

DOI:10.19826/j.cnki.1009-3850.2022.01026

施玉北, 曾妍, 李蓉, 程胜辉, 2022. 腾冲地区与燕山期花岗岩有关的矿床成矿系列. 沉积与特提斯地质, 42(1): 75–87.

Shi Y B, Zeng Y, Li R, Cheng S H, 2022. Metallogenic series related to Yanshanian granitoids in Tengchong area, Yunnan, China. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 42(1): 75–87.

腾冲地区与燕山期花岗岩有关的矿床成矿系列

施玉北^{1,2}, 曾妍^{3*}, 李蓉⁴, 程胜辉⁴

(1. 云南省地质调查局, 云南 昆明 650051; 2. 自然资源部三江成矿作用及资源勘查利用重点实验室, 云南 昆明 650051; 3. 云南省地质技术信息中心, 云南 昆明 650051; 4. 云南省地质调查院, 云南 昆明 650216)

摘要:腾冲地区岩浆–热液成矿作用形成了东、中、西三个矿带,以及滇滩–大洞厂–红岩头铅锌锡铁硅灰石矿、铁窑山–小龙河锡钨铁铅锌矿两个重要矿集区。本文以前人研究资料为基础,按矿床成矿系列理论研究方法,厘定了该地区与燕山期花岗岩有关的矿床成矿系列及亚系列,系统总结了该地区与燕山期花岗岩有关的矿产资源时空分布规律,研究结果表明燕山期是本地区最为重要的岩浆–热液成矿作用时期,该地区锡、铅、锌、铁、铜、钨、金、银、硫铁矿、硅灰石、萤石、宝石、云母、红柱石、稀土及稀有金属矿等矿产主要与燕山期花岗岩有关,构成了特定的与燕山期花岗岩有关的矿床成矿系列,并根据花岗岩分带、矿床空间分布、矿化组合、成矿时代的不同,进一步分为3个矿床成矿亚系列,总结了矿床成矿亚系列特点,分析了该地区的找矿潜力,指出了找矿远景区,深化了对腾冲地区锡(钨)、铅锌、铁、硅灰石、铜等矿产成矿规律认识,为今后在该地区从事地质找矿、教学和科研等方面提供参考。

关键词:锡多金属矿;矿床成矿系列;燕山期花岗岩;腾冲地区

中图分类号:P617

文献标识码:A

Metallogenic series related to Yanshanian granitoids in Tengchong area, Yunnan, China

SHI Yubei^{1,2}, ZENG Yan³, LI Rong⁴, CHENG Shenghui⁴

(1. Yunnan Bureau of Geological Survey, Kunming 650051, China; 2. Key Laboratory of Sanjiang Metallogeny and Resources Exploration and Utilization, Ministry of Natural Resources, Kunming 650051, China; 3. Yunnan Center of Geological Technology Information, Kunming 650051, China; 4. Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming 650216, China)

Abstract: The Yanshanian magmatic-hydrothermal mineralization formed three ore belts and two important ore concentration districts of Diantan-Dadongchang-Hongyantou lead-zinc-tin-iron-wollastonite deposits and Tieyaoshan-Xiaolonghe tin-tungsten-iron-lead-zinc deposits in Tengchong area. Basing on the previous research and the theoretical methods of metallogenic series, this paper defines the metallogenic series and sub-series related to Yanshanian granitoids and systematically summarizes the spatial-temporal distribution regularity of mineral resources related to Yanshanian granitoids in Tengchong area. The results show that the Yanshanian period is the most critical

收稿日期: 2021-09-09; 改回日期: 2022-01-06

作者简介: 施玉北(1958—),男,正高级工程师,本科,长期从事矿产地质勘查及研究工作。E-mail: ynsyb5856@163.com

通讯作者: 曾妍(1984—),女,高级工程师,本科,从事矿产地质研究工作。E-mail: 59705843@qq.com

资助项目: 国家自然科学基金重点基金项目(92055314)、中国地质调查局项目(DD20160346、DD20190379、DD20221695)、云南省矿产地质与区域成矿规律综合研究(云自然资财[2019]122号)资助

period for magmatic-hydrothermal mineralization in Tengchong, all ore deposits of tin, lead, zinc, iron, copper, tungsten, gold, silver, pyrite, wollastonite, fluorite, gem, mica, andalusite, rare earth elements, and rare metals are mainly related to the Yanshanian granitoids, forming the specific metallogenic series of Yanshanian granitoids. According to the zonings of granitoids, the spatial distribution of deposits, and ore-forming epochs, the metallogenic series of Yanshanian granitoids in Tengchong area could be further divided into three metallogenic sub-series. By characteristics of the metallogenic sub-series, this paper has summarized and analyzed the potential prospecting prospects in the region. It is hoped that this paper can deepen the understanding of metallogenic regularity of tin (tungsten), lead-zinc, iron, wollastonite, and copper deposits in Tengchong area, providing a reference for geological prospecting, teaching, and scientific research in the future.

Key words: polymetallic tin ore; metallogenic series; Yanshanian granitoid; Tengchong

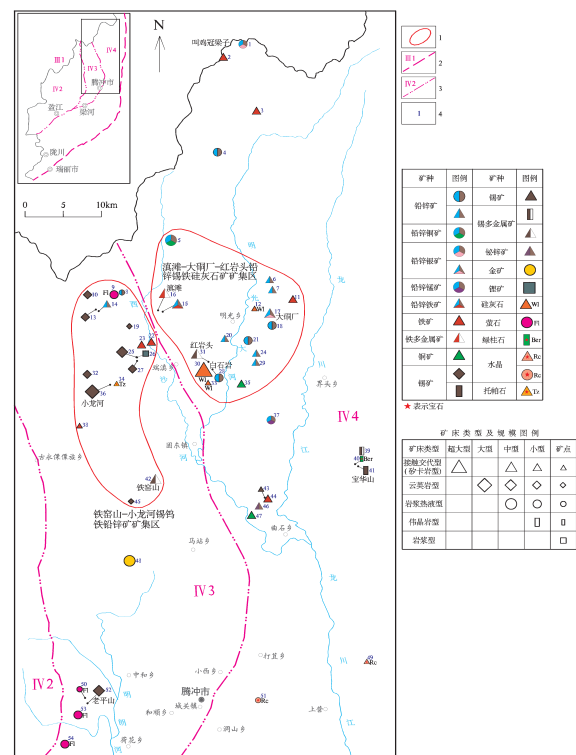
0 前言

腾冲地区位于云南省西南,地处班戈-腾冲中新生代岩浆弧带(图1),是云南省重要的锡多金属成矿地区。腾冲锡多金属成矿带属马来西亚锡矿带西支北段,向北延至西藏南东。前人在腾冲地区做了大量的地质勘查及研究工作,对锡多金属成矿规律进行了研究,普遍认为该地区锡多金属矿成矿作用与燕山期花岗岩侵入有关(陈吉琛,1987;施琳等,1989;吕伯西等,1993;杨启军等,2009;董方浏等,2006;江彪等,2012;马楠等,2013;曹华文等,2015;周新平,2015),也有个别学者利用矿床成矿系列理论方法研究该地区与燕山期花岗岩有关的矿床成矿系列(毛景文,1988)。随着近年来找矿工作的进展和矿床学、成矿理论不断发展,笔者对该地区矿床成矿系列进行系统地厘定。本文在总结前人资料基础上,以矿床成矿系列为理论基础(陈毓川,1994,1997;陈毓川等,2006,2015,2016,2020;王登红等,2020),通过系统研究、分析总结区内矿床时空分布特点、成矿特征、成矿地质背景等,厘定该地区与燕山期花岗岩有关的矿床成矿系列及亚系列,探讨燕山期花岗岩相关的矿产资源时空分布规律。

1 矿产资源概况

腾冲地区矿产资源丰富,主要包括锡、铅锌、铁、硅灰石、铜等,与燕山期花岗岩有关的矿产有18种,矿床有54处(图1、表1)。截止至2019年底,列入《云南省2019年矿区及所属矿山矿产资源储量简表》(云南省自然资源厅,2020^①)主要矿种累计查明资源储量锡 13.19×10^4 t、铅锌 146.39×10^4 t、铜 2.08×10^4 t、铁矿石 1.04×10^8 t、硅灰石 2464.7×10^4 t。

矿床类型主要为以云英岩型及接触交代型(矽卡岩型)为主,少量为岩浆热液型和伟晶岩型。



1—矿集区边界;2—Ⅲ级成矿带界线及编号;3—Ⅳ级成矿带界线及编号;4—矿产点编号;Ⅲ1—独龙江-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Be-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au成矿带(Mz,Cz);IV2—槟榔江(喜马拉雅期岩浆弧)Be-Nb-Ta-Li-Rb-W-Sn-Au矿带;IV3—棋盘石-小龙河(燕山晚期岩浆弧)Sn-W-Fe-Pb-Zn-Cu-Ag矿带;IV4—东河-明光(燕山期岩浆弧)Sn-Cu-Pb-Zn-Ag-Fe-Mn矿带

图1 腾冲地区锡铅锌铁硅灰石等矿产点分布图
Fig. 1 Sketch map showing distribution of tin, lead, zinc, iron, wollastonite and other minerals in Tengchong area

矿床空间上明显分为东、中、西三个矿带(图1)。东矿带分布在龙川江断裂以东高黎贡山西坡,主要为伟晶岩型稀有金属、锡、宝石矿等,如腾冲市

宝华山锡(钨宝石稀有金属)矿。中矿带分布在腾冲-瑞滇断裂以东,龙川江断裂以西的滇滩、明光地区,以铅锌、铁、硅灰石为主,其次为锡、铜、银、钨等;矿床类型主要为矽卡岩型,代表性矿床有腾冲市滇滩铁矿、腾冲市大铜厂铅锌银矿、腾冲市叫鸡冠梁子锡铁铅锌多金属矿、腾冲市明光乡白石岩硅灰石矿等,其次为岩浆热液型等,代表性矿床有腾冲市燕洞-棋盘石铅锌铜矿等;在中矿带北部形成腾冲市滇滩-大铜厂-红岩头铅锌锡铁硅灰石矿集区(图1),已发现矿产地18处(超大型1处,中型5处,小型10处,矿点2处),查明资源量铅锌 $132.21 \times 10^4 \text{t}$ 、铁矿 $9240.86 \times 10^4 \text{t}$ 、硅灰石 $2464.7 \times 10^4 \text{t}$ 、锡 7643t 、铜 $1.69 \times 10^4 \text{t}$ 、银 145.58t (云南省自然资源厅,2020^①)。西矿带分布在古永-中和断裂以东,腾冲-瑞滇断裂以西,古永-小龙河花岗

岩带东侧,以锡为主,其次为钨、铁、金、萤石等;矿床类型主要为云英岩型,少量为矽卡岩型、岩浆热液型等,云英岩型以腾冲市小龙河锡矿床、腾冲市木梁河锡矿床等为代表,矽卡岩型以腾冲市铁窑山钨锡矿床、腾冲市老平山锡矿床等为代表,岩浆热液型以腾冲市葫芦口金矿床、腾冲市杞茂萤石矿等为代表;在西矿带北部形成腾冲市铁窑山-小龙河锡钨铁铅锌矿集区(图1),已发现矿产地17处(大型1处,中型2处,小型8处,矿点6处),查明资源量锡 $9.93 \times 10^4 \text{t}$ 、钨 1181t 、铅锌 3501t 、铁矿 $481.96 \times 10^4 \text{t}$ 、萤石 $2.29 \times 10^4 \text{t}$ (云南省自然资源厅,2020^①)。

时间上各矿带成矿时代与对应的花岗岩带基本一致,均为燕山晚期;东、中矿带成矿时代为早白垩世,西矿带为晚白垩世。

表1 腾冲地区与燕山期花岗岩有关的矿床一览表
Table 1 Deposits related to the Yanshanian granitoid in Tengchong area

编号	矿床名称	规模	矿床类型	编号	矿床名称	规模	矿床类型
1	腾冲市大战岭铅锌银矿	小型	岩浆热液型	28	腾冲市观音岩铅锌矿	小型	岩浆热液型
2	腾冲市茨竹地铁矿	小型	矽卡岩型	29	腾冲市小石门铅锌矿	小型	矽卡岩型
3	腾冲市木鱼山铁矿	小型	矽卡岩型	30	腾冲市明光乡白石岩硅灰石矿	超大型	矽卡岩型
4	腾冲市老波厂铅锌矿	小型	岩浆热液型	31	腾冲市红岩头锡多金属矿	中型	矽卡岩型
5	腾冲市燕洞-棋盘石铅锌铜矿	中型	岩浆热液型	32	腾冲市大龙河锡矿	小型	云英岩型
6	腾冲市黄山铅锌矿	小型	矽卡岩型	33	腾冲市燕洞硅灰石矿	矿点	矽卡岩型
7	腾冲市哨地铅锌矿	小型	矽卡岩型	34	腾冲市小龙河托帕石矿	矿点	矽卡岩型
8	腾冲市达洞山铅锌矿	矿点	岩浆热液型	35	腾冲市狮子树羊圈铜矿	小型	矽卡岩型
9	腾冲市水城萤石矿	小型	岩浆热液型	36	腾冲市小龙河锡矿	大型	云英岩型
10	腾冲市木梁河锡矿	小型	云英岩型	37	腾冲市中排小场铅锌锰矿	小型	岩浆热液型
11	腾冲市水箐铁矿	小型	矽卡岩型	38	腾冲市大平地铁矿	矿点	矽卡岩型
12	腾冲市大铜厂硅灰石矿	矿点	矽卡岩型	39	腾冲市贡源锡矿	小型	伟晶岩型
13	腾冲市冻冰河锡矿	小型	矽卡岩型	40	腾冲市界头镇绿柱石矿	矿点	伟晶岩型
14	腾冲市麻栗坝铅锌矿	小型	矽卡岩型	41	腾冲市宝华山锡矿	小型	伟晶岩型
15	腾冲市铜厂山铅锌铁矿	中型	矽卡岩型	42	腾冲市铁窑山锡钨矿	中型	矽卡岩型
16	腾冲市滇滩铁矿	中型	矽卡岩型	43	腾冲市马鞍山锡矿	矿点	矽卡岩型
17	腾冲市大铜厂铅锌银矿	中型	矽卡岩型	44	腾冲市铁帽山铁矿	小型	矽卡岩型
18	腾冲市望米坡铅锌银矿	小型	岩浆热液型	45	腾冲市洗澡塘锡矿	矿点	矽卡岩型
19	腾冲市炉赶河锡矿	矿点	云英岩型	46	腾冲市江南铍锌矿	小型	矽卡岩型
20	腾冲市老华寨铅锌矿	小型	矽卡岩型	47	腾冲市灰窑铜矿	小型	矽卡岩型
21	腾冲市老鹰嘴铅锌矿	小型	岩浆热液型	48	腾冲市葫芦口金矿	中型	岩浆热液型
22	腾冲市潘家寨铁矿	小型	矽卡岩型	49	腾冲市总府水晶矿	矿点	矽卡岩型
23	腾冲市黄家山铁矿	小型	矽卡岩型	50	腾冲市老平山萤石矿	矿点	矽卡岩型
24	腾冲市走马坝铅锌矿	小型	矽卡岩型	51	腾冲市元头水晶矿	矿点	岩浆热液型
25	腾冲市古凹山锡矿	中型	云英岩型	52	腾冲市老平山锡矿	中型	云英岩型
26	腾冲市小龙河锡多金属矿共生稀有元素矿	矿点	岩浆型矿床	53	腾冲市中和高楼子萤石矿	小型	岩浆热液型
27	腾冲市白沙河锡矿	小型	云英岩型	54	腾冲市杞茂萤石矿	小型	岩浆热液型

2 矿床成矿系列划分

2.1 成矿地质背景

腾冲地区属冈底斯-察隅弧盆系之班戈-腾冲中生代岩浆弧带。成矿带属冈底斯-腾冲造山系成矿省(Ⅱ10),班戈-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Bi-Li-Fe-Pb-Zn成矿带(Ⅲ-42)(徐志刚等,2008)(云南称为Ⅲ1独龙江-腾冲<岩浆弧>Sn-W-Bi-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au成矿带)(云南省地质调查局,2014)。在研究区该成矿带包括二个Ⅳ级矿带:Ⅳ3棋盘石-小龙河(燕山晚期岩浆弧)Sn-W-Fe-Pb-Zn-Cu-Ag矿带(古永-中和断裂以东、腾冲-瑞滇断裂以西);Ⅳ4东河-明光(燕山期岩浆弧)Sn-Cu-Pb-Zn-Ag-Fe-Mn矿带(腾冲-瑞滇断裂以东)。

区内出露地层主要有高黎贡山岩群结晶基底残块(P_1GL)、二叠系下统空树河组(P_1k)、二叠系中统大东厂组(P_2dd);在腾冲、瑞滇盆地内零星分布有腾冲新生代火山岩。区内侵入岩发育,主要为燕山期花岗岩,详见图2。

高黎贡山岩群(P_1GL):累计视厚度>6180m。岩石类型有片岩、片麻岩、变粒岩,为中压相系区域动力热流变质作用的产物,属低角闪岩相铁铝榴石带、蓝晶石带。建造类型为变质砂泥岩夹火山岩建造,形成于活动大陆边缘环境,是区内伟晶岩型稀有金属、锡、宝石矿围岩。

空树河组(P_1k)及邦读组(P_1b):厚>2408.5m,为一套砂、泥质复理石夹火山岩建造,属二叠纪地史时期冈瓦纳大陆北缘的冷水-暖水环境的沉积,岩性为泥质板岩、砂质板岩、变质砂岩、变质含砾板岩(冰筏沉积)夹大理岩、变质基性-酸性火山岩,是鸡冠梁子-大碚厂-红岩头、铁窑山-小龙河一带锡、钨、铁、铅锌多金属矿赋矿围岩。

大东厂组(P_2dd):厚196.6~276.6m,主体为一套碳酸盐岩建造,下部为灰色块状含生物碎屑结晶灰岩、含鲕粒生物碎屑灰岩、含砂结晶灰岩夹硅质岩、长石石英粉砂岩;中上部为灰色厚层块状结晶(含)白云质灰岩、结晶灰岩、白云岩、白云岩角砾岩夹石英砂岩。该组是本区铅锌铁铜银多金属矿及硅灰石矿的主要含矿层位。

区内侵入岩空间上按岩性及成岩时代从东往西,可分为东河-明光花岗岩带(腾冲-瑞滇断裂以东)和古永-小龙河花岗岩带(腾冲-瑞滇断裂以西,古永-中和断裂以东)。

东河-明光花岗岩带:主要岩石类型有中细粒黑云二长花岗岩、似斑状黑云二长花岗岩,另有少量的石英闪长岩、黑云母花岗闪长斑岩、花岗斑岩、石英斑岩等;侵位时代为早白垩世,Rb-Sr等时线法测年分布为112~143Ma(罗君烈,1991;曹华文等,2015)。

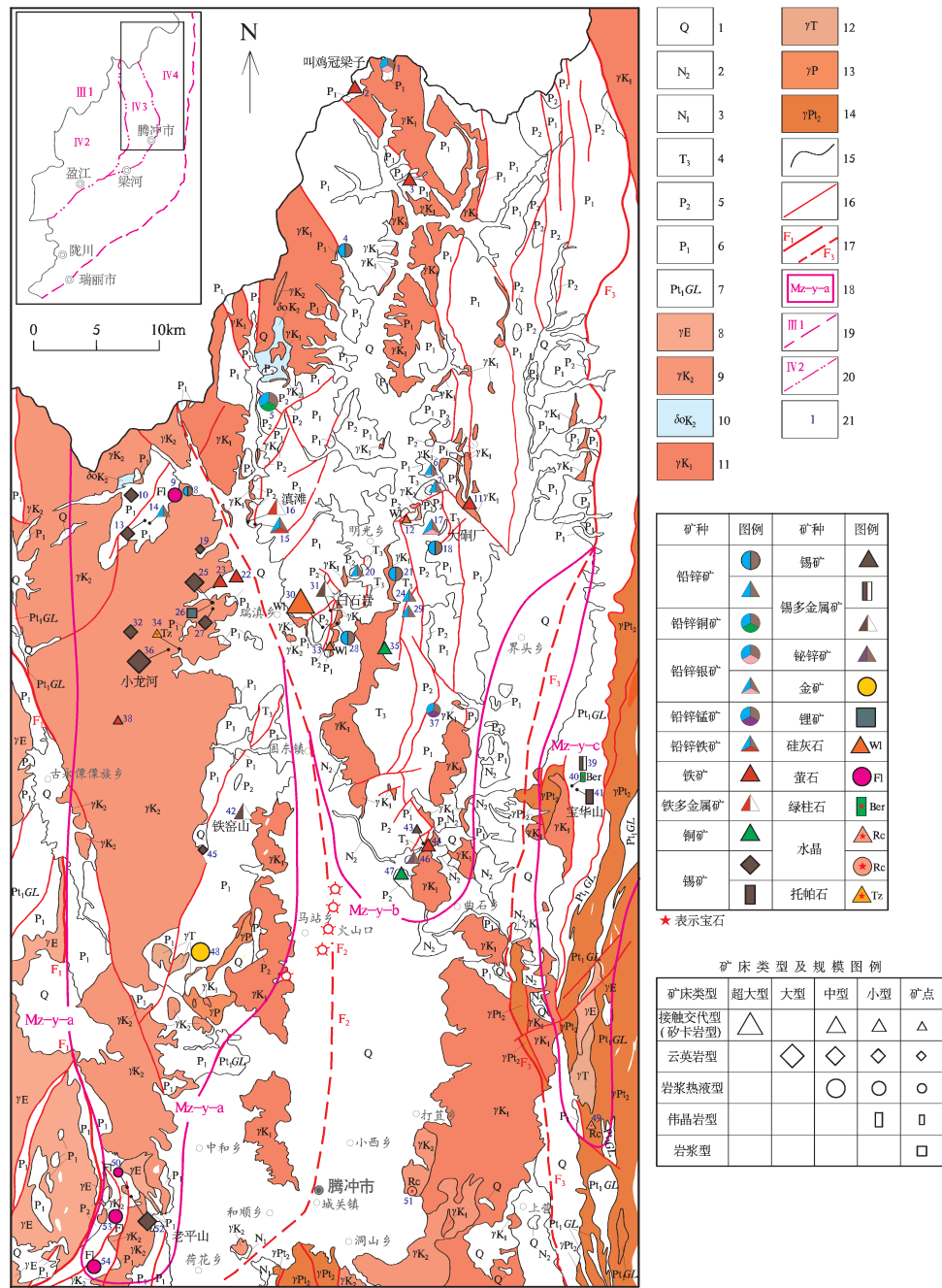
西带-古永-小龙河花岗岩带:属古永花岗岩群重要组成部分,主要岩性为黑云母花岗岩和二长碱长花岗岩,早期以中粗粒斑状黑云二长花岗岩为主,晚期为中细粒似斑状黑云二长花岗岩;侵位时代为晚白垩世,Rb-Sr等时线法测年、LA-ICP-MS方法测得锆石U-Pb同位素年龄分布为84~61Ma(陈吉琛,1987;吕伯西等,1993;杨启军等,2009;江彪等,2012;马楠等,2013;曹华文等,2015;周新平,2015)。

区内断裂构造发育,以南北向为主,代表性大断裂有古永-中和断裂、腾冲-瑞滇断裂、龙川江断裂,其控制了区内矿产分布,龙川江断裂与腾冲-瑞滇断裂之间以铅锌铁铜银硅灰石为主,部分矿床叠加钨锡铋矿化;腾冲-瑞滇断裂与槟榔江断裂之间以锡为主,其次为钨、铁、铅锌、萤石、稀有金属等矿化。区内褶皱多数不完整,以宽缓褶皱为主,部分地段地层以残盖方式分布于花岗岩体之上,在岩体与围岩的接触带及附近,接触交代作用强烈,往往伴有锡、铅锌、铁、硅灰石成矿。

该地区构造发展演化大致可分为五个阶段(李静等,2008^②),即古元古代结晶基底形成演化阶段、新元古代-早古生代构造演化阶段、古特提斯地史演化阶段、燕山期陆内伸展变形阶段及喜马拉雅地史阶段。

古元古代结晶基底形成演化阶段,形成了高黎贡山岩群(P_1GL);新元古代-早古生代构造演化阶段,地壳隆升,地层缺失。在古特提斯地史演化阶段的二叠纪时期,属冈瓦纳大陆北缘的冷水-暖水环境的沉积,形成空树河组(P_1k)、邦读组(P_1b)、大东厂组(P_2dd),一套砂、泥质复理石夹火山岩建造,碳酸盐岩建造。

到晚三叠世时,古特提斯洋关闭,本区开始大规模地隆升,发生褶皱造山作用,在早白垩世到晚白垩世(燕山期)本地区处于陆内伸展变形阶段,由于印度板块俯冲碰撞地壳加厚导致上地壳大量熔融和上侵,从而发生了区内大规模的酸性岩浆侵入



1—第四系:砂、砾岩及火山岩;2—中新统南林组:砾岩、砂砾岩;3—上新统芒棒组:砂岩、砾岩、黏土岩;4—下三叠统先锋营组:灰岩及泥灰岩;5—中二叠统大东厂组:灰岩、硅质岩、白云质灰岩;6—下二叠统空树河组与邦读组并层:粉砂岩、石英砂岩、结晶灰岩、砂砾岩、板岩;7—古元古界高黎贡山岩群:片麻岩及变粒岩;8—古近纪花岗岩斑岩、正长花岗岩;9—晚白垩世二长花岗岩、正长花岗岩、石英斑岩、碱长花岗岩;10—晚白垩世闪长玢岩;11—早白垩世二长花岗岩、正长花岗岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、石英闪长岩;12—三叠纪正长花岗岩、二长花岗岩;13—二叠纪花岗岩斑岩;14—中元古代片麻状花岗岩、片麻状花岗闪长岩;15—地质界线;16——一般断层;17—实测及推测主断层及编号;18—成矿亚系列界线及编号;19—Ⅲ级成矿带界线及编号;20—Ⅳ级成矿带界线及编号;21—矿产地编号。F₁—古永-中和断裂;F₂—棋盘石-腾冲断裂;F₃—龙川江断裂;Ⅲ1—独龙江-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Be-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au成矿带(Mz/Cz);Ⅳ2—槟榔江(喜马拉雅期岩浆弧)Be-Nb-Ta-Li-Rb-W-Sn-Au矿带;Ⅳ3—棋盘石-小龙河(燕山晚期岩浆弧)Sn-W-Fe-Pb-Zn-Cu-Ag矿带;Ⅳ4—东河-明光(燕山期岩浆弧)Sn-Cu-Pb-Zn-Ag-Fe-Mn矿带

图2 腾冲地区地质矿产及矿床成矿系列分布图(据云南省 1:250000 腾冲县幅(G47C003002)建造构造图修编;云南省地质调查局,2013^③)

Fig. 2 The schematic diagram of geology and mineral resources and metallogenic series in Tengchong area

活动,形成东河-明光早白垩世岗岩带和古永-小龙河晚白垩世花岗岩带。

伴随燕山期酸性岩浆活动,在本地区发生了最为重要的岩浆-热液成矿作用,区内锡、钨、铅、锌、铁、铜、金、稀土、稀有金属、硅灰石、红柱石等矿产成矿均与燕山期酸性岩浆活动有关,形成东、中、西三个矿带,以及腾冲市铁窑山-小龙河锡钨铁铅锌矿、腾冲市滇滩-大铜厂-红岩头铅锌锡铁硅灰石矿两个重要矿集区等(图1、图2)。喜马拉雅早期(古近纪),在该地区以西再次发生了大规模的偏碱性花岗岩浆侵入活动,形成了以来利山岩体、槟榔江岩体为代表的喜马拉雅期岩体(董方浏等,2006 Chen et al.,2014;曹华文等,2015);伴随有锡、钨和稀有金属成矿。早期形成的矿体、矿化体出露地表,经风化淋滤和次生富集作用,形成了本区的砂矿床和风化壳稀有金属、离子吸附型稀土矿床。喜马拉雅晚期(新近纪以来)沿腾冲-瑞滇断裂,有火山喷发活动,并伴有地热(温泉)产出。

2.2 矿床成矿系列厘定

按矿床成矿系列“四个一”划分原则(陈毓川,1994,1997;陈毓川等,2006,2015,2016,2020;王登红等,2020),即在一定的地质历史期间或构造运动阶段,在一定的地质构造单元及构造部位,与一定的地质成矿作用有关,形成一组具有成因联系的矿床组合自然体,为矿床成矿系列。将该地区矿床成矿系列厘定为腾冲地区与燕山期花岗岩有关的锡、铅、锌、铁、铜、钨、金、银、硫铁矿、硅灰石、萤石、宝石、云母、红柱石、稀土及稀有金属矿床成矿系列(Mz-y)。根据矿床空间分布、矿化组合、成矿时代的不同,可分为3个成矿亚系列(图2):小龙河-老平山地区与晚白垩世花岗岩有关的锡、钨、铁、金、萤石、稀土及稀有金属矿床成矿亚系列(Mz-y-a),代表性矿床如小龙河式锡矿床、铁窑山式钨锡矿床、老平山式锡矿床;东河-明光地区与早白垩世花岗岩有关的铅、锌、铁、铜、锡、钨、钼、银、硫铁矿、硅灰石矿床成矿亚系列(Mz-y-b),代表性矿床如滇滩式

表2 腾冲市小龙河锡矿床成矿特征表(施玉北等,2021^④)

Table 2 Metallogenic characteristics of Xiaolonghe tin deposit in Tengchong (Shi et al., 2021)

地质历史背景	大地构造位置	冈底斯-察隅弧盆系(IX-1),斑戈-腾冲岩浆弧(IX-1-3)
	成矿区带	独龙江-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Bi-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au成矿带(Mz;Cz)(Ⅲ1),棋盘石-小龙河(燕山期岩浆弧)Sn-W-Fe-Pb-Zn-Cu-Ag矿带(Ⅳ3)
	地质构造历史演化	古生代时为滨海-滨海碎屑岩沉积区,三叠纪晚期洋盆关闭,本区进入碰撞造山阶段,燕山晚期地壳重熔岩浆大量侵入,为主成矿期;喜马拉雅期为造山期后走滑活动
成矿构造环境	成矿时代	成矿年龄78.7~70 Ma(陈吉琛,1987;施琳,1991;马楠,2014;李建忠等,2017),为燕山晚期(晚白垩世)
	构造环境	燕山期岩浆弧,后碰撞-后造山环境
成矿控制标志	控矿构造	北北西向组断裂、花岗岩与围岩的接触面构造
	控矿岩浆岩	中粒含斑黑云母花岗岩、细粒含斑二长碱长花岗岩;中粒黑云母花岗岩,成岩年龄为70.3~75.3Ma(马楠等,2013)
	控矿围岩 控矿蚀变	下二叠统空树河组二段浅变质含砾砂岩、粉砂质绢云石英板岩、粉砂-细粒石英砂岩等 云英岩化、矽卡岩化、黄铁矿化、黄玉化、萤石化、钾化(晚期)、硅化
成矿作用	矿床类型	以云英岩型为主,其次为矽卡岩型
	成矿流体类型	富含K ⁺ 、Na ⁺ 、F ⁻ 、Ca ²⁺ 的SO ₄ 、HCO ₃ ⁻ 性质钠质溶液(施琳等,1989)
	成矿温度	成矿流体均一温度为170.1~469℃
	成矿深度	中深成
矿化特征	矿体形态、产状及规模	接触带面状锡矿呈似层状,长宽约200~600m,厚0.9~18.6m,品位Sn 0.21%~4.91%。岩体内部锡矿体呈脉状,走向长数十米至百余米,倾斜延深数十米至400m;厚0.1~9m,一般0.5~1.5m;品位Sn 0.1%~3%
	矿石类型	锡石-云英岩型、锡石-磁铁矿-矽卡岩型、锡石-石英型、蚀变花岗岩型、锡石-黄玉-锂黑云母-石英型、砂锡矿
	主要矿石矿物组合 结构、构造	锡石、黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿、黑钨矿、黄铜矿、褐铁矿等 半自形-他形晶结构、包含结构;浸染状、脉状、晶簇状及角砾状构造等
矿床规模		矿床包括小龙河、大松坡、猫舔石、分水岭、龙爪沟、弯旦山、黄家山等7个矿段,矿床规模为大型,平均品位Sn 0.937%

表 3 腾冲市铁窑山钨锡矿床成矿特征表(施玉北等,2021^④)

Table 3 Metallogenic characteristics of Tieyaoshan tungsten-tin deposit in Tengchong (Shi et al., 2021)

地质历史背景	大地构造位置	冈底斯-察隅弧盆系(IX-1),斑戈-腾冲岩浆弧(IX-1-3)
	成矿区带	独龙江-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Be-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au 成矿带(Mz;Cz)(Ⅲ1),棋盘石-小龙河(燕山期岩浆弧)Sn-W-Fe-Pb-Zn-Cu-Ag 矿带(Ⅳ3)
	地质构造	古生代时为滨海-滨浅海碎屑岩沉积区,三叠纪晚期洋盆关闭,本区进入碰撞造山阶段,燕山晚期地壳重熔
	历史演化	岩浆大量侵入,为主成矿期;喜马拉雅期为造山期后走滑活动
成矿构造环境	成矿时代	成矿年龄 123~119Ma(Chen et al.,2014),为燕山晚期(早白垩世)
	构造环境	燕山期岩浆弧,后碰撞-后造山环境
成矿控制标志	控矿构造	北北西断裂及次级裂隙带,花岗岩与围岩的接触构造
	控矿岩浆岩	细一中粒黑云二长花岗岩、似斑状黑云二长花岗岩,成岩年龄 126Ma(曹华文,2015),燕山晚期(早白垩世)
	控矿围岩	下二叠统下统邦读组(P ₁ b)角岩化黑云石英砂岩、角岩化含砾黑云石英砂岩及长英质角岩
	控矿蚀变	矽卡岩化、磁铁矿化、黄铁矿化、角闪石-黑云母化、萤石化、云英岩化、钠化、绢云母化、硅化等
成矿作用	矿床类型	矽卡岩型-云英岩型
	成矿温度	成矿流体均一温度为 170.1~469℃,
	成矿深度	中深成
矿化特征	矿体形态、产状及规模	矿体呈脉状、透镜状;长度一般 150~475m,走向北西,南西,倾角 45°~85°;矿体延深 40m 至 240m。矿体平均品位:Sn 0.10%~1.09%;WO ₃ 0.093%~0.339%;TFe 33.18%~58.10%
	矿石类型	石英褐铁矿型、石英黄铁矿型、矽卡岩型、蚀变花岗岩型。锡钨铁矿石、铁矿石、钨锡铁矿石、钨锡矿石、铁钨矿石及铁锡矿石等
	矿石矿物组合	锡石、白钨矿、磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿、黄铁矿、褐铁矿、黑钨矿
	结构、构造	自形-他形粒状结构、交代结构等、浸染状、角砾状、晶簇状、条带状、块状及土状、蜂窝状构造
矿床规模		矿床规模为中型,平均品位 Sn 1.54%;共生钨,平均品位 WO ₃ 0.13%,共生铁矿石 205.1×10 ⁴ t,平均品位 TFe 40.14%

铁矿床、大硐厂式铅锌银矿床、叫鸡冠梁子式锡铁铅锌多金属矿床、白石岩式硅灰石矿床;高黎贡山与燕山期花岗岩有关的锡、钨、宝石、红柱石、稀有金属矿床成矿亚系列(Mz-y-c)成矿亚系列,代表性矿床如宝华山式锡钨宝石稀有金属矿床。总体上从东往西,伴随着花岗岩侵入由老到新(早白垩世到晚白垩世),各成矿亚系列成矿时代也存在由老到新的变化,反映了印度板块俯冲消亡由东向西迁移的时、空对应特征。

3 矿床成矿亚系列特点

3.1 小龙河-老平山地区与晚白垩世花岗岩有关的锡、钨、铁、金、萤石、稀土及稀有金属矿床成矿亚系列(Mz-y-a)

主要分布在古永-中和断裂以东,腾冲-瑞滇断裂以西,古永-小龙河花岗岩带东侧,成矿以锡为主,其次为钨、铁、萤石、金等,有锂、黄玉、稀土矿化,已发现矿产地 22 处,其中锡(钨)矿 10 处(大型 1 处、中型 3 处、小型 4 处、矿点 2 处)、铁矿 3 处(小型 2 处、矿点 1 处)、萤石矿 4 处(小型 3 处、矿点 1

处)、金矿 1 处(中型)、铅锌矿 2 处(小型 1 处、矿点 1 处)、锂矿 1 处(矿点)、宝石 1 处(矿点)。查明资源量锡 11.40×10⁴t、钨 1181t、铁矿 481.96×10⁴t、萤石 6.40×10⁴t、金 9.27t、铅锌 3501t(云南省自然资源厅,2020^①)。代表性矿床腾冲市小龙河锡矿床、铁窑山钨锡矿床成矿特征见表 2、表 3。

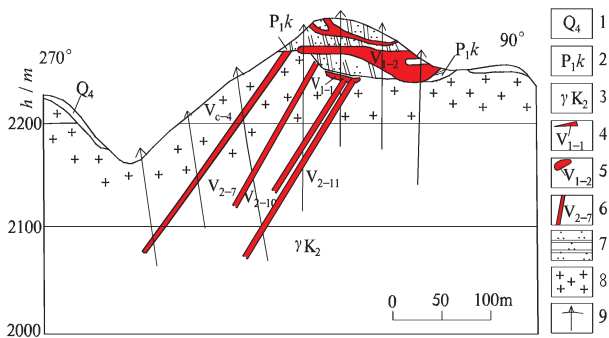
该矿床成矿亚系列归纳起来有以下特点:

(1)成矿与晚白垩世古永岩群之小龙河岩体、杨家山-象山岩体、老平山岩体等关系密切,岩体岩性主要为黑云二长花岗岩(酸性),含锡花岗岩均属 SiO₂ 过饱和和过碱性岩石, SiO₂ 含量在 70% 以上, K₂O + Na₂O > 7%, K₂O > Na₂O, K₂O/Na₂O > 1.4% (程家龙等,2019^⑤)。成岩年龄 61~84Ma,花岗岩成岩总体属燕山晚期(晚白垩世),但在西侧老平山地区为向喜马拉雅期过渡,老平山锡矿区角闪黑云花岗斑岩锆石 U-Pb 同位素年龄 61.9~66.36 Ma (董方浏等,2006;周新平等,2015);东侧向早白垩世过渡,如铁窑山钨锡矿区黑云母二长花岗岩全岩 Rb-Sr 年龄为 126Ma(曹华文,2015)。

(2)矿床类型以云英岩型为主,其次为接触交

代型(矽卡岩型)、岩浆热液型。矿化组合,云英岩型以锡为主,矿化组合为 Sn-Fe-(W-Li-Be)-萤石,代表性矿床有小龙河锡矿;接触交代型(矽卡岩型)以锡或锡钨铁为主,矿化组合为 Sn-Fe-W-萤石组合,表性矿床有铁窑山钨锡矿、老平山锡矿等;岩浆热液型有葫芦口金矿等。

(3) 矿体多产于花岗岩体外接触带和内接触带。产于外接触带矿体,主要为接触交代型(矽卡岩型),受断层、层间构造破碎带控制,铁窑山钨锡矿、老平山锡矿等,赋矿地层为二叠系空树河组碎屑岩夹碳酸盐岩-砂板岩;产于内接触带矿体云英岩型,受岩体内部断层(群、组)控制,最典型的为小龙河锡矿,矿体产于花岗岩体内接触带北北东或北北西向一组张性断层中,断层面整体向西倾,倾角 $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$,形成脉状云英岩型锡矿体,剖面上形成“叠瓦”状,见图3。



1—第四系残坡积层;2—下二叠统空树河组;3—燕山晚期花岗岩;4—云英岩型锡矿体及编号;5—矽卡岩型锡矿体及编号;6—云英岩脉型锡矿体及编号;7—变质石英砂岩;8—花岗岩;9—钻孔

图3 小龙河矿段矿体地质剖面图(据云南省地质矿产局第四地质大队,1990^⑥修改)

Fig. 3 Geological profile of ore bodies in Xiaolonghe ore section

(4) 围岩蚀变,云英岩型主要有云英岩化、黄玉化、萤石化、钾化(晚期)、硅化;矽卡岩型主要有矽卡岩化、云英岩化、黄铁矿化、角岩化。

(5) 矿床成矿流体云英岩型富含 K^+ 、 Na^+ 、 F^- 、 Ca^{2+} 的 SO_4 、 HCO_3^- 性质钠质溶液(施琳等,1989),锡矿成矿温度 $170 \sim 469^{\circ}C$ 。锡石 LA-ICP-MS U-Pb 法及云母 Rb-Sr 法获得小龙河锡矿成矿年龄 $78.7 \sim 70$ Ma(陈吉琛,1987;施琳,1991;马楠,2013,2014);李建忠等(2017)获得独居石 U-Pb 年龄 75.61 ± 0.47 Ma、锆石 U-Pb 年龄 75.68 ± 0.72 Ma。铁窑山钨锡矿成矿年龄分布在 $123 \sim 119$ Ma(Chen

et al.,2014)。

总体上从东往西成矿年代由老到新,成矿年龄与花岗岩成岩年龄大致相当,略低于成矿花岗岩年龄,说明锡钨、铁、萤石、金等矿产成矿与燕山期花岗岩侵入活动有关。

3.2 东河-明光地区与早白垩世花岗岩有关的铅、锌、铁、铜、锡、钨、钼、银、硫铁矿、硅灰石矿床成矿亚系列(Mz-y-b)

主要分布在腾冲-瑞滇断裂以东,龙川江断裂以西的滇滩、明光地区,东河-明光早白垩世花岗岩带外接触带,往北延入缅甸北部。成矿以铅锌、铁、硅灰石为主,其次有锡、铜、银、铋、锰、硫铁矿、钨等,已发现矿产地 27 处,其中铅锌矿 14 处(中型 3 处、小型 11 处)、铁矿 5 处(中型 1 处、小型 4 处)、硅灰石 3 处(超大型 1 处、矿点 2 处)、锡矿 2 处(中型 1 处、矿点 1 处)、铜矿 2 处(小型)、铋矿 1 处(小型)。查明资源量铅锌 146.04×10^4 t、铁矿 9961.83×10^4 t、硅灰石 2464.7×10^4 t、锡 7643t、铜 2.07×10^4 t、银 187t、铋 1233t、锰 29.93×10^4 t、硫铁矿 37.01×10^4 t(云南省自然资源厅,2020^①)。代表性矿床腾冲市滇滩铁矿床、大硐厂铅锌银矿床、叫鸡冠梁子锡铁铅锌多金属矿床,成矿特征见表 4、5、6。

该矿床成矿亚系列归纳起来有以下特点:

(1) 成矿与东河-明光早白垩世花岗岩带之滇滩(棋盘石)、明光、大硐厂等岩体(岩珠)有关,岩石类型除花岗闪长岩、二长花岗岩外,还有似斑状-斑状石英二长闪长岩、钾长花岗岩、斑岩(花岗斑岩、石英斑岩);岩石总体具有贫硅、钾、钠,富钛、铁、镁、钙、磷的特征;成岩年龄 $112 \sim 143$ Ma。红岩头矿区明光岩体二长花岗岩锆石 U-Pb 法成岩年龄 $111.7 \sim 143$ Ma(曹华文,2015)、滇滩岩体细粒斑状二长花岗岩、角闪石英二长闪长岩, Rb-Sr 等时线法测年及锆石 U-Pb 同位素年龄分布为 $101 \sim 138$ Ma(施琳等,1989;马楠,2014)。

(2) 矿床类型以接触交代型(矽卡岩型)为主,其次岩浆热液型、云英岩型。矿化组合,从西往东,滇滩地区为 Fe-Pb-Zn-Cu-Sn-Bi-硅灰石组合,红岩头-夹谷山地区为 Sn-Pb-Zn-Ag-Au-硫铁矿-硅灰石组合,代表性矿床有红岩头锡多金属矿床、白石岩硅灰石矿床等;大硐厂-叫鸡冠梁子地区,为 Pb-Zn-Fe-Sn-Cu-Ag-Mo-硅灰石组合,代表性矿床有大硐厂铅锌矿、叫鸡冠梁子锡铁铅锌多金属矿等。

表 4 腾冲市滇滩铁矿床成矿特征表(施玉北等,2021^④)

Table 4 Mineralization characteristics of Diantan iron deposit in Tengchong (Shi et al., 2021)

地质历史背景	大地构造位置	冈底斯-察隅弧盆系(IX-1),斑戈-腾冲岩浆弧(IX-1-3)
	成矿区带	独龙江-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Be-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au 成矿带(Mz;Cz)(Ⅲ1),东河-明光(燕山期岩浆弧)Sn-Cu-Pb-Zn-Ag-Fe-Mn 矿带(Ⅳ4)
	地质构造	古生代时为滨海-滨浅海碎屑岩沉积区,早白垩世(燕山晚期)地壳重熔岩浆大量侵入,喜马拉雅期,本区局部再次发生岩浆侵入活动,伴有银金等矿产成矿作用
	历史演化	
成矿构造环境	成矿时代	燕山晚期(早白垩世)
	构造环境	燕山期岩浆弧,后碰撞-后造山环境
成矿控制标志	控矿构造	铜厂山向斜和南北向断裂破碎带,矽卡岩与大理岩围岩接触带。
	控矿岩浆岩	细粒斑状二长花岗岩、角闪石英二长闪长岩,成岩年龄 101~138Ma(施琳等,1989;马楠,2015)
	控矿围岩	下二叠统空树河组浅变质碎屑岩和上二叠统大东厂组碳酸盐岩
	控矿蚀变	矽卡岩化、角岩化、大理岩化、硅化、蛇纹石化等
成矿作用	矿床类型	矽卡岩型
	成矿流体类型	流体富 SO ₂ 和 Cl ⁻ ,属 Na-K 型
	成矿温度	成矿温度 210~450℃
	成矿深度	2~4km
矿化特征	矿体形态、产状及规模	主矿体长 75~714m,厚 8~57m,倾斜延深 120~300m;呈似层状、囊状、透镜状;富矿 TFe 45%~62%,平均 TFe 50%;贫矿 TFe 28%~44%,平均 TFe 30%。其中:土瓜山矿段为铁锡矿体,厚 1.16~59.11 m,单工程品位 TFe 27.93%~64.18%,矿体平均品位 TFe 34.48%;共生锡,Sn 0.103%~0.374%,个别达 1.021%
	矿石类型	块状磁铁矿石、浸染状磁铁矿石、褐(赤)铁矿化磁铁矿石、多孔状(赤)褐铁矿
	矿石矿物组合	主要有磁铁矿、铁闪锌矿、异极矿、假象赤铁矿、赤铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、方铅矿等;铁矿物粒度粗,易选
	结构、构造	自形、半自形-他形粒状结构、交代残余结构、胶状结构等;块状构造、浸染状构造、条带状构造、角砾状构造、多孔状构造及土状构造等
矿床规模		包括土瓜山矿段、燕洞矿段、柴家营矿段、无极山矿段、滇滩矿段、铜厂山矿段,铁矿石资源储量 9060.90×10 ⁴ t,平均品位 TFe 42.06%,矿床规模达中型;土瓜山矿段平均品位 Sn 0.285%(铜厂山矿段铅锌矿单独作为铅锌矿产地)。

在滇滩地区,滇滩铁矿南有铜厂山铅锌铁矿,北有燕洞-棋盘石铅锌铜矿等。滇滩铁矿,主要为富磁铁矿石;矿体产于燕山期黑云母二长花岗岩外接触带,矽卡岩蚀变从岩体到围岩具有明显的分带现象,可分为干矽卡岩-含水矽卡岩;矿化分带特征是铁矿体产于矽卡岩和岩体外接触带的断裂破碎带中(图 4),铅锌矿体产于靠近大理岩一侧的矽卡岩内或直接产于大理岩中,在矽卡岩与大理岩接触面附近往往更加富集;矿化样式有上部脉状下部似层状、不规则状和脉状。在滇滩铁矿北西方向土瓜山矿段,为锡铁多金属矿,多为隐伏矿体,除主矿种铁外,共(伴)生锡,初步估算锡资源量 40656t,平均品位 Sn 0.285%(程家龙等,2019^⑤)。矿石中磁铁矿和锡石粒度细,锡石粒度小于 38μm(400 目),少部分为酸溶锡,该类锡矿石选矿问题尚未解决,暂时难于利用。

叫鸡冠梁子锡铁铅锌多金属矿(往北已延入緬

甸),以铁、铅锌为主,其次为锡、铜等,常为同体或异体共生,共(伴)生钨、银、钼、硫等。初步估算资源量锡 95363t,平均品位 Sn 0.24%;铜 81580t,平均品位 Cu 0.20%;锌 507808t,平均品位 Zn 1.26%(程家龙等,2019^⑤)。

大铜厂铅锌矿成矿地质体为燕山期石英二长斑岩、石英闪长斑岩和花岗斑岩;矿化有 5 种样式,一是产于花岗岩体外接触带之矽卡岩化带内的脉状铅锌银矿体(大铜矿段),二是产于空树河组碎屑岩与大铜厂组碳酸盐岩接触带硅钙面上的硫铁矿体(露水洞矿段),三是外接触带断层破碎带中的矽卡岩型铜铁铅锌矿体(红沟岩矿段),四是碳酸盐围岩中的脉状铅锌银矿体(周家山矿段),五是产于第四系松散堆积层中的残坡积型铅锌银矿体(大庙坡矿段)。

硅灰石主要分布在腾冲市明光乡白石岩、夹谷山、黄家山、大铜厂一带,在瑞滇乡燕洞等地也有分

表 5 腾冲市大硐厂铅锌银矿床成矿特征表(施玉北等,2021^④)

Table 5 Metallogenic characteristics of Dadongchang Pb-Zn-Ag deposit in Tengchong (Shi et al., 2021)

地质历史背景	大地构造位置	冈底斯-察隅弧盆系(IX-1),斑戈-腾冲岩浆弧(IX-1-3)
	成矿区带	独龙江-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Be-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au成矿带(Mz;Cz)(Ⅲ1),东河-明光(燕山期岩浆弧)Sn-Cu-Pb-Zn-Ag-Fe-Mn矿带(Ⅳ4)
	地质构造	古生代时为滨海-滨海碎屑岩沉积区,早白垩世(燕山晚期)地壳重熔岩浆大量侵入,侵入岩体与钙质
	历史演化	碎屑岩类围岩之间发生接触交代作用
成矿构造环境	成矿时代	红沟岩矿体中辉钼矿 Re-O 同位素年龄为 118 ± 2.40 (董方浏等,2005),矿石铅模式年龄 130Ma,燕山晚期(早白垩世)
	构造环境	燕山期岩浆弧,后碰撞-后造山环境
成矿控制标志	控矿构造	大箐沟背斜和北东向及近南东或南北向断裂破碎带,矽卡岩与大理岩围岩接触带
	控矿岩浆岩	花岗斑岩、石英斑岩,成岩年龄为 143~112Ma,为燕山晚期(早白垩纪)
	控矿围岩	下二叠统空树河组碎屑岩、上二叠统大东厂组碳酸盐岩
	控矿蚀变	矽卡岩化、硅化、大理岩化、角岩化等
成矿作用	矿床类型	矽卡岩型-岩浆热液型
	成矿流体	流体包裹体的液相成分以 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 F^- 为主,气相成分以 CO_2 和 CO 为主
	类型	成矿温度 139~420℃
矿化特征	矿体形态、产状及规模	铅锌矿:主矿体长 200m,延深 350m,厚 2~13m,品位 Pb 3%~18%,Zn 2%~10.39%,局部含铜达 1%,共伴生银。硫铁矿体地表露头宽度一般为 20m,最小 5m,沿倾斜延深达 170m 铜铅锌铁矿体:长 1800m,斜深 120~195m。铜矿体厚 0.98~20.18m,平均 6.55m,品位 Cu 0.25%~4.68%,共生锌平均 2.60%,共生磁铁矿,平均 TFe 33.49%
	矿石类型	矽卡岩型、大理岩型、砂矿型。按元素组合主要有铅锌银矿石、铁矿石、硫铁矿石、铅锌铜矿石、铁铜铅锌矿石。按氧化程度有硫化矿、氧化矿及少量混合矿
	矿石矿物组合	方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、异极矿、孔雀石、铜蓝、水锌矿、白铅矿、铅矾、磷氯铅矿、褐铁矿、赤铁矿、辉钼矿等
	结构、构造	他形-半自形粒状结构、交代残余结构、胶状结构等。铁矿以块状、浸染状构造为主;铜铅锌矿则以浸染状、星点状、条带状构造为主
矿床规模		资源储量铅 106105t、平均品位 Pb 2.65%,锌 199051t、平均品位 Zn 4.22%,规模达中型

布。白石岩硅灰石矿与红岩头锡多金属矿为异体共生矿床,硅灰石矿体呈层状、似层状产于花岗岩侵入体外接触带的中二叠统大东厂组下段(P_2dd^1)下岩层中,走向长 2100m,最大厚度 61.02m,矿体产状与岩层产状基本一致,明显受硅质碳酸盐岩建造控制(图 5)。燕山早期(111.7~143Ma)细-中粒黑云母二长花岗岩、细-中粒黑云母花岗岩为其提供热源,使硅质碳酸盐岩发生再造作用-变质结晶作用形成硅灰石,其成矿时代为燕山早期,是在浅层半开放系统中,在高温低压条件下形成的受特定层位大东厂组下段和燕山早期花岗岩控制的热接触变质矿床(接触交代型矿床)。

(3)围岩蚀变以矽卡岩化、角岩化、硅化、大理岩化为主,其次为云英岩化、黄铁矿化。

(4)各矿床成矿流体均一温度大致相当,表现出成矿温度围绕花岗岩从高中温向中低温演化的过程。如大硐厂铅锌矿成矿温度 139~420℃;成矿

年龄辉钼矿 Re-Os 法 $118 \pm 2.4\text{Ma}$ (董方浏等,2005)。总体上从东往西成矿年代由老到新,成矿年龄与花岗岩成岩年龄大致相当,略低于成矿花岗岩年龄,说明铅锌、铁、锡多金属矿与花岗岩侵入活动有关。

3.3 高黎贡山与燕山期花岗岩有关的锡、钨、宝石、红柱石、稀有金属矿床成矿亚系列(Mz-y-c)

分布在高黎贡山西坡,龙川江断裂以东地区,工作程度低,仅在古元古界高黎贡山岩群动力变质岩(糜棱岩)中发现有腾冲市宝华山锡(钨宝石稀有金属)矿、贡源锡矿 2 个小型矿产地和腾冲市界头镇绿柱石矿等 3 个宝石矿点,另有红柱石矿化。查明锡资源量 2626.64t。以伟晶岩型为主,代表性矿床腾冲市宝华山锡矿,为含稀有金属伟晶岩矿床,分布在燕山晚期花岗岩外接触带,发现厚度大于 1m 的伟晶岩脉近 200 条(宝华山矿段 100 余条、大水井矿段 76 条),其 BeO 含量 0.023%~0.078%、 Ta_2O_5

表 6 腾冲市叫鸡冠梁子锡铁铅锌多金属矿床成矿特征表(施玉北等,2021^④)

Table 6 Mineralization characteristics of Jiaojiguanliangzi polymetallic tin-iron-lead-zinc deposit in Tengchong (Shi et al., 2021^④)

地质历史背景	大地构造位置	冈底斯-察隅弧盆系(IX-1),斑戈-腾冲岩浆弧(IX-1-3)
	成矿区带	独龙江-腾冲(岩浆弧)Sn-W-Be-Nb-Ta-Rb-Li-Fe-Pb-Zn-Au 成矿带(Mz;Cz)(Ⅲ1),东河-明光(燕山期岩浆弧)Sn-Cu-Pb-Zn-Ag-Fe-Mn 矿带(Ⅳ4)
	地质构造	古生代时为滨海-滨海碎屑岩沉积区,早白垩世(燕山晚期)地壳重熔岩浆大量侵入,侵入岩体与钙质碎屑岩类围岩之间发生接触交代作用
	历史演化	
成矿构造环境	成矿时代	燕山晚期(早白垩世)
	构造环境	燕山期岩浆弧,后碰撞-后造山环境
成矿控制标志	控矿构造	近南北向断裂,东西向断裂构造、花岗岩与岩围岩接触带构造
	控矿岩浆岩	二长花岗岩、二长花岗斑岩;锆石 U-Pb 年龄 120±0.6Ma(曹华文,2015)为燕山晚期(早白垩世)
	控矿围岩	下二叠统空树河组黑云长英角岩、透辉石英角岩及含炭质绢云板岩、斑点状炭质绢云板岩及角岩、大理岩
	控矿蚀变	矽卡岩化、大理岩化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、白云石化
成矿作用	矿床类型	矽卡岩型
矿化特征	矿体形态、产状及规模	矿体赋存于下二叠统空树河组,其下为早白垩世二长花岗岩。两者接触带或地层中矽卡岩化、角岩化普遍发育。共圈定工业矿体 4 个,呈似层状、大脉状产出,走向近南北向,倾角 42°~72°。稀疏地表工程或控制点控制矿体长 350~1010m,厚度 23.30~42.54m。品位 TFe 25.50%~56.82%,Sn 0.12%~0.30%,Cu 0.12%~0.32%,Zn 0.44%~2.38%。共生锡矿体厚 6.40~45.47m,平均厚 24.66m,矿体平均品位 0.36% 据部分物相分析结果,锡石锡含量占 40%。还伴生铅钨矿及硫铁矿
	矿石类型	磁铁矿(褐铁矿)矿石;含锡磁铁矿(褐铁矿)矿石;锡多金属矿石、铜铅锌多金属矿石等
	矿石矿物组合	磁铁矿、褐铁矿、锡石、白钨矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿、磁黄铁矿、异极矿、菱锌矿、白铅矿、铅矾、孔雀石等
	结构、构造	他形-半自形粒状结构、交代残余结构及氧化残余结构、胶状结构为主;块状、浸染状、条带状构造及角砾状构造
矿床规模		铁矿石 4036×10 ⁴ t、平均品位 TFe 37.05%,达中型;共生锡 95363t,平均品位 Sn 0.24%,达大型;铜 81580t,平均品位 Cu 0.20%;锌 507808t,平均品位 Zn 1.26%。

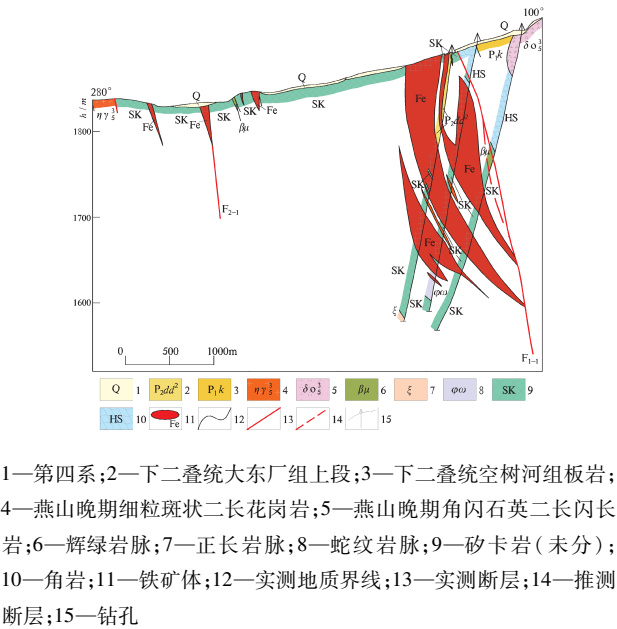


图 4 滇滩铁矿区 A-B 地质剖面图(据云南省地质局第四地质大队,1982^⑦)

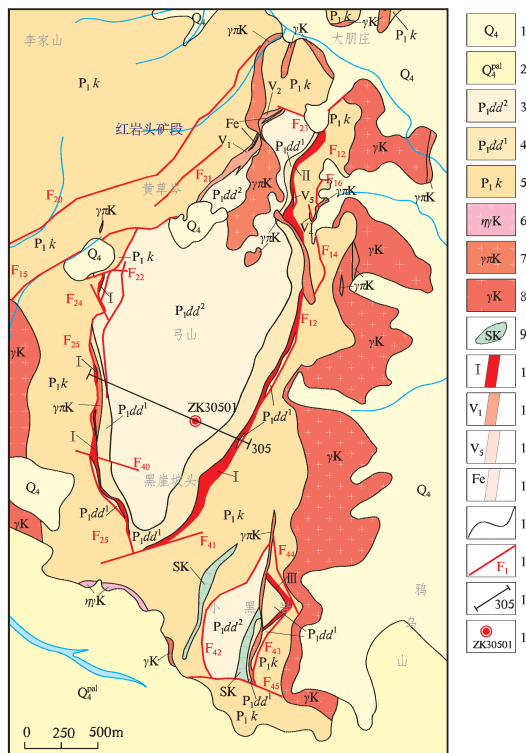
Fig. 4 A-B geological profile of Diantan iron deposit

含量 0.004%~0.099%、Nb₂O₅ 含量 0.009%~0.018%、Li₂O 含量 0.04%~0.537%、Rb₂O 含量 0.12%、Cs₂O 含量 0.01%、Sn 含量 0.003%~0.145%。估算资源量: 铌(Nb₂O₅) 164.8t, 钽(Ta₂O₅) 76.1t, 铍(BeO) 458.6t, 锂(Li₂O) 712.8t, 锡 422.5t(李建伟等,2020^⑧)。

该矿床成矿亚系列往北在高黎贡山东坡福贡-贡山一带伟晶岩中,有碧玺、海蓝宝石、托帕石(黄玉)等产出,是云南著名的宝石成矿带。在贡山依玛洛伟晶岩及贡山嘎拉博伟晶岩,分别获得长石 Rb-Sr 等时线法测年 16.2 Ma,白云母 Rb-Sr 等时线法测年 61.5 Ma(云南省地质科学研究所,1986^⑩),其成矿时代可能为喜马拉雅期。

4 找矿潜力

该地区已发现的锡(钨)矿床均有锡石、钨矿物自然重砂异常分布;铅锌多金属矿床有白铅矿、锡石、钨矿物自然重砂异常分布,自然重砂在该地区找



1—第四系;2—橄榄玄武岩;3—下二叠统大东厂组上段;4—下二叠统大东厂组下段;5—下二叠统空树河组;6—白垩纪二长花岗岩;7—白垩纪黑云母花岗岩闪长斑岩;8—白垩纪中粒黑云母花岗岩;9—矽卡岩;10—硅灰石矿体及编号;11—锡矿矿体及编号;12—铅锌矿矿体及编号;13—褐铁矿体;14—实测地质界线;15—断层及编号;16—勘探线及编号;17—见矿钻孔及编号

图5 腾冲地区白石岩硅灰石矿床地质简图(据云南省地质矿产局第四地质大队,1991^③修改)

Fig. 5 Sketch map of dolomite wollastonite deposit in Tengchong

矿中发挥了重要作用。地球化学异常云英岩型锡矿以 W-Sn-Mo-Bi 为主,矽卡岩型为 Cu-Pb-Zn-Ag 和 W-Sn-Mo-Bi 等组合异常,并有地磁异常存在。除大中型矿床进行过系统地质勘查工作外,其余矿床工作程度偏低,勘查深度多数不到 500m,根据云南省矿产资源潜力评价成果(云南省地质调查局,2013^⑩)、物化探异常、自然重砂异常,结合本地区与燕山期花岗岩有关的矿床成矿系及亚系列特点,该地区找矿潜力巨大,初步圈出 3 个找矿远景区。

4.1 自治叫鸡冠梁子—滇滩地区铁铅锌锡钨找矿远景区

该远景区往北已延入缅甸,主要分布有与燕山期花岗岩有关的矽卡岩型矿床,以往工作偏重于铅、锌、铁、锡、钨、铜工作程度总体偏低,近年找矿在铁矿中除以往发现共(伴)生铅锌外,还共(伴)生锡、钨、铜等,初步估算锡 13×10^4 t、锌 50×10^4 t、铁 1.5×10^8 t (云南省地质调查局,2013^⑩)。铅、锌、铁、锡、钨、铜、

硅灰石矿在该地区极具找矿潜力,尤其是在叫鸡冠梁子、老厂坪子—无极寺地区(燕洞—棋盘石地区)。

4.2 小龙河地区锡钨、稀有、稀土找矿远景区

该远景区是云南省重要的锡钨矿产资源富集区之一,也是稀有稀土找矿潜力区。一是小龙河地区锡矿的成矿深部是否存在隐伏含锡花岗岩问题一直未得到解决;二是在干柴岭、小龙河、弯旦山和大松坡采样说明稀土元素氧化物(REO)平均含量 495.90×10^{-6} ,含锡石云英岩中 Rb_2O 0.355%,镓(Ga) 25.17×10^{-6} ,锆(Zr) $90.4 \times 10^{-6} \sim 119.00 \times 10^{-6}$ 、锂(Li) $9.3 \times 10^{-6} \sim 110.00 \times 10^{-6}$ 、铍(Be) $6 \times 10^{-6} \sim 23.9 \times 10^{-6}$ 、铌(Nb) $40.5 \times 10^{-6} \sim 74.8 \times 10^{-6}$ (李建伟等,2020^⑨),均达到综合评价指标要求;三是该地区钨矿物重砂异常发育,钨矿(白钨矿)找矿值得重视,目前在水城萤石矿中已发现富白钨矿体。因此,该地区是寻找锡钨和稀有稀土矿产的有利地区。

4.3 明光大硐厂—曲石灰窑地区铅锌银多金属矿找矿远景区

该区已评价了大硐厂中型铅锌银矿床(共生铁、铜、硫等矿产)。全区总体工作程度低,地表大面积出露碳酸盐岩,大硐厂矿区深部及外围,南部石硐坝一带是我国银矿开发较早的区域之一,1639年徐霞客就考察了明光六厂银矿(朱惠荣等,2015)。在该地区分布有 Cu-Pb-Zn-Ag 和 W-Sn-Mo-Bi 等组合异常,在茶子园地表碳酸盐岩中有浅色方解石—锡石细脉存在,该地区可能存在隐伏中—酸性侵入岩,是寻找深部隐伏锡铁铅锌银多金属矿的有利地区。

5 结论

研究表明,腾冲地区在燕山晚期(白垩纪)发生了大规模的酸性岩浆侵入活动,区内锡、铅、锌、铁、硅灰石等矿产成矿与其有关,本文以矿床成矿系列理论为研究方法,厘定出该地区矿床成矿系列为腾冲地区与燕山期花岗岩有关的锡、铅、锌、铁、铜、钨、金、银、硫铁矿、硅灰石、萤石、宝石、云母、红柱石、稀土及稀有金属矿床成矿系列,又根据花岗岩分布及成岩年龄不同,伴随不同的矿化组合、分带和不同成矿时代,分为 3 个成矿亚系列,即小龙河—老平山地区与晚白垩世花岗岩有关的锡、钨、铁、金、萤石、稀土及稀有金属矿床成矿亚系列,东河—明光地区与早白垩世花岗岩有关的铅、锌、铁、铜、锡、钨、钼、银、硫铁矿、硅灰石矿床成矿亚系列,高黎贡山与燕山期花岗岩有关的锡、钨、宝石、红柱石、稀有金属矿床成矿亚系列,各成矿亚系列之间存在着从东往西由老到新的变化,即燕山期花岗岩

成岩时代从早白垩世至晚白垩世变化,相伴的成矿时代也从早白垩世至晚白垩世的变化,反映了印度板块俯冲消亡由东向西迁移的时、空对应特征。本文所阐述的矿床成矿系列观点,深化了对腾冲地区锡(钨)、铅锌、铁、硅灰石、铜等矿产成矿规律认识,意在抛砖引玉,旨在今后在该地区从事地质找矿和科研的大专院校、科研院所、地勘单位等提供参考,并为地方政府部门制定矿产资源规划、勘查工作部署及开发利用决策提供依据。成矿系列研究是一项长期的动态的地质研究工作,本次厘定尚有许多不完善的地方,期待广大地质同仁共同探讨逐步完善腾冲地区矿床成矿系列划分方案。

致谢:本文是在《云南省矿产地质志》相关成果基础上,进行归纳总结,至此要特别感谢《云南省矿产地质志》全体编著人员。

注释:

- ①云南省自然资源厅, 2020. 云南省 2019 年矿区及所属矿山矿产资源储量简表[R]. 昆明: 云南省自然资源厅.
- ②李静, 张虎, 曾庆荣, 等, 2008. 腾冲县幅和潞西市幅 1:25 万区域地质调查报告[R]. 昆明: 云南省地质调查院.
- ③云南省地质调查局, 2013. 1:250000 腾冲县幅(G47C003002)建造构造图[R]. 昆明: 云南省地质调查局.
- ④施玉北, 卢映祥, 李文昌, 等, 2021. 中国矿产地质志·云南卷[R]. 昆明: 云南省地质调查局.
- ⑤程家龙, 杨柳扬, 崔子良, 等, 2019. 中国矿产地质志·云南卷·钨锡矿产[R]. 昆明: 云南省地质调查局.
- ⑥云南省地质矿产局第四地质大队, 1990. 云南省腾冲县瑞滇乡小龙头河锡矿区小龙头河矿详查地质报告[R]. 昆明: 云南省自然资源厅.
- ⑦云南省地质局第四地质大队, 1982. 云南省腾冲县滇滩铁矿区详细普查地质报告[R]. 昆明: 云南省自然资源厅.
- ⑧云南省地质矿产局第四地质大队, 1991. 云南省腾冲县明光乡白石岩硅灰石矿普查地质报告[R]. 昆明: 云南省自然资源厅.
- ⑨李建伟, 程胜辉, 施玉北, 等, 2020. 中国矿产地质志·云南卷·锑铋汞稀土稀有分散元素及水气矿产[R]. 昆明: 云南省地质调查局.
- ⑩云南省地质科学研究所, 1986. 云南省宝石分布及找矿前景[R]. 昆明: 云南省地质矿产勘查开发局.
- ⑪云南省地质调查局, 2013. 云南省矿产资源潜力评价成果报告[R]. 昆明: 云南省地质调查局.

参考文献(References):

- Chen X C, Hu R Z, Bi X W, et al., 2014. Cassiterite LA-MC-ICP-MS U-Pb and muscovite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of tin deposits in the Tengchong-Lianghe tin district, NW Yunnan, China [J]. Mineralium Deposita, 49(7): 843–860.
- 曹华文, 2015. 滇西腾—梁锡矿带中—新生代岩浆岩演化与成矿关系研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京)博士学位论文.
- 曹华文, 裴秋明, 2015. 滇西(腾冲—梁河)岩浆岩年代学格架[J]. 矿物学报, 31: 377.

- 陈吉琛, 1987. 滇西花岗岩类时代划分及同位素年龄值选用的讨论[J]. 云南地质, 6(2): 101–113.
- 陈毓川, 1994. 矿床的成矿系列[J]. 地质学前沿, 1(3–4): 90–94.
- 陈毓川, 1997. 矿床的成矿系列研究现状与趋势[J]. 地质与勘探, 33(1): 21–25.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 等, 2016. 矿床的成矿系列—五论矿床的成矿系列问题[J]. 地球学报, 37(5): 519–527.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 等, 2020. 论地球系统四维成矿及矿床学研究趋向—七论矿床的成矿系列[J]. 矿床地质, 39(5): 745–753.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 2006. 三论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 80(10): 1501–1508.
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红, 等, 2015. 论矿床的自然分类—四论矿床的成矿系列问题[J]. 矿床地质, 34(6): 1092–1106.
- 董方浏, 侯增谦, 高永丰, 等, 2005. 滇西腾冲大铜厂铜—铅—锌矿床的辉钼矿 Re—Os 同位素定年[J]. 矿床地质, 24(6): 663–668.
- 董方浏, 侯增谦, 高永丰, 等, 2006. 滇西腾冲新生代花岗岩: 成因类型与构造意义[J]. 岩石学报, 22(4): 927–937.
- 江彪, 龚庆杰, 张静, 等, 2012. 滇西腾冲大松坡锡矿区晚白垩世铝质 A 型花岗岩的发现及其地质意义[J]. 岩石学报, 28(5): 1477–1492.
- 李建忠, 陆生林, 吴文贤, 等, 2017. 云南省腾冲市小龙头河锡稀土多金属矿田新知及其稀土矿的发现[J]. 中国地质调查, 4(2): 9–21.
- 罗君烈, 1991. 滇西锡矿的花岗岩类及其成矿作用[J]. 矿床地质, 10(1): 80–96.
- 吕伯西, 王增, 张能德, 等, 1993. 三江地区花岗岩类及其成矿专属性[M]. 北京: 地质出版社.
- 马楠, 2014. 西南三江腾冲地区早白垩—古近纪典型 Fe-Sn 矿床成岩成矿作用[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 北京: 中国地质大学(北京).
- 马楠, 邓军, 王庆飞, 等, 2013. 云南腾冲大松坡锡矿成矿年代学研究: 锆石 LA-ICP-MS U—Pb 年龄和锡石 LA-MC-ICP-MS U—Pb 年龄证据[J]. 岩石学报, 29(4): 1223–1235.
- 毛景文, 1988. 云南腾冲地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列的初步研究[J]. 地质学报, 62(4): 342–352.
- 施琳, 陈吉琛, 吴上龙, 等, 1989. 滇西锡矿带成矿规律[M]. 北京: 地质出版社.
- 施琳, 唐良栋, 赵珉, 等, 1991. 腾冲—梁河地区原生锡矿床类型及成矿机理[J]. 云南地质, 10(3): 290–322.
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 等, 2020. 矿床成矿系列组——六论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 94(1): 18–35.
- 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等, 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社.
- 杨启军, 徐义刚, 黄小龙, 等, 2009. 滇西腾冲—梁河地区花岗岩的年代学、地球化学及其构造意义[J]. 岩石学报, 25(5): 1092–1104.
- 周新平, 戚华文, 胡瑞忠, 等, 2015. 滇西腾冲新岐花岗岩年代学、地球化学及其构造意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 34(1): 139–148.
- 徐霞客, 2015. 徐霞客游记(四)[M]. 朱惠荣, 李兴和. 北京: 中华书局: 2416–2520.
- 云南省地质调查局, 2014. 云南大地构造单元及成矿区带划分研究新进展[J]. 云南地质, 33: 48–59.

责任编辑: 黄春梅