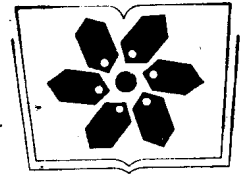


# 中国震旦系

刘鸿允 等著

科学出版社



中国科学院科学出版基金资助项目

# 中国震旦系

刘鸿允 等著

科学出版社

1991

(京)新登字 092 号

## 内 容 简 介

本书是著者及其合作者对中国震旦系长期研究工作成果的一个全面总结和概括。

全书共分十一章,包括:引言,含研究历史的回顾、主要工作成果和各章内容述略;区域地层,含地层分区、地层概述、各小区代表性剖面及其讨论分析;地层单位划分,含划分原则和具体划分方案;地层单位对比,含中国震旦纪冰期及冰成层对比、几个关键对比问题的讨论和世界对比;地质测年和地质年代表;各种沉积岩的基本特征、不同沉积建造或组合和几种主要沉积矿产;晋宁—澄江期岩浆岩的主要特征和板块构造活动的探讨;冰成地层分布、类型、层序、特征识别、形成环境和冰川作用起源的探讨;古生物,疑源类及微化石、宏体(后生)植物、动物实体及遗迹化石和叠层石类;古构造特征及古地理沉积演化;震旦系的范围及其在地质年表中的位置等内容。

它是地质矿产普查、勘探,地质教学和科研的一部重要参考著作。

## 中 国 震 旦 系

刘鸿允 等 著

责任编辑 李祺方

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1991年12月第一次印刷 印张:24 3/4 插页:3

印数:0001—650 字数:575 000

ISBN 7-03-002388-9/P·487

定价:27.80 元

# 目 录

|                                        |         |       |
|----------------------------------------|---------|-------|
| <b>第一章 引言</b> .....                    | 刘鸿允     | (1)   |
| 一、研究历史的回顾 .....                        |         | (1)   |
| 二、本书各章内容提要 .....                       |         | (4)   |
| 三、执笔分工与致谢 .....                        |         | (10)  |
| <b>第二章 区域地层</b> .....                  | 董榕生 刘鸿允 | (11)  |
| 一、地层分区及地层相 .....                       |         | (11)  |
| 二、各区地层概述 .....                         |         | (15)  |
| <b>第三章 震旦系的划分</b> .....                | 刘鸿允     | (115) |
| 一、划分的准则 .....                          |         | (115) |
| 二、震旦系的划分 .....                         |         | (117) |
| <b>第四章 震旦系的对比</b> .....                | 刘鸿允     | (126) |
| 一、震旦纪冰期及冰成层对比 .....                    |         | (126) |
| 二、震旦纪地层对比中几个关键问题的讨论 .....              |         | (134) |
| (一) 湖南板溪群和江口组的时代对比 .....               |         | (134) |
| (二) 滇东牛头山组—陆良组的时代对比 .....              |         | (139) |
| (三) 与火山岩建造有关的早震旦世沉积层的时代对比 .....        |         | (143) |
| 三、震旦系的世界对比 .....                       |         | (147) |
| <b>第五章 震旦系地质年代表</b> .....              | 戚中林 刘鸿允 | (171) |
| 一、震旦系下界年龄 .....                        |         | (172) |
| 二、震旦系分统界线年龄 .....                      |         | (182) |
| 三、震旦系—寒武系界线年龄 .....                    |         | (185) |
| 四、震旦系地质年代表 .....                       |         | (187) |
| <b>第六章 沉积物与沉积矿产</b> .....              | 张启锐 劳秋元 | (188) |
| 一、沉积物 .....                            |         | (189) |
| 二、沉积矿产 .....                           |         | (215) |
| <b>第七章 晋宁—澄江期岩浆岩特征与板块构造活动的探讨</b> ..... | 李建林     | (220) |
| 一、扬子地块西北缘岩浆岩带 .....                    |         | (220) |
| 二、扬子地块东南缘岩浆岩带 .....                    |         | (258) |
| 三、扬子地块北缘岩浆岩带 .....                     |         | (284) |
| 四、扬子地块晋宁—澄江期板块构造活动的探讨 .....            |         | (291) |
| <b>第八章 中国震旦纪冰成地层</b> .....             | 胡文虎 刘鸿允 | (301) |
| 一、震旦纪冰成岩分布 .....                       |         | (301) |
| 二、震旦纪冰成岩的特征及剖面代表 .....                 |         | (312) |
| 三、震旦纪冰成沉积的识别 .....                     |         | (320) |

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| 四、震旦纪冰川作用类型及其发育史 .....              | (324)         |
| 五、冰成沉积的地层意义 .....                   | (327)         |
| 六、震旦纪冰成岩形成的古纬度及冰川作用起源探讨 .....       | (327)         |
| <b>第九章 中国震旦系的古生物</b> .....          | 陈孟莪 (334)     |
| 一、叠层石类 .....                        | (334)         |
| 二、疑源类和微化石 .....                     | (338)         |
| 三、宏体(后生)植物化石 .....                  | (355)         |
| 四、动物实体化石和遗迹化石 .....                 | (357)         |
| 五、疑化石和假化石 .....                     | (360)         |
| <b>第十章 震旦纪古构造特征及古地理沉积演化</b> .....   | 劳秋元 刘鸿允 (362) |
| 一、古构造特征 .....                       | (362)         |
| 二、古地理及沉积演化 .....                    | (366)         |
| <b>第十一章 震旦系的范围及其在地质年表中的位置</b> ..... | 刘鸿允 (374)     |
| <b>参考文献</b> .....                   | (380)         |

## Contents

|                                                                                                    |                                |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|
| Chapter 1 Introduction .....                                                                       | Liu Hongyun                    | (1)   |
| 1. A historical review .....                                                                       |                                | (1)   |
| 2. Essentials of each chapter .....                                                                |                                | (4)   |
| 3. Responsibility and acknowledgement .....                                                        |                                | (10)  |
| Chapter 2 Regional stratigraphy .....                                                              | Dong Rongsheng and Liu Hongyun | (11)  |
| 1. Stratigraphic regionalization and facies .....                                                  |                                | (11)  |
| 2. Outline of each stratigraphic region .....                                                      |                                | (15)  |
| Chapter 3 Classification of Sinian system .....                                                    | Liu Hongyun                    | (115) |
| 1. Criteria of classification .....                                                                |                                | (115) |
| 2. Scheme of the classification .....                                                              |                                | (117) |
| Chapter 4 Correlation of Sinian system .....                                                       | Liu Hongyun                    | (126) |
| 1. The Sinian Ice-age and the correlation of glacial horizons .....                                |                                | (126) |
| 2. Several critical problems in stratigraphic correlation of Sinian .....                          |                                | (134) |
| 1) Chronological correlation of Banxi and Jiangkou Formations in Hunan Province .....              |                                | (134) |
| 2) Chronological correlation of Niutoushan Formation-Luliang Formation in Eastern Yunnan .....     |                                | (139) |
| 3) Chronological correlation of Early Sinian strata associated with volcanic rock formations ..... |                                | (143) |
| 3. World-wide correlation of Sinian .....                                                          |                                | (147) |
| Chapter 5 Geologic time scale of Sinian System .....                                               | Qi Zhonglin and Liu Hongyun    | (171) |
| 1. The age of the lower boundary of Sinian .....                                                   |                                | (172) |
| 2. The age of series boundary of Sinian .....                                                      |                                | (182) |
| 3. The age of the Sinian-Cambrian boundary .....                                                   |                                | (185) |
| 4. Geochronological scale of Sinian .....                                                          |                                | (187) |
| Chapter 6 Sinian sediments and sedimentary mineral deposits in China .....                         |                                |       |
| .....                                                                                              | Zhang Qirui and Lao Qiuyuan    | (188) |
| 1. Sediments .....                                                                                 |                                | (189) |
| 2. Sedimentary mineral deposits .....                                                              |                                | (215) |
| Chapter 7 Characteristics of Jinning-Chengjiang magmatic rocks and plate tectonic movements .....  | Li Jianlin                     | (220) |
| 1. Northwest Yangtze marginal magmatic rock zone .....                                             |                                | (220) |
| 2. Southeast Yangtze marginal magmatic rock zone .....                                             |                                | (258) |
| 3. North Yangtze marginal magmatic rock zone .....                                                 |                                | (284) |
| 4. The Jinning-Chengjiang plate tectonic movements on Yangtze massif .....                         |                                | (291) |
| Chapter 8 The Sinian glacial stratigraphy in China .....                                           |                                |       |
| .....                                                                                              | Hu Wenhui and Liu Hongyun      | (301) |
| 1. Distribution of Sinian glacial rocks .....                                                      |                                | (301) |

|                                                                                                    |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 2. Characteristics and representative sections of Sinian glacigenic rocks .....                    | (312)                             |
| 3. Diagnosis of Sinian glacigenic sediments .....                                                  | (320)                             |
| 4. Types of Sinian glaciation and developmental history .....                                      | (324)                             |
| 5. Stratigraphic significance of the glacigenic sediments .....                                    | (327)                             |
| 6. Paleolatitude of Sinian glacigenic rocks and discussion about the origin of<br>glaciation ..... | (327)                             |
| Chapter 9 Sinian fossils in China .....                                                            | Cheng Meng'e (334)                |
| 1. Stromatolites .....                                                                             | (334)                             |
| 2. Acritarch and microfossils .....                                                                | (338)                             |
| 3. Macrofossils of metaphyta .....                                                                 | (355)                             |
| 4. Body fossils and trace fossils .....                                                            | (357)                             |
| 5. Dubious fossils and pseudofossils .....                                                         | (360)                             |
| Chapter 10 Sinian paleotectonic characteristics and paleogeographic evolution in<br>China .....    | Lao Qiuyuan and Liu Hongyun (362) |
| 1. Characteristics of paleotectonics .....                                                         | (362)                             |
| 2. Paleogeography and sedimentary evolution .....                                                  | (366)                             |
| Chapter 11 The scope and position of Sinian System in geochronological scale<br>.....              | Liu Hongyun (374)                 |
| References .....                                                                                   | (380)                             |

# 第一章 引言

## 一、研究历史的回顾

半个多世纪以来,震旦系和寒武系、三叠系、第三系等其他一些地质系的名词一样,在中国地质文献中以同等重要的地位普遍地使用着。震旦系不但以其本身的特征,广泛的分布,地史上的地位,而且以其称号的渊源为中国广大地质工作者所重视。

“震旦”是中国古时的一种别称。用震旦系作为地层术语,是由德国人李希霍芬开始的,但是震旦系这个词的涵义却经过多次的变动。早在一个世纪前,李希霍芬来中国考查地质和地理,他把辽东、山东、河北和山西所见到的一套不整合在片岩、片麻岩及其他基底变质杂岩之上的较老未变质岩,都表述为震旦系(Richtshofen, 1882)。后来了解,他所称的震旦系实际包含了自奥陶系灰岩以下的寒武系和相当于五台群或泰山群等深度变质岩之上的整套未变质的或浅变质的岩系。大约隔20年后,美国人威理士相继来中国考查地质;后来他的考查报告(Willis, 1907)中把李希霍芬用过的这个词沿袭下来,而变动原来涵义另指石炭系含煤地层之下的中一下奥陶统与全部寒武系,从而排除了寒武系以下的认为不含化石的未变质岩系。

中国地质科学初创时期的地质工作者,在其早年的工作实践中认识到前人所用的“震旦系”其涵义的庞大与混乱,有必要对它的涵义给以新规定。于是在1922年授命当时在中国地质调查所任职的美籍教授葛利普,发表了题为《震旦系》的文章(Grabau, 1922),在文里给震旦系规定了一个新涵义,即“寒武系之下,变质的较老岩系(五台或泰山岩系)之上的未变质或轻微变质的沉积层”。文章列举了国内外某些应属于或可能属于震旦系地层的例子。其中如山西省东部的滹沱群(“豆村板岩”和“东冶灰岩”),“大洋灰岩”;河北省北部的“南口灰岩”及其上的“下马岭页岩”;辽东半岛的“永宁砂岩”;西北祁连山区的“南山砂岩”及其灰岩夹层以及南方长江峡区的“南沱冰碛层”等。在国外,有北美的“伯尔特岩系”,“大峡谷岩系”,“基维诺岩系”;西北欧的“托里顿砂岩”,“约特尼岩系”,“毕瑞灰岩”;以及澳大利亚相似于“南沱冰碛层”的古老冰碛层等。文章最后着重指出,震旦系可作为地质年代表中的一个同寒武系、奥陶系、志留系等相并列的地质系,它的位置在寒武系之下,而属于古生界之底。从此以后,震旦系就闻名于世,并在中国一直作为时间地层单位来应用,虽然它属于古生界第一个系的创议始终没有得到普遍接受。

在《震旦系》发表后的第三年,李四光等调查长江峡东区地质。他们根据新涵义为那里的震旦系确定了界限范围,并进行了系统划分(Lee and Chao, 1924),从而为中国南方震旦系的研究建立了一个初步标准。再过10年,高振西等研究河北蓟县地区的前寒武系,为那个地区建立了另一个震旦系的划分体系(Kao et al., 1934)。这个体系,多年来成为中国北方震旦系划分对比的典范。

中华人民共和国成立之后,在规模空前的地质调查研究事业中,地质工作者逐步认识

到南北两方震旦系并不完全相当,需要考虑以不同方式加以对待处理。于是在 1959 年举行的第一届全国地层会议上,会商规定了一个在南方以  $Z_a$  和  $Z_b$  代表它的下、上两个分划,在北方以  $Z_1$ ,  $Z_2$  和  $Z_3$  代表它的下、中、上三个分划的暂行方案;至于震旦系属于古生界还是元古界,进行过讨论而没有作出结论,虽然当时属于元古界的意向较为强烈。

近十多年来,由于同位素年龄方法的广为应用,以及叠层石、微古植物(疑源类)和古地磁等研究的开展,地质工作者逐步认识到 60 年前所拟定的震旦系涵义下所包括的许多区域地层单位,有不少是范围大小不同或者层位上下有别。如对南、北两方震旦系所代表的时间范围和对比关系上了解到南方震旦系的时间范围大约是 900—600Ma B.P., 延续约 300Ma;北方震旦系大约是 1900—850Ma B.P., 延续时间达 1000Ma。南北两方震旦系的层位是一在上、而另一在下,或者至多前者的下部有小部分同后者的上部一小部分相当;在时限上,南方的震旦系不到北方的三分之一。这种对比关系的认识是中国地层工作上的一个重要突破,它为我们提出了下一步迫切需要解决的重要课题,怎样定震旦系的界限范围,或者说怎样选定震旦系的层型代表。

然而,这是个一时不容易解决的难题。1975 年,曾为此在北京举行过一次规模相当大的讨论会。最后提出了一个暂行的、折衷的方案:把“震旦系”这名词用在南方标准的震旦系上,把北方标准的震旦系的三个分划分别称为“长城系”、“蓟县系”和“青白口系”,而把它们和震旦系并在一起合称为“震旦亚界”。这个方案的最大不妥当的地方,是把“震旦”一词既用于“系”又用到“亚界”上。

震旦系和震旦亚界在同一名称系统中并用,既不符合命名法则,有悖于词法逻辑,又容易在实用中造成混乱。经过好几年的应用实践之后,各方感到有重新考虑修改的必要。于是全国地层委员会于 1982 年 7 月召开了晚前寒武纪地层分类命名会议,重点讨论“震旦系”的涵义和使用范围。最后作出了决议(全国地层委员会,1983):“震旦系”和“震旦亚界”不能同时并存,废除“震旦亚界”一名,将“震旦系”一名限于湖北长江峡东部剖面为代表的一段晚前寒武纪地层;震旦系是上前寒武系最上部的一个系一级的年代地层单位,其下界暂沿用长江峡东部的莲沱组底界,其顶界即寒武系底界。这一决议为后来有关的研究提供了一个基本准则。然而分歧意见并没有因此消弭,震旦系涵义和使用范围的不同主张仍不时提了出来。

近十多年来,由于受占地质时间十分之八的前寒武纪研究热潮的鼓舞,以及为前寒武系最上部建立一个国际通用地质系的要求所推动,对震旦系的探讨和研究,更加引起了各方面的关注。笔者等在 50 年代末即开始研究震旦系。先是从浙江开始,其后五、六年及于云南、湖北、贵州、湖南。这期间参加工作的人员除笔者外有沙庆安、刘钰、张树森、刘椿、胡世玲、朱铭、胡华光、陈孟莪、陈祥高、贾振瀛、邵茂茸、胡秀珍、孟秀珍等。1966 年以后,中断了七、八年。随后克服重重困难,在 1973 年重整旗鼓,再从河南这一在构造分区上位于南、北两地块之间的中间地带,就变质的基底岩系和下寒武统之间的上前寒武系包括震旦系进行了观察研究。此行是在武汉地质学院王鸿祯、王自强同志的伴同和河南地质科研所牟用吉、潘泽成同志的协助下进行的。1976 年夏笔者同张步春、李荫槐同志,并在河南省冶金地质勘探公司池顺都、李迎章、孙家富、陈基峰等同志的参加和河南地质八队的张以熔、肖从辉同志的部分指引下二次到豫西的鲁山、舞阳并延及豫南的信阳、光山以至皖西的霍丘进行过野外考察。此外,1977 年,笔者在青海省地质科研所王云山、

庄庆兴等同志的带引下还到青海柴达木盆地的北沿全吉山,1979年在西北地矿所赵祥生等同志的引导下到陕西醴泉唐王岭,1980年在陕西省区域地质调查队(以下简称区调队)唐尚文同志的引导下到陕南小秦岭相似于河南的震旦系地层做过短期的观察。

在中国南方,从1974年起到1987年期间,刘鸿允等在原来共事人员流散的情况下,采取与外单位长期与短期协作方式进行震旦系研究,前后涉及川、滇、黔、桂、湘、鄂、赣、皖、浙、闽、粤各省(区)。1974年,刘鸿允在成都地质学院董榕生、李建林的带引下,对川西峨眉、苏雄剖面进行过短期观察。1977年与胡世玲、严富华同志在江西省区调队朱圣清同志、安徽省区调队毕治国同志的引导下,到赣北、皖南进行过震旦系剖面观察。1978年起,与成都地质学院董榕生、李建林长期协作,并每年分别与各省局地质队或地质研究所的同志,协同进行野外考查。在1978年到黔东北、桂北、湘中—湘西北、浙西等地的考查中有贵州省区调队的王砚耕同志,广西自治区区调队的王瑞刚、李自南同志,湖南省区调队的杨彦均、魏绪寿同志,浙江省区调队的张健康同志等的协同引导。1979年到湘南、粤北、粤西、桂东北的考查中有中国地质科学院地质研究所乔秀夫同志,广东区调队周国强同志,广西区调队张继淹、何崇泉同志的协同和指引。1980年到赣西—赣东北和闽西—闽北的考查中,有江西省地研所杨明桂、符鹤琴、熊文亮同志,福建省区调队的李兼海同志等的协同引导。1981年到滇东、川西的考查中,有云南省区调队的熊家镛、蔡宗柏同志,昆明工学院孙家骢同志,西昌〇〇二八一部队朱玉书、程心干同志,攀西地质大队秦戎生同志的协同指引。1983年到滇东、滇南有熊家镛、蔡宗柏等同志的协同。1984年到豫西南、鄂西北有河南地质三队张以熔、田国梁同志,湖北区调队余林清同志,湖北地质五队郝用威、张子才、王寿琼等同志的协同引导。1983年到赣西北、赣东北、浙西,有符鹤琴、熊文亮同志,赣东北地质大队104队宋福增、褚高山等同志,浙江区调队蒋传仁、陆祖达、田行舟等同志的协同指引。1986年到湘西北有湖南403地质队吴昌炽同志的引导。1987年到皖北、豫西的考察中,有合肥工业大学郑文武等同志,河南区调队金守文、柏元夫、裴放等同志的协同指引。

三十年来对震旦系的主要工作成就概括起来有:(1)重新研究、厘订了浙西、滇东、长江峡东和黔北的剖面。(2)提出震旦系不同地区不同相的概念。(3)提出并经追索证实了板溪群属下震旦统,并能与莲沱组层位对比但为异相关系。(4)在下震旦统中首先发现了凝灰岩;认识了中国南方有一次后晋宁造山运动期的火山活动,所形成的火山岩系对地层划分对比、大地构造环境探讨都有重要意义,并作了大量有关岩石学的工作。(5)在下震旦统中建立志棠组、牛头山组和陆良组;上震旦统中建立洋水组、雷公坞组。(6)对冰碛层的研究,包括较详细研究峡东、滇东冰碛层;确认浙西、黔北存在冰碛层,湘中—湘西北存在上、下两个冰碛层位;提出了南华大冰期,明确了前后两冰期及间冰期的沉积特征、分布规律,以此为标志应用于地层划分对比,认明了湘潭式锰矿、新余式铁矿、江口式铁矿的正确层位及其对比关系,明确了罗圈组临汝冰碛岩应与南沱冰碛岩对比。(7)澄清了一些构造运动的对比关系,其中主要有雪峰运动与澄江运动的对比,东安运动或武宁运动、四堡运动、九岭运动、神功运动等与晋宁运动的对比。(8)测得了一大批具有地层意义的同位素年龄数据,为震旦系时代对比及地质年表建立提供了较坚实的基础。对震旦纪的时限,上、下界,分统提出了方案。(9)对震旦系区域地层的对比提出了方案。其中包括一些疑难问题,如牛头山组、耀岭河群、花山组、“落可崮组”张八岭群、铁船山群、屏边群、修水

群等提出了对比方案。(10)对震旦纪存在板块构造活动进行了探讨等。

本书就是对上述工作和成就的一个总结。目的之一是在总结过去的基础上,指出今后工作的方向,诸如加强地槽活动带震旦系的研究;加强震旦系世界范围的对比研究,完善其作为年代地层单位应有的条件;更深入地对震旦纪的构造-岩浆活动、冰川作用、生物演化、成矿作用、古地理沉积变化等事件及其地质年代进行研究等。

## 二、本书各章内容提要

本书共十一章。第一章为引言,包括对中国震旦系研究历史的简要回顾,概述笔者等二十多年来的主要工作成果,简介各章的主要内容和执笔分工情况,特别对帮助完成书稿和对曾经参与和协同、协助本项研究工作的同志铭致感谢。

第二章为区域地层。它包括了各地区震旦系剖面的基础资料,反映了笔者对各地区震旦系分布范围和划分的认识。第一节地层分区及其地层相。根据晋宁造山期后古构造古地理差异引起各地下震旦统岩性、建造的变化,澄江运动后上震旦统南华大冰期各地冰成层的不同发育,以及陡山沱-灯影时期海相沉积的岩性、岩相变化,将中国震旦系分为九个一级地层区、二十二个二级地层区和十八个三级地层小区。各地层区具有不同的地层相。第二节各区地层概述。由于各地层区震旦系的发育状况及研究程度不同,各区地层概述的详略程度也不同。对各地层区除震旦系的出露分布及特点综述外,还尽可能列举其代表性剖面,同时夹叙夹议地讨论各剖面的有关存在问题。列举的剖面共七十九个,其中一部分为笔者观测研究的成果,较多为笔者实地考察而在原剖面资料基础上加以补充修改的。

第三章为震旦系的划分。第一节划分准则。地史发展是有阶段性的,地史上某些重大地质事件如地壳运动、岩浆作用、生物演化等都反映了地史发展的自然阶段。地质时间、地层单位的划分和命名应反映这些段落。前寒武系化石贫乏,不足以用古生物作为划分的有效依据。适用于时间-地层单位划分的基础,主要是具有巨大规模的造山作用或岩浆-构造旋回。作为前寒武系最上部的震旦系,对于它的划分和对比除构造岩浆作用及所导致的地层不整合为主要依据外,还尽量考虑有限的化石记录、冰川作用、沉积类型以及同位素年龄资料等的综合应用。

第二节划分方案,包括下界、上界、分统界和组的划分。晋宁运动影响广泛而强烈,根据其导致的地层不整合,以及相伴岩浆作用产出的岩石的同位素年龄资料定震旦系下界,客观地反映了晚前寒武纪地壳历史发展的自然阶段。以晋宁运动不整合面定震旦系下界,亦即维持长江峡东区创建震旦系剖面时的原定位置,它既考虑了我国的传统,又有利于以900Ma左右具有世界范围的岩浆-构造作用为标志作世界性对比。以最低带壳化石层位为基础定前寒武系和寒武系界线是目前国内外地质学者的主要倾向,震旦系上界也可照此确定下来。构造运动也用作统的划分基础。震旦纪期间有一次重要构造运动即澄江运动。根据澄江运动导致的地层不整合及其上的冰碛岩为标志分震旦系为上、下二统。下震旦统有些地方有两套岩性以至岩相不同岩层,从而分为两个组。上震旦统在扬子地台上许多地方有三分性,如长江峡东区经典剖面上分成南沱组、陡山沱组和灯影组;但南沱组只代表南华大冰期的后一个冰碛层,有些地方还有前一个冰碛层和间冰层从而分成

更多的组。震旦系的涵义范围在中国虽有了大体一致的认识,然仍非就此定论;至于统的划分与分统界线也还未确定。在此情况下目前还不宜于建立正式“阶”名。

第四章为震旦系的对比。采取综合途径包括岩性、层序、化石、不整合、变质程度以及同位素年龄,特别是冰碛岩为标志进行区域和世界范围地层对比。第一节震旦纪冰期及冰成层对比。中国南方存在上、下两个冰碛层位,代表两期冰川作用。有些地方缺失下冰碛层,是由于后一期冰川作用的刨蚀;正确认识此种关系是处理好对比问题的关键之一。新疆库鲁克塔格震旦系冰碛层有三个层位,其中有一层可能是局部的山岳冰川产物。

第二节几个关键对比问题。正确认识和处理长期以来一般认为是前震旦系的板溪群及与其密切关连的江口组的时代对比,也为解决震旦系大量对比问题的关键。板溪群不是前震旦系而是下震旦统,是莲沱组的异相沉积;江口组和长安组—富禄组同属冰海—间冰层,可以相互对比。滇东的下震旦统包含牛头山组和澄江组上、下两个层位,牛头山区整合于牛头山组之下、不整合于昆阳群板岩之上的大套砂岩——陆良组,层位同澄江组相当。不少地区在下震旦统碎屑岩建造之下或其下部,具有或夹有一套火山岩或火山—沉积岩,人们有时将其与碎屑岩建造分开归属于前震旦系。其实火山岩系与其上或被其楔入的碎屑岩一起共同组成火山—沉积建造,它是晋宁造山期后形成的,是下震旦统不可分割的一部分,并也是地层对比的一个重要标志。

第三节震旦系的世界对比。以晋宁造山作用(1100—880Ma)造成的地层不整合为下界,上限于含最老带壳化石的下寒武统之底。其间以澄江运动(800—660Ma)导致的地层不整合或假整合作为分统界限,而以冰成层为其主要特征标志。从而可能并进行了震旦系的世界对比。所述地壳运动和冰川作用的时间在世界范围可能并非完全等时,其表现在时间上或多或少有差异,然而并不妨碍用作震旦系世界范围进行大致对比的基础。

第五章为震旦系地质年代表。笔者近年来和中国科学院地质研究所同位素地质室协同对震旦系的一些有代表性剖面的组段及有关的花岗岩体,进行了野外地质观测和采样,并用 Rb-Sr 等时线法, K-Ar 法和  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  快中子活化等方法测定年龄,取得了较系统的成果。本章根据这些成果连同笔者多年来对中国震旦系的调查研究、同位素年龄资料的收集分析以及中国科学院地质研究所同位素地质室近年对川西、滇东、赣北、皖南及长江峡东区进行的一些有关震旦系同位素年龄测定结果,论述震旦系的系和统级单位界限年龄,提出中国震旦系的初步地质年代表(年龄单位: Ma):

| 寒武系    |        |
|--------|--------|
| 600±10 |        |
| 震旦系    | 上统     |
|        | 740±20 |
|        | 下统     |
| 900±20 |        |

本书所述年龄数据在计算时采用的常数为: 钾氩法  $\lambda_K = 0.585 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$ ,  $\lambda_\beta = 4.72 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$ ; 铷锶法  $\lambda_{\text{Rb}} = 1.42 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ ; 铀钍铅法  $\lambda_{^{238}\text{U}} = 1.54 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$ ,  $\lambda_{^{235}\text{U}} = 9.72 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$ ,  $\lambda_{^{232}\text{Th}} = 0.488 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$ ; 氦快中子活化法  $\lambda_{^{40}\text{K}} = 5.543 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$ 。引用的一些过去发表的 K-Ar 年龄资料均按  $\lambda_K = 0.585 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$  重新计算。

第六章为沉积物特征与沉积矿产。以扬子地台和东南地槽为重点,阐述震旦系各种沉积岩的基本特征,同时简述了几种主要沉积矿产。

(1) 碎屑岩与硅质岩类 中一粗粒碎屑岩主要产在下震旦统,也产在上震旦统的下、中段,前者在扬子地台主要为经常性和间歇性的河流沉积,代表造山期后山前拗陷中的磨拉石堆积。上震旦统砂岩主要产在相当陡山沱组的层位,属于正常浅海的滨外带沉积。下震旦统碎屑岩中有含大量酸性火山物质的凝灰岩类;与其密切相伴产出的有硅质岩,主要为火山灰的分解产物。上震旦统上部有硅质岩,常和碳酸盐岩共生,分布于扬子地台东南边缘和外缘。震旦系的细碎屑岩为各类粘土岩。滇东下震旦统粘土岩矿物成分主要为水云母,另有少量高岭石,而水云母乃是高岭石及其他粘土矿物变质所形成,这些粘土矿物的形成环境为陆地湖泊。

(2) 碳酸盐岩类 包括灰岩和白云岩等;或多或少含泥质,泥质增多可成为泥灰岩。它们绝大部分都集中在上统的上一中部,常在岩石中有呈不定形的燧石团块或条带。上统灯影组岩性较单一,以白云岩为主含少量灰岩。各类碳酸盐岩都形成在滨海潮坪上。

(3) 按不同构造环境可分出不同沉积建造或组合 扬子地台型的震旦系下统为大陆河流相的红色磨拉石或类磨拉石建造,上统以冰碛建造开始,其上主要为浅海—泻湖相的泥灰岩、页岩和碳酸盐岩,最上则为正常浅海的碳酸盐岩。扬子地台边缘的火山裂陷中,下震旦统是一套巨厚的火山岩—火山碎屑岩系。东南地槽江南带北亚带处在过渡环境,具冒地槽沉积建造,下统为滨海—浅海相的类复理式一类磨拉石;上统从下至上由北向南由滨海冰碛相到冰—海相,由以碳酸盐岩为主渐变为以半深海相的硅质岩为主。江南带南亚带下统为典型的地槽沉积,为复理式建造夹海底喷发基性熔岩;上统与北亚带相似。

(4) 沉积矿产 震旦系的主要沉积矿产有磷、锰、铁,其中磷矿、锰矿最重要。磷以磷块岩的形式产出于陡山沱组。矿石包括球粒磷块岩、藻磷块岩、碎屑状磷块岩、条带状磷块岩、泥晶状磷块岩和结核磷块岩等类型。锰矿分布于江南带北亚带内,产于大塘坡间冰期沉积层中。矿石为碳酸锰,形成于浅海相对宁静的还原环境。铁矿也较重要,分布于江南带南亚带和东南带内,产出层位和环境大致与锰矿相同,当时气候的暖热和海区的火山活动为铁矿形成提供了有利条件和物质来源。

第七章为晋宁—澄江期岩浆岩的特征与板块构造活动的探讨。即以扬子地块的岩浆活动特征为基础,进而探讨中国南方晋宁—澄江期板块构造模式。

在扬子地块晋宁旋回晚期(挤压期)有大量岩浆侵入和火山喷发。晋宁挤压期后进入早震旦世,亦即澄江期,在扬子地块边缘有强烈的火山活动,还有较大规模的岩浆侵入。所产生的岩石类型有基性到酸性,火山熔岩到火山碎屑岩;岩石系列有碱性,钙碱性及拉斑玄武岩,还有大量细碧—石英角斑岩。其空间分布明显地沿扬子地块西北缘、东南缘和北缘呈弧形带状。根据震旦纪地层分区、岩浆岩分布及构造特征,将扬子地块边缘分为三个构造岩浆岩带,即(1)扬子地块西北缘带,(2)扬子地块东南缘带和(3)扬子地块北缘带,并分别对此三个带的晋宁期和澄江期岩浆岩的特征进行了阐述。在三个岩带中间的地块主体区,只有火山碎屑物散布。

扬子地块在前寒武纪是否存在板块活动?根据笔者多年对中国南方晚前寒武纪地层、岩浆活动、蛇绿岩套、沉积建造及深断裂带几方面的研究,认为扬子地块在晋宁造山期曾有过板块俯冲运动。其活动模式为:西北方向的青康滇古大洋板块向东南的扬子古微

型大陆板块俯冲,在扬子地块西北缘康滇山系、龙门山及米仓山一带形成海沟-山弧系;东南方向的浙赣粤古大洋板块向西北方向的扬子古微型大陆板块俯冲,在扬子地块东南缘九万大山-雪峰山-九岭山-会稽山一带形成海沟-岛弧系;这两个不平行的古大洋板块相对俯冲产生的合应力朝向北北东,造成扬子古大陆板块向北北东方向移动而与华北古大陆板块发生碰撞,结果在扬子地块北缘与秦岭-大别山南缘之间形成豫西浙川、西峡等地区的大陆板块碰撞带。

第八章为中国震旦纪冰成地层。在前人研究的基础上,结合刘鸿允等多年来所积累的实际资料及研究成果,对中国震旦纪冰成层及密切关连的地层作多方面的概括,提出笔者的认识。它包括了震旦纪冰成沉积的分布、类型,各地区冰成层的层序,冰碛层的特征及识别,冰成岩的形成环境,冰成层划分对比及时代,冰成层形成的古纬度及对冰川作用起源的探讨等内容。

晚前寒武纪或震旦纪冰成层在世界有着广泛分布,涉及亚洲、欧洲、北美洲、非洲、南美洲及大洋洲。中国震旦纪冰川沉积也广有分布,包括中国南方跨滇、川、黔、鄂、湘、赣、皖、浙、桂诸省(区)境的大片地域;北方则只在南部地带包括豫西、陕东南、晋西南、宁夏贺兰山;西北地区包括新疆库鲁克塔格、塔里木盆地西北缘、甘肃北山、龙首山、青海柴达木盆地北缘一共十七个省(区)。

中国震旦纪冰川沉积有冰陆相和冰海相两大类,前者又有干陆、准干陆、冰水、冰湖及濒海等不同类别。冰陆相多分布于扬子地台及华北地台西缘-南缘。冰海相主要分布在东南地槽。

从各大陆晚前寒武纪冰成沉积的性质、时间与空间的分布,可以认为当时存在一个大冰期,其间有巨大的大陆冰盖活动。而好几个大陆的晚前寒武纪地层中可见到两个冰成层,表明当时有两期冰川作用,也就是说一个大冰期中包括两个冰期和一个间冰期。中国震旦纪同世界大约同期的冰川作用时间分布和冰成沉积的层位数相似。笔者称此大冰期为南华大冰期,包括长安冰期、南沱冰期早、晚两个独立的冰期和一个在二者之间的间冰期——大塘坡间冰期。对冰成沉积的性质、类型和冰川作用分期的正确认识,以及某些地区只见到一个冰成层情况下的合理解释,是正确进行震旦系地层划分、对比的关键。

中国震旦纪冰成岩的特征和冰成层的层序,从不同地理位置和大地构造位置以及所列举的几个代表剖面分别进行了阐述。识别出地史时期古冰川活动的遗物或遗迹是不容易的。笔者根据多年观察分析的认识,从岩石结构构造和成分、冰碛岩砾石的形态及遗迹、基底冰溜面、纹泥岩、“落石”构造等方面,对冰川作用和沉积物的存在进行了阐述和论证。

古地磁学做为—门边缘性学科,在前寒武纪地层研究中还处在初级阶段,其基本理论还未完善。加之晚前寒武纪冰碛岩形成以来经历了复杂的地质过程,中国同国外情况—样在这方面正式发表的资料还比较少。根据笔者从陕西、河南罗圈组、云南、浙江南沱组采集的冰碛岩标本,连同李永安等在新疆冰成层中所采集的样品和国家地震局地质研究所古地磁实验室程国良等—起进行的古地磁测量和研究结果,并综合所得到的中国震旦纪冰碛岩的古地磁资料的分析可以看出,除了长江峡东地区南沱组冰碛岩有中—高纬度的反映外,其它地区都产出—于低—中纬度。后—结果和国外—些研究者所得到的该时期的古地磁研究结果相似。

对于晚前寒武纪冰川作用的同时性和利用冰碛层作为大陆之间地层时代对比标志的认识,一直存在着意见分歧。人们对冰成沉积物可能产出的方式和古纬度分布进行了许多探讨,并提出了一些不同的假想模式。从地球运动演化具有周期的性质这一点认识出发,使我们产生地球上大规模的冰川作用可能与太阳系在银河中所处方位有关的联想。根据天文学观测,威廉斯(Williams, 1975b)计算了太阳系绕银河系旋转一周的时间为 $310 \pm 58 \text{ Ma}$ 。其运动轨迹象一条旋紧的螺线。地史上自晚前寒武纪三次大规模的冰川作用,其强度从老到新有减弱趋势,而时间间隔约为 $280-320 \text{ Ma}$ ,几乎和上述太阳系绕银河系中的旋转一周的时间相一致。这种时间上的对应关系,可以设想为地球上大规模的冰川作用和太阳系在银河中运动时所处的方位有关。目前虽然有关晚前寒武纪(震旦纪)冰成沉积的古地磁研究报道还不多,但从已有的报道中可看出晚前寒武纪冰成沉积出于低一中纬度的结果居多。这种结果至少为晚前寒武纪冰川作用的全球同时性假说和以冰成沉积层作为大陆间地层划分对比标志的认识,提供了较为有力的阐释。

第九章为中国震旦系的古生物。对中国震旦系古生物面貌的认识,跟60年代以前相比,发生了根本性变化。这表现在后生动、植物化石以及遗迹化石的发现与研究上。

早震旦世由于生存环境和保存条件的不利,除少量微古植物外,没有找到其他化石。晚震旦世各类化石较为丰富。在大塘坡间冰期,除去微古植物外,还有带藻及可能与锰成矿有关的蓝藻化石。陡山沱期开始到灯影期,随着海浸的扩大,生物界逐渐呈现纷繁。其中有(1)疑源类和微化石,浮游与底栖者兼具,真核藻类如绿藻更为普遍。(2)宏体(后生)植物,如文德带藻类,原叶体出现了三级双分枝的绿藻类,磷块岩中经常出现磷酸盐化的红藻化石可见到细胞组织的分化。(3)动物实体化石和遗迹化石。世界上晚前寒武纪大冰期之后的地层中越来越多的地方发现软躯体的后生动物化石。在中国仅发现少量属于此类的分子腔肠动物灯影拟恰尼虫,但有较大量蠕虫化石,如萨伦虫、具疣足的美丽微线虫、大量蠕虫栖管等。钙质或硅化蠕虫栖管的出现,预示着硬部动物时代的到来。(4)叠层石类。陡山沱期和灯影期都发现有少量叠层石,陡山沱期产磷质叠层石是中国震旦系的一大特色。

晚震旦世动、植物化石的发现,不仅给古生态系统的分析提供了依据,也为同期沉积层提供了一个对比基础。

第十章为震旦纪古构造特征及古地理沉积演化。中国震旦纪的古构造格局总呈东-西向展布特点。从北到南一级构造单元有准噶尔-松辽地槽、塔里木-华北地台、昆仑-秦岭地槽、扬子地台、东南地槽、藏北地台和喜马拉雅地槽。其中塔里木-华北地台、昆仑-秦岭地槽、扬子地台和东南地槽还进一步划分出若干二级(或三级)单元。本章重点阐述扬子地台和东南地槽的构造-古地理特征。

扬子地台经晋宁运动而褶皱固结。早震旦世时主体部分隆起为陆,发育陆相沉积。在西缘-北缘及东南缘则发育由拉张作用形成的火山裂陷槽。它们随着澄江运动的到来而逐渐加强,到最后收缩闭合。东南地槽分为江南带和东南带两个二级单元。江南带还可再分为北亚带和南亚带。北亚带早震旦世的沉积为冒地槽型的类复理式一类磨拉石建造。南亚带及东南带早震旦世沉积物都是优地槽型的复理式建造。江南带经晋宁运动仍未结束地槽的演化。

决定中国震旦纪古构造的主要因素是晋宁运动,相继的澄江运动则起改变上述格局

的作用。晋宁运动为一次强烈的褶皱造山运动。澄江运动是一次克拉通内部以块断为主的运动。中国震旦纪的古地理演化可以澄江运动为界分为早震旦世和晚震旦世两大阶段。后者又可分为南华大冰期,陡山沱期和灯影期三个小阶段。准噶尔-松辽地槽和喜马拉雅地槽推测在震旦纪时始终为地槽海,藏北地台始终为地台陆地。本章对其余各一级单元作了详细不等的论述。

早震旦世的古地理是在晋宁造山运动形成的背景上发育起来的,故复杂而多变。塔里木-华北地台,除库鲁克塔格-西天山火山裂谷中发育含大量火山物质的陆相磨拉石建造外,全为遭受剥蚀的古陆。昆仑-秦岭地槽北、南两支都是具优地槽性质的深海槽。中间为东秦岭-大别隆起的古陆所分隔。扬子地台晋宁运动后整体隆起成陆,并形成了复杂的地形。其中川西台隆,赣东北台隆和滇中台隆为山地剥蚀区。其余地区均为河流-湖泊沉积区。此时在扬子地台的西缘-北缘及东南缘发育有火山裂谷或沿断裂带的火山喷发。东南地槽江南带早震旦世时为被动大陆边缘,由西北向东南海盆逐渐加深,由浅海到半深海。沉积物中常夹有海底喷发基性熔岩。

晚震旦世的古地理演化可清楚地分为早期的冰川作用阶段和晚期的正常浅海沉积作用阶段。南华大冰期时,冰盖扩及塔里木-华北地台,但保留的冰碛物除库鲁克塔格外,都是相当南沱期的形成物,并沿华北地台南、西缘,柴达木北缘和塔里木地台北缘分布。冰期时南秦岭地槽海中同时发生强烈火山喷发,故形成了特殊的冰-海相伴以大量火山沉积物。扬子地台为大陆冰盖所覆,但各地冰碛层的遗存情况不全相同,可保存两个冰碛层和其间一个间冰层,或仅有一个冰碛层。东南地槽江南带的冰成沉积都为海相,即所谓冰-海相,大多发育两个冰期沉积层和一个间冰期沉积层。陡山沱期是在南华大冰期结束冰川消融海浸开始的阶段。此时华北地台海浸所及范围仍为其南、西边缘地带。南秦岭海槽已演变成扬子地台北缘的边缘海,其沉积物和地台上的相近。扬子地台古地理面貌比较复杂。西部川滇台坪大部及川西台隆开始为浅海区,其中滇东地区西为滇中古陆、东为黔桂古陆,形成一由北向南的海湾。黔中当时为黔桂古陆北缘的滨海地带,发育潟湖及河口三角洲。黔北则为上扬子地台中部的闭塞海盆。上扬子地台东部及下扬子地台主要是较开阔的浅海。灯影期为继陡山沱期海浸进一步扩大的时期。此时各地的古地理面貌渐趋均一,沉积环境也较单一。塔里木-华北地台为剥蚀古陆。南秦岭海槽仍为扬子地台边缘浅海环境。扬子地台形成广阔的、互相连通的浅海,为浅海碳酸盐台坪沉积环境。东南地槽江南带为半深海环境,形成硅质岩及硅质页岩。东南带则仍为半深海-深海的地槽海,形成含硅质岩的复理式建造。

第十一章为震旦系的范围及其在地质年表中的位置。震旦系作为一个年代地层单位,在中国已流行大半个世纪,然而它的时间范围、在地质年表中的位置以及作为前寒武纪末一个系的名称须要重新加以讨论。

震旦系的定限向有不同见解。本章从历史沿革和目前国内外不同观点的评述分析,认为震旦系目前仍“暂沿用长江三峡东部的莲沱组底界”为下限是适宜的,遽然改动震旦系范围,如以冰碛层底或以冰期后的陡山沱组之底作为其下限都未必恰当。

对于震旦系在地质年代表中的位置,它归属于古生界还是归属于元古“界”的问题,本章重申了早年提出过的观点,即无论根据化石的丰富程度和化石所标志的生物形式,或者根据大地构造运动对于生物演化历史的相互联系,震旦系只宜归属于元古宇。

国际地科联前寒武纪地层分会近年在为元古宙建立纪级单位名称的讨论中，有不用地理名词作为纪名的趋向。然而震旦系是我国最早提出并长期习用的唯一系名。我们应让震旦系在中国继续作为年代地层单位使用下去。在中国继续保留使用震旦系，不必要排除在国际上另有一个或二个与震旦系层位时限相当或大体相当为前寒武纪地层分会议定以至为国际地科联地层委员会所通过的地质系名。任其并存既便于国际交流，也适于中国传统的使用习惯。

### 三、执笔分工与致谢

本书各章由不同人员分别执笔，而由刘鸿允总其大成。

第一章执笔人为刘鸿允；第二章为董榕生、刘鸿允；第三章为刘鸿允；第四章为刘鸿允、董榕生；第五章为戚中林、刘鸿允；第六章为张启锐、劳秋元；第七章为李建林；第八章为胡文虎、刘鸿允；第九章为陈孟莪；第十章为劳秋元、刘鸿允；第十一章为刘鸿允。

胡文虎同志为本书的出版做了不少工作。他担任书稿图件的编排整理，并组织安排清抄、清绘和联系送审、付印等事宜。鲁刚毅同志担任了大部分书稿、图件的整理和清誉。王传英同志为书稿的编排、文字誊写进行了查阅校正。阎学文同志担任了本书图件的清绘工作。中国科学院地质研究所易善锋副所长对本书的撰成出版给予了热忱的鼓励和支持。本书是由众多位同志的参与或协同帮助下的工作成果，在上文研究历史的简要回顾中提到了这些同志的大名。笔者在此对上述所有同志致以衷心的感谢！