿温度低，一般为 $100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ；成矿深度较浅，距地表小于 3km 。

中国类卡林型金矿与美国卡林型金矿的区别是：

(1) 中国类卡林型金矿的容矿岩石，主要是碎裂的花岗斑岩，花岗斑岩形成年代为 $199.28 \sim 199.42\text{Ma}$ ，印支晚期构造阶段；成矿时间晚于花岗斑岩，不同于斑岩型金矿。美国卡林型金矿的容矿岩石是志留-泥盆系白云质灰岩、泥盆系灰岩、碎屑岩。

(2) 中国类卡林型金矿的成矿时代为燕山构造阶段，距今 $(137 \pm 5)\text{Ma}$ 。美国卡林型金矿的成矿时代为第三纪，距今 $(37 \pm 2)\text{Ma}$ 。

金矿地球化学工作者，抓住可见的特征，才能判断一个金矿床的类型。关于“成矿性质与过程”，人类在不断研究，认识在不断提高。但都是根据一些测试数据，推断成矿性质与过程，建立成矿模式，尽量接近自然过程。作者根据测试数据，对类卡林型金矿的成矿性质和过程进行了推断，建立了成矿模式。

本书论述了中国类卡林型金矿床的发现，这是中国地球科学工作者对人类的贡献，对祖国的贡献。全世界的地球科

学工作者，运用中国类卡林型金矿床理论，就会在你的祖国也发现一个新的金矿类型。

本书的出版，感谢原冶金部西南地勘局荣春勉等同志和天津地质研究院文国林、李兴国同志，在科研工作中的密切合作。本书第一章、第二章的资料，由荣春勉同志整理。

由于水平所限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。



2008年7月23日

目 录

第一章 地层和岩石

第一节 地层	1
一、前震旦系	1
二、震旦系	1
三、志留系	2
四、泥盆系	2
五、石炭系 (C)	3
六、二叠系	4
七、三叠系	4
八、侏罗系	5
第二节 火山岩和岩浆岩	5
一、火山岩	5
二、岩浆岩	8
第三节 区域低温元素地球化学	20
一、微量元素的区域丰度	20
二、微量元素在各时代地层中的分布	22
三、金及微量元素在不同岩石中的变异特征	22
四、地球化学异常特征	29

第二章 构 造

第一节 大地构造环境和区域构造演化	30
一、大地构造环境	30
二、区域构造演化	30

第二节 区域构造格局和构造形式	32
一、区域构造格局	32
二、构造形式	33

第三章 类卡林型金矿床的矿床地质

第一节 类卡林型金矿床的分布	40
第二节 类卡林型金矿的容矿岩石和金矿体特征	42
一、联合村类卡林型金矿床	42
二、阳山类卡林型金矿床	49
第三节 类卡林型金矿的矿石特征	49
一、矿石矿物学	49
二、载金矿物及金的赋存形式	55
三、矿石类型	58
四、矿石结构构造	59
第四节 类卡林型金矿的热液蚀变	60
一、热液蚀变类型、期次、强度及变化	60
二、蚀变与金及有关硫化物矿化的关系	68
第五节 类卡林型金矿床地球化学	70
一、常量元素地球化学	70
二、微量元素地球化学	71
三、稳定同位素地球化学	75
四、流体包裹体地球化学	84
第六节 类卡林型金矿床的地质和地球化学特征	93
一、金矿床形成的大地构造位置	93
二、金矿床的矿石类型	94
三、金矿床的热液蚀变特征	94
四、金矿床微量元素组成特征	94
五、硫、碳同位素特征	94

六、流体包裹体氢、氧同位素特征	95
七、金矿床形成的温度	95
八、流体包裹体的成分	95
九、铅同位素特征	96
十、燕山期岩浆期后热液，掺入了成矿作用	96
十一、金矿床中金的赋存状态和金的粒度	96
十二、归类为浅成低温的造山带型金矿床	96

第四章 成矿条件

第一节 含金地质建造分析	97
一、原生含金地质建造	97
二、次生含金地质建造	99
第二节 成矿的热动力条件	102
一、岩浆活动	102
二、构造动能	103
三、古地温梯度	103
第三节 成矿的构造条件	104
一、特殊的大地构造环境，决定了区域长期遭受 挤压以及对成矿的意义	104
二、导（岩）矿构造	105
三、容矿构造	106
第四节 成矿的物理-化学条件	108
一、成矿温度	108
二、成矿压力	108
三、矿液盐度	109
四、成矿介质为弱酸性至弱碱性	109
五、还原参数	109
六、成矿受硫逸度影响	109

七、矿液为热卤水成因	109
------------------	-----

第五章 成矿作用和成矿模式

第一节 成矿作用	110
一、成矿流体的形成	110
二、金等元素在流体中的主要形式	111
三、成矿流体的运动	113
四、元素的沉淀	114
五、成矿作用总结	116
第二节 成矿模式	118
一、区域成矿模型	118
二、类卡林型金矿成矿模式	121

第六章 找矿标志和准则

第一节 找矿标志	122
一、构造标志	122
二、岩石学标志	122
三、热液蚀变标志	122
四、矿物标型特征标志	122
五、地球化学标志	124
第二节 找矿方法及找矿中应注意的问题	125
附 录	126
参考文献	131

第一章 地层和岩石

第一节 地 层

一、前震旦系

区域出露前震旦系碧口群 (Ptbk)，主要在古城断裂以北呈近东西向分布。大量同位素年龄资料表明，碧口群沉积时代为中、晚元古代、并与北方震旦系的长城、蓟县、青白口组及四川通木梁群、黄水河群等可以对比。碧口群在本区内分上、中、下三个岩组，其中下岩组为非稳定型深海复理石建造，中部为非稳定型海相细碧角斑岩建造，上部为杂陆屑~火山碎屑建造。平武一带厚 700 ~ 2400m。向东延至陕西省厚约 6000m。自下而上为：

(1) 碧口群下岩组 (Ptbk¹)：千枚岩夹少量阳起石片岩及变砂岩。

(2) 碧口群中岩组 (Ptbk²)：变质基-中性火山岩、凝灰质千枚岩、变砂岩等。

(3) 碧口群上岩组 (Ptbk³)：变质中酸性火山岩、凝灰质千枚岩、变砂岩等。

碧口群中，金含量偏高，为 14.3×10^{-9} (10^{-9} 相当于非标准计量单位的 ppb，下同)。在中、上岩组中赋存变火山岩型金矿点 35 处。

二、震旦系

本区震旦系局部分布在摩天岭地背斜南部，呈近东西向出

露，假整合或不整合于志留系茂县群之下，为一套地槽型变质碎屑岩-碳酸盐岩建造，总厚为 2600 ~ 4300m。自下而上为：

(1) 震旦系下统阴平组 (Zay)：变粒岩（变砂岩）与千枚岩不等厚互层。

(2) 震旦系上统。

1) 木座组 (Zbm)：含砾变砂岩，变砂岩。

2) 蜈蚣口组 (Zbw)：千枚岩、结晶灰岩互层，夹少量变砂岩。

3) 水晶组 (Zbs)：结晶灰岩、白云质结晶灰岩。底部有含磷变砂岩。

三、志留系

区内志留系出露不全，上统白龙江群上岩组 (S_3bl^3)，为硅质板岩，仅在中西部极少范围内分布。

四、泥盆系

区内泥盆系，因横跨漳腊、文县两图幅，划分不甚统一。因此，将漳腊幅 (1:20 万) 石坊组硅质砾岩置其下，将文县幅 (1:20 万) 中，泥盆系第一岩性段 ($D_2^1S_{(1+2)}$) 置其上，归并为下泥盆统石坊组 (表 1-1)。 $D_2^1S_3$ 至 $D_2^1S_7$ 则分别纳入中、上泥盆系 (统)。

(1) 下泥盆统石坊组 (D_1S)。底部以灰黑色砾岩假整合于上志留统白龙江群 (S_3bl) 之上。中为灰黑色含砾砂岩、炭质粉砂岩夹黑色变质沉凝灰岩及碱性玄武岩。上为黑色含炭粉砂质板岩或泥质粉砂岩，夹青灰色砂质薄层灰岩透镜体。其中火山岩以上有含沥青、放射性异常及铜、钒矿化及煤系地层。本组地层普遍发育硅化、方解石化、石膏化、重晶石化等低温蚀变作用。总厚约 1200 ~ 4000m。

表 1-1 泥盆系划分对比

工作时间 及单位	1978 年《漳腊幅》四川地质 局第二区测队 (1 : 20 万)			1970 年《文县幅》陕西区 测队 28 分队 (1 : 20 万)			本 书 (1991 年)						
上伏地层	下石炭统益哇组 (C _g)			石炭系 (C)			石炭系 (C)						
泥盆系	上统	陡石山组 D ₃ d		中泥盆统三河口组	第六岩性段 (D ₂ ^{1/3}) 未见底	第二岩性段 D ₂ S ₃ ²	上部碳酸盐建造 (D ₂ ¹ S ₃ ²)		D ₂ ¹ S ₇	D ₃ ²⁻²			
		擦阔合组 (D ₃ c)					D ₂ ¹ S ₆	D ₃ ²⁻¹					
	中统	古道岭组	上部岩性段 (D ₂ g ³)				下部含铁岩系及沉积铁矿 D ₂ ¹ S ₃ ¹	上部含矿层	中部含矿层	下部含矿层	D ₂ ¹ S ₄	D ₂ ²	
			中部岩性段 (D ₂ g ²)										
			下部岩性段 (D ₂ g ¹)										
			岷堡沟组 (D _m)										
		石坊组 (DiS)											
	下统						第一岩性段 (D ₂ ¹ S ₁₊₂)		D ₂ ¹ S ₍₁₊₂₎	D ₁ S			
下伏地层	上志留统白龙江群 (S ₃ bl)						下古生界碧口群 (Pibk) (?)			前震旦系 碧口群			

(2) 中泥盆统下段 (D_2^1)。下部为砂岩、石英岩、夹赤铁矿多层。上部为灰色灰岩夹泥灰岩，产笛管珊瑚。本层有沉积赤铁矿层。相当于中泥盆“岷堡沟组” (D_2m)，与下伏石坊组为假整合，厚 2000 ~ 3600m。

(3) 泥盆系中统上段及上统本区未出露，略。

五、石炭系 (C)

石炭系文县幅 (1:20 万) 未细分，漳腊幅 (1:20 万) 三统齐全。分布于白马弧形构造周边，为一套滨海陆棚相碳酸

盐沉积，厚 1873m。

六、二叠系

研究区西部将二叠系下统分为栖霞组 (P_1q) 和茅口组 (P_1m)。其岩石组合分别为沥青灰岩和燧石灰岩。

七、三叠系

自下而上分为三统六个地层单元。

(1) 下三叠统蒗茨沟组 (T_1b)：本组地层分布有限，在三叠系底部呈狭窄的条带状。由薄板状板岩及板岩组成。厚 0~86m，与上覆中三叠统及下覆下二叠统均为假整合接触。

(2) 中三叠统扎尕山群 (T_2zg)：下部为板岩、砂岩互层含铁锰岩系，上部为灰岩、砂岩互层，南坪牙屯夹有基性火山熔岩。平武中西部相变为：上部灰岩、砂岩互层，下部为块状灰质白云岩，厚 1311m。虎牙式铁锰矿赋存于本组底部。

(3) 上三叠统 (T_3)：为一套含晚三叠世海相瓣鳃的灰色、绿灰色碎屑岩，分布广泛。自下而上为四个地层单元，各地层单元间为整合接触。

1) 杂谷脑组 (T_{3z})：灰绿色中厚层状凝灰质砂岩，层凝灰岩，岩屑砂岩等粗碎屑岩，夹极少量板岩，为海相复理石建造，厚 382~693m。

2) 侏倭组 (T_{3zh})：灰绿色中~厚层状凝灰质砂岩。钙质砂岩和板岩的韵律式互层，厚 362~917m。

3) 新都桥组 (T_{3x})：深灰、黑色粉砂质板岩、钙质板岩、炭质板岩。夹少量不稳定的凝灰质砂岩厚 345m。

4) 罗空松多组 (T_{3l})：灰色中厚层状钙质砂岩及粉砂质板岩互层，砂岩多于板岩。

上述几个地层单元均为整合过渡沉积，与上覆白垩系，第三系为不整合。

八、侏罗系

以碎屑岩为主，零星出露。

第二节 火山岩和岩浆岩

一、火山岩

(一) 碧口群中部火山岩

碧口群中部火山岩由基性细碧岩、石英角斑岩及相应的火山角砾岩、凝灰岩等组成。多具杏仁状构造、枕状构造、条带状构造及气孔。厚度在桂花桥沟剖面为 2100m。细碧岩等熔岩多夹在集块岩、凝灰岩间，呈扁豆体状，单层厚 5 ~ 50m。向上则有沉凝灰岩及变质砂岩与火山岩呈互层。碧口群下亚群为深-半深海相陆源碎屑复理石建造。碧口群火山岩喷发类型为裂隙式。氧化度小于 1，证明喷发环境为深-次深海。碧口群喷出相有喷溢相和爆发相。桂花桥沟见由熔结角砾岩组成的火山集块岩；喷溢相则有枕状构造。碧口群火山岩喷发旋回，至今可划分为七个。其演化趋势是由基性向酸性演化，碧口群火山岩化学特征见表 1-2、表 1-3。火山岩以钙碱系列为主，据碱度率知，该火山岩主要为岛弧型，图 1-1 里特曼-戈蒂里图支持这一判断。碧口群岩石平均含金 14.3×10^{-6} (10^{-6} 相当于非标准单位的 ppm，下同)。

(二) 下泥盆统石坊组中火山岩

下泥盆统石坊组中火山岩，下为沉凝灰岩，中为碱性玄武岩，上为安山岩。玄武岩具气孔构造。据碱度率图表明，它为过碱系列，FAM 图解为拉斑玄武岩，属于川西北地槽区局部裂合过程中出现线状张裂时期的产物。岩石中有铜矿化及后期石膏脉，碱性玄武岩含金 $(10 \sim 16) \times 10^{-9}$ 。

表 1-2 四川平武南坪火山岩岩石全分析数据

序 号	时 代	产 地	岩石名称	分析项目(w_B)/%														资料来源	
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	NaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂		SO ₂
1	中三叠统	南坪	酸性火山岩	73.40	0.25	14.43	1.42	1.22	0.22	0.00	0.04	0.50	2.07	0.21		0.70		测区地质 报告 《漳腊幅》 (1:20万)	
2		塔藏	安山质火山岩	63.22	0.45	14.65	0.44	3.35	1.88	0.08	2.77	2.76	2.72	0.09		0.27			
3		南坪	细碧岩	39.14	3.40	14.55	2.59	10.87	7.08	0.24	5.45	2.75	1.81	0.73	4.77	0.74			
4		牙屯	基性角砾熔岩	55.54	1.50	17.86	1.26	5.47	3.28	0.29	2.45	7.72	0.18	0.65	2.37	0.19			
5	泥盆系石坊组	平武	碱性玄武岩	48.28	2.50	12.22	17.42	0.26	1.84	0.04	0.83	3.59	3.26	0.41	6.70	0.78	1.91	2.65	参考 文献[1]
6		胡家磨	碱性玄武岩	48.28	3.26	16.09	13.49	0.42	1.70	0.02	0.70	4.29	1.69	1.20		1.75	0.39	0.66	
7	前震旦系碧口群	平武	变质基性火山岩	41.92	3.50	12.10	4.55	6.99	7.71	0.23	12.45	0.14	1.26					测区地质 报告平武幅 (1:20万)	
8		阴平	变质酸性火山岩	71.58	0.13	14.51	0.55	1.23	1.39	0.04	1.09	5.00	0.22						
9	平武桂花桥沟	平武	变细碧岩	48.34	1.60	12.11	4.30	9.44	7.54	0.28	9.83	1.84	0.06	0.14	3.08			川西北 碧口群 的研究 报告	
10			变细碧岩	53.40	1.88	15.31	4.93	3.35	3.31	0.15	10.75	3.30	0.45	0.44	1.43				

表 1-3 四川平武南坪火山岩特征值

编号	时代	产地	岩石名称	里特曼指数(δ)	资料来源
1	三叠系 扎尕山群	南坪塔藏	酸性火山岩	0.22	区测地质报告 《漳腊幅》 (1:20万)
2			安山质火山岩	1.49	
3		南坪牙屯	细碧岩	-5.38	
4			基性角砾熔岩	0.63	
5	泥盆系	平武	碱性玄武岩	8.89	参考 文献[1]
6	石坊组	胡家磨	碱性玄武岩	6.77	
7	前震旦系 碧口群	平武 阴平	基性火山岩	-1.81	川西北地区碧 口群的时代层序, 火山作用及含矿 性研究报告,李小 壮等,1988年
8			变质酸性 火山岩	0.95	
9		平武 桂花桥沟	变细碧岩	0.67	
10			变细碧岩	1.35	

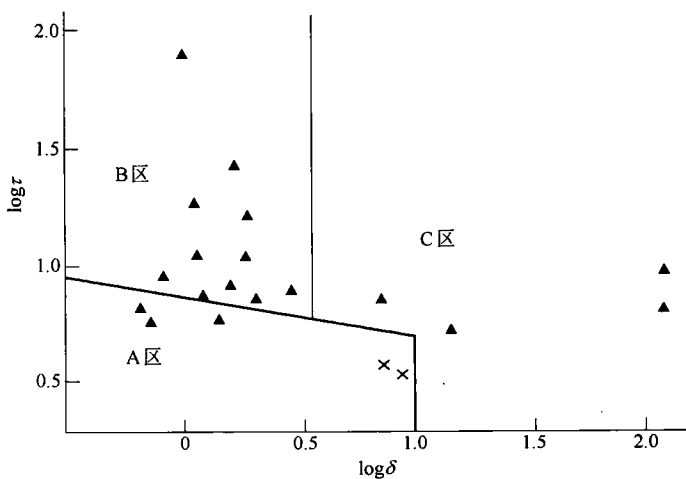


图 1-1 里特曼-戈蒂里图

(据参考文献 [1])

A 区—非构造带 (板块内部稳定构造区) 火山岩; B 区—造山带
(岛弧及活动大陆边缘区) 火山岩; C 区—A、B 区火山岩派生的碱性岩