



湖北省学术著作出版专项资金资助项目

海外地质矿产勘探系列丛书

南美西部油气地质 综合研究与区域优选

COMPREHENSIVE STUDY ON PETROLEUM GEOLOGY AND RANKING OF
PROSPECTIVE AREAS IN THE WEST OF SOUTH AMERICA

胡祥云 鲍晓欢 张雄华 编著

非
上
册



中国地质大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES PRESS



湖北省学术著作出版专项资金资助项目

海外地质矿产勘探系列丛书

南美西部油气地质 综合研究与区域优选

COMPREHENSIVE STUDY ON PETROLEUM GEOLOGY AND RANKING OF
PROSPECTIVE AREAS IN THE WEST OF SOUTH AMERICA

胡祥云 鲍晓欢 张雄华 编著

 中国地质大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES PRESS

图书在版编目(CIP)数据

南美西部油气地质综合研究与区域优选/胡祥云,鲍晓欢,张雄华编著. —武汉:中国地质大学出版社,2017.12

海外地质勘探系列丛书

ISBN 978-7-5625-4032-8

I. ①南…

II. ①胡…②鲍…③张…

III. ①石油天然气地质-研究-南美洲

IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 271163 号

南美西部油气地质综合研究与区域优选

胡祥云 鲍晓欢 张雄华 编著

责任编辑:王 敏

选题策划:张晓红 王凤林 唐然坤

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)

邮编:430074

电 话:(027)67883511

传 真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://cugp.cug.edu.cn>

开本:880 毫米×1230 毫米 1/16

字数:360 千字 印张:11

版次:2017 年 12 月第 1 版

印次:2017 年 12 月第 1 次印刷

印刷:中远印务有限责任公司

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-4032-8

定价:128.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

主要中英文对照表

Agrio	阿格里奥	Cuyo	库约
Aguada Bandera	阿瓜达班德拉	Deseado	德塞亚多
Aguadadeo Leon	阿瓜达迪利昂	Dolores	多洛雷斯
Albian	阿尔比阶(期)	Ecuador	厄瓜多尔
Aleutian	阿留申群岛	Fitzcarrald	菲茨卡拉尔德
Altiplano	阿尔迪普纳诺	Guayaquil	瓜亚基尔
Ambo	安博	Guiana	圭亚那
Amotape	阿莫塔佩	Huallaga	瓦利加亚
Andean	安第斯	Huincul	乌因库尔
Aptian	阿普第阶(期)	Lama La Lata	喇嘛拉塔
Arequipa	阿雷基帕	Lima	利马
Asuncion	亚松森	Lobitos	洛维托斯
Bajo Barreal	巴焦巴雷阿尔	Loreto	洛雷托
Barrancas	巴兰卡斯	Maastrichtian	麦斯特里希特
Barremian	巴瑞姆阶(期)	Madidi	迪迪
Beni	贝尼	Madre de Dios	马德雷德迪奥斯
Bermejo	贝尔梅霍	Magellanes	麦哲伦
Berriasian	巴纳森阶(期)	Malacas	马拉卡斯
Bolivia	玻利维亚	Malvinas	玛尔维娜
Cabanillas	卡瓦尼利亚斯	Maracaibo	马拉开波
Camisea	卡米塞阿	Maranon	马拉尼翁
Campanian	坎佩尼阶(期)	Matamagallanes	马塔马加伦斯
Castillo	卡斯蒂约	Medanito	梅达尼托
Cenomanian	森诺曼阶(期)	Mendoza	门多萨
Cerro Guadal	赛罗瓜达尔	MesetaSenguerr	梅萨特森格尔
Coloradas	柯罗拉达斯	Mochica	莫奇卡
Copacabana	巴卡巴纳	Mogollon	莫戈隆
Cordillera	科迪勒拉	Nazca	纳兹卡
Corrientes	科连特斯	Neocomian	纽康姆阶(期)

Neuquen	内乌肯	San Martin	圣马丁
Olmedo	奥美朵	Santa Cruz	圣克鲁斯
Oran	奥兰	Santa Elena	圣埃伦娜
Oriente	奥连特	Santa Rosa	圣罗莎
Oxapampa	奥克萨潘帕	Santiago	圣地亚哥
Oxfordian	牛津阶(期)	Santonian	桑托阶(期)
Pangaea	联合古陆	Sechura	塞丘拉
Pangean	庞义安	Solimoes	索利蒙伊斯
Papagayos	帕帕加约斯	Springhill	斯普林希尔
Paracas	帕拉卡斯	Talara	塔拉拉
Pasoriomayo	帕索里奥马约	Tarapaca	塔拉帕卡
Patagonia	巴塔哥尼亚	Tarija	塔里哈
Peru	秘鲁	Tarma	塔尔马
Petacas	佩塔卡斯	Tithonian	提通阶(期)
Piedras	彼德拉斯	Titicaca	的的喀喀
Pisco	皮斯科	Trinidad	特立尼达
Pliensbachian	普连斯巴奇阶(期)	Trujillo	特鲁希略
Portachuelo	波尔丘埃洛	Tumbes	通贝斯
Potrerrillos	波特雷里约斯	Tupungato	图蓬加托
Progreso	普罗格	Ucayali	乌卡亚利
Pucara	普卡拉	Valanginian	凡兰吟阶(期)
Putumayo	普图马约	Vendian	文德期
Raya	拉亚	Ventana	本塔纳
Redondo	雷东多	Vivian	维维安
Rivadavia	里瓦达维亚	Yanayacu	亚纳亚库
Salta	萨尔塔	Yucatan	尤卡坦
San Alejandro	圣亚历杭德罗	Zorritos	索里托斯
San Antonio	圣安东尼奥		
San Jorge	圣豪尔赫		

前 言

南美西部北起厄瓜多尔—秘鲁,南至智利—阿根廷一带,经纬度范围大致为西经 $65^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 、南纬 $4^{\circ}\sim 56^{\circ}$,总面积约 $342\times 10^4\text{ km}^2$,涉及到厄瓜多尔、秘鲁、智利、玻利维亚、阿根廷等国家。

拉丁美洲油气资源丰富。据美国能源情报署 2009 年统计,该地区石油探明储量约为 $195.06\times 10^8\text{ m}^3$ 、天然气为 $7.55\times 10^{12}\text{ m}^3$,其中南美五国石油探明储量占拉丁美洲的 6.77%,天然气探明储量占拉丁美洲的 21.56%。五国的石油和天然气探明储量均位于拉丁美洲的前十位。其中厄瓜多尔石油探明储量逾 $7\times 10^8\text{ m}^3$,位居南美西部第一位;其次是阿根廷(储量约 $4\times 10^8\text{ m}^3$);秘鲁、玻利维亚和智利三国石油探明储量较小,均低于 $1\times 10^8\text{ m}^3$ 。玻利维亚油少气多,天然气探明储量达 $7500\times 10^8\text{ m}^3$,居南美西部首位,然后依次是阿根廷(4400 多亿立方米)、秘鲁(3300 多亿立方米)、智利(勘探停滞,约 $980\times 10^8\text{ m}^3$)、厄瓜多尔(仅 $89\times 10^8\text{ m}^3$)。

研究区主体属安第斯造山带。安第斯山链是太平洋板块在南美大陆西缘之下向东俯冲的收缩应力场的产物,其两侧尤其是盆地区的构造环境及特征有很大的差异。安第斯造山带北为加勒比板块,西为 Nazca 板块,东为南美板块。亚安第斯盆地位于安第斯逆冲带的东部,安第斯山链的向东逆冲,形成了一系列的安第斯造山带的前陆盆地。盆地主要分布在安第斯山脉两侧,有乌卡亚利(Ucayali)盆地、圣克鲁斯-塔里哈(Santa Cruz - Tarija)盆地、库约(Cuyo)盆地以及内乌肯(Neuquen)盆地等大型前陆盆地在内的弧后、前陆、弧前、弧间及拉分等 18 个盆地。

南美西部地层发育较全,但以中生代地层出露较多。烃源岩分布在早古生代、晚古生代、中生代及新生代地层中,形成不同时代的油气系统。如圣克鲁斯(Santa Cruz)盆地、马德雷德迪奥斯(Madre de Dios)盆地为古生代油气系统,圣地亚哥盆地、乌卡亚利盆地为晚古生代—中生代油气系统,而库约盆地、内乌肯盆地为中生代油气系统,马拉开波盆地、马格达来约盆地则为晚白垩世油气系统。南美西部主要地层有前寒武系—寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系—新近系等。

沉积盆地演化历史长且复杂。自从早古生代在基底上活化后,每一期盆地的形成都是在老的基底上再活动形成的。盆地的地层及构造均复杂。其盆地演化可以分为两个明显的阶段:前安第斯阶段,晚白垩世之前,由于构造背景复杂,盆地类型多样;晚白垩世之后,主要为新生代前陆盆地。它们具有很长的局限海历史,并形成了很好的烃源岩和储集岩,容易形成具有较好生油潜力的盆地,如圣豪尔赫(San Jorge)盆地、内乌肯(Neuquen)盆地、库约(Cuyo)盆地和麦哲伦(Magallenes)盆地等。

亚安第斯前陆盆地横跨安第斯南北,北至委内瑞拉,南到南美洲南端。所有大型盆地

和许多较小盆地均含油气,主要含油气盆地包括马拉尼翁盆地、乌卡亚利盆地、马德雷德迪奥斯盆地、圣克鲁斯-塔里哈盆地、库约盆地、内乌肯盆地、圣豪尔赫盆地、麦哲伦盆地、普罗格盆地、塔拉拉盆地等。

研究区油气田多位于与安第斯造山带平行的以海相地层为主的白垩系—第三系楔体底部附近,含油气圈闭在热成熟烃源岩上倾方向的平缓构造中。受西部安第斯运动影响,构造变形强烈,多产生基岩披覆构造,形成较大面积的低幅背斜和断块构造,从而形成大量构造圈闭。现已发现了乌卡利亚盆地的 Agua Caliente 油田和 Aguaytia 气田;圣克鲁斯盆地的 Bermejo 油田、Rio Grande 和 Boomeang Hills 油田、Agua Blanca 油田和 Ramo 大型油田;马拉尼翁盆地的 Corrientes 油田、Pavayacu 油田以及 Yanayacu 油田;Tambo 油田、Bartral 油田以及 Dorissal 油田等。

亚安第斯前陆盆地区是南美西部的的主要油气产区。除秘鲁塔拉拉盆地始新世发现了亿吨级的油气储量以外,在西海岸弧前盆地区、安第斯山区以及地盾地区,尽管有油苗和烃源岩,至今无重大勘探发现。阿根廷石油和天然气产量均位居南美西部第一位,石油产量一直稳定在 $4500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上,天然气产量从 2002 年的不足 $370 \times 10^8 \text{ m}^3$ 经两年逐步提升至 $450 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。厄瓜多尔油多气少,石油产量位居南美西部第二位,由于 2003 年有重大石油发现,2004 年石油产量从之前的 $2300 \times 10^4 \text{ m}^3$ 左右提高到 $3000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。玻利维亚、智利和秘鲁的石油产量较低,均不足 $800 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。玻利维亚天然气勘探在 2001—2002 年间有重大突破,天然气也逐年加速开发,从 2000 年的 $33.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 持续增长至 2008 年的 $142 \times 10^8 \text{ m}^3$,天然气年产量增长了 3 倍多,位居南美西部第二位。

通过对南美西部地区油气地质相关资料分析,认为亚安第斯前陆盆地区是南美西部目前主要的油气产区,也是未来主要的油气潜力区域;南美西部各盆地内石油发现程度较高,而天然气发现程度相对较低;中生界是未来油气发现的主要层系。

南美西部各国油气前景较好的勘探区带包括:圣克鲁斯-塔里哈盆地内的亚安第斯褶皱逆冲带、前陆盆地区和前陆中心 Chaco 隆起周围;内乌肯盆地内的伸展构造;圣豪尔赫盆地内的伸展构造,目的层系为中生界;塔拉拉盆地以海上部分为主。综合各国油气资源开发的投资环境与油气地质特征来看,阿根廷、玻利维亚和秘鲁是开展全球油气战略的有利国家,但各具特点。

本书的编著工作是在国土资源部油气资源战略研究中心承担的“全球油气地质综合研究与区域优选项目”中 25 个研究区子项目之一——“南美西部油气地质综合研究与区域优选项目”研究基础上完成的。衷心感谢国土资源部油气资源战略研究中心的张大伟、岳来群、潘继平、王越、杨丽丽等对项目研究工作的大力支持,吴巧生教授参与了第三部分第四章“有利国家优选”的研究工作,感谢蔡建超教授以及项目组研究生在文字翻译、图件清绘等方面做出的贡献。

最后,借此机会感谢国家自然科学基金(41630317、41474055)、国家重点研发计划(2016YFC0600201-7)、湖北省创新群体基金(2015CFA019)等项目对本研究工作的支持。

目 录

第一部分 区域基础地质

第一章 大地构造背景	(3)
第一节 南美西部大地构造分区	(3)
第二节 南美西部变质岩	(4)
第三节 南美西部岩浆岩	(6)
第二章 区域地层特征	(9)
第一节 前寒武系—寒武系	(9)
第二节 奥陶系	(10)
第三节 志留系	(10)
第四节 泥盆系	(11)
第五节 石炭系	(12)
第六节 二叠系	(12)
第七节 三叠系	(14)
第八节 侏罗系	(15)
第九节 白垩系	(16)
第十节 古近系—新近系	(18)
第三章 区域构造—沉积及演化	(19)
第一节 盆地主要构造特征	(19)
第二节 盆地及沉积古地理演化	(21)
第三节 构造演化	(33)
第四章 沉积盆地分布与分类	(37)
第一节 盆地类型及特征	(38)
第二节 盆地类型与油气系统	(40)

第二部分 沉积盆地各论

第一章 马拉尼翁盆地	(45)
第一节 油气勘探开发历程	(45)

第二节	地层沉积特征	(45)
第三节	构造特征和演化	(45)
第四节	烃源岩条件	(46)
第五节	储盖条件	(49)
第六节	圈闭特征	(50)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(51)
第八节	典型油气田(藏)解剖	(54)
第九节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(58)
第二章	乌卡亚利盆地	(60)
第一节	油气勘探开发历程	(60)
第二节	地层沉积特征	(60)
第三节	构造特征和演化	(63)
第四节	烃源岩条件	(63)
第五节	储盖条件	(64)
第六节	圈闭特征	(64)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(66)
第八节	典型油气田(藏)解剖	(67)
第九节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(69)
第三章	马德雷德迪奥斯盆地	(72)
第一节	油气勘探开发历程	(73)
第二节	地层沉积特征	(73)
第三节	构造特征和演化	(75)
第四节	烃源岩条件	(75)
第五节	储盖条件	(75)
第六节	圈闭特征	(76)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(76)
第八节	典型油气田(藏)解剖	(77)
第九节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(77)
第四章	圣克鲁斯-塔里哈盆地	(79)
第一节	油气勘探开发历程	(79)
第二节	地层沉积特征	(80)
第三节	构造特征和演化	(81)
第四节	烃源岩条件	(82)
第五节	储盖条件	(82)
第六节	圈闭特征	(83)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(83)
第八节	典型油气田(藏)解剖	(86)
第九节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(88)
第五章	库约盆地	(89)
第一节	油气勘探开发历程	(89)
第二节	地层沉积特征	(89)

第三节	构造特征和演化	(91)
第四节	烃源岩条件	(91)
第五节	储盖条件	(92)
第六节	圈闭特征	(92)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(92)
第八节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(93)
第六章	内乌肯盆地	(94)
第一节	油气勘探开发历程	(95)
第二节	地层、沉积及演化特征	(95)
第三节	烃源岩条件	(97)
第四节	储盖条件	(98)
第五节	圈闭特征	(99)
第六节	油气成藏特征与主控因素	(99)
第七节	典型油气田(藏)解剖	(101)
第八节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(102)
第七章	圣豪尔赫盆地	(105)
第一节	油气勘探开发历程	(105)
第二节	地层沉积特征	(105)
第三节	构造特征和演化	(107)
第四节	烃源岩条件	(107)
第五节	储盖条件	(110)
第六节	圈闭特征	(110)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(110)
第八节	典型油气田(藏)解剖	(111)
第九节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(113)
第八章	麦哲伦盆地	(114)
第一节	油气勘探开发历程	(114)
第二节	地层沉积特征	(115)
第三节	构造特征和演化	(115)
第四节	烃源岩条件	(117)
第五节	储盖条件	(117)
第六节	圈闭特征	(117)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(117)
第八节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(117)
第九章	普罗格盆地	(118)
第一节	油气勘探开发历程	(119)
第二节	构造特征和演化	(119)
第三节	烃源岩条件	(119)
第四节	储盖条件	(120)
第五节	圈闭特征	(121)
第六节	油气成藏特征与主控因素	(121)

第七节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(122)
第十章	塔拉拉盆地	(124)
第一节	油气勘探开发历程	(125)
第二节	地层沉积特征	(125)
第三节	构造特征和演化	(127)
第四节	烃源岩条件	(127)
第五节	储盖条件	(128)
第六节	圈闭特征	(130)
第七节	油气成藏特征与主控因素	(131)
第八节	典型油气田(藏)解剖	(131)
第九节	油气分布规律与油气资源潜力分析	(136)

第三部分 油气分布与优选

第一章	成藏要素分析	(141)
第一节	烃源岩	(141)
第二节	储层与盖层	(144)
第三节	圈 闭	(146)
第二章	区域油气分布特征	(147)
第三章	有利沉积盆地(地区)优选	(150)
第四章	有利国家优选	(152)
第五章	有利勘探区域目标优选	(157)
第六章	认识与建议	(159)
主要参考文献		(161)

第一部分

区域基础地质

第一章 大地构造背景

第一节 南美西部大地构造分区

南美西部秘鲁、玻利维亚、智利、阿根廷,主体属安第斯造山带,其北为加勒比板块,西为 Nazca 板块,东为南美板块。洋壳型的 Nazca 板块向西俯冲至南美大陆板块之下,形成安第斯山脉。该区自西向东分 3 个带:①弧前带。太平洋中的斜坡带和远滨带,北部夹有面积较大的大洋地块(图 1-1、图 1-2),该带中具一些拉分型的盆地,如智利海域的 Arauco 盆地、Talara 盆地和 Valdivia 盆地;②火山岛弧。现在的山系,包括科迪勒拉山系和海岸附近的较低山脉,目前还存在活动的岛弧。火山岛弧带很宽,主要为晚中生代及新生代的岛弧火山-沉积岩,及新生代的陆相粗碎屑沉积,夹有较多的增生地块;③弧后带。包括东科迪勒拉山系的山麓带、亚安第斯丘陵和亚马逊低地。在亚马逊低地中自北向南在中新生代发育一系列的弧后-前陆盆地,包括亚诺斯盆地、普图马约(Putumayo)盆地、奥连特(Oriente)盆地、马拉尼翁(Maranon)盆地、乌卡亚利(Ucayali)盆地、圣克鲁斯(Santa Cruz)盆地、库约(Cuyo)盆地、内乌肯(Neuquen)等(图 1-1、图 1-2)。这些盆地自三叠纪出现以来,一直延续至今,普遍发育白垩纪海相沉积及新生代陆相粗碎屑沉积。

除弧前带之外,火山岛弧带和弧后带的一部分都划为安第斯构造带,该带细分为 6 个小区,各小区的走向主要为 SN 向。自西向东依次划分为海岸科迪勒拉带、西科迪勒拉带、中科迪勒拉带、东科迪勒拉带、前科迪勒拉带和 Serranfas 亚安第斯带(图 1-3)。各带具体特征如下。

海岸科迪勒拉带:主要为海岸低地,见有古生代固结的基底,重要的褶皱和变质作用在古生代末就已完成。三叠纪以后基本未发生大的变形。

西科迪勒拉带:也叫高科迪勒拉带,主要为高耸的山系,海拔一般为 5000~7000 m。主要发育中、新生代侵入岩和层状火山岩。

中科迪勒拉带:也叫内安第斯谷地,主要为一些褶皱的山

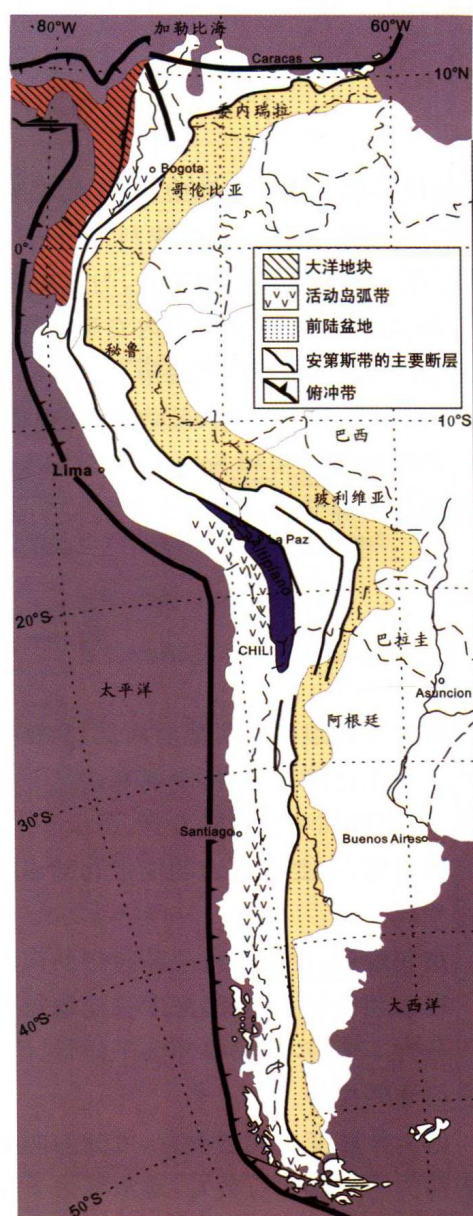


图 1-1 南美西部大地构造分区图

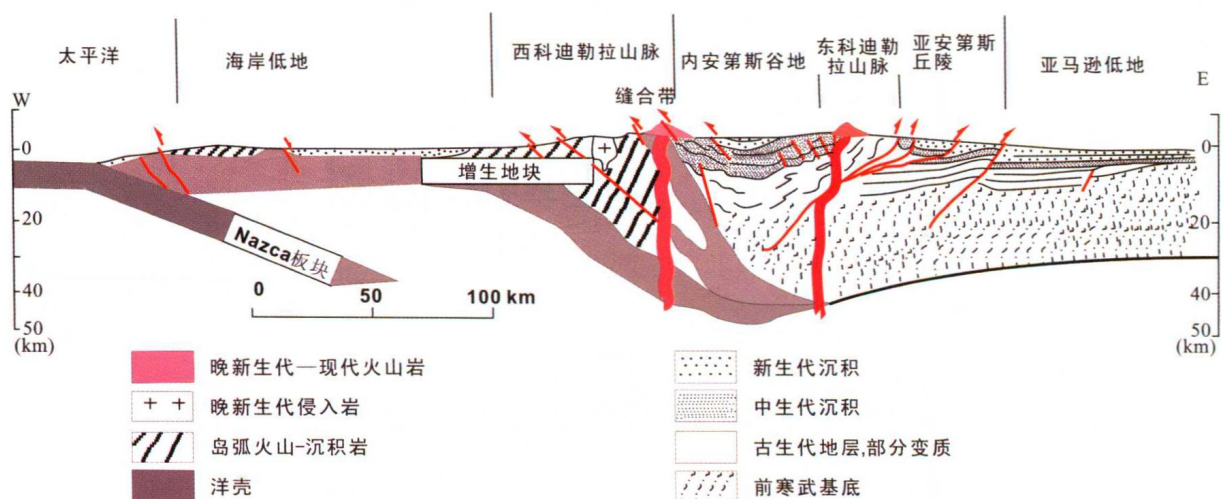


图 1-2 厄瓜多尔安第斯带及周缘横剖面图

系,包括古生代褶皱带和中、新生代褶皱带。例如,玻利维亚中科迪勒拉带为一古生代的被动大陆边缘沉积(冒地槽)。而在南部智利、阿根廷的麦哲伦(Magallanes)盆地则是中生代的被动大陆边缘(冒地槽)沉积。该区沉积厚度不大,与其东侧东科迪勒拉带厚度巨大的主动大陆边缘沉积形成鲜明的对比。

东科迪勒拉带:分布在内安第斯谷地以东,主要为高耸的山系。地层厚度巨大,且夹有大量火山岩,属活动大陆边缘沉积(优地槽)。智利、阿根廷该区沉积厚可达 35 000 m,以火山岩和火山碎屑岩发育为特征,但与典型的活动大陆边缘(优地槽)沉积有一定的差别。

前科迪勒拉带和 Serranfas 亚安第斯带:包括东科迪勒拉带东缘斜坡带、亚安第斯丘陵地带和亚马逊低地的一部分。主要是中新生的前陆盆地和弧后盆地,目前南美西部主要的油气盆地都分布在该带。

第二节 南美西部变质岩

南美西部地处巴西地盾西侧,除秘鲁东部一部分具前寒武纪克拉通变质基底外,其他地段主要为古生代—新生代的造山带,晚前寒武纪—早古生代早期地层主要为变质岩系。这类变质岩系在智利、玻利维亚、阿根廷和秘鲁均较发育(图 1-4),分为东部变质岩系和西部变质岩系。

阿根廷:主要在科迪勒拉带北部出露,岩性为片麻岩、片岩、大理岩和角闪岩。时代为晚前寒武纪—早古生代。

玻利维亚:仅在东科迪勒拉带的南部有少量低级—中级的变质岩分布,时代属古生代。

秘鲁和智利:主要沿海岸科迪勒拉带分布,岩性为片麻岩、片岩、大理岩和角闪岩。秘鲁的变质岩系可以分为 3 个带:南秘鲁环太平洋带、Cerro de Pasco 和 Rio Maranon 之间的中科迪勒拉带的东斜坡带及东科迪勒拉带。

就岩性和变质程度而言,可分为两类:变质程度高的岩性以片麻岩、片岩和混合岩为主,变质程度低的岩性为千枚岩和石英岩,通常称为千枚岩组。其地质年龄为晚前寒武纪—早奥陶世,多属加里东期造山运动的产物。

区域构造基本不受海西构造的影响,变质岩系中褶皱轴迹方向主要为 NNW—SSE,属前安第斯构造,与后期安第斯构造明显不同。

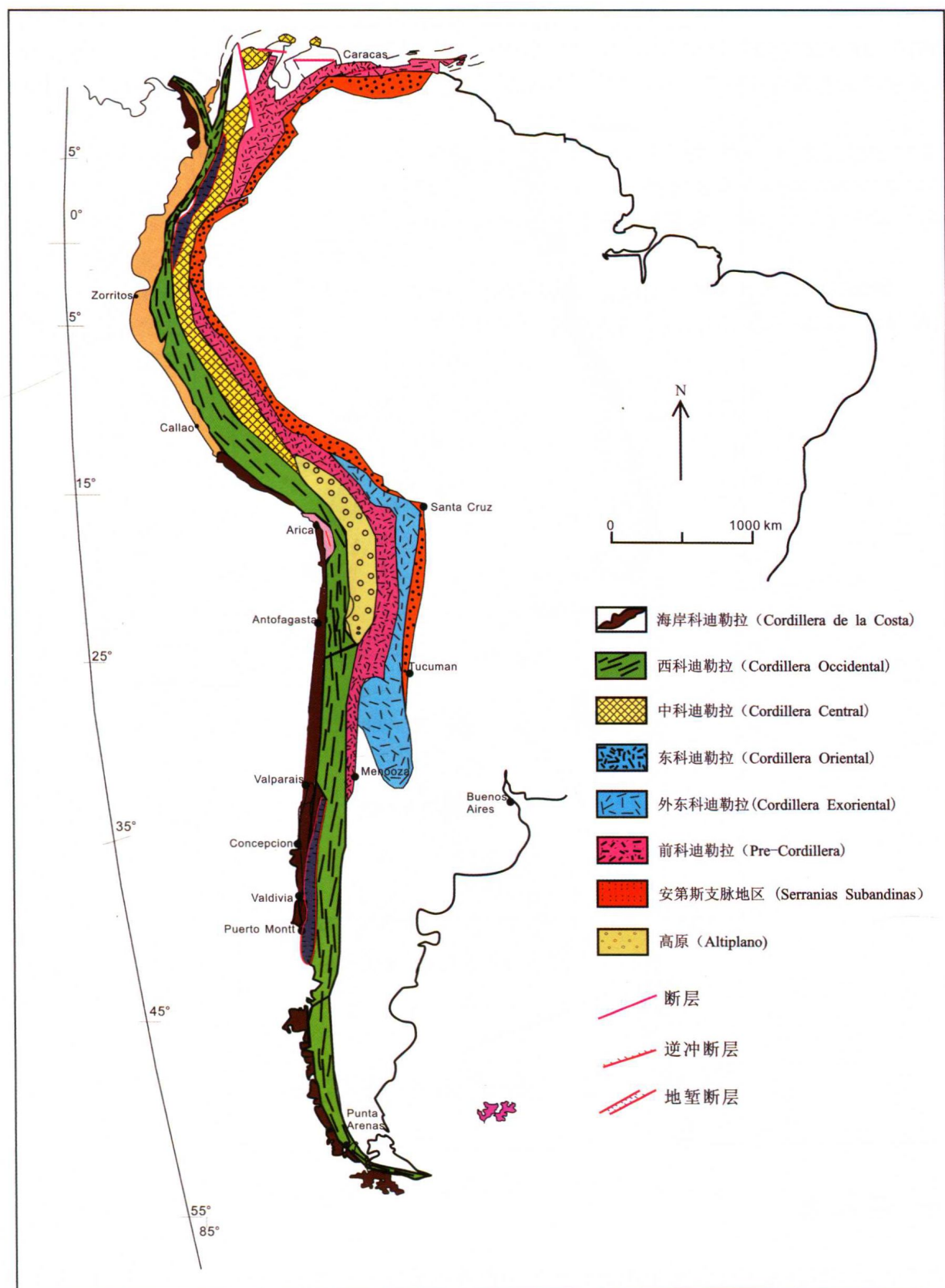


图 1-3 南美西部安第斯带大地构造分区图

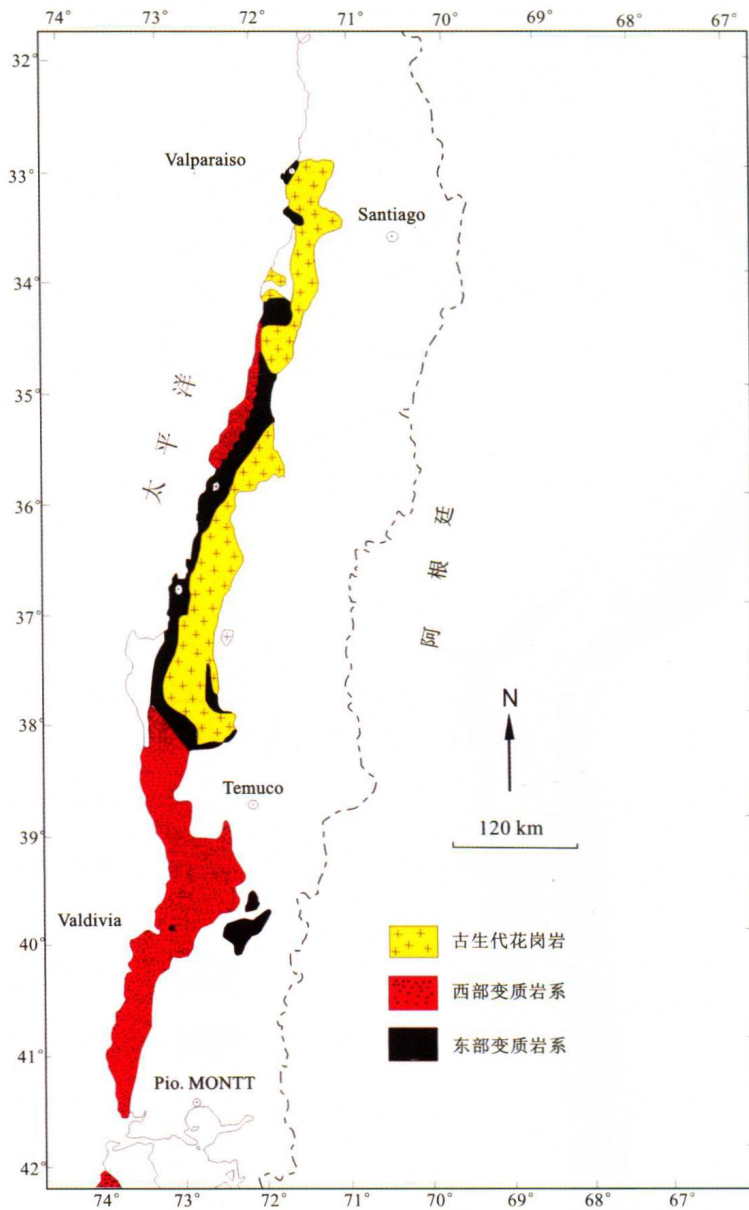


图 1-4 南美西部安第斯地区变质岩基底

第三节 南美西部岩浆岩

一、侵入岩

南美西部安第斯地区发育大量的侵入岩,15%的地区被侵入岩覆盖,面积达 465 000 km²,由于深达 5 km,其体积达 2 325 000 km³,故人们常称安第斯山为岩浆山系。

一般认为,安第斯山系包括花岗闪长岩、英云闪长岩、石英闪长岩和辉石闪长岩,其中花岗岩较少,局部地区含量达 4%。对秘鲁西海岸岩体中 120 m 的岩石学统计,其中辉石闪长岩占 15.9%、英闪岩(或英云闪长岩)占 57.9%、石英二长岩(二长花岗岩)占 25.6%、花岗岩占 0.6%。