

西藏自治区矿产资源潜力评价项目成果系列丛书

西藏

扎西康式锑硫盐 多金属矿床成矿机制 与区域成矿潜力评价

◎ 李关清 程文斌 向中林 夏抱本 朱黎宽 张刚阳 等 著

地质出版社

非外借

西藏自治区矿产资源潜力评价项目成果系列丛书

西藏扎西康式锑硫盐多金属矿床 成矿机制与区域成矿潜力评价

李关清 程文斌 向中林 夏抱本 朱黎宽 张刚阳 著
张兴国 章永梅 杜泽忠 曾庆高 辛忠雷 达瓦次仁

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以藏南扎西康锑硫盐多金属矿床为重点解剖对象,通过典型矿床的地质-地球化学特征研究,建立了典型矿床的成因模式;在综合分析区域地质、物探、化探和遥感资料的基础上,建立了该类矿床区域找矿模型,并对区域成矿潜力进行了评价。

图书在版编目 (CIP) 数据

西藏扎西康式锑硫盐多金属矿床成矿机制与区域成矿潜力评价 / 李关清等编著.
—北京:地质出版社, 2017.9
ISBN 978-7-116-10456-3

I. ①西… II. ①李… III. ①锑硫盐类-多金属矿床-成矿机制-研究-西藏
IV. ①P578.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 174797 号

Xizang Zhaxikangshi Tiliuyan Duojinshu Kuangchuang Chengkuang Jizhi yu Quyu Chengkuang Qianli Pingjia

责任编辑:刘亚军 田泽瑾 吴金键

责任校对:王素荣

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) 66554528 (邮购部); (010) 66554622 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 66554622

印 刷:北京地大彩印有限公司

开 本:787mm × 1092mm 1/16

印 张:11.25

字 数:250 千字

版 次:2017 年 9 月北京第 1 版

印 次:2017 年 9 月北京第 1 次印刷

定 价:98.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-10456-3

(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)

谨以此系列丛书献给耕耘在西藏自治区地质勘查、科学研究等岗位上的广大地质工作者。

感谢西藏自治区矿产资源潜力评价项目各级矿政管理者、参与单位及广大地质科技工作者和支持本项目工作的人们！

西藏自治区矿产资源潜力评价项目成果系列丛书是集体劳动的结晶！

西藏自治区矿产资源潜力评价项目成果系列丛书编写委员会

主 任：多 吉 梁建平 王衍彪

副 主 任：刘鸿飞 郭兴华 杜光伟 张焕彬

成 员：普布次仁 曾庆高 郭建慈 西洛郎杰 廖震文

办公室主任：普布次仁

西藏自治区矿产资源潜力评价项目组织机构

组 织 单 位：西藏自治区国土资源厅 西藏自治区地质矿产勘查开发局

承 担 单 位：西藏自治区地质调查院

参 加 单 位：西藏自治区地质矿产勘查开发局第二地质大队 西藏自治区地质矿产勘查开发局第五地质大队 西藏自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队 西藏自治区地质矿产勘查开发局区域地质调查大队 西藏自治区地质矿产勘查开发局地热地质大队 成都理工大学

项目负责人：李金高 潘凤雏 钟康惠

序

西藏自治区位于祖国西南边陲，占据青藏高原主体，地处欧亚大陆与冈瓦纳大陆之间的特提斯构造域，地质构造复杂，地质历史悠久。曾经的广阔大洋，现在雄踞世界之巅；曾经的“沧海桑田、水深火热”，造就了独特的高原地貌特征和复杂的地质构造背景，蕴藏着丰富的矿产资源，并在地层、岩石、构造等方面烙下了鲜明的地质印记，一直以来都是全球矿床学家、地质学家关注和研究的热点地区，被誉为“研究地球奥秘的天然实验室”。

《西藏自治区矿产资源潜力评价项目成果系列丛书》主要是在“全国矿产资源潜力评价”计划项目（2006—2013 年）下设工作项目——“西藏自治区矿产资源潜力评价”（2006—2013 年）研究成果的基础上编著的。2006 年，全国矿产资源潜力评价项目启动以来，西藏自治区矿产资源潜力评价项目历经 8 年，先后完成了两个阶段共计 24 种（除铀矿种外）矿产资源潜力评价工作，取得了大量的成果。为了推广应用这些成果，在西藏自治区国土资源厅、西藏自治区地质矿产勘查开发局及全国矿产资源潜力评价项目办公室等大力支持下，我们组织相关人员编写了这套项目成果系列丛书。本丛书中的诸多数据、资料，引用、参考了 1999 年以来实施的“新一轮国土资源大调查”、“青藏专项”及相关地质调查专项在西藏地区实施的矿产调查评价类项目的成果报告。

该套系列丛书包括：《西藏 1:100 万地质图（含说明书）》《西藏高原超碰撞造山体系及大地构造解析》《西藏铜矿地质》《西藏扎西康式锑硫盐多金属矿床成矿机制与区域成矿潜力评价》《西藏锑矿地质》《西藏现代盐湖矿产》《西藏矿床成矿系列》《西藏成矿远景区划》《西藏地球化学信息在矿产资源预测中的应用》。

这套丛书系统阐述了西藏自治区的区域地质特征、大地构造演化的时空结构；以丰富翔实的资料，对区内铜矿、锑矿、现代盐湖矿产等进行了成矿规律总结和成矿预测，提出重要矿床成矿系列的划分方案并阐述其特征，进而开展了全区成矿远景区划；对西藏地球化学信息在矿产资源预测中的应用进行了较深入的研究。

《西藏 1:100 万地质图（含说明书）》以活动论和板块构造及地球动力学系统理论为指导，以区内 50 多年积累的区域地质调查成果为基础，系统梳理并厘定区域岩石地层和构造地层系统，采用构造层次和造山期时代结合，将前人认为的非史密斯地层恢复为构造地层，划分了构造—岩浆带；较深入剖析了 6 条蛇绿岩岩带的特征；划分区内变质岩单元，阐明高压/超高压变质岩特征；重点表达了西藏巨型造山系的内部结构、中—新生代造山作用的时空分布及形成过程，突出表示了喜马拉雅期碰撞造山作用对西藏地区构造、成矿的巨大影响。

《西藏高原超碰撞造山体系及大地构造解析》从物质组成、结构、构造变形出发，解

析区内及邻区“A”型、“B”型、“C”型造山带形成过程及与之伴生的变质、岩浆演化规律,建立西藏大地构造演化的时空结构;在大陆山链的造山作用、造山机制转化以及山链类型的划分等方面,提出一些新的见解。

《西藏铜矿地质》对全区铜矿资料进行了较全面归纳和总结,重点阐述矿床地质和成矿背景,详细探讨成矿规律,并进行了成矿预测;将全区铜矿床划分为4个大类、6个亚类;对探讨区内铜矿矿床的成矿机制,初步建立斑岩型铜矿床的区域成矿模式和找矿模型;明确提出区内的三大铜矿带(藏东三江、班公湖-怒江、冈底斯),特别强调三大铜矿带中的三大斑岩铜矿亚带,尤其是利用新的证据探讨了斑岩铜矿带延伸问题,并以构造-岩浆岩带为主线、斑岩铜矿为核心、矽卡岩铜矿为重点,兼顾沉积型(含铜砂岩)、热液(脉)型、火山岩型铜矿,阐明全区铜矿床地质特征;从矿床类型、成矿带划分、时空分布、控矿条件等方面,总结铜矿的成矿规律、找矿标志和找矿方向。

《西藏扎西康式锑硫盐多金属矿床成矿机制与区域成矿潜力评价》指出矿床受层位控制,属层控矿床,矿床中锑的复杂硫化物(硫盐矿物)组成是本矿床极具特色的特征;对矿床容矿地层、矿石和蚀变岩石等进行多种技术方法的测试,取得了丰富的数据,为分析矿床的形成作用、形成过程、形成条件奠定良好的基础;收集相当数量同位素组成数据(包括前人数据),根据硫、铅、碳、氢、氧等同位素组成,系统分析成矿的时代、成矿物质的来源、矿质搬运介质的性质以及成矿的物理、化学条件等;提出找矿标志,并对区域成矿的潜力做出评价。

《西藏锑矿地质》首次较全面系统地汇总了目前西藏所能搜集到的锑矿地质资料,重点阐述矿床地质和成矿背景,从矿床类型、成矿带划分、时空分布、控矿条件等方面总结锑矿的成矿规律、找矿评价标志和找矿方向,并开展了成矿预测;明确指出西藏锑矿床主要为层控型,其成矿时代为20Ma左右,其成矿热液主要为大气降水补给的地下热水,而非岩浆水;指出扎西康式、拉诺玛式锑矿床属锑多金属层控矿床,不但锑、铅、锌、银矿资源潜力巨大,可构成大型、超大型矿床,且扎西康其伴生稀散元素具有综合利用价值。

《西藏现代盐湖矿产》根据西藏湖泊及盐湖的数量、类型、分布及其盐湖卤水化学特征,成矿物质来源,建立了成矿模式,总结了成矿规律。阐述了资源的潜力及开发利用价值。在此基础上,论述了西藏新生代成盐盆地形成、演化。

《西藏矿床成矿系列》提出了西藏之35个重要矿床成矿系列划分方案,并论述了各矿床成矿系列四大要素和成矿系列的内部结构特征;厘定了各三级成矿区带的成矿系列谱系和区域成矿谱系;初步总结了全区区域成矿规律,讨论了区域成矿系列时间演化、区域成矿环境演化与成矿作用演化、成矿系列时空分布、层控性;论述了班-怒带俯冲-碰撞成矿地质环境、冈底斯-念青唐古拉陆-陆碰撞成矿地质环境、北喜马拉雅藏南拆离系成矿地质环境和藏东三江地区走滑-伸展、逆冲-剪切陆内造山成矿地质环境及其中的成矿系列的分带性;提出班-怒带燕山期成矿系列水平分带和冈底斯-念青唐古拉喜马拉雅期成矿系列辐射状分带;初步探讨了区域动力学机制和区域成矿模式。

《西藏成矿远景区划》采用五分法对西藏自治区全域进行成矿区带划分,共划分为Ⅰ级成矿域1个、Ⅱ级成矿省4个、Ⅲ级成矿带12个、Ⅳ级成矿亚带35个;在成矿区带划分的基础上,厘定全区166个成矿远景区(相当于Ⅴ级成矿区带),其中A类成矿远景区34个、B类成矿远景区34个、C类成矿远景区98个;在全区厘定22个大型矿集区,系

统总结各Ⅲ级成矿带特征；对成矿区带划分的关键因素，例如地球化学异常特征、矿床时空分布规律特征、成矿作用特征等，按Ⅳ级成矿亚带进行系统阐述；论述各成矿带的成矿地质构造环境及演化规律，对部分重点成矿区带建立区域成矿模式；部署全区重要矿产的勘查工作内容，阐述各勘查区的主攻矿种类型、建议勘查工作程度、建议部署工作量及预期成果等。

《西藏地球化学信息在矿产资源预测中的应用》提出区域低密度样品条件下的局部矿区地球化学方法研究思路，按矿床成因类型建立矿区地球化学找矿模式；采用区域地球化学方法试圈含矿斑岩体，为下步寻找西藏斑岩型矿床提供参考；采用区域地球化学方法圈定的超基性岩体与西藏已知超基性岩体区高度吻合，为下步铬矿找矿明确了方向；划分研究区地球化学成矿区带；利用元素区域集群分布及共伴生富集特征，采用地球化学方法对区域地质构造、含矿建造进行推断与解释；借鉴地球物理探矿的正反演理论与方法，研发三维模型体法，对铜、铅、锌、金、锑、铬、钼、银等优势矿种资源潜力进行定量预测与评价，对钨、锡、镍、菱镁矿、锰等工作程度较低矿种资源潜力进行定性预测与评价。

矿产资源潜力评价项目是西藏自治区地质矿产勘查开发局成立以来首次总结以往地质工作成果的最权威、最系统的一项工程，具有深远的现实和历史意义。为了充分发挥西藏矿产资源潜力评价项目成果的作用，深入总结和广泛宣传其成果，尽早实现成果转化，彰显公益性项目的社会化服务职能，为西藏地区今后的矿产勘查和部署工作提供系统科学的决策依据，西藏自治区地质矿产勘查开发局组织有关专家编写了本套丛书。这套丛书由西藏自治区地质矿产勘查开发局相关专家领衔编写，是西藏地区迄今为止首次覆盖全区的较为先进和系统的地质矿产成果集成，展示了领衔专家的综合科技水平。本套丛书的出版，将为西藏自治区地质矿产勘查开发局在业界树立良好的形象起到重要的作用，对西藏地区今后的矿产资源勘查和部署工作具有重要的指导意义。

这套中国西藏地区矿产资源潜力评价成果的最新、较为系统的系列丛书，可供矿产资源管理人员、矿业投资者和从事矿产勘查、科研和教学人员等参考使用。



2017年5月5日

前 言

20 世纪中叶到 21 世纪初,在国家找矿项目和商业性勘查的推动下,西藏除在东部、中部地区先后发现和确立了玉龙斑岩型铜(钼)成矿带和冈底斯-念青唐古拉斑岩-矽卡岩型铜(金、钼)铅锌成矿带之外,又在南部地区发现了阿布纳布、马攸木、沙拉岗、马扎拉、扎西康、柯月、索月、则当、哲古、下坝、车穷卓布、拉木由塔和纳定等一系列锑、金、锑-金、锑多金属、稀有金属和宝玉石矿床(点),构成了独具特色的喜马拉雅成矿带,其东段的江孜-隆子一带习称“藏南锑金成矿带”。

2007—2013 年,为贯彻落实《国务院关于加强地质工作的决定》(国发〔2006〕4 号)中提出的“积极开展矿产远景调查和综合研究,科学评估区域矿产资源潜力,为科学部署矿产资源勘查提供依据”的精神和要求,中国地质调查局组织实施了“全国矿产资源潜力评价”计划项目。我们在开展该项目之“西藏自治区锑矿成矿规律与矿产预测”课题研究的过程中,逐渐认识到喜马拉雅成矿带东段发育锑硫盐多金属矿床,其基本地质特征表现为:

1) 矿床具有一定的层控性,容矿地层为大量发育玄武岩和中基性岩脉、岩床的侏罗系,岩性以含钙碳质板岩与碳质板岩为主,其次为泥灰岩、结晶灰岩、粉砂岩等。

2) 主要工业矿体均呈脉状产于近南北向和北东向张性断裂中,严格受断裂控制,成矿晚于断裂形成。

3) 成矿元素以 Sb、Pb、Zn、Ag 为主;锑矿物在矿体近地表以辉锑矿为主,中深部则以锑的硫盐矿物大量发育为特色。

4) 近矿围岩蚀变主要为铁锰碳酸盐化、硅化、黄铁矿化、黏土化等中-低温蚀变。

目前,已确定为该类型的矿床包括扎西康、柯月、则当和索月等。另外,下坝、壤拉、勇日等矿床也很可能属于该类型。尽管该类矿床往往具有较大的规模(扎西康锑硫盐多金属矿床储量已达大型-超大型规模,柯月、则当矿床储量已达中型规模),但研究程度低,缺少开展区域成矿潜力预测的基础。“西藏自治区锑矿成矿规律与矿产预测”课题将该类矿床统称为“扎西康式”矿床,并设立了“西藏自治区隆子县扎西康式锑硫盐多金属矿床成因模式及区域成矿潜力研究”专题,由西藏自治区地质矿产勘查开发局区域地质调查大队牵头承担,成都理工大学、河南理工大学和中国地质大学(北京)协助开展,《西藏扎西康式锑硫盐多金属矿床成矿机制与区域成矿潜力评价》一书即由该专题研究成果的系统总结、提炼而成。

本专题实施过程中,西藏自治区地质矿产勘查开发局原副总工程师李金高和西藏自治区地质调查院原院长刘鸿飞、原总工程师潘凤雏等上级主管领导多次亲临专题承担单位指导工作,为专题的最终完成付出了大量的心血;多吉、郑明华、周详、顾雪祥、李光明

(成都)等院士、专家对该专题进行了全面的技术指导。除本书作者外,参加野外工作的人员还有中国地质大学(北京)的张岩、沈阳和景亮兵,西藏华钰矿业开发有限公司刘建军总经理及刘敏院、许剑工程师对野外工作给予了大力支持。在此,对各位领导、专家的帮助及相关企业的支持表示衷心的感谢。

本书以藏南扎西康锑硫盐多金属矿床为重点解剖对象,通过典型矿床的地质-地球化学特征研究,建立了典型矿床的成因模式;在综合分析区域地质、物探、化探和遥感资料的基础上,建立了该类矿床区域找矿模型,并对区域成矿潜力进行了评价。

本书是集体智慧和劳动的结晶。书稿执笔人为西藏自治区地质矿产勘查开发局区域地质调查大队的辛忠雷、夏抱本、曾庆高、李关清、张兴国和达瓦次仁,中国地质大学(北京)的章永梅、杜泽忠、朱黎宽,河南理工大学的向中林,成都理工大学的程文斌、张刚阳。全书由李关清、程文斌统一修改、补充和定稿。

我们期盼本书的出版发行能为深入开展喜马拉雅地区基础地质研究和促进更多扎西康式锑硫盐多金属矿床的发现提供借鉴。

作者

2017年3月

目 录

第一章 北喜马拉雅成矿带地质构造演化	(1)
第一节 结晶基底与沉积盖层	(2)
一、结晶基底	(3)
二、沉积盖层	(3)
第二节 区域构造	(4)
一、褶皱	(4)
二、断裂	(5)
三、变质核杂岩	(6)
第三节 区域岩浆活动	(6)
第四节 区域构造演化	(8)
第五节 区域矿产分布概况	(9)
第二章 矿床地质特征	(12)
第一节 矿区地质特征	(13)
一、地层	(13)
二、构造	(15)
三、岩浆岩	(17)
第二节 矿体特征与围岩蚀变	(18)
一、矿体特征	(18)
二、围岩蚀变	(19)
第三章 矿石的物质组成与矿物标型特征	(21)
第一节 矿石的矿物组成	(21)
一、普通硫化物	(21)
二、硫盐矿物	(29)
三、碳酸盐、氧化物矿物	(33)
第二节 矿石组构	(34)
一、矿石构造	(34)
二、矿石结构	(35)
三、成矿期与成矿阶段	(35)
第三节 矿石的化学成分	(38)
一、矿石的主要化学成分	(38)
二、矿石的稀土元素特征	(41)

第四节 矿物标型特征	(44)
一、黄铁矿标型特征	(44)
二、闪锌矿标型特征	(49)
三、方铅矿标型特征	(53)
第四章 容矿地层与岩浆岩地球化学	(56)
第一节 容矿岩系地球化学	(56)
一、容矿地层的含矿性	(56)
二、容矿岩系地层的岩石地球化学特征	(58)
三、含矿岩系地层的沉积环境与成矿元素来源	(63)
第二节 辉绿岩地球化学	(67)
一、岩石地球化学特征	(67)
二、岩石成因	(70)
第三节 淡色花岗岩地球化学	(74)
一、岩石地球化学特征	(74)
二、岩石成因	(78)
第五章 流体包裹体地球化学	(84)
第一节 成矿流体包裹体岩相学特征	(84)
第二节 成矿的物理化学条件	(88)
一、成矿流体的均一温度与盐度	(88)
二、成矿流体的密度及压力	(90)
三、成矿流体的成分	(92)
第三节 矿质沉淀机制	(93)
第六章 同位素地球化学	(94)
第一节 硫同位素	(94)
第二节 铅同位素	(96)
第三节 碳-氧同位素	(99)
第四节 氢-氧同位素	(101)
一、氢氧同位素组成	(101)
二、成矿流体来源	(101)
三、成矿古海拔高度与成矿时代估算	(103)
第五节 硅同位素	(104)
第七章 成矿模式与找矿标志	(106)
第一节 矿床成因与成矿模式	(106)
一、矿床地质特征对成因的约束	(106)
二、成矿物质及成矿流体来源	(108)
三、成矿流体特征和成矿物理化学条件	(108)
四、成矿时代	(109)
五、成矿过程与成矿模式	(109)
第二节 综合找矿预测标志	(111)

一、地质特征信息分析 (111)

二、物探、化探、遥感特征信息分析 (112)

三、预测要素的提取与找矿标志 (112)

第八章 扎西康锑硫盐多金属矿床区域矿化综合信息分析与成矿资源潜力评价 ... (118)

第一节 区域矿化信息分析 (118)

一、矿化露头的地质信息 (118)

二、水系沉积物地球化学异常特征 (120)

三、地球物理异常特征 (123)

四、遥感地质信息 (124)

五、区域预测要素提取 (131)

第二节 区域成矿潜力评价 (135)

一、基本思路 (135)

二、成矿远景区预测 (136)

三、潜力评述 (146)

结语 (149)

参考文献 (151)

第一章 北喜马拉雅成矿带

地质构造演化

众所周知，青藏高原碰撞造山带是全球新生代巨型特提斯－喜马拉雅造山带的重要组成部分，成矿条件优越。位于该碰撞造山带南部的北喜马拉雅成矿带（又称藏南锡金成矿带），地质构造复杂，矿产丰富且独具特色，历来为中外地质学家们所瞩目。

北喜马拉雅成矿带地处雅鲁藏布江缝合带（IYS）与主边界逆冲断层（MBT）之间的藏南地区，该地区以主中央逆冲断层（MCT）和藏南拆离系（STDS）为界，自南向北大体可划分为低喜马拉雅（Lesser Himalaya）、高喜马拉雅（High Himalaya）和特提斯喜马拉雅（又称北喜马拉雅带，North Himalaya）3个构造带（图1-1）。Yin and Harrison（2000）、Hodges（2000）、尹安（2006）对各构造单元地质特征进行了详细描述。由于扎西康锑硫盐多金属矿床位于特提斯喜马拉雅带东段，故这里仅就该段的地层、构造、岩浆岩和变质岩等主要地质特征加以简要论述。

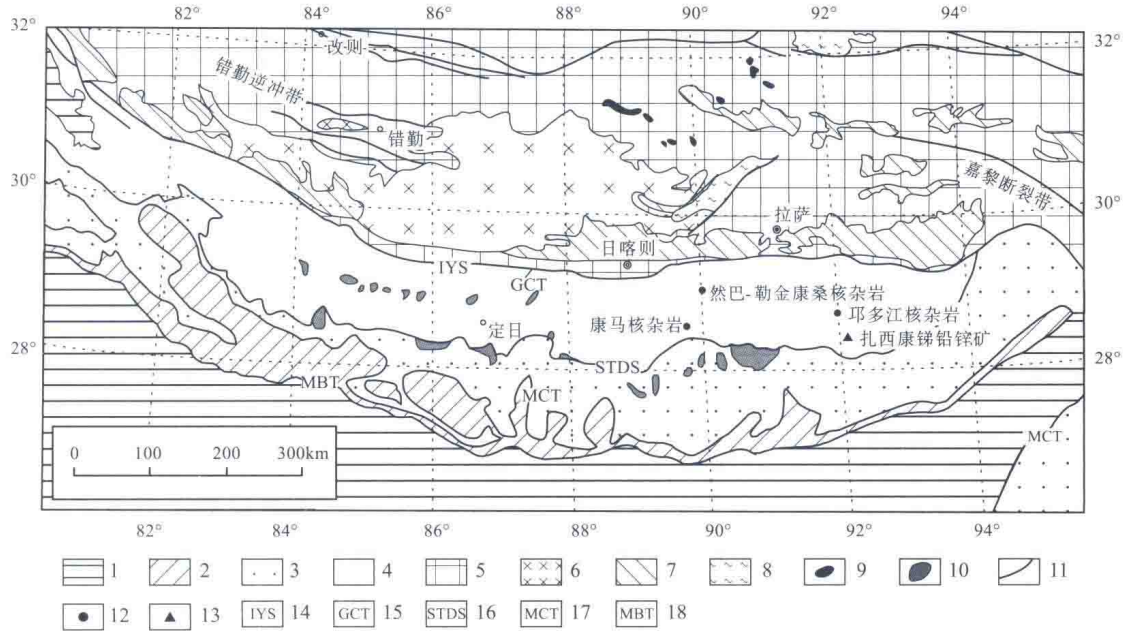


图 1-1 北喜马拉雅成矿带区域地质简图
(据聂风军等, 2005, 修改)

- 1—山前盆地；2—低喜马拉雅构造带；3—高喜马拉雅构造带；4—特提斯喜马拉雅构造带；5—拉萨地体；
6—拉萨地体内主要火山岩分布区；7—拉萨地体内主要深成侵入岩；8—拉萨地体内主要变质岩分布区；
9—蛇绿岩套；10—藏南地区主要花岗侵入岩分布区；11—断裂；12—变质核杂岩中心位置及编号；13—扎西康矿床位置；14—雅鲁藏布江缝合带；15—大反向逆冲断裂；16—藏南拆离系；17—主中央逆冲断层；
18—主边界逆冲断层

第一节 结晶基底与沉积盖层

北喜马拉雅构造带具有统一的结晶基底，在基底之上沉积了以上三叠统到白垩系为主体的沉积盖层，构成典型的二元结构（图 1-2）。

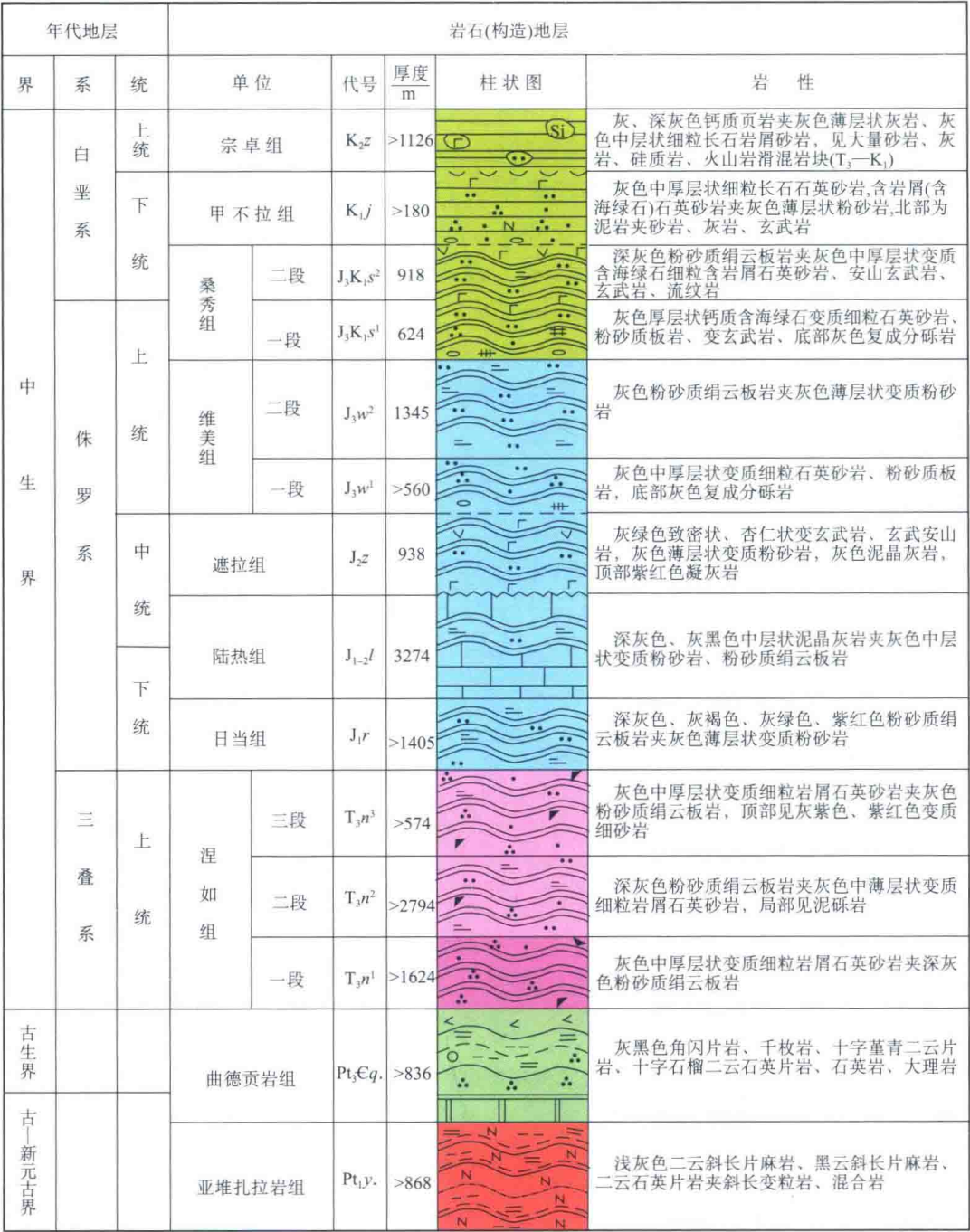


图 1-2 区域综合地层柱状图
(据云南省地质调查院，2004)

一、结晶基底

北喜马拉雅构造带结晶基底包括亚堆扎拉岩组（拉轨岗日一带又称之为拉轨岗日岩群）和曲德贡岩组。亚堆扎拉岩组/拉轨岗日岩群主要出露于构造带变质核杂岩内部，属角闪岩相-绿片岩相变质岩，岩性包括二云斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、石榴二云斜长片麻岩、十字石榴黑云片麻岩、十字蓝晶云母斜长片麻岩、含透辉斜长变粒岩、角闪斜长变粒岩、云母石英粒岩、石榴角闪石英粒岩、条纹状混合岩、混合片麻岩及二云石英片岩夹大理岩、角闪岩及基性岩，原岩为一套含基性岩浆岩的陆源浅海砂泥质碎屑类复理石杂砂岩建造。李德威等（2002）获得正片麻岩中锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $(1812 \pm 7) \text{ Ma}$ ，许志琴等（2005）测得康马片麻岩中锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $835 \sim 869 \text{ Ma}$ （平均值 $(849 \pm 27) \text{ Ma}$ ）和 $504 \sim 528 \text{ Ma}$ （平均值 $(515.4 \pm 9.3) \text{ Ma}$ ）。 1812 Ma 数据代表了原岩的形成年龄（古元古代）， 849 Ma 年龄数据代表了区域变质作用的年龄（新元古代），而 515.4 Ma 年龄数据与片麻状二长花岗岩年龄相近，是泛非期造山作用的地质记录。

曲德贡岩组出露于构造带变质核杂岩的外侧，为变质核杂岩构造的滑脱系部分，属高绿片岩相-低绿片岩相变质岩。变质岩岩性为灰黑色角闪片岩、黑云斜长片麻岩、十字堇青二云片岩、十字石榴二云片岩、十字石榴二云石英片岩、石榴二云长石石英片岩、二云石英片岩、钠长阳起片岩、角闪片岩和绿泥钠长片岩、石榴云母石英千枚岩、绢云石英千枚岩、绢云千枚岩、含长白云母石英千枚岩、大理岩和少量石英岩，原岩为一套正常沉积的泥质岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩、泥质粉砂岩地层体。陕西省地质矿产勘查开发局（1994）在黑云斜长片麻岩中获得了 501 Ma 的 Rb-Sr 年龄，代表其变质年龄。该变质年龄与片麻状二长花岗岩侵入年龄（ $558 \sim 484 \text{ Ma}$ ，刘文灿等，2005，2004；夏斌等，2008）、部分康马片麻岩中锆石 SHRIMP U-Pb 年龄（ $504 \sim 528 \text{ Ma}$ ，许志琴等，2005）相近，同样反映了泛非期造山作用。

二、沉积盖层

1. 三叠系 (T)

三叠系主要出露于区域北部和南部，为上三叠统涅如组 (T_3n)，地层近东西向展布，构成羊卓雍错-哲古错复向斜两翼。该组下部为变岩屑石英砂岩夹深灰色板岩，中部为变细粒岩屑石英杂砂岩夹深灰色板岩和变粉砂岩，上部为变岩屑砂岩与深灰色板岩互层，局部夹硅质岩、灰岩，偶夹灰色变岩屑石英砂岩。板岩中可见菱铁质和粉砂质结核及细粒黄铁矿，与上覆侏罗系整合接触。

2. 侏罗系 (J)

区域侏罗系出露于区域中部和北部，主要为一套碎屑岩夹碳酸盐岩和火山岩建造，自下而上依次为下侏罗统日当组 (J_1r)、下-中侏罗统陆热组 ($J_{1-2}l$)、中侏罗统遮拉组 (J_2z)、上侏罗统维美组 (J_3w) 和上侏罗-下白垩统桑秀组 (J_3K_1s)。

下侏罗统日当组 (J_1r)：地层为湖坪-陆棚相沉积，岩性以灰、深灰色（含钙）碳质板岩为主，含粉砂质绢云母板岩、粉砂岩和页岩，局部夹少量灰黑色-深灰色薄层-透镜

状生物骨屑灰岩、发育中小型交错层理及波痕的薄层岩屑石英砂岩和蚀变安山岩，与下伏上三叠统涅如组呈整合接触。

下一中侏罗统陆热组 ($J_{1-2}l$)：岩性为深灰色、灰黑色中层状泥晶灰岩夹灰色中层状粉砂岩、碳质板岩和蚀变安山岩，与下伏日当组呈整合接触。

中侏罗统遮拉组 (J_2z)：整体岩性以深灰色 - 灰绿色致密块状/杏仁状玄武岩和灰色致密块状英安岩为主，底部多为灰色薄层状变质粉砂岩、板岩互层，反映了喷溢 - 沉积的特点。在南部错那县觉拉拥果岗和西部拿日雍错一带以灰色、深灰色粉砂质板岩为主，夹少量灰色蚀变玄武岩，局部见中层状泥粉晶灰岩夹层。与下伏陆热组呈喷发不整合。

上侏罗统维美组 (J_3w)：岩性包括灰色粉砂质绢云母板岩夹灰色薄层状粉砂岩、砂屑灰岩、石英质砾岩与含砾石英砂岩、灰色中厚层状变质细粒石英砂岩、灰色厚层状粉砂质板岩夹灰色中薄层状变质粉砂岩等，与下伏遮拉组呈假整合接触。

上侏罗 - 下白垩统桑秀组 (J_3K_1s)：主要为碎屑岩夹火山岩的一套地层组合，下部以板岩和变质石英砂岩为主体，夹灰色、灰绿色玄武岩、玄武质火山角砾岩，与下伏维美组呈假整合接触；上部则以钙质石英砂岩、粉砂质绢云母板岩、灰岩为主体，夹玄武质火山角砾岩和玄武岩。

3. 白垩系 (K)

白垩系主要为陆棚 - 深海环境的一套碎屑岩夹硅质岩、碳酸盐建造。包括下白垩统甲不拉组 (K_1j) 和上白垩统宗卓组 (K_2z)。

下白垩统甲不拉组 (K_1j)：主要分布于措美县哲古错一曲折木一带，呈东西向面状展布，由灰黄、灰色中厚层状细粒长石石英砂岩、含海绿石岩屑石英砂岩夹灰色薄层状粉砂岩组成。在区域东部与下伏桑秀组呈假整合接触，而在西部一带，则为连续沉积的整合接触关系。

上白垩统宗卓组 (K_2z)：主要分布于措美县哲古错一带，呈东西向条带状展布，岩性为灰色、深灰色泥页岩与薄层状生物碎屑泥粉晶灰岩呈不等厚互层。与下伏甲不拉组和遮拉组为角度不整合接触。

第二节 区域构造

一、褶皱

近东西向展布的复式褶皱是构造带的基本褶皱样式，主要有江孜复向斜，羊卓雍错复向斜，康马 - 普莫雍错复背斜和洛扎 - 隆子复向斜等。受逆冲推覆和拆离滑覆等多次构造变形作用的影响，褶皱在不同的部位显示出不同的特征，局部可见两期褶皱叠加的现象。王立全等 (2006) 结合区域地质特征，推测早期的褶皱发生于早白垩世末期，晚期的褶皱发生于始新世 - 渐新世 (主要褶皱期) (Hodges et al., 2000)。