

三江中北段系列丛书

西南三江中段成矿规律与成矿预测研究

XI'NAN SANJIANGZHONGDUAN
CHENGKUANG GUILU YU CHENGKUANG YUCE YANJIU

陈建平 唐菊兴 付小方 汪名杰 等著



地质出版社

三江中北段系列丛书

北京市国土资源信息研究开发重点实验室资助

西南三江中段成矿规律与 成矿预测研究

陈建平 唐菊兴 付小方 汪名杰 著
侯昌波 钟康惠 朱鹏飞 吕 鹏

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书在全面收集整理西南三江中段各主要成矿带上已有的地质、物探、化探、遥感资料,及矿产资源评价项目和科研工作成果的基础上,对西南三江中段的成矿规律与成矿预测进行了研究。主要以“地质异常”理论为指导,详细研究了研究区内的成矿地质背景;以地理信息系统(GIS)为技术平台,在成熟的地质模型的指导下,运用地质、物探、化探、遥感等多种技术手段,将各种成矿因素作为有利证据层应用到证据权重法中,从而进行成矿规律的研究及矿产资源的定量预测。

本书适于矿床学相关专业人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

西南三江中段成矿规律与成矿预测研究/陈建平等著.
—北京:地质出版社,2008.9
ISBN 978-7-116-05815-6

I. 西... II. 陈... III. ①成矿规律—研究—西南地区
②成矿预测—研究—西南地区 IV. P617.27

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第122673号

责任编辑:李凯明

责任校对:郑淑艳

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324576(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:15.5

字 数:370千字

印 数:1—700册

版 次:2008年9月北京第1版·第1次印刷

定 价:40.00元

书 号:ISBN 978-7-116-05815-6

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 研究现状	(2)
1.1.1 区域地质调查工作现状	(2)
1.1.2 矿产地质工作调查现状	(5)
1.1.3 科学研究现状	(6)
1.2 主要成果和进展	(9)
1.2.1 数据库建设方面	(9)
1.2.2 开展地质矿产数据库为基础的区域矿产资源定量评价	(9)
1.2.3 建立了藏东成岩成矿的双冲模式、构造演化地球动力学模型	(10)
2 区域成矿地质背景	(15)
2.1 概述	(15)
2.2 三江地区地层简要对比	(19)
2.2.1 中元古界	(19)
2.2.2 新元古界至下古生界	(20)
2.2.3 下古生界	(22)
2.2.4 三叠系	(27)
2.2.5 侏罗系和白垩系	(30)
2.2.6 第三系	(32)
2.2.7 小结	(34)
2.3 区域成矿地质条件	(35)
2.3.1 区域地层条件	(35)
2.3.2 区域岩浆岩条件	(36)
2.3.3 区域构造条件	(37)
2.4 小结	(40)
3 三江中段重点成矿区(带)综述	(41)
3.1 矿带及远景区的划分	(41)
3.2 石渠-甘孜银锡铜多金属及金成矿远景区	(43)
3.2.1 成矿地质背景	(43)
3.2.2 成矿作用及成矿类型	(46)
3.2.3 重点成矿远景区资源前景	(47)
3.3 白玉河坡-昌台银多金属成矿带(区)	(53)
3.3.1 成矿地质背景	(53)
3.3.2 成矿作用及成矿类型	(54)

3.3.3	重点成矿远景区资源前景	(56)
3.4	巴塘义敦银多金属成矿区(带)	(59)
3.4.1	成矿地质背景	(59)
3.4.2	成矿作用及矿化类型	(60)
3.4.3	重点成矿远景区资源前景	(60)
3.5	甘孜-理塘金(铜)矿成矿带	(66)
3.5.1	成矿地质特征	(66)
3.5.2	矿产矿化类型	(67)
3.5.3	重点成矿远景区资源前景	(67)
3.6	金沙江中段铜金成矿带	(69)
3.6.1	成矿地质条件	(69)
3.6.2	矿化类型	(69)
3.6.3	重点成矿远景区资源前景	(70)
3.7	江达火山岩浆岛弧北段银多金属成矿带	(71)
3.7.1	成矿地质背景	(71)
3.7.2	成矿远景区的划分	(73)
3.7.3	江达构造带是镓、铋稀有分散元素成矿的远景带	(77)
3.7.4	丁钦弄银铜多金属矿床地质特征及矿床深部预测	(78)
3.8	昌都-芒康斑岩铜钼金成矿带	(86)
3.8.1	成矿地质背景	(86)
3.8.2	主要成矿远景区	(88)
3.9	类乌齐-左贡构造带北段锡铅锌多金属成矿带	(94)
3.9.1	成矿地质背景	(94)
3.9.2	主要找矿远景区	(95)
4	构造-岩浆-地层耦合控矿	(98)
4.1	区域地球物理、地球化学特征与成岩成矿	(98)
4.1.1	地震层析特征	(98)
4.1.2	重力场特征	(100)
4.1.3	均衡重力异常	(101)
4.1.4	磁场特征	(102)
4.1.5	深部过程的地表元素区域地球化学响应	(103)
4.1.6	小结	(108)
4.2	昌都陆内裂谷的发育演化与成矿的关系	(108)
4.2.1	昌都陆内裂谷发育的背景	(109)
4.2.2	昌都-思茅陆内裂谷的地貌特征	(109)
4.2.3	昌都-思茅陆内裂谷的沉积盆地演化特征	(109)
4.2.4	昌都-思茅陆内裂谷的岩浆活动特征	(116)
4.2.5	陆内裂谷体制下沉积-构造-岩浆耦合与成矿作用	(122)
4.3	喜马拉雅期陆内造山与成矿的关系	(124)

4.3.1	喜马拉雅期陆内造山	(124)
4.3.2	陆内造山体制下的构造控矿分析	(127)
4.3.3	陆内造山体制下的成矿作用	(129)
4.3.4	构造变形与成矿年代学	(130)
4.4	青藏东缘晚三叠世以来的地球动力学模型	(131)
4.4.1	$T_3 - J_2$ 期地球动力学和运动学模型	(131)
4.4.2	$J_2 - K_2$ 青藏 I 型地球动力学和运动学模型	(133)
4.4.3	$K_2 - E_1$ 青藏 II 型地球动力学和运动学模型	(134)
4.4.4	$E_2 - Q$ 横断山型地球动力学和运动学模型	(135)
5	地质异常的提取及资源潜力评价	(137)
5.1	研究区地质异常简析	(137)
5.1.1	地层	(137)
5.1.2	构造	(139)
5.1.3	岩体	(139)
5.2	地质异常研究方法原理简介	(141)
5.2.1	地质复杂系数 (C 值) 法	(141)
5.2.2	熵值 (H 值) 法	(142)
5.2.3	地质相似系数 (S 值) 法	(142)
5.2.4	地质关联度 (R 值) 法	(143)
5.2.5	构造等密度	(144)
5.2.6	构造优益度	(144)
5.2.7	构造中心对称度	(144)
5.3	研究区地质异常的圈定与提取	(144)
5.3.1	地层	(144)
5.3.2	构造	(147)
5.3.3	岩体	(149)
5.3.4	综合方法	(157)
5.4	物化遥异常分析与提取	(158)
5.4.1	地球物理资料的分析与处理	(158)
5.4.2	地球化学资料的分析与处理	(163)
5.4.3	遥感资料分析与处理	(171)
5.5	成矿广度、成矿强度以及成矿潜力评价	(172)
5.5.1	成矿广度与成矿强度	(172)
5.5.2	成矿潜力	(177)
5.5.3	研究区远景资源量估算	(186)
6	西南三江中段矿产资源定量预测与评价	(189)
6.1	成矿多样性研究	(189)
6.1.1	数据基础	(189)
6.1.2	矿床种类研究	(191)

6.1.3	矿床成因类型研究	(192)
6.1.4	矿床规模研究	(193)
6.2	研究区地质模型	(193)
6.2.1	赋矿地层	(194)
6.2.2	控矿构造	(195)
6.2.3	岩浆岩	(196)
6.3	研究区概念模型	(196)
6.3.1	赋矿地层	(196)
6.3.2	控矿构造	(197)
6.3.3	岩浆岩	(197)
6.4	研究区数字模型	(198)
6.4.1	赋矿地层	(198)
6.4.2	控矿构造	(198)
6.4.3	岩浆岩	(198)
6.5	证据权重模型	(199)
6.5.1	证据权原理	(199)
6.5.2	预测模型建立及应用	(203)
7	结 语	(219)
7.1	结论	(219)
7.2	进一步工作建议	(221)
7.2.1	构造-岩浆-赋矿地层耦合控矿机制	(221)
7.2.2	区域成矿保存与矿产资源潜力分析	(222)
7.2.3	关于斑岩铜矿的氧化富集成矿作用	(222)
7.2.4	跨构造单元成矿的问题	(222)
	参考文献	(223)

1 绪 论

青藏高原——地球的第三极，自从奥地利地质学家休斯（Eduard Suess, 1893）将爱琴海神特提斯与之联系后，就成为世界各国地质学家们魂牵梦萦的地方，被誉为“矿产资源的巨大宝库”、“生长、发展地球科学理论的圣地”（李廷栋，1991）、“地质科研基地和天然实验室”（王鸿祯，1998）、“研究地球的窗口”（莫宣学，1995）、“计算机的内存条”。

印度板块，位于青藏高原之南，呈牛头状挤入欧亚板块，及其处于西（帕米尔角）、东（阿萨姆角）两犄角部位的帕米尔、三江地带，构成解剖青藏高原地质奥秘的三个极具特色的理想窗口，成为世界大陆地球动力学和运动学研究的热点。

印度板块的阿萨姆突角，在青藏东缘的三江地区，造就了著名而奇特的横断山峰地貌。三江中段主要包括川西—藏东的金沙江、澜沧江、怒江地区，地理位置包括川西的德格县、白玉县、甘孜县、理塘县、巴塘县等，藏东地区的江达县、昌都县、贡觉县、芒康县、察雅县、左贡县、洛隆县、八宿县、类乌齐县等（图 1-1），东以川西德格县—白玉

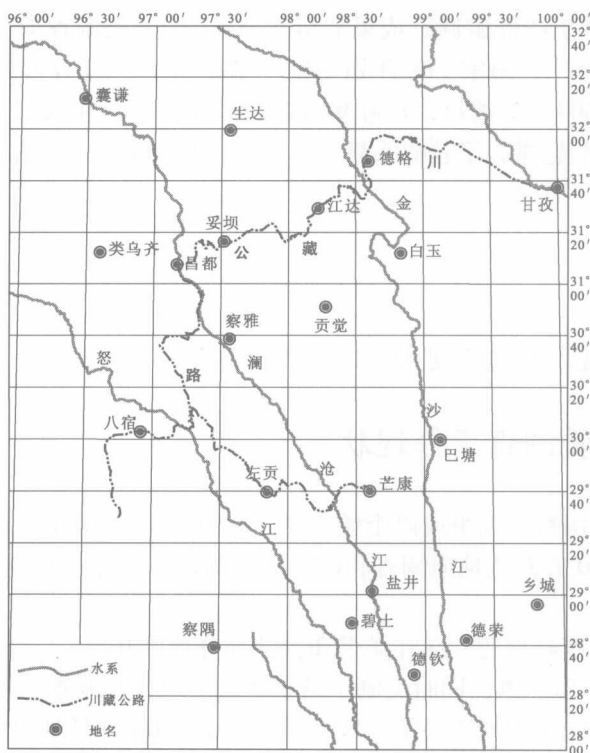


图 1-1 研究区地理位置示意图

县—巴塘县—乡城县为界，西至怒江以西洛隆县—八宿县—察隅县一线为界，南起徐中—盐井木许一线，北至玉树—囊谦—丁青一线。地理坐标为东经： $96^{\circ} \sim 100^{\circ}$ ，北纬： $28^{\circ} 40' \sim 32^{\circ} 40'$ 。工作区自然环境恶劣，为高山峡谷地貌，海拔为3000~5500m，属高原温带半干旱气候区，川藏公路（南、北线）是区内交通的主干线（图1-1）。三江中段构造—岩浆—成矿带记录了大量特提斯演化和高原隆升的信息。但山高壑深的横断山地貌，严重阻碍了地质研究的深入进行，因此，工作的程度总体较低。

2006年以前，藏东和川西的交通状况令大多数研究者望而生畏，好在近几年来，由于交通条件的不断改善，研究条件也随之得到改善，以前很难触及的地区，现在也能够得以到达。1995年以来，作者在对玉龙铜矿、江达构造带研究的基础上，承担了三江中段地区（原三江北段川西—藏东部分）的成矿规律和找矿方向研究。

作者自20世纪90年代中期参加玉龙斑岩铜矿研究起，就开始关注三江中段地区的地质构造问题，后来，有幸主持或参加了国家计委“九五”重点攻关项目专题“西藏玉龙铜钼矿似层状矿体成矿条件及有用组分赋存状态研究”，西藏地矿厅直属项目“玉龙铜矿床快速定位预测的综合研究”、“九五”国家科技攻关项目“玉龙铜矿床（体）快速定位预测的综合示范研究”（96-914-03-03-02），国土资源大调查综合研究项目“西南三江北段成矿规律和找矿方向综合研究”（200110200010）、国家自然科学基金“不同地质异常区成矿多样性与矿床谱系研究”（40072030）、国土资源大调查综合研究项目“西南三江北段重大成矿疑难问题研究”（121210530203）、中国地质调查局综合研究项目“四川乡城—稻城—得荣斑岩型铜矿找矿方向研究”（200310200018）、中国地质调查局项目“藏东—青南地区固体矿产资源调查成果分析”、国土资源大调查项目“西南三江北段铜多金属成矿条件研究”、国家973计划专题“藏东缘大型复合盆地铜银多金属成矿作用”（No. 2002CB412607）等项目，足迹基本遍及三江全区，获取了大量第一手资料，对三江地区的地质构造问题进行了较深入思考。本专著是以上主要研究成果的集成。

1.1 研究现状

三江中段地区的总体研究程度见图1-2。

1.1.1 区域地质调查工作现状

1951~1953年中国科学院组成以李璞为队长的西藏地质工作队首先在藏东进行地质矿产调查，开展1:50万路线地质调查和矿产地质调查，著有《西藏东部地质及矿产调查资料》一书。

1966~1974年，西藏地质一队在矿带和其他部分地段开展1:20万和1:10万路线地质调查以及1:5万地质简测，同时编制了昌都地区1:50万地质矿产总结。

1967~1974年，四川省地质局第三区调队完成1:100万昌都幅区域地质调查，同时青海地矿局完成1:100万玉树幅区域地质调查，提交了藏东及青海南部地区最原始的地质资料和图件。

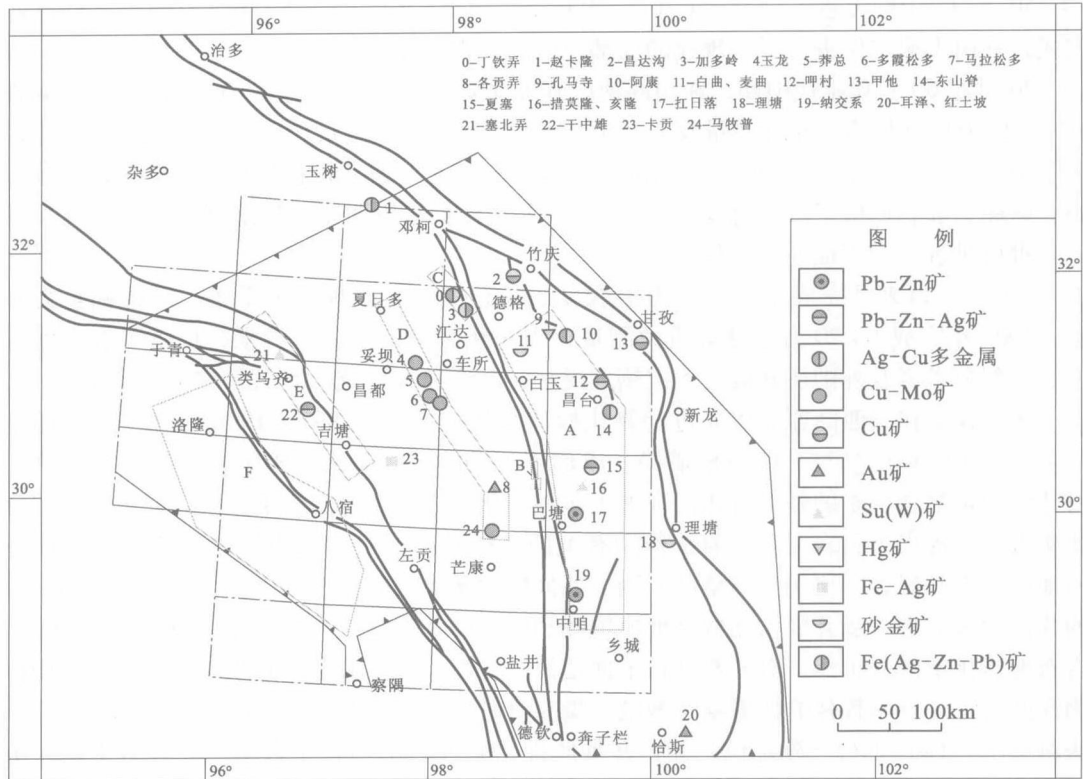


图 1-2 西南三江中段矿产地质研究程度图

1986~1995年,由四川、青海、云南、江西、西藏自治区等省、自治区区域地质调查队、物化探队承担1:50万、1:20万地质矿产调查和化探扫面,完成的图幅包括邓柯幅、类乌齐幅、子多乡幅、德格幅、洛隆幅、昌都幅、贡觉幅、八宿幅、察雅幅、宗沙幅、松宗幅、左贡幅、芒康幅、松冷幅、竹冷幅、竹瓦根幅、盐井幅、波密幅以及川西北全区的1:20万区域地质调查(全部工作区已经建有图库)。并在已知主要矿区及外围,已经进行了1:5万水系沉积物测量和1:1万土壤地球化学测量,以及1:5000~1:2000土壤地球化学测量。基本查明了工作区的地质-构造-成矿背景以及地球化学特征,发现了一大批查证的化探异常和重砂异常,并发现了一些有找矿前景的矿产地。

20世纪90年代以来,为了提高我国西部造山带区域地质研究程度,探索海相火山岩区的工作调查,补充完善填图方法体系,在侯立玮教授的主持下,以产学研三结合的组织形式,率先在登龙、热加地区开展了两幅1:5万幅区域地质填图和矿产调查试点工作。在成矿条件较好的地段,先后开展1:5万区调工作,现已完成了登龙、热加、团结、昌台、安孜、上麻绒、擦青松多、错阿、绒坝岔、阿冬纳、茶洛、义敦、夏塞、海子山等15幅1:5万区调工作,进一步深化了区域地质研究程度。另在“十五”期间还完成11幅1:5万区调以及16幅1:5万地形图测绘,为后续开展的1:5万区调工作做准备。

“九五”期间已完成1:25万甘孜幅的试点工作,在“十五”期间完成1:25万新龙幅、石渠幅、江达幅的修测。

1985~1999年,原地质矿产部及国土资源部实施完成了1:100万、1:50万航磁及

1:250万、1:100万重力测量,其中1:100万重力已编图入库。1:100万遥感解译已经完成,并由多家单位进行了小规模局部地区的异常解译。

20世纪60~80年代中期,在川西地区基础地质调查工作有:1:100万区域地质调查和1:20万区域地质、化探测量及1:50万区域重力、航磁测量。1:100万区调为本区提供了地质、构造框架,1:20万区调确定了地层、岩石、地质构造格局,1:50万区域重力、航磁、遥感提供了区域总体特征,1:20万化探初步查明了区域地球化学背景并发现了一批可供进一步查证的地球化学异常。

“九五”以来已完成了1:20万甘孜幅、昌台幅、义敦幅、炉霍幅、得荣幅重力测量,2003年完成1:20万理塘幅重力测量,为深化区域地质成矿背景,提供了有力的依据。在部分矿区及外围还开展过大比例尺磁法、电法和X荧光、地气等多方法测量。

为了探索在川西高原应用先进的物化探综合找矿方法,1997~1998年在侯立玮的支持下,由多家单位参与(四川地矿局、成都理工学院、物探所、矿床所)联合在昌台呷村特大型银多金属矿的外围有热沟开展了多种物化探方法的对比应用试验,并总结了综合找矿方法。提出火山岩型和与岩浆作用有关的金属矿床“区中求点”的工作宜在成矿有利地区首先开展大中比例尺高精度磁测、偶极辐频激电、航卫片解译等工作;对于圈定出的找矿靶区需进一步开展大比例尺地质填图和电、磁法物探、土壤化学样或X荧光测量、岩石地球化学剖面工作,对异常进行平面定位和定性;对于最有利的成矿部位,宜采用探测深度大,分辨率较强的偶极辐频激电、瞬变电磁、高密度电阻率、可控源大地电磁等方法对矿床(体)进行三维定位预测,并据此提出验证解剖的施工方案。另外对于良导电矿体、可采用充电法寻找盲矿体和确定矿体是否相连;对于斑岩型和构造蚀变岩型金属矿床, γ 能谱测量可获得较好的效果。

川西地区开展1:20万和1:5万区调的同时进行了面上的区域性矿产调查和水系沉积物、重砂测量,初步查明区域矿产分布情况。20世纪80年代后期开展了新一轮化探扫面在区内圈出了Au,Ag,Cu,Pb,Zn,W,Sn化探综合异常106处,其中甲类14处,乙类18处,丙类54处,为进一步矿产资源调查评价指明了方向。

“九五”以来又开展了1:5万区调10幅(纳达、竹巴龙、理塘、翟桑、达日柯、措普寺、夏塞、水磨沟);1:20万区域重力测量4幅(甘孜、昌台、义敦、波密幅)及理塘-贡岭地区1:100万重力测量。

1985~1999年,区内北段已完成1:50万,南段完成1:100航空磁测。全区已完成1:100万重力测量,1991年由四川地矿局物探队编制完成了《四川省重力航磁异常综合研究报告》。

在遥感地质调查方面,20世纪80年代(“七五”期间)开展过白玉-中甸地区遥感地质特征解译,“八五”期间(20世纪90年代)由四川地矿局完成了西南三江1:100万遥感卫星影像图的镶嵌工作。“九五”期间,由四川地调院完成了西南三江中段(石渠-甘孜-理塘)地区遥感综合矿产地质调查工作。进一步深化了区域地质背景的研究,创建了该区不同矿床类型的遥感找矿模型,在遥感数字图像分析方法方面取得了成效,提供了一些有价值的信息。通过初步的工作,遥感方法应用潜力还很大,建议开展中大比例尺的遥感工作,在方法上应积极推广高精度雷达(RAD)和SPOT图像的应用。

藏东地区相应的1:20万的遥感地质调查也基本完成,提取出一大批构造异常和蚀变

异常。

1.1.2 矿产地质工作调查现状

藏东地区的矿产调查起步较晚，从20世纪60年代开始，原西藏地矿局地质一队在该区开展以铁、煤为主的矿产勘查评价，评价了妥坝煤矿、察雅卡贡煤矿等矿产地。

1966年，原西藏地矿局地质一队发现了玉龙铜矿床，1967年开始进行矿点检查评价，于1972~1976年实施的地质、物化探、钻探工作，证实玉龙铜钼矿床属典型的斑岩型铜（钼）矿床，评价为超大型斑岩铜钼多金属矿床；1971年发现莽总斑岩型铜矿床，后评价为中型斑岩型铜钼矿床；1974年发现多霞松多斑岩型铜钼矿床，1976~1979年评价为大型斑岩铜钼矿床；1975年发现马拉松多斑岩铜矿床，1979~1980年评价为大型斑岩型铜矿床；1973年发现扎那杂铜矿床，1981~1983年评价为中型斑岩型铜矿床；1977年发现马牧普斑岩型铜钼金矿点，1988年经初查评价为有金矿找矿潜力的碱性斑岩型铜金矿床（点）。至此，玉龙斑岩铜钼多金属成矿带被确立。1995年开始对玉龙铜矿Ⅱ号矿体进行补勘。到目前为止，评价出超大型矿床1个、大型矿床3个、中型矿床1个，带内还相继发现了其他矿（化）点23处，成为我国乃至亚洲最有远景的铜多金属基地。同期，原地矿部高原地调大队，成都地矿所等科研单位对藏东地区开展过较系统的地质矿产调查研究。

20世纪80年代初，西藏地矿局地质一队评价了塞北弄锡矿及往过筒铜矿。

1997年以来，西藏地矿局地质六队先后在该区进行矿点检查和化探异常的二级、三级查证工作，每年投入上百万元进行基础地质工作和化探异常检查工作，在金、银矿产的找矿勘查评价方面取得较大的进展，如各贡弄斑岩型铜金矿的勘查、丁钦弄铜银多金属矿床点的勘查、赵发涌铅锌矿、干中雄银铅锌多金属矿、滨达一带的铅锌矿化点等。

1999~2003年度开展的地质大调查项目取得了巨大的成果，各项目承担单位通过地质草测、1:5万水系沉积物测量、1:1万土壤地球化学测量、地质地球化学综合剖面测制、野外快速分析、槽探、坑探和钻探以及其他地质工作，发现和证实了一批重要的矿床（点），对某些矿床的矿床类型和矿床规模的认识取得较大进展。

2000年开始的地质大调查，发现并证实类乌齐-左贡带的北段存在强烈铅锌银矿化带，存在一个铅锌银多金属成矿带，北起织翁杂，南至于中雄以南，踏勘和初步研究认为，赵发涌、南越拉和干中雄可能达到大型矿床规模。新发现多个矿产地，月穷弄（摘龙）锡矿、织翁杂铅锌矿、干中雄铅锌矿、赵发涌铅锌矿。在拉诺玛铅锌矿带发现大型矿1处，中小型3处，矿化点多处，在拉诺玛矿区存在着3个矿化富集地段，即03线-36线、92线-116线、136线以南地段。2004年，在芒康县新发现索打锡铜多金属矿。

在玉龙斑岩铜矿成矿带上，与碱性斑岩有关的金矿床的寻找已经取得一定的突破。各贡弄矿床已经圈定了一定规模的金矿（化）体，新发现弄洼优者Cu、Au矿，新发现恒星错Ⅰ号、Ⅱ号两条矿化破碎带。恒星错具有典型的斑岩型矿床的围岩蚀变特征、面型蚀变分带明显。Cu、Mo、Pb、Zn、W、Co、Ag等异常特征具有较明显的分带性，Cu、Mo、W在内带，Pb、Zn在外带。认为恒星错斑岩体是一个具有一定规模的、具备一定铜资源潜力的斑岩型铜（钼）矿。

江达岛弧带发现并证实了丁钦弄银铜多金属矿床具有大型规模，并且新发现的滇达铅锌矿。

川西地区总体地质研究程度相对藏东较高，已发现的 472 处矿产地中的小型矿床、矿点、矿化点仅进行过一般性的踏勘或地表检查工作，部分提交了相应的矿点踏勘检查工作总结。已结束勘查工作的呷村、夏塞等 8 个大中型矿床，仅呷村银多金属矿床达详查，主矿段达初勘，其余 7 个为初步勘查。先后提交的大中型矿床地质报告有：《四川省白玉县嘎衣穷银多金属矿床普查报告》、《四川省白玉县胜莫隆铅锌矿床普查报告》、《四川省白玉县孔马寺汞矿床普查报告》、《四川省白玉县呷村银多金属矿床详查报告》、《四川省白玉县呷村银多金属矿床勘探报告》、《四川省巴塘县措莫隆锡多金属矿床普查报告》、《四川省巴塘县夏塞银铅锌矿床普查报告》、《四川省巴塘县杠日隆铅锌矿床普查报告》、《四川省巴塘县纳交系铅锌矿床普查报告》等。

义敦岛弧带的找矿工作在巴塘砂西银铅锌矿、夏隆银铅锌矿、兴普勒含银锌锡矿、脚根玛锌锡矿、绒衣措西锡矿、热朗泽银铅矿和白玉热隆锡矿一带取得重要进展，地表的物化探工作和地质成果较为吻合。重点解剖了热朗泽银铅矿和白玉热隆锡矿，发现二者具有大型以上矿床规模；基本查明了曲靖铅锌矿、底勒银铅矿、虐颜锡银矿点的规模；新圈定了 13 个找矿前景较好的 Ag, Pb, Zn, Sn, Cu 组合异常。

1999~2006 年以来，成都地质矿产研究所承担了 中国地质调查局 矿产地质调查评价项目“藏东地区矿产资源综合找矿预测与评价”；宜昌地质研究所承担了金沙江阿中-戈波一带地物化遥矿产资源综合预测评价研究；西藏地调院地质六队承担了“西藏夏日多-马牧普铜金银矿产资源评价”、“藏东类乌齐-左贡金银铜铅锌多金属成矿带远景评价”；四川地调院承担了“四川白玉-得荣义敦岛弧带银锡多金属矿产资源评价”，“藏东波密-八宿-洛隆富锌放射性及贵金属矿产资源潜力评价”；江西地调院承担了“西藏东部秀格山-则达地区铜多金属资源评价”；河南地调院承担了“西藏丁青列索卡-泥拉拉卡地区铂镍钴铬资源调查评价”等；西藏地调院承担了“西藏藏东江达火山岛弧带北段铜银多金属矿评价”，重点对丁钦弄银铜多金属矿床进行勘查评价；西藏地调院承担了“西藏藏东拉若玛铅锌矿多金属矿评价”项目。以上项目的实施取得大量找矿成果。

1.1.3 科学研究现状

“六五”期间以“三江有色金属成矿远景区”、“三江区域矿产志”、“三江区域地质志”等项目为代表，“七五”期间以“四川地质志”、“云南地质志”、“西藏地质志”，“西南三江地区构造岩浆带的划分及主要有色金属矿产分布规律研究”等项目为代表，“八五”期间以“西南三江地区铜铅锌金银锡等矿产的成矿条件研究”、“扬子地台西缘及邻区铜多金属矿产勘查与评价研究”、“滇川西部特提斯带岩石圈构造演化”等项目为代表，“九五”期间以“西南‘三江’中段重要成矿带的地质构造演化与贵金属、有色金属成矿规律和远景预测研究”、“西南‘三江’中南段试验区铜、金等矿产快速勘查评价的综合示范研究”等项目为代表，1986~1999 年，“七五”至“九五”期间，西藏地矿局、成都地质矿产研究所、中国地质大学（北京）、成都理工学院等单位先后在工作区开展研究工作，取得一系列重大成果，初步查明了斑岩型铜钼矿床的成岩-成矿地质条件和成矿

机制。其中芮宗瑶、张洪涛、杨善清、周宜吉、陈文明、马鸿文、杜光树、陈福忠、王增、莫宣学、罗怀松、王成善、陈建平、唐菊兴等在玉龙矿带开展不同专题的研究工作。

1986~2000年，原地矿部在三江地区开展了一系列的重点攻关项目，其中成都地质矿产研究所和西藏地矿局一起承担了“藏东地区铜、锡、金成矿地质特征及远景预测”、“藏东玉龙-芒康地区铜、金多金属矿产的成矿地质条件”、“藏东江达-莽岭地区金矿成矿及分布规律”及“昌都盆地演化及其成矿条件研究”，1999年又与中国地质大学（北京）、成都理工学院、西藏地调院共同开展中国地质调查局综合研究项目“藏东地区矿产资源综合评价与突破”。先后对藏东地区的大地构造、地壳演化、岩相建造、构造岩浆活动及区域成矿作用进行了系统的研究。

1995~2000年，成都理工学院和西藏地矿局地质六队共同承担项目“西藏玉龙铜矿床似层状矿体成矿作用及有用元素赋存状态研究”和“玉龙铜矿床快速定位预测的综合研究”以及国家“九五”科技攻关项目“玉龙铜矿床快速定位预测的综合示范研究”等研究课题。对玉龙铜矿床的地质构造特征、成矿机制、矿化类型划分、矿化体的定位预测研究等诸多方面进行了深入的研究。

1986~2000年，中国地质大学（北京）承担了原地矿部及国家科委攻关项目“西藏玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿”，“中国重要铜、金矿床综合地质异常研究”，“三江地区中段铜、金区域成矿岩石-地球化学研究”，“玉龙-芒康铜矿带找矿靶区优选综合示范研究”，“西南三江南段实验区铜、金等矿产快速勘查评价的综合示范研究”，“青藏高原形成演化及其环境、资源效应”等项研究。

川西地区专题和综合研究程度相对偏低，对川西地区系统的研究工作主要集中在“七五”期间展开，“七五”期间原地矿部将“三江地区构造-岩浆岩带的划分及主要有色金属矿产分布规律研究”列为重点科技攻关项目，对川西三江地区设置了一个专门的二级课题，由四川地矿局侯立玮负责，对义敦岛弧造山带最有远景的主要有色金属及贵金属的成矿条件、分布规律、资源远景以及与成矿有关的基础地质问题进行了重点的研究，为此下设了若干研究专题，并出版了一系列的代表性著作，如《四川西部义敦岛弧碰撞造山带与主要成矿系列》（侯立玮等）、《白玉呷村含金富银多金属矿床成矿条件、成矿模式及远景预测》（徐明基、付德明等）等9部专著。其主要研究成果为：①在重点研究了该区三叠纪海相火山岩和复理石的岩相建造特征的基础上，提出了晚三叠世义敦岛弧带沉积环境的综合模式；②论述了该区不同地史发展阶段的共生组合，岩石系列和序列及其形成的构造环境，将岛弧岩浆活动进一步划为前岛弧期、主要造弧期（岛弧发育成熟期）及岛弧晚期三个发展阶段；③总结提出了义敦岛弧造山带形成演化的板块俯冲-大陆碰撞-陆内会聚三重模式；④重点分析总结了其中五个重要成矿系列的主要特征及时空分布规律，以及白玉呷村含金富银金属矿，巴塘纳交系、杠日落铅锌矿，措莫隆锡矿，以及区内主要砂金、砂锡矿等代表性矿床的成矿地质特征和成因机制，总结提出了各代表性矿床及主要成矿系列的成矿模式；⑤共圈出Pb, Zn, Cu, Sn, Au, Ag成矿远景区32处，砂金、砂锡成矿远景区53处，并预测了资源量，提出了进一步工作的建议。

“八五”以来，开展了对呷村、嘎衣穷银多金属矿床、嘎拉金矿床、措莫隆锡多金属矿床、杠日隆、纳交系铅锌矿床、夏塞银铅锌矿床等的地质特征和成因方面的专题研究。已出版的研究成果主要有：《四川省区域地质志》、《四川省矿产志》、《白玉-中甸地区地

质构造及主要有色和贵金属矿产成矿特征与远景》、《川西藏东三叠纪沉积-构造演化》、《中国松潘-甘孜造山带的造山过程》、《川西赠科-乡城晚三叠世火山沉积作用与成矿》、《四川省岩石地层》、《西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论)》、《“三江”川西地区花岗岩类构造岩浆岩带的划分、成因类型与成矿》、《白玉-中甸含锡花岗岩特征及成矿远景》、《白玉-中甸地区遥感地质特征》、重点片区《西南三江中段15种元素地球化学图及说明书》以及《陆地卫星TM影象图及说明书、解释成果报告》等。开展的主要专题研究有“川西藏东三叠纪沉积-构造演化”(侯立玮)、“中国松潘-甘孜造山带的造山过程”(许志琴、侯立玮)、“三江地区花岗岩类及其成矿专属性”(吕伯西)、“三江地区义敦岛弧构造-岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床”(侯增谦、侯立玮等)、“川西甘孜嘎拉金矿成矿地质特征及甘孜-理塘断裂带北段成矿条件与远景预测”(侯立玮、付小方等)、“川西夏塞银多金属矿床及外围成矿特征、富集条件、找矿远景及靶区优选”(胡世华等)、“四川省岩石地层”(幸学达等)、“四川白玉及其相邻地区银多金属矿床物化探技术方法研究”(葛良全等)以及“西南‘三江’中段(川西)1:50万成矿预测报告”。

前人研究工作的重心主要在前三叠纪地质构造。经过大量工作,尽管对一些具体问题的认识尚有分歧,但基本认识已趋一致。与前三叠纪地质相比,中三叠世以后的研究较为薄弱,争论主要集中在以下几个方面:

关于中三叠世以后中生代的构造性质,主要有三种带倾向性的认识:①随着两侧澜沧江洋和金沙江洋的俯冲缝合,整个中生代属前陆盆地;②以昌都-思茅构造带南段为研究对象,认为自晚三叠世起,进入陆内裂谷阶段;③在晚三叠世沿先存缝合带边缘发育上叠裂谷,于燕山期反转为前陆盆地。这个问题十分重要,不同构造地质背景产出不同的成矿系列,并影响找矿方向和主攻矿种。

关于褶皱造山的时代,主要有三种带倾向性的认识:①印支期褶皱为主,北段叠加燕山期褶皱,南段叠加喜马拉雅期褶皱;②以昌都-思茅构造带北段为研究重点,认为燕山期造山、叠加喜马拉雅期造山;③以昌都-思茅构造带南段为研究重点,认为是新生代造山。

关于造山带几何学结构,多数认为是两侧对冲推覆带,中央为昌都-思茅褶皱带;段嘉瑞等(1991,1993),首先提出昌都-思茅构造带南段存在中轴热隆带和横向叠加褶皱。

关于新生代的岩浆活动,争论集中于两点,一种认为是滞后型弧岩浆(莫宣学,1993);另一种认为是走滑(拉分)成因。近年,侯增谦等提出是造山后地幔岩石圈拆沉与表壳走滑而成(2006)。

近十余年来,青藏东缘的地球物理和空间大地测量工作,取得了较为丰富的成果。地球物理除了传统的重磁测量外,爆破地震、大地电磁测量、人工地震、地震层析等得以飞速发展,以地震层析为例,除了大区域小比例尺层析外,仅针对青藏东缘的较大比例尺的层析也得以开展,得出了许多令人振奋的成果。空间大地测量工作的进展亦很喜人,测量的手段比较丰富,以GPS测量发展最快,不仅有大量分析文章面世,而且已有成套系统的数据公布。

前人在青藏东缘及邻区开展的大量艰苦卓绝的工作,既为人类提供了丰富的知识财富

和精神财富，也为本文的撰写打下了坚实的基础。

分歧和争论产生的另一个重要原因是研究思想方法上缺乏“历史辩证”性，即研究时只注重所研究时段，而对地质历史上的继承和发展特性重视不够，产生此问题的原因，较多的是限于研究经费和精力，但思维方法上的片面性也不乏其例。

1.2 主要成果和进展

在及时跟踪、收集和汇总成矿带范围内研究进展，系统收集并整理三江中段已有的地质、物探、化探、遥感和矿产资源调查评价的成果资料以及科研项目成果，建立了数字地质图数据库、化探数据库、重力和航磁数据库、矿产地质数据库等。以义敦岛弧银铅锌多金属、江达-莽岭金铜多金属、昌都-芒康弧后前陆盆地西缘银铅锌多金属、类乌齐-左贡锡银多金属等成矿带为重点地段，研究成矿带的成矿地质背景、成矿条件以及找矿方向。筛选有利成矿地段或重要成矿远景区。取得主要进展如下。

1.2.1 数据库建设方面

在全面收集了研究区的地、物、化、遥以及所产出的矿床地质特征资料的基础上，完成研究区系统和详细的工作区研究程度图，详细地勾勒了全区总的已经开展的工作状况。

完成中国地质调查局的关于数据库和图库建设的任务，完成了西南三江中段矿产地质数据库，该地质数据库由地质图数据库、矿产地质数据库、地理底图数据库、物探数据库（包括重力数据库和航磁数据库）、化探数据库、遥感构造解译数据库六大子库构成。数据库建设的主要进展包括：①完成研究区 457 个矿床（点）资料收集（四川 272 个、西藏 185 个）；②完成了研究区 1:2.5 万图幅-数据点区域化探数据（共 2364 个数据点）及藏东和川西地区 1:20 万区域化探数据 36 个分幅的数据库收集和建设，并利用多种方法进行必要的数据处理和元素分布背景分析，取得满意的效果；③建立了西南三江中段重力数据库和重力场数据库；④完成 Landsat TM 图像处理，图像波段组合采用 TM543（RGB）进行假彩色合成，同时进行必要的和详细的线、环构造解译；⑤以 MapGIS 为基础平台，采用 VB 为开发工具实现二次开发，初步完成了一个针对本区各个子库的管理系统，主要完成各个子库的统一管理及浏览功能；⑥完成三江中段矿产地质数据库成果文件的详细分类。

1.2.2 开展地质矿产数据库为基础的区域矿产资源定量评价

在已经建立的西南三江中段地质矿产数据库的基础上，利用 GIS 技术对西南三江中段地区进行矿产资源评价。采用加拿大数学地质学家 Agterberg 提出证据权重法，使用 MRAS 矿产资源评价系统，以及 ArcView 中的证据权模块对研究区进行系统的矿产资源评价工作。从矿床的地质模型、矿床的概念模型、矿床的数字模型到证据权重模型都进行了详细的剖析，通过多个证据层选择，包括提取了三叠纪地层证据层（有矿点分布和断层

切过)、中基-中酸性岩浆岩证据层、北西向控矿构造证据层、Au 元素异常证据层、Ag 元素异常证据层、Cu 元素异常证据层、Pb 元素异常证据层、Zn 元素异常证据层、K₂O 异常证据层、Na₂O 异常证据层、Th 元素异常证据层、重力异常证据层、航磁异常证据层、成矿势能证据层、断裂密度证据层、汇水盆地证据层等 17 种异常作为成矿有利信息。在建立西南三江中段地区证据权模型基础上,计算各预测单元的成矿有利度,进而提出研究区的四个主要有利成矿区。

重点解剖了 2000 年以来有重大找矿进展的矿床,提出了重要成矿远景的找矿前景。主要剖析的找矿靶区有:巴塘砂西银多金属矿找矿靶区、白玉有热沟银多金属矿找矿靶区、江达县丁钦弄银铜多金属矿找矿靶区、贡觉县各贡弄铜金矿找矿靶区、干中雄铅锌矿找矿靶区。

1.2.3 建立了藏东成岩成矿的双冲模式、构造演化地球动力学模型

(1) 确定了昌都盆地构造演化阶段与喜马拉雅期陆内造山体制下的变形褶皱造山时间

昌都盆地的主要表皮构造形成于喜马拉雅期,构成了昌都盆地主要的控矿构造。昌都盆地晚三叠世以来主变形变质形成于喜马拉雅期,为喜马拉雅褶皱造山带。

晚三叠世以来,昌都盆地历经以下演化阶段:中三叠世末,随着陆-陆碰撞昌都地体融入三江联合地体,进入陆内体制。晚三叠世-中始新世,昌都地体处于陆内裂谷演化期,大体经历了晚三叠世-早侏罗世火山-地堑阶段、中侏罗世-晚白垩世陆内坳陷阶段、古新世-中始新世走滑坳垒构造系阶段和始新世-渐新世裂谷封闭、对冲造山、磨拉石盆地发育阶段。

喜马拉雅期陆内造山体制下,在昌都地区,古新统贡觉红层不整合盖在褶皱的上古生界、三叠系、侏罗系及白垩系之上,缺乏古-始新统沉积。褶皱运动发生在晚白垩世末-中始新世末。

昌都盆地内的三叠系至古新统地层中,顺层剪切活动广泛而强烈,以构造透镜体化、劈理化、初糜棱岩化为特征;普遍具有早期逆冲剪切,晚期正滑剪切的特点;顺层剪切作用主要发生在 36~38.4Ma 间,是喜马拉雅运动 I 幕的产物,而这些构造破碎带正是盆地东西两侧众多铅锌矿、富锌矿的控矿构造。

昌都盆地及盆地两侧冲褶带的喜马拉雅期褶皱系,总体呈 NW-SN-NW 向反 S 形延伸,长达 1500km,中段狭窄,南、北段变宽,最宽处 200km 以上。该褶皱带平面的整体组合形态是一个复式向斜。复式向斜轴部位于昌都-芒康一线,枢纽呈反 S 形弯曲,起伏不平。核部出露最新的地层为古新统与下、中始新统。

中、小型褶皱复杂,同斜、倒转、紧闭褶皱发育。

盆地两侧对冲的逆冲推覆构造系以与区域构造线一致的纵向逆冲断裂为主。这些纵向逆冲断裂向褶皱系外部倾斜,构成自东、西两侧向褶皱系内部逆推的对冲推覆构造系。

在盆地东缘形成一系列断面东倾、自东向西逆冲的推覆构造,并成为金沙江、哀牢山巨型推覆构造体系的一部分。主推覆面为字嘎寺-德钦断裂带,并向东倾,倾角为 20°~70°。推覆构造带是在早印支期褶皱基础上发育的喜马拉雅期构造带。卷入推覆体的岩层,普遍褶皱强烈,东倾的逆冲断层极为发育,构成叠瓦构造,局部有西倾的叛逆冲断层。