



中国地质调查局

“青藏高原前寒武纪地质和古生代构造-古地理综合研究项目” (1212010610102)

2014年湖北省学术著作出版专项资金资助项目

青藏高原及邻区 前寒武纪地质

Precambrian Geology of the Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Areas

何世平 李荣社 王超 刘良 时超◎等编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE



中国地质调查局

“青藏高原前寒武纪地质和古生代构造-古地理综合研究项目”(1212010610102)

2014 年湖北省学术著作出版专项资金资助项目

青藏高原及邻区前寒武纪地质

Precambrian Geology of the Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Areas

何世平 李荣社 王超 刘良 时超 等编著

内 容 提 要

本书是中国地质调查局组织实施的“青藏高原基础地质调查成果集成和综合研究”地质大调查项目系列成果之一。作者通过对 1999—2008 年中国地质调查局开展 1:25 万区域地质调查资料和科研成果的综合集成,历时 5 年完成青藏高原前寒武纪地质综合研究专题。本书突出反映了青藏高原及邻区前寒武纪组成结构、岩浆活动、变质作用,探讨了前寒武纪构造-热事件及块体归属。本书可供地学领域科研、教学、地质调查及超大陆复原相关工作者参考和借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

青藏高原及邻区前寒武纪地质/何世平等编著. —武汉:中国地质大学出版社,2014. 11

ISBN 978-7-5625-3557-7

I. ①青…

II. ①何…

III. ①青藏高原-前寒武纪地质-综合研究

IV. ①P534. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 266087 号

青藏高原及邻区前寒武纪地质

何世平 李荣社 王超 刘良 时超 等编著

责任编辑:李 晶

选题策划:刘桂涛

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail: cbb@cug. edu. cn

经 销:全国新华书店

http://www. cugp. cug. edu. cn

开本:880 毫米×1230 毫米 1/16

字数:610 千字 印张:18. 5 插页:1

版次:2014 年 11 月第 1 版

印次:2014 年 11 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—1000 册

ISBN 978-7-5625-3557-7

定价:228. 00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

青藏高原及邻区前寒武纪地质

计划项目负责人：潘桂棠 王立全 李荣社

工作项目负责人：李荣社 计文化 何世平

专 题 负 责 人：何世平 王 超 杨永成

主 编：何世平 李荣社 王 超

刘 良 时 超

编 写 人 员：何世平 李荣社 王 超

刘 良 时 超 于浦生

辜平阳 杨永成 张维吉

编 写 单 位：中国地质调查局西安地质调查中心

单 位 负 责 人：李文渊

协 作 单 位：西北大学

序

青藏高原是地球上最年轻、最高的高原,它影响着全球气候变化,蕴藏着丰富的矿产资源,记录着地球演化历史中最壮观的地质事件,是研究地球形成与演化的“金钥匙”,长期以来一直是地学界高度关注的焦点地区。因此,加强青藏高原地质工作,对于缓解国家资源危机,贯彻西部大开发战略,繁荣边疆民族经济,保护生态环境和发展地质科学均具有重要的战略意义。

1999 年国家启动了“新一轮国土资源大调查”专项,按照温家宝总理“新一轮国土资源大调查要围绕填补和更新一批基础地质图件”的指示精神,中国地质调查局组织开展了青藏高原空白区 1:25 万区域地质调查攻坚战,调集 25 个来自全国各省(自治区)地质调查院、研究所、大专院校等单位精干的区域地质调查队伍,每年近千人奋战在世界屋脊,徒步踏遍雪域高原,开创了人类地质工作历史的伟大壮举。

青藏高原平均海拔 4500m 以上,自然地理条件非常恶劣,含氧量仅为内地的 50%,最低温度可达 $-37^{\circ}\text{C} \sim -44^{\circ}\text{C}$ 。地质工作者本着神圣的使命感和强烈的事业心,继承和发扬“特别能吃苦、特别能战斗、特别能忍耐、特别能奉献”的青藏精神,脚踏世界屋脊,挑战生命极限,攀登地质科学高峰。在杳无人烟的可可西里,在悬崖万丈的雅鲁藏布江大峡谷,在生命禁区阿里和西昆仑,开展了拉网式的地质调查。他们迎着刺骨的寒风和纷飞的雪花,克服高山反应带来的呼吸困难、剧烈头痛、失眠乏力等难以想象的困难,甚至冒着肺气肿、脑水肿等致命高原疾病的危险,用身躯、用生命丈量着一条条地质路线,谱写了一曲可歌可泣的时代英雄乐章,用鲜血和汗水换来了丰硕的成果。

从 2006 年开始,中国地质调查局组织实施了“青藏高原基础地质调查成果集成和综合研究”工作。以青藏高原空白区 1:25 万区域地质调查成果为基础,以提高资源勘查评价、生态环境保护和社会发展保障能力,提升青藏高原地质科学研究水平为目标,充分运用现代地学理论和技术方法,系统总结和集成青藏高原基础地质调查研究成果,为国家和区域经济可持续发展提供决策依据。

在青藏高原空白区 1:25 万区域地质调查和国内外有关青藏高原最新研究成果基础上,通过集成和综合研究,编制了地质、资源、地球物理、地球化学系列图件,为青藏高原区域资源勘查、国土规划、环境保护、重大工程规划与建设、地质科学研究等提供了基础图件,包括青藏高原及邻区 1:150 万地质图及说明书;青藏高原及邻区 1:150 万大地构造图及说明书;青藏高原及邻区 1:150 万变质地质图及说明书;青藏高原及邻区 1:150 万前寒武纪地质图及说明书;青藏高原及邻区 1:150 万构造-岩浆岩图及说明书;青藏高原及邻区 1:150 万新生代地质图及说明书;青藏高原及邻区 1:150 万新构造与地质灾害图及说明书;青藏高原地区 1:150 万成矿地质背景图及说明书;青藏高原地区 1:150 万旅游资源图

及说明书;青藏高原及邻区 1:300 万第四纪地质与地貌图及说明书;青藏高原及邻区 1:300 万古生代构造-岩相古地理图及说明书;青藏高原及邻区 1:300 万中生代构造-岩相古地理图及说明书;青藏高原及邻区 1:300 万新生代构造-岩相古地理图及说明书;青藏高原及邻区 1:300 万地球化学系列图及说明书;青藏高原及邻区 1:300 万重力系列图及说明书;青藏高原及邻区 1:300 万航磁系列图及说明书。

上述地、物、化、矿等系列图件及其说明书,均已由国土资源部中国地质调查局组织的院士专家委员会进行了评审验收,并给予很高的评价。2010 年 8 月 26 日,在全国国土资源系统援藏工作会上,中国地质调查局向西藏自治区和青海省人民政府赠送了“青藏高原及邻区地质类、构造-岩相古地理类、资源类和区域物化探类系列图件与说明书”整套研究成果。

(1) 基于 177 幅 1:25 万区域调查成果资料,厘定了区域地层及构造-地层系统,划分出 9 个地层及构造-地层大区、36 个地层及构造-地层区、63 个地层及构造-地层分区,建立了青藏高原及邻区岩石地层划分与对比序列。首次以岩石地层作为编图单位,编制青藏高原及邻区 1:150 万地质图,建立了地质图数据库,全面反映了青藏高原区域地质调查的最新成果。

(2) 按照大地构造相划分方案(3 个大相、14 个基本相和 36 个亚相)对地质体进行大地构造环境解析,以 36 个大地构造亚相作为基本编图单元,编制青藏高原及邻区 1:150 万大地构造图。厘定了青藏高原区域存在 20 条蛇绿混杂岩带,重新构建了青藏高原大地构造格架,划分出 9 个一级、37 个二级和 81 个三级构造单元,提出“一个大洋、两个大陆边缘、三大多岛弧盆系”高原特提斯形成演化模式的原创性认识,建立了大陆边缘造山带“多岛弧盆系构造”新模式。

(3) 依据青藏高原构造-岩浆演化特征及时空格架,按照洋壳型、俯冲型、碰撞型、后碰撞型及陆内伸展型构造-岩浆岩相组合,编制了青藏高原及邻区 1:150 万构造-岩浆岩图,提出了“陆缘侧向增生、陆壳垂向增长”的大陆边缘岛弧造山模式和“新生与再循环”两类地壳、“挤压缩短及地幔物质注入”增厚两种机制的高原地壳形成模式。

(4) 依据青藏高原区域构造及变质特征的时空格架,按照变质(地)区、变质(地)带、变质亚带和甚低—低—高绿片岩相、低—高角闪岩相、蓝片岩相、高—超高压榴辉岩相、麻粒岩相等进行变质环境解析,编制了青藏高原及邻区 1:150 万变质地质图,厘定出 16 条高压—超高压变质带。

(5) 依据青藏高原及邻区前寒武纪陆块或卷入造山带中地块的性质、组成及热事件序列,结合变质期次、变质相带及标志性矿物等变质特征,编制了青藏高原及邻区 1:150 万前寒武纪地质图。探讨了主要块体之间的亲缘关系和构造归属,在昌都地块宁多岩群中获得 $3981 \pm 9\text{Ma}$ 冥古宙地壳物质信息。

(6) 立足 1:25 万区域地质调查成果新资料,以板块构造学说为理论指导,以大陆边缘多岛弧盆系造山模式为主线,以大地构造相及其相关沉积岩相、混杂岩相、岩浆岩相与变质岩相的时空结构分析为基本方法,开创性地开展了青藏高原显生宙 17 个重要地质断代构造-岩相古地理专题研究与编图,揭示了青藏高原特提斯的形成演化过程。

(7) 全面集成和综合研究了 1:25 万区域地质调查获得的新生代地质与第四纪环境演变成果资料,编制了青藏高原及邻区 1:150 万新生代地质图、新构造与地质灾害图和

1:300 万第四纪地质与地貌图,提出了新生代构造演化的四阶段动力学模型,揭示青藏高原构造隆升-地貌水系演化-气候与环境演变的耦合关系,为区域可持续发展提供了地质背景资料。

(8) 系统收集和整理青藏高原区域地质调查与矿产勘查获得的 5000 余矿床(点)资料,编制了青藏高原地区 1:150 万金属及非金属矿产图、成矿地质背景图;划分出 3 个成矿域、10 个成矿省和 33 个成矿带,并对成矿带的地质背景和矿床类型进行了总结,为区域矿产资源勘查评价提供了重要资料。

(9) 系统收集和整理青藏高原地区各类景观点 1600 余处,其中新增 1:25 万区域地质调查发现的各类旅游资源(主体为地质旅游资源)景点 700 余处;编制了青藏高原地区 1:150 万旅游资源图,划分出 26 处地质遗迹集中区,为青藏高原区域旅游资源开发提供了丰富的基础资料。

(10) 在全面收集 1:20 万、1:50 万、1:100 万区域重力调查成果资料的基础上,按照 1:150 万比例尺的数据精度编图、1:300 万比例尺成图的要求,编制青藏高原及邻区重力异常系列图件,实现了青藏高原区域重力成果资料的综合整装。

(11) 在全面综合 1:20 万、1:50 万、1:100 万区域航磁调查成果资料的基础上,按照 1:150 万比例尺的数据精度编图、1:300 万比例尺成图的要求,编制了青藏高原及邻区航磁 ΔT 等值线平面系列图件,实现了青藏高原区域航磁成果资料的综合整装。

(12) 在全面收集 1:20 万、1:50 万区域化探调查成果资料的基础上,按照 1:150 万比例尺的数据精度编图、1:300 万比例尺成图的要求,编制青藏高原及邻区单元素、组合元素和综合异常系列图件,实现了青藏高原区域地球化学成果资料的综合整装。

自然科学研究的重大突破和发现,都凝聚着先辈们艰苦卓绝的成就;地球科学的发展与观念的更新,凝结了特定时代背景的地质调查研究实践与水平。青藏高原地质调查成果的集成和综合研究,必将为深化青藏高原区域地质构造形成演化规律、成矿地质背景、资源开发、环境保护、灾害防治与国民经济发展规划,提供重要的科学依据。

该计划项目是在以中国地质调查局王学龙副局长为联系人、庄育勋主任为责任人、翟刚毅处长为项目办公室主任和潘桂棠、王立全、李荣社为项目负责人的组织及领导下,在计划项目院士顾问委员会刘宝珺院士、李廷栋院士、肖序常院士、许志琴院士、郑绵平院士、殷鸿福院士、任纪舜院士、赵文津院士、陈毓川院士、张国伟院士、多吉院士、金振民院士的精心指导下,在计划项目负责单位成都地质调查中心(成都地质矿产研究所)的直接领导下,由工作项目承担单位西安地质调查中心(西安地质矿产研究所)、中国地质大学(北京)、中国地质大学(武汉)、中国地质科学院地质力学研究所的密切合作完成。

向长期奋斗在青藏高原从事地质调查与研究的地质学家们致以崇高的敬意!

刘宝珺

2010 年 9 月 18 日

前 言

被誉为“世界屋脊”和“地球第三极”的青藏高原是地球上海拔最高、面积最大、年代最新的高原,气势磅礴、景象万千,影响着全球气候变化,也是亚洲许多大河的发源地。青藏高原夹持于塔里木、华北、扬子和印度四大陆块之间,具有独特且复杂的物质组成和地质成因,蕴藏着丰富的矿产资源,记录了地球演化历史中最壮观的地质事件,是研究印度-欧亚大陆碰撞作用壳幔响应、变形过程及资源环境效应得天独厚的窗口,备受全球地学界关注。

1999年启动的新一轮国土资源大调查,将青藏高原地质研究作为一项重点工作,并于2008年全面完成了青藏高原1:25万空白区区域地质调查,共计177幅,总面积约152万km²。为了进一步加强和深化区域地质调查成果的综合集成,从2006年起国土资源部中国地质调查局组织实施“青藏高原基础地质调查成果集成和综合研究”计划项目。“青藏高原前寒武纪地质和古生代构造-古地理综合研究”(项目编号:1212010610102;工作起止年限:2006年1月—2010年12月)为该计划项目下设工作项目,由西安地质调查中心承担,项目负责人为李荣社、计文化、何世平。

“青藏高原前寒武纪地质和古生代构造-古地理综合研究”工作项目包括“青藏高原前寒武纪地质综合研究”和“青藏高原古生代构造-古地理综合研究”两个专题。“青藏高原前寒武纪地质综合研究”专题的具体任务是“依托青藏高原1:25万区域地质调查和区域物化遥调查的基础资料和成果,借鉴国内外最新研究理论和成果,开展青藏高原前寒武纪地质综合研究;通过青藏高原三大构造区前寒武纪地质及周边陆块组成、结构和性质对比研究,结合变质、变形及岩石地球化学、同位素地球化学资料综合分析,建立青藏高原地区前寒武纪构造-地层-热事件序列及地层和年代格架,揭示青藏高原前寒武纪地质演化特点。编制青藏高原前寒武纪地质图,建立青藏高原前寒武纪地质图空间数据库。”

本书是该工作项目“青藏高原前寒武纪地质综合研究”专题成果,属于“青藏高原基础地质调查成果集成和综合研究”计划项目系列成果之一,历时5年完成。在“青藏高原前寒武纪地质综合研究”专题实施的5年中,我们得到了来自多方面的指导和帮助。项目组是在以中国地质调查局王学龙副局长为联系人、庄育勋主任为责任人、翟刚毅处长为计划项目办公室主任的领导、组织和精心指导下完成的;中国地质调查局基础部于庆文副处长、毛晓长等对本项工作给予了大力支持和帮助;项目实施过程中自始至终得到了西安地质调查中心(西安地质矿产研究所)领导、总工办、基础地质处、财务处等各部门的关心和支持,特别是李向所长、樊钧副所长、李文渊所长、杜玉良书记和徐学义总工程师等都对项目工作给予了大力的支持和关怀;研究内容和重大问题得到陆松年

研究员、王根厚教授和张宏飞教授的悉心指导；夏林圻研究员、夏祖春研究员、张二朋研究员、冯益民研究员、王永和教授级高级工程师、校培喜教授级高级工程师、王洪亮研究员、陈隽璐研究员、李向民研究员、马中平博士始终关心指导项目工作，为项目顺利实施和圆满完成提出了很好的建议和指导性意见。计划项目组织实施单位成都地质矿产研究所领导和计划项目负责人潘桂棠研究员、王立全研究员自始至终指导项目的研究实施过程，对项目工作给予了大力支持。与计划项目其他研究团队的讨论、资料共享、及时沟通与交流，对本项工作的促进和启发很大。西北大学大陆动力学国家重点实验室柳小明教授、袁洪林教授、弓虎军博士和第五春荣博士，以及西安地质调查中心李平、武鹏、唐卓、朱涛等人在样品分析测试过程中给予了大力协助。在此谨向上述单位、领导、专家和同事表示衷心感谢！

由于研究区范围大、工作量繁重、时间紧迫，本次综合研究工作中肯定存在一些缺点和错漏，本书中可能对部分区调及科研工作中的一些重要发现和成果没能充分反映，在此表示抱歉，敬请同行们谅解，同时希望热心于从事青藏高原区域地质调查、研究的各位同仁提出宝贵意见、不吝指正，以便在后续的工作中修改、完善。

目 录

第一章 绪 言	1
一、以往研究程度	1
二、研究目的和意义	2
三、工作范围	2
四、指导思想	2
五、技术路线	3
六、研究内容	3
七、地层单位划分和代号	3
八、主要实物工作量	4
九、取得的主要进展	5
十、参加人员及分工	8
第二章 青藏高原前寒武纪构造-地层区划	9
第一节 青藏高原前寒武纪构造-地层区划分原则	9
一、基底结构相似性原则	9
二、盖层发育相似性原则	9
三、构造-热事件相似性原则	9
四、构造-地层区划分的其他标志	10
第二节 青藏高原前寒武纪构造-地层划分方案	10
一、构造-地层区命名原则	10
二、构造-地层区划分方案	11
三、青藏高原前寒武纪基底分布规律	12
四、青藏高原前寒武纪基底概况	14
第三节 小 结	14
第三章 前寒武纪区域地层系统	16
第一节 亲欧亚古大陆区(I)	16
一、塔里木陆块(南部)(I ₁)	16
二、华北陆块(西南部)(I ₂)	23
三、秦-祁-昆地块群(I ₃)	26
四、扬子陆块(西部)(I ₄)	41
五、羌塘-三江地块群(I ₅)	53

第二节 原特提斯洋残迹区(Ⅱ)	63
第三节 亲冈瓦纳古大陆区	63
一、冈底斯地块群(Ⅲ ₁)	63
二、喜马拉雅地块群(Ⅲ ₂)	70
三、印度陆块(北部)(Ⅲ ₃)	75
第四节 小 结	75
第四章 前寒武纪岩浆岩及岩浆事件	77
第一节 侵入岩	77
一、亲欧亚古大陆区	77
二、亲冈瓦纳古大陆区	86
第二节 火山岩	93
一、亲欧亚古大陆区	94
二、亲冈瓦纳古大陆区	97
第三节 岩浆岩地球化学特征	99
一、花岗岩类地球化学特征	99
二、火山岩地球化学特征	108
三、岩浆岩构造环境讨论	130
第四节 岩浆作用及岩浆事件	134
一、亲欧亚古大陆区岩浆事件	134
二、亲冈瓦纳古大陆区岩浆事件	141
三、岩浆事件的时空分布特征	144
第五节 小 结	147
第五章 前寒武纪变质岩及变质作用	149
第一节 区域变质岩	149
一、中深变质岩	149
二、中变质岩	160
三、浅变质岩	167
四、高(—超)压变质岩	176
第二节 区域变质作用及变质相带	177
一、变质作用及变质区带划分	177
二、华北型基底变质区(Ⅰ)	180
三、扬子型基底变质区(Ⅱ)	181
四、塔里木型基底变质区(Ⅲ)	182
五、羌南-保山变质区(Ⅳ)	184
六、泛非型基底变质区(Ⅴ)	184
第三节 前寒武纪变质岩时空分布特征	185

一、前寒武纪变质岩时间分布特征	185
二、前寒武纪变质岩空间分布特征	186
第四节 变质事件	186
一、前中条-吕梁期(AnV)变质事件($>1900\text{Ma}$)	187
二、中条-吕梁期(V)变质事件(1800Ma)	187
三、晋宁期(J)变质事件($1000\sim 800\text{Ma}$)	189
四、泛非期(PA)变质事件($600\sim 500\text{Ma}$)	190
五、泛华夏期(PH)变质事件($520\sim 400\text{Ma}$)	190
第五节 小 结	191
第六章 前寒武纪构造-热事件	192
第一节 碎屑锆石同位素年代学谱系	192
一、塔里木陆块(南部)	192
二、华北陆块(西南部)	192
三、秦-祁-昆地块群	195
四、扬子陆块(西部)	201
五、羌塘-三江地块群	202
六、冈底斯地块群	206
七、喜马拉雅地块群	212
第二节 前寒武纪早期构造-热事件记录	220
一、五台期构造-热事件	220
二、中条-吕梁期构造-热事件	221
第三节 Rodinia 超大陆汇聚和裂解事件	223
一、Rodinia 超大陆构造-热事件时空分布规律	223
二、Rodinia 超大陆汇聚事件	225
三、Rodinia 超大陆裂解事件	226
第四节 泛非期构造-热事件	226
一、泛非运动与“泛华夏”运动的甄别	226
二、泛非运动的沉积记录	228
三、泛非期岩浆作用	230
四、变质作用	231
五、泛非运动在青藏高原的表现形式和波及范围	231
第五节 前寒武纪构造-热事件序列	234
第六节 小 结	237
第七章 青藏高原前寒武纪基底归属探讨	239
第一节 基底结构及其差异对比	239
一、基底结构类型	239
二、青藏高原及邻区基底结构特征	241

三、不同块体构造-热事件对比	244
第二节 前寒武纪块体亲缘关系探讨.....	246
一、青藏高原周缘块体前寒武纪碎屑锆石年代学特征	246
二、青藏高原前寒武纪块体亲缘关系探讨	247
第三节 小 结.....	251
第八章 结 论.....	253
一、主要成果	253
二、存在问题	256
主要参考文献.....	258
附表.....	273
附图.....	280

第一章 绪 言

一、以往研究程度

青藏高原地质研究程度相对滞后,而前寒武纪地质研究显得尤为薄弱,特别是国土资源大调查以前,该区前寒武纪研究程度相对全国其他各地工作程度偏低。

青藏高原前寒武纪地质研究,总体和其他地质工作统一部署、同步进行,前寒武纪专题研究项目安排较少,研究程度显得比较落后。研究区以往地质工作大体分为以下 3 个阶段。

1. 20 世纪 80 年代初以前

该阶段主要是国外地质、地理学家和部分国内地质学家对西藏地区进行路线地质考察,最早可追溯到 1936 年。涉及前寒武纪的地质工作和地区均十分有限,主要侧重于喜马拉雅和雅鲁藏布江下游地区地质构造、地层、变质作用、变质岩、混合岩及岩浆岩,出版了一些专著和论文(Heim, 1936; Gansser, 1964; 李璞, 1955; 应思淮, 1973; 穆恩之等, 1973; 刘秉光等, 1979; 郑锡澜等, 1979; 张旗等, 1981)。这些资料可作为开展青藏高原前寒武纪综合研究的参考。

2. 20 世纪 80 年代初—1999 年

西藏地质局开展了西藏地区日喀则幅、亚东幅、阿里幅 1:100 万区域地质调查,中国科学院组织了西藏科学考察(刘国惠, 1983; 中国科学院西藏科学考察队, 1984)和中法联合考察(李光岑等, 1984)。这段时期的地质工作不同程度涉及青藏高原前寒武纪地质,包括喜马拉雅地区前寒武纪变质岩地质构造(茅燕石等, 1984, 1985a, 1985b; 卫管一等, 1989; Pêcher, 1989),南迦巴瓦地区前寒武纪地质研究及高压麻粒岩的发现(王天武, 1985; 王天武等, 1996; 章振根, 1987; 章振根等, 1992; 钟大赉等, 1995; 刘焰等, 1998; 丁林等, 1999),东昆仑中段万宝沟群的建立及昆仑山蛇绿岩研究(朱志直等, 1985; 高延林等, 1988; 解玉月, 1998),聂拉木岩群的变质岩系、主变质时代(卫管一等, 1985; 许荣华等, 1986),藏南变质岩特征、拆离系和变质核杂岩(张旗等, 1986; 陈智梁等, 1996; 高洪学等, 1996; 王根厚等, 1996, 1997)。该阶段一个显著的特征是开始从区域上和整体上对前寒武纪地质进行研究(郭铁鹰等, 1991; 姜春发等, 1992; 刘国惠等, 1990; 陆松年等, 1985; 董申保等, 1986; 孙鸿烈, 1994),出版了《西藏自治区区域地质志》和《西藏自治区岩石地层》(西藏自治区地质矿产局, 1993; 夏代祥等, 1997)。

20 世纪 80 年代—90 年代初,围绕青藏高原地壳结构和深部特征进行了大量地学断面和深部地球物理勘探(秦建业等, 1985; 滕吉文, 1985; 周兵等, 1991),包括中法合作完成的藏南佩古错—普莫雍错、藏北色林错—雅安多人工地震测深剖面及洛扎—那曲大地电磁测深剖面;从 80 年代后期开始,中国地质科学院完成沱沱河—格尔木、阿里地区的地震探测剖面,原地质矿产部组织实施亚东—格尔木(崔军文等, 1992)、格尔木—额济纳旗等地学断面计划等;1980—1985 年,中法合作开展的“喜马拉雅地质构造与地壳上地幔的形成演化”和“喀喇昆仑地质”合作研究,中英青藏高原综合地质考察队对拉萨至格尔木地区开展了综合地质考察;1992 年,中美开始“国际喜马拉雅和青藏高原深地震反射剖面及合作研究”(IN-DEPTH)。这些工作涉及少量青藏高原前寒武纪块体的空间关系。

1996—2000 年,国土资源部组织实施了“九五”资源与环境科技攻关项目“中国北方元古宙沉积—构造环境及对大型、超大型矿床的制约”;2001—2002 年,国土资源部组织实施了“秦岭中—新元古代造山带与 Rodinia 大陆再造”项目;“863”攻关项目、国家重大基金项目、面上自由基金项目,等等。

3. 国土资源大调查以来

1999—2005年,在国内外地学界给予高度关注的同时,中国地质调查局组织实施了我国新一轮国土资源大调查,国家投资数亿元在青藏高原空白区部署了约177幅1:25万区域地质调查(以下简称“区调”);同时,在区域化探、遥感、重力、航磁等方面,也投入了数亿元进行基础地质调查和矿产勘查评价。与此同时,中国地质调查局还设立了“西北地区重要成矿带基础地质综合研究”“青藏高原北部空白区地质调查与研究”“青藏高原南部空白区地质调查与研究”和“川渝滇黔地质调查与研究”4个区域性计划项目牵头的综合研究。2004年中国地质调查局和成都地质矿产研究所出版了《1:150万青藏高原及邻区地质图》和配套的说明书(潘桂棠等,2004)。这些调查工作和综合研究成果为开展青藏高原前寒武纪地质综合研究奠定了坚实的基础。

该阶段还涌现出大批科研文献和专著,研究区域主要涉及藏东、冈底斯—喜马拉雅、昆仑造山带、祁连—柴北缘,部分涉及阿尔金和羌塘。这些科研文献和专著为青藏高原前寒武纪地质综合研究的开展提供了宝贵资料。

二、研究目的和意义

开展青藏高原前寒武纪地质综合研究的目的是以基础地质调查服务于国民经济建设和社会发展为宗旨,集中反映青藏高原前寒武纪区域地质调查研究的最新成果,充分体现中国地质调查局1:25万地质大调查区调成果的集成,及时展现青藏高原基底的研究程度和地质科研技术的总体水平,全面总结该地区前寒武纪地质特征、时空分布规律及其与邻区关系研究的最新进展,对前寒武纪重大地质事件和关键基础地质问题开展攻关研究。因此,青藏高原前寒武纪地质综合研究,对完善我国大陆造山带基底地质研究,深化高原隆升前的基础地质科学研究,全面概括高原基底组成结构,探讨青藏高原构造归属,提高资源勘查评价和地质灾害防治能力,总结创建具有中国特色的地质科学理论,促进地质科学技术的国际交流,服务于国民经济建设和社会发展,具有重要的现实意义和科学意义。

三、工作范围

工作范围包括中国西藏自治区和青海省的全部、四川省西部、云南西北部、新疆维吾尔自治区南部,以及甘肃、宁夏的一部分地区,涉及印度、不丹、尼泊尔、缅甸、巴基斯坦、阿富汗、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦等邻国的部分地区,总面积约280万 km^2 ,平均海拔4000~5000m。地理坐标为:东经 72° — 106° ,北纬 25° — 40° 。本次综合研究以国内部分为主,并尽可能兼顾邻国和邻区。

四、指导思想

以不断发展的板块构造理论、大陆动力学探索和超大陆旋回等学术思想为指导,将青藏高原置于全球构造格局中,对前寒武纪地质进行全面系统的综合研究与总结,突出近20年以来地质调查和科学研究的新成果和新认识,尤其是1999年以来完成的1:25万区域地质调查成果,集中反映青藏高原及邻区基底地质构造特征,重视结合本区实际的地球科学创新体系的建立,综合运用变质岩石学、同位素地质年代学、同位素地球化学、构造地质学等多学科研究手段,形成具有重要社会影响的综合整装成果,充分展示我国区域地质调查及地质科研的新水平,为国际地学界全面、客观、详细地了解青藏高原前寒武纪基底结构特征提供了翔实的基础地质资料。

五、技术路线

以前期 4 个综合研究成果为“向导”,以青藏高原地区 1:25 万区调为主的基础地质调查成果为“基础”,以青藏高原前寒武纪变质地质体(变质地层和古侵入体)为主要研究对象,青藏高原南部适当上延至下古生界,并注重青藏高原腹地断续出露角闪岩相变质、时代(AnT、AnC、AnS 或 AnO 等)地质体的再研究。从已有资料的汇总综合及筛选入手,以物质建造和变质变形构造恢复为先导,坚持物质组成与变质两者并重的原则。采用变质岩石学、岩相学、构造解析、地球化学及同位素年代学等多学科相互结合的研究方法,以及分区带、分阶段和筛分对比等研究手段,以基底结构-岩浆作用—变质作用为主线,划分构造-地层区,建立青藏高原前寒武纪构造-热事件序列;通过青藏高原内部前寒武纪块体与邻区乃至全球的综合对比研究,探讨相互间的亲缘关系。

六、研究内容

项目组自 2006 年接受“青藏高原前寒武纪地质和古生代构造-古地理综合研究”项目任务后,在系统收集相关资料的基础上,编写了工作项目总体设计书,11 月在成都被中国地质调查局组织的有关专家评为优秀级,明确了青藏高原前寒武纪地质综合研究的主要工作内容为①青藏高原前寒武纪物质组成和块体的时空展布;②青藏高原前寒武纪构造-地层-热事件序列;③青藏高原前寒武纪地质构造格架及其与邻区对比;④编制青藏高原 1:150 万前寒武纪地质图及说明书,建立相应的空间数据库。

七、地层单位划分和代号

参照《中国地层指南及中国地层指南说明书》(2001),地层单位类型划分为正式岩石地层、非正式岩石地层单位及特殊地质体。各地层单位(群、岩群、杂岩等)的代号原则上按照国家标准 GB958—89 (1997)的相关规定表示。

1. 正式岩石地层单位

(1) 群的代号:在相应地质年代代号之后,加群名首位汉字的汉语拼音首位字母的大写斜体。如:长城系甜水海群,其代号为“ChT”。

(2) 如果同时代(纪或代)且群名首位汉语拼音字母相同,原则上在后命名或层位偏上的地层单位加上群名称第二个汉字的汉语拼音首位字母小写斜体。如:南华—震旦系白依沟群,其代号为“NhZBy”(与南华—震旦系白杨沟群“NhZB”首位字母重复)。

(3) 组的代号:在地质年代代号之后,加组名首位汉字的汉语拼音首位字母的小写斜体。如:蓟县系花儿地组,其代号为“Jxh”。

(4) 如果同时代组名首位汉语拼音字母相同,原则上在后命名或层位偏上的地层单位加上第二个汉字的汉语拼音首位字母小写斜体。如:青白口系王全口组,其代号为“Qbwq”(与青白口系五个山组“Qbw”重复)。

2. 非正式岩石地层单位

(1) 岩群代号:同群的代号,但在代号右下角加一个缩写点“.”,以此与群区分。如:长城系赛图拉岩群,其代号为“ChS.”。

(2) 岩组代号:岩组属岩群的再分,相当于组一级非正式单位,故其代号同组,但代号右下角加一个缩写点“.”,以此与组区分。如:中—新元古界吉塘岩群的新元古界西西岩组,其代号为“Pt₃y.”(不再加岩群代号)。

(3) 如同时代代号有重复,与群、组代号处理原则相同,但代号右下角仍应加“.”。

(4) 未建组的特殊岩层单位代号:在地质时代代号后加地理名称汉字的汉语拼音首位字母大写斜体,右上角加上主体岩石代号。如:震旦系柳什塔格玄武岩,其代号为“ZL^b”。

(5) 按照岩性命名的特殊岩层单位代号:在地质时代代号右上角加上主体岩石代号。如:长城系浅粒岩组,其代号为“Ch^{li}”。

3. 其他地层单位

(1) 跨系地层单位的代号:采用两个时代代号连续表示。如:南华系、震旦系并层或未分,其代号统一用“NhZ”表示;新元古界和寒武系并层或未分,其代号统一用“Pt₃Є”表示。

(2) 跨界地层单位的代号:“界”的代号统一用“-”连接。如:中、新元古界并层或未分均用“Pt₂₋₃”表示。

(3) 多个地层单位(组或岩组)并层(群或岩群)的代号:依据工作程度,可表示到组或岩组的岩石地层单位,以组或岩组的代号,其所属群或岩群的代号不再表示;如果局部地区可表示到组或岩组的岩石地层单位,以组或岩组的代号和其所属群或岩群的代号分别表示,如吉塘岩群“Pt₂₋₃Jt.”包括恩达岩组“Pt₂e.”和西西岩组“Pt₃y.”,在北羌塘地区吉塘岩群局部可细分出恩达岩组和西西岩组,因此,以吉塘岩群的代号“Pt₂₋₃Jt.”和恩达岩组的代号“Pt₂e.”、西西岩组的代号“Pt₃y.”分别表示。

(4) 对于境外资料不详的岩石地层单位的代号:只表示到地层时代代号。如:“Pt”或“Pt₂₋₃”。

(5) 对于地质时代尚未准确限定有可能属于前寒武纪的(变质)地层,采用已确定地质时代的上限代号,前面加上“An”。如:前奥陶纪松多岩群,其代号表示为“AnOS.”。

八、主要实物工作量

“青藏高原前寒武纪地质综合研究”专题工作开展以来,收集了大量区调和科研资料,在编图和综合研究过程中,填制了大量前寒武纪地质体属性卡片,还进行了有关规范、细则的讨论和制定;在中国地质调查局基础部和项目办公室的统筹安排和直接领导下,分东、中、西3条线完成了对青藏高原各主要构造单元的联合考察;围绕青藏高原前寒武纪地质-构造格架开展了重要剖面 and 关键地段的野外工作,采集、测试了系列样品。

完成的主要实物工作量详见表 1-1。

表 1-1 青藏高原前寒武纪地质综合研究实物工作量完成情况表

工作内容	序号	工作项目	单位	设计总工作量	累计完成工作量	累计完成率(%)
资料收集	1	1:25 万区调成果资料	套	177	177	100
	2	1:20 万区调成果资料	套	130	198	152
	3	1:5 万区调成果资料	套	30	80	267
	4	近年出版的学术论文、专著	篇		1100	
	5	青藏高原北部综合研究成果	套	1	1	100
	6	青藏高原南部综合研究成果	套	1	1	100
	7	川渝滇黔地区综合研究成果	套	1	1	100
	8	西北地区基础地质调查及数据更新综合研究成果	套	1	1	100
	9	甘肃、青海、新疆新编 1:50 万地质图	套		3	
	10	青藏高原及邻区 1:150 万地质图及说明书	套		1	