



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

亚洲大地构造与 大型矿床

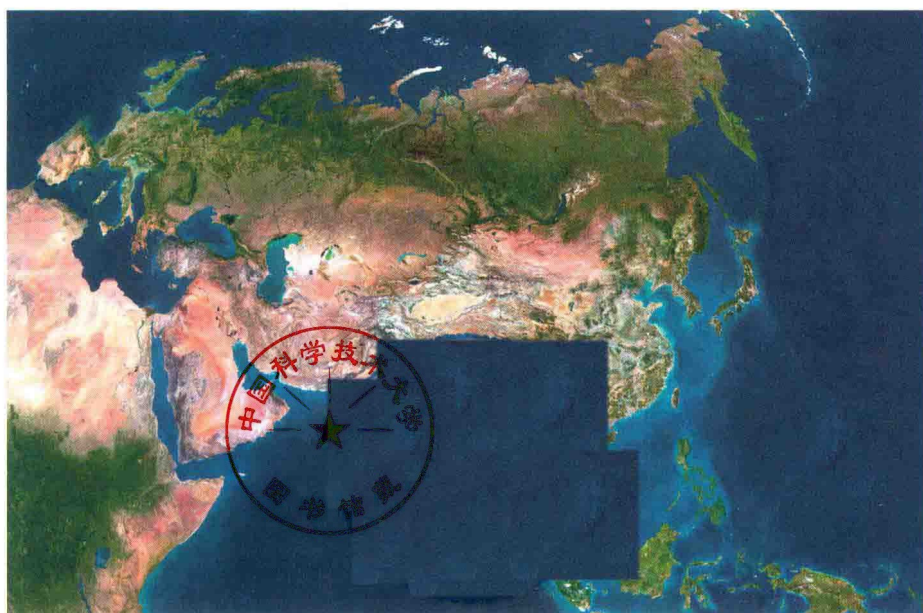
万天丰 著

高等教育出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

亚洲大地构造与大型矿床

万天丰 著



高等教育出版社·北京

内容提要

本书以亚洲大陆岩石圈板块的构造单元划分、构造演化历史与大型矿床、矿田的构造成矿作用为主要内容,认为自古元古代晚期以来,由 28 个大地块和数以百计的小地块经过 14 次以上的汇聚、碰撞、拼合而形成亚洲大陆岩石圈。这种板块或地块之间的以水平运移作用为主的方向多变的和强度各异的俯冲、碰撞及其远程效应,造成了亚洲大陆内部发育着相当强烈的多期次的陆陆碰撞带和大面积的板内变形,它们不断地形成各种矿产,同时也可破坏有用元素的聚集,控制了地貌演化与盆山地形的变换,改变着大陆内各地区的生态环境,并在亚洲大陆岩石圈内部造成许多构造滑脱面,形成两个特殊的岩石圈结构类型——东亚较薄的陆壳洋幔型岩石圈与青藏-帕米尔增厚型大陆岩石圈。

作者还认真收集了亚洲现在已知的 242 个大型或超大型矿集区、矿田或矿床的资料,进行了构造成矿作用的研究,认识到在亚洲大陆岩石圈内“板内拉张成矿作用”是主要的构造成矿作用,而“造山带成矿作用”则为相对次要的;并进而对如何从构造成矿作用的角度来进行深部、外围以及在已知成矿带内未知地区的找矿工作,提出了一些意见,供读者参考。

本书适合在亚洲从事构造地质、区域地质及找矿,矿产普查与勘探,地震地质,环境地质和灾害地质等方面的科研、教学人员与野外地质工作者使用,也是一本适合研究生使用的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

亚洲大地构造与大型矿床 / 万天丰著. --北京: 高等教育出版社, 2018. 4

ISBN 978 - 7 - 04 - 049348 - 1

I. ①亚… II. ①万… III. ①大地构造-亚洲②矿床-地质构造-亚洲 IV. ①P563②P613

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 014002 号

策划编辑	柳丽丽	责任编辑	柳丽丽	封面设计	张 楠	版式设计	范晓红
插图绘制	黄云燕	责任校对	刁丽丽	责任印制	赵义民		

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京中科印刷有限公司	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
			http://www.hepmall.com
			http://www.hepmall.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2018 年 4 月第 1 版
印 张	26	印 次	2018 年 4 月第 1 次印刷
字 数	620 千字	定 价	169.00 元
购书热线	010-58581118		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 49348-00
审 图 号: GS (2017) 653 号

YAZHOU DADI GOZAO YU DAXING KUANGCHUANG

笔者通过系统研究亚洲大地构造单元划分与构造演化的大量实际资料,结合本人长期的实践经验,认识到亚洲大陆岩石圈构造具有许多特殊性,与全球其他板块有着很多不同的演化特征。许多板内构造变形和成矿作用的特征都是几十年前板块构造学说刚提出来时所没有认识到的。

笔者认为,亚洲大陆,自古元古代晚期以来,是由 28 个大地块和数以百计的小地块经过 14 次以上的汇聚、碰撞、拼合而成的亚洲大陆岩石圈(欧亚大陆的主体)。这种板块和地块之间的以水平运移作用为主的、方向多变的和强度各异的俯冲、碰撞及其远程效应,造成了亚洲大陆内部发育着相当强烈的、多期次的陆陆碰撞带和大面积的板内变形,它们不断地形成并可破坏有用元素的聚集,控制了地貌演化与盆山地形的变换,改变着大陆内各地区的生态环境,并在亚洲大陆岩石圈内部造成了许多构造滑脱面,形成了两个特殊的岩石圈结构类型——东亚较薄的陆壳洋慢型岩石圈与青藏-帕米尔增厚型大陆岩石圈。

应该说,运用以水平运动为主导的岩石圈板块构造学说来认识地球表层的亚洲大陆岩石圈的构造区划、演化和构造成矿作用是可行的、合理的,也是完全适用的。以为从研究洋底构造起家的板块构造学说一“登陆”就不适用的观点,企图使用大陆内部极为有限的垂直位移作为动力来源,来解释大陆岩石圈板块的大量的构造变形、变位,盆山演化和其他地质现象,看来是不妥当的,也是不符合事实的。这种陈旧的、至今还相当流行的观点阻碍了亚洲大陆构造的深入研究。这是令人十分遗憾的。

在上述研究的基础上,笔者还认真收集了亚洲现在已知的 242 个大型或超大型矿集区、矿田或矿床的资料,进行综合分析,对亚洲大陆内、外生矿床在各个地质构造时期的形成及其分布特征进行了分析;进行了构造成矿作用的研究,认识到亚洲大陆岩石圈内主要的成矿作用是“板内拉张成矿作用”,而“造山带成矿作用”则为相当次要的;并进而对于如何从构造成矿作用的角度来进行深部、外围以及在已知成矿带内未知地区的找矿工作,提出了一些现在来看也许还是比较合理的意见,供读者参考。

由于我们——亚洲地质工作者是在一个很有特色的、全球最为巨大的大陆岩石圈上,从事着前人所不知道的,而且也还有很多前人都没有做过的事情,其难度是可想而知的。因而,我们必须敞开思想,切忌盲从,破除迷信,踏踏实实地在这片充满神奇和机遇的大地上努力工作,不断地学习和进取,认真地修正错误,以期获得更多的相对真理。

近年来,中国被号称为“世界的工厂”,这对于近一百多年来一直处于贫穷落后的国家来说,似乎是很值得骄傲的事情。但是,其实这是一种不合理的现象。大量消耗中国的矿产资源与能

源,在中国造成了比较严重的生态环境污染,以满足全球人民的多方面的需求,这种局面是不能长久维持的,也是一种不合理的配置。

合理地开发全球的矿产资源、能源以及其他各种自然资源,恰当地布局各国的工矿企业,有效地控制环境污染,共同预防重大地质灾害,使全球人民都能过上有保障的幸福安康的生活,这才是合乎情理的。不过要真正做到这一点,还有很长的路要走,需要在全球真正建成一个“大同世界”时才能实现。现在,当各国都只是在维护本国、本地区自身局部利益的时候,是很难做到的。

作为地质工作者应该努力加强全球的地质矿产资源、能源、生态环境与预防地质灾害的研究,为造福全人类做好基础的研究。本书所讨论的亚洲地质构造与矿产资源问题,只是在这一方面迈出了很小的一步。当前世界上一些国家出现停办地质学系,取消地球科学的研究,其实是一种利益驱动的短视行为。虽然从局部利益来看,自然也有他们一定的道理。

愿有更多年轻的地球科学工作者能来为全球地质、矿产资源、生态环境和预防重大地质灾害等课题的研究做出崭新的重大贡献!地球科学是一门与全球人类社会共存的应用学科。只要生活在地球上的人类社会还存在,人们就必须研究地球,就必须掌握地球变化的各种规律,地球科学就必然有其存在的必要性。当然,随着人类社会的进步与发展,一定会对地球科学提出许多崭新的课题,出现许多新的挑战。只热衷于定性描述和模式化的地球科学研究是不能满足社会需求的。另外,如果仅仅把地球科学当作一种精致的、有趣的纯科学来研究,不考虑其对社会是否有用处,或者只把它当作一种赚钱谋生或“向上爬”的手段,这显然是没有前途的!这也是一种危险的错误倾向。

在当前这个大数据时代,地球科学应该从定性描述走向定量研究,必须要在定量预测方面做出更大的贡献,必须努力实现对深部成矿作用进行定量预测;一定要对各地区生态环境变化做出实事求是的定量预测,而不是不负责任地以很少的、局部的、片面的资料为依据发表一些耸人听闻的“预测意见”;必须以大量地质、地球物理和地球化学的综合观测数据和资料为基础,实现强震的临震预报和其他重大自然灾害的预报和预防;必须与其他基础理论与应用学科相结合,开拓新思路,开创地球学科的新局面。

在本书中,限于笔者的研究水平,肯定还存在不少的瑕疵与错误。笔者愿意热忱地与读者进行有益的讨论,欢迎批评指正。

1 绪论	1
参考文献	10
2 亚洲大陆构造域与构造单元的划分和主要特征	13
2.1 西伯利亚构造域	13
2.1.1 西伯利亚板块(1600 Ma, Siberian Plate) [1]	14
2.1.2 东西伯利亚海南缘侏罗纪碰撞带(200~135 Ma, Southern Margin of East Siberian Sea Jurassic Collision Zone) [2]	17
2.1.3 维尔霍扬斯克-楚科奇侏罗纪增生碰撞带(200~135 Ma, Verkhoyansk-Chersky Jurassic Accretion Collision Zone) [3]	18
2.1.4 科累马-奥莫隆板块(850 Ma, Kolyma-Omolon Plate) [4]	19
2.1.5 外贝加尔(蒙古-鄂霍次克)侏罗纪增生碰撞带[170 Ma, Transbaikalia(or Mongolia-Okhotsk) Jurassic Accretion Collision Zone] [5]	19
参考文献	21
2.2 中亚-蒙古构造域	22
2.2.1 阿尔泰-中蒙古-海拉尔早古生代增生碰撞带(541~419 Ma, Altay-Middle Mongolia-Hailar Early Paleozoic Accretion Collision Zone) [6]	24
2.2.2 卡拉干达-吉尔吉斯斯坦早古生代增生碰撞带[541~419 Ma, Karaganda-Kyrgyzstan (Qirghiz) Early Paleozoic Accretion Collision Zone] [7]	27
2.2.3 土兰-卡拉库姆板块(~420 Ma, Turan-Karakum Plate) [8]	27
2.2.4 西天山晚古生代增生碰撞带(385~260 Ma, Western Tianshan Late Paleozoic Accretion Collision Zone) [9]	28
2.2.5 巴尔喀什-天山-兴安岭晚古生代增生碰撞带(385~260 Ma, Balkhash-Tianshan- Hingganling Late Paleozoic Accretion Collision Zone) [10]	28
2.2.6 准噶尔地块(~1400 Ma, Junggar Block) [11]	33
2.2.7 乌拉尔晚古生代增生碰撞带(400~260 Ma, Ural Late Paleozoic Accretion Collision Zone) [12]	34
2.2.8 完达山侏罗纪碰撞带(170~135 Ma, Wandashan Jurassic Collision Zone) [13]	36
参考文献	36
2.3 中朝构造域	40
2.3.1 中朝板块(1800 Ma, Sino-Korean Plate) [14]	41
2.3.2 贺兰山-六盘山晚古生代碰撞带(Helanshan-Liupanshan Late Paleozoic	

Collision Zone) [15]	47
2.3.3 阿拉善-敦煌地块(1800 Ma, Alxa-Dunhuang Block) [16]	47
2.3.4 祁连山早古生代增生碰撞带(541~400 Ma, Qilian Early Paleozoic Accretion Collision Zone) [17]	50
2.3.5 柴达木地块(1800 Ma, Qaidam Block) [18]	51
2.3.6 阿尔金早古生代左行走滑-碰撞带(541~400 Ma, Altun Early Paleozoic Sinistral Strike-slip - Collision Zone) [19]	52
2.3.7 塔里木地块(1800 Ma, Tarim Block) [20]	53
2.3.8 塔中新元古代碰撞带(~850 Ma, Central Tarim Neoproterozoic Collision Zone) [21]	54
参考文献	55
2.4 扬子构造域	60
2.4.1 扬子-西南日本板块(~850 Ma, Yangtze-Southwest Japan Plate) [22]	62
2.4.2 皖南-赣东北-雪峰山-滇东新元古代碰撞带(~850 Ma, South Anhui-Northeast Jiangxi-Xuefeng Mountains-Eastern Yunnan Neoproterozoic Collision Zone) [23]	65
2.4.3 秦岭-大别-胶南-飞驒外带三叠纪增生碰撞带(250~200 Ma, Qinling-Dabie- Jiaonan-Hida Marginal Triassic Accretion Collision Zone) [24]	66
2.4.4 绍兴-十万大山中三叠世碰撞带(250~237 Ma, Shaoxing-Shiwandashan Middle Triassic Collision Zone) [25]	69
2.4.5 华夏板块(~400 Ma, Cathaysian Plate) [26]	71
2.4.6 东兴都库什-北羌塘-印支板块(~850 Ma, Eastern Hindukush-North Qiangtang-Indosinian Plate) [27]	73
2.4.7 中国南海新生代断陷盆地(South China Sea Cenozoic Fault-Depresion Basin) [28]	75
2.4.8 巴拉望-沙捞越-曾母暗沙地块(Palawan-Sarawak-Zengmuansha Block) [29]	81
2.4.9 西兴都库什-帕米尔-西昆仑晚古生代-三叠纪增生碰撞带(360~200 Ma, Western Hindukush-Pamir-Western Kunlun Late Paleozoic-Triassic Accretion Collision Zone) [30]	81
2.4.10 金沙江-红河三叠纪碰撞带(252~201 Ma, Jinshajiang-Red River Triassic Collision Zone) [31]	81
参考文献	82
2.5 冈瓦纳构造域	87
2.5.1 双湖三叠纪碰撞带(252~201 Ma, Shuanghu Triassic Collision Zone) [32]	90
2.5.2 昌宁-孟连-清莱-中马来亚三叠纪碰撞带(252~201 Ma, Changning-Menglian- Chiangrai-Central Malaya Triassic Collision Zone) [33]	90
2.5.3 南羌塘-中缅甸苏板块(~510 Ma, Southern Qiangtang - Sibumasu Plate) [34]	91
2.5.4 班公错-怒江-曼德勒-普吉-巴里散北缘白垩纪碰撞带(100~66 Ma, Bangongco- Nujiang-Mandalay-Phuket-North Barisan Cretaceous Collision Zone) [35]	92
2.5.5 冈底斯板块(~510 Ma, Gangdise Plate) [36]	93
2.5.6 雅鲁藏布-密支那古近纪碰撞带(Yarlung Zangbo-Myitkyina Paleogene Collision Zone) [37]	93
2.5.7 喜马拉雅地块(~510 Ma, Himalayan Block) [38]	94
2.5.8 喜马拉雅南缘主边界逆掩断层(since Neogene, Himalayan Southern Main Boundary Thrust) [39]	98

2.5.9	印度板块(~510 Ma, Indian Plate) [40]	99
2.5.10	高加索-厄尔布尔士晚古生代与晚侏罗世增生碰撞带(Kavkaz-Alborz Late Paleozoic-Late Jurassic Accretion Collision Zone) [41]	102
2.5.11	安纳托利亚-德黑兰中白垩世-古新世碰撞带(100~56 Ma, Anatolia-Dehran Middle Cretaceous-Paleocene Collision Zone) [42]	102
2.5.12	土耳其-伊朗-阿富汗板块(~510 Ma, Turkey-Iran-Afghan Plate) [43]	103
2.5.13	扎格罗斯-喀布尔白垩纪以来增生碰撞带(since Cretaceous, Zagros-Kabul Accretion Collision Zone) [44]	105
2.5.14	托罗斯增生碰撞带(since Neogene, Toros Accretion Collision Zone) [45]	106
2.5.15	阿拉伯板块(~510 Ma, Arabian Plate) [46]	106
2.5.16	阿曼白垩纪增生碰撞带(Oman Cretaceous Accretion Collision Zone) [47]	106
2.5.17	红海裂谷带(since Neogene, Red Sea Rift Zone) [48]	107
2.5.18	西缅甸(勃固山-仰光) 板块[~510 Ma, Western Burma(Pegu Mountains-Rangoon) Plate] [49]	107
2.5.19	阿拉干-巽他新生代俯冲-岛弧带(Arakan-Sunda Cenozoic Subduction and Island Arc Zone) [50]	108
2.5.20	巽他板块(500 Ma, Sunda Plate) [51]	112
2.5.21	东加里曼丹-苏禄群岛白垩纪增生碰撞带(Eastern Kalimantan-Southern Sulu Sea Cretaceous Accretion Collision Zone) [52]	112
2.5.22	苏拉威西海地块(500 Ma, Celebes Sea Block) [53]	113
2.5.23	东爪哇地块(500 Ma, East Argo Block) [54]	113
2.5.24	北新几内亚岛弧带(since Neogene, Northern New Guinea Island Arc Zone) [55]	113
	参考文献	114
2.6	西太平洋构造域	118
2.6.1	白令海盆(Jurassic Eogene, Bering Sea Basin) [56]	124
2.6.2	锡霍特-阿林-科里亚克白垩纪-古近纪增生碰撞带(130~23 Ma, Sikhote-Alin-Koryak Cretaceous-Eogene Accretion Collision Zone) [57]	124
2.6.3	鄂霍次克板块(850 Ma, Okhotsk Plate) [58]	124
2.6.4	阿留申-堪察加半岛-千岛群岛-库页岛-日本东北部新生代俯冲-岛弧带(~40 Ma, Aleutian-Kamchatka-Kurile-Northeast Japan Cenozoic Subduction and Island Arc Zone) [59]	126
2.6.5	日本海新近纪断陷盆地(since 23 Ma, Japan Sea Neogene Fault-Depression Basin) [60]	128
2.6.6	日本中央构造线(白垩纪左行走滑断层带, Japan Median Tectonic Line, Cretaceous Sinistral Strike-slip Zone) [61]	130
2.6.7	本州南部-四国南部-琉球新近纪俯冲-岛弧带(South Honshu-South Shikoku-Ryukyu Neogene Subduction and Island Arc Zone) [62]	130
2.6.8	台东纵谷新近纪以来左行走滑断层带(East Taiwan Neogene-Recent Sinistral Strike-slip Fault Zone) [63]	130
2.6.9	菲律宾-马鲁古新生代双俯冲-岛弧带(Philippines-Moluccas Cenozoic Subductions and Island Arc Zone) [64]	131
2.6.10	菲律宾海板块(since Eogene, Philippine Sea Plate) [65]	131
2.6.11	伊豆-小笠原-马里亚纳新生代俯冲与岛弧带 [IBM(Izu-Bonin-Mariana) Cenozoic	

Subduction and Island Arc Zone] [66]	132
2.6.12 东亚岩石圈类型转换带——大陆型与陆壳洋幔型岩石圈界线(鄂霍次克-大兴安岭 西侧-山西中部-武陵山-泰国达府一线)(since Jurassic, Lithosphere Type Transformation Line of Okhotsk-West to Dahingganling-Middle Shanxi-Wuling Mountains-Tak, Thailand) [67]	132
2.7 青藏-帕米尔大陆增厚型岩石圈界线	135
参考文献	136
3 亚洲大陆岩石圈的构造演化	139
3.1 古元古代末期构造演化(1800~1600 Ma)	140
3.2 中元古代早-中期构造演化(1600~1200 Ma)	141
3.3 中元古代末期构造演化(1200~1000 Ma)	142
3.4 新元古代中期构造演化(~850 Ma)	143
3.5 新元古代晚期-早寒武世构造演化(635~510 Ma)	144
3.6 早古生代晚期构造演化(443~419 Ma)	147
3.7 晚古生代早期构造演化(419~323 Ma)	149
3.8 晚古生代晚期构造演化(323~260 Ma)	153
3.9 三叠纪构造演化(252~201 Ma)	155
3.10 侏罗纪-早白垩世早期构造演化(200~135 Ma)	161
3.11 早白垩世中期-古新世构造演化(135~56 Ma)	168
3.12 始新世-渐新世末期构造演化(56~23 Ma)	173
3.13 新近纪-早更新世构造演化(23~0.78 Ma)	179
3.14 新构造期演化(0.78 Ma~)	183
3.15 关于亚洲大陆岩石圈板块形成与演化的讨论	186
3.15.1 亚洲大陆的生长	186
3.15.2 大范围的板块内部构造变形	189
3.15.3 亚洲大陆的岩石圈类型	194
3.15.4 亚洲大陆的盆山演化机制	197
3.15.5 全球岩石圈板块构造的动力学机制问题	201
参考文献	211
4 亚洲大陆构造成矿作用	223
4.1 各构造单元所赋存的大型矿田、矿床	223
4.1.1 西伯利亚构造域赋存的大型矿田、矿床	223
参考文献	229
4.1.2 中亚-蒙古构造域赋存的矿田、矿床	230
参考文献	255
4.1.3 中朝构造域赋存的矿田、矿床	257
参考文献	269
4.1.4 扬子构造域赋存的矿田、矿床	271

参考文献	307
4.1.5 冈瓦纳构造域赋存的矿田、矿床	311
参考文献	323
4.1.6 西太平洋构造域赋存的矿田、矿床	325
参考文献	326
4.2 各构造域的矿种特征	327
4.2.1 西伯利亚构造域的矿种特征(图 4-73, 见图 2-1)	328
4.2.2 中亚-蒙古构造域的矿种特征(图 4-73, 见图 2-6)	328
4.2.3 中朝构造域的矿种特征	330
4.2.4 扬子构造域的矿种特征(见图 2-18, 图 4-73)	331
4.2.5 冈瓦纳构造域的矿种特征(见图 4-73)	336
4.2.6 西太平洋构造域的矿种特征(见图 4-73)	336
参考文献	338
4.3 各构造期的构造成矿作用	339
4.3.1 太古宙与古元古代构造成矿作用	340
4.3.2 中、新元古代构造成矿作用	340
4.3.3 早古生代构造成矿作用	341
4.3.4 晚古生代构造成矿作用	342
4.3.5 三叠纪构造成矿作用	342
4.3.6 侏罗纪-早白垩世早期构造成矿作用	346
4.3.7 早白垩世中期-古新世构造成矿作用	349
4.3.8 始新世-渐新世构造成矿作用	352
4.3.9 新近纪-早更新世构造成矿作用	354
4.3.10 中更新世以来构造成矿作用	356
参考文献	356
4.4 关于构造成矿作用的讨论	358
4.4.1 构造断裂对于内生金属成矿作用的影响	358
4.4.2 构造变形与内生金属矿床储集空间	360
4.4.3 后期构造作用、适度的抬升或沉降对矿床保存条件的影响	361
4.4.4 板内拉张成矿作用	362
4.4.5 构造成矿作用与进一步的找矿建议	366
参考文献	371
附表 亚洲各构造单元内的大型矿床	374
索引	391
致谢	401

绪 论

亚洲大陆是地球上最大的一个大陆岩石圈板块——欧亚板块的主要部分,面积巨大,构造演化历史漫长,板内构造变形复杂,矿产资源丰富,生态环境多变。因而,对于资源和环境起到控制作用的亚洲大地构造,确实是一个很值得研究的、也是很有趣的课题。随着社会经济的发展,对于矿产资源的开发,从岩石圈板块构造学说的角度来重新认识亚洲大地构造的演化及其与大型矿床(含超大型、特大型与大型矿集区、矿田或矿床)形成的关系,就成为一个十分重要的、有趣的和紧迫的任务。

从 20 世纪 60 年代晚期以来,由研究洋底构造起家的板块构造学说(Wilson, 1970; Le Pichon et al., 1973; Press and Siever, 1974)得到了进一步的发展,在研究大陆构造中积累了丰富的实际资料,如何从板块构造学说的角度进一步认识亚洲大陆岩石圈构造,显然具有很大的理论意义与应用价值(金振民和姚玉鹏, 2004; 郭安林等, 2004; 张国伟等, 2006; 万天丰, 2014)。笔者准备在研究中国大陆岩石圈构造的基础上(Wan, 2011; 万天丰, 2011),进一步扩展到探讨亚洲大地构造及其相关的主要矿产资源形成的构造背景问题。

对于中国大陆岩石圈的构造研究,本书主要依据中国大部分地区比例尺为 1 : 20 万的区域地质调查和石油地质调查的原始资料,新疆与西藏地区则以 1 : 100 万区域地质调查资料为主,适当补充了近年来 1 : 25 万区域地质调查的关键性重要成果(万天丰, 2011; Wan, 2011)。在近年来的研究中,笔者进一步收集了亚洲大地构造的相关资料和 242 个大型或超大型矿集区、矿田或矿床的资料,探讨了构造与成矿作用的关系,指出了它们的形成与分布的构造控制因素,尝试着讨论并提出进一步的找矿建议。

关于亚洲大地构造研究及其图件的编制,早在 1982 年,以李春昱为首的中国地质科学院地质研究所就编制了《亚洲大地构造图》(1 : 8 000 000),该图是在《亚洲地质图》(中国地质科学院, 1980)的基础上,进行了地质构造演化历史的综合分析,汇集了 20 世纪 80 年代以前的亚洲地质构造资料进行综合分析与编制的。该成果是中国首次采用板块构造学说的观点来研究亚洲大陆构造并编制了《亚洲大地构造图》(李春昱等, 1982)。该项成果及其后续研究是本次研究工作的重要参考资料(李春昱, 2004)。然而,受时代与研究程度的局限,有关亚洲大陆内部古板块划分原则与方法还有一些不够明确的地方,大陆碰撞带标志性地质构造特征的研究当时尚属起步阶段,因而,现在看来存在一些不足与缺陷是难免的。

2008 年, Petrov, Leonov, Li Tingdong, Tomurtogoo, Hwang 共同主编了《中亚及邻区地质图》(*Atlas of Geological Maps of Central Asia and Adjacent Areas*) (1 : 2 500 000),在该图内,特别附上了“中亚及邻区构造区带图”(Tectonic Zoning of Central Asia and Adjacent Areas) (1 : 20 000 000)。该图作者否定了长期以来认为存在“哈萨克斯坦板块”的说法,并指出中亚地区是由一系列古生代碰

撞带组成,其间夹杂了许多古老小地块。他们的重新划分,可能比较合理。本书对中亚地区构造单元的划分就参考了他们的意见。

西亚与中东地区的构造资料,除了参考李春昱等(1982)和中国地质科学院《亚洲地质图》编图组(1980)的研究成果之外,还参考了 Pubellier(2008)以及网上公布的许多西亚地质资料及相关文献,进行了必要的补充与修改。

中国大陆、东西伯利亚、朝鲜半岛、日本列岛以及中南半岛的构造资料,基本上都利用了笔者的专著(Wan, 2011; 万天丰, 2011)和 Karsakov 等(2008), Parfenov 等(1995), Parfenov 等(2009)的文献,以及 20 世纪 90 年代笔者在参与 IGCP 224 与 IGCP 321 国际地质对比计划项目研究时,与国内外同行们一起在亚洲各国研讨与实地考察的成果。对于许多构造特征的认识是比较新的,可能也是相对比较合理的意见。不过这也仅仅是笔者的一点心得体会,特提出来供同行们讨论。中南半岛地质资料及结晶基底的年代数据主要依据 Lan 等(2003)、陈永清等(2010)和 Ridd 等(2011)的研究成果。马来半岛的地质构造资料主要依据 Hutchison 和 Tan(2009)的最新专著。菲律宾-巽他群岛的构造资料主要参考了 Hall 等(2011)主编的论文集, Pubellier(2008)的图件,以及 Smyth 等(2007)的论文。大洋地区的洋底地质年代资料,则主要参照了 Pubellier(2008)的资料。

对于亚洲大陆很多基础地质资料(结晶基底、侵入体、火山岩、蛇绿岩套及中生代沉积盆地等界线)则主要参考了李春昱(1982)、中国地质科学院《亚洲地质图》编图组(1980)、马丽芳(2002)、中国地质科学院地质研究所(2004)、中国地质调查局(2004)、李廷栋等(2008)、任纪舜(2013)等所编制的各种中国或亚洲地质图件及其相关的文字资料。

至于,还有一些新编的、涉及亚洲大地构造的图件和区划意见(如苗培实和周显强, 2010; 商岳男等, 2011),他们的一些学术思想和认识,与现在多数学者所公认的事实有较大的出入,与笔者的认识也有许多不同,对于他们的成果仅作参考。

总之,笔者共查阅了 30 余年来关于亚洲大地构造与成矿作用研究成果中的 900 多篇中、英文专著及论文,进行了综合分析和对比研究,以便尽量更准确地认识各板块(地块)与碰撞带的主要特征、划分依据与构造演化,以及大型(含超大型)矿床、矿田或矿集区的形成机制及其与构造控制作用之间的关系,从而对亚洲大地构造及其相关的构造成矿作用获得了一些新认识,在此一并提出,供同行们分析与讨论。应该说,很多认识都还不够成熟,热忱地欢迎读者批评、指正。

本书英文版的主要附图,亚洲大地构造单元图(比例尺为 1:10 000 000)的地理底图采用国际通用的 ArcGIS 10.0 软件编制,选用等积斜方投影(Lambert Azimuthal Equal Area),图件以 90°E 作为中央经线,40°N 作为中央纬线。地理底图上不标注国界,主要标注地理要素,如海岸线、大河流、大湖泊、大山脉等,以及各国首都及部分重要的地名。

在漫长的地质演化历史中,构造单元的划分应该是随时间而变化着的,不宜于编制一张适合于整个地质演化历史的综合性的构造图件。但是,在实际工作中,有时又常常需要一张能较好地反映主要构造特征的地质构造背景底图。为此,经过反复的思考和讨论,笔者编制了一张亚洲大地构造单元图。此图不表示构造演化的过程与细节,而只是将各地质时期所形成的主要构造单元在一张图件上展现出来。构造演化过程的讨论则另附插图,并进行讨论。在亚洲大地构造单元图(图 1-1)中,笔者将亚洲大陆内部的构造单元划分为两大类:① 构造活动性较弱的地块或板块;② 构造活动性较强的碰撞带。

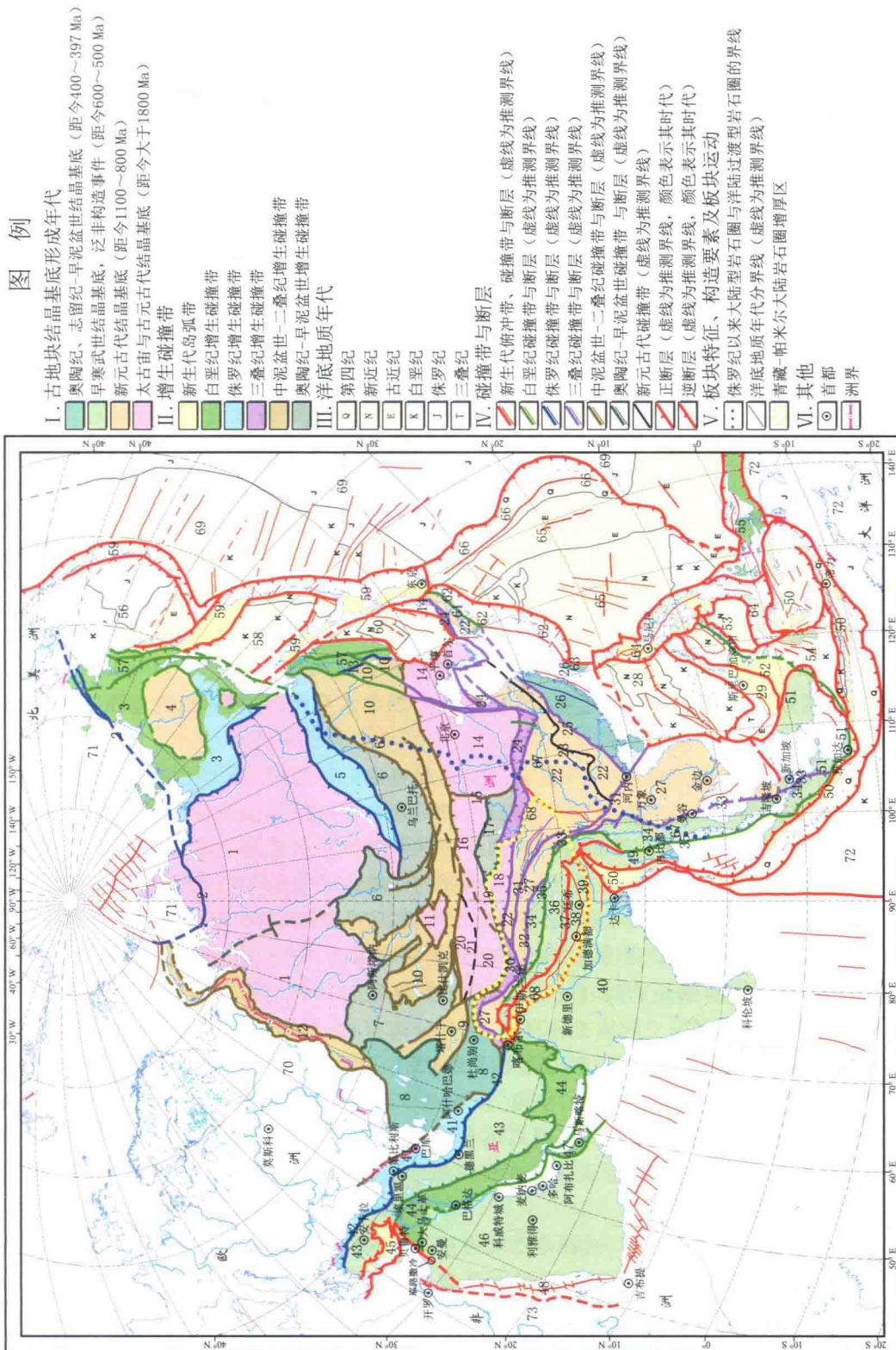


图 1-1 亚洲大地构造单元图

各构造单元名称、序号与本书目录和正文内的序号均一致。黄色点线区为增厚型大陆岩石圈, 深蓝色点线区为陆壳洋幔型岩石圈, 其他地区为普通的大陆岩石圈分布区。

在地质演化历史中,岩石圈板块(lithosphere plate)形成后,其构造活动性是相对较弱的。在整体发生较强的岩浆、变质-变形作用并形成统一结晶基底之后,也即形成板块以后,该区的构造活动性就趋于比较稳定。在板块学说建立的早期,曾经以为板块都是“刚性”的。然而,近40年来,世界各国大陆地质学家研究的结果表明:岩石圈板块形成以后,可能发生相当幅度的位移,还可发生相对较强的板内构造变形、沿断裂带可造成局部的岩浆活动和动力变质作用(Wan, 2011; 万天丰, 2011),也可以在岩石圈板块内的一些构造界面,如区域性断层,沉积岩系内的软弱岩层,结晶基底的顶面,中地壳低速高层(低速地震波,高导电率),莫霍面附近和岩石圈底面上发生构造滑脱作用(张文佑, 1984)。岩石圈板块的边界则一定是能切穿岩石圈底面、到达软流圈的岩石圈断裂,也即陆陆碰撞带或洋陆俯冲带,大洋岩石圈板块的基本滑脱面则都在岩石圈底部(万天丰, 2011; Wan, 2011)。亚洲大陆的许多较古老地块,其实很可能都是“微板块”。当资料缺乏时,不能证明该地区边界的断层是切穿整个岩石圈的时候,也不知道微板块是否存在岩石圈底面滑脱时,笔者就使用了国际上通用的一个中性术语,将这个较稳定的地质体称之为“地块”(block)。即使地块在后期断陷成为“沉积盆地”,考虑到其基底的资料尚不充分,仍以地块相称。

笔者认为不宜使用“地体”(terrain)这个构造术语,因为该术语的定义很不明确。1988年,笔者与同行们在南京国际地体研讨会上曾追问原定义人 Howell,他承认:地体既不是在岩石圈底面上滑脱的地块,也不是逆掩断层面上滑脱的地块,那么什么是地体?它们在什么界面上滑脱呢?他无法指出地体的确切概念。实际上,有微板块或推覆体的概念就已经足够,地体实在是一个多余的术语。不久之后,20世纪90年代初,以他为首申请的关于研究环太平洋地体的国际合作项目,也遭到国际地科联与教科文组织评审委员会的否决。从此,在国际构造地质学界内,关于“地体”的术语,就很少有人使用了。

板块的划分就以板块形成时期,也即形成统一结晶基底时的范围,作为主要的划分依据,其边界则一定是切穿整个岩石圈的断裂——碰撞带或俯冲带,岩石圈下面的软流圈就是其重要的滑脱层。本书在图面上,使用类似于国际地质图上各地质年代单位通用的较浅色彩来表示板块的形成时代。不同地质时期形成的板块,常具有不同的区域地球化学特性。因而,就有可能聚集和形成不同的矿产资源组合。看来,采用不同时期形成的结晶基底,也即板块形成时的界线来划分构造单元是相对比较有利于矿产分布图或成矿规律图编制的,它可概略地反映不同地块成矿作用的特征。在本书中,共划分了28个板块、地块或断陷盆地。

按说板块或地块在地质历史时期是各自独立,并分离得较远,在编制古构造图件时,应该用古地磁资料编制一系列的大陆地块的古构造复原图才对。然而,由于完全缺乏古大洋的资料,而且其分布面积很大,造成图面上大面积的空白,如尹安和聂上游(Yin and Nie, 1996)所编制的图件。就现有资料来看,古大陆的构造复原图只适合编制比例尺很小的图件(如本书第3部分所示)。想要反映各板块内部的构造特征就只好仅仅表示古大洋消减后的状态,用碰撞带或者仅仅用一条断层带来表示之。

大陆上两个板块之间的拼接带,也就是陆陆碰撞带,简称碰撞带(collision zone)。有的碰撞带很窄(宽度一般小于20 km),内部结构相对简单一些,基本上就是一条岩石圈断裂带,在1:10 000 000的图件上用一个粗线条来表示即可。但是,有的碰撞带形成历史较复杂,或多期次地发生俯冲、碰撞、汇聚或走滑作用,在碰撞带内包含了其两侧古老地块的许多碎块与大洋壳

幔的断片,总宽度远大于 20 km,实际上形成了一个复杂的增生-混杂岩带。笔者将此命名为“增生碰撞带”(accretion collision zone)。在碰撞带内,如形成大量花岗质岩浆的侵入,因而岩石平均密度较低,在重力均衡作用下,后来就可隆升、形成山带,此时称为“造山带”似乎也还说得过去。但是,若没有很多花岗质岩浆的侵入,那么碰撞带就不见得都能形成山脉,也就是说不见得都能出现“造山”的特征,如金沙江-红河碰撞带,班公错-怒江碰撞带和绍兴-十万大山碰撞带等。

国内外有不少大陆地质学者将所有碰撞带都称之为“造山带”,笔者认为这样其实并不太妥当。“造山带”这一术语是原来“地槽-地台假说”中所使用的。他们把狭长的浅海、长期凹陷的“地槽”(geosyncline)(由美国地质学家霍尔 J. 与丹纳 J. D. 于 1859 年和 1873 年先后提出),经褶皱回返后形成的、强构造变形,后来隆升成山脉,称之为“造山带”(Stille, 1924)。其地质含义与板块学说中的碰撞带的概念是完全不同的。碰撞带或增生碰撞带是两个板块(可能是大洋或大陆板块)经过长距离的水平运移、汇聚和俯冲,其间存在着古大洋和边缘海,最后发生陆陆碰撞作用的构造混杂带。碰撞带或增生碰撞带内,可以包含了许多不同时期形成的、大小不等的构造岩块(或岩片),含有两盘的从大陆、浅海、岛弧到大洋深处的结晶基底的变质岩系,沉积物或各类岩浆岩,形成蛇绿岩套,可发育强烈的构造-岩浆活动和高压、超高压变质作用,以致有的也可隆升成山。故本书不采用“造山带”的术语。

部分欧亚地质学者喜欢用“陆内造山带”(intracontinental orogen)的术语(Hsu et al., 1988; 葛肖虹, 1989; 葛肖虹和马文璞, 2014; 赵宗溥, 1995; Neves and Mariano, 2004; Shu et al., 2008; Shao et al., 2007)。当两个陆块发生碰撞之后,这个碰撞带就必定保存在拼接后的大陆之内。所以,所有地质历史时期形成的两个大陆之间的碰撞带或者所谓的“造山带”,现在都是保存在大陆内部的。看来,坚持使用“陆内造山带”的术语,实际上是新版本的槽台假说,不宜提倡。

至于还有学者(如宋鸿林, 1999)把造山带的概念进一步扩大化,将俯冲-碰撞带划分为:俯冲造山带、碰撞造山带和陆内(板内)造山带等。这样的结果实际上就是把凡是存在较强构造变形的地区统统都称之为“造山带”,反而模糊了板块运动中碰撞作用的特征,与原来造山带的概念也完全不同,是不必要的创新和概念的扩展。

不同时期形成的碰撞带或增生碰撞带都是以主碰撞期的地质年代或同位素年代来确定和划分的,它们分别使用不同的、类似于国际地质图上地质年代通用的较深色彩来表示。碰撞带或增生碰撞带的区域地球化学特征是两盘板块岩石化学特征的混杂,由此也可以形成一些特征性的、兼有两盘板块特征的矿产资源组合。

新生代以来,洋陆或洋洋之间的俯冲带,则一般仍采用“俯冲(海沟)-岛弧带”的构造单元来表示。需要说明的是,在板块学说初创时期,曾很流行“沟-弧-盆体系”的说法(许靖华, 1980; Hsu, 1988)。但是,许靖华等学者所认为的全球发育最典型的“沟-弧-盆体系——西太平洋地区,经过深入的研究,已经证明日本海和中国南海海盆都不是西太平洋沟-弧体系的“弧后盆地”,而是大陆边缘伸展盆地(详见本书第 2 部分有关日本海与南海的论述;中国科学院南海研究所构造研究室, 1988; Yoon, 2001; Tamaki et al., 1992; Jolivet and Tamaki, 1994)。所以,在国际构造地质学界,现在一般只讨论“沟-弧体系”,而不再把“弧后盆地”当作一个必然出现的构造单元。遗憾的是,不少沉积古地理学者,至今还以为岛弧之后,就一定都有“弧后盆地”。

在本书内,板块的另外两种边界——裂谷带及转换断层也将单独列出。大洋盆地内,一般都

使用洋底岩石的地质年代来划分的。

总之,在本书中,共划分了 38 个构造活动性较强的碰撞带、俯冲带或裂谷带。本书附图所列的亚洲大地构造单元图件主要展示了大陆上各个古板块与碰撞带形成时期构造单元的划分(见图 1-1)。但是,由于没有反映结晶基底形成之后的多期次的构造事件,因而仅用此图,对于进一步找矿工作的指导作用很有限,还必须研究板块和碰撞带形成之后的构造演化及其与成矿作用的关系(详见本书第 3 部分)。

为了便于归纳,笔者将结晶基底形成时代相近或构造演化关系较密切的一些构造单元称之为构造域(tectonic domain)。本书第 2 部分中就概略地说明各构造域和构造单元的划分依据和主要特征。本书对亚洲大陆地区,共划分了 6 个构造域及 68 个构造单元(另外,还有 5 个构造单元是亚洲大陆之外的板块)。在本书中,构造单元的编号与图 1-1 上所示的均一致,都放在方括弧内。碰撞带与板块结晶基底形成的同位素年龄或地质年代也就列在构造单元名称之后的括弧内。

近些年来,Sengör 等(1993)和 Xiao 等(2009)也对亚洲大地构造单元的划分,提出了他们的意见。有一些意见与本书是相近似的,如西伯利亚板块的划分。不过,还有不少不同的见解:① 他们特别提出建立中亚(或阿尔泰)造山带[Central Asian Orogenic Belt(CAOB) or Altaids],这实际上等于本书所述的阿尔泰-中蒙古-海拉尔早古生代增生碰撞带、卡拉干达-吉尔吉斯斯坦早古生代增生碰撞带、西天山晚古生代增生碰撞带和巴尔喀什-天山-兴安岭晚古生代共 4 个碰撞带。鉴于它们形成时代不同,并且即使原来可能是处在类似的构造单元内,但现在已经明显断开,笔者认为还是将它们分开为宜。② 他们把从中朝板块向西,经塔里木地块到土兰-卡拉库姆板块和里海中部,命名为“中间单元”(intermediate unite)。其主要问题在于塔里木以西,相对稳定的地块——土兰-卡拉库姆板块的结晶基底(可能为早古生代末期定型)与其以东的、具有古元古代结晶基底的中朝构造域差异很大,故不宜合在一起。③ 他们将印度和阿拉伯板块单独列出,而将其以北的和“中间单元”以南的所有地区都划归为“特提斯边缘区”(Tethysides)。这个划分方案问题较大,混淆了形成于新元古代中期(850 Ma)的板块——扬子-印支板块与许多形成于新元古代末期-早寒武世(~509 Ma 以前)泛非构造事件定型的冈瓦纳大陆的许多地块,以及它们之间的很多碰撞带。不过,他们的论文主要是论述“中亚造山带”,其余部分可能并不是他们研究和关注的重点。

与笔者上述大地构造单元划分方案相类似的是,近年来,刘训等(2012)将笔者所述的一级构造单位——构造域,称之为“板块”,而其次级的构造单位则称之为“微陆块”“盆地”或“造山带”。应该说,在定义上或范围的具体界定上,还存在一些不同的认识。他们所说的“板块”其实就是笔者所说的一些古地块群及其间的碰撞带所组成的,并非一个完整的板块,本书采用了“构造域”的术语。他们所述的“微陆块”或“盆地”就相当于本书所述的“小板块”或“地块”。他们所述的“造山带”就是本书所述的“碰撞带”或“增生碰撞带”。不过,可喜的是彼此的认识正在靠拢。

根据笔者的研究,亚洲大陆所有地块或板块,根据结晶基底最后定型的年代,都发育于以下四个时期:古元古代末期(1800~1600 Ma),新元古代中期(~850 Ma),新元古代末期-早寒武世(570~509 Ma),早古生代末期-早泥盆世(419~410 Ma)(表 1-1,见图 1-1),它们就是形成亚洲大陆岩石圈板块的核心与基础。

表 1-1 亚洲各地块变质结晶基底定型时期

地块	变质结晶基底定型时期			
	419 Ma 以前	509 Ma 以前	850 Ma 以前	1600 Ma 以前
西伯利亚(1600 Ma)[1],中朝(1800 Ma)[14], 敦煌-阿拉善[16],柴达木[18],松嫩[10],准噶 尔[11],南、北塔里木[20];此外还有波罗的[69], 北美[70]				
科雷马-奥莫隆[4],扬子[22],印支[27],东兴 都库什-喀喇昆仑-北羌塘[32],阿曼[47],鄂霍次 克[58]				
南羌塘-中缅甸苏[34],冈底斯[36],喜马拉雅 [38],印度[40],土耳其-伊朗-阿富汗[43],阿拉 伯[46],西缅甸[49],巽他[51],苏拉威西[53], 东爪哇[54],小地块:阿尔泰-中蒙古-海拉尔) [6],卡拉干达-佳木斯-布列雅特[7];此外有澳 大利亚[71],非洲[72]				
土兰-卡拉库姆[8],华夏[26],中国南海[28], 巴拉望-曾母暗沙[29]				

古元古代末期(1800~1600 Ma)形成了西伯利亚板块(1600 Ma)[1]、松嫩地块[10]、准噶尔地块[11]、中朝构造域的中朝[14]、敦煌-阿拉善[16]、柴达木[18]和塔里木[20](1800 Ma)等板块或地块,以及印度板块内的一些古陆块。此外还有亚洲以外的许多板块等,它们分别形成了统一的结晶基底,此时也即全球哥伦比亚大陆各板块群开始形成的主要时期(Rogers and Santosh,2002,2004)。在中元古代,北美的 Mackenzie 岩墙群、西伯利亚板块、中朝板块和印度板块内基性岩墙群的发育(侯贵廷,2012)就是哥伦比亚超级大陆开始裂解的表现。不过,由于该时期至今未能获得较可靠的古地磁数据,其古大陆的复原目前主要依靠同位素年代数据、构造岩性特征的对比,因而尚有多解性和不确定性。

应该说明的是,在古元古代末期以前结晶地块内也曾多次发生过汇聚与碰撞作用,但是,鉴于露头较少,资料尚不够充足,目前研究程度不够,在最后构成统一结晶基底之前的多次大面积的碰撞作用及其特征,本书暂不讨论,将留待今后进一步深入研讨。

新元古代中晚期(~850 Ma)形成了西伯利亚东部的科雷马-奥莫隆[4]、鄂霍次克[58]板块,与扬子构造域的扬子[22]、印支[27]和东兴都库什-喀喇昆仑-北羌塘[32]等地块,以及位于阿拉伯半岛东南端的阿曼[47]碰撞带内的小地块。在10亿年左右,罗迪尼亚大陆在西半球发生拼合。在8.5亿年时期,罗迪尼亚大陆在西半球开始解体;但是在东半球却形成