

中祁连西段德勒诺尔一带南华系的重新厘定及其与 Rodinia 超大陆裂解的关系

张立涛¹, 余君鹏^{2*}, 余吉远³, 陈杰¹, 赵吉昌¹, 樊新祥¹

ZHANG Litao¹, YU Junpeng^{2*}, YU Jiyuan³, CHEN Jie¹, ZHAO Jichang¹, FAN Xinxiang¹

1. 甘肃省地质矿产勘查开发局第四地质矿产勘查院, 甘肃 酒泉 735000;

2. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000;

3. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054

1.No.4 Geological Mineral Exploration Institute, Gansu Geological Mineral Exploration and Development Bureau, Jiuquan 735000, Gansu, China;

2.Gansu Institute of Geological Survey, Lanzhou 730000, Gansu, China;

3.Xi'an Center, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China

摘要:中祁连西段德勒诺尔一带广泛分布新元古界火山-沉积岩系。1:5万区域地质调查中,新发现了一套冰碛-火山岩系,通过对岩石学、地层学特征研究,认为其可与新疆库鲁克塔格地区的南华系贝义西组对比,同属南华纪冰期-火山事件的产物,并将该套地层重新厘定为南华系石板墩组。研究认为,中祁连西段德勒诺尔冰碛-火山岩系的存在,是祁连微陆块响应 Rodinia 超大陆裂解的证据,对研究祁连山中—新元古代构造演化具有重要意义。

关键词:中祁连西段;冰碛-火山岩系;南华系;库鲁克塔格;Rodinia 超大陆

中图分类号:P534.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2021)04-0491-08

Zhang L T, Yu J P, Yu J Y, Chen J, Zhao J C, Fan X X. The redefinition of the Nanhua System in the Delenor area in the western part of the Central Qilian and their relationship to the breakup of the Rodinia supercontinent. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(4): 491-498

Abstract: The volcano-sedimentary rocks of the Neoproterozoic Erathem are widely distributed in the Delenuoer area of the western segment of the Central Qilian. A new set of moraine-volcanic rocks was discovered in the 1:50000 regional geological survey. Based on the study of its petrologic and stratigraphic characteristics, it is considered to be parallel to the Nanhua System Beiyixi Formation in the Kuruktag area of Xinjiang, both of which are the products of the Nanhua Period Ice Age-volcanic event. This set of strata is redefined as the Nanhua System Shibandun Formation. From this study, it is believed that the existence of the moraine-volcanic rocks in Delenuoer of the western segment of the Central Qilian is the evidence of the Qilian Microcontinent Block responding to the splitting of the Rodinia supercontinent, which is of great significance for the study of the tectonic evolution of the Qilian Mountains in the Meso-Neoproterozoic.

Key words: the western segment of the Central Qilian; moraine-volcanic rocks; Nanhuaian; Kuruktag; Rodinia supercontinent

甘肃中祁连地区的新元古界,西起阿尔金山东端,向东经肃北蒙古族自治县大雪山,转向南东至

查干布尔嘎斯延入青海省境内,呈巨型条块状构成中祁连西段复式向斜的核部。

收稿日期:2020-02-27;修订日期:2020-03-28

资助项目:中国地质调查局项目《甘肃祁连西段德勒诺尔—石板墩地区1:5万六幅区域地质调查》(编号:121201011000150004)、《祁连成矿带——大柴旦地区地质矿产调查》(编号:DD20160012)

作者简介:张立涛(1985-),男,高级工程师,从事区域地质矿产调查与矿产勘查。E-mail:cug_zlt@163.com

*通信作者:余君鹏(1981-),男,高级工程师,从事区域地质矿产调查、岩石地球化学研究。E-mail:33052368@qq.com

甘肃省地质局第二区域地质测量队(1969—1975)在1:20万别盖幅区域地质调查中,获得较丰富的地质资料,确立了本区元古宇基本层序,并采获了大量叠层石化石,提出该区有震旦纪沉积^①。甘肃省地质局地质力学区测队钱家骥等(1978—1981)对中祁连山西段前寒武系进行专题研究时,在区域地质调查的基础上,首次将在大雪山多若诺尔一带出露较好的震旦系命名为多若诺尔群,尚未肯定有冰碛岩。甘肃省地质局编图组王大为等(1975)则将多若诺尔群厘定为青白口系,认为该区可能缺失震旦系。地质力学区测队叶永正(1976)依据叠层石在本区纵向上的分布特点等因素,又将多若诺尔群划归震旦系^[1]。在1989年出版的《甘肃省区域地质志》中肯定此方案,自下而上进一步解体为石板墩组、扁麻沟组和查干布尔嘎斯组3个岩性组,岩性主要为凝灰岩、玄武岩、硅质板岩、粉砂质板岩、钙质板岩等,局部夹砾岩^[1-3]。

甘肃省区测二队(1973)在1:20万祁连山幅区域地质调查过程中^②,提出可能存在冰川沉积;根据冰碛层的特征,与扬子地区的南沱冰碛岩、新疆天山库鲁克塔格地区的冰碛岩进行对比,并根据在二道沟沟口发现的叠层石,提出了北祁连地区震旦系的存在,在北祁连地层区初步建立了震旦系层序^[2-3]。汤光中(1975)将北祁连出露的震旦系命名为白杨沟组冰碛岩组,1979年改为白杨沟群^[2,5]。1991—1996年开展的全国地层多重划分对比研究中,新元古界在北祁连地层区仅保留了震旦系白杨沟群(ZB),废弃了中祁连地层小区的多若诺尔群,并认为中祁连地区未沉积新元古界,该成果一直沿用至今^[3-4]。中祁连西段,前人经过多次调查研究,最终认为冰碛岩的调查实际资料欠缺,难以确定冰碛岩的存在与否。

在1999年12月初断代工作组会议期间,晚前寒武纪工作组的与会专家一致认为,有必要对震旦系重新定义,并决定将震旦系解体,原上统代表重新定义的震旦系,原下统独立新建一个系,系名为“南华系”^[5],源于中国著名地质学家刘鸿允教授对广泛发育于南方新元古代冰碛岩的研究、分析和命名—称为“南华大冰期”^[6]。包括研究区在内的祁连地层区,从肃南县—内蒙古阿拉善右旗等地,南华系有白杨沟群、韩母山群的烧火筒沟组。岩性多为碎屑岩或火山碎屑岩,多有浅变质现象。其中,

白杨沟组及烧火筒沟组有冰碛岩或杂砾岩,为上亚冰期产物,应属冰海—陆架相^[6]。

本次1:5万区域地质调查,在中祁连西段德勒诺尔一带新元古界中发现了一套具有典型冰坠石特征的沉积岩系,为中祁连西段新元古界冰碛岩研究提供了新的基础资料,对建立区域地层格架和研究区域构造演化具有重要意义。

1 区域地层格架

研究区大地构造位置属秦祁昆造山系—中—南祁连弧盆地—中祁连岩浆弧^[7],以中祁连北缘断裂为界,南侧中祁连岩浆弧构造带内广泛出露前寒武纪变质结晶基底及加里东期中酸性侵入岩(图1)。区内地层属于柴达木—祁连地层大区—中祁连地层分区^[8],由老至新依次出露蓟县系花儿地组,青白口系其它大坂组、五个山组、喀什哈尔组、窑洞沟组,南华系石板墩组,以及少量新生界。受大雪山复向斜及中祁连北缘断裂控制,区内构造线以NWW向为主,区内地层、岩体展布方向均为NWW向。

蓟县系花儿地组以碳酸盐大量堆积为主要特征,灰岩常具鲕粒、角砾构造,含泥质、硅质成分,局部夹有少量板岩、千枚岩。青白口系其它大坂组在区域内主要为灰绿色含砾砂岩、千枚岩等,分选性和成熟度较差;五个山组以中层灰岩为主,夹少量千枚岩;喀什哈尔组以灰色泥质板岩、钙质板岩、砂质板岩和长石石英砂岩为主,夹灰岩,在横向上变化较大;窑洞沟组岩石组合较单一而稳定,主要为灰岩夹板岩,含有层位稳定的石膏矿层。南华系石板墩组仅保留一部分,底部为一套中基性火山熔岩,顶部为含冰坠石的含砾泥岩或含漂砾板岩、千枚岩。

中—新元古界整体构成大雪山复式向斜,新元古界构成向斜核部呈带状展布。受强烈的构造挤压变形,各地层之间多为断层接触,局部发育韧性剪切带,地层内部发育叠加褶皱、面理置换等中—小型尺度的构造现象。

2 剖面结构和岩石学特征

本次在德勒诺尔一带对该套火山—冰川沉积岩系部署了实测剖面(图2)。地层整体向北陡倾,具低变质中等变形特征。各地质体出露良好,地层之间接触关系清晰,能较好地反映该套地层的上下叠

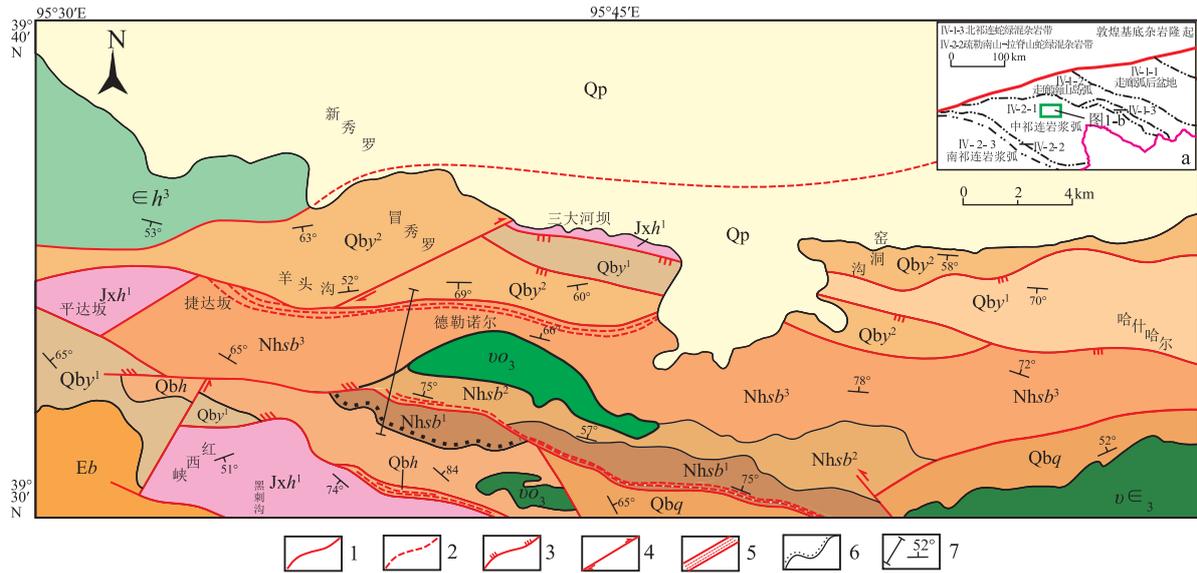


图 1 区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of the study area

Qp—第四系更新统;Eb—古近系白杨河组;εh³—寒武系黑茨沟组上段;Nhsb³—南华系石板墩组上段;Nhsb²—南华系石板墩组中段;Nhsb¹—南华系石板墩组下段;Qby²—青白口系窑洞沟组上段;Qby¹—青白口系窑洞沟组下段;Qbh—青白口系哈什哈尔组;Qbq—青白口系其它大坂组;jxh¹—蓟县系花儿地组下段;v₀₃—早奥陶世辉长岩;v_{ε3}—晚寒武世辉长岩;1—区域性断裂;2—推测区域性断裂;3—压性断层;4—平移断层;5—韧性剪切带;6—不整合接触界线;7—剖面位置、地层产状

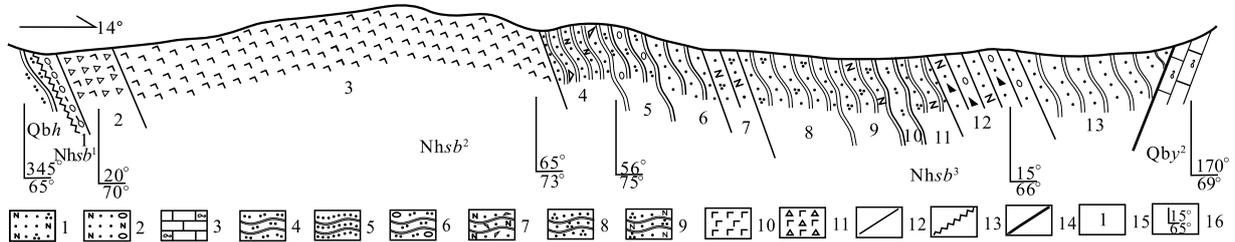


图 2 德勒诺尔石板墩组剖面图

Fig. 2 Section of the Shibandun Group in Delenuoer

Nhsb³—南华系石板墩组上段;Nhsb²—南华系石板墩组中段;Nhsb¹—南华系石板墩组下段;Qbh—青白口系哈什哈尔组;Qby²—青白口系窑洞沟组上段;1—长石石英砂岩;2—含砾长石砂岩;3—硅质条带状灰岩;4—粉砂质板岩;5—砂质板岩;6—含冰碛砾石粉砂质板岩;7—长石岩屑变砂岩;8—变石英砂岩;9—变长石石英砂岩;10—玄武岩;11—玄武质角砾岩;12—整合接触;13—角度不整合接触;14—断层接触;15—层号;16—产状

置关系和基本层序。

青白口系窑洞沟组上段(Qby ²)	未见底	10. 灰黑色粉砂质板岩	32.1 m
灰白色条带状灰岩		9. 灰色变长石石英砂岩	55.2 m
———断层———		8. 灰色变石英砂岩	121.0 m
南华系石板墩组上段(Nhsb ³)	厚 782.2 m	南华系石板墩组中段(Nhsb ²)	厚 1440.4 m
13. 青灰色砂质板岩	321.0 m	7. 灰褐色长石石英砂岩	68.7 m
12. 灰黑色含砾长石岩屑砂岩	186.2 m	6. 褐色砂质板岩	92.7 m
11. 黄褐色变长石石英砂岩	66.7 m	5. 褐红色含冰碛砾石粉砂质板岩	90.3 m
		4. 灰绿色长石岩屑变砂岩	84.2 m

南华系石板墩组下段(Nhsh ¹)	
————— 整合 —————	
3.灰绿色玄武岩	943.9 m
2.灰绿色玄武质角砾岩	159.6 m
1.浅灰色弱糜棱岩化钙质砾岩	4.8 m
~~~~~ 角度不整合 ~~~~~	
青白口系哈萨克斯坦组(Qbh)	未见底
青灰色粉砂质板岩	

从剖面上看,石板墩组具有明显的三分性,底部1层为弱糜棱岩化复成分砾岩,假整合于青白口系哈萨克斯坦组青灰色粉砂质板岩之上,二者之间未发现断层接触证据,砾石成分以硅质岩、灰岩为主,发生了弱形变。中部2~3层为一套基性火山岩,常见枕状构造(图版 I-a),与底部复成分砾岩直接接触,底部局部见玄武质火山角砾岩,二者之间为整合接触;玄武岩层厚度不稳定,在德勒诺尔一带最厚,厚度大于1000 m,向西至捷达坂以东变为与千枚岩互层;上部4~10层是一套冰碛岩,本次研究首次在德勒诺尔一带发现了冰坠石,肯定了该区有冰碛岩的存在,主要岩性为含漂砾、冰坠石泥钙质板岩、泥钙质千枚岩、粉砂质板岩、变长石石英砂岩(图版 I-b~f)。

### 3 沉积建造特征

#### 3.1 砾石的粒度、分选及形状

含砾泥钙质千枚岩中的砾石大小不一,5~300 mm不等,成分以硅质、钙质为主,一般硅质砾石变形相对较弱,发生了次生圆化(图版 I-c);钙质砾石剪切作用明显,一般压扁拉长呈眼球状、片状(图版 I-g,h)。未发生变形的硅质冰坠石,被泥钙质板岩包裹,大小10~50 mm,多呈三角状、棱角状(图版 I-d,e,f)。

含漂砾的粉砂质板岩,砾石成分为花岗质、硅质、钙质岩石,砾石大小1~20 cm,砾石沿板理面发生了变形作用改造,次圆化作用明显(图版 I-b)。

#### 3.2 砾石的堆积形式及基质的支撑类型

冰碛岩中的砾石分布无层次性,砾径较大(大于10 cm)的具有弱方向一致性,粒度小者(2~5 cm)方向性较差,可能受后期构造变形作用影响。大部分砾石呈“漂砾状”分布在基质内(图版 I-d,f),具有冰川消融重力卸载的特征^[9-12]。局部砾石大小混杂堆积(图版 I-c),局部零散分布(图版 I-e,f)。

冰碛砾岩以基质支撑为主,基质为土黄色泥质岩,少量为土黄色钙质泥岩,砾石成分复杂,砾石形态和砾石成分关系密切,能干性大者(硅质、花岗质)以三角状为主,能干性弱者(钙质岩石、粉砂质)受后期挤压呈薄片状。整体上由泥质、细粒级基质和碎块、崩离体杂基组成的冰碛砾岩,反映了冰川运移过程中对携带物质强大的研磨、挤压作用;并在冰川消融时基质和砾石同期快速向下卸载,形成砾石和泥级碎屑物质同时沉积的特征,此类冰碛砾岩,与青海大煤沟地区新发现的冰碛砾岩特征相似^[9]。此外,德勒诺尔一带含漂砾的粉砂质板岩,则反映冰川在运移过程中,对包含的砾石经过了一定的改造变形,消融过程中,砾石垂向卸载,直接沉积在早期未固结的粉砂级沉积岩石中,故而形成粉砂质岩石中的漂砾。

### 4 德勒诺尔冰川沉积环境

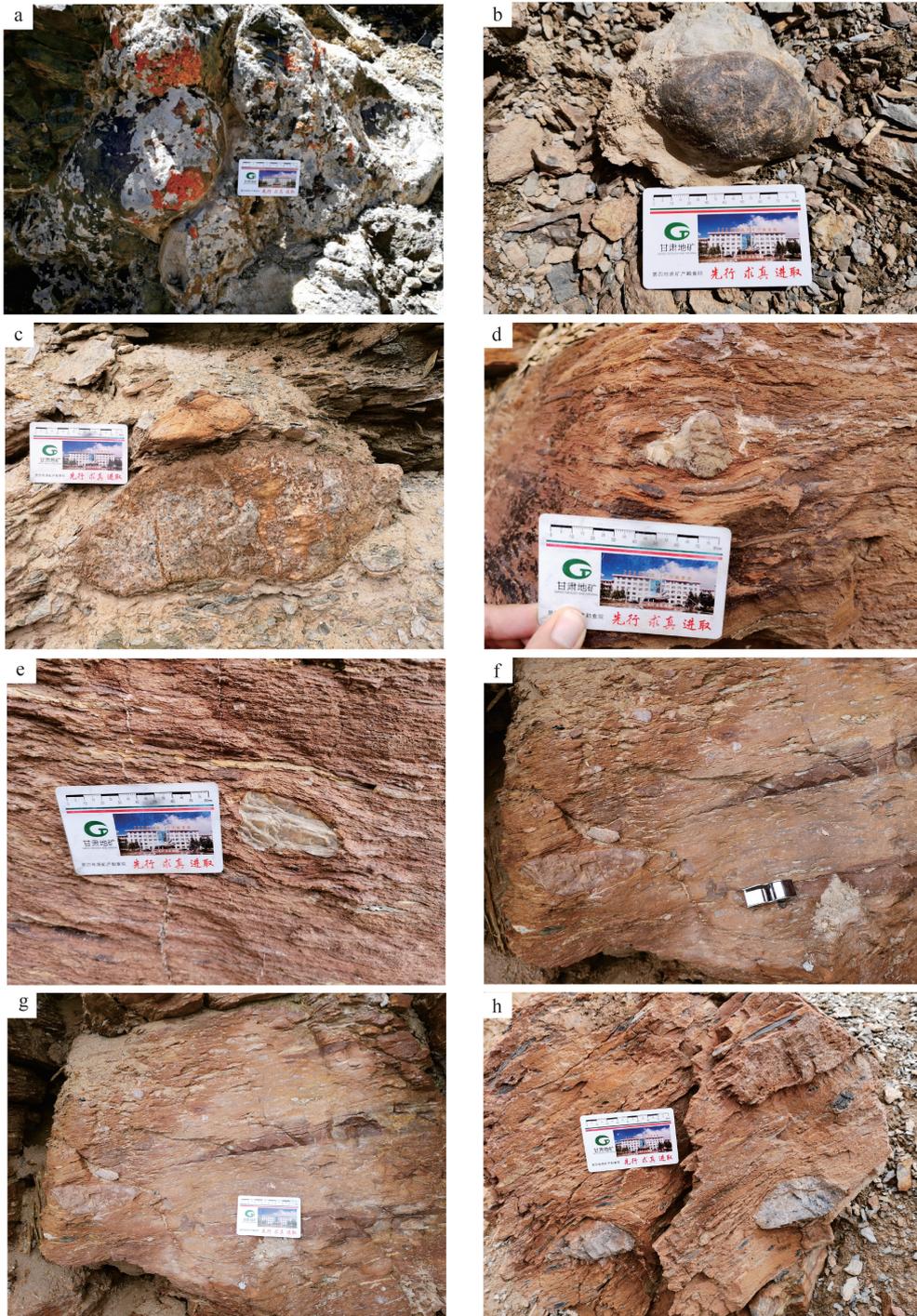
德勒诺尔冰碛岩产于火山岩及细碎屑岩之间,砾石中冰川擦痕少见,多沉积在泥级基质中。该套冰碛岩沉积厚度不大,其上覆或侧向上的变长石石英中常见浊流沉积序列,可见沉积环境整体具有深海沉积特征。“坠石”和“漂砾”是冰川漂移过程中消融,卸载了携带的碎屑物,形成了厚度不大、横向上延伸不长的冰下沉积。以上特征反映,冰川活动时间短,冰碛岩形成于离陆地较远的海洋冰筏消融。按 Reading 的冰川分类^[9,13],德勒诺尔的冰碛岩应属于海洋冰川。

### 5 德勒诺尔冰川沉积发现的地质意义

#### 5.1 冰碛岩的岩石地层归属及年代地层

德勒诺尔冰碛岩与基性海相火山岩共同产出,1:20万《别盖幅》区域地质调查报告中^①,将暗绿色枕状玄武岩(图版 I-a)和灰黄色片理化含细砾钙质砂岩共同划分为同一岩石地层单位,并根据在牛圈一带灰岩中采集到的 *Conophyton garganicus* Koroljuk 叠层石化石,将其划分为上震旦统;区域地质调查工作中未确定冰碛岩^①。1989年出版的《甘肃省区域地质志》中将该套地层划分为震旦系多若诺尔群石板墩组^[1]。1997出版的《甘肃岩石地层》中,废弃了中祁连地层小区的多若诺尔群,并认为中祁连地区未沉积新元古界^[3]。2008年全国资源潜力评价过程中,将该套地层划归为长城系熬油沟组,造成岩

图版 I Plate I



a.玄武岩中的枕状构造;b.粉砂质板岩中风化脱落的漂砾;c.泥钙质含砾千枚岩中大小不一的钙质砾石;d.泥钙质千枚岩中的角砾状硅质冰坠石;e、f.泥钙质千枚岩中的硅质冰坠石变形弱,钙质砾石发生了左行剪切;g、h.泥钙质千枚岩中砾石发生了左行剪切,砾石大小悬殊

石地层对比划分出现较大问题。

从青海天峻县花儿地—甘肃肃北县窑洞沟的中祁连西段地区,中元古界为一套在被动陆缘陆棚体系碎屑岩—碳酸盐岩浅海盆地中堆积的稳定型碎

屑岩—碳酸盐岩建造,鲜有火山岩发育。德勒诺尔一带新发现的冰碛岩,与基性海相火山岩共同产出,从底到顶,依次发育了灰绿色基性火山岩→含砾(冰坠石)泥钙质千枚岩→含漂砾粉砂质板岩→

碎屑岩,构成了一套火山-冰碛岩系组合,可与中祁连西段中元古界其他岩石地层单位区别,并不整合于青白口系喀什哈尔组海相细碎屑岩之上,二者之间发育了一套厚3~5 m的钙质砾岩,为不整合接触的标志。

本文将德勒诺尔一带新确定的冰碛岩及基性火山岩系,与邻区北祁连白杨沟组、新疆塔里木北缘库鲁克塔格地区的冰碛岩进行对比;新疆塔里木北缘库鲁克塔格地区是目前全球各大陆中确认有4套新元古代冰碛岩和多期火成岩事件的唯一剖面^[10, 14-16]。

库鲁克塔格地区划分了4套冰碛岩系,其中底部贝义西组不整合于青白口系北塞纳尔塔格组之上,主要为灰色-深灰色薄层状粉砂岩,夹深灰色薄层状细砂岩,灰色、灰绿色冰碛岩,底部为灰绿色火山岩。岩相上碎屑岩、火山岩和冰碛岩交替变化;冰碛砾岩呈块状、无层理、砾石大小不等^[11, 17]。二

者在岩性组合和产出状态上具有较大的相似性(图3)。库鲁克塔格地区可划分4套冰碛岩,其中南华系3套冰碛岩,分别为贝义西期、阿勒通沟期、特瑞爱肯期,震旦系1套冰碛岩,即汉格尔乔克期^[14, 17]。而全球范围新元古界内通过年代学研究自下而上也列出4次冰期(全球冰期事件),即Kaigas, Sturtian, Marinoan 和 Gaskiers 冰期^[18],基本上发育在750~635 Ma之间^[19],与中国新元古代南华纪大体对应^[20]。徐备等^[21-22]研究认为,库鲁克塔格地区第一期冰期贝义西组冰碛岩时代在768±10~740±7 Ma之间。

综上所述,德勒诺尔一带的冰碛-火山岩系,在空间上具有一定的延展性,岩石组合可与中祁连西段的中元古界区分,代表了新元古代该区一次冰川-火山事件,可独立建立岩石地层单位^[23-24];根据1989年出版的《甘肃省区域地质志》,恢复其石板墩组命名^[1]。分布在北祁连二道沟等地的新元古代白

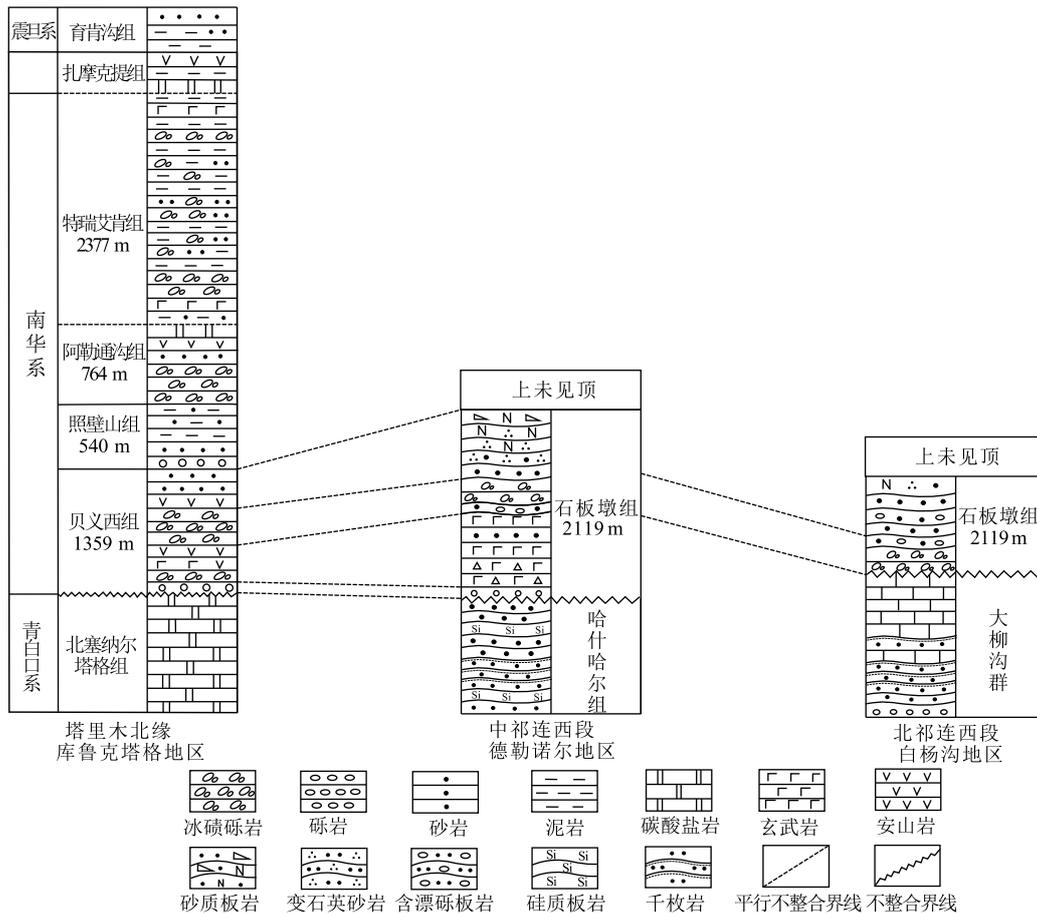


图3 德勒诺尔新元古代冰碛岩柱状对比图^[17]

Fig. 3 Regional stratigraphic correlation of Neoproterozoic tillite in Delenuer

杨沟组,中上部为正常碳酸盐、泥钙质、粉砂质沉积,下部夹有冰水沉积的含砾板岩,底部为冰水沉积和冰川堆积。研究区冰碛岩和邻区北祁连南华系白杨沟组、柴北缘大煤沟新元古界全吉群^[9]、库鲁克塔格地区贝义西组的冰碛岩,均不整合于中元古界之上,在岩石特征和岩石组合上具有较好的相似性,形成于新元古代是无疑的。大多数学者将贝义西组和柴北缘大煤沟冰碛岩归属为 Kaigas 期^[9,14-17],故可暂将德勒诺尔的冰碛-火山岩系划分为南华系石板墩组。

## 5.2 冰碛-火山岩系发现的构造意义

葛肖虹等已证明,塔里木北缘库鲁克塔格地区、阿拉善地块西南缘、北山地区发育了相当扬子板块新元古代的冰碛岩^[25-28]。北祁连地区白杨沟和中祁连西段德勒诺尔、南祁连大哇图及柴北缘也发育有同期相当层位的冰碛岩^[1,9],说明塔里木、柴达木、阿拉善地块、祁连山在新元古代属统一的克拉通^[24,27]。

夏林圻研究认为,祁连陆块中的新元古代中—晚期(848~604 Ma)裂谷火山岩,主要分布于祁连陆块的北部,包括有分布于祁连陆块西北部的朱龙关群和南华系石板墩组(原多若诺尔群)火山岩系(738~604 Ma)、分布于祁连陆块东部的兴隆山群火山岩(824~713 Ma)和少量分布于祁连陆块南部的全吉群火山岩(800 Ma)。火山岩年代学的研究认为,超大陆裂谷化主要集中于新元古代中—晚期^[29]。新元古代南华纪的裂谷事件(725~820 Ma)^[30],火山—碎屑岩及冰碛岩不整合覆盖,标志着 Rodinia 超大陆的裂解^[31-32]。

中祁连德勒诺尔南华纪冰碛岩及火山岩系,不整合于中元古界之上,说明中祁连山微地块同塔里木古陆等是 Rodinia 超大陆的组成部分^[25-32],超大陆裂谷化与全球“雪球事件”时间吻合,始于南华纪。

## 6 结 论

(1)中祁连西段德勒诺尔一带新发现了一套厚度不大的冰碛岩系,空间上与中基性火山—碎屑岩共同产出。冰碛岩岩性为含砾泥钙质千枚岩和含漂砾的粉砂质板岩。大部分砾石呈“漂砾状”分布在基质内,以三角状、棱角状为主,砾石分选性、成层性较差,以基质支撑为主,具有冰川消融重力卸

载的特征,反映了海洋冰川的特征。

(2)德勒诺尔一带的冰碛-火山岩系不整合于中元古界之上,岩石组合可与中祁连西段的中元古界区分;可与邻区北祁连白杨沟组、库鲁克塔格地区贝义西组对比,可能同属 Kaigas 冰期的产物。德勒诺尔一带的冰碛岩-火山岩系,在空间上具有一定的延展性,代表了该区一次冰川-火山事件,结合前人研究成果,可恢复其石板墩组命名,并归属为南华系。

(3)扬子、塔里木、柴达木板块、祁连山微陆块同属 Rodinia 超大陆;新元古代的裂谷化与全球“雪球事件”时间吻合;中祁连西段德勒诺尔一带南华纪冰碛-火山岩系的发现和厘定,为祁连山微陆块于南华纪从 Rodinia 超大陆裂解而来提供了地质依据。

**致谢:**感谢审稿专家提出了较多宝贵的意见,感谢西安地质调查中心李向民、宋忠宝研究员、余吉远博士、王国强博士在野外和研究工作中的悉心指导。

## 参 考 文 献

- [1] 甘肃省地质矿产局.甘肃省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989,第19号:57-69.
- [2] 中国地层典编委会.中国地层典——新元古界[M].北京:地质出版社,1996:39-40.
- [3] 甘肃省地质矿产局.甘肃省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997:53-63.
- [4] 张新虎,等.甘肃省区域成矿及找矿[M].北京:地质出版社,2013:41-62.
- [5] 汪啸风,陈孝红.中国各地质时代地层划分与对比[M].北京:地质出版社,2005:3-10.
- [6] 刘鸿允.中国晚前寒武纪构造、古地理与沉积演化[J].地质科学,1991,(4):309-316.
- [7] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等.中国大地构造单元划分[J].中国地质,2009,36(1):1-5.
- [8] 张新虎,刘建宏,梁明宏,等.甘肃区域成矿及找矿[M].北京:地质出版社,2013.
- [9] 陈世悦,孙娇鹏,刘文平,等.青海大煤沟新元古代冰碛岩的发现及地质意义[J].地层学杂志,2015,39(1):81-88.
- [10] 张艳,王璞珺,刘万洙,等.库鲁克塔格地区震旦系冰碛岩沉积环境及意义[J].新疆地质,2006,24(4):365-368.
- [11] 余吉远,李向民,梁积伟,等.甘新蒙北山地区古生代构造演化研究——北山古生代洋盆开启、闭合时限最新进展[J].新疆地质,2012,30(2):205-209.
- [12] 赵明胜,田景春,苏炳睿,等.塔东北库鲁克塔格地区震旦—奥陶纪地质事件及生储盖组合[J].中国地质,2018,45(3):591-603.
- [13] Reading H C(著),周明鉴等(译).沉积环境和相[M].北京:科学

- 出版社,1986.
- [14] 高林志,郭宪璞,丁孝忠,等.中国塔里木板块南华纪成冰事件及其地层对比[J].地球学报,2013,34(1): 41-59.
- [15] 丁海峰,马东升,姚春彦,等.新疆果子沟埃迪科拉纪冰碛岩沉积环境[J].科学通报,2009,54(23): 142-153.
- [16] 宗文明,高林志,丁孝忠,等.塔里木盆地西南缘南华纪冰碛岩特征与地层对比[J].中国地质,2010,37(4): 1183-1190.
- [17] 何景文.塔里木库鲁克塔格地区新元古代冰期和前寒武纪地壳演化的初步探讨[D].南京大学硕士学位论文,2012.
- [18] Hoffman P F, Li Z X. A palaeogeographic context for Neoproterozoic glaciation [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2009,277: 158-172.
- [19] 贺承广,王世炎,方怀宾,等.西昆仑塔什库干马尔洋岩组的厘定及控矿意义[J].中国地质,2019,46(3): 517-536.
- [20] 尹崇玉,柳永清,高林志,等.震旦(埃迪卡拉)纪早期磷酸盐化生动物群-瓮安生物群特征及其环境演化[M].北京:地质出版社,2007.
- [21] Xu B, Jian P, Zheng H F, et al. U-Pb zircon geochronology and geochemistry of Neoproterozoic volcanic rocks in the Tarim Block of northwest China: implications for the breakup of Rodinia supercontinent and Neoproterozoic glaciations [J]. Precambrian Research, 2005, 136(2): 107-123.
- [22] Xu B, Xiao S, Zou H, et al. SHRIMP zircon U-Pb age constraints on Neoproterozoic Qurruqtagh diamictites in NW China[J]. Precambrian Research, 2009, 168(3/4): 247-258.
- [23] 全国地层委员会.中国地层指南及中国地层指南说明书[M].北京:地质出版社,2014.
- [24] 孙新春,李小强,梁明宏,等.祁连山西段当金山一带原巴龙贡噶儿组的重新厘定及其构造意义[J].地质通报,2019,38(7): 1116-1126.
- [25] 葛肖虹,刘俊来.被肢解的"西域克拉通"[J].岩石学报,2004, 16(1): 59-66.
- [26] 高振家,陈晋镛,陆松年.新疆北部前寒武系[M].北京:地质出版社,1993.
- [27] 左国朝,李茂松,等.甘肃北山地区早古生代岩石圈形成与演化[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1996: 5-16.
- [28] 李五福,李善平,张新远,等.祁连山哈拉湖地区奥陶纪岛弧火山岩及其构造意义[J].地质通报,2019,38(8): 1287-1296.
- [29] 夏林圻,李向民,余吉远,等.祁连山新元古代中-晚期至早古生代火山作用与构造演化[J].中国地质,2016,43(4): 1087-1138.
- [30] 王剑,潘桂棠.中国南方古大陆研究进展与问题评述[J].沉积学报,2009,27(5): 818-825.
- [31] 潘桂棠,陆松年,肖庆辉,等.中国大地构造阶段划分和演化[J].地学前缘,2016,23(6): 1-23.
- [32] 庄玉军,辜平阳,李培庆,等.柴北缘构造带欧龙布鲁克地块西北缘辉长岩脉地球化学、年代学及 Hf 同位素特征[J].地质通报, 2019,38(11): 1801-1812.
- ①甘肃省地质局第二区域地质测量队.1:20万别盖幅区域地质调查报告.1975.
- ②甘肃省地质局第二区域地质测量队.1:20万祁连山幅区域地质调查报告.1974.