



成都理工大学
能源学院
60周年校庆文集

CHENGDU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
COLLEGE OF ENERGY
THE 60TH ANNIVERSARY

南美洲含油气

盆地类型与特征

雍自权 李金玺 刘 毅 戴国汗 卢亚平 袁海锋 著



科学出版社

南美洲含油气盆地类型与特征

雍自权 李金玺 刘 毅 著
戴国汗 卢亚平 袁海锋

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

南美洲地质现象壮观、油气资源丰富。本书在中石化国际石油勘探开发有限公司资助下充分收集了南美洲相关地质资料和数据库,简要介绍了南美洲大陆地质特征和构造演化历史,系统分析了南美洲5大类含油气型盆地基本地质特征,着重研究了以东委内瑞拉盆地、普图马约-奥连特-马拉尼翁盆地、马拉开波盆地、中马格达莱纳盆地和桑托斯盆地等为代表的含油气盆地,阐述了各含油气盆地的构造特征、沉积特征、油气地质条件和含油气系统,并指出了油气聚焦有利带。

本书从区域构造、盆地油气地质条件和含油气系统等方面,全面介绍了南美洲地质特征和油气资源,可供本科生、研究生及石油公司的地质研究者等参考。

图书在版编目(CIP)数据

南美洲含油气盆地类型与特征 / 雍自权等著. —北京: 科学出版社, 2016.6

ISBN 978-7-03-049344-6

I. ①南… II. ①雍… III. ①含油气盆地-研究-南美洲
IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 157934 号

责任编辑: 杨 岭 黄 桥 / 责任校对: 韩雨舟

责任印制: 余少力 / 封面设计: 墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年6月第一版 开本: 787×1092 1/16

2016年6月第一次印刷 印张: 11

字数: 260千字

定价: 85.00元

前 言

南美洲全称为南亚美利加洲，位于西半球南部，东濒大西洋，西临太平洋，北滨加勒比海，南隔德雷克海峡与南极洲相望。

南美板块，包括整个南美洲大陆，向东一直延伸到中大西洋海岭。南美板块的东界是离散边界，与非洲板块相邻，这一边界形成了中大西洋海岭的南段，属于大西洋被动陆缘；南界与南极和斯科舍板块形成复杂的边界；西界与纳斯卡板块形成会聚边界，属于太平洋活动边缘；北界与加勒比板块相邻。南美洲板块边界类型齐全，盆地类型多样，油气资源极为丰富。

本专著以板块构造学说为指导，研究了南美区域地质特征、板块演化史、沉积演化史；综合运用盆地分析、石油地质学理论，研究了南美地区沉积盆地类型、演化特征、油气生成聚集规律、油气勘探潜力。

南美洲板块边缘呈现“东被动—西活动—南北转换”的板块边界类型，形成“东台—西山—中过渡”的构造格局。

南美洲板块构造特征表现为南北有别、东西不同，大地构造控制了盆地的类型和分布。东部地台区发育古生代克拉通盆地群；晚三叠世开始，太平洋板块与南美板块之间由被动边缘向活动边缘转化，太平洋板块的俯冲消减导致安第斯构造带的形成，并发育相关的弧后、前陆盆地以及弧前、弧间盆地群；晚侏罗世至今，大西洋扩张，南美东部形成了大西洋型被动边缘盆地群；同时，南美洲南北边缘发育压扭运动，形成了扭压拉分盆地群。

弧后、前陆盆地群油气资源最为丰富，其油气资源量约占南美油气资源的 82%，其次为大西洋被动边缘盆地群，约占 7.97%。以东委内瑞拉盆地为代表的弧后、前陆盆地和以坎波斯和桑托斯盆地为代表的被动大陆边缘盆地油气资源丰富，是南美洲最具油气勘探开发潜力的盆地类型。南美洲最近几年的重大油气发现都出现在这两类盆地中（如委内瑞拉东委内瑞拉盆地、巴西桑托斯盆地）。

以东委内瑞拉盆地、普—奥—马盆地、中马格达莱纳盆地为代表的前陆盆地的构造演化特征、沉积特征、生储盖特征、含油气系统及油气聚集规律。弧后、前陆盆地沿安第斯山山前分布，盆地演化和沉积特征具有分段性，中部挤压最强缩短量最大，向南和北缩短量逐渐减小。白垩系优质烃源岩发育，北部盆地油气最富集，中北部阿根廷境内几个盆地次之，其他较差。弧后、前陆盆地沿挤压方向可分为逆冲造山带、逆冲褶皱带、前渊拉张单斜带，每个带都有油气聚集，前渊拉张单斜带为油气主要聚集带。

以桑托斯盆地为代表的大西洋被动大陆边缘盆地构造特征、沉积特征、生储盖特征、含油气系统及油气聚集规律。盆地群沿南美洲东海岸分布，盆地都具上下双层结构。空间上表现为南北相似，中段不同，中段盆地广泛发育中间盐岩层，南北盆地缺少中间盐层，中段盆地油气资源丰富，勘探开发潜力巨大。北段盆地主要发育碎屑岩沉积盖层，

油气资源较丰富，具有较好的勘探远景。南段盆地发育碎屑岩层序并被火山活动复杂化，油气远景相对较差。中段含盐被动陆缘盆地一般分为陆棚拉张构造油气聚集带、斜坡盐岩构造油气聚集带和深海高原油气聚集带，斜坡盐岩构造油气聚集带和深海高原油气聚集带是巴西深海油气勘探的热点，是最值得关注的目标。

本专著是高校与企业密切合作的成果，由雍自权和李金玺统稿定稿。中石化集团公司国际石油勘探开发公司和成都理工大学等在专著完成过程中给予了大力支持。在此一并致谢！

作者

2016年4月

目 录

第1章 南美地质概况和盆地类型	1
1.1 地质背景及区域构造特征	1
1.2 南美地层特征	2
1.2.1 寒武系	2
1.2.2 奥陶系	3
1.2.3 志留系	3
1.2.4 泥盆系	3
1.2.5 石炭系	3
1.2.6 二叠系	3
1.2.7 三叠系	4
1.2.8 侏罗系	4
1.2.9 白垩系	4
1.2.10 古近系	5
1.2.11 新近系	5
1.3 构造演化史及含油气盆地的形成与演化	5
1.3.1 新太古代	5
1.3.2 古元古代	6
1.3.3 中元古代和新元古代	6
1.3.4 早古生代(寒武纪—志留纪, 540~415Ma)	8
1.3.5 晚古生代(泥盆纪—二叠纪, 415~250Ma)	8
1.3.6 中生代(三叠纪—白垩纪, 250~65Ma)	9
1.3.7 新生代(65~0Ma)	9
1.4 盆地类型划分	12
第2章 南美含油气盆地的基本特征	14
2.1 大西洋被动边缘盆地	14
2.2 克拉通内盆地	21
2.3 弧后、前陆盆地	23
2.4 弧前、弧间盆地	29
2.5 扭压(拉分)盆地	32
第3章 东委内瑞拉盆地	35
3.1 盆地概况	35
3.1.1 区域地质特征	35
3.1.2 盆地油气勘探开发概况	40

3.2 油气地质特征	41
3.2.1 烃源岩	41
3.2.2 储层	42
3.2.3 盖层	43
3.2.4 圈闭	44
3.2.5 成藏组合	44
3.3 盆地演化与含油气系统	45
3.3.1 沉积演化	45
3.3.2 构造演化及构造特征	48
3.3.3 油气生成、运移	49
第4章 普图马约—奥连特—马拉尼翁盆地	54
4.1 盆地概况	54
4.1.1 区域地质特征	54
4.1.2 盆地油气勘探开发概况	59
4.2 油气地质特征	59
4.2.1 烃源岩	59
4.2.2 储集层	59
4.2.3 盖层	60
4.2.4 圈闭	62
4.2.5 成藏组合	63
4.3 盆地构造演化与含油气系统	65
4.3.1 构造与沉积演化	65
4.3.2 油气生成、运移	69
4.3.3 含油气系统	77
第5章 中马格达莱纳盆地	84
5.1 盆地概况	84
5.1.1 盆地基底	84
5.1.2 盆地地层特征	84
5.1.2 盆地油气勘探开发概况	89
5.2 油气地质特征	89
5.2.1 烃源岩	89
5.2.2 储层	90
5.2.3 盖层	90
5.2.4 圈闭	91
5.2.5 成藏组合	91
5.3 盆地演化与含油气系统	93
5.3.1 沉积演化	93
5.3.2 构造演化	95
5.3.4 含油气系统	99

第6章 马拉开波盆地	102
6.1 盆地概况	102
6.1.1 马拉开波盆地区域地质特征	103
6.1.2 马拉开波盆地油气勘探开发概况	110
6.2 油气地质特征	110
6.2.1 烃源岩	110
6.2.2 储层	115
6.2.3 盖层	118
6.2.4 圈闭	118
6.2.5 成藏组合	119
6.3 盆地演化与含油气系统	120
6.3.1 沉积演化	120
6.3.2 构造演化	122
6.3.3 油气生成、运移	126
6.3.4 含油气系统	129
第7章 桑托斯盆地	134
7.1 盆地概况	134
7.1.1 油气勘探概况	134
7.1.2 区域地质特征	135
7.2 油气地质特征	140
7.2.1 烃源岩	140
7.2.2 储层	142
7.2.3 盖层	144
7.2.4 圈闭	144
7.2.5 成藏组合	145
7.3 盆地演化与含油气系统	145
7.3.1 沉积演化	145
7.3.2 构造演化	147
7.3.3 油气生成、运移、聚集与保存	150
7.3.4 含油气系统	151
7.4 盐岩构造对油气影响	152
7.4.1 盐岩对油气运移的作用	153
7.4.2 盐岩对油气圈闭和封盖的作用	153
7.4.3 盐岩对浊积岩分布的控制作用	154
参考文献	157
索引	166

第 1 章 南美地质概况和盆地类型

1.1 地质背景及区域构造特征

南美板块,包括整个南美洲大陆,向东一直延伸到中大西洋海岭。南美板块的东界是离散边界,与非洲板块相邻,属于大西洋被动陆缘;南界与南极洲板块和斯科舍板块为界;西界与纳斯卡板块形成会聚边界,属于太平洋活动边缘;北界与加勒比板块相邻。

南美大陆主要由南北向的三个大的构造单元组成:西部及北部为贯穿整个大陆的安第斯造山带,它向南穿过斯科舍弧和南极西部造山带相连,东部为南美地台以及南面的巴塔哥尼亚地台,中部为次安第斯前陆盆地。北美大陆西侧的中新生代科迪勒拉褶皱带,在南美洲北部及加勒比地区分为两支:一支从危地马拉向东,经大小安的列斯岛,至委内瑞拉加勒比沿岸山脉与安第斯山汇合,构成一个向东突出的弧;另一支直下南美洲,也称作安第斯褶皱系。太平洋沿岸一支(安第斯)主要发育有酸性侵入岩和喷发岩,向陆方向以中生代火山岩为主,向海方向发育古近纪火山岩系,靠陆侧(东部)主要由变质岩和沉积岩组成,时代各处不同,从古生代至古近纪,褶皱带内存在一些山间断陷盆地。西侧褶皱带地壳缩短,构造变形强烈。东部为一系列前寒武系地盾区,自北而南由三个地盾构成,分别是圭亚那地盾、巴西地盾、乌拉圭—巴拉圭地盾,地盾间与地盾内部存在着一些克拉通内陆坳陷盆地,上覆古生代及部分中新生代地层。地盾区的大西洋沿岸,由于大陆分离而形成许多的中新生代断陷盆地。中部为次安第斯前陆盆地,属于科迪勒拉向东与地盾区的过渡带,构造变形由西向东逐渐减弱,发育中新生代沉积盆地。

中生代以前南美和非洲大陆共同组成西冈瓦纳大陆,地层、构造带甚至金属成矿带都可以相互衔接。南美地台是由元古宙至早古生代构造地块焊接起来的复合克拉通,有三个前寒武纪地盾:圭亚那地盾、中巴西地盾和圣弗朗西斯科地盾(又称巴西滨海地盾)。在 9 亿~7 亿年前的巴西运动(相当于泛非运动)后形成统一地台。其中石炭系、二叠系具有典型的冈瓦纳型特征。巴拉那盆地中生代有大规模的高原玄武岩喷发。南美大陆南部巴塔哥尼亚地块及其东面的马尔维纳斯群岛是古生代拼接到冈瓦纳边缘的克拉通地体,原来不属于南美地台。安第斯是一个复杂的中、新生代造山带,内部存在前寒武纪地块碎片,如阿雷基帕地块,基底的同位素年龄达 19 亿年。晚前寒武系—古生界组成盖层,进入中生代以后随着大西洋扩张、南美洲西移,纳兹卡大洋板块向东消减,大陆边缘转化成沟弧系。侏罗纪至早白垩世出现蛇绿岩系、混杂堆积、蓝片岩以及大规模的海岸基岩带。新生代安第斯山急剧抬升,现在的面貌到晚中新世以后才出现。

南美最老的前寒武系称伊马塔卡杂岩,发育在委内瑞拉境内的圭亚那地盾,基底为

片麻岩、麻粒岩和紫苏花岗岩组成的高级变质岩系,同位素年龄为 34 亿~31 亿年,被 16.5 亿~16 亿年的罗莱马组含铁交错层砂岩、长石砂岩、砾岩和页岩不整合覆盖。中巴西地盾的基底称戈亚斯杂岩,下部为具鬣刺结构的超镁铁质岩和枕状玄武岩,上部为夹流纹岩和碳酸盐岩的碎屑岩系,夹基性火山岩,中元古界碎屑岩和中酸性火山岩不整合于其上,是最早的地台盖层。圣弗兰西斯地盾的基底是太古宙的麻粒岩、超镁铁质杂岩和绿岩带;新元古界含冰碛岩和冰海沉积,然后是含叠层石的碳酸盐岩和泥质岩;古生代初安第斯山东部遭受海侵,早—中寒武世灰岩含化石,早奥陶世后期局部有山岳冰川,中奥陶世早期海侵达最大。南美东部地台志留系、石炭系和二叠系为含冈瓦纳植物群的陆相地层和含澳大利亚宽纹蛤的海相地层。早二叠世末海西运动导致海退,晚二叠世南美大陆广泛发育陆相红层,南美大陆部分缺失下、中三叠统,侏罗、白垩纪和古新世时东部以碳酸盐岩和碎屑岩为主,西部出现深海浊积岩和基性火山岩。强烈的造山运动发生在晚白垩世早期。南美大陆的岩浆活动以前寒武纪和中、新生代为主,前者见于各地盾的基底,后者则集中在安第斯带中,占地表面积 15% 的是 100~15Ma 期间侵位的深成岩,从早白垩世晚期到新近纪岩浆活动几乎是连续的。

1.2 南美地层特征

南美洲大陆东部基底为变质结晶岩,最后变质的年龄为 2000Ma,基底岩系包括太古界和下部元古界。南美洲大陆东部地台区包括北部圭亚那地盾和南部的巴西地盾,中间为亚马逊盆地所隔,巴西南部则有巴拉那(Parana)盆地。圭亚那地盾包括圭亚那、哥伦比亚、巴西的一部分,盖层岩系为鲁拉伊马(Roraima)群,年龄约 2000~1700Ma。基底岩系最低层位见于委内瑞拉,称伊马塔卡(Imataca)群,由石英长石片麻岩与各种粒岩相变质成层岩系构成,含铁—锰沉积,存在混合岩化作用,并受到复杂的断裂变动改造。伊马塔卡群的最老变质年龄为 3200Ma。变质太古界的地层岩系以圭亚那的巴拉马(Baraima)群和马扎鲁尼(Mazaruni)群为代表。前者原岩为含锰的泥质岩夹火山碎屑岩及砾质砂岩,后者整合上覆,为一火山岩群,由酸性熔岩、火山碎屑岩与基性侵入岩构成,切穿它的花岗岩年龄为 2600Ma,全套地层变质程度低,变形强烈形成同斜褶皱。巴西地盾上仅在北部出现巴索(Bacão)杂岩,为年龄在 2500Ma 以上的花岗闪长岩所侵入。

1.2.1 寒武系

南美地块西部安第斯地槽的大陆边缘部分在寒武纪有海侵,同时在秘鲁、玻利维亚以东沿亚马逊盆地由西向东海侵,这些地区有寒武纪海相地层;巴西部分地区可能存在陆相盆地沉积。目前,阿根廷西部寒武系较发育,下寒武统为灰岩,中寒武统为灰岩和页岩,上寒武统为页岩。

1.2.2 奥陶系

南美洲奥陶系差异大, 阿根廷为浅水沉积, 以碎屑岩、碳酸盐岩为主; 智利为深水沉积, 厚度较大, 向东、向北厚度变薄, 至委内瑞拉, 下奥陶统直接超覆在前寒武纪地层之上。上奥陶统在阿根廷西北部和玻利维亚西部发现冰碛层。

1.2.3 志留系

南美洲地区的志留系主要分布在西部边缘、亚马逊河流域及巴拉圭等地。早志留世的海侵最大, 不仅西部边缘安第斯地槽区被海侵淹没, 而且沿亚马逊河流域向东海侵, 形成一套碎屑复理石沉积; 中志留世海退, 至西部安第斯地槽区; 晚志留世, 安第斯地区缓慢上升, 导致海退, 普遍缺失上志留统。

1.2.4 泥盆系

南美洲中央的稳定地块——巴西地台上, 下泥盆统系分布在亚马逊盆地及巴西东部, 由海相砂岩、页岩和灰岩组成。巴西南部的巴拉那盆地, 下泥盆统为砂岩、页岩, 整合于志留系上, 称为巴拉那群。巴西地台东北边缘中泥盆世曾出现冰川活动, 冰川沉积和海相砾岩互层。地台西侧的安第斯地槽, 发育较厚的海相碎屑岩夹一些陆相砂岩、页岩, 下泥盆统分布范围广, 中、上泥盆统分布局限。地台南端的马尔维纳斯群岛为活动区, 泥盆系为碎屑岩, 厚约 7000m, 并有冰川沉积。

1.2.5 石炭系

南美洲地区的石炭系分布在西部和中南部, 沉积类型变化较大。下石炭统分布范围小, 海相地层出现在安第斯海槽的智利、哥伦比亚和阿根廷西部。泥盆纪阿根廷发生构造运动, 使得该处早石炭世出现山岳冰川沉积, 相似的冰川沉积还在玻利维亚南部和阿根廷北部出现。秘鲁、玻利维亚和巴西北部则有下石炭统陆相沉积。晚石炭世西部安第斯海侵范围扩大, 北部委内瑞拉、哥伦比亚直到南部智利, 沉积了大量的碎屑岩和灰岩, 海水向东扩展至亚马逊流域, 这一带因海进、海退频繁旋回, 沉积了灰岩、碎屑岩和蒸发岩。阿根廷西部及巴拉那盆地广泛发育了上石炭统陆相碎屑岩和冰碛层。

1.2.6 二叠系

南美洲地台区的中南部巴拉那河流域, 沉积了陆相地层, 下二叠统为陆相含煤地层, 上二叠统为含油的砂岩、页岩, 夹海相灰岩, 表明其南部边缘曾有小规模海侵。西部安第斯地槽区, 早二叠世, 海相灰岩广泛沉积, 晚二叠世由于褶皱运动而海退, 秘鲁和智

利等地,沉积了陆相红层并广泛发育火山岩。

1.2.7 三叠系

南美洲三叠系分成两个部分,一部分是海相沉积,沿智利和阿根廷的西海岸分布,即安第斯地槽区。其下统系陆相的砾岩和砂岩,与二叠系往往连续沉积,可见当时无海侵,智利中部还夹有大陆火山喷发岩。中三叠世开始,地壳下降,海水海侵,形成厚层灰岩,分布于哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁、玻利维亚一带,有火山活动,并持续到晚三叠世。另一部分三叠系是陆相沉积,分布于巴西、乌拉圭、巴拉圭及阿根廷大部分地区,主要为湖泊和沙漠环境形成的红层。

1.2.8 侏罗系

早、中侏罗世,南美洲安第斯发生海侵,主要在哥伦比亚西北部及厄瓜多尔、秘鲁的中西部。在此时期沉积了很厚的细碎屑岩及碳酸盐地层,并发生了多次沉积间断。表明地壳活动频繁,时有升降,海侵范围变动频繁。上述区域以东主要为陆相沉积及火山岩,即巴西巴拉那盆地的基性火山岩及风成砂岩,火山岩分布面积很广且厚度大,平均厚度达600m。

中侏罗世之后,地壳运动显著,形成卡洛期沉积与中侏罗统及牛津阶的不整合面。晚侏罗世的沉积在西部以火山岩为主,往东逐渐变为页岩、砂岩、石膏及灰岩,东部边缘有砾岩。侏罗纪末发生了一次短期的海侵,委内瑞拉及阿根廷西南部均遭到海侵,形成砾岩及灰岩。

1.2.9 白垩系

晚侏罗—早白垩世,在巴西地盾西缘安第斯海槽地区发育浅海相地层,由于海侵不断加强可见早白垩世海相地层超覆于不同时代的老地层之上,最底部为沼泽、三角洲到滨海相碎屑沉积,含植物化石和煤层,巴西地盾西缘地带白垩纪时海侵海退更替比较频繁,沉积了一套巨厚的河流—三角洲相、湖积相和滨海相地层。白垩纪晚期海侵进一步向地盾方向扩大,前缘地带仍以碎屑岩为主。

南美洲东海岸只有个别小海湾有短期海侵,多形成三角洲—滨海相的碎屑沉积。巴西内地,如亚马逊河流和托坎廷斯河一带以及南部的几个内陆盆地,分布广泛的河流相、洪积相、三角洲相和淡水湖泊相沉积,多以碎屑岩为主。乌拉圭和阿根廷南部也有类似的晚白垩世的内陆盆地碎屑沉积。

在安第斯海槽北部的厄瓜多尔和哥伦比亚,早白垩世有广泛的火山活动,玻利维亚和智利大部分出露于海面,分布有火山丘。晚白垩世,随着强烈的造山运动及巨大的岩浆侵入,标志着安第斯—科迪勒拉褶皱山系开始形成。这次构造运动事件使阿根廷西部和智利的安第斯地槽及秘鲁中西部,厄瓜多尔和哥伦比亚中西部的地槽主体变形,秘

鲁—委内瑞拉之间的主体山系两侧形成两条近于平行的海槽。中间隆起地区在白垩纪晚期继续遭受强烈的构造运动影响，褶皱和断裂活动复杂而普遍。

1.2.10 古近系

南美洲板块西缘的安第斯地槽在古近纪经历了多次褶皱与火山活动。这一时期地槽持续上升，海侵面积比白垩纪末更为局限。古新世的海相沉积仅沿南美洲最西边的狭长海岸地带发育。始新世中期和渐新世中期发生广泛的褶皱运动与火山活动，并有花岗岩侵入。中新世又连续发生褶皱和断裂，中期表现特别强烈，是安第斯造山运动的主要阶段。经过风化剥蚀，安第斯上新世变得比较低平，上新世晚期又重新发生褶皱、断裂、上升，形成安第斯山脉。古近纪南美洲大陆上的陆表海仅分布于边缘地带，始新世时海水沿安第斯低洼地带侵入，并在其东面形成一个浅的陆表海盆。大陆内部主要为陆相碎屑沉积，碎屑物来源于安第斯山脉的剥蚀，亚马逊盆地是一个主要沉积场所。

1.2.11 新近系

新近纪期间地球发生了巨大而复杂的变化，诸如气候冷暖的波动、冰期的多次出现、海平面的频繁升降而导致的几次海侵与海退。南半球诸大陆上更新世冰川活动的遗迹也很明显。南美洲，从安第斯山到巴塔哥尼亚山有多次冰川作用的痕迹，冰川沉积物向西延伸到海平面附近，向东进入阿根廷的南美大草原。

1.3 构造演化史及含油气盆地的形成与演化

南美洲板块的演化史与全球板块的演化紧密相关，如：大西洋大陆、尼娜大陆（北欧—南美超级大陆）、罗迪尼亚、冈瓦纳/潘诺西亚和盘古大陆的拼合和解体对南美板块都产生了重要影响。南美洲现存的古元古代和中元古代盆地中的古老地层可以阐释南美洲板块的构造演化。

1.3.1 新太古代

35 亿年前，众多微板块开始拼合，至 27.5 亿年前巴伊亚热基耶旋回或米拉斯基拉斯(Rio de Velhas)事件形成最大的地块。板块相互作用早期，沉积盆地形成的构造环境为弧前、弧后和后造山运动塌陷盆地，现今都已经演化为变质程度较低的绿岩带。大多数古老盆地的基底变形强烈且地质年龄都大于沉积盖层。

1.3.2 古元古代

超级大陆拼合(如大西洋超级大陆)在南美洲板块表现为新太古代微板块快速接合及沉积盆地的形成。此类盆地形成的构造环境多变,有被动边缘前陆、裂谷、陆内台坳以及地幔柱上升或者拉分盆地形成的裂谷。盆地构造变形比较强烈,构造变形方式多样,主要与增生、碰撞和扭压造山运动相伴生。增生、碰撞和扭压造山是古元古代末期大陆拼合的主要方式,最终形成了由南美和非洲大陆组成的大西洋超级大陆(Rogers, 1996)。

1.3.3 中元古代和新元古代

南美洲中元古代至新元古代演化可以分成以下几个阶段。

1. 固结纪地裂运动(Pre-Nena, 大西洋解体)

固结纪地裂运动发生在大西洋解体之后,尼娜大陆形成之前,时间大约介于1.8~1.6Ga,大部分中元古代盆地即形成于这个时期(Magini et al., 1999)。固结纪张性活动非常明显,表现为岩浆作用强烈,镁质侵入岩分布于北委内瑞拉并向南延伸至北乌拉圭和阿根廷,向西经大西洋沿岸延伸至玻利维亚,主要由镁质—超镁质非造山花岗深成岩和火山岩组成。

虽然大部分地区处于拉张环境,但是亚马逊古陆中罗赖马期形成的盆地存在一些变形。固结纪运动对亚马逊古陆、巴伊亚、米拉斯基拉斯(Minas Gerais)、波尔波雷玛(Borborema)省、南美洲其他地区以及非洲和北美等地区的成盆构造产生重要影响。巴西利亚构造活动带内部的固结纪及稍微年轻的地层于中元古代和新元古代发生褶皱。

固结纪拉张期,里奥内格罗茹鲁埃纳构造活动带(阿尔托塔巴若斯盆地向西)、饶鲁地区(马东格罗索、亚马逊古陆西南部)以及其他地区可能发生增生造山运动。埃斯皮尼亚苏山系(塞鲁、米纳斯戈亚斯)一些铁镁质岩石可能是固结纪时期的残余洋壳。

2. 后 Nena 中元古代盆地

中元古代盆地的下部和中部地层信息较少,主要是内克拉通碎屑岩,局部为火山碎屑岩。南美中东部,主要分布于固结纪裂谷内以及巴伊亚和米拉斯基拉斯地区,局部在裂谷内延伸形成地槽

裂谷阶段之后,罗迪尼亚形成一个大陆边缘,在1.15~1.0Ga由拉张变为压扭形成瓜波雷褶皱带,发育被侵入岩切断的中深变质岩。

3. 后罗迪尼亚帕尔梅拉斯阶段

罗迪尼亚的解体控制了广泛分布的新元古代沉积物和火山沉积,许多地区转变成构造活动带。南美洲(1.1~0.63Ga)可以划分为三个阶段。第一个阶段是拉伸纪初期

(1050~900Ma), 主要表现为亚马逊、巴西中东部和大西洋沿岸基性岩浆作用。亚马逊西部表现为花岗质和碱性非造山岩浆作用。第二个阶段是新元古代中期(800~700Ma), 南美洲普遍存在的地裂运动, 大型陆盆和海盆的形成标志着地裂运动的结束。早期发生了全球性图特冰川事件, 同时局部地区发生汇聚, 如巴西南部岛弧的形成以及巴西中东部的碰撞造山。罗迪尼亚解体是第三阶段(640~620Ma), 表现为巴西利亚/泛非造山运动及南美洲大部分地区的岩浆岛弧和碰撞带的形成。这一过程表明罗迪尼亚超级大陆的解体与另外一个大陆(冈瓦纳/潘诺西亚)拼合期相叠(Boggiani, 1997)。

4. 前冈瓦纳—潘诺西亚阶段

岩浆岩的特征可以识别罗迪尼亚解体期间地裂运动的第一个阶段(拉伸纪)。巴西利亚远端盆地岩浆岛弧和大洋地层记录很少, 主要是海底玄武岩、洋中脊火山岩和增生棱柱体。南美巴西利亚构造区大洋岩石碎片全区都有出露, 但是没有发现完整的蛇绿岩套。岩浆岛弧开始于 930Ma, 一直持续到新元古代和寒武纪。

新元古代变形对大洋盆地的关闭和全球古地形起主导作用, 这种变形在冈瓦纳—潘诺西亚增生过程中达到高峰。巴西利亚完全拼合后, 南美洲分成两个区域: 一是前巴西利亚构造区, 主要位于南美北部和北东部以及安第斯一带; 二是大陆东部的 4 个巴西利亚构造区。巴西利亚地质构造运动强烈并且广泛(影响褶皱带和基底), 以至于难以区分构造运动前后的地质体。

5. 晚巴西利亚过渡阶段

晚巴西利亚时期, 南美洲自北部至南部的乌拉圭发生了广泛的成盆构造作用。巴西利亚构造带内部存在继承盆地和过渡环境。新元古代板块周缘形成前陆和内陆盆地, 而内部是撞击盆地和陆内走滑盆地。虽然构造环境不同, 但晚巴西利亚时期形成的盆地具有类似的沉积和岩石结构。大多数盆地保存下来的地层比原始沉积厚度小得多。

盆地形成于造山运动的不同时期, 沉积的地层自新元古代(650Ma)至奥陶纪(480Ma), 大部地层年龄集中于元古代—寒武纪。成盆构造主要是南美拉张事件。例如沿着亚马逊地槽轴部发育铁镁质、超铁镁质岩浆, 亚马逊中南部和圣弗朗西斯科(Sao Francisco)克拉通北部发育镁铁质岩脉群, 以及长英质岩墙、热液岩脉和伟晶花岗岩。

过渡阶段许多盆地伴生平移断层, 表明存在构造逃逸事件。巴西南部的一些盆地(Guaratubina、坎波斯、阿莱格里和 Corupa)发育杂色粗粒碎屑岩和长石质火山岩并与晚期造山运动的碱性侵入体相伴生。

590Ma, 自桑塔卡塔里娜至圣保罗沿着马尔山分布的沉积岩、火山岩和深成岩共生体, 是巴西利亚地体与巴西南东的岛弧发生微碰撞的产物(Basei et al., 1998)。碰撞构造活动带周缘其他盆地, 比如巴西南部卡斯托(巴拉那)和卡马匡(南里奥格兰德)属前渊盆地, 但也有人认为是裂谷作用形成的盆地。

1.3.4 早古生代(寒武纪—志留纪, 540~415Ma)

自 850Ma 开始, 一直持续到晚寒武世末期(490Ma), 罗迪尼亚解体的同时, 冈瓦纳大陆则通过持续的碰撞增生在泛非褶皱带上形成当时最大的大陆, 南美位于冈瓦纳大陆的西部。这个时期地壳的重要构造事件是劳伦西亚(Laurentia, 北美)、波罗地(Baltica, 北欧)的漂移、碰撞和巨神海关闭。冈瓦纳大陆向北漂移, 中央地台较稳定, 其边缘存在活动的地槽带, 例如科迪勒拉地槽系。南美的地盾区则为稳定的隆起区, 但时常有海水侵入内部的沉降区, 如亚马逊, 马腊尼昂等盆地。加里东运动曾使科迪勒拉短暂隆起并发生侵蚀。

前寒武纪末期至早寒武世, 一个巨大的沉积盆地形成, 自南玻利维亚延伸至中阿根廷, 沉积了浊积岩和零星分散的灰岩。晚寒武世前期, 主要受潘佩阿纳斯造山运动影响, 阿根廷西北部发生强烈的褶皱。中寒武世—志留纪期间, 发生了变质变形作用, 岩浆活动伴生。

前科迪勒拉地体, 又称圭亚那, 其起源学者争议较大。早寒武世—奥陶纪, 发育碳酸盐岩台地, 但存在几个小的不整合面, 被志留系和泥盆系覆盖。潘佩阿纳斯的构造变形不明显, 属于被动大陆边缘, 认为是从劳伦分离出来的地块, 中奥陶世发生碰撞(Vaughan and Pankhurst, 2008)。在前科迪勒拉东部有中奥陶世变质作用的证据。但 Aceñolaza 等(2002)认为前科迪勒拉起源于西冈瓦纳的另外一部分, 奥陶纪沿着边缘发生大规模的走滑运动。

塞拉斯潘佩阿纳斯是另外一次大陆增生事件的产物, 构造带由混合片麻岩、低变质程度的变质沉积物、花岗岩和准基性岩组成, 早—中寒武世发生造山变形、变质和重熔作用。古生代早期演化历史与东边古太古代拉普拉塔克拉通以及前科迪勒拉被动边缘灰岩层序不符合, 表明它是个外来地质体。

古生代, 安第斯造山运动频发, 甚至重叠, 时间从中寒武世—二叠纪, 甚至到三叠纪, 空间上自巴西地盾至古太平洋。

1.3.5 晚古生代(泥盆纪—二叠纪, 415~250Ma)

全球板块运动过程中, 北半球板块之间的碰撞、拼合, 最终与冈瓦纳大陆相连, 至二叠纪末形成一个新的联合大陆——盘古大陆。晚古生代, 冈瓦纳大陆规模达到最大, 包括了澳大利亚、印度、南极、南非部分地区和南美南部部分地区。冈瓦纳大陆的西缘(南美洲)发育晚古生代盆地群。

冈瓦纳大陆一般仅在边缘发生海侵, 内部大部分地区为隆起剥蚀区。科迪勒拉地槽系中部曾发生褶皱隆起和岩浆岩侵入活动, 海水向西退出。其南端的乌拉圭以南部分硬化, 墨西哥湾一带的阿马拉拉来地槽则完全硬化。二叠纪末, 冈瓦纳大陆内部发生显著的差异升降, 形成一系列拗陷盆地, 断裂发育, 预示着冈瓦纳大陆的漂移、解体即将来临。晚二叠世, 阿根廷布宜诺斯省的贝塔纳寒武系—二叠系发生褶皱和逆冲。

1.3.6 中生代(三叠纪—白垩纪, 250~65Ma)

中生代地壳运动主要表现为古生代晚期形成的联合大陆的解体和现今诸大陆、大洋位置的奠定。初期南美大部分地区接受侵蚀和陆相沉积。侏罗纪中期盘古大陆开始分裂, 白垩纪早期南美与非洲开始分离, 晚白垩世两者距离逐渐扩大, 墨西哥湾和加勒比海开始下沉, 南美大部地区被海水淹没, 科迪勒拉和大小安的列斯岛成为深海槽。白垩纪末, 拉腊米运动使整个科迪勒拉地槽系褶皱隆起, 岩浆侵入和火山喷发, 大安的列斯海槽也受到影响, 形成一些火山小岛。太平洋板块不断向周围大陆挤压、俯冲、碰撞, 导致南美洲安第斯地槽主体褶皱隆升成山。

二叠纪—三叠纪发生诺利期海侵, 地台地区沉积了陆相红层, 早西涅缪尔斯和早托尔期, 产生新的海侵。拉张构造活动向南迁移, 秘鲁南部发生沉降。在此时期岩浆活动主要在哥伦比亚和秘鲁南部。哥伦比亚的侵入岩与拉张或走滑有关, 而秘鲁南部侵入体侵入与俯冲火山岩有关。

晚三叠世—晚侏罗世, 特提斯裂谷作用控制着南美北部的演化。早—中侏罗世, 裂谷作用使加勒比成为复杂左旋转换带。中大西洋打开时, 南美和北美分离。特提斯洋沿着哥伦比亚地块打开使北美洲向北西运动。特提斯洋中脊向南西延伸至古太平洋地区, 分隔法拉龙大洋板块和菲尼克斯大洋板块。因此哥伦比亚裂谷扩张开始之前, 哥伦比亚并未发生俯冲。晚三叠世—早侏罗世(180Ma), 西冈瓦纳边缘的特提斯洋处于裂谷阶段, 引起加勒比地区拉张。在托尔期(183Ma), 哥伦比亚发生钙碱性岛弧岩浆侵位事件, 主峰期为阿连期(176Ma)和巴柔期(166Ma)。岩浆活动与新生的特提斯地壳(即哥伦比亚大洋分支)俯冲有关。基末利期—提塘期南美洲边缘地球动力环境发生明显变化。中大西洋扩张速度显著降低, 南大西洋于晚牛津期—早提塘期打开。

1.3.7 新生代(65~0Ma)

南美洲板块西缘的安第斯地槽自白垩纪开始褶皱上升, 海岸变窄, 古近纪由于太平洋板块持续向南美洲大陆板块俯冲, 褶皱和火山事件贯穿始终。海槽分布于中美和南美太平洋沿岸以及安的列斯群岛一带, 墨西哥湾和加勒比海成为小洋盆。海盆周围及大西洋一带为浅海环境。中新世末期的安第斯运动使整个科迪勒拉地槽体系褶皱隆升成山。

1. 南美大西洋被动边缘

大西洋并非同时打开的, 南部最先开始, 逐渐向北扩张(Rabinowitz and LaBrecque, 1979; Jacques, 2003)。南大西洋南部在晚三叠世—早侏罗世(220~200Ma)开始裂谷, 在中侏罗世沿着阿根廷南部边缘裂谷, 在晚侏罗世—早白垩世(140~132Ma)到达巴西东南部边缘。最初分离方向是E-W, 逐渐变为NE-SW。北部分离速度慢, 大概经过40Ma才彻底分离, 而南部分离速度快, 出现厚层玄武岩, 向海洋方向倾斜, 楔状, 厚度可达15km(Talwani and Abreu, 2000)。南部边缘在晚侏罗世—早白垩世, 强烈拉张, 形成许