

当雄幅 1:25 万区域地质调查构造专题  
国际合作 INDEPTH - 项目地质课题 联合资助  
95 - 13 - 01 - 06 与 001CB711001 课题

# 青藏高原腹地的地壳变形 与构造地貌形成演化过程

吴珍汉 叶培盛 胡道功  
邵兆刚 赵 逊 吴中海 著  
江 万 刘琦胜 周春景

地质出版社  
· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书在西藏当雄幅 1:25 万区调工作基础上,对青藏高原腹地不同时期区域构造型式、地壳变形特征、构造地貌演化和高原隆升过程进行了系统研究和阐述。主要内容包括:区域地质概况、地壳挤压变形与构造型式、地壳伸展变形与构造型式、典型盆-山构造地貌形成演化过程、地壳缩短增厚与高原隆升过程、活动断层及灾害效应、构造应力场与热动力场数值模拟等。它的出版将会对碰撞造山理论和大陆动力学的发展起到积极的推动和促进作用。

本书可供从事区域地质调查与大陆动力学研究的专业技术人员和教学人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

青藏高原腹地的地壳变形与构造地貌形成演化过程/吴珍汉等著.

- 北京:地质出版社,2003.9

ISBN 7 - 116 - 03898 - 1

. 青... . 吴... . 青藏高原 - 地壳形变 -  
研究 青藏高原 - 构造地貌学 - 研究 . P548.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 080487 号

---

执行编辑:王大军

责任编辑:白铁 邢瑞玲 沈 镭

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) 82324508 (邮购部); (010) 82324579 (编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张:19

字 数:465 千字

印 数:1—700 册

版 次:2003 年 9 月北京第一版·第一次印刷

定 价:50.00 元

ISBN 7 - 116 - 03898 - 1/ P·2405

---

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 序 言

青藏高原是地球表面面积最大、时代最新、海拔最高的大陆高原，发育复杂的构造变形历史和碰撞造山过程，现今仍具有强烈的构造活动性，是国际科学界公认的大陆动力学野外实验室。青藏高原的构造变形、地壳缩短增厚与高原隆升过程及环境灾害效应已经成为国内外地球科学领域关注的热点问题。

对青藏高原地质构造，前人进行了长期探索和调查研究工作。20世纪50年代初期，李璞等开展过1:50万路线地质调查；20世纪50年代中晚期，西藏自治区在羊八井—当雄—那曲一带做过1:100万石油地质普查。20世纪60年代，中国科学院先后3次组织对青藏高原与喜马拉雅地区的综合科学考察，发现一批重要的古生物化石、岩浆侵入体与重要构造带，出版了系列考察报告。20世纪70年代，西藏地质局组织完成拉萨幅1:100万区域地质调查，编制拉萨幅1:100万地质图；美国科学家Molnar和法国地质学家Tapponnier利用陆地卫星遥感资料，结合地震震源机制解，合作研究青藏高原活动构造，提出青藏高原存在大规模走滑运动和东向挤出现象，在国际地学界产生重大影响。1980年，原地质矿产部青藏高原综合地质调查大队会同有关地矿局，在分析已有资料与综合研究的基础上，编制出版了青藏高原及邻区1:150万地质图。1980~1984年，原地质矿产部、中国科学院与法国国家科学研究中心联合开展了“喜马拉雅山地质构造与地壳上地幔的形成和演化”合作研究，在地壳-上地幔结构组成与构造演化、地层古生物、蛇绿岩、侵入岩、变质岩、人工地震测深、大地电磁测深、古地磁与活动构造方面，取得重要成果，发表了大量有重要影响的学术论文，出版了系列专著。1984~1986年，中国科学院与英国皇家学会联合组成中-英青藏高原综合地质考察队，开展了拉萨—格尔木走廊带的地层、岩石、构造、第四纪地质、活动构造、高原隆升过程等方面的系统调查与研究工作，分别出版了中、英文专著与1:50万地质图。1985~1990年，国家地震局与西藏自治区科委联合组织藏中地区活动构造与当雄8级地震、崩错8级地震的考察与研究工作，相关成果于1992年以专著形式出版。1987~1991年，中国地质科学院、中国地质大学、长春地质学院与中国科学院地质研究所、地球物理研究所等8个单位的60余名不同学科的专家，联合完成了亚东—格尔木GGT地学断面，在岩石圈结构构造、深部过程、岩浆岩地球化学与古地磁等方面取得重要进展，编制地质与地球物理系列图件，受到国际地学界的重视与好评，主要研究成果已于1996年以专著形式出版。1987~1989年，西藏地矿局组织编著了《西藏自治区区域地质志》，对青藏高原区域地质、区域构造、深部构造与活动构造进行了系统分析。20世纪90年代初期以来，在赵文津研究员、Larry Brown教授、Douglas Nelson教授的组织与领导下，中国地质科学院、中国地质大学与美国、德国、加拿大十多个大学的数十名科学家一起，分3个阶段，联合开展了喜马拉雅—青藏高原深部探测（简称INDEPTH），在地壳精细结构构造、深部地质、区域构造等方面取得多项重要探测成果，在《Science》、《Nature》、《Journal of Geophysical Research》、《Tectonics》、《Terra Nova》

等国际核心刊物发表数十篇论文，引起国际地学界的广泛关注与重视。国际上每年召开一次“喜马拉雅-喀喇昆仑-青藏高原学术研讨会”（简称 HKT），交流最新研究成果，至今已连续召开 18 届 HKT 学术会议。中国科学院对青藏高原深部构造也进行过长期探测（潘裕生、孔祥儒，1998）。

对青藏高原隆升过程与机理，前人开展过大量研究工作。20 世纪 20 年代，Argan 提出印度大陆俯冲导致青藏高原隆升模式。1964 年，我国科学家施雅风、刘东生等在西夏邦马峰北坡发现上新世高山栎化石，推测自上新世以来喜马拉雅地区隆升幅度达 3000 m。20 世纪 70 年代，中国科学院青藏高原综合科学考察队在喜马拉雅山中段的吉隆盆地和唐古拉山南坡布隆盆地发现上新世三趾马动物群，推断青藏高原上新世末期平均海拔高度不超过 1000 m，青藏高原隆升主要发生在第四纪。20 世纪 70~90 年代，中外科学家进行了大量的大气数值模拟研究工作，支持了青藏高原第四纪隆升模式（施雅风等，1998；孙鸿烈等，1998）。20 世纪 90 年代中期，钟达赉与丁林应用磷灰石裂变径迹方法，通过青藏高原东部侵入岩和变质岩磷灰石的裂变径迹测年，分析青藏高原隆升过程，认为青藏高原快速隆升开始于 3 Ma，而且自 3 Ma 2 Ma 1 Ma，高原隆升速率自 1~2 mm/a 2~7 mm/a 10~30 mm/a，呈现出近指数增加趋势。1990 年，Molnar and England 在《Nature》上发表文章，对依据古气候变化、古生物变迁分析青藏高原隆升过程的方法提出质疑。1992 年，Harrison et al. 在《Science》上发表论文，根据热年代学方法测定的岩体剥露速率，推断青藏南部在 20~18 Ma 期间发生地壳快速增厚和高原快速隆升事件。1995 年，Harrison, et al. 应用钾长石<sup>39</sup>Ar-<sup>40</sup>Ar 多重扩散域热年代学方法，测定念青唐古拉山东部糜棱岩形成时代与冷却历史，分析羊八井-当雄盆地形成时代，进而依据重力坍塌理论，推断青藏高原在 7~8 Ma 已经达到现代地壳厚度并接近现今海拔高度。Turner et al. (1993) 根据地壳增厚-岩石圈去根减薄-地幔岩浆活动-高原隆升关系模式，通过测定新近纪地幔源玄武岩的时代，分析青藏高原隆升时代，认为青藏高原在 13~14 Ma 达到最大海拔高度。2001 年，Blisniuk et al. 根据双湖盆地西边界断裂带绢云母、白云母的 Rb-Sr 等时线测年方法，测出双湖地堑盆地的裂隙开始时代为 13.5 Ma，从而将青藏高原隆升到现今相近海拔高度的时代提前到 13.5 Ma。迄今为止，国内外科学家对青藏高原隆升过程存在截然不同的观点和认识。

自 1998 年以来，作者先后承担中-美-德-加合作 INDEPTH- 项目地质课题、国家重点基础研究发展规划“大陆强震机理与预测”项目“中国西部主要地块新构造运动与现今活动性研究”（95-13-01-06）子课题、中国地质调查局与中国地质科学院资助“西藏当雄幅 1:25 万区域地质调查”项目（2000~2002 年）及中国地质调查局与铁道部联合资助“青藏铁路沿线活动断层调查与地应力测量”项目（2001~2003 年）。这些项目虽然目标任务不同，但都将青藏高原地壳变形与构造地貌演化过程列为重要研究内容。国际合作 INDEPTH- 项目地质课题（1998~2002 年）侧重研究德庆-伦坡拉-双湖-多格错仁走廊带的地质构造、地壳缩短与高原隆升过程。中国西部主要地块新构造运动与现今活动性研究课题（1999~2002 年）以青藏高原腹地为重点工作地区，侧重研究新构造运动、构造地貌演化过程与现今构造活动性。西藏当雄幅 1:25 万区域地质调查项目（2000~2002 年）设立构造专题，以西藏当雄幅 1:25 万测区为重点工作地区，围绕区域构造、地壳变形、构造地貌演化及相关科学问题，开展系统研究。青藏铁路沿线活动断层调查与地应力测量

项目（2001～2003年）将晚更新世—全新世构造活动、断层运动、地表应力、区域地壳稳定性及相关地质灾害列为重要研究内容。本书综合各项目（课题）的相关资料与观测成果，以西藏当雄及邻区为重点地区，研究青藏高原腹地不同时期的区域构造型式、地壳变形特征、构造地貌演化和高原隆升过程，分析地壳运动驱动机理，期望为碰撞造山理论和大陆动力学发展起到一定的推动和促进作用。

青藏高原腹地（图1）是班戈—八宿、隆格尔—南木林和拉萨—察隅不同地层分区的会聚复合地区，具有复杂的地质构造演化历史，形成了颇具特色的高原地貌景观，发育雄伟壮观的念青唐古拉山脉、绵延起伏的旁多山地、风光秀丽的纳木错湖盆、闻名中外的羊八井—当雄地堑盆地、热气腾腾的高温喷泉与奔涌不息的拉萨河，形成不同高度的层状地貌、不同方向的断层地貌、不同特点的盆—山构造地貌与不同规模的河湖阶地地貌，是研究青藏高原形成演化的关键地区。本书在西藏当雄幅1:25万区域地质调查、INDEPTH-项目德庆—双湖—多格错仁强错与拉萨—格尔木走廊带路线地质观测、青藏铁路沿线活动断层勘测与地质灾害调查及青藏高原新构造研究基础上，将区域地质调查—前沿性科学问题研究、构造变形—地壳缩短—高原隆升—环境变迁、深部过程—地表效应紧密联系在一起，以当雄幅1:25万测区为重点、兼顾周边及相邻地区的关键地质路线（图1），从野外观测、年代学测定、数值模拟和理论分析不同角度，研究青藏高原腹地的地壳变形历史和构造地貌形成演化规律，探讨青藏高原隆升过程及动力学机理。

参加本书研究工作的人员主要包括吴珍汉研究员、叶培盛博士、胡道功博士、邵兆刚博士、赵逊研究员、江万博士、吴中海博士、刘琦胜研究员和周春景助理研究员。王薇高级工程师和王连捷研究员提供了青藏铁路沿线构造应变的数值模拟资料。活动断裂的浅源地震勘探与联合电法勘探资料由彭华研究员提供；氦气测量由夏浩东工程师、李国歧工程师完成。地质力学研究所西藏区域地质调查项目组杨欣德博士提供了区域地层资料，赵希涛研究员、朱大岗研究员提供了部分第四纪地质资料，孟宪刚研究员、冯向阳研究员、李增水工程师与作者一起开展了部分野外地质调查工作，柯东昂教授级高级工程师和王建平研究员对区域地质和区域构造分析提供过帮助。中国地震局地质研究所年代学实验室协助完成裂变径迹测年、热释光测年和部分ESR测年任务，中国地质科学院离子探针SHRIMP中心为锆石U-Pb同位素测年提供了指导和帮助，中国地质科学院地质研究所和石油规划院同位素实验室协助完成K-Ar法测年任务，中国地质科学院地质力学研究所张淑坤研究员与吴乃芬高级工程师协助完成部分ESR测年任务，样品单矿物分选由河北省区域地质调查研究所协助完成。有关图件由鄢犀利工程师、尚玲高级工程师和赵小荣高级工程师清绘。中国地质科学院赵文津院士长期关心、支持、指导相关研究工作，中国地质科学院肖序常院士、李廷栋院士、陈克强研究员与中国地质调查局基础部副主任庄育勋研究员对区域地质调查及相关研究工作提出过很多指导性意见，中国地质调查局水环部主任殷跃平研究员对活动断层、地质灾害和地壳稳定性评价提出过很多有益的建议，中国地质科学院张彦英院长对青藏铁路沿线活动断裂勘测与地质灾害调查给予了大力支持和精心指导，中国地质科学院副院长董树文研究员与科技处长李贵书研究员、熊嘉育研究员长期支持相关项目和课题的研究工作，地质力学研究所领导和职能部门给予了多方面的支持和帮助，在此一并致谢。

本书序言由吴珍汉、赵逊编写，第一章由吴珍汉、胡道功编写，第二章由叶培盛、吴珍汉编写，第三章由吴珍汉、叶培盛、赵逊编写，第四章由吴珍汉、刘琦胜、胡道功编写，

第五章由吴珍汉、江万编写；第六章由吴珍汉、吴中海、江万、周春景编写，第七章由邵兆刚、吴珍汉编写，结束语和英文简介由吴珍汉、赵逊编译。全书由吴珍汉负责修改、统稿和定稿。赵希涛研究员与柯东昂教授级高级工程师对书稿提出了宝贵的修改意见。

由于本书涉及青藏高原区域地质调查的很多基础问题和现代地球科学的热点问题，因此仅能够起抛砖引玉的作用，不足和错误在所难免，欢迎同行专家批评指正。

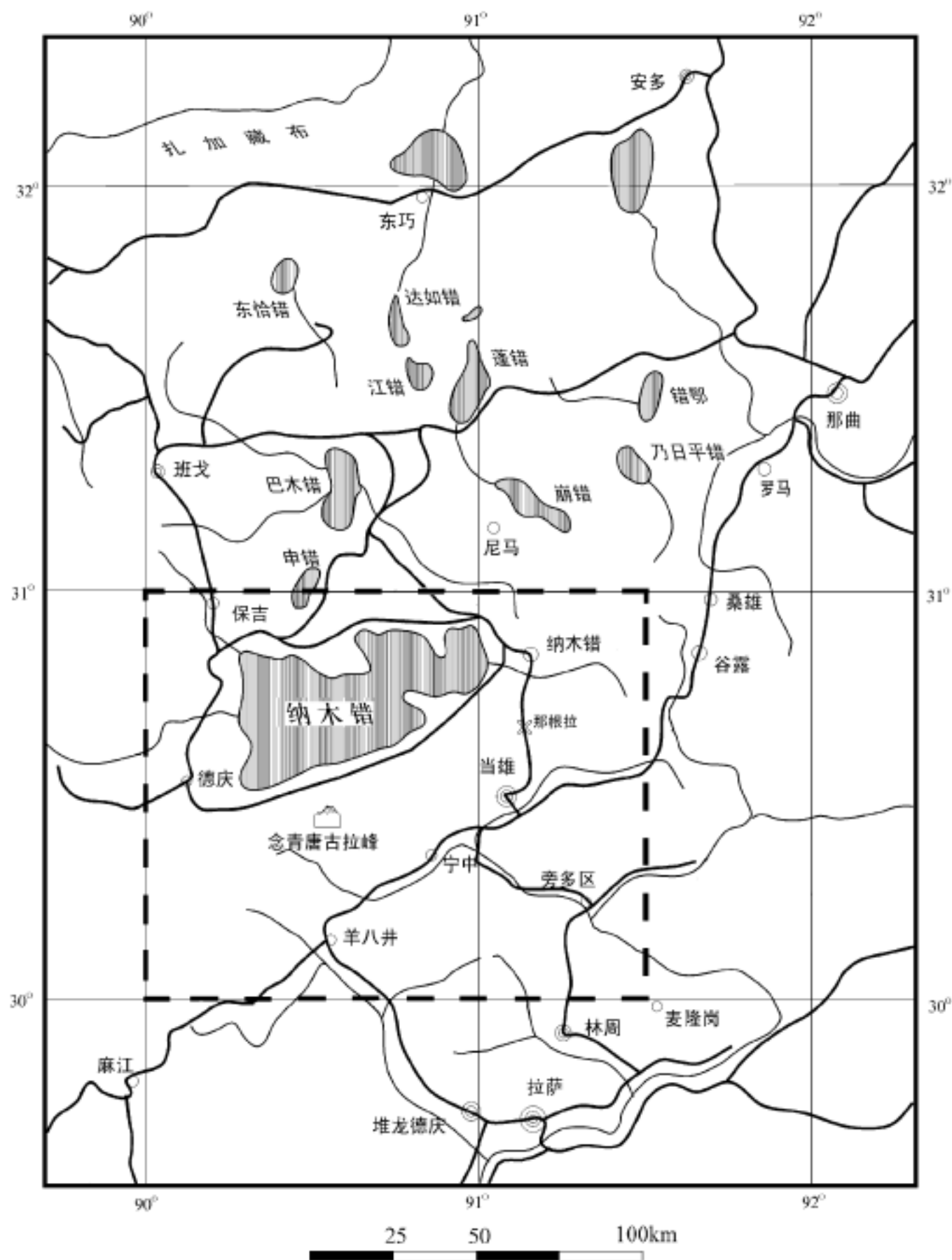


图 1 研究区交通位置示意图

(虚线框出西藏当雄幅 1:25 万测区范围，粗线表示公路，细线表示河流)

Fig.1 Sketch map illustrating research areas and 1:250000 mapping region by dashed lines

# 目 录

## 序 言

第一章 区域地质概况.....	( 1 )
第一节 区域地质背景.....	( 1 )
第二节 区域地层系统.....	( 5 )
第三节 区域岩浆活动.....	( 11 )
第四节 区域变质作用.....	( 14 )
第五节 区域地貌特征.....	( 21 )
第二章 地壳挤压变形与构造型式.....	( 27 )
第一节 典型褶皱构造.....	( 27 )
第二节 压扭性韧性剪切带.....	( 44 )
第三节 纳木错逆冲推覆构造.....	( 52 )
第四节 旁多逆冲推覆构造.....	( 70 )
第三章 地壳伸展变形与构造型式.....	( 86 )
第一节 纳木错西岸蛇绿岩与古大洋扩张遗迹.....	( 86 )
第二节 新生代晚期地壳伸展构造型式.....	( 103 )
第三节 地壳伸展走滑断层形成活动时代.....	( 113 )
第四章 典型盆-山构造地貌形成演化过程 .....	( 120 )
第一节 当雄-羊八井盆-山构造地貌特征 .....	( 120 )
第二节 念青唐古拉花岗岩侵位与山脉隆升过程.....	( 125 )
第三节 典型盆-山构造地貌形成演化过程 .....	( 141 )
第五章 地壳缩短增厚与高原隆升过程.....	( 147 )
第一节 新生代地质发展历史.....	( 147 )
第二节 地壳结构与组成模式.....	( 152 )
第三节 地壳缩短量估算.....	( 161 )
第四节 古地壳厚度与古海拔高度的理论分析.....	( 168 )
第五节 青藏高原隆升的地质记录和环境响应.....	( 176 )
第六章 活动断层及灾害效应.....	( 183 )
第一节 活动断层及研究方法.....	( 183 )
第二节 当雄-羊八井盆地活动断层地质特征 .....	( 196 )
第三节 当雄-羊八井盆地断层活动时代与运动速度 .....	( 214 )
第四节 活动断层-温泉-地震关系 .....	( 217 )
第五节 区域构造活动性与地壳稳定性评价.....	( 227 )
第六节 典型地质灾害.....	( 233 )

第七章 构造应力场与热动力场数值模拟.....	(247)
第一节 有限元数值模拟方法与介质模型.....	(247)
第二节 古近纪构造应力场数值模拟.....	(251)
第三节 晚近时期构造应力场数值模拟.....	(256)
第四节 羊八井及邻区现今热动力场数值模拟.....	(261)
第五节 构造地貌形成演化的动力学机理.....	(267)
结束语.....	(272)
英文摘要.....	(276)
参考文献.....	(287)

# 第一章 区域地质概况

西藏当雄及邻区位于青藏高原腹地，经历了漫长的地质构造演化历史，发育元古宙念青唐古拉变质杂岩、古生界、中生界和新生界不同时期的岩石地层记录、多期岩浆侵入与火山喷发事件，具有复杂的地壳变形过程，形成了颇具特色的区域构造格局和高原地貌景观，成为国际地球科学领域研究青藏高原形成演化不可或缺的关键地区。

## 第一节 区域地质背景

青藏高原经历了多期特提斯古大洋板块俯冲和区域构造运动，在青藏高原内部形成了5条总体呈近EW向展布的大型缝合带，包括晚白垩世—始新世雅鲁藏布江缝合带、侏罗纪—早白垩世班公-怒江缝合带、三叠纪可可西里-金沙江缝合带、晚古生代阿尼玛卿-南昆仑缝合带与早古生代昆仑山缝合带（图1-1）。沿4条区域性板块缝合带，发育不同时期的蛇绿岩套、混杂堆积、构造变形与高压变质带。不同时期蛇绿岩套代表不同时期古洋壳残片，一般呈构造岩片方式赋存于不同时期缝合带内。早古生代，原特提斯古大洋板块沿昆仑山缝合带发生俯冲消减事件，在昆仑山地区形成绿片岩相—角闪岩相区域变质作用与广泛的花岗质岩浆侵位活动。晚古生代，古特提斯古大洋板块的俯冲消减导致昆仑山及邻区海西期中酸性岩浆侵位和古生代地层的区域变质作用，形成大型韧性剪切带和近EW向紧闭褶皱、片理化带和劈理化带。晚二叠世—三叠纪，由于古特提斯古大洋板块的俯冲消减，形成可可西里-金沙江缝合带，在双湖—龙木错地区、可可西里地块和昆仑山南部形成海西—印支期中酸性岩浆侵入、褶皱变形、韧性剪切带和区域浅变质作用。侏罗纪—早白垩世，新特提斯北大洋板块向北俯冲于古欧亚大陆板块之下、向南俯冲于念青唐古拉古陆块之下，在班公-怒江缝合带形成侏罗纪蛇绿岩套、混杂堆积及大量逆冲推覆构造与褶皱构造，在纳木错—班戈地区形成古岛弧，产生广泛的浅变质作用、岛弧火山活动和中酸性岩浆侵位事件。晚白垩世—始新世，新特提斯南大洋板块沿雅鲁藏布江缝合带发生俯冲消减，形成长达千余公里的雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带及其北侧冈底斯中酸性岩浆带，导致古新世—渐新世林子宗群岛弧火山岩广泛喷发及上白垩统—古新统地层的褶皱变形事件。不同时期特提斯古大洋板块的俯冲消减及相关构造热事件主要发生于板块缝合带与古岛弧带，而对远离缝合带和古岛弧的广大地区则影响较小。特提斯古大洋的扩张、俯冲、消减对青藏地区古生代、中生代和新生代早期的地质构造演化历史具有重要的控制作用。

约自50~45 Ma开始发生的印度-欧亚陆-陆碰撞事件，是地质历史时期最重要的全球性构造事件，其影响范围、深度、广度及大陆动力学意义是任何时期特提斯古大洋板块的俯冲事件都无法比拟的。印度大陆板块沿喜马拉雅构造带俯冲于欧亚大陆板块之下，在喜马拉雅山地区形成巨型逆冲推覆构造系统，包括主中央逆冲断裂系（MCT）与主边界逆

冲断裂系 (MBT), 在 MCT 北侧形成巨大的藏南拆离滑脱构造体系 (STD), 构成印度-欧亚大陆板块之间的重要碰撞造山带。印度大陆北向俯冲所产生的巨大构造动力导致青藏地区古近纪发生广泛的区域性褶皱变形、逆冲推覆和显著的地壳缩短, 新近纪青藏高原快速隆升事件与地壳大规模伸展走滑运动, 形成大量古近纪逆冲推覆构造系统, 如泽东-仁布逆冲构造系统、风火山逆冲构造系统、昆仑山逆冲构造系统, 产生大量第四纪区域性活动走滑断裂系统, 如阿尔金左旋走滑断裂、昆仑山左旋走滑断裂、可可西里左旋走滑断裂、风火山左旋走滑断裂、唐古拉山北左旋走滑断裂、嘉黎-喀喇昆仑右旋走滑断裂系、雅鲁藏布江活动断裂系及当雄-羊八井、温泉、双湖、错那湖、安多等裂陷盆地 (图 1-1)。这些重要构造带将青藏高原分割成不同构造块体。依据区域构造演化与地壳结构特点, 以缝合带、碰撞带与边界断裂为界, 将青藏高原划分为 6 个主要块体, 自南向北依次为喜马拉雅地块、冈底斯-拉萨地块、羌塘地块、可可西里-巴颜喀拉地块、昆仑-柴达木地块与祁连地块 (图 1-1)。在青藏高原南侧分布有印度陆块, 在青藏高原北侧分布有塔里木地块。

根据前人资料, 北昆仑地区在早古生代时期地处欧亚大陆南部边缘, 中昆仑地区在加里东期和海西—印支期均处于古岛弧环境; 喀拉昆仑-羌塘地块在古生代属冈瓦纳古大陆的一部分 (潘裕生, 1990、1992)。自古生代开始, 欧亚大陆地壳不断向南增生, 特提斯洋不断向南退缩, 形成不同时期的不同沉积建造和蛇绿混杂岩带。古生代海相沉积分布于包括祁连、昆仑在内的整个青藏地区 (图 1-2)。晚古生代—三叠纪, 沿可可西里-金沙江构造带发生古特提斯洋板块的快速俯冲事件, 形成可可西里-金沙江板块俯冲带及其北侧岛弧带, 至晚三叠世形成可可西里-金沙江板块缝合带, 导致古特提斯大洋逐步退缩到可可西里-金沙江缝合带以南地区; 可可西里-金沙江缝合带以北地区逐步隆升成陆 (图 1-2)。侏罗纪时期, 羌塘地块普遍发育浅海相沉积, 可可西里-巴颜喀拉地块为陆相沉积环境; 约自中侏罗世开始, 特提斯洋板块向南、北两侧发生快速俯冲事件, 形成班公-怒江缝合带和班戈-纳木错古岛弧, 导致羌塘地块逐步褶皱隆升; 至早白垩世羌塘地块整体转变成陆相环境, 特提斯洋退缩到班公—怒江以南地区。白垩纪时期, 青藏北部地区处于陆相环境, 冈底斯-拉萨地块处于海相环境; 约自晚白垩世开始, 特提斯洋板块沿雅鲁藏布江发生快速俯冲事件, 沿冈底斯构造-岩浆带发生强烈构造-热事件, 导致冈底斯-拉萨地块逐步褶皱隆升成陆, 形成雅鲁藏布江缝合带 (图 1-2)。古近纪, 特提斯洋退缩到喜马拉雅以南地区; 至始新世早中期约 45 ~ 50 Ma, 特提斯洋在青藏全境消亡; 随后发生印度-欧亚陆-陆碰撞事件 (图 1-2)。渐新世末期—中新世早期, 印度大陆板块开始向北俯冲, 形成喜马拉雅山主中央断裂 (MCT) (Meigs et al., 1995; Burbank et al., 1996), 中新世中晚期形成主边界断裂 (MBT) (Zeitler et al., 1985; Harrison et al., 1992), 导致喜马拉雅山与青藏高原的地壳发生巨量缩短、增厚与快速隆升, 逐步形成现今构造-地貌格局 (图 1-2)。

研究区主体位于青藏高原腹地拉萨地块北部, 北至班公-怒江缝合带, 南至雅鲁藏布江缝合带; 重点工作地区位于西藏当雄幅 1:25 万区域地质调查图幅范围即北纬 30°00' ~ 31°00'、东经 90°00' ~ 91°30' (图 1-1)。部分观测路线延伸到羌塘地块中部双湖地区和北部可可西里地区。在安多南部和念青唐古拉山地区出露前寒武纪变质基底岩系。早古生代时期发育海相碳酸盐岩-碎屑岩系, 石炭纪—早二叠世早期发育广泛分布于冈瓦纳大陆北部边缘的海相冰筏或重力流沉积成因含砾板岩, 早二叠世晚期发育浅海相沉积成因生物碎

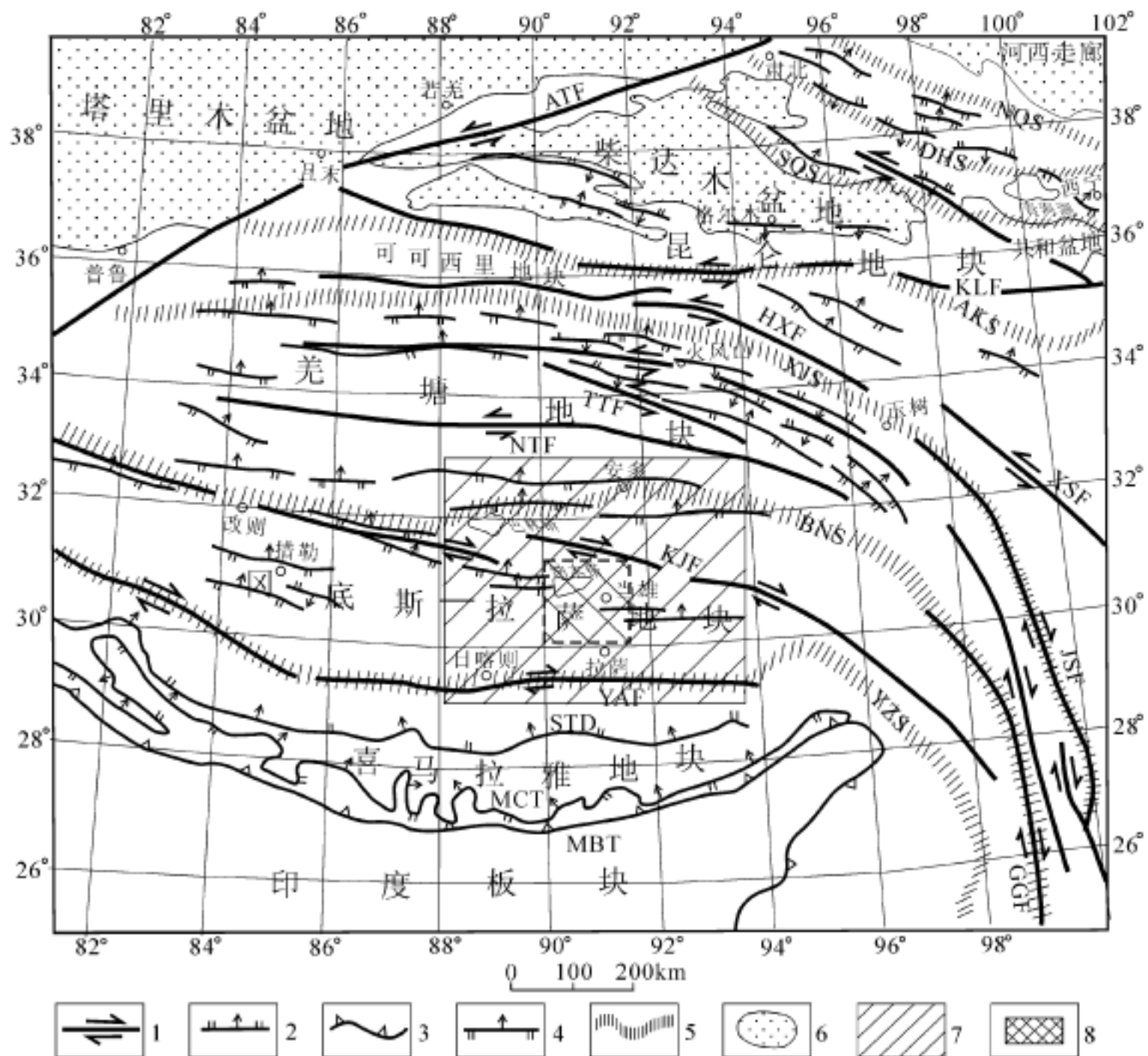


图 1-1 青藏高原构造区划略图

Fig.1-1 Tectonic units of the Tibetan Plateau

1—活动走滑断裂；2—正断层；3—板块边界；4—逆断层；5—缝合带；6—沉积盆地；7—专题研究范围；  
8—当雄幅 1:25 万区域地质调查范围与专题重点工作地区

屑灰岩，三叠纪发育砂页岩和碳酸盐岩沉积，中晚侏罗世—早白垩世处于海相沉积环境，发育海相碳酸盐岩-碎屑岩系；侏罗纪—晚白垩世特提斯洋壳俯冲事件在班公-怒江缝合带残留大量侏罗纪古大洋残片，形成蛇绿混杂岩带，在改则—尼玛—班戈一带发生区域性大规模中酸性岩浆侵位事件（图 1-2）。晚白垩世—古近纪时期，研究区主体逐步转变成海陆交互相和陆相沉积环境；随着特提斯古洋壳北向俯冲，在冈底斯-拉萨地块南部诱发大规模岛弧型火山喷发和中酸性岩浆侵入事件。古近纪晚期印度-欧亚陆陆碰撞期间，在冈底斯-拉萨地块发生强烈的构造变形和地壳缩短事件，导致高原快速隆升（图 1-2），逐步形成现今颇具特色的构造-地貌格局。

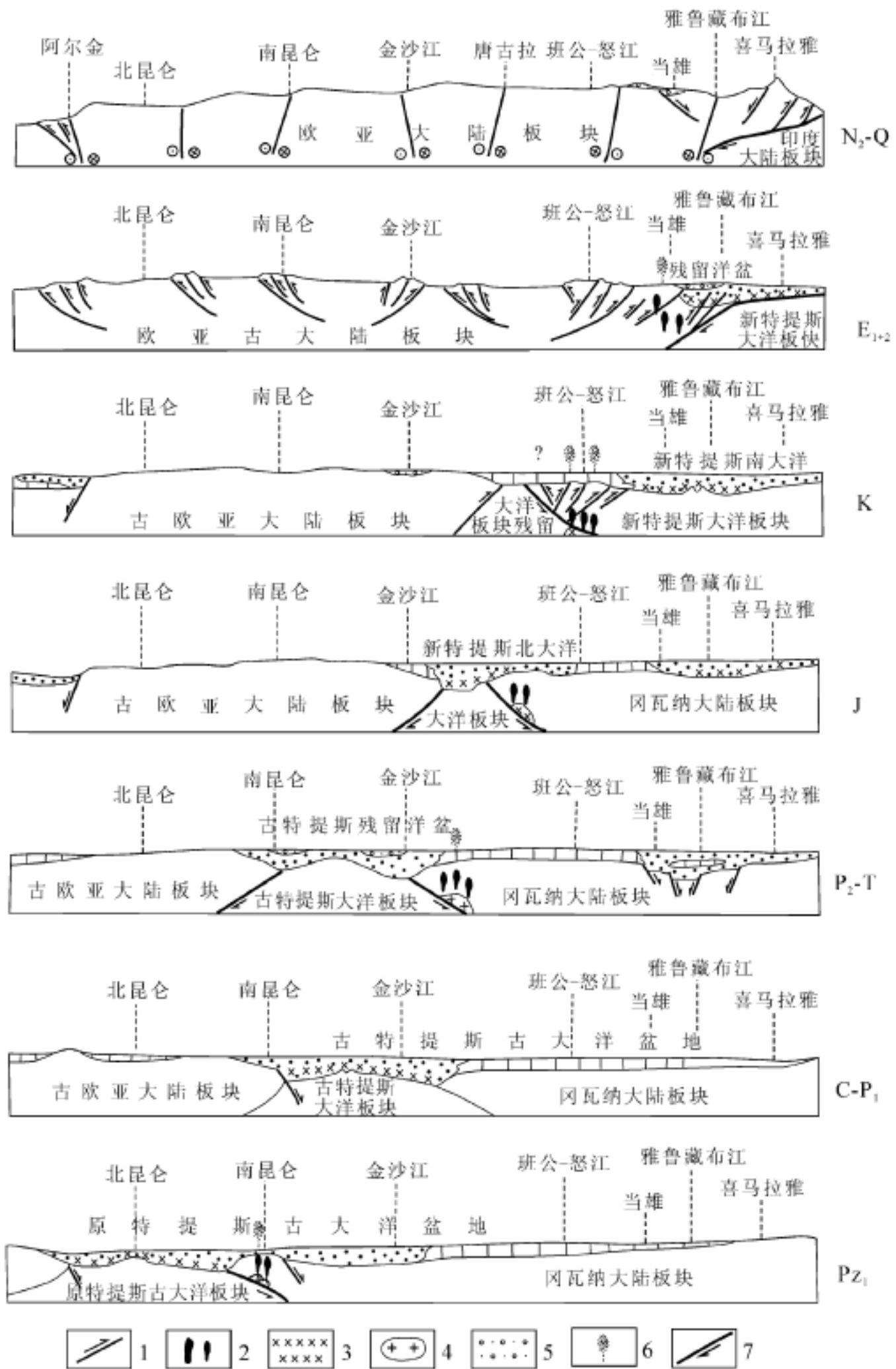


图 1-2 区域地质构造演化模式图

Fig.1-2 Tectonic model of the Tibetan Plateau

1—逆冲断层；2—岛弧岩浆；3—蛇绿岩；4—局部熔融体；5—磨拉石建造；6—火山喷发；7—俯冲带

## 第二节 区域地层系统

西藏当雄及邻区地质构造比较复杂,出露前寒武纪变质表壳岩、变质深成体和古生界、中生界、新生界。自古生代—古近纪,当雄及邻区发育 3 个地层分区,东南部与中部念青唐古拉山地区属拉萨-察隅地层分区,西南部属隆格尔-南木林地层分区,西北部属班戈-八宿地层分区(图 1-3)。不同地层分区具有不同的地质发展历史,形成了不同的岩石地层单元序列(表 1-1)。

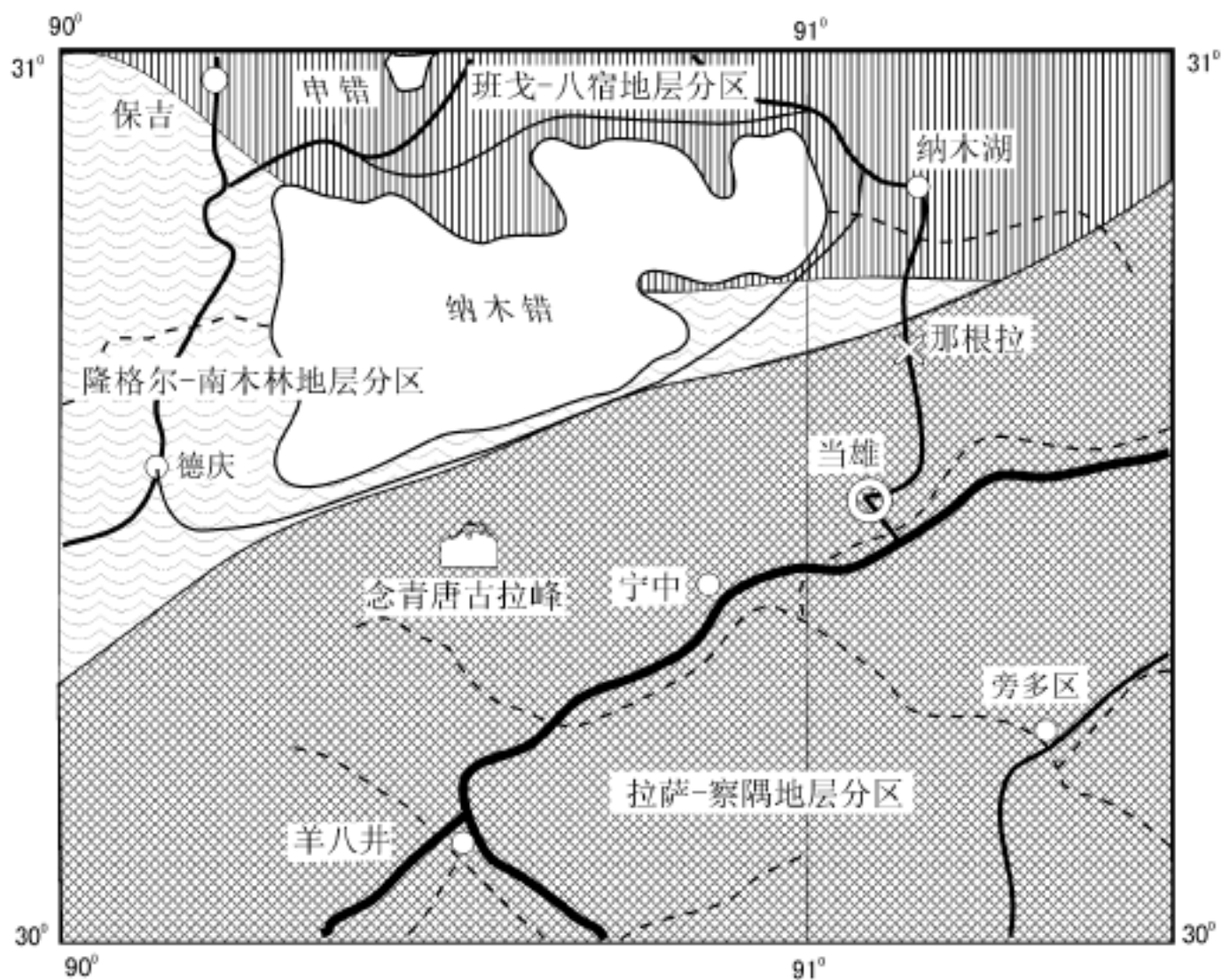


图 1-3 测区地层分区图

Fig. 1-3 Stratigraphic division of the Damxung and its adjacent areas of central Tibet

### 一、前寒武纪变质岩

在念青唐古拉山、纳木错西岸和安多南部出露前寒武纪变质岩,包括变质表壳岩和变质深成体。在当雄幅 1:25 万区域地质调查过程中,将念青唐古拉山与纳木错西岸出露的前寒武纪变质表壳岩统称为念青唐古拉岩群。念青唐古拉岩群虽然出露面积不大,但包含的岩石类型较多,晚期发生土那片麻岩和玛尔穷片麻岩的变质深成体侵位及角闪岩相区域变质作用,变质与变形过程非常复杂,但演化序次比较清楚,对研究拉萨地块前寒武纪地质构造演化具有重要意义。念青唐古拉岩群以含透辉大理岩、含石榴十字二云片岩、含阳起石浅粒岩、石榴黑云斜长变粒岩、含石墨斜长透辉岩和斜长角闪岩等表壳岩为主,包括镁铁质岩、长英质岩、大理岩三大岩石类型,出露岩层厚度约 540 m;原岩属火山-沉积岩。

表 1-1 西藏当雄幅 1:25 万测区地层分区及岩石地层单位序列表

Table 1-1 Stratigraphic units of Damxung and its adjacent areas of central Tibet

地 层 时 代	隆格尔-南木林地层分区	拉萨-察隅地层分区	班戈-八宿地层分区
第四纪	全新世 更新世 松散砂砾	全新世 更新世 松散砂砾	全新世 更新世 松散砂砾
新近纪	上新世 中新世	上新世 中新世	上新世 中新世
古近纪	渐新世	渐新世	渐新世
	始新世	林子宗群 帕那组 年波组	始新世
	古新世	古新世	古新世
白垩纪	晚世	晚世 拉江山组 设兴组	晚世 郎山组
	早世	早世	早世 郎山组
	早世	早世 卧荣沟组	早世 卧荣沟组 多尼组
侏罗纪	晚世	晚世 多底组	晚世 拉贡塘组
	中世	中世 却桑温泉组	中世
	早世	早世 甲拉浦组	早世
三叠纪	晚世	晚世 麦隆岗组	晚世
	中世	中世 查曲浦组	中世
	早世	早世	早世
二叠纪	晚世	晚世 蒙拉组	晚世
	中世	中世 下拉组 洛巴堆组	中世
	早世	早世 昂杰组 乌鲁龙组	早世
石炭纪	晚世	晚世 拉嘎组 来姑组	晚世 诺错组
	早世	早世 水珠组	早世
泥盆纪	中晚世 早世 查果罗玛组	中晚世 早世	中晚世 早世
志留纪	志留纪	志留纪	志留纪
奥陶纪	晚世	晚世	晚世
	中世 早世	中世 早世 柯尔多组	中世 早世
寒武纪	寒武纪	寒武纪	寒武纪
前寒武纪	念青唐古拉岩群		

土那片麻岩分布于纳木错西岸保吉乡生觉村土那和念青唐古拉山部分地区,出露面积约 20 km<sup>2</sup>,平面形态为近 EW 向展布的透镜状;岩性较均匀,主体岩性为粗-中粒斜长角闪岩,原岩为一套基性侵入岩。玛尔穷片麻岩主要分布于纳木错西岸生觉玛尔穷一带,出露面积约 0.6 km<sup>2</sup>;岩石类型主要包括花岗质变余糜棱岩和长英质变余糜棱岩;侵入于土那片麻岩中,以色率低、暗色矿物含量少为特点;含大量斜长角闪岩捕掳体,捕掳体形态为棱角状和不规则状;片麻理总体倾向北;原岩以中酸性侵入岩为主。安多南部出露的变质岩称为安多片麻岩,以变质深成体为主,含大小不等的变质表壳岩包体;片麻理总体呈近 EW 走向,原岩以中基性-中酸性侵入岩为主。

根据结晶锆石的离子探针(SHRIMP)U-Pb 测年结果,土那片麻岩形成时代为 1766 Ma,变质年龄为 718~755 Ma;玛尔穷片麻岩岩浆锆石的形成时代为 727~772 Ma。在土那片麻岩中呈包体形式存在的念青唐古拉山岩群形成时代应早于 1766 Ma。根据羊八井北侧容尼多白榴石斑岩内残留锆石的 SHRIMP 测年资料,在岩浆源区或岩浆通道存在成岩时代为 2282~2506 Ma、变质时代为 1795~1877 Ma 的变质岩,白榴石斑岩内残留锆石的变质年龄与土那片麻岩岩浆侵位时代基本一致,而 2282~2506 Ma 可能代表念青唐古拉岩群变质表壳岩的原岩形成时代,属拉萨地块最古老的年龄记录。

## 二、古 生 界

西藏当雄及邻区大面积出露古生界海相碎屑岩-碳酸盐岩沉积地层,岩石普遍发生绿片岩相区域变质作用,以浅变质砂岩、板岩和灰岩为主(表 1-1)。早古生代发育寒武系、奥陶系与志留系海相沉积地层,主要出露于纳木错西岸—申扎一带。寒武系和志留系以碎屑岩和碳酸盐岩沉积地层为主,富含化石;奥陶系柯尔多组岩性主要为深灰色巨厚层结晶灰岩,夹紫红色条带状灰岩。泥盆系属海相沉积地层,中上泥盆统查果罗马组以厚层砂屑泥晶灰岩、薄层泥晶灰岩、黄褐色中细粒岩屑砂岩和黑色页岩为主。

石炭系为一套陆源细粒碎屑岩沉积,在拉萨-察隅地层分区主要出露诺错组(C<sub>1-2</sub>n)和来姑组(C<sub>2</sub>—P<sub>1</sub>l);下部诺错组以深海相页岩、粉砂岩为主;上部来姑组以深海相含砾板岩夹黑色板岩为特征,底部见河流相砂岩、粉砂岩沉积。在隆格尔—南木林地层分区主要出露永珠组(C<sub>1-2</sub>y)和拉嘎组(C<sub>2</sub>—P<sub>1</sub>l)地层;永珠组以砂岩、页岩韵律沉积为特点,夹生物碎屑灰岩;拉嘎组主要岩性为石英砂岩、含砾砂岩、含砾板岩、粉砂岩、页岩、夹薄层砾岩。含砾板岩属冰筏沉积或重力流沉积成因,在冈瓦纳大陆北部边缘广泛分布,具有良好的区域可对比性。

二叠系在东南部拉萨-察隅地层分区主要出露乌鲁龙组、洛巴堆组和蒙拉组,在西部隆格尔-南木林地层分区主要出露昂杰组与下拉组。拉萨-察隅地层分区二叠系整合于石炭-二叠系来姑组之上,岩性分三部分,下部乌鲁龙组和上部蒙拉组以陆源碎屑岩为主,由砂岩、页岩夹砾岩构成;中部洛巴堆组以厚层灰岩为主,夹少量砂岩及安山质凝灰岩;灰岩含丰富的类、珊瑚、腕足类和双壳类化石。隆格尔-南木林地层分区昂杰组岩性以灰黑色粉砂岩为主,夹砂岩、页岩和生物碎屑灰岩;下拉组以生物碎屑灰岩、泥晶灰岩及砂屑灰岩为主。

## 三、中 生 界

三叠系主要出露于拉萨-察隅地层分区。三叠系沉积可分两部分,下部为一套火山岩、火山碎屑岩与薄层灰岩、砂岩、板岩互层,上部为一套层厚不等的海相泥晶灰岩。区域上

三叠系下部与上二叠统列龙沟组整合接触，厚度变化较大。根据岩性特征、岩石组合与接触关系将三叠系自下而上分为查曲浦组、麦隆岗组和甲拉浦组，甲拉浦组大部分已划归侏罗系。

侏罗系主要分布于东南部拉萨-察隅地层分区和西北部班戈-八宿地层分区。东南部主要出露中下侏罗统却桑温泉组 ( $J_2 q$ ) 和多底沟组 ( $J_3 d$ )，西北部主要出露中上侏罗统拉贡塘组 ( $J_{2-3} l$ )。在东南部拉萨-察隅地层分区，侏罗系不整合于下伏地层三叠系查曲浦组之上，下部为滨海相砂岩、页岩沉积，上部为一套海相碳酸盐岩。根据岩性、化石等划分为下部却桑温泉组，上部多底沟组。在西北部班戈-八宿地层分区，拉贡塘组与下伏和上覆地层均为断层接触，上部为灰白色厚层中粒石英砂岩、灰色中厚层长石石英砂岩，中部为黑色块状沥青质泥岩、黑色硅质纹层泥岩、黑色粉砂质泥岩夹深灰色薄层含云母粉砂岩，下部为黄褐色中厚层长石石英砂岩。

白垩系在测区各地层分区均有出露。在西藏当雄幅 1:25 万测区拉萨-察隅地层分区主要出露设兴组与竞柱山组，在班戈-八宿地层分区主要出露卧荣沟组 ( $K_1 w$ )、多尼组 ( $K_1 d$ ) 和郎山组 ( $K_1 l$ )，隆格尔—南木林分区主要出露卧荣沟组 ( $K_1 w$ ) 和拉江山组 ( $K_2 l$ )。在当雄幅 1:25 万测区拉萨-察隅地层分区，设兴组下部与下伏地层塔克那组呈整合接触，上与古近纪林子宗群火山岩呈角度不整合接触，岩性主要为一套陆相杂色含泥砾砂岩、砂岩、泥页岩地层，产孢粉、介形虫、牡蛎化石；竞柱山组下部为河流相灰色、红褐色复成分砾岩，中部为浊积相紫红色泥岩夹灰质砾岩透镜层，上部为紫红色泥岩、泥质粉砂岩夹灰色长石石英砂岩。在林周县南部，尚出露塔克那组灰岩、泥灰岩及楚木龙组、林布宗组火山-沉积地层。在测区西北部班戈-八宿地层分区，卧荣沟组以安山岩、流纹岩和流纹质熔结凝灰岩为主，多尼组以相陆源碎屑岩沉积为主，郎山组以碳酸盐台地相灰岩沉积为主，产圆粒虫、固着蛤与海鄂螺化石组合。在测区西南部隆格尔-南木林分区，白垩系下统卧荣沟组为一套中-酸性火山碎屑岩为主体的火山-沉积地层，主要分布在纳木错西岸班戈县德庆区及纳木错北岸申错地区，火山岩具有酸性—中性—酸性演化特点，所采集的两件代表性样品分别对应卧荣沟组地层的顶、底部，K-Ar 年龄分别为  $93.63 \pm 1.53$  Ma、 $112.43 \pm 1.63$  Ma，时代归属于早白垩世；拉江山组与下伏地层下白垩统卧荣沟组暗紫红色安山岩呈角度不整合接触，岩性为紫红色砾岩、紫红色薄层含海绿石长石岩屑砂岩、暗紫红色中厚层含砾含钙质砂岩、粉砂岩夹钙质页岩及灰绿色薄层玻屑凝灰岩，主要分布于纳木错西岸的班戈县德庆区。

#### 四、古近系

古近纪地层主要为林子宗群火山-沉积岩系，进一步划分为典中组 ( $E_1 d$ )、年波组 ( $E_2 n$ )、帕那组 ( $E_2 p$ ) 3 个组。典中组以安山岩为主，反映岛弧火山喷发环境，夹海相沉积地层，在林周南部地区广泛出露，在旁多山地、念青唐古拉山和纳木错周缘缺失。年波组火山沉积岩是海相沉积环境形成的，中下部岩石成层性好，底部有一层厚层生屑灰岩；下部为流纹粗安质火山碎屑岩、火山角砾集块岩，显示早期火山强烈爆发特点，与下伏地层呈喷发不整合接触关系；上部为成层性良好的单斜地层，主要由粘土岩、火山碎屑沉积岩夹紫红色砾岩、黄白色砂岩组成。帕那组在林周盆地出露厚度最大，自下而上划分为四段：一段 ( $E_2 p^1$ )，以酸性流纹岩及流纹质凝灰岩为主，中部夹有部分长石岩屑砂岩

及石英粗面岩，为火山活动初期阶段，具有较强的间断性和成分变化性；二段（ $E_2 p^2$ ）由中酸性粗面岩与流纹质熔结凝灰岩构成较为完整的喷发旋回，显示较强的喷发环境；三段（ $E_2 p^3$ ）由酸性的英安质火山岩及流纹质火山岩构成，显示火山活动强烈爆发期的特点，晚期火山活动趋于平缓，在本段上部出现沉凝灰岩及杂砂岩、紫红色砂岩等沉积特色较强的岩石组合；四段（ $E_2 p^4$ ）由中酸性-偏碱性火山岩构成两个喷发旋回，间夹安山岩，以喷溢、爆发相间的形式出现。林子宗群火山岩样品 K-Ar 法全岩年龄为 46 ~ 56 Ma；其中年波组火山岩 K-Ar 年龄为 53.6 ~ 56.9 Ma，属始新世早期；帕那组一段火山岩 K-Ar 年龄为 48.2 ~ 51.3 Ma，帕那组三段和四段火山岩 K-Ar 年龄约为 46 Ma（表 1-2）。

表 1-2 当雄及邻区古近系火山岩 K-Ar 法年龄一览表

Table 1-2 K-Ar isotopic dating of Eocene volcanic rocks of Damxung and its adjacent areas of central Tibet

样品编号	岩性	地层代号	采样地点	测试结果
P22B45	流纹质玻屑凝灰岩	$E_2 n$	堆龙德庆县门堆乡	56.94 ± 0.87 Ma
P23B3	流纹质晶屑凝灰岩	$E_2 n$	堆龙德庆县门堆乡	53.60 ± 0.87 Ma
0815-1	石英粗面岩	$E_2 p$	羊八井、容尼多	51.34 ± 0.84 Ma
P21B47	流纹质含角砾凝灰岩	$E_2 p$	林周县强嘎乡	46.26 ± 0.69 Ma
P26B33	石英粗安岩	$E_2 p$	林周县旁多区	46.23 ± 0.68 Ma
DB9006	石泡流纹岩	$E_2 p$	羊八井、日则弄及	48.17 ± 0.74 Ma

## 五、第四系

拉萨地块第四纪沉积分区主要受地形地貌控制，第四纪沉积类型包括湖积、冲积与冲洪积、残-坡积、冰碛-冰水沉积、重力崩塌堆积、风成砂堆积和泉华堆积，以冲积、湖积和冰碛分布为最广，其他类型仅居次要地位。不同时期发育不尽相同的第四纪沉积类型（图 1-4），第四纪早期发育上新统—下更新统冲积或冰水砾石堆积，第四纪中期发育中更新统冰碛和冰水堆积，第四纪晚期发育上更新统与全新统冰碛、冰水堆积、冲积、洪积、冲洪积、湖积和沼泽堆积。

第四纪沉积类型与第四纪地貌演化、气候变化和环境变迁存在密切关系。上新世气候温暖、潮湿，以剥蚀作用居主导地位，沉积较少，大部分地区缺失上新统沉积；仅在当雄-羊八井盆地发育砂康果砾石层和甲果果砾石层，砾石主要来自两侧山地，以古近纪火山岩和石炭系—二叠系板岩成分为主；在纳木错西岸形成的桑日砾石层可能部分形成于上新世。

上新世晚期—早更新世早中期，测区气候相对暖湿，水系发育，沿古河流在当雄-羊八井盆地形成甲果果砾石层、砂康果砾石层和日贡布砾石层，砾石成分仍然以两侧山地的石炭系—二叠系板岩和始新世火山岩为主。在纳木错西岸雄前乡桑日和当雄-羊八井盆地日贡布，先堆积河湖相砾石层，后堆积冲洪积相砾石层与河流相砾石层；在旁多山地，早更新世早中期水系格局与现今具有很大差别，现代河谷很少出现当时沉积物。早更新世晚期，随着全球气候变冷，念青唐古拉山地区较大面积进入冰冻圈，形成欠布冰期（0.849 ~ 0.825 Ma），出现小规模山谷冰川和冰斗冰川；在念青唐古拉山南麓欠布泉东侧沉积第一