

doi: 10.12029/gc20210319

刘建清, 何利, 贺飞, 何佳伟, 何平. 2021. 云南省大关地区泥盆系地层序列特征及其工业砂资源潜力分析[J]. 中国地质, 48(3): 925–938.  
Liu Jianqing, He Li, He Fei, He Jiawei, He Ping. 2021. Devonian stratigraphic sequence in the Dagan area of Yunnan Province and its resource potentials of industrial quartz sand[J]. Geology in China, 48(3): 925–938(in Chinese with English abstract).

## 云南省大关地区泥盆系地层序列特征 及其工业砂资源潜力分析

刘建清<sup>1</sup>, 何利<sup>1</sup>, 贺飞<sup>2</sup>, 何佳伟<sup>1,3</sup>, 何平<sup>1,3</sup>

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 四川省地质矿产勘查开发局二〇七地质队, 四川 乐山 61400; 3. 成都理工大学, 四川 成都 610000)

**摘要:** 云南省大关县泥盆系蕴藏着丰富的石英砂资源, 地层序列的研究不仅有助于深入分析石英砂形成的古地理环境及其变化特征, 而且结合构造背景的研究, 可研究石英砂形成分布规律, 为硅产业的开发提供理论依据。为此, 本文以野外地层剖面测量及页岩气调查井岩心编录为基础, 结合古构造背景, 研究了在直线距离 50 km 的滇东北大关县、盐津县泥盆系剖面特征, 认为该区泥盆系具以下特点: (1) 研究区位于晚古生代滇黔桂裂谷北部边缘地带, 受边缘相带控制, 沉积了坡松冲组、缩头山组两套高成熟度石英砂岩, 是滇东北硅产业园的资源基础; (2) 大关、盐津地区泥盆系总体上由下向上发育了坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组, 但受裂谷盆地隆、凹相间格局及同生断裂控制, 七个组发育不全, 不同的地点, 沉积序列常不一致, 变化极其频繁; (3) 泥盆系总体经历了两次海退→海进沉积过程, 反映由陆架建设到碳酸盐台地的形成过程, 同时, 受裂谷盆地的影响, 各组与建组剖面只是相似, 具一定的变化特征; (4) 总体上, 缩头山组资源潜力优于坡松冲组。坡松冲组以盐津中和镇最具开发前景, 缩头山组以大关县木杆镇及大关县黄荆坝最具前景。这些对泥盆系石英砂的开发具指导意义。

**关键词:** 泥盆系; 石英砂; 地层序列; 地质调查工程; 大关—盐津; 云南省

中图分类号: P618.43; P597.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2021)03-0925-14

## Devonian stratigraphic sequence in the Dagan area of Yunnan Province and its resource potentials of industrial quartz sand

LIU Jianqing<sup>1</sup>, HE Li<sup>1</sup>, HE Fei<sup>2</sup>, HE Jiawei<sup>1,3</sup>, HE Ping<sup>1,3</sup>

(1. Chengdu center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. 207 Geological Party of Sichuan Mineral and Resources Bureau, Leshan, 614000, Sichuan, China; 3. Chengdu University of Technology, Chengdu, 610000, Sichuan, China)

**Abstract:** The Devonian System in Dagan County of Yunnan Province is rich in quartz sand resources. The study of stratigraphic sequence in this area can not only contribute to the in-depth analysis of the paleogeographic environment and its variation characteristics of quartz sand formation, but also can reveal the formation and distribution rules of quartz sand with the help of

收稿日期: 2018-11-20; 改回日期: 2019-10-15

基金项目: 中国地质调查局基础地质调查项目(DD20160019-19, DD20190080)联合资助。

作者简介: 刘建清, 男, 1969年生, 硕士, 教授级高级工程师, 主要从事岩石学专业研究; E-mail: liujq1@tom.com。

tectonic background, and finally provide theoretical basis for the development of silicon industry. Therefore, based on the field stratigraphic profiling and core logging of shale gas wells, and combined with the paleotectonic background, this paper studied the Devonian profile characteristics in Dagan and Yanjin counties in northeast Yunnan Province with a straight-line distance of less than 50 kilometers. This area is located in the northern margin of Dianqiangui rift in Late Paleozoic, where controlled by the edge facies zone, two sets of high maturity quartz sandstone were deposited in Posongchong Formation and Suotoushan Formation. In general, seven Devonian formations were deposited, including Posongchong, Pojiao, Qingmen, Suotoushan, Hongyapo, Qujing, Zaijieshan from bottom to top in order, but these seven formations are often incomplete and vary very frequently at different locations. Controlled by the pattern of uplift and depression in the rift basin and syngenetic fractures, the sedimentary sequence is often inconsistent in different locations. The Devonian strata witnessed two regressive and transgressive depositional processes, reflecting the formation process from continental shelf construction to carbonate platform, and the strata of each formation are similar to those of stratotype section with certain variety characteristics. On the whole, the resource potential of Suotoushan Formation is better than that of Posongchong Formation. Zhonghe Town of Yanjin County is the most promising development prospect of industrial quartz sand for the Posongchong Formation, and Mugan Town and Huangjingba Town of Dagan County are the most promising prospects for the Suotoushan Formation, which are of guiding significance to the exploration of Devonian quartz sand.

**Key words:** Devonian; quartz sand; stratigraphic sequence; geological survey engineering; Dagan-Yanjin; Yunnan Province

**About the first author:** LIU Jianqing, male, born in 1969, master, senior engineer, engaged in petrology research; E-mail: liujq1@tom.com.

**Fund support:** Funded by China Geological Survey Program (No. DD20160019-19, DD20190080).

## 1 引 言

云南省大关县、盐津县位于滇东北昭通地区,泥盆系石英砂是当地硅产业园的支撑性矿产资源,因而,研究泥盆系沉积序列及分布具有重要的现实意义。该区在1:20万区域地质调查资料中分属雷波幅及筠连幅。1:20万雷波幅<sup>①</sup>将其归入中泥盆统,未建组;1:20万筠连幅<sup>②</sup>将其归入中下泥盆统,亦未建组。这些工作显然较为粗略,难以满足该区石英砂矿勘探的需要。就公开发表的文献,该区泥盆系的研究,《云南省岩石地层》(张远志等,1996)对滇东北地区泥盆系各组有概略性的岩石组合的描述;郑荣才和张锦泉(1989)对滇东泥盆纪构造格局和岩相古地理演化作了整体性的阐述;2014年以来,相关研究者对大关天星、彝良泥盆系石英砂的地质特征开展了调查研究,应用粒度分析、重矿物分析、地球化学分析及可选性等开展了较为系统的工作(王中荣,2014;邱子娟等,2016;周邦国等,2018;王子正等,2019;李美烽,2019;祝乐江,2020)。这些工作主要集中在大关天星以南地区,对天星以北的地区未曾涉足,且主要涉及中泥盆统缩头山组的沉积相特征分析,认为大关地区的缩头山组主要为滨岸相的沉积,但对泥盆系充填序列、差异及其与盆地演化的关系缺乏深入的研究,未能

全面反映石英砂的技术现状及发展前景(汪灵等,2014;贾德龙等,2019)。自2016年以来,天星以南地区同步开展了4个标准图幅的1:5万区域地质调查工作<sup>③</sup>。在云南省岩石地层清理(张远志等,1996)的基础上,本次1:5万区域地质调查将滇东北地区建组剖面引入该区<sup>④</sup>,系统清理了该区泥盆系,将其划分为坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组。剖面测量及该区页岩气调查井岩心编录表明,该区泥盆系在小范围内的不同的地点,沉积序列均不完全一致,七个组沉积常不完整,呈一指状特征。这一特征,与该区晚古生代处于黔南裂谷边缘相带有着密切的关系<sup>⑤</sup>,受裂谷盆地隆、凹相间的格局及同生断裂的控制。本文旨在通过展示这一地区泥盆系相关剖面资料,以反映沉积序列演化特征及变化,探讨其形成的大地构造背景及其对古地理格局的控制,分析对于石英砂开发的意义,以形成区别于传统沉积矿床研究的相关研究成果。

## 2 滇东北泥盆系地层主要特征

根据云南省岩石地层资料(张远志等,1996;周邦国等,2018;王子正等,2019),大关、盐津地区位于属扬子地层区—上扬子地层分区—昭通地层小区(图1),且位于昭通小区最北部,图1中VI<sub>4</sub><sup>3-1</sup>即为

昭通地层小区。泥盆系主要分布于大关、盐津及其以南区域,在南部黔南一带,甚至出现台、盆相间的格局,出现了大套碳酸盐<sup>①</sup>。滇东北地区,泥盆系层型剖面主要位于研究区南部的昭通、曲靖一带。云南省岩石地层总结了昭通地层小区泥盆系的岩石组成和变化特征。为便于和研究区泥盆系特征进行对比,现简要说明如下。

坡松冲组:以灰白、灰黄色(含硅泥钙质)石英砂岩为主,因地而异夹石英粉砂岩、页岩,中下部夹1~3层结核状、豆状赤铁矿透镜体或富铁质砂岩。

坡脚组:灰色含灰云岩夹钙硅质粉砂岩,上部夹灰黑色钙质页岩-泥质灰岩。横向可变化为以灰

黄、黄棕色石英砂岩、泥质砂岩为主夹泥-页岩。

箐门组:灰绿、黄绿、黄灰、灰黄色泥-页岩为主,及砂质泥-页岩、粉砂岩夹泥质条带灰岩、灰岩、云灰岩、白云岩,局部互层。底部为含铁灰岩或含铁白云岩抑或菱铁矿扁豆体。

缩头山组:以灰白、灰黄色石英砂岩为主,偶夹粉砂岩、泥-页岩。局部地区(如昭通箐门等)中下部或底部夹鲕状赤铁矿层或含铁砂岩层。

红崖坡组:一套杂色岩层。由紫红、黄绿、灰绿等杂色粉砂岩、泥-页岩,以及(含)镁质碳酸盐岩组成。

曲靖组:为滨-浅海相碳酸盐及泥质、细碎屑沉积岩组合,且在横向上岩性及厚度变化均大。在

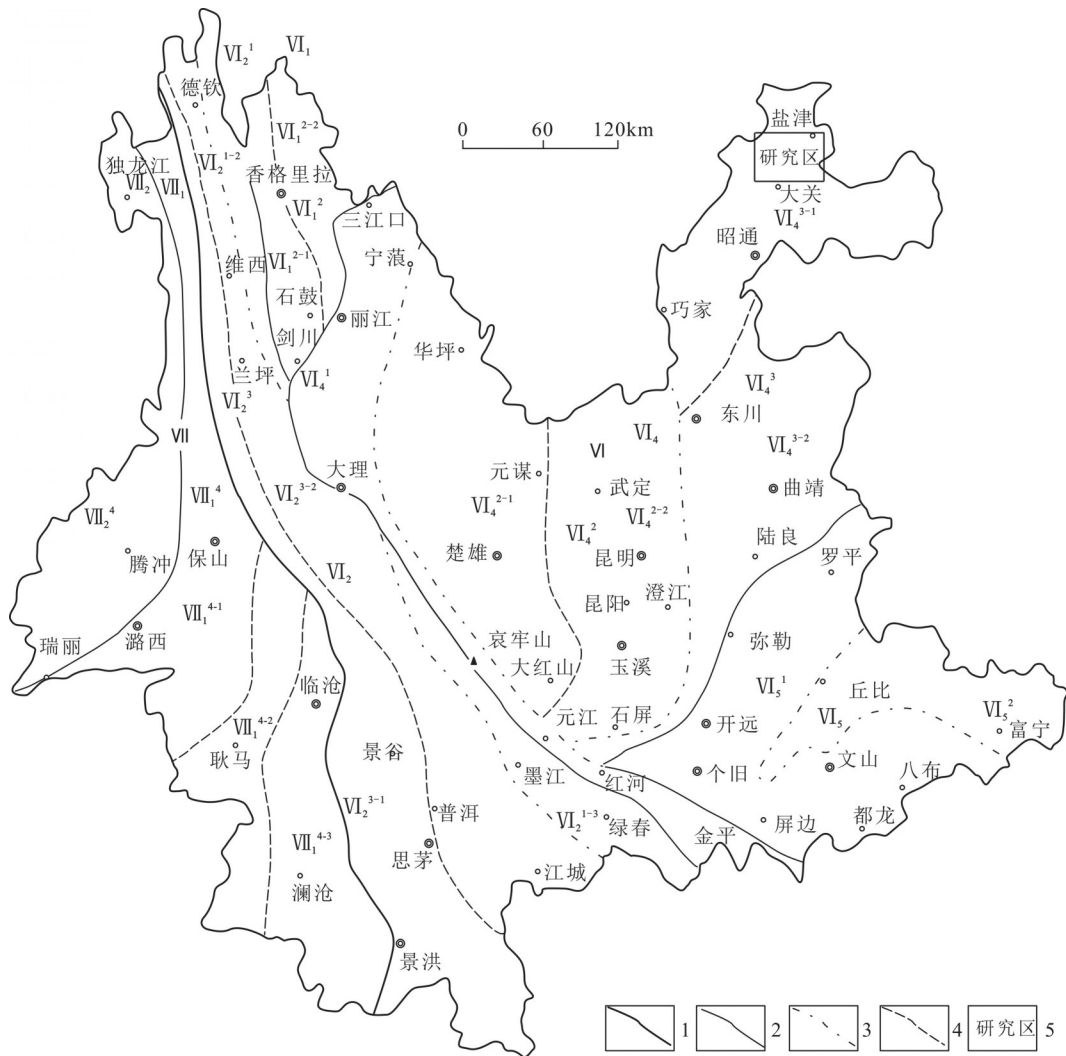


图1 云南省岩石地层区划及研究区位置图(据张远志修改,1996)

1—地层大区界线; 2—地层区界线; 3—地层分区界线; 4—地层小区界线; 5—研究区

Fig.1 Petrostratigraphic division of Yunnan Province and location of the study area(after Zhang Yuanzhi, 1996)

1—Stratigraphic regional boundaries; 2—Stratigraphic boundary; 3—Stratigraphic divisions; 4—Stratigraphic areas; 5—Study area

箐门剖面,上部灰白、灰绿色细砂岩,灰色钙质页岩夹黄绿色细砂岩和少量紫红色页岩;中部深灰色生物灰岩;下部泥质灰岩、泥灰岩,钙质泥-页岩夹灰岩,云灰岩。

在结山组:以灰色为基调的白云岩为主,近底部夹少量灰岩、粉砂岩及页岩。

以上概括总结了昭通地层小区泥盆系各组的岩石组合特征,但对纵向发育程度及其变化特征,特别是大关、盐津泥盆纪边缘相带的发育特征并未涉及,对其沉积序列及其变化的厘定是本次工作的一个重要进展。

### 3 大关、盐津地区泥盆系地层特征

大关、盐津地区泥盆系地层在平面上呈透镜状分布特点,局部地区沉积缺失而呈尖灭状。在直线距离 50 km 范围内,实测了 4 条剖面,修测了 1 条剖面,编录了 1 口页岩气调查井岩心(图 2)。剖面测量及钻井岩心编录表明,不同的剖面、钻井沉积序列差异较大。具体而言:盐津县豆沙关镇龙孔坝剖面,仅发育坡松冲组、坡脚组两个组;盐津县中和镇花生河坝河坝头剖面,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组;大关县木杆镇漂坝村新地 2 井,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组四个组;大关县木杆镇向阳村剖面<sup>①</sup>,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组五个组;1:20 万区域地质调查大关黄荆坝剖面,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组;大关县黄荆坝镇大树子剖面,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组三个组。同时,各组特征与层型剖面只是相似,但有较大的差异。

#### 3.1 盐津县豆沙关镇龙孔坝剖面

该剖面起点坐标(28°00'20.2"N, 104°13'58"E), 终点坐标(28°00'23.9"N, 104°14'02"E), 泥盆系仅发育坡松冲组、坡脚组两个,上部梁山组褐铁矿层清晰。各小层特征如下:

梁山组	> 0.92 m
8. 为灰色粉砂岩夹页岩,底部为 6 cm 厚褐铁矿层,为古风化壳。与下伏地层泥盆系为平行不整合关系	0.92 m
-----平行不整合-----	
坡脚组	14.89 m
7. 土黄色中层状含铁泥质细晶白云岩,岩层单层厚度 25 ~ 40 cm,层理面平直、清晰,延伸稳定	1.38 m

6. 深灰色—灰紫色厚层状含铁泥质粉晶白云岩,岩层单层厚度>2 m,层理面不清楚,仅远观隐约可见。底部为深灰色,往上逐渐变浅红,而呈灰紫色	13.51 m
---	---------

-----整合-----

坡松冲组	21.76 m
5. 黄灰色—深灰色薄—中层状含泥质粉砂质细粒石英砂岩与土黄色—灰黑色泥(页)岩互层,二者比例约 1:1。泥(页)岩中可见炭屑	3.70 m
4. 黄灰色厚层状细砂质石英粉砂岩夹少许灰黑色粉砂质页岩,二者比例约 50:1	6.18 m
3. 厚层—块状细粒石英砂岩与灰色粉砂质页岩互层,二者比例约 1:1	2.51 m
2. 灰色粉砂质页岩与黄灰色含孔洞泥质含细砂质粉砂岩互层,互层厚度约 1 m	4.25 m
1. 灰—灰白色厚层状细粒石英砂岩、含泥质细粒石英砂岩,岩层单层厚度约 50 cm	5.12 m

-----平行不整合-----

菜地湾组	> 11.09 m
0. 紫红色—黄绿色相间的斑杂状泥(页)岩,以紫红色为主	11.09 m

该剖面坡松冲组,厚 21.76 m,灰—深灰色—灰白色、黄灰色、灰黑色薄—厚层状细粒石英砂岩夹粉砂质泥(页)岩、粉砂岩或互层。局部可见灰黑色粉砂质泥(页)岩中含炭屑。与建组剖面相比,含较多的泥(页)岩、粉砂岩,且石英砂岩粒度较细。

坡脚组厚 14.89 m,下部为深灰色—灰紫色厚层状粉晶白云岩,上部为土黄色中层状含铁泥质细晶白云。与区域相比,不含页岩。顶部可见下二叠统梁山组褐铁矿层,以此限定存在很多泥盆纪地层的缺失。

#### 3.2 盐津县中和镇花生河坝河坝头剖面

该剖面起点坐标(28°07'38.2"N, 104°02'11"E), 终点坐标(28°07'48.1"N, 104°01'56"E))。泥盆系地层发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组。各小层特征摘要入下。

梁山组	0.70 m
32. 灰黑色泥质粉砂岩,具油浸特征,新鲜面具油气味。与下伏泥盆系呈一突变岩性界面,为平行不整合接触	0.70 m
-----平行不整合-----	
在结山组	31.20 m
31. 浅黄灰色—土黄色中—厚层状细晶白云岩、含铁泥	

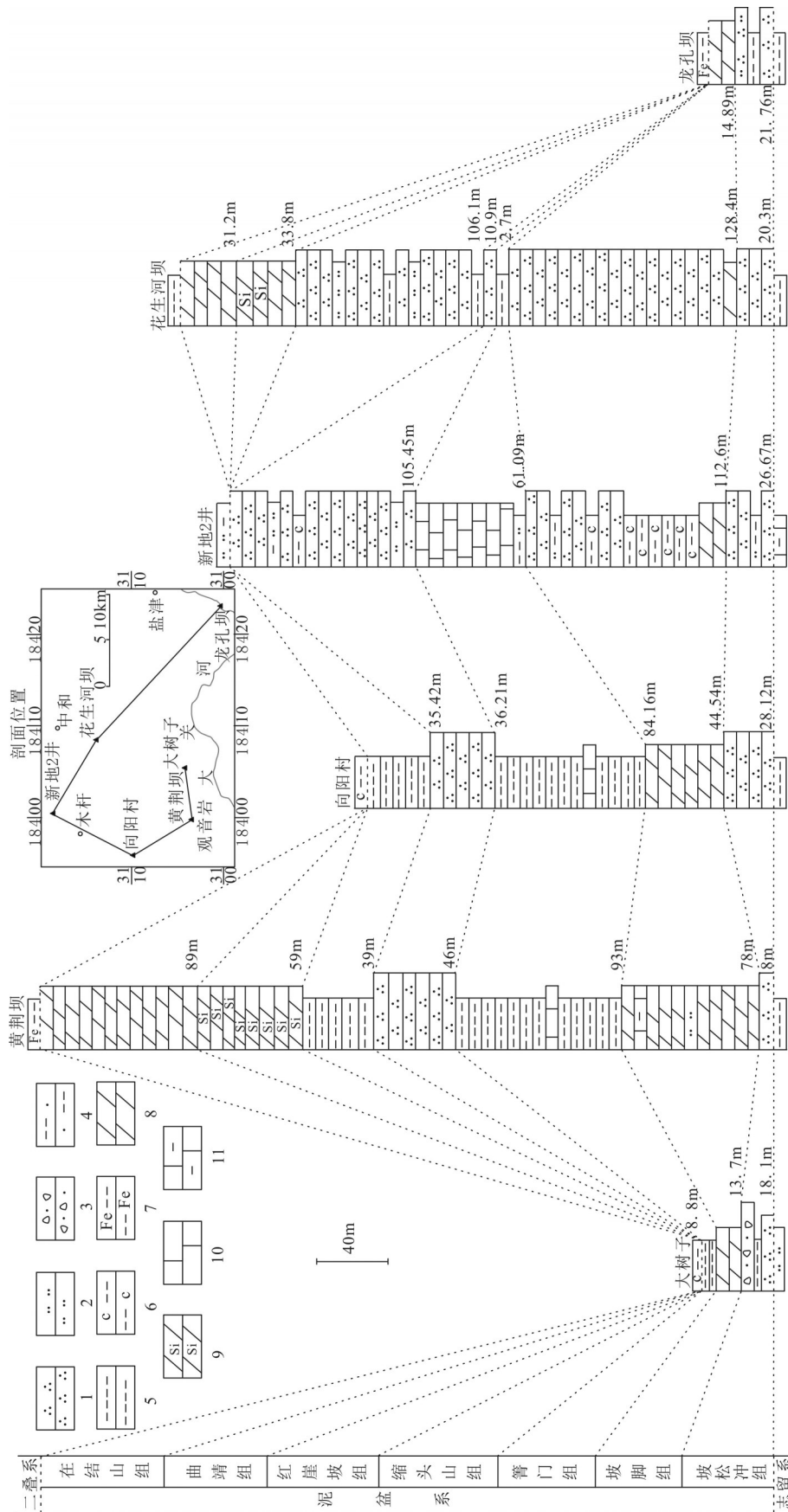


图2 大关—盐津地区泥盆系柱状对比图

Fig.2 Stratigraphic columnar of Devonian in Dagan-Yanjin area

1—石英砂岩; 2—粉砂岩; 3—粉砂岩; 4—粉砂质砾岩; 5—泥页岩; 6—炭质页岩; 7—铁质页岩; 8—白云岩; 9—硅质白云岩; 10—灰岩; 11—泥质灰岩

1—Quartz sandstone; 2—Siltstone; 3—Sandy conglomerate; 4—Silty mudstone; 5—The iron shale; 6—Carbonaceous shale; 7—The iron shale; 8—Dolomite; 9—Siliceous dolomite; 10—Limestone; 11—

Argillaceous limestone

930	中 国	地 质	2021 年
质灰质粉晶白云岩	17.30 m	9. 灰黑色粉砂质页岩, 页理断续发育, 页理厚度约 1 cm。页岩具明显粉砂感	2.70 m
30. 灰色中—厚层状细—粗晶白云岩	9.60 m	———整合———	
29. 灰色(风化色黄灰色)厚层状含铁泥质细晶白云岩, 顶为 1m 厚灰黑色微含铁泥质弱硅化细晶白云岩	4.30 m	坡脚组	128.40 m
———整合———		8. 灰白色中层状细中粒石英砂岩	12.00 m
曲靖组	33.8 m	7. 灰白色细中粒石英砂岩夹灰黑色细粒石英砂岩及土黄色泥质粉砂岩, 三者比例约 6:1:1。灰黑色细粒石英砂岩中偶含炭屑	7.50 m
28. 灰色中层状微含硅质细晶白云岩	2.90 m	6. 灰白色细中粒石英砂岩夹灰黑色含炭泥质中细粒石英砂岩, 二者比例约 5:1。灰黑色含炭泥质中细粒石英砂岩中偶含炭屑或植物碎片	13.00 m
27. 黄灰色中层状微含硅质细晶白云岩	6.30 m	5. 黄灰色—灰色中—厚层状含泥质细粒石英砂岩夹土黄色—黄绿色泥质含细砂石英粉砂岩, 二者比例约 5:1	30.70 m
26. 浅灰色中—厚层状细晶白云岩	6.20 m	4. 黄灰色中—厚层状含泥质细—粉石英砂岩	59.70 m
25. 灰色中—厚层状细晶白云岩	18.40 m	3. 灰白色中—厚层状细中粒石英砂岩夹灰—深灰色含炭泥质中细粒石英砂岩, 二者比例约 5:1, 并由此构成多个基本层序	13.70 m
———整合———		2. 灰色中—厚层状细晶白云岩	9.3 m
红崖坡组	106.10 m	———整合———	
24. 灰白色厚层状含钙质中细粒石英砂岩	2.60 m	坡松冲组	20.30 m
23. 灰白色细粒石英砂岩、灰黑色细砂粉砂质泥岩组成一个由粗变细的基本层序	9.00 m	1. 浅黄褐色厚层状含水云母细中粒石英砂岩	20.30 m
22. 黄灰色—灰色薄—中层状含泥质细粒石英砂岩夹黄绿色泥岩, 二者比例约 20:1	22.20 m	-----平行不整合-----	
21. 灰色中—厚层状泥质含细砂粉砂岩, 偶夹黄绿色泥岩, 二者比例约 50:1	11.20 m	大路寨组	> 8.20 m
20. 黄灰色中层状含铁钙质含泥质细粒石英砂岩与黄灰—黄绿色页岩互层, 二者比例约 1:1	8.60 m	0. 黄绿色页岩, 与上覆泥盆系地层为平行不整合接触关系	8.20 m
19. 灰黑色粉砂质页岩夹灰白色薄层状含泥质中细粒石英砂岩, 二者比例约 6:1	4.30 m		
18. 灰白色中层状中细粒石英砂岩	13.50 m		
17. 紫红色中层状细粒石英砂岩, 局部呈灰白色而呈斑杂状特征	5.80 m		
16. 灰白色中—厚层状细粒石英砂岩	0.70 m		
15. 下部为灰—灰黄色泥质含细砂粉砂岩, 上部为灰色含泥质含细砂粉砂岩, 二者比例约 1:1	3.30 m		
14. 灰黑色粉砂质页岩夹灰色薄层状含泥质细粒石英砂岩, 二者比例约 20:1	14.90 m		
13. 灰白色中—厚层状细中粒石英砂岩, 单层厚度 20~50 cm, 顶部为 30 cm 紫红色含铁泥质细—粉砂岩	5.30 m		
12. 黄绿色—黄灰色中—厚层状含孔洞粉砂质泥岩。夹一层厚约 10 cm 铁质粉砂岩, 其中含紫红色铁质斑块, 大小约 2 cm×5 cm, 呈不规则状, 含量约 10%	4.70 m		
———整合———			
缩头山组	10.90 m		
11. 黄灰色中—厚层状泥质含细砂石英粉砂岩偶夹灰色细粒石英砂岩, 二者比例约 20:1	8.80 m		
10. 灰白色中—厚层含泥质细粒石英砂岩, 发育平行层理	2.10 m		
———整合———			
箐门组	2.70 m		

该剖面坡松冲组, 厚 20.30 m, 为浅黄褐色厚层状含水云母细中粒石英砂岩(图 3), 与建组剖面特征较为接近。

坡脚组厚 128.40 m, 底部为灰色中—厚层状细晶白云岩; 上部为灰白色、灰—深灰色、黄灰色、灰黑色中—厚层状细中粒石英砂岩, 偶夹土黄色—黄绿色泥质粉砂岩、泥质含细砂石英粉砂岩。灰黑色细粒石英砂岩中偶含炭屑及植物碎片。与建组剖面相比, 出现了较多的石英砂岩, 厚度也明显增大。

箐门组厚 2.7 m, 灰黑色粉砂质页岩。与建组剖面相比, 不含碳酸盐, 厚度明显变薄。

缩头山组厚 10.9 m, 下部为灰白色中—厚层状含泥质细粒石英砂岩(图 4), 上部为黄灰色中—厚层泥质含细砂石英粉砂岩夹灰色细粒石英砂岩。与建组剖面相比, 特征相似, 但厚度明显变薄。

红崖坡组厚 106.10 m, 主要为黄灰色、灰色、灰白色中—厚层状中细粒石英砂岩夹黄绿色—黄灰

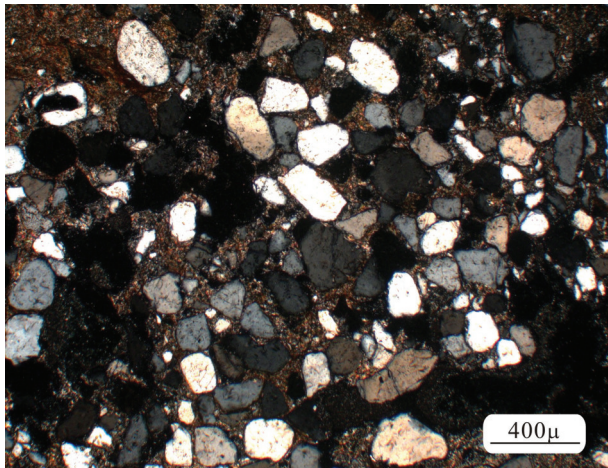


图3 坡松冲组石英砂岩显微照片

Fig.3 Micrograph of Posongchong Formation quartz sandstone

色、灰色、灰黑色粉砂质泥(页)岩、泥岩、泥质含细砂粉砂岩或局部互层,底部夹两层标志性的厚10~30 cm紫红色铁泥质细—粉砂岩,中下部夹厚5.8 m紫红色中层状细粒石英砂岩。与建组剖面相比,未出现大套杂色泥岩,仅偶见红层,厚度与建组剖面较为接近。

曲靖组厚33.8 m,主要为灰色、浅灰色细晶白云岩、微含硅质细晶白云岩,以微含硅质可与1:20万区调黄荆坝剖面相对比<sup>①</sup>。与建组剖面相比,差异较大,未出现灰岩及砂泥岩。

在结山组厚31.2 m,为灰色—浅灰黄色中厚层状细晶白云岩、含铁泥质细晶白云岩,少量中—粗晶白云岩,局部含灰黑色微含铁泥质弱硅化细晶白云岩,局部残留少量灰质,以残留少量灰质和局部含灰黑色细晶白云岩为特征,并可与1:20万区调黄荆坝剖面对比<sup>①</sup>。特征与建组剖面较为接近。该组顶部与梁山组呈平行不整合接触,岩性突变(图2),梁山组为灰黑色泥质粉砂岩,具油浸特征。

### 3.3 大关县木杆镇漂坝村新地2井

该井为成都地质调查中心2016年实施的针对五峰—龙马溪组页岩气调查井,井口坐标(28°10'56.5"N,103°59'35"E)。钻井岩心编录表明,只发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组四个组。各小层特征简要如下:

梁山组	0.71 m
39. 灰色细粒石英砂岩、石英细砂质粉砂岩及泥质粉砂岩,含黄铁矿结核,在泥质粉砂岩中似见角砾岩	0.71 m
-----平行不整合-----	

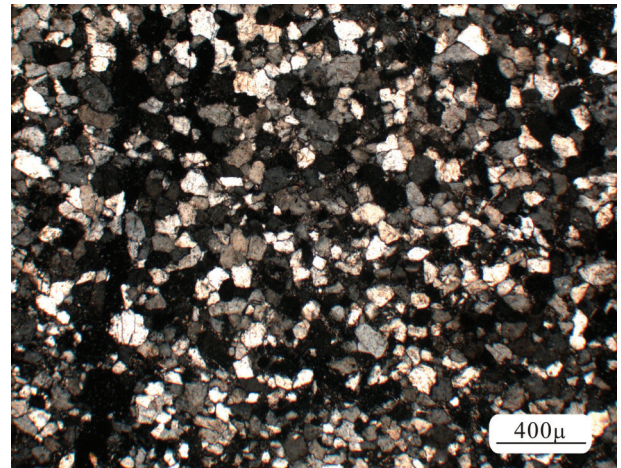


图4 缩头山组石英砂岩显微照片

Fig.4 Micrograph of Suotoushan Formation quartz sandstone

缩头山组	105.45 m
40. 灰色含细砂泥质石英粉砂岩夹灰白色细中粒石英砂岩,二者之比约5:1	8.53 m
41. 灰白色夹灰色细中粒石英砂岩夹10 cm炭质泥岩	8.88 m
42. 黑灰色炭质泥质粉砂岩或含粉砂质泥岩夹厚0.37~0.5 m劣质煤层3层及浅灰色细粒石英砂岩	5.84 m
43. 黑色炭质泥岩向上逐渐过渡为黑色含粉砂质炭质泥岩。黑色炭质泥岩中见植物化石碎片及虫管	7.24 m
44. 灰色细粒石英砂岩夹三层厚分别为2 cm、5 cm及10 cm的灰白色含粉砂质泥岩	9.18 m
45. 灰白色夹浅灰色中细粒石英砂岩,顶部夹分别厚3、4、5 cm三层灰白色泥质粉砂岩	31.67 m
46. 浅灰色(含泥)石英细砂质粉砂岩,见有机质呈星点状分布	3.18 m
47. 顶部浅灰色石英砂岩,上部黑色炭质泥岩与含粉砂质炭质泥岩互层,底部浅灰色石英砂岩	6.20 m
48. 灰色细粒石英砂岩,底部60 cm为灰白色黏土岩	5.44 m
49. 灰白色细粒石英砂岩夹厚约20 cm泥质粉砂岩及厚约1 cm左右的炭质泥岩2层,底部为30 cm炭质泥岩	19.29 m
-----整合-----	
箐门组	61.09 m
50. 灰色泥晶灰岩,顶部见群体珊瑚化石。见大量的裂缝,有机质充填。见少量缝合线构造	20.67 m
51. 浅灰色生物屑泥晶灰岩,见群体珊瑚及单体珊瑚化石	7.34 m
52. 灰色生物屑泥晶灰岩	8.45 m
53. 浅灰色泥晶灰岩。见群体珊瑚化石	5.39 m
54. 灰色泥晶灰岩	5.96 m

55. 灰色(强方解石化)泥晶灰岩、粉晶—微晶弱白云岩化灰岩。底部1.2 m自下而上为黑色含钙质炭质泥岩逐渐过渡灰色泥岩,见大量星点状或团块状黄铁矿 12.15 m

56. 自下而上灰色含炭细中粒石英砂岩逐渐过渡为黑色含炭质粉砂质泥岩 1.13 m

—————整合—————

坡脚组 112.6 m

57. 灰白色—浅灰色含粉砂细粒石英砂岩,见星点状黄铁矿颗粒 5.94 m

58. 黑色炭质泥岩,层面见植物化石碎片。含大量的星点状黄铁矿 5.80 m

59. 灰白色中细粒石英砂岩夹浅灰色细粒石英砂岩与灰白色黏土岩 19.00 m

60. 顶部10cm黑色粉砂质泥岩,之下为8 cm灰白色石英砂岩,砂岩之下为浅灰色泥岩逐渐过渡为灰白色黏土岩 1.28 m

61. 浅灰—黑色炭质泥岩,略有污手,顶部约20 cm及底部50 cm,颜色变浅。见植物化石碎片 3.73 m

62. 灰白色含粉砂细粒石英砂岩与浅灰色细粒石英砂岩互层夹厚约0.5~1 cm黏土岩数层 32.49 m

63. 黑色炭质泥岩与灰色粉晶细晶白云岩互层夹0.56m厚浅灰色泥质石英粉砂岩,炭质泥岩、粉晶细晶白云岩之比约2:1 8.43 m

64. 黑色炭质泥岩与灰色细粒石英杂砂岩互层夹粉晶细晶白云岩,炭质泥岩、细粒石英杂砂岩二者之比约2:1 21.49 m

65. 灰色粉晶细晶白云岩,见黄铁矿结核 14.44 m

—————整合—————

坡松冲组 26.67 m

66. 浅灰色含白云质泥质粉砂岩、灰绿色泥质粉砂岩夹浅灰绿色细粒石英砂岩,二者之比约5:1,其中浅灰色含白云质泥质粉砂岩位于顶部 4.70 m

67. 浅灰色泥岩,见沥青星点状或斑状分布,见少量的黄铁矿颗粒 2.22 m

68. 浅灰绿色细粒石英砂岩夹粉砂质泥岩,二者之比约10:1 14.78 m

69. 上部浅灰色含粉砂质泥岩,下部浅灰绿色黏土岩 2.46 m

70. 灰白色夹灰色细粒石英砂岩 2.51 m

-----平行不整合-----

大路寨组 283.72 m

71. 灰白、灰杂色泥质条带灰岩,滴稀盐酸起泡 1.97 m

该钻井坡松冲组厚26.67 m,灰白色—灰色—浅灰绿色细粒石英砂岩夹浅灰色—灰绿色(含)粉砂质泥岩、泥岩、泥质粉砂岩、含白云质泥质粉砂岩或

互层,泥岩中见黄铁矿颗粒及点状或斑状沥青。与建组剖面相比,特征较为接近。

坡脚组厚112.6 m,底为灰色粉晶细晶白云岩以及黑色炭质泥岩与灰色细粒石英杂砂岩互层夹浅灰色泥质石英粉砂岩,往上为灰白色—浅灰色含粉砂细粒石英砂岩、中细粒石英砂岩夹浅灰—黑色炭质泥岩、黑色粉砂质泥岩、灰白色黏土岩或互层。炭质泥岩中层面见植物化石碎片。与建组剖面相比,厚度略有增加,并含较多的石英砂岩。

箐门组厚61.09 m,底部为灰色含炭细中粒石英砂岩、黑色含炭质粉砂质泥岩,往上为灰色生屑泥晶灰岩、粉晶—微晶弱白云岩化、灰—浅灰色泥晶灰岩。灰色含炭质泥质粉砂岩及黑色含炭质粉砂质泥岩中见大量星点状或团块状黄铁矿。生屑灰岩及泥晶灰岩中见大量群体珊瑚、单体珊瑚化石。与建组剖面相比,灰岩含量明显增加。

缩头山组厚105.45 m,为灰色—浅灰色—灰白色中细粒石英砂岩夹灰—浅白色含泥石英细砂质粉砂岩、含细砂泥质石英粉砂岩,灰白色粉砂质泥岩、黏土岩,黑色—黑灰色炭质泥岩及劣质煤层。黑色炭质泥岩中见植物化石碎片及虫管。与建组剖面相比,特征较为接近。

3.4 大关县木杆镇向阳村剖面

该剖面起点坐标(28°05'13.3"N,103°56'35"E),终点坐标(28°05'02.3"N,103°56'34"E),仅出露坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组五个组。各组特征与建组剖面十分相似。各小层简要如下:

梁山组、栖霞组 > 2.81 m

15. 灰黑色块状泥—微晶生物碎屑灰岩,梁山组掩盖,与下伏红崖坡组为平行不整合接触 2.81 m

-----平行不整合-----

红崖坡组 35.42 m

14. 未见露头,均为残积物,残积物为紫红色泥岩、灰绿色泥岩及灰白色细粒石英砂岩,三者不等厚互层,比例为3:1:1 19.5 m

13. 紫红色泥岩,偶夹灰绿色泥岩,二者比例约50:1 15.92 m

—————整合—————

缩头山组 36.21 m

12. 白色—灰色中—厚层状细粒石英砂岩,往上颜色逐渐变为黄灰色 16.15 m

11. 灰白色厚层状细粒石英砂岩 8.85 m



10. 灰—白色薄层状中—细粒石英砂岩	11.21 m
—————整合—————	
箐门组	84.16 m
9. 灰色(风化色灰黄—黄绿色)页岩,偶夹灰黑色粉晶白云岩透镜体,二者比例约100:1	20.94 m
8. 灰—深灰色页岩	36.12 m
7. 黄绿色泥(页)岩,顶为20 cm灰色—深灰色含生物碎屑泥—微晶灰岩	14.91 m
6. 灰黄—黄灰色厚层状细晶—中晶白云岩化灰岩	5.01 m
5. 灰黑—黑色粉砂质页岩	7.18 m
—————整合—————	
坡脚组	44.54 m
4. 黄灰色—灰黄色厚层—块状细晶白云岩	39.02 m
3. 灰黑色厚层—块状粉晶—细晶白云岩	5.52 m
—————整合—————	
坡松冲组	28.12 m
2. 灰色厚层状细粒石英砂岩	13.41 m
1. 灰白色中层状细—中粒石英砂岩	14.71 m
-----平行不整合-----	
大路寨组	> 12.40 m
0. 黄绿色页岩夹紫红色页岩,二者比例约6:1	12.40 m

该剖面坡松冲组厚28.12 m,灰白色—灰色中厚层状细—中粒石英砂岩,偶夹灰白色泥岩,底部见8 cm左右古风化壳。

坡脚组厚44.54 m,下部灰黑色厚层—块状粉晶—细晶白云岩,上部为黄灰色—灰黄色厚层—块状细晶白云岩,总体以一套碳酸盐为特征。

箐门组厚84.16 m,灰黑—黑色—灰色—黄绿色粉砂质页岩、泥(页)岩夹灰黑色—灰黄—黄灰色厚层状白云岩化灰岩、含生物碎屑灰岩、粉晶白云岩等,总体为一套泥页岩夹碳酸盐岩。

缩头山组厚36.21 m,为灰色—白色薄—厚层状中—细粒石英砂岩,顶部为黄灰色细粒石英砂岩。

红崖坡组:厚35.42 m,为紫红色泥岩,夹灰绿色泥岩及灰白色细粒石英砂岩或互层,总体以出现紫红色泥岩为其特征。

### 3.5 大关黄荆坝剖面

该剖面起点坐标(28°00'44.8"N, 103°59'30"E), 终点坐标(28°00'48.8"N, 103°59'05"E),为1:20万区域地质调查所测剖面,本次进行了修测,共出露完整的坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组。其中曲靖组主要为

硅质白云岩,可与盐津县中和镇花生河坝河坝头剖面对比,但与建组剖面以灰岩为主的特征差异较大。各小层简要如下:

梁山组	
11. 粉红色菱铁矿	
-----平行不整合-----	
在结山组	89 m
10. 浅灰色块状微粒含灰质白云岩,中部夹黑灰色微粒灰质白云岩	89 m
—————整合—————	
曲靖组	59 m
9. 灰白色厚层状含粉砂质白云岩夹粉砂岩及黑色页岩	23 m
8. 灰色似鲕状含硅质白云岩	16 m
7. 灰色块状微粒含硅质白云岩	20 m
—————整合—————	
红崖坡组	39 m
6. 黄绿色、灰绿色、紫红色页岩,偶夹薄层石英砂岩	39 m
—————整合—————	
缩头山组	46 m
5. 白色块层状沉积石英岩,上部夹少量泥岩	46 m
—————整合—————	
箐门组	93 m
4. 灰绿色页岩夹薄层生物碎屑灰岩及灰质微粒白云质灰岩,顶部灰岩中含铜	59 m
3. 灰色页岩夹含粉砂菱铁矿质灰岩,灰岩中铁质富集成厚0.7~1.4 m的含鲕绿泥石菱铁矿	34 m
—————整合—————	
坡脚组	78 m
2. 灰色厚层状细粒含灰质白云岩夹钙质硅质粉砂岩,上部夹灰黑色泥质灰岩	78 m
—————整合—————	
坡松冲组	8 m
1. 白色厚层状硅泥钙质不等粒石英砂岩夹石英粉砂岩	8 m
-----平行不整合-----	
菜地湾组	
0. 紫红色、绿色泥岩互层夹薄层石英粉砂岩,砂岩中含黄铜矿、孔雀石等矿物	

该剖面坡松冲组厚8 m,为白色厚层状硅泥钙质不等粒石英砂岩夹石英粉砂岩。

坡脚组厚78 m,为灰色厚层状细粒含灰质白云岩夹钙质硅质粉砂岩,上部夹灰黑色泥质灰岩。

箐门组厚93 m,为灰—灰绿色页岩夹薄层生物碎屑灰岩、灰色微粒白云质灰岩及含粉砂菱铁质灰岩。

缩头山组厚46 m,为白色块层状石英砂岩,上部夹少量泥岩。

红崖坡组厚39 m,为黄绿色、灰绿色、紫红色页岩,偶夹薄层石英砂岩。

曲靖组厚59 m,为灰色厚层—块状微粒(似鲕状)含硅质白云岩、含粉砂质白云岩夹粉砂岩及黑色页岩。

在结山组厚89 m,为浅灰色块状微粒含灰质白云岩,中部夹黑灰色微粒灰质白云岩。

### 3.6 大关县黄荆坝镇大树子剖面

该剖面起点坐标(28°02'59.4"N, 104°03'01"E), 终点坐标(28°03'04.5"N, 104°02'46"E), 仅出露坡松冲组、坡脚组、箐门组3个组。其中箐门组含特征其铁质的铁质灰岩。各小层简要如下:

梁山组、栖霞组	>15.50 m
6. 为灰色生物碎屑泥—微晶灰岩。梁山组黑色炭质页岩掩盖	15.50 m
----- 平行不整合 -----	
箐门组	8.80 m
5. 自下往上为灰黄色粉晶—微晶含泥—铁质灰岩、灰黄色页岩、灰黄色粉砂质泥岩	8.80 m
————— 整合 —————	
坡脚组	13.70 m
4. 深灰色钙质页岩, 风化后呈红褐色, 页理构造。上部见深灰色粉晶白云岩滚石	5.60 m
3. 灰黑色中—厚层状粉晶—细晶白云岩	8.10 m
————— 整合 —————	
坡松冲组	18.10 m
2. 灰色薄—中层状含铁质砂质砾岩夹薄层状富含铁质泥岩, 二者比例约为(10~2):1, 中部见一灰绿色透镜状粉砂质泥岩, 上部见一灰黑色透镜状粉砂质泥岩	7.90 m
1. 灰色中—细粒石英砂岩与中层状粉砂质泥岩互层, 二者比例约为1:1	10.20 m
----- 平行不整合 -----	
菜地湾组	>5.60 m
0. 下部为灰绿色、紫红色白云质粉砂岩, 风化后红褐色	5.60 m

该剖面坡松冲组厚18.10 m, 下部为灰色中—细粒石英砂岩与灰绿色中层状粉砂质泥岩互层; 中、上部为灰色薄—中层状含铁质砂质砾岩夹薄层状富含铁质泥岩、灰绿—灰黑色粉砂质泥岩。与建组剖

面相比, 含较多泥岩, 并可见铁质砂质砾岩。需要说明的是, 镜下含铁质砂质砾岩部分碎屑及岩屑颗粒似来源于火山碎屑, 是该组在区域上的首次出现, 有别于区域大片石英砂岩的出现, 可能与晚古生代滇黔桂裂谷开启火山活动有着密切的关系。

坡脚组厚13.7 m, 灰黑色—深灰色中层状粉晶—细晶白云岩, 中上部夹深灰色钙质页岩。

箐门组厚8.8 m, 自下往上为灰黄色粉晶—微晶含泥—铁质灰岩、灰黄色页岩、灰黄色粉砂质泥岩, 以一套泥页岩为特征。

## 4 讨 论

中上扬子地区构造及盆地的演化与华南大地构造的演化有着密切的关系。已有的研究表明, 华南加里东造山带的形成结束了扬子与华夏陆块相互作用、相互影响的漫长历史, 形成了统一的华南板块。至晚志留世, 中上扬子隆起区成为一体, 华南洋与华夏边缘均反转成陆, 仅残留钦防浅海(刘宝珺等, 1993)。

华南板块形成后, 从泥盆纪开始, 地史进入了一个新的时期, 出现新的特征: 海西—印支期的地裂旋回。在华南板块西南端, 开始发生裂谷作用, 东支北东向并向西南方向开口, 称湘桂裂谷, 西支北西向并向东南方向开口, 称滇黔桂裂谷, 两裂谷在桂中南宁附近联为一体(图5), 这些裂谷系古特提斯洋延伸入华南的拗拉槽<sup>④</sup>。研究区主要受到滇黔桂裂谷的影响(杨式溥等, 1979; 穆恩之等, 1988; 王全伟等, 2001; 梅冥相等, 2003; 毛治超等, 2008; 魏钦廉等, 2011)。

据罗志立(1989)、夏邦栋等(1992)的研究, 裂陷槽是地壳拉张作用(地裂)的一种表现形式, 是具有特定形状的裂谷, 它是从地槽区横向深入地台内部的三角形拗陷, 具有开口端和闭合端, 构造活动性强、沉积厚度较台地厚度大3~5倍。槽内断裂纵横分割, 构成隆、拗断块的台、槽差异; 断裂深切, 拉开出现碱性岩浆活动(缺乏中性安山岩, 与岛弧背景的钙碱性火山岩相区别)。

滇黔桂裂谷盆地呈由南向北沉积上超的特点, 具有典型的边缘相带和裂陷中心。已有的研究表明: 早泥盆世中晚期—晚泥盆世, 都匀运动和广西运动在黔中一带形成的北东、北西及近东西向3组

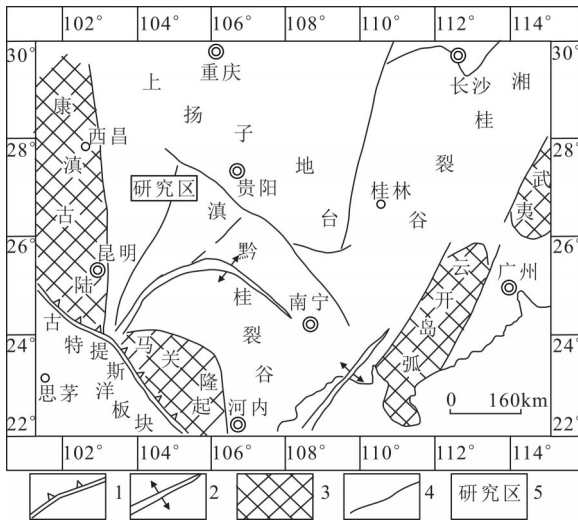


图5 古特提斯洋及深入华南板块坳拉槽<sup>①</sup>  
 1—板块消亡带; 2—扩张带; 3—古陆; 4—主干断层; 5—研究区  
 Fig.5 The Paleo-Tethys Ocean and depression trough penetrating into southern China<sup>①</sup>  
 1-Plate extinction zone; 2-Expansion zone; 3-Ancient land; 4-Major fault; 5-The study area

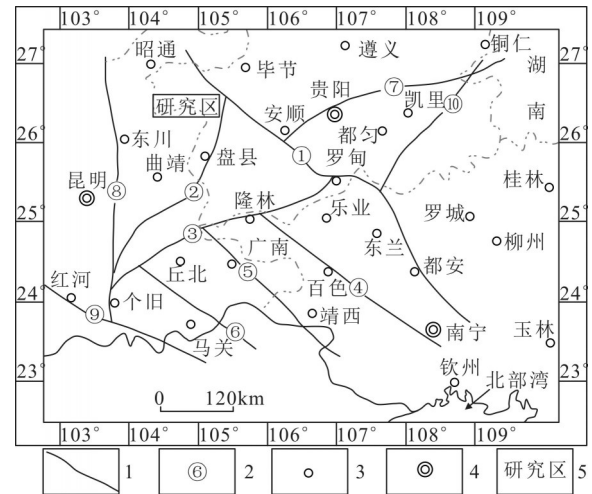


图6 海西期滇黔桂裂谷边界及主干断裂<sup>①</sup>  
 1—断层; 2—断层编号; 3—县城; 4—省会; 5—研究区  
 Fig.6 Boundary of Dianqiangui rift in Hercynian period and main faults<sup>①</sup>  
 1-Fault; 2-The fault number; 3-The county; 4-The provincial capital; 5-The study area

断裂继承性活动,共同控制了泥盆纪的海陆边界,其中垭都—紫云断裂横切黔中—滇东隆起,掩盖其原先的连接关系,黔中隆起成为泥盆、石炭纪上扬子古陆的一个组成部分。这一时期,并有一系列新的同生断裂<sup>①</sup>(图6)。图6中,边界断裂为:①垭—紫—罗—都安断裂;②弥—师—盘县断裂。主干断裂:③南盘江断裂;④右江(百色)断裂;⑤那坡断裂;⑥文山断裂。外围主干断裂:⑦贵阳乌当—镇远断裂;⑧小江断裂;⑨哀牢—腾条河断裂;⑩台江—三都断裂。从图5可以看出,研究区位于滇黔桂裂谷盆地的边缘地带,从该区坡松冲组、缩头山组高成熟度石英砂岩,也反映出位于海水反复淘洗的滨岸地带;而在南部的广南、富宁一带裂陷槽中心,断裂的差异升降,形成了裂陷槽内部台槽—台块的格局。台槽具盆地相特征,发育水平纹层的暗色泥页岩,硅质岩、硅灰泥质岩和瘤状灰岩等。台块具台地相特征,主要为灰岩和白云质灰岩<sup>①</sup>。

由此可看出,泥盆纪地层自南部广南、富宁到研究区,呈现由裂陷槽到边缘相带的有规律变化。同时,如前所述,在研究区较小范围内,地层序列仍呈现出隆、凹相间的裂谷盆地特征,泥盆系地层厚度差异较大,且沉积序列不尽相同。盐津县豆沙关镇龙孔坝剖面,仅发育坡松冲组、坡脚组两个组,累计沉积厚度

36.65 m;盐津县中和镇花生河坝河坝头剖面,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组,累计沉积厚度333.4 m;大关县木杆镇漂坝村新地2井,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组四个组,累计沉积厚度305.81 m;大关县木杆镇向阳村剖面,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组五个组,累计沉积厚度228.45 m;1:20万区域地质调查大关黄荆坝剖面<sup>①</sup>,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组、缩头山组、红崖坡组、曲靖组、在结山组七个组,累计沉积厚度412 m;大关县黄荆坝镇大树子剖面,发育坡松冲组、坡脚组、箐门组三个组,累计沉积厚度40.6 m。在研究区内常见沉积侧向尖灭的情况,沉积厚度为0。同时,各剖面(钻井)各组特征与层型剖面对比只是大体相同,但有较大的差异和变化,这些都是裂谷盆地的深刻影响,同时,也反映了泥盆纪沉积时,同生断裂的作用对沉积基底、沉积厚度和沉积序列的影响,前人的研究也表明有多组同生断裂的存在<sup>①</sup>。

从纵向看,研究区泥盆系坡松冲组主要为一套高成熟度石英砂岩,镜下研究表明石英含量可达98%,为裂谷盆地北部边缘的滨岸相沉积,为碳酸盐台地的陆架建设过程,该阶段是在早古生代末期广西运动之后的第一套海侵沉积,伴随着裂谷盆地的打开,区域上可能有火山作用过程,在大关黄荆坝

大树子剖面,该组见含铁质砂质砾岩,其部分碎屑及岩屑颗粒似来源于火山碎屑,见晶屑、浆屑等,该局部的砾岩相当于底砾岩;向上坡脚组,主要为一层层白云岩,反映了海平面上升,并受到陆源淡水的影响,故形成一套白云岩;箐门组主要为一套黄绿色(偶夹黑色)页岩,反映海平面持续上升,主体已位于浪基面以下,为一套浅水陆棚相沉积,为第一次海侵规模最大之处;缩头山组主要为一套石英砂岩,镜下石英含量大于98%,为裂谷盆地北部边缘的滨岸相沉积,表现为第一次海退过程;红崖坡组主要为一套杂色粉砂岩、泥岩,为裂谷盆地北部边缘的潮坪相沉积,自此开始了第二次海侵过程,其海侵规模显然较第一次小,为又一次碳酸盐台地陆架建设过程;该区曲靖组主要为一套硅质白云岩,在结山组主要为厚层白云岩,为碳酸盐台地沉积。在曲靖组建组剖面,曲靖组为一套灰岩、泥质灰岩,纵向上反映了曲靖组灰岩、泥灰岩持续海侵及随后在结山组白云岩的海退过程。在研究区,曲靖组也为一套硅质白云岩,其白云岩化可能与靠近北部古陆地表淡水的参与有关。

由此可见,该区泥盆系沉积与区域构造背景演化有着密切的关系,在横向上具明显变化特征,在纵向上具明显变化规律。

由于工作性质和工作程度的原因,本次工作未对坡松冲组和缩头山组两套石英砂岩实施山地工程对石英砂进行揭露,只对石英砂产出层位及石英砂体位置进行了调查,并进行了有针对性的重点采样。从调查总体情况看,坡松冲组在上述各剖面(钻井)均发育,在盐津县豆沙关镇龙孔坝剖面厚21.76 m,盐津县中和镇花生河坝河坝头剖面厚20.30 m,大关县木杆镇漂坝村新地2井厚26.67 m,大关县木杆镇向阳村剖面厚28.12 m,大关黄荆坝剖面厚8m,大关县黄荆坝镇大树子剖面厚18.10 m,以大关黄荆坝剖面最薄,大关县木杆镇向阳村剖面最厚。从野外调查石英及泥质含量情况,盐津县中和镇花生河坝河坝头剖面石英含量最高,泥质含量最低,最具开发前景,大关黄荆坝剖面泥质含量也较低,但厚度较薄,故坡松冲组以盐津县中和镇花生河坝河坝头一带最具前景,其余地带或缺失、或较薄、或含较多泥质夹层,实际开发意义不大;缩头山组整体发育不完整,在盐津县豆沙关镇龙孔坝剖面

沉积缺失,盐津县中和镇花生河坝河坝头剖面厚10.9 m,大关县木杆镇漂坝村新地2井厚105.45 m,大关县木杆镇向阳村剖面厚36.21 m,大关黄荆坝剖面厚46 m,大关县黄荆坝镇大树子剖面沉积缺失,以大关县木杆镇漂坝村新地2井最厚,盐津县中和镇花生河坝河坝头虽发育,但厚度较薄。盐津县中和镇花生河坝河坝头缩头山组与上覆红崖坡组呈渐变过渡,红崖坡亦含一定的石英砂岩,但缩头山组、红崖坡组均含较多的泥质,实际开发意义不大。缩头山组在大关县木杆镇漂坝村新地2井位于地腹,且含较多泥质、劣质煤层,仅具研究意义,开发意义不大,因此,缩头山组以大关县木杆镇向阳村、大关黄荆坝最具开发意义,特别是大关县木杆镇向阳村位于213国道旁侧,交通便利,地形条件也较好,目前,已投入小规模的开采。

从剖面测量及钻井岩心编录的情况,整体上,缩头山组较坡松冲组石英含量略高,泥质含量少,有害铁质含量低,是最具开发前景的层位。工作中对大关县木杆镇向阳村剖面坡松冲组、缩头山组采样进行了化学分析(表1),并参考了相关标准进行了评价(姜文涛,2016;李忠水等,2019)。坡松冲组 $\text{SiO}_2$ 最低含量91.13%,最高96.8%,平均94.792%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 最低值0.78%,最高值3.58%,平均1.836%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 最低值0.13%,最高值1.06%,平均值0.464%;缩头山组 $\text{SiO}_2$ 最低含量92.97%,最高98.22%,平均95.51%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 最低值0.12%,最高值3.34%,平均1.946%, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 最低值0.14%,最高值0.53%,平均值0.324%。从化学分析情况看,缩头山组整体上具 $\text{SiO}_2$ 含量较高,有害铁质含量较低, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量较低的特点,石英砂开发意义强于坡松冲组,但坡松冲组 $\text{SiO}_2$ 含量也较高,也是重要的石英砂开发层位。由于该区及邻区处于滇黔桂裂谷边缘相带,滨岸地带海水淘洗充分,该两组在邻区很可能有 $\text{SiO}_2$ 含量更高,杂质含量更低的砂体出现,在后续的工作中应予以重视。

## 5 结 论

从上述特征得出以下结论:

(1)大关、盐津地区总体位于晚古生代滇黔桂裂谷的北部边缘地带,受滨岸环境海水淘洗,总体上沉积了坡松冲组、缩头山组两套高成熟度石英砂岩,是该区硅矿产业的资源基础。其中缩头山组资

表1 大关县木杆镇向阳村剖面石英砂化学成分(%)分析

Table 1 Chemical analysis results of quartz sand in section of Xiangyang village, Mugan town of Daguang county (%)

样号	1HX	2HX	3HX	4HX	5HX	6HX	7HX	8HX	9HX	10HX
层位	D <sub>1ps</sub>	D <sub>1ps</sub>	D <sub>1ps</sub>	D <sub>1ps</sub>	D <sub>1ps</sub>	D <sub>2st</sub>	D <sub>2st</sub>	D <sub>2st</sub>	D <sub>2st</sub>	D <sub>2st</sub>
SiO <sub>2</sub>	96.8	96.74	94.64	94.65	91.13	92.97	93.48	95	97.88	98.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.97	0.78	2.09	1.76	3.58	3.34	3.32	2.7	0.25	0.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.13	0.13	0.32	0.68	1.06	0.28	0.53	0.38	0.14	0.29

注:样品由国土资源部西南矿产资源监督检测中心测试;D<sub>1ps</sub>为坡松冲组,D<sub>2st</sub>为缩头山组。

源潜力优于坡松冲组。坡松冲组以盐津县中和镇花生河坝河坝头一带最具开发前景,缩头山组以大关县木杆镇向阳村、大关黄荆坝最具开发意义。

(2)该区地层序列总体上反映了两次海退→海进的过程,第一次由坡松冲组滨岸相石英砂岩→坡脚组碳酸盐台地相白云岩→箐门组浅水陆棚相泥页岩,反映了由陆架建设→碳酸盐台地形成→海进碳酸盐台地消亡过程;第二次由缩头山组滨岸相石英砂岩→红崖坡组潮坪相杂色砂泥岩→曲靖组、在结山组碳酸盐台地相硅质白云岩、白云岩,反映了海退水体变浅形成滨岸环境→海进水体略变深形成潮坪环境及陆架建设过程→海水进一步加深碳酸盐台地形成。

(3)该区泥盆系呈现指状特征,在小范围的不同地点,沉积序列常不一致,从坡松冲组—在结山组七个组沉积序列常发育不完整,有的地方(如盐津豆沙关镇龙孔坝)缺失上部缩头山组石英砂岩,邻区局部地区甚至完全缺失泥盆系地层。这一特征一是由于处于盆地边缘受地形条件控制的差异沉积,二是由于裂谷盆地同生断裂作用形成的隆、凹格局。

(4)大关、盐津地区泥盆系与“云南省岩石地层清理”所划分的昭通地层小区同处一个地层小区,但所厘定的各个组与层型剖面相比,具较大的相似性,但仍不完全相同。这一特征也与处于边缘相带地形条件的差异及裂谷盆地隆、凹相间的格局有着密切的关系。

认识泥盆系沉积古地理格局及大地构造背景具有重要的现实意义。在大关、盐津地区由于处于滇黔桂裂谷盆地的边缘相带,海水淘洗充分,因而,坡松冲组、缩头山组石英砂岩纯度高,为硅产业提供了高品质的石英砂原料。但由于处于边缘相带及裂谷盆地隆、凹相间格局的影响,其空间展布常不稳定。因此,在该区的地质调查工作中需要加密泥盆纪地层剖面测量及路线地质调查,以圈定石英

砂的空间展布特征,服务于该区硅产业的开发。

## 注释

①四川省地质局第一区域地质测量队. 1972. 中华人民共和国区域地质测量报告雷波幅[R]. 西昌: 四川省地质局第一区域地质测量队.

②四川省地质局第一区域地质测量队. 1973. 中华人民共和国区域地质测量报告筠连幅[R]. 西昌: 四川省地质局第一区域地质测量队.

③中国地质调查局成都地质调查中心. 2018. 中华人民共和国区域地质测量报告雷波幅、桧溪幅、高桥幅、马楠幅[R]. 成都: 中国地质调查局成都地质调查中心.

④刘炳温, 刘特民. 1990. 滇黔桂上扬子地区构造发展对油气保存的影响和油气保存单元的划分及评价[R]. 贵阳: 贵州石油勘探指挥部地质研究所.

## References

- Jia Delong, Zhang Wanyi, Chen Conglin, Li Yongsheng, Wu Dongmei, Cui Minli, Zhang Cuiguang. 2019. Global resources status and China's development suggestions of high purity quartz[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 39(5): 111-117 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Wentao. 2016. Geological characteristics and selectivity of quartz sandstone in Yiliang County, Yunnan Province[J]. China Non-metallic Mining Industry Guide, (4): 10-13(in Chinese).
- Li Meifeng. 2020. Geological Characteristics and Sedimentary Environment of Panjiazhai Sedimentary Silica Deposits, Yiliang County, Yunnan Province[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 20-26 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhongshui, Chen Junyuan, Liu Xiaolou, Li Jiabin. 2019. Dividing the exploration types of silicon materials deposits: Discussion on the factors and methods of dividing the exploration types[J]. China Non-metallic Minerals Industry, (1): 23-28,45(in Chinese with English abstract).
- Liu Baojun, Xu Xiaosong, Pan Xingnan. 1993. The Sedimentary Evolution and Mineralization of ancient Continent in South China[M]. Beijing: Science Press, 56-58(in Chinese).
- Luo Zhili. 1989. The determination and significance of Emei Taphrogenesis[J]. Sichuan Geological Journal, 9(1): 1-17(in Chinese)

- with English abstract).
- Mao Zhichao, Du Yuansheng, Zhang Min. 2008. Devonian sedimentary environment and characteristics of sedimentary organic matter in central Guangxi[J]. Science in China series D: Earth Science, 38: 80–86(in Chinese).
- Mei Mingxiang, Gao Jinhan, Li Donghai. 2003. Devonian Sequence stratigraphy and relative sea-level changes in Guizhou and Guangxi area, South China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 21(2): 297–306(in Chinese with English abstract).
- Mu Enzhi, Chen Xu, Ni Yunan. 1988. Silurian and Devonian systems in Qinzhou, Yulin, Guangxi[J]. Journal of Stratigraphy, 12(4): 241–254(in Chinese with English abstract).
- Wang Ling, Dang Chenping, Li Caixia, Wang Yan, Wei Yuyan, Xia Jinzhuo, Pan Junliang. 2014. The technology of high-purity quartz in China: Status quo and prospect[J]. Earth Science Frontiers, 21(5): 267–273(in Chinese with English abstract).
- Wang Quanwei, Liang Bin, Yang Henshu. 2001. Devonian sedimentary evolution and mineralization on the West Yangtze continent[J]. Regional Geology of China, 20(4): 415–421(in Chinese with English abstract).
- Wang Zhongrong. 2014. Study on Purification of Quartz Sand in Yunnan[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 30–38 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zizheng, Jiang Xinsheng, Zhou Bangguo, Pan Ningjin, Lu Shenglin. 2019. Sedimentary characteristics of member 1 of the Middle Devonian Suotoushan Formation in northeastern Yunnan Province and its ore-bearing potential[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 39(2): 90–98(in Chinese with English abstract).
- Wei Qinlian, Zheng Rongcai, Zhou Gang. 2011. Clastic tempestrate in Xiejiawan member of Ganxi Formation within Longmenshan area and its significance[J]. Geology in China, 38(5): 1282–1288(in Chinese with English abstract).
- Xia Bangdong, Liu Honglei, Wu Yungao. 1992. The Yunnan–Guizhou–Guangxi rift system[J]. Experimental Petroleum Geology, 14(1): 20–30(in Chinese with English abstract).
- Yang Shipu, Pan Jiang, Hou Hongfei. 1979. The Devonian system of China[J]. Acta Geologica Sinica, (3): 192–202(in Chinese with English abstract).
- Zhang Yuanzhi, Zhang Dinghui, Liu Shirong. 1996. Lithostratigraphy of Yunnan Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences, 66–88(in Chinese).
- Zheng Rongcai, Zhang Jinquan. 1989. The tectonic framework and the evolution of lithofacies and paleogeography of Devonian in eastern Yunnan and southwestern Guizhou[J]. Journal of Chengdu College of Geology, 16(4): 51–61(in Chinese with English abstract).
- Zhou Bangguo, Wang Zizheng, Ji Panlong, Jiang Xinsheng, Chen Wenyang. 2018. Characteristics and sedimentary environments of quartz sandstones in the Middle Devonian Suotoushan Formation in northeastern Yunnan[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 38(3): 25–31(in Chinese with English abstract).
- Zhu Lejiang. 2020. Geological Characteristics and Provenance Analysis of the Tianxing Quartz Sandstone Deposits in Dagan County, Yunnan[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 26–28(in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 贾德龙, 张万益, 陈从林, 李永胜, 吴冬梅, 崔敏利, 张崔光. 2019. 高纯石英全球资源现状及我国发展建议[J]. 矿产保护与利用, 39(5): 111–117.
- 姜文涛. 2016. 云南省彝良县石英砂岩地质特征及可选性研究[J]. 中国非工业矿工业导刊, (4): 10–13.
- 李美峰. 2020. 云南彝良县潘家寨沉积型硅石矿床地质特征及沉积环境分析[D]. 成都: 成都理工大学, 20–26.
- 李忠水, 陈军元, 刘小楼, 李嘉欣. 2019. 硅质原料矿床勘查类型划分——划分因素及划分方法探讨[J]. 中国非金属矿工业导刊, (1): 23–28, 45.
- 刘宝珺, 许效松, 潘杏南. 1993. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 56–58.
- 罗志立. 1989. 峨眉地裂运动的厘定及其意义[J]. 四川地质学报, 9(1): 1–17.
- 毛洽超, 杜远生, 张敏. 2008. 广西桂中地区泥盆系沉积环境及沉积有机质特征[J]. 中国科学(D辑): 地球科学, 38: 80–86.
- 梅冥相, 高金汉, 李东海. 2003. 黔桂地区泥盆系层序地层格架及相对海平面变化[J]. 沉积学报, 21(2): 297–306.
- 穆恩之, 陈旭, 倪离南. 1988. 广西钦州、玉林地区的志留系和泥盆系[J]. 地层学杂志, 12(4): 241–254.
- 汪灵, 党陈萍, 李彩侠, 王艳, 魏玉燕, 夏瑾卓, 潘俊良. 2014. 中国高纯石英技术现状及发展前景[J]. 地学前缘, 21(5): 267–273.
- 王全伟, 梁斌, 杨恒书. 2001. 西扬子大陆区泥盆系沉积演化与成矿[J]. 中国区域地质, 20(4): 415–421.
- 王中荣. 2014. 云南彝良县石英砂提纯工艺研究[D]. 成都: 成都理工大学, 30–38.
- 王子正, 江新胜, 周邦国, 潘宁樞, 陆生林. 2019. 滇东北地区中泥盆统缩头山组一段沉积特征及其含矿性[J]. 矿物岩石, 39(2): 90–98.
- 魏钦廉, 郑荣才, 周刚. 2011. 龙门山甘溪组谢家湾段风暴岩沉积特征及其意义[J]. 中国地质, 38(5): 1282–1288.
- 夏邦栋, 刘洪磊, 吴运高. 1992. 滇黔桂裂谷[J]. 石油实验地质, 14(1): 20–30.
- 杨式溥, 潘江, 侯鸿飞. 1979. 中国的泥盆系[J]. 地质学报, (3): 192–202.
- 张远志, 张定辉, 刘世荣. 1996. 云南省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 66–88.
- 郑荣才, 张锦泉. 1989. 滇东—黔西南泥盆纪构造格局与岩相古地理演化[J]. 成都地质学院学报, 16(4): 51–61.
- 周邦国, 王子正, 冀盘龙, 江新胜, 陈文杨. 2018. 滇东北中泥盆统缩头山组石英砂岩特征及其沉积环境[J]. 沉积与特提斯地质, 38(3): 25–31.
- 祝乐江. 2020. 云南大关天星石英砂矿床地质特征及物源分析[D]. 成都: 成都理工大学, 26–28.