

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 新元古时期 Rodinia 超大陆研究进展述评

陆松年

(中国地质科学院天津地质矿产研究所, 300170)

**内容提要** 新元古时期 Rodinia 超大陆的假说自1990年提出以来,引起国外许多地质学家的关注,其研究程度不断提高。本文在回顾 Rodinia 超大陆研究历史的基础上,介绍了 Rodinia 超大陆的古地理再造图,并着重介绍中国大陆古地块在超大陆中古地理位置的最新研究动向。文中对建立 Rodinia 超大陆的标志,特别是中元古代晚期—新元古代早期的造山运动和新元古代晚期的裂谷作用进行了评述。同时对我国中—新元古代与 Rodinia 超大陆研究相关的几个地质问题进行了简略的分析。

**关键词** 新元古代 超大陆 造山运动 裂解

从90年代以来,有关新元古时期 Rodinia 超大陆的研究已成为全球构造和前寒武纪地质研究的一个热点。一些著名的前寒武纪地质和构造地质学家根据大量的地层、古生物、古地磁、构造地质、年代和地球化学资料,提出了不同的新元古时期超大陆古地理再造图。在1996年30届国际地质大会期间,国外地质学家专题介绍了这方面的研究成果。会后张文治等曾就新元古代超大陆的研究进展写过综合报道<sup>[1,2]</sup>。肖庆辉等<sup>[3]</sup>也在“当代造山带研究中值得重视的若干前沿问题”一文中指出:新元古代超大陆假说或模式的研究是当前国际地学界前寒武纪大地构造再造最引人注目的进展。为了引起我国地质学界对 Rodinia 超大陆研究的进一步关注,本文就 Rodinia 超大陆的概念、古地理再造、东亚古地块在超大陆中的位置和建立超大陆的标志等问题作一简略介绍,并对我国中—新元古代与当前 Rodinia 超大陆研究的几个重要地质问题进行初步的讨论。

## 1 Rodinia 超大陆假说的提出

地质历史中关于超大陆形成和裂解一直是地质学家关心的热点问题之一。Piper、王鸿祯等曾对前寒武纪超大陆进行长期的、追踪性的研究,但明确提出新元古时期 Rodinia 超大陆概念则始于90年代初。McMenamin 等在名为“动物的出现”<sup>[4]</sup>一文中,将地史中在1000 Ma 以前由于碰撞而形成的超大陆称为 Rodinia。Rodinia 一词源于俄语 рождение,为“诞生”、“始创”等涵义。原作者认为 Rodinia 超大陆诞生于地史中显生宙诸大陆,该超大陆边缘(大陆架)还是最早期动物形成的“摇篮”,由此可见 Rodinia 超大陆在地质历史演化过程中的重要作用。

对 Rodinia 超大陆古地理再造研究最有影响的是 Hoffman<sup>[5]</sup>。他在 SWEAT 假说(美国西南部与南极东部汇聚的假说)基础上,提出劳伦大陆位于超大陆中心,东冈瓦纳(澳大利亚、印度和南极)与其相邻。西伯利亚位于劳伦大陆一侧,而另一侧则是波罗的、非洲和南美地块群。

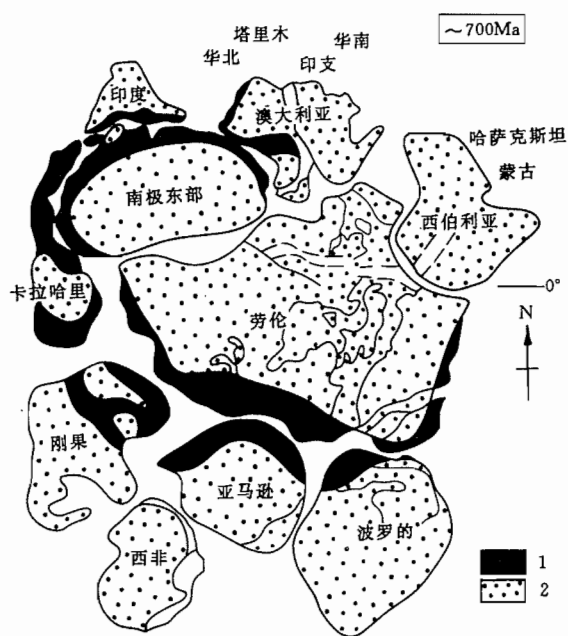


图1 新元古代超大陆古地理再造图(据 P. F. Hoffman, 1991)

Fig. 1 Map showing paleogeographic reconstruction of Neoproterozoic supercontinent (after P. F. Hoffman, 1991)

- 1—格林威尔带; 2—前格林威尔克拉通  
1—Grenville belt; 2—Pre-Grenville craton

由于缺少对中国实际资料的更多了解,在他的古地理再造图中,仅将中国的古地块置于东冈瓦纳边缘,而在正文中未进一步论述(图1)。虽然在超大陆再造研究中,古地磁和地层学资料的重要性显而易见,但Hoffman建立超大陆的地质依据更强调了格林威尔造山带(1300~1000 Ma)和裂谷地质记录的对比。

通过格林威尔造山作用形成的新元古代 Rodinia 超大陆,在新元古代晚期由于裂谷作用而转化成几个次一级大陆地块。但裂谷作用发生的时间是穿时的。例如劳伦西部的裂谷作用发生在780 Ma 前后,而其东部延至600 Ma 才发生裂谷。Rodinia 超大陆的最终裂解推测介于620~560 Ma,由于裂谷作用,被裂解的地块或地块群发生漂移,并大约在中寒武世(~500 Ma),东、西冈瓦纳发生碰撞,形成新的冈瓦纳大陆。因此,Hoffman 所建立的

Rodinia 超大陆是中元古代晚期—新元古代早期由于格林威尔造山作用形成的,并在新元古代晚期逐步裂解的一个超大陆,它的形成和裂解控制新元古代全球构造的演化特点。

## 2 中国古大陆地块在 Rodinia 超大陆中的位置

在 Hoffman 建立的 Rodinia 超大陆再造研究工作的基础上,不少地质学家提出了相似或不同的古地理再造图。有关中国大陆或东亚几个地块(华北、塔里木、扬子和华夏地块等)在 Rodinia 超大陆中的位置,应以李正祥及其中国、澳大利亚同事的研究较为系统和深入。李正祥等在 Hoffman 研究工作的基础上,并针对其不足之处,首先提出在超大陆中东冈瓦纳和西伯利亚之间可能缺失了一个曾经存在过的地质体,而该地质体即为扬子与华夏碰撞而形成的华南地块<sup>[6]</sup>。在李正祥等公开发表的多篇文献中<sup>[7~9]</sup>,他们对中国几个古地块于新元古时期的构造历史的讨论大致可归纳如下内容:

(1) 从古元古代中期1800 Ma 至新元古代末,华北地块与劳伦及西伯利亚联合在一起。而格林威尔造山运动导致南美、波罗的克拉通拼贴在劳伦—西伯利亚—华北的南缘和东缘。

(2) 华夏地块是中元古代中期劳伦大陆的一部分,它沿着科迪勒拉边缘发育。而其时扬子地块则位于劳伦—西伯利亚—华北克拉通和东冈瓦纳之间。在 Rodinia 超大陆形成过程中华夏与扬子地块由于“四堡造山运动”(1100~1000 Ma)而拼合,形成统一的华南地块(图2a)。

(3) 在 Rodinia 超大陆形成以后,华南地块很快裂开(900 Ma),导致新元古代早期(青白口

纪)裂谷中火山—碎屑沉积作用的发生。裂谷通常平行于格林威尔造山带发育。

(4)Rodinia 超大陆的全面裂解出现在700 Ma,其时扬子—华夏地块与它相邻的克拉通分离(图2b)。

(5)晚震旦世(700~544 Ma)华南地块成为古太平洋中的一个陆岛(图2c)。扬子西缘和扬子与华夏之间的裂谷双双夭折。扬子西缘裂谷被晚震旦世沉积物充填,而介于扬子与华夏之间的南华裂谷直至奥陶纪才消亡。

(6)在新元古代结束时,西伯利亚和华北可能从劳伦大陆分离,并开始向东冈瓦纳漂移,因此寒武纪的西伯利亚—华北与东冈瓦纳具有相似的生物地理区系特点。

### 3 重建超大陆的标志

回溯新元古代地质历史,重建新元古代超大陆,不可忽略的问题是“标志”问题。如何判别现在组成一个统一大陆的地质体,在新元古代曾经是两个或两个以上地块所组成,或者现在分隔很远的不同地块在新元古代曾经联合为一个大陆,李正祥等在研究工作中注意到四条标志:①与缝合事件有关的构造地层记录;②相似的裂谷(rifting)和裂解(breakup)事件的地质记录;③有相似的生物地理区系特点;④相同的视磁极漂移轨迹(APWP)。

在实际研究工作中,就新元古代超大陆的重建而言,(3)和(4)条标志目前还较难掌握。其原因是在新元古代大部分时间内,动物尚未出现,植物也以后生植物为主,对植物的生物地理区系的特点还不像显生宙生物地理区系那样清晰。因此,按目前的研究程度很难判别新元古时期生物地理区系的异同。而对古地磁资料,虽然几乎所有的研究者都给予足够的重视,但对古地磁的精度和原始资料的代表性及数据的取舍仍有不同的意见和评价。在新元古代 Rodinia 超大陆的重建研究中,地块之间的汇聚和裂解受到高度重视。因此中元古代晚期和新元古代早期格林威尔造山带的展布在恢复超大陆古地理位置过程中起着特别重要的作用。同时超大陆形成后裂谷带的演化和特点也对认识 Rodinia 超大陆起着至关重要的作用。李正祥等特别强调1000 Ma 的汇聚和1000~700 Ma 之间的裂谷作用(图3)。他们认为我国华南的扬子与华夏是通过1000 Ma 前发生的四堡造山运动实现拼合,而嗣后则以裂谷作用为主。因此,在超大陆形成过程中,四堡运动比晋宁运动(800 Ma)更重要。

### 4 中国新元古代研究工作中的几个问题

涉及 Rodinia 超大陆再造及中国古地块位置等问题的焦点在新元古代的地质历史。其中新元古代早期的造山事件及新元古代晚期的裂谷事件是这一地史过程中最重要的两期地质事件。我国对新元古代地质的研究,特别是震旦纪的研究已积累了丰富的地层、古生物、沉积盆地分析、古地磁、年代学、地球化学等方面的资料。王鸿祯院士还对震旦纪岩相古地理和古构造做过全面、翔实的研究工作<sup>[10]</sup>。但过去大量的研究工作多集中在台区的内部或其边缘,对造山带内新元古代地质研究工作相对比较薄弱。结合新元古代 Rodinia 超大陆的重建,建议加强下列4个方面的研究:

(1)中元古代晚期—新元古代早期造山带的确定 除沿扬子与华夏边界展布的“四堡”期造山带外,其它地区同一时代造山带分布的格局还不很清晰,但苏鲁超高压变质带除有印支造山运动的显示外<sup>[11]</sup>,大面积分布的片麻状二长花岗岩给出了800 Ma 的年龄<sup>[12]</sup>,表明新元古代早期热-构造事件的存在。除苏鲁变质带外,秦岭、祁连造山带内也不乏新元古代早期热-构造

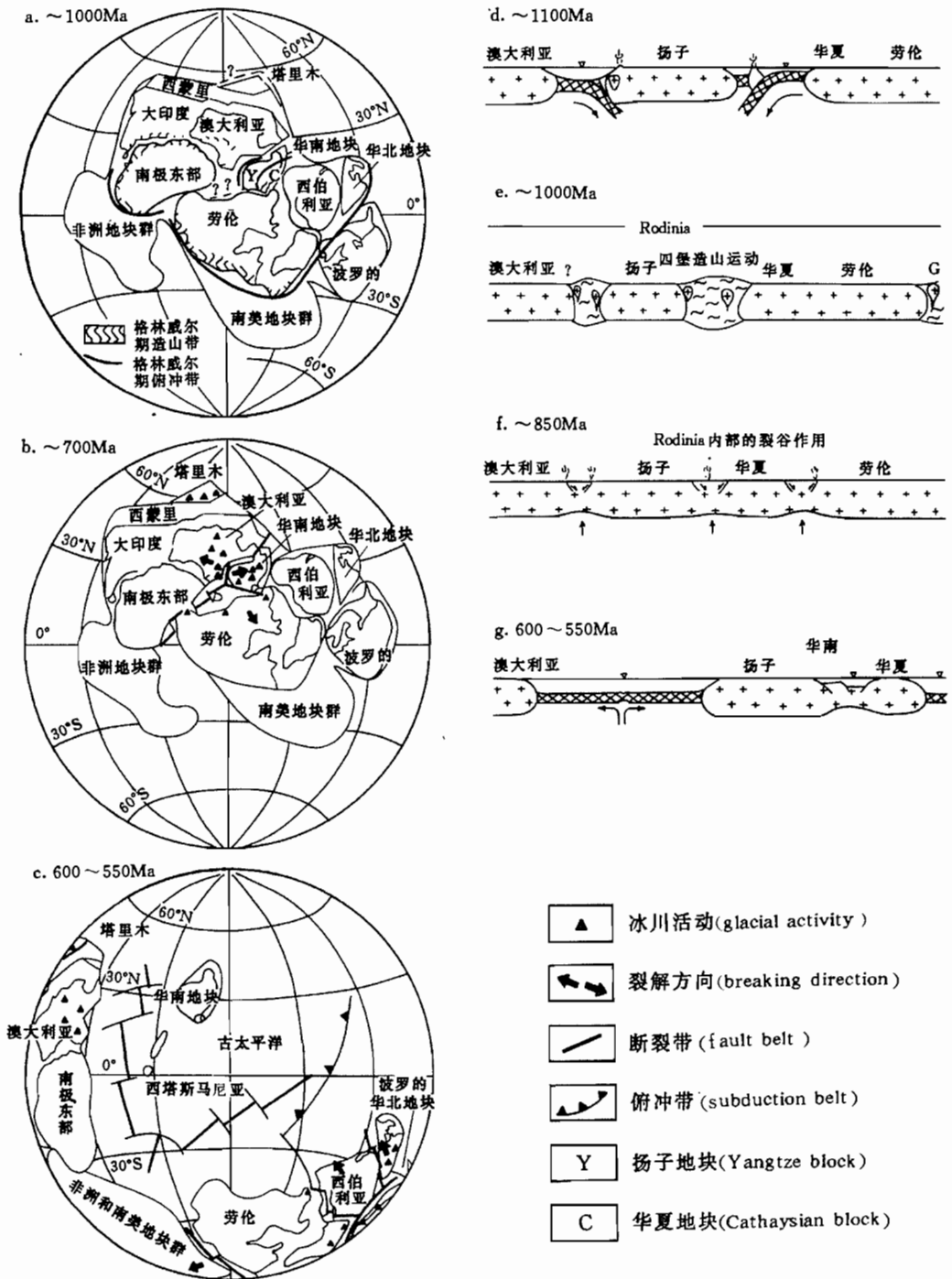


图 2 Rodinia 超大陆组合及裂解图 (据 Li Z. X. 等, 1997)

Fig. 2 Assembly and breakup of the Rodinia supercontinent (after Z. X. Li et al., 1997)

### 东亚克拉通和 Rodinia

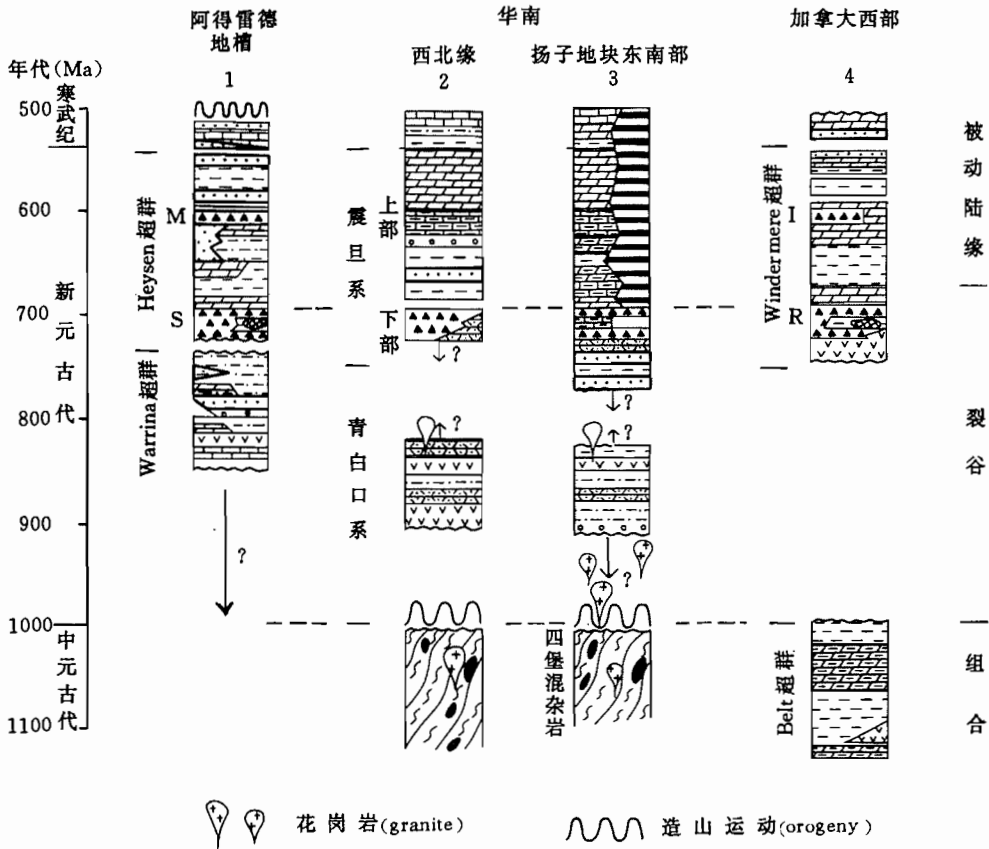


图 3 阿得雷德地槽、华南和北美西北构造地层对比(据 Li Z. X. 1996)

Fig. 3 Tectono-stratigraphic correlation of the Adelaide geosyncline of Australia, South China and western North America (after Z. X. Li, 1996)

事件的踪迹<sup>[13]</sup>。最近梅华林等在甘肃北山南带强应变构造带内首次发现榴辉岩,而从榴辉岩围岩花岗岩片麻岩中测得的 U-Pb 单颗粒锆石年龄为 900 Ma,也显示出新元古代早期热-构造事件的存在。因此,要在新的显生宙造山带内,筛分出新元古代早期造山运动的踪迹。同时,在重视研究该时期造山带浅部的地质标志的同时(汇聚大陆边缘的遗迹,缝合带的地质记录等),也要重视造山带根部的地质标志(大量岩浆物质的添加,特别是 S 型花岗岩的大量发育)。确定我国相当于格林威尔期的造山带,对认识中元古代晚期—新元古代早期历史和古构造格局起着十分重要的作用,应引起足够的重视。

(2)新元古代晚期裂谷带的研究 我国地学界对加里东时期造山作用的研究已有相当的深度,但我们注意到造山前的裂谷作用是与造山作用相联系的,它属于同一大地构造旋回的早期地质作用,因此早古生代的造山作用应和震旦纪的裂谷作用联系起来予以统一考虑。

例如北祁连是一个经典的加里东造山带,普遍认为早古生代是活动大陆边缘发育时期,从洋壳的发育到俯冲,并发展到碰撞造山。但新的测年资料表明<sup>[14]</sup>,北祁连加里东造山带内肯定

存在属于震旦纪裂谷作用形成的火山—沉积序列,北祁连是从震旦纪开始裂开的。同时我们在甘、青研究工作的成果还初步表明,在甘肃龙首山、青海柴达木北缘均存在标志裂谷作用的被动大陆边缘发育。依据这些裂谷带的研究,对中国大陆地块的古构造格局会有进一步的认识。

(3)精细的测年工作 地层系统的时间序列是一项很重要的基础工作,对造山带研究特别重要。造山带内的地层学研究虽然重视了构造解析和事件的研究,但如果没有精确和细致的测年工作与之相配合,造山带内所建立的地层序列将是不牢靠的<sup>[15]</sup>。按照这种地层序列进而讨论古构造格局也将是很危险的。毛景文等<sup>[16]</sup>最新报道的从北祁连原划为长城系朱龙关群中获得两个年龄资料,表明朱龙关群可能解体,其时代需要重新厘定。我们从甘、青获得的年龄资料,以及逐步公开报道的年龄数据也表明甘、青造山带内前寒武纪地层系统可能会发生较大变化,而一批标志新元古代地质事件年龄数据的获得,使我们有理由相信新元古时期是我国大陆地块地史演化中一个非常有特色的时期,对我国显生宙大陆构造格局起着重要的控制作用。随着一批精确同位素年龄的获得,对中国新元古代的地质历史和构造演化必将形成新的认识。

(4)新元古代中国大陆地块的构造配置(Assembly) 新元古时期全球大陆经历了汇聚和裂解的两个重要过程,这两个过程也制约着中国大陆地块的构造发展。探索中国大陆地块在Rodinia 超大陆中所处的位置,研究中国大陆地块与相邻地块的亲缘关系,探索汇聚和裂解过程中沉积、岩浆、变质变形、壳幔演化,特别是成矿作用的特点,无论是在基础地质或是在经济地质方面都具有重要的意义。当前在研究中国大陆地块在超大陆中的位置出现两种截然相反的古地理再造图象。一种意见认为新元古时期中国3个地块(华北、华南、塔里木)从来没有汇聚在一起,华北与华南之间隔着巨大的西伯利亚地块<sup>[8]</sup>;另一种意见认为华北、华南与塔里木的构造位置相邻<sup>[17]</sup>。意见分歧的焦点仍然在于这3个地块之间是否存在新元古时期的汇聚或裂解,关键地区在显生宙秦祁昆造山带,关键问题在于这些年轻造山带中是否存在过新元古时期的造山作用或裂谷。当前在研究中国前寒武纪地质和造山带的工作中应特别注意新元古时期地块之间的构造配置,并提出较为令人信服的地质依据。

在重视上述研究工作方面的同时,应更好地结合国际地学界对新元古时期 Rodinia 超大陆的研究,进一步提高其它方面研究工作的水平,特别是要加强新元古代生物区系研究,提高古地磁测试精度,重视同位素示踪填图等。

虽然当前对新元古时期 Rodinia 超大陆的古地理再造图象仍然存在着分歧<sup>[18]</sup>,但新元古代超大陆的研究吸引了越来越多的地质学家的关注。国际地质对比计划有几个项目以 Rodinia 超大陆为主要研究内容,或涉及到 Rodinia 超大陆问题。我们期望通过此短文的介绍引起我国地学界更多的关心和有更多的人从事这方面的研究。超大陆的研究不仅仅是构造地质学的问题,它涉及到多学科的交叉和综合,需要更多志同道合的学者之间的携手合作。参与国际地质对比计划368项《东冈瓦纳元古宙事件》的中国工作组已经从事这方面的组织和研究,衷心希望我国地质学家在对 Rodinia 超大陆的研究工作中做出我们应有的贡献。

### 参 考 文 献

- 1 张文治. 全球元古宙超大陆及中国主要陆块位置. 国外前寒武纪地质, 1996, (3): 1~13.
- 2 颜耀阳. 超大陆研究进展. 国外前寒武纪地质, 1996, (3): 14~20.
- 3 肖庆辉, 李晓波, 贾跃明, 李树臣, 白星碧. 当代造山带研究中值得重视的若干前沿问题. 地学前缘, 1995, 2(1): 43~50.
- 4 McMenamin M A S, McMenamin D L S. The Emergence of Animals. The Cambrian breakthrough. Columbia University Press, New York. 1990.

- 5 Hoffman P F. Did the breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out? *Science*, 1991, 252: 1406~1412.
- 6 Li Z X, Zhang L, Powell C McA. South China in Rodinia: part of the missing link between Australia—East Antarctica and Laurentia? *Geology*, 1995, 23(5): 407~410.
- 7 Li Z X, Powell C McA. Breakup of Rodinia and Gondwanaland and assembly of Asia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 1996, 43: 591~592.
- 8 Li Z X, Zhang L, Powell C McA. Positions of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 1996, 43: 593~604.
- 9 Li Z X. Tectonic history of the major east Asian lithospheric blocks since the Mid-Proterozoic — a synthesis. *AUG Geodynam. Ser. Mantle dynamics and plate interactions in East Asia*, 1997 (Eds Flower M F T, et al.).
- 10 王鸿祯. 中国古地理图集. 北京:地质出版社, 1985. 1~283页.
- 11 许志琴, 张建新, 徐惠芬. 中国主要大陆山链韧性剪切带及动力学. 北京:地质出版社, 1997. 1~294页.
- 12 胡克, 姜琦刚, 孙景贵, 周建波. 胶南—胶东地区的晋宁运动. 见:中国地质学会编. “八五”地质科技重要成果学术交流会议论文集. 北京:冶金工业出版社, 1996. 57~59页.
- 13 张宗清, 刘教一, 付国民. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京:地质出版社, 1994. 1~191页.
- 14 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连海相火山岩岩石成因. 北京:地质出版社, 1996. 1~153页.
- 15 陆松年, 李上森, 李铨, 黄学光, 赵凤清. 元古宙地质及大型、超大型矿床. *国外前寒武纪地质*, 1995, (3): 1~38.
- 16 毛景文, 张招崇, 杨建民, 宋彪, 吴茂炳, 左国朝. 北祁连山西段前寒武纪地层单颗粒锆石测年及其地质意义. *科学通报*, 1997, 42(13): 1414~1417.
- 17 王鸿祯. 地球的节律与大陆动力学的思考. *地学前缘*, 1997, 4(3—4): 1~12.
- 18 Young G M. Are Neoproterozoic glacial deposits preserved on the margins of Laurentia related to the fragmentation of two supercontinents? *Geology*, 1995, 23(2): 153~156.

## A Review of Advance in the Research on the Neoproterozoic Rodinia Supercontinent

Lu Songnian

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS, Tianjin, 300170)

### Abstract

The Neoproterozoic Rodinia supercontinent was proposed in 1990. Since then this subject has aroused increasing interest among more and more geoscientists, and a lot of progress in the supercontinental research has been made. In this paper, the study history of the Neoproterozoic Rodinia supercontinent and paleogeographic reconstruction of Rodinia are firstly introduced. The positions of continental blocks of China in the Neoproterozoic Rodinia supercontinent are reviewed. The roles of late Mesoproterozoic and early Neoproterozoic orogens and late Neoproterozoic rifting are very important in the Neoproterozoic supercontinental reconstruction. In the author's view, some problems of Neoproterozoic continental geology of China, related to the Neoproterozoic Rodinia supercontinent, are discussed.

**Key words:** Neoproterozoic; supercontinent; orogen; rifting

### 作者简介

陆松年,男,1940年生。1962年毕业于南京大学。现为中国地质科学院天津地质矿产研究所研究员,任国际前寒武纪地层委员会委员,IGCP368项中国工作组组长,中国地质学会前寒武纪专业委员会主任。长期从事前寒武纪地质学的研究工作。通讯地址:300170,天津市河东区大直沽8号路4号天津地质矿产研究所;电话:(022)24314292。