

中国地质科学院院报

天津地质矿产研究所分刊

第1卷 第1号

1980年

J
281.11
362

天津地质矿产研究所 编
地质出版社 出版

中国地质科学院院报

天津地质矿产研究所分刊

第 1 卷 第 1 号

1 9 8 0 年

天津地质矿产研究所

地 质 出 版 社

中国地质科学院院报
天津地质矿产研究所分刊

第1卷 第1号

1980年

天津地质矿产研究所 编

*

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092¹/₁₆·印张：10³/₈·插页：1个·字数：220,000

1980年12月北京第一版·1980年12月北京第一次印刷

印数1—2,980册·定价1.80元

统一书号：15038·新588

目 录

中国震旦纪冰川特征、分期及对比.....王曰伦、陆松年、高振家、林蔚兴、马国干 (1)
略论蓟县及邻区震旦亚界的几个问题.....陈晋镛 (18)
冀东太古界区域变质建造划分及其特征.....金文山、孙大中、王俊连、方连城 (28)
蓟县震旦亚界雾迷山组真核生物——管状绿藻 Siphonales.....张鹏远 (44)
皖北震旦系中 *Chuaria* 等化石的发现及其地质意义郑文武 (49)
河北宣龙区的铁质叠层石及其意义.....朱士兴 (70)
西南地区震旦纪叠层石、核形石和变形石.....曹仁关 (91)
燕山地区早寒武世府君山期三叶虫及寒武系下限张进林 (102)
中国蓟县震旦亚界的古地磁特征张文治、李 普 (111)
震旦亚代山海关隆起发育史及其与冀东有关的风化淋滤型富铁矿的远景探讨
.....钱祥麟 (123)
铁绿泥石的热转变蒋永年、侯 隼、蒋汶田、李孝军 (134)



中国地质科学院院报

天津地质矿产研究所分刊编辑委员会

主 编 王曰伦

副主编 王 植 刘德泉

委 员 阎立勋 胡维兴 孙大中 白 瑾

陈晋镛 蒋永年 高 凡 洪友崇

周慕林 陈耀辉 沈保丰 朱士兴

张学祺



中国震旦纪冰川特征、分期及对比^①

王曰伦 陆松年
(天津地质矿产研究所)

高振家
(新疆自治区地质局地质科学研究所)

林蔚兴
(沈阳地质矿产研究所)

马国干
(宜昌地质矿产研究所)

内 容 提 要

本文震旦系指“小震旦”，即南方的震旦系，时限为 6.15 ± 0.20 至 8.00 ± 0.20 亿年。

震旦系冰川堆积—沉积物广泛分布于我国南方、中原及西北地区十余个省、区。依据冰碛层的特征、层位、同位素年龄资料和微古化石等，可划分为三次冰川活动。其中两次发生在早震旦世，构成长安冰期和南沱冰期；第三次可能为山岳冰川，发生在晚震旦世末（或早寒武世？）。

长安冰期的推测年龄为 7.6—8.0 亿年，其产物主要出露在湘黔桂毗邻地区及赣北和新疆。由于各地区在岩性上的差异，具冰碛和海洋沉积的双重特征。

南沱冰期时限为 7.0—7.4 亿年，因区域不同分二种类型的冰碛物：北区为陆相，南区主要为海相。

震旦纪末期的冰碛分布从新疆向东，经陇、青、宁、陕、晋到豫，向西经中天山达苏联的卡拉套山。笔者称为“天山—秦岭震旦纪冰碛岩带”。它可能形成于晚震旦世末，也可能形成于早寒武世。其年限约为 6.15 亿年。

我国震旦纪冰川活动，早在本世纪初已有报导。1907年，威理士 (Willis, B.) 和布莱克韦尔德 (Blackwelder, E.) 等人发表了《Research in China》一书，描述了南沱冰碛层^[10]。1924年，李四光、赵亚曾等系统地研究了湖北宜昌西陵峡一带的地质，对震旦系进行了划分，将南沱冰碛层归入寒武纪之下的震旦纪^[1]。同时，丁格兰 (Tegengreen, F. R.) 报导了贵州铜仁的南沱冰碛层^[11]。三十年代，李毓尧、许杰研究了长江下游震旦纪冰川地质现象^[2-3]。于此稍前，诺琳 (Norin, E.) 报导了新疆东天山库鲁克塔格的冰碛岩层^[12]。此时，王曰伦对黔、桂、湘等地的震旦纪冰碛层也进行了广泛的研究，并于1955年发表了《中国震旦纪冰碛层及其地层划分的意义》一文，总结了我国震旦纪冰川活动概况^[4]。六十年代以来，刘鸿允等^[5,8]也多次撰文阐述南方震旦纪的冰川作用。

随着区域地质调查和科研工作的深入开展，在湘黔桂交界处，于南沱冰碛层之下，又发现了一新的冰碛层位（长安组），从而证实了我国早震旦世有两次冰川活动。廖士范等^[16]对此曾作过专题总结。

1958年，王曰伦最早在豫西地区，含三叶虫的下寒武统之下的地层中找到过冰川漂

① 按中国地质学者的习惯，震旦系有南、北之分，各代表一段地质时代。目前对震旦纪的概念尚未统一。本文的震旦系系指湖北宜昌西陵峡区的震旦系。

砾,肯定了冰碛层的存在。同年,杨志坚证实寒武系磷矿层之下有泥砾岩。1960年,刘长安、林蔚兴进一步确定了豫西冰碛层,并命名为罗圈组。1964年,李世麟讨论了罗圈冰碛层的时代归属,将其定为下寒武世^[6]。

近年来,新疆地质局等有关单位,对新疆塔里木周围的前寒武系进行了专题研究,在库鲁克塔格地区发现三套冰碛岩层的连续剖面,其间被两套正常海相沉积层所隔。该区的冰川地质研究工作对认识震旦纪冰川活动特点、冰川期次划分和对比具有重要意义。

本文拟在前人工作基础上,结合笔者等近年来的实践,概略地介绍震旦纪冰碛层在我国的地理分布,探讨震旦纪冰期和冰碛岩相划分的有关问题,并根据冰碛岩层位、微古化石、地质年代和古地磁等资料,推测震旦纪存在三次大规模的冰川活动。震旦纪冰碛层除已知在我国南方大面积分布外,在秦岭北坡至天山山脉的狭长条带内,断续绵延上千公里,可暂称之为“天山—秦岭震旦纪冰碛岩带”。深入研究这一带状中的冰碛岩类型及地质特征,对于正确划分地层区、构造区以及进行地层对比将是十分重要的。

一、中国震旦纪冰碛岩分布概况及其一般特征

迄今为止,已确定为震旦纪的冰碛岩,在我国分布达16个省、区,其中尤以秦岭以南最为发育(见图1)。现按地理区划,分三个地区叙述。

(一) 南方地区

南方地区系指秦岭以南,包括长江流域在内的广大地区。冰碛岩层分布于滇、川、黔、鄂、湘、赣、皖、浙等省、区,呈北东—南西向展布。根据冰碛层层位及岩相的特点,大致以云南个旧—贵州台江—湖南长沙一线为界,又分为南、北二区。南区的震旦系保存两个冰碛层位,即赋存于下统内的长安和南沱冰碛层;北区仅见南沱冰碛层。

1. 北区震旦纪冰碛层 个旧—台江—长沙一线以北的长江流域,是南沱冰碛层最发育的地区。南沱冰碛层的命名地点及我国南方震旦系层型剖面,即位于本区湖北宜昌西陵峡区。该冰碛层西从云南昆明,东至浙江西部,断断续续长达1500余公里。现以西陵峡区为例,概述南沱冰碛岩层位及一般地质特征。

湖北宜昌西陵峡区震旦系分为二统四组:下统包括莲沱组和南沱组,前者为砂岩和凝灰岩类,后者为冰碛层;上统包括陡山沱组和灯影组,主要为沉积碳酸盐岩。震旦系不整合覆于黄陵花岗岩或变质的崆岭群之上,其上与含大量多门类贝壳化石的下寒武统天柱山“段”为整合接触(参见图2)。

峡区南沱组以莲沱王丰岗剖面最优,露头良好,顶底清楚,剖面自上而下为:

上覆地层 陡山沱组硅质白云岩
-----平行不整合-----

南沱组

(5) 灰绿色冰碛含砾粘土质砂岩	0.8米
(4) 紫红色冰碛粘土质砂砾岩	3.2米
(3) 灰绿色冰碛砂质泥砾岩	36.5米
(2) 暗紫—紫红色冰碛砂质泥砾岩	2.9米
南沱组	总共60米

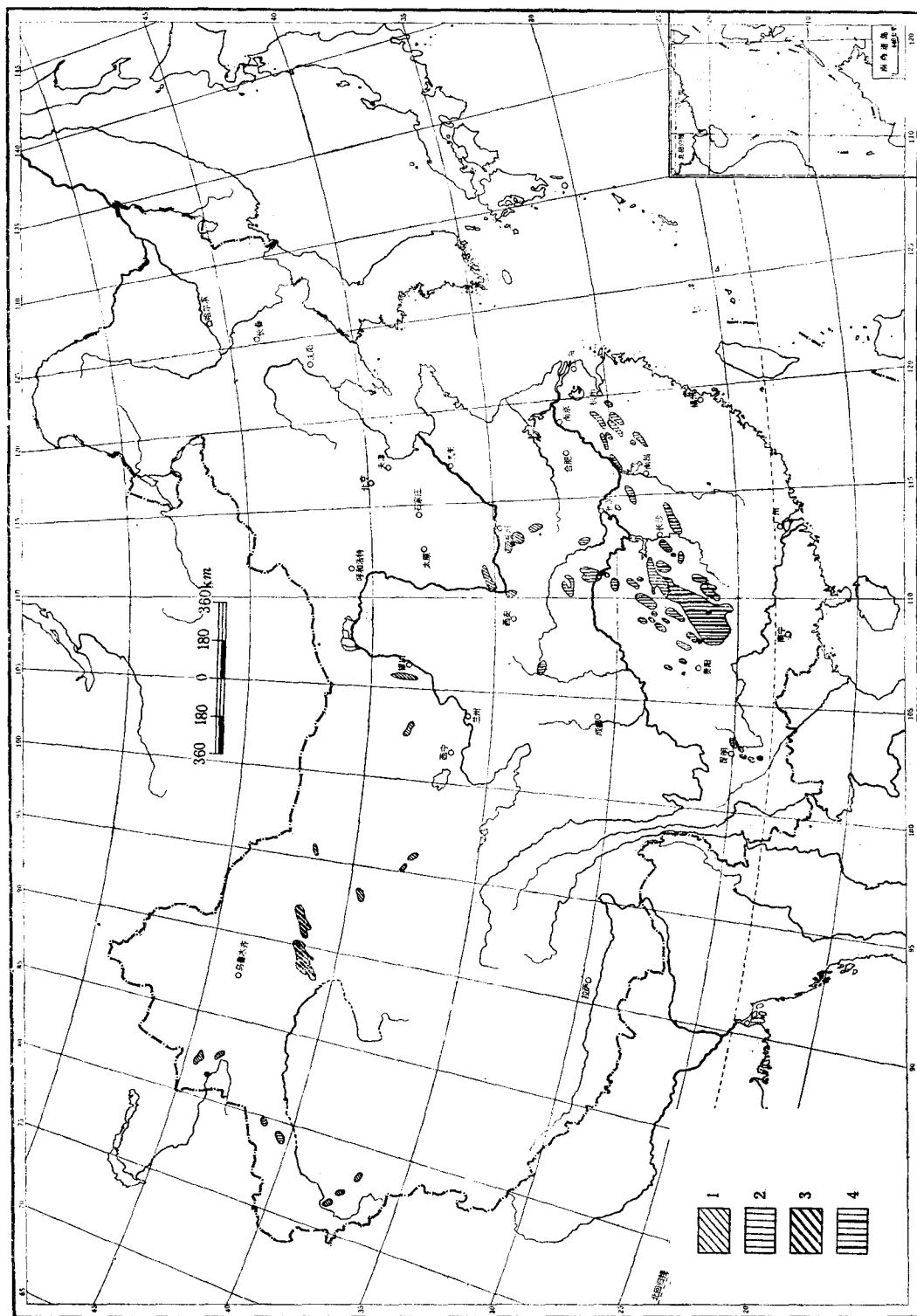


图 1 中国震旦纪冰川堆(沉)积物分布略图
 1—第一次冰川堆(沉)积物, 2—第二次冰川堆(沉)积物, 3—第一、二、三次冰川堆(沉)积物, 4—第一、二次冰川堆(沉)积物

本图是根据中国科学院地质研究所1977年编制的《中国震旦纪冰川分布图》编制的

(1) 黄绿—灰绿冰碛泥砂质砾岩

16.6米

-----平行不整合-----

下伏地层 莲沱组粉砂岩

1978年初,笔者之一马国干研究了湖北黄陵背斜南侧的南沱冰碛层,在长阳古城发现南沱组包括上、下两层冰碛岩,中隔19米含锰砂页岩,旧称大塘坡段。已往将大塘坡段划为莲沱组顶部,此次在该段以下发现厚9米的泥砾岩,与大塘坡段以上的冰碛砾岩(62米)岩性基本相似。其中砾石排列杂乱,大小混杂,分选极差。砾石形态奇异,多呈棱角状至次棱角状,其表面保存多种冰川刻蚀痕迹,如磨光面、擦痕、压坑等。砾石成分复杂,有砂岩、粉砂岩、花岗岩、基性脉岩、火山岩、灰岩、脉石英等。含砾率约20%,基质中泥质成分较高。因此,大塘坡段及其下的冰碛砾岩似应归为南沱组内。

云南的冰碛层主要分布在昆明与个旧之间,与峡区相比,在冰碛砾岩之上普遍发育冰水相的纹泥层。例如昆明近郊的晋宁王家湾南沱组,厚约44.6米,下部为15米的紫红色冰碛泥砾岩,上覆29.6米紫红色铁泥质页岩夹灰绿色粉砂岩条纹或薄层,具纹泥层特征。

川南的秀山、黔东北的江口及湘北等地,南沱组分布广泛,其地层特征与峡区的南沱组相似。

赣东北和浙西一带与南沱组相当的地层称为雷公坞组。下部为暗色砂质泥砾岩,上部为暗灰绿色含砾粉砂质泥岩,具纹泥层特征。

皖南的蓝田冰碛层,皖东滁县的苏家湾组皆相当于南沱冰碛层。前者厚度自西向东递增,从数十米增至近千米,为一套含火山凝灰质的冰碛砾岩。后者在滁县厚达765米,据岩性可分三段:下段为灰绿色含砾砂质千枚岩;中段为变质石英砂岩及黄绿色砂质千枚岩;上段为黄绿色含砾砂质千枚岩夹绿色变质安山岩。说明本区在冰川堆积时,伴有火山喷溢活动。

2. 南区震旦纪冰碛层 个旧—台江—长沙一线之南的震旦纪冰碛层主要分布于湘黔桂的毗邻地区及赣北。本区震旦系界于寒武系与板溪群之间,分为二统五组:下统包括长安组、富录组、南沱组;上统包括陡山沱组、留茶坡组(参见图2)。据廖士范等研究^[16],本区长安组及南沱组主要为海相冰碛岩。

湘黔桂毗邻区的冰碛岩以广西三江地区较发育,长安组主要为一套含砾板岩。平行不整合或整合于板溪群五强溪组板岩之上,与上覆富录组为整合接触。本组一般层理不清,普遍含砾石,主要呈棱角至次棱角状,砾径变化大,从2—80毫米,一些砾石表面具擦痕,砾石成分复杂,有脉石英、砂岩、板岩及少量花岗岩、霏细岩、安山玢岩及基性岩等。显示出冰川堆积的某些特点。另一方面,在岩层的中下部的变质石英砂岩、板岩中,又显示某些正常海相沉积特征,如带状或细纹状层理、斜层理、波痕等。所以,长安组是具有冰川堆积和海相沉积双重特征的海相冰碛岩。

本组厚度变化巨大,湘黔桂一带有由西向东增厚的趋势,最厚可达2000余米,向东最薄处仅100余米。

长安组之上为间冰期沉积的富录组,以长石石英砂岩为主。底部为较稳定的含铁砂页岩夹条带状赤铁矿。在三江一带,含铁层为条带状赤铁矿,含少量硅质。其上砂岩为泥质、硅质和钙质胶结。在命名地点三江富录,厚647米。

南沱组与下伏富录组及上覆陡山沱组多呈不整合接触，为一套灰绿、灰黑色层理不清的含砾砂质或粉砂质板岩，砾石大小不一，最大者可达1米以上，小者仅数毫米。砾石分布不均，排列杂乱。据王砚耕介绍，其中有典型的坠石存在。砾石成分复杂，包括各种砂岩，板岩、片岩、片麻岩、花岗岩、闪长岩、安山玢岩、玄武玢岩等。砾石表面可见擦痕。本组厚度以湘西黔北最厚，超过2000米。

有关长安组、南沱组的特点，廖士范等所著《中国震旦纪冰川沉积》，已有较详论述，本文不予赘述。

(二) 秦岭北坡至贺兰山区

从河南临汝、汝阳向西经晋南芮城、陕西洛南、岐山、陇县，再向北至宁夏贺兰山，呈狭长带状分布一层冰碛层，其上均与含 *Bergeroniellus* sp. 的下寒武统含磷层平行不整合接触，其下超覆于不同时代的地层之上。现列典型剖面说明之。

1. 河南西部临汝—灵宝一带 包括山西芮城，冰碛层称为罗圈组，以临汝罗圈剖面为代表：

上覆地层：下寒武统辛集组含海绿石长石石英砂岩，底部为磷块岩

-----平行不整合-----

罗圈组

总厚 200 米

(5) 灰绿色、黄绿色页岩夹薄层粉砂岩	100米
(4) 紫红色、灰棕色含砾砂质页岩	60米
(3) 灰黄色冰碛泥砾岩	24米
(2) 灰黄色、灰棕色白云质冰碛砾岩	5米
(1) 灰黄色冰碛泥砾岩	11米

-----平行不整合-----

下伏地层：北大尖组石英砂岩

该区冰碛层的特征是：砾石含量一般不超过20%，局部集中至40~70%，呈堆积状。砾石大小混杂，悬殊甚大，可见直径达1.2米的巨砾。砾石表面常见压坑、凹面、擦痕及压裂等构造，其外围可见有仅零点几毫米的钙、泥质薄层包裹层，习称“泥包砾”。砾石成分既有近源的下伏岩石，又有远处搬运而来的物质。胶结物由泥质及各种粒度的砂粒组成。岩层上部或顶部常见纹泥层，多为白云质粉砂质粘土或砂质粘土，呈灰绿与紫红色相间出现，纹带宽度0.1~0.7毫米。下伏基岩顶面冰溜面保存极好。

2. 陕西洛南及岐山、陇县一带，冰碛层亦称为罗圈组。其层序特点与临汝相似。洛南一带冰碛层厚约90米，岐、陇二县仅13—57米。一般均可分为二段：下段为冰碛砾岩，上段为冰水相具纹泥特征的紫红色页岩。在基岩顶面均可寻见冰溜擦痕和槽沟。

3. 贺兰山区 冰碛层称正目观组，仅分布于贺兰山中段，以苏峪口剖面为代表：

上覆地层：下寒武统苏峪口组含磷砾岩，含 *Berberoniellus* sp. 等化石

-----平行不整合-----

正目观组

总厚152.2米

(4) 灰—灰绿色粉砂质板岩，含 <i>Babelliditide</i> sp. 及痕迹化石①
--

① 据冯益民报导。

(3) 灰黑—浅灰粉砂质板岩	32.8米
(2) 含砾板岩	5米
(1) 泥、钙质胶结的冰碛泥砾岩	65.7米

~~~~~角度不整合~~~~~

下伏地层：贺兰山群王全口组硅质条带白云岩

本区正目观组具有典型的冰碛岩的特征，其中以砾石表现得最突出。下部泥砾岩中砾石形态奇特，有三角形、尖角状、马鞍状、鬃斗状，成分复杂，砾径从数毫米至1米以上，普遍具擦痕、磨光面、压扁、拉长、压坑等现象，基岩顶面保存冰溜面。本组厚度变化甚剧，在平距约30公里的范围内，冰碛砾岩可由数米剧增至140多米。

### (三) 新疆及青海、甘肃区

本区冰碛层主要分布于新疆库鲁克塔格地区、塔里木盆地边缘的柯坪山、西天山的博多霍洛山、甘新交界的北山、甘肃龙首山和青海全吉山一带，以库鲁克塔格剖面最完整。

库鲁克塔格区的震旦系称“库鲁克塔格群”，厚达7000米。上为下寒武统西大山组，为平行不整合接触；下为北塞纳尔塔格组白云岩，为不整合关系。自下而上共分八组（见图2）。其中贝义西组、阿勒通沟组、特瑞爱肯组和汉戈尔乔克组属冰碛岩层。

贝义西组属海相冰碛层，层位与长安组相当。其特点是冰碛砾岩的层数，厚度变化很大，砾岩中的砾石有压扁现象，砾石成分较为简单，以下伏古老岩层的砾石占多数。胶结物除泥、砂质外，有较多的凝灰质胶结。与下伏青白口系北塞纳尔塔格组呈不整合。照壁山组砂岩整合覆盖其上。

阿勒通沟—特瑞爱肯组为本区主要一次冰川活动，分布面积广，沉积厚度大，冰川特征明显。上部冰碛层稳定，下部有较多的海相夹层。冰碛层中的坠石分布不均匀，坠石表面常见擦痕、压裂、压坑、光面等。砾石成分非常复杂，除具古老花岗岩、片麻岩、片岩、大理岩、石英岩外，还有下伏贝义西组、照壁山组砂岩、硅质岩、中基性火山岩的砾石。此外，冰碛层中常有大透镜体状或大团块状的砾石堆积体，砾石含量可达70%。这些浮冰堆积物大量出现的这一特点，与上、下冰碛层有所不同。

该冰碛层上部是典型的间冰期海相沉积（扎摩克提组、育肯沟组、水泉组），为一套碎屑岩和碳酸盐岩并夹火山岩层。按地层层序和微古化石特征，阿勒通沟—特瑞爱肯组与南沱组相当。其上的间冰期沉积物相当于峡区陡山沱组和灯影组的一部分。

汉戈尔乔克组分布范围广，层位、厚度较稳定，为一厚达300—400米的泥砾岩。上部有厚度不大，但比较稳定的纹泥层。砾岩中的砾石以棱角至次棱角状为主，据高振家等统计，尖棱角状砾石平均占9%、棱角状占67%、次棱角状占22%，次浑圆状占2%。一般较大的砾石，磨圆度较高。砾石成分除了近源的下伏岩层外，亦有远距离搬运而来的砾石。砾石的冰川刻蚀及压裂特征明显。

汉戈尔乔克组与上覆下寒武统西大山组硅质岩、磷块岩、火山岩多呈平行不整合接触。尽管如此，但二者关系密切，构造形态相同。而与下伏的水泉组虽呈平行或角度不整合接触，但从构造形态上看，汉戈尔乔克组归入下寒武统似乎更为适宜。但由于该组内迄今未采获动物化石，而微古组合特征又与峡区上震旦统相近，故将本区第三次冰川活动产物的汉戈尔乔克组，暂置于震旦纪顶部。



期的洲际性气候变化有密切关系,它反映了地质时期中寒冷气候的存在,是地球发展过程中的重要地质事件。

从目前世界各地已报导的资料来看,冰碛岩主要出现在23—25亿年(美国休伦岩系高于达组、印度芬地杂岩的多赫沃斯冰碛层)、14—11亿年(美国加利福尼亚州基格斯汤-皮克冰碛层、西伯利亚大帕拉姆等)、8—6亿(震旦纪冰碛层)、2.5亿年(石炭—二叠纪冰碛层)及2百万年(第四纪冰碛层)。各时代冰碛层出现的时间相隔分别为10、7、5、2.5亿年左右,大致以2—3亿年为等差级数递减。也曾有人用对数螺旋曲线来探讨冰期出现的规律。总之,对冰期出现的原因及规律,目前正在探讨中,尚未得出结论。

作为反映地质时期寒冷气候而出现的冰川活动,可用相同地质时期的名称冠之,如震旦时期冰川活动、石炭—二叠时期冰川活动等。而在同一地质时期不同阶段出现与发育的冰川活动,按其时限与特征,划分为若干冰期与间冰期。在大陆内部的高纬度及中低纬度高山区,往往具有湿度大、温差小的特点,即使在间冰期也可能形成冰川。但这些冰川的分布,一般比较局限,往往不受全球性气候的控制。笔者对这类古冰川的出现,暂不单独划为一个冰期。

冰碛岩是冰川活动留下的最重要记录,对古冰川的研究尤为重要。因此,在划分冰期时,必须以冰碛层的存在及其特征作基础。但并非每一个冰碛层的存在都可作为划分冰期的依据。正如前述,在确定与划分冰期时,必须考虑冰川活动类型及全过程的特点。

考虑到上述可能出现的复杂因素,笔者将我国震旦时期的冰川活动分为三次,其中前两次发生于早震旦世,即长安冰期和南沱冰期。对震旦纪末期的一次冰川活动,从它的分布与地质特征判断,可能属于山岳冰川。目前尚没有更多的资料,确认它是冰期的产物,因此暂划为一次冰川活动。现将震旦纪三次冰川活动特征与划分依据分述如下:

### (一) 长安冰期

作为长安冰期的堆积-沉积物,主要出露在前述南方地区的个旧—台江—长沙一线的南区,以及新疆库鲁克塔格地区。其中以广西长安一带出露的长安组为代表。新疆相当于长安组的冰碛层称为贝义西组。确定长安冰期的依据是:

1. 代表长安冰期的产物——长安组,广布于我国湘、黔、桂、赣北及新疆等地。与长安组相当的冰碛层,在世界许多地区亦有广泛分布。如非洲昆得伦古群下部的大砾岩冰碛层、澳大利亚的斯图特、北美的温德米尔群下部冰碛岩等。说明这一冰期在南、北半球均有分布,具有洲际性。

2. 长安组为海相冰碛岩层,具有冰川堆积与海相沉积的双重特征,其厚度可达2000余米。与下伏地层为整合或不整合,其上与间冰期的海相地层为整合接触,可作为独立建组的地层单位。

3. 长安组之上有数百米厚的海相沉积岩,层位稳定,分布广泛。其特点是出现赤铁矿硅质岩和碳酸盐岩,并富含有机质。说明气候已转温暖。代表长安冰期的冰川大量消融,出现较为稳定的间冰期。

震旦初期,全球气候普遍较冷,开始出现冰川活动。但气温升降频繁,削弱了冰川活动的强度。在我国沿个旧—台江—长沙一线大致为当时的古海岸线,其北高出海面,南部为海盆。当冰川由北泻入海盆后,形成冰山、冰筏。冰山、冰筏在消融过程中将携带的岩

块、岩屑不断坠入海底，与海底沉积物共同形成了海相冰碛岩。

长安冰期的活动下限，根据广西三门侵入板溪群合桐组上部，与该组细碧岩同源的次火山岩——辉长辉绿岩锆石的铀-铅年龄，为8.37亿年。长安组平行不整合于板溪群之上，下距合桐组尚有千米厚的岩层，因此推断长安组底界最大为8亿年，且可能小于该数值。关于上限，考虑到南沱组中的年龄数值，以及间冰期富录组的存在，推测为7.6亿年左右。

## (二) 南沱冰期

作为南沱冰期的堆积—沉积物，可以湖北峡区南沱组剖面为代表。其分布地区除与长安组大致相同外，还越过个旧—台江—长沙一线，遍及长江流域的广大地区。此外，在新疆也有分布。在个旧—台江—长沙一线以南，南沱组为厚度大的海相冰碛岩，其北主要为陆相冰碛岩。

新疆一带南沱冰期的产物，以阿勒通沟—特瑞爱肯组为代表。上部冰碛层以砾岩为主，冰川堆积特点显著；下部岩相变化大，夹有碎屑岩、碳酸盐岩等海相夹层。总厚2500米。阿勒通沟组与下伏照壁山组为平行不整合；特瑞爱肯组与上覆扎摩克提组为整合接触。确定南沱冰期的主要依据是：

1. 南沱组及相当地层在我国以及世界各地广泛分布，冰川活动也最剧烈。如西北欧的拉普兰冰碛层、澳大利亚马临诺冰川活动、非洲的小砾岩冰碛层、苏联卡拉套的下帕特姆亚群冰碛岩等，都是相当于南沱冰期的产物。

2. 南沱组层位稳定，不仅在我国南方广大地区作为震旦纪地层对比的重要标志。而且在洲际对比中，亦有重要意义。

3. 南沱组之上，有厚达数百米至千余米的海相沉积岩。在南方地区为一套碳酸盐岩为主的地层，在新疆特瑞爱肯组以上也出现厚达1500米的碎屑岩和碳酸盐岩石。在这一套地层中，赋存有磷矿及盐岩，反映当时气候比较温暖炎热。应该指出，南沱冰期以后，生物似出现一个飞跃。在澳大利亚马临诺冰川活动以后，开始出现以软躯动物为特征的埃迪卡拉动物群。苏联的文德、非洲的纳马系，也出现了一些新的生物群。在我国南沱组之上的陡山沱和灯影组，也出现了大型藻类、蠕虫动物和少量贝壳化石，这些生物成为寒武纪生物群先驱。

综上所述，说明全球经历了长安—南沱间冰期以后，再次进入寒冷时期，形成震旦纪第二次大规模的冰川活动。这次活动最为强烈，许多大陆被冰川所覆盖，一些近岸的海域也出现大量的冰山或冰筏。如我国个旧—台江—长沙以南，即是当时冰山、冰筏曾经到达过的海域。

南沱冰期的时限，根据湖北长阳古城一带南沱组中含锰页岩（大塘坡段）铷-锶法全岩测定，等时线年龄为7.39亿年，湖北西陵峡南沱组之上陡山沱组底部黑色页岩中铷-锶法全岩等时线年龄为 $6.93 \pm 0.66$ 亿年。因此，推定南沱冰期的时限为7—7.4亿年。上述数据所用衰变常数 $\lambda_{Rb}^{87} = 1.42 \times 10^{-11} \text{年}^{-1}$ ，若以 $\lambda_{Rb}^{87} = 1.47 \times 10^{-11} \text{年}^{-1}$ 计算，则分别为 $6.7 \pm 0.66$ 和7.14亿年。南沱冰期时限降至为6.8—7.2亿年。二者的改正值为3.4%。

## (三) 震旦末期冰川活动

在我国中部的豫西、晋南以及西北地区，再次出现了冰川活动，其中以库鲁克塔格的汉戈尔乔克组及河南罗圈组为代表。

关于这次冰川活动的对比及时代归属,目前尚有争论。有一些学者认为,我国震旦纪仅有二次冰川活动,而罗圈组与南沱组相当。笔者等认为,罗圈组的层位可与汉戈尔乔克组相比,应高于南沱组。其理由如下:

1. 这套冰碛岩层与下寒武统多呈平行不整合,且与下寒武统含磷地层形影不离,西起新疆西天山,东至豫西,其间各地无一例外。但与下伏地层则呈超覆不整合,覆于不同时代的地层之上。而南沱组层位稳定,下与莲沱组,上与陡山沱组均呈平行不整合,其上距下寒武统底部,尚有近千米的地层。这两套冰碛岩层按层序难以相比。

2. 新疆库鲁克塔格地区,见有三套冰碛层的连续剖面,其间被两套厚达数百米至千米的正常海相沉积层相隔。库鲁克塔格群扎摩克提组至水泉组,与峡区上震旦统相近,因此,特瑞爱肯冰碛层可与南沱组相比,汉戈尔乔克组是南沱组以后又一次冰川活动的产物。

3. 新疆库鲁克塔格西部莫钦库都克以北,在汉戈尔乔克组下伏泥灰岩中采到大型带藻 *cf. Vendotaenia*, 贺兰山正目观组上部纹泥层中发现 *Sabelliditidae* sp., 这些都说明汉戈尔乔克组及其相当层位高于南沱组。

4. 从目前仅有的几个古地磁数据判断,河南罗圈组与峡区南沱组古地磁极相差很大(表1)。据刘椿<sup>[7]</sup>、李普测定,南沱组堆积时,北极位于我国河南东姚附近;而罗圈组形成时,北极位于苏联哈萨克斯坦北部彼德巴甫洛夫斯克附近,这有助于说明两者是不同期的产物。

震旦系古地磁测定表

表 1

| 地层名称  | 标本产地位置     |            | 平均剩磁方向   |          | 古地磁极位置     |            | 标本产地<br>古纬度 | 备注     |
|-------|------------|------------|----------|----------|------------|------------|-------------|--------|
|       | 北 纬<br>φ N | 东 经<br>λ E | 偏 角<br>D | 倾 角<br>I | 北 纬<br>φ N | 东 经<br>λ E |             |        |
| 辛 集 组 | 34°00′     | 112°44′    | 108°13′  | 60°35′   | 10°13′     | 158°00′    | 41°36′      | 下寒武统   |
| 罗 圈 组 | 34°00′     | 112°44′    | 319°12′  | 70°31′   | 54°59′     | 71°42′     | 54°45′      |        |
| 南沱冰碛层 | 30°52′     | 111°07′    |          |          | 35°54′     | 114°00′    |             |        |
| 兰田冰碛层 | 30°04′     | 117°51′    | 282°05′  | 74°12′   | 31°26′     | 152°17′    | 60°30′      |        |
| 莲 沱 组 | 30°52′     | 111°07′    |          |          | 32°36′     | 128°18′    |             |        |
| 莲 沱 组 | 30°52′     | 111°07′    |          |          | 32°48′     | 90°54′     |             |        |
| 莲 沱 组 | 30°52′     | 111°07′    | 300°     | 83°      | 37°        | 95°        | 76°         |        |
| 休 宁 群 | 29°55′     | 118°08′    | 313°     | 80°      | 42°        | 98°        | 70°         | 与莲沱组相当 |
| 休 宁 群 | 30°04′     | 118°36′    | 292°     | 82°      | 35°        | 100°       | 73°         | 与莲沱组相当 |

(据刘椿、李普测定资料)

综上所述,汉戈尔乔克与罗圈组等代表了另一次冰川活动。这一绵延数千公里的狭长地带的形成,受古构造的控制,大致分布在古陆边缘或板块接合处。

### 三、冰 碛 岩 相 划 分

我国境内的震旦纪冰碛层,岩相变化很大,按其形成的环境,可分为两大类:一类是由大陆冰川直接形成的冰碛岩,如峡区南沱组、罗圈组等,可称陆相冰碛岩;另一类是由大陆冰川泻入海域后,浮冰携带的岩石碎块消融而坠入海底,与海底沉积物形成混合相沉

积,如长安组、贝义西组、特瑞爱肯组等,可称为海相冰碛岩。

### (一) 陆相冰碛岩

我国南方地区北区的南沱组、罗圈组、正目观组、烧火筒沟群、红铁沟群、汉戈尔乔克组等冰碛层主要为陆相冰碛岩,其主要特点是:

1. 冰溜面 秦岭北坡至贺兰山区冰碛层基底冰溜面保存最好,如豫西临汝石门沟一带,冰溜面断续延伸达数公里,冰溜擦痕一般宽3—5毫米,深度1—5毫米,长几厘米至几米,甚至几十米(图版I, 1、3)。除冰溜擦痕外,还可见较深的刻蚀槽,宽达0.3—3米,深达0.02—0.15米。刻蚀槽底部和侧帮布满平行分布的擦痕。冰溜面是陆相冰碛岩的主要特征之一。

2. 砾石的冰川磨蚀及压裂特征 在莲沱王丰岗发现的压坑构造,小砾石仍然镶嵌在大砾石之中(图版II, 1a、1b)。至于压裂、擦痕(图版II, 3、5、6、7)。光面常常可见。

3. “泥包砾” 冰碛岩中的砾石,有时包有一层泥质或钙质薄壳(图版II, 2、5、8),厚零点几至数毫米,薄壳可脱开内包的砾石,在砾石表面仍可保留擦痕。推测冰碛物在堆积过程中,由于反复融冻,细的泥、钙质不断粘绕砾石而形成。这是冰碛物成岩过程中的一种特殊产物。

4. 层理及分选 岩层层理不清,分选甚差,砾石大小混杂(图版I, 2、4、6),成分复杂,有近源的物质成分,也有远处而来的砾石。岩层中的夹层一般较少,厚度薄且不稳定。

5. 纹泥 在冰碛层顶部常发育具纹泥特征的水沉积物,这是冰川退缩过程中冰川前缘的沉积。反映气候转暖,冰川后退而引起的岩相变化。

### (二) 海相冰碛岩

我国南方个旧—台江—长沙一线以南的长安组、南沱组、新疆库鲁克塔格贝义西组、阿勒通沟组属于海相冰碛岩。特点是厚度普遍较大,冰川堆积物的性质因地而异。如新疆阿勒通沟组为含坠石的粉砂质板岩,局部地段坠石相对集中沿层断续分布,含砾率极不均匀。而南方的长安组含砾率一般为10%左右,不少岩层含砾低于5%。这是由于冰山在海洋中浮动时,因各海域的气温、波浪幅度和能量的差异,冰融的速度不一,当冰山消融快时,坠入海底的碎屑、岩块多,冰川堆积特征则较明显。当冰山消融较慢,坠入海底的碎屑、岩块量较少,则正常海相特征比较明显。

从南方、新疆海相冰碛岩的特点看,确定海相冰碛岩层有二个重要标志:一是坠石的普遍存在,当岩块坠落因重力作用压弯了海底沉积物的层理,致使后形成的沉积层理绕坠石顶面而过(图版I, 5)。这种坠石具有前述冰川砾石的一般特征,即种类复杂,形态多样,并可保存冰川刻蚀痕迹。当然这类坠石有时也可在冰湖纹泥层中发现,不过数量一般较少。其二是冰碛岩中多见海相岩石夹层,如海底火山喷发形成的枕状熔岩、海相碎屑岩、碳酸盐岩石等。

现将陆相与海相冰碛岩特征试作如下对比:

陆相与海相冰碛岩特征对比表

表 2

| 岩 相<br>特 征                                                       | 陆 相 冰 碛 岩                                                                                              | 海 相 冰 碛 岩                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 冰 溜 面<br>坠 石<br>“泥包砾”<br>砾石特征<br>基质分选<br>成 层 性<br>夹 层<br>岩 相 厚 度 | 冰碛岩基底顶面可保存冰溜面<br>仅在冰湖相纹泥中发育数量少<br>常 见<br>明显具冰川刻蚀及压裂特征<br>分选极差<br>通常层理不清<br>夹层少, 厚度小且不稳定<br>较小, 通常在百米以内 | 不 能 形 成<br>比 较 发 育<br>未 见<br>可以寻见冰川刻蚀及压裂的砾石<br>有一定分选至分选稍佳<br>成层性不好至有层理<br>常见较多的海相沉积物夹层<br>厚度大, 从几百米至数千米 |

#### 四、国内外对比

由于前寒武系化石稀少, 而冰碛岩层又具特殊成因和特殊外貌, 因此利用冰碛层作为对比标志, 对于前寒武系的地层研究工作是至为重要的。但冰碛岩具堆积之特点, 在短距离内厚度可产生急剧变化。加之多次冰川活动及同一次冰川活动过程中, 冰川反复进退所形成的多层冰碛层, 容易造成地层对比上的混乱和错误。由此, 某些学者对于以冰碛层作为对比标志产生了怀疑<sup>[15]</sup>。但笔者等从我国的实际情况考虑, 深信冰碛岩可作为区域内, 甚至进行洲际对比的一种标志, 值得进行深入细致的研究。纵观我国前寒武系的划分和对比, 多有矛盾和混乱之处, 唯南方震旦系, 由于南沱冰碛层的存在, 恰似找到了打开地层对比科研大门的一把钥匙, 导致南方诸省百万平方公里内的震旦系划分和对比得到基本统一, 显示了冰碛层在地层划分对比中的重要作用。

利用冰碛岩并结合其它地质特征, 列出我国震旦系及冰碛层对比表如下 (见表 3):

相当于我国震旦纪的冰川活动, 在世界许多国家和地区都有分布。其中以西北欧、澳大利亚, 非洲和北美报导较多。

西北欧的始寒武纪冰碛岩, 广泛发育于东格陵兰、斯匹次卑尔根、瑞典、挪威和苏格兰。以挪威北部瓦兰格峡湾的瓦兰格尔冰碛层较为标准, 冰碛层分为上、下二层, 中间为尼布格组, 地质年龄为  $6.68 \pm 0.23$  亿年<sup>[15]</sup>。瓦兰格尔冰碛层与我国南沱组大致是同一冰期的产物。

澳大利亚阿德雷得系中的冰碛岩, 赋存于恩比雷泰纳群的上下。下称斯图特冰川作用, 上称马临诺冰川作用, 冰川活动时限分别大约为 7.4 和 6.8 亿年左右, 与我国长安组、南沱组大致相当<sup>[17, 18]</sup>。

非洲的冰碛岩分布相当广泛, 在扎伊尔的加丹加和赞比亚境内, 冰碛层分布于昆得伦古群的中下部<sup>[14]</sup>, 下冰碛层称大砾岩冰碛层, 上层称小砾岩冰碛层, 可分别与我国长安组及南沱组对比。

在层位上与我国第三次冰川活动相近的冰碛岩层, 在苏联大卡拉套、苏格兰等地已有报导, 冰碛岩层直接伏于含化石的寒武系之下<sup>[17, 18]</sup>。震旦纪末或寒武纪初的冰碛层在世界其它各地有可能继续发现新的层位。有关震旦纪冰碛岩层的世界对比见表 4。



表 4

震旦时期世界冰碛层位对比表

| 地层时代    | 国家地区                           |               | 国    |                     | 苏联卡拉套 |      | 西 北 欧 |      | 非 洲         |            | 澳 大 利 亚 |         | 北 美  |      |
|---------|--------------------------------|---------------|------|---------------------|-------|------|-------|------|-------------|------------|---------|---------|------|------|
|         | 中                              | 东             | 湘黔桂  | 新 疆                 | 苏 联   | 苏 联  | 挪 威   | 东 欧  | 斯 匹 尔 卑 尔 根 | 加 丹 加 赞 比亚 | 西 南 非   | 澳 大 利 亚 | 北 美  |      |
| 上 震 旦 世 | 水井沱组<br>天任山段<br>615±23<br>m.y. | 老堡组<br>留茶坡组   | 小烟溪组 | 西大山组                | 下寒武统  | 下寒武统 | 巴斯新组  | 寒武系  | 下寒武统        | 下寒武统       | 下寒武统    | 下寒武统    | 下寒武统 | 下寒武统 |
|         |                                |               |      |                     |       |      |       |      |             |            |         |         |      |      |
| 下 震 旦 世 | 南沱组<br>739<br>m.y.             | 南沱组           | 富录组  | 照壁山组                | 下寒武统  | 下寒武统 | 下寒武统  | 下寒武统 | 下寒武统        | 下寒武统       | 下寒武统    | 下寒武统    | 下寒武统 | 下寒武统 |
|         |                                |               |      |                     |       |      |       |      |             |            |         |         |      |      |
| 前 震 旦 纪 | 800±                           | 崆岭群或<br>黄陵花岗岩 | 板溪群  | 青白口岗塔<br>帕尔岗塔<br>格群 | 下寒武统  | 下寒武统 | 下寒武统  | 下寒武统 | 下寒武统        | 下寒武统       | 下寒武统    | 下寒武统    | 下寒武统 | 下寒武统 |
|         |                                |               |      |                     |       |      |       |      |             |            |         |         |      |      |