

● 傅力浦 张子福 耿良玉 著

中国紫阳志留系

高分辨率笔石生物地层 与生物复苏



地质出版社

中国紫阳志留系高分辨率 笔石生物地层与生物复苏

傅力浦 张子福 耿良玉 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

紫阳地区位于秦岭地槽与扬子地台之间的过渡带,具有不少连续而完整的各时代地层剖面,尤其是以丰富的志留纪笔石地层著称。本书通过对该地区志留系重新作高分辨率生物地层工作,建立了晚奥陶世至中志留世 30 个笔石带 9 个亚带和特列奇阶 4 个几丁虫带,依此为基础提出该地区早志留世及其前后存在 9 次地质事件和 15 次生物事件,并讨论了 5 次笔石体复杂化与生物激增事件的关系,5 个笔石渐变谱系与分阶的关系,早志留世及其前后笔石生物从绝灭—残存—复苏—辐射的演化特征。对该地区 3 个地层界线,即志留系底界、特列奇阶底界和文洛克统底界的界线作了分析讨论。全书附图 63 幅,图版 8 幅。可供广大地质、古生物工作者,以及有关大专院校阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国紫阳志留系高分辨率笔石生物地层与生物复苏/
傅力浦, 张子福, 耿良玉著. —北京: 地质出版社,
2006. 8

ISBN 7 - 116 - 04904 - 5

I. 中... II. ①傅... ②张... ③耿... III. 志留纪
—笔石纲—地层古生物学—紫阳县 IV. Q915. 813

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 074409 号

ZHONGGUO ZIYANG ZHILIUXI GAOFENBIANLÜ
BISHI SHENGWU DICENG YU SHENGWU FUSU

责任编辑: 黄枝高 祁向雷

责任校对: 王素荣 黄苏晔

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京印刷学院实习工厂

开 本: 787mm × 1092mm¹/₁₆

印 张: 10 图版: 4 页

字 数: 230 千字

印 数: 1—600 册

版 次: 2006 年 8 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 38.00 元

ISBN 7 - 116 - 04904 - 5/P · 2711

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社出版处负责调换)

前 言

20 世纪初, 即有中外地质学家在秦岭地区进行地质调查。1941 年 9 月抗日战争时期, 李春昱、杨敬之、孙明善、张启泽和李星学在紫阳地区首先发现志留系, 他们根据在紫阳斑鸠关一带采到的单笔石 *Monograptus cf. sedgwickii* Portlock 将时代定为志留纪。

新中国成立后, 地质部秦岭区测大队 (1959) 和中国地质科学院 (1961) 对紫阳、岚皋一带的志留系进行了首次命名。林宝玉等 (1962) 和 1:20 万区调 (陕西区调队, 1966) 建立的下志留统三段或组成为现今该区志留系划分的基础。为配合大炼钢铁, 西安矿业学院在紫阳瓦房店曾发现弓笔石 (邓宝, 1979; Deng Bao, 1986)。

紫阳芭蕉口剖面是 1970 年西安地质矿产研究所对秦岭进行大面积踏勘时发现的, 1979 年开始对该剖面进行专题研究和报道 (傅力浦, 1980, 1983, 1984), 其研究成果被穆恩之总结到中国志留系笔石带 (穆恩之等, 1982)。1982 年在伦敦召开的国际笔石会议上, 首次对外公布了紫阳含 23 个笔石带的连续笔石地层序列 (Fu Lipu, 1986), 并受到国内外重视。

1983 年, 南京地质古生物研究所葛梅钰对芭蕉口剖面进行了工作 (葛梅钰、李崇楼, 1985), 并对弓笔石进行了专门研究 (Ge Meiyu, 1994); 西北大学霍世诚作了数学和谱系研究 (霍世诚等, 1984, 1990; Huo Shicheng et al., 1984, 1986); 中国地质博物馆潘江等 (1985) 进行了无颌类脊椎动物研究; 陕西区调队赵健 (1987) 和西安地质学院孟庆任 (1991) 作了浊流沉积研究; 西安矿业学院维昆利 (1986, 1992a, 1992b, 1992c) 作了五峡河组沉积环境和分组再认识的研究; 1986 年傅力浦和宋礼生发表了《陕西紫阳地区 (过渡带) 志留纪地层及古生物》总结报告。

此后, 国际上对志留系的研究进展很快, 世界各国对各自传统的研究地区都重新进行了工作和广泛开展了国际性对比研究。英国、捷克、意大利撒丁岛、奥地利卡尼克阿尔卑斯、西班牙、吉尔吉斯斯坦、阿尔泰、澳大利亚、阿根廷等都取得了一批新的成果, 出版了不少专著, 举行了一系列国际会议和国际合作项目, 如特列奇阶项目 (Holland, 1988)、1994 年欧洲卡尼克阿尔卑斯志留系野外会议、1996 年美国罗彻斯特第二届国际志留系讨论会、1997 年志留系高分辨率笔石生物地层国际地质对比计划、1998 年巴塞罗那第

七届国际笔石会议及志留系野外讨论会、2000年昆士兰国际志留系讨论会、2000年阿尔泰和萨拉伊尔志留系野外讨论会、2004年阿根廷国际奥陶志留系讨论会。1990年陈旭等(1996)在主持中英合作的特列奇阶对比时,对芭蕉口剖面进行了短期观察。至1998年《中国地层典》出版时,涉及紫阳志留系国内公开发表的论文已超过33篇,其中被国外论文引用的超过12篇。在此值得指出的是,英国笔石专家D. Loydell(1993)在总结全球特列奇阶对比时,曾写道:“被Fu(1986),傅和宋(1986)记述的陕西紫阳剖面是世界上最完整的特列奇阶笔石带序列”。

在上述国际学术背景的推动下,自1998年以来,西安地质矿产研究所连续获得国家自然科学基金、中国科学技术部和全国地层委员会的基金资助,专门用于紫阳志留纪地层研究,其研究重点主要有以下三个方面:

(1) 在D. Loydell(1993)发表的专著中,将中威尔士地区特列奇阶早期的2个笔石带划分为6个亚带。以此为契机,我们对芭蕉口剖面特列奇阶作了详细工作,采到了过去保存不好或鉴定不实的标本,划分出类似的6个笔石亚带,使得芭蕉口剖面的特列奇阶笔石带序列更加完整连续而可靠。

(2) 1999年国际地层委员会志留系分会决定对过去选定的两个国际界线进行再研究,我们又加强了对芭蕉口剖面顶部文洛克统(中志留统)底界层型的研究。从目前英国、捷克、加拿大该底界发育较好的地区工作进展情况来看,紫阳剖面的弓笔石序列更全,可称为世界上文洛克统底界附近最完整的弓笔石带序列剖面之一。

(3) 鉴于上述两条,芭蕉口剖面已成为世界上最完整的特列奇阶笔石带序列和最完整的文洛克统底界笔石带序列之一,值得永久性保护。关于建立省级自然保护区和国家级地质遗迹保护区的材料已备齐上报,正待审批。

2000年10月,全国地层委员会在紫阳主持召开了志留系标准剖面现场讨论会,对该剖面的工作作了高度评价,决定建立安康阶和紫阳阶作为中国志留系阶的一部分,分别相当于国际上的兰多弗里统上部特列奇阶和文洛克统下部申伍德阶,并将紫阳阶进一步划分为上部南塔梁亚阶和下部马蹄湾亚阶。第三届全国地层会议后,这两个阶被批准列入中国区域年代地层表,并在全区调工作中推广使用。

本文是在1998~2000年国家自然科学基金(编号49772028),2001~2002年国家科学技术部(编号36),2003~2005年全国地层委员会项目资助的累积工作中完成的。野外工作主要由傅力浦和张子福进行,笔石由傅力浦研究,几丁虫(胞石)由蔡习尧采样,耿良玉研究,疑源类由张子福采样并研究,鱼类微体化石由王念忠研究。未来得及收入本文的部分将另文发表。

目 录

前 言

1 地层剖面	(1)
1.1 紫阳芭蕉口下志留统紫阳阶至中志留统安康阶剖面	(2)
1.2 紫阳仙中沟口中志留统安康阶剖面	(8)
1.3 紫阳芭蕉口水文站志留系底界剖面	(10)
2 紫阳阶 (特列奇阶) 及其上下高分辨率笔石带划分	(13)
2.1 <i>Stimulograptus halli</i> 带	(13)
2.2 <i>Spirograptus guerichi</i> 带	(16)
2.3 <i>Spirograptus turriculatus</i> 带	(21)
2.4 <i>Monograptus crispus</i> 带	(24)
2.5 <i>Streptograptus exiguus</i> 带	(26)
2.6 <i>Monoclimacis griestoniensis</i> 带	(26)
2.7 <i>Torquigraptus tullbergi</i> 带	(28)
2.8 <i>Oktavites spiralis</i> 带	(30)
2.9 <i>Cyrtograptus lapworthi</i> 带	(32)
2.10 <i>Cyrtograptus sakmaricus</i> 带	(36)
2.11 <i>Cyrtograptus</i> sp. nov. 1 带	(38)
2.12 <i>Cyrtograptus insectus</i> 带	(39)
2.13 <i>Cyrtograptus centrifugus</i> 带	(40)
2.14 <i>Cyrtograptus murchisoni</i> 带	(41)
2.15 <i>Monograptus belophorus</i> 带	(41)
3 紫阳志留系几丁虫带划分	(42)
4 紫阳与其他地区笔石生物带对比	(45)
4.1 钱塘江阶 (阿什及尔阶)	(45)
4.2 龙马溪阶 (鲁丹阶)	(55)
4.3 大中坝阶 (埃隆阶)	(59)
4.4 紫阳阶 (特列奇阶)	(62)
4.5 安康阶 (申伍德阶)	(68)
4.6 侯默阶	(69)

4.7	上志留统 (拉德洛统)	(73)
4.8	顶志留统 (普里多利统)	(74)
4.9	下泥盆统	(75)
5	紫阳志留纪各类事件	(77)
5.1	微量元素最优分割与地质背景	(77)
5.2	早志留世及其前后的 15 次生物事件	(79)
5.3	早志留世及其前后的 9 次地质事件	(90)
5.4	笔石体复杂化的特征及其与激增事件的关系	(95)
6	几个笔石属种的演化谱系	(100)
6.1	龙马溪阶 (鲁丹阶) <i>Atavograptus</i> 的演化谱系	(101)
6.2	大中坝阶 (埃隆阶) <i>Rastrites</i> 的演化谱系	(102)
6.3	下紫阳阶 (马蹄湾亚阶) 的 <i>Spirograptus</i> 谱系	(103)
6.4	紫阳阶的 <i>Rastrites</i> 谱系	(105)
6.5	紫阳阶的 <i>Oktavites</i> 谱系	(106)
6.6	紫阳阶的 <i>Stomatograptus grandis</i> 谱系	(107)
7	笔石生物群从绝灭—复苏—辐射的演化特征	(110)
7.1	绝灭期	(110)
7.2	残存期	(112)
7.3	复苏期	(113)
7.4	辐射期	(114)
8	界线地层, 人为界线还是自然界线	(119)
8.1	志留系的底界	(120)
8.2	紫阳阶 (特列奇阶) 的底界	(120)
8.3	下志留统与中志留统的分界	(123)
9	笔石新种描述	(127)
附表	紫阳地区志留系及其上下笔石分带历程表	(129)
致谢		(135)
参考文献		(137)
英文摘要		(143)
图版说明		(149)
图版		

Contents

Introduction

1	Description of Stratigraphic Section	(1)
1.1	Lower and middle Silurian section in Bajiaokou, Ziyang	(2)
1.2	Middle Silurian bottom boundary section along channel mouth Xianzhonggou, Ziyang	(8)
1.3	Silurian bottom boundary section in hydrographic station Bajiaokou, Ziyang	(10)
2	Classification of the Ziyangian high resolution graptolite zone	(13)
2.1	Stimulograptus halli zone	(13)
2.2	Spirograptus guerichi zone	(16)
2.3	Spirograptus turriculatus zone	(21)
2.4	Monograptus crispus zone	(24)
2.5	Streptograptus exiguus zone	(26)
2.6	Monoclimacis griestoniensis zone	(26)
2.7	Torquigraptus tullbergi zone	(28)
2.8	Oktavites spiralis zone	(30)
2.9	Cyrtograptus lapworthi zone	(32)
2.10	Cyrtograptus sakmaricus zone	(36)
2.11	Cyrtograptus sp. nov. zone	(38)
2.12	Cyrtograptus insectus zone	(39)
2.13	Cyrtograptus centrifugus zone	(40)
2.14	Cyrtograptus murchisoni zone	(41)
2.15	Monograptus belophorus zone	(41)
3	Classification of the chitinozoan zone	(42)
4	Correlation of the graptolite biozone	(45)
4.1	Qiantangjiangian Stage (Ashgillian Stage)	(45)
4.2	Longmaxinian Stage (Rhuddanian Stage)	(55)
4.3	Dazhongbanian Stage (Aeronian Stage)	(59)
4.4	Ziyangian Stage (Telychian Stage)	(62)
4.5	Ankangian Stage (Sheinwoodian Stage)	(68)

4.6	Homerian Stage	(69)
4.7	Ludlow Series	(73)
4.8	Pridoli Series	(74)
4.9	Lower Devonian Series	(75)
5	Geological Events of Silurian in Ziyang	(77)
5.1	The optimum partition of elements and geological setting	(77)
5.2	Fifteen biotic events from Ashgillian to Wenlock	(79)
5.3	Nine geological events from Ashgillian to Wenlock	(90)
5.4	Relation between complicate characters of rhabdosome and peak events	(95)
6	Evolutinal lineages of some graptolite genera and species	(100)
6.1	Evolutinal lineage of <i>Atavograptus</i> in Longmaxinian Stage (Rhuddanian Stage)	(101)
6.2	Evolutinal lineage of <i>Rastrites</i> in Dazhongbanian Stage (Aeronian Stage)	(102)
6.3	Evolutinal lineage of <i>Spirograptus</i> in Lower Ziyangian Stage	(103)
6.4	Evolutinal lineage of <i>Rastrites</i> in Ziyangian Stage	(105)
6.5	Evolutinal lineage of <i>Oktavites</i> in Ziyangian Stage	(106)
6.6	Evolutinal lineage of <i>Stomatograptus grandis</i> in Ziyangian Stage	(107)
7	Evolutional characters of graptolite fauna from extinction – recovery to radiation	(110)
7.1	Extinction Interval	(110)
7.2	Survival Interval	(112)
7.3	Recovery Interval	(113)
7.4	Radiation Interval	(114)
8	Boundary-strata, artificial boundary or natural boundary	(119)
8.1	Silurian bottom boundary	(120)
8.2	Telychian bottom boundary	(120)
8.3	Boundary between Llandovery and Welock	(123)
9	Description of New Species	(127)
Appendix Table: Zonal ranges of graptolite species recognized in this study		(129)
Acknowledgments		(135)
References		(137)
Abstract in English		(143)
Plates Explanation		(149)
Pates		

1 地层剖面

在 1986 年紫阳志留系的总结报告中，我们记述了 5 条主要实测剖面。本项目对其中芭蕉口紫阳阶（特列奇阶）剖面（沿任河东岸公路边剖面）和仙中沟口中志留统安康阶（申吾德阶）剖面（沿任河西岸仙中沟口）（图 1.1）作了高分辨率地层研究工作，为了将详细划分的 13 个笔石带（包括中志留统 3 个带）6 个亚带起始位置进行标定，故将此剖面详述于后。另外，为了便于对紫阳整个志留系作生物复苏讨论，也将芭蕉口剖面（任河西岸）大中坝阶（埃隆阶）及其以前的地层剖面列出，并对其中几个笔石带的划分进行了厘定。

以下三个剖面可笼统称紫阳剖面或芭蕉口剖面，其关系为一条连续剖面的顶部或下部或沿任河的两岸（见图 1.2），沿川陕公路两侧分布，位于东经 108°3′，北纬 32°29′。剖面北距紫阳县城 15 km，在向阳镇之南 7 km 和芭蕉口乡之北 5 km（图 1.1）。

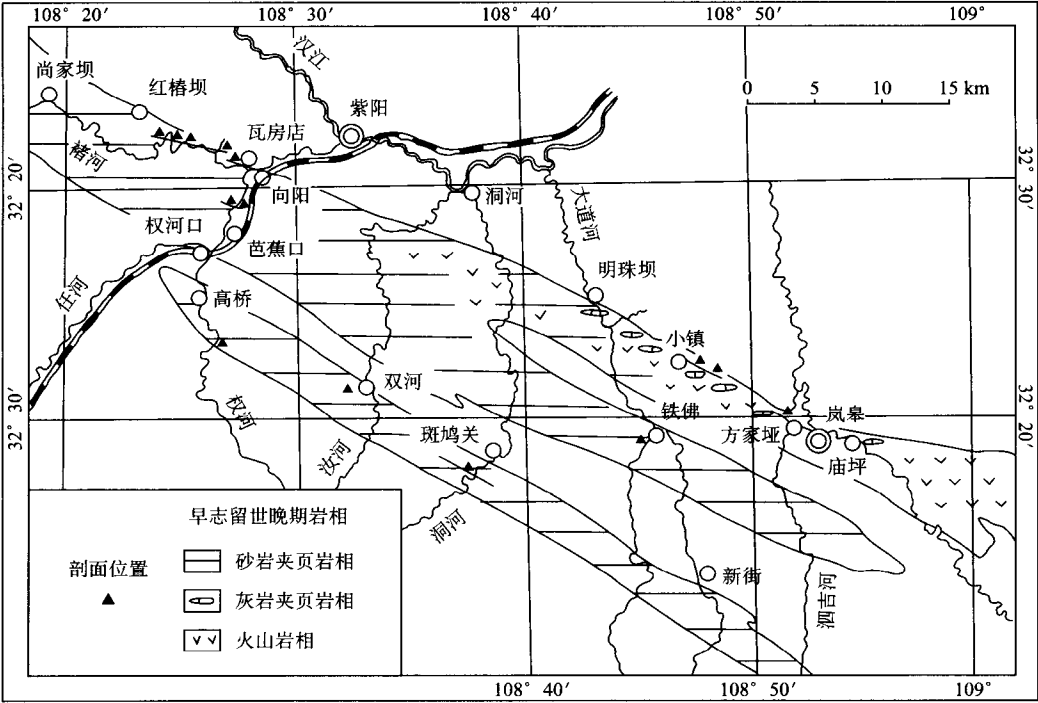


图 1.1 紫阳志留系剖面交通位置图

Fig. 1.1 Traffic and location of Silurian section in Ziyang region

1.1 紫阳芭蕉口下志留统紫阳阶至中志留统安康阶剖面

紫阳芭蕉口下志留统紫阳阶至中志留统安康阶剖面位于任河东岸公路边（图 1.2，1.3）。

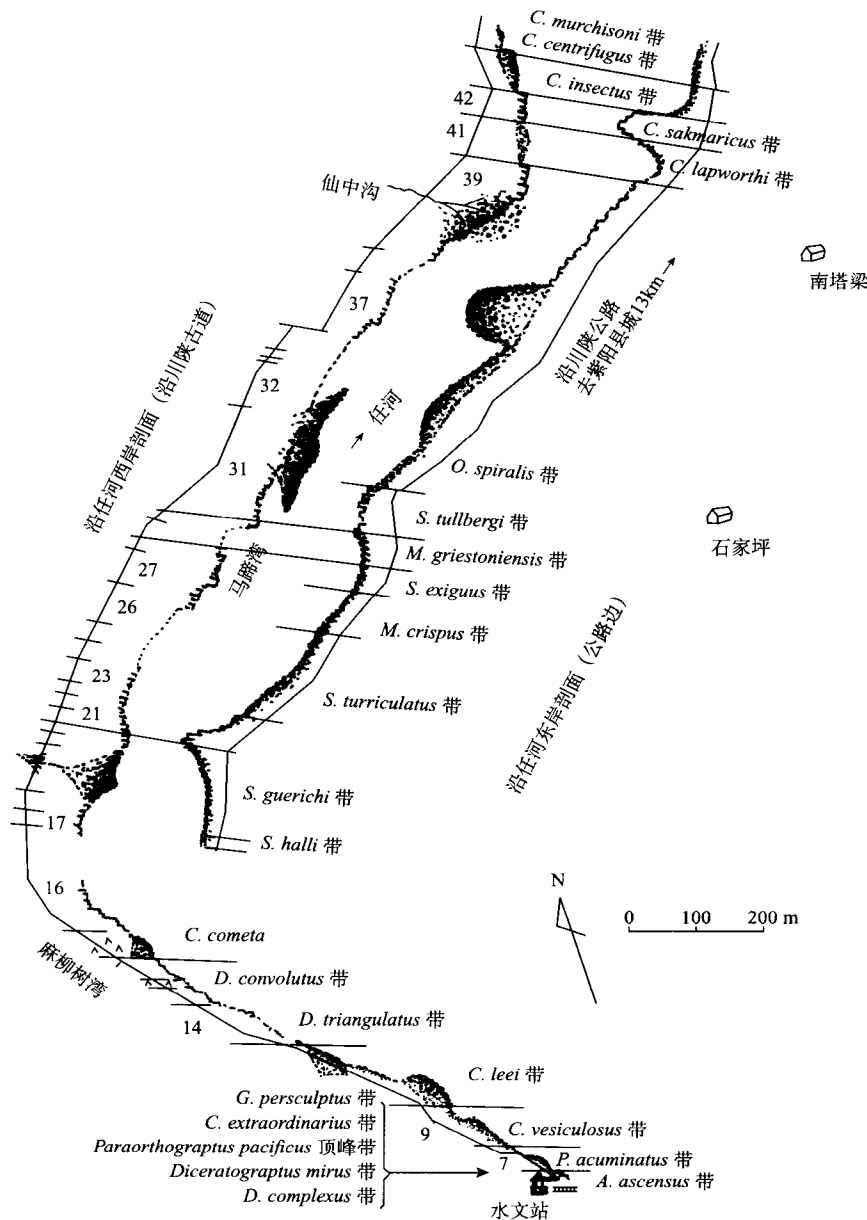


图 1.2 紫阳芭蕉口志留系平面图
Fig. 1.2 Plan of Silurian section along eastern and western banks of Ren river in Bajiaokou, Ziyang

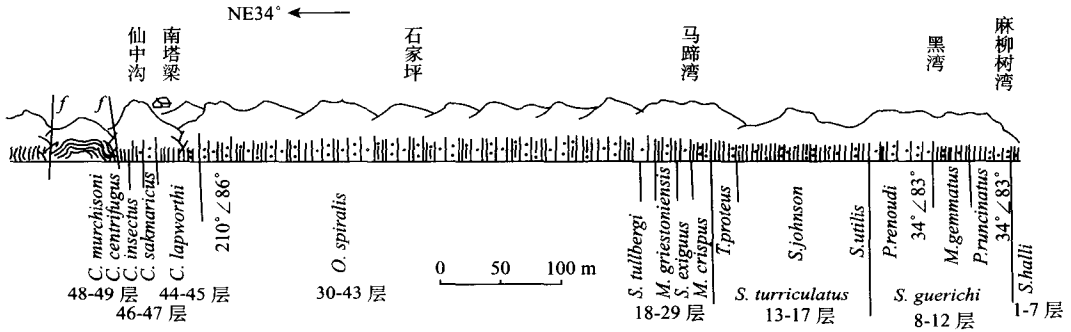


图 1.3 紫阳芭蕉口下志留统紫阳阶剖面图 (任河东岸沿公路)

Fig. 1.3 Ziyangian section along highway on the eastern bank of Ren river in Bajiaokou, Ziyang

断 层

仙中沟组 (S_2^1x)

49. 624 ~ 632 m 以浅灰色板岩为主, 局部夹砂岩薄层, 风化后可形成白色与灰色相间条带状, 富含笔石. 8 m
- 628 m 处产 *Cyrtograptus murichisoni* Carruthers, *Monoclimacis* sp. nov. 1
- 626 m 处产直长头足类 *Richardsonoceras* sp.
- 625 m 处产 *Cyrtograptus centrifugus* Boucek
- 624.8 m 处产 *Cyrtograptus solaris* Boucek, *C. bohemicus* Boucek
- 624.5 m 处产 *Cyrtograptus centrifugus* Boucek
48. 609 ~ 624 m 以灰色板岩为主, 夹薄层砂岩 25 m
- 615 m 处产笔石 *Cyrtograptus* sp., *Monograptus* sp., *Monoclimacis* sp., *Streptograptus* sp.
- 此层在河西岸采有 *Cyrtograptus insectus* Boucek, *Cyrtograptus* sp. nov. 1 (详见紫阳任河西岸的中沟口剖面)
47. 603 ~ 609 m 厚层砂岩夹板岩 6 m

整 合

吴家河组 (S_1^4w)

46. 576 ~ 603 m 块状砂岩 27 m
- 河西岸曾采到笔石 (F48) *Cyrtograptus sakmaricus* Koren, *Streptograptus minimus* Boucek et Pribyl, *Diversograptus pergracilis* Boucek
- 583 m 处产笔石 *Monograptus* sp., *Monoclimacis* sp.
45. 530 ~ 576 m 薄层砂岩与板岩互层, 局部夹含炭板岩, 风化后呈白色与灰色相间的条带 46 m
- 570 m 处产笔石 *Monograptus priodon* (Bronn), *Pseudoplegmatoraptus* sp.
- 569 m 处产笔石 *Monograptus priodon* (Bronn), *Torquigraptus. falx* (Suess), *Pristiograptus prantlin* Pribyl, *Monoclimacis* cf. *vomerina* (Nicholson), *Monoclimacis* sp.
- 460 m 处产笔石 *Pristiograptus prantlin* Pribyl, *Diversograptus pergracilis* Boucek
- 557 m 处产笔石 *Monograptus priodon* (Bronn), *Streptograptus* sp.
- 552 m 处产笔石 *Monograptus* sp.
- 543 m 处产笔石 *Monoclimacis* cf. *vomerina* (Nicholson), *Monograptus priodon* (Bronn) 此

层在河西岸采有 (F47) *Cyrtograptus lapworthi* Tullberg, *Stomatograptus grandis* (Suess), *Retiolites angustus* Elles et Wood, *Monograptus* sp., *M. priodon* (Bronn), *M. praecedens* Boucek, *Diversograptus* sp., *D. ramosus bohemicus* Boucek

无颌类汉阳鱼目 *Hanyangsiformis*

- | | | |
|---|-------------------------------|--------|
| 44. 521 ~ 530 m | 顶部一层中层砂岩, 中、下部为中—薄层砂岩、砂质板岩夹板岩 | 9 m |
| 43. 500 ~ 521 m | 厚层至块状砂岩, 中及下部夹中—薄层砂岩与板岩 | 21 m |
| 42. 494 ~ 500 m | 中—薄层砂岩夹板岩 | 6 m |
| 494 m 处产几丁虫 <i>Angochitina longicollis</i> Eisenack | | |
| 41. 479.6 ~ 494 m | 厚层砂岩与中—薄层砂岩互层 | 14.4 m |
| 40. 454 ~ 479.6 m | 中—薄层砂岩夹板岩 | 25.6 m |
| 河西岸大致相当此层采有笔石 (F45) <i>Monograptus priodon</i> (Bronn), <i>M. ronnebergensis</i> Hemmann, <i>M. praecedens</i> Boucek, <i>Monoclimacis geinitzi</i> Boucek, <i>M. vomerina</i> (Nicholson), <i>M. linnarsoni</i> Tullberg, <i>Torquigraptus spiraloidea</i> Přibyl, <i>T. cf. falx</i> (Suess), <i>Retiograptus angustidens</i> Elles et Wood | | |
| 39. 440 ~ 454 m | 厚层砂岩 | 14 m |
| 38. 383 ~ 440 m | 中—薄层砂岩夹板岩 | 57 m |
| 431 m 处产几丁虫 <i>Eisenachitina daozenensis</i> Geng | | |
| 37. 370 ~ 383 m | 中—厚层砂岩, 中部夹薄板状砂质板岩 | 13 m |
| 36. 242 ~ 370 m | 中—薄层砂岩夹板岩 | 28 m |
| 348 m 处产几丁虫 <i>Angochitina longicollis</i> Eisenack | | |
| 35. 329 ~ 342 m | 厚层—块状砂岩 | 13 m |
| 34. 276 ~ 329 m | 中—薄层砂岩夹板岩 | 53 m |
| 33. 261 ~ 276 m | 灰色块状砂岩 | 15 m |
| 32. 255 ~ 261 m | 黑色薄层砂岩与板岩 | 11 m |
| 259 m 处产几丁虫: <i>Grahnichitina</i> sp. | | |
| 31. 243 ~ 255 m | 灰色块状砂岩, 中部局部夹薄层砂岩与板岩 | 12 m |
| 30. 238 ~ 243 m | 灰色中—厚层砂岩夹薄板岩 | 5 m |

————— 整 合 —————

陡山沟组 (S_1^3d)

- | | | |
|--|--------------------------|-----|
| 29. 236 ~ 238 m | 中—薄层黑色含炭含硅板岩、砂岩互层, 富含笔石。 | 2 m |
| 238 处产笔石 <i>Torquigraptus tullbergi</i> (Boucek), <i>T. spiraloidea</i> (Přibyl), <i>Stomatograptus grandis</i> Suess, <i>S. girvanensis</i> Cocks et Toghil, <i>S. shiqianensis</i> Mu et al., <i>S. liantanensis</i> Mu, <i>Plegmatograptus obesus hexagonalis</i> Boucek et Munch, <i>Pseudoplegmatograptus</i> sp., <i>Monoclimacis griestoniensis</i> (Nicol), <i>M. vomerina</i> (Nicholson), <i>M. v. gracilis</i> Elles et Wood, <i>Monograptus priodon</i> (Bronn), <i>Oktavites spiralis</i> (Geinitz) | | |
| 237.5 m 处产笔石 <i>Torquigraptus tullbergi</i> (Boucek), <i>T. spiraloidea</i> (Přibyl), <i>T. arcuatus</i> (Boucek), <i>T. pergracilis</i> (Barrande), <i>T. curvus</i> (Manck), <i>T. yini</i> Lee, <i>Monoclimacis crenulata</i> Tornquist, <i>M. vomerina</i> (Nicholson), <i>M. v. gracilis</i> Elles et Wood, <i>M. griestoniensis</i> (Nicol), <i>M. directus</i> Zalasiewicz, Loydell et Storch, <i>Pristiograptus nudus</i> (Lapworth), <i>P. prantli</i> Přibyl, <i>Monograptus priodon</i> (Bronn), <i>M. clintonensis</i> (Hall), <i>Diversograptus pergracilis</i> Boucek, <i>Oktavites spiralis</i> (Geinitz) | | |
| 236.5 m 处产笔石 <i>Monoclimacis griestoniensis</i> (Nicol) | | |
| 236.3 m 处产笔石 <i>Stomatograptus girvanensis</i> Cocks et Toghil | | |

28. 233 ~ 236 m 厚层砂岩 3 m
27. 229.5 ~ 233 m 黑色含炭板岩及含炭砂岩, 中部夹一层中层状砂岩。富含笔石 3.5 m
上部形成笔石 *Monograptus marri* Perner 密集堆积层, 并有 *Oktavites interwidth* sp. nov.
231.5 m 处产笔石 *Cyrtograptus* sp., *Oktavites interwidth* sp. nov., *Monoclimacis griestoniensis* Nicol, *M. directus* Zalasiewicz, Loydell et Storch, *M. vomerina gracilis* Elles et Wood, *M. cf. vomerina* (Nicholson), *Stomatograptus sinensis* Wang, *S. shiqianensis* Mu et al., *S. girvenensis* Cocks et Toghill, *S. grandis* (Suess), *Plegmatograptus obesus hexagonalis* Boucek et Munch, *Torquigraptus curvus* (Manck), *T. spiraloïdes* (Pribyl), *Monograptus* sp., *M. priodon* (Bronn), *Pristiograptus pranli* Pribyl
229.6 m 处产笔石 *Oktavites interwidth* sp. nov. 丰富, 其中2个个体腹背宽较大, 达到 *O. spiralis* (Geinitz) 的宽度, *Stomatograptus liantaensis* Mu, *S. grandis* Suess, *Torquigraptus spiraloïdes* (Pribyl), *T. curvus* (Manck), *T. cavei* Loydell, *Monograptus priodon* (Bronn)
26. 228.3 ~ 229.5 m 厚层一块状砂岩, 上部夹一层黑色含炭板岩 1.2 m
25. 227 ~ 228.3 m 黑色含炭板岩与含炭砂岩, 笔石极丰富, 有 *Monoclimacis griestoniensis* Nicol, *Oktavites interwidth* sp. nov., *Cyrtograptus* sp. nov. 2, *Stomatograptus sinensis* Wang 1.3 m
24. 224 ~ 227 m 厚层一块状砂岩 3 m
23. 213 ~ 224 m 中一厚层砂岩夹板岩薄层, 221.5 m 处有层扁球形砂岩, 富含海百合茎, 中心圆点状, 风化后形成小黑洞 11 m
224 m 处黑色含炭板岩中含笔石 *Oktavites interwidth* sp. nov., *Monograptus priodon* (Bronn), *Diversograptus pergracilis* Boucek
216 m 处产几丁虫 *Eisenachitina daozenensis* Geng
22. 197 ~ 213 m 为薄层砂岩夹灰至深灰色薄板岩 16 m
213 m 处产几丁虫 *Eisenachitina daozenensis* Geng
212 m 处产笔石 *Monoclimacis griestoniensis* Nicol, *Monograptus priodon* (Bronn), *M. marri* Perner, *Torquigraptus* sp., *Pristiograptus artus* Boucek, *Oktavites interwidth* sp. nov.
206 m 处产笔石 *Streptograptus exiguus* (Nicholson), *Monograptus cf. priodon* (Bronn)
200.8 m 处产笔石 *Monoclimacis griestoniensis* (Nicol)
200 m 处产笔石 *Monograptus* sp.
21. 195 ~ 197 m 为黑板岩与层理发育不足的粉砂质板岩, 3m 内形成笔石 *Streptograptus exiguus* (Nicholson) 的密集堆积, 5 cm × 5 cm 面积中可达 116 个个体。还有少量 *Pristiograptus hutta* Loydell, *Monograptus priodon* (Bronn), *M. marri* Perner, *Torquigraptus cf. flagelaris* Tornquist 2m
196 m 处见有一个笔石 *Streptograptus cf. sartorius* (Tornquist)
20. 189.6 ~ 195 m 中薄层灰色砂岩夹黑色页岩 5.4 m
193.5 m 处产笔石 *Streptograptus exiguus* (Nicholson), *S. sp.*, *Monograptus crispus* Lapworth, *M. marri* Perner, *M. priodon* (Bronn), *M. cf. flagelaris* Tornquist, *Spirograptus turriculatus* (Barrande), *Torquigraptus proteus* (Barrande), *T. denticulatus* (Tornquist), *T. yini* Lee, *Rastrites gracilis* Pribyl, *Paradiversograptus capilaris* (Carruthers), *Pristiograptus nudus* (Lapworth), *Diversograptus rectus* Manck, *Pseudoplegmatoïdgraptus* sp.
192 m 处产笔石 *Monograptus crispus* Lapworth, *Torquigraptus* sp.
19. 180 ~ 189.6m 厚层砂岩夹薄板岩 9.6 m
183 m 处产笔石 *Streptograptus* sp.

- 182 m 处产笔石 *Monograptus* sp.
18. 166 ~ 180 m 黑色与浅灰色条带状板岩与粉砂质板岩互层 14 m
 175 m 处产笔石 *Monograptus crispus* Lapworth, *Streptograptus johnsonae* Loydell, *S. barrande* (Suess), *Torquigraptus denticulatus* Tornquist, *Pseudoplegmograptus* sp.
 173 m 处产笔石 *Monograptus crispus* Lapworth, *M. marri* Perner, *Spirograptus turriculatus* (Barrande), *Streptograptus exiguus* (Nicholson), *S. lobiferus* M' Coy, *S. plumosus* (Baily), *Monoclimacis galaensis* Lapworth, *M. cf. inhomotus* Pribyl, *Pristiograptus nudus* (Lapworth), *P. artus* Boucek, *Torquigraptus* sp., *T. arcuatus* Boucek et Pribyl
 169.6 m 处产笔石 *Spirograptus turriculatus* (Barrande), *S. guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Torquigraptus proteus* (Barrande)
 169.3 m 处产笔石 *Streptograptus johnsonae* Loydell
 168 m 处产笔石 *Spirograptus turriculatus* (Barrande), *S. guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Streptograptus johnsonae* Loydell
 166.5 m 处产笔石 *Torquigraptus proteus* (Barrande)
17. 157 ~ 166 m 灰色薄层砂岩与板岩互层 9 m
 165 m 处产笔石 *Streptograptus plumosus* (Gaily), *Torquigraptus denticulatus* Tornquist, *T. arcuatus* Boucek, *Pristiograptus* sp.
 162 m 处产笔石 *Streptograptus barrande* (Suess), *Torquigraptus curvus* Manck, *Petalolithus* sp.
 157.2 m 处产笔石 *Streptograptus johnsonae* Loydell
16. 141 ~ 157 m 中—薄层灰白色石英砂岩夹黄灰色薄板岩 16 m
 152 m 处产笔石 *Spirograptus turriculatus* (Barrande), *Streptograptus johnsonae* Loydell
 150 m 处产几丁虫 *Eisenackitina daozhensis* Geng
 148 m 处产笔石 *Spirograptus turriculatus* (Barrande), *S. guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Streptograptus johnsonae* Loydell, *S. barrande* (Suess), *S. filiformis* Chen, *Torquigraptus denticulatus* Tornquist, *T. curvus* Manck, *T. involutus* (Lapworth), *T. proteus* (Barrande)
 145.8 m 处产笔石 *Torquigraptus curvus* Manck
 141 m 处产笔石 *Spirograptus turriculatus* (Barrande)
15. 129 ~ 141 m 巨厚层砂岩 12 m
14. 120.5 ~ 129 m 灰色中—薄层砂岩与板岩互层 8.5 m
 129 m 处产笔石 *Spirograptus turriculatus* (Barrande); 几丁虫 *Eisenackitina rectangularis* (Zaslavskaya)
 127.8 m 处产笔石 *Streptograptus plumosus* (Baily), *S. johnsonae* Loydell, *Spirograptus turriculatus* (Barrande)
 125 m 处产笔石 *Streptograptus barrande* (Suess), *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin
 121 m 处产笔石 *Streptograptus johnsonae* Loydell, *Spirograptus turriculatus* (Barrande); 几丁虫 *Eisenackitina rectangularis* (Zaslavskaya)
13. 112 ~ 120.5 m 下部中层砂岩夹绿灰色板岩, 上部渐变为浅灰色板岩, 风化后略呈绿灰色 8.5 m
 117 m 处产笔石 *Pristiograptus* sp.
 112 m 处产笔石 *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Streptograptus plumosus* (Baily), *S. sp.*
12. 91 ~ 112 m 灰白色巨厚层石英砂岩 21 m
 111 m 处砂岩顶部灰色粉砂质板岩夹层中的黑色条带中产笔石 *Stimulograptus cf. utilis*

- Loydell, *S. halli* (Barrande), *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *S. turriculatus* (Barrande), *Pristiograptus nudus* (Lapworth), *P. pristinus* Pribyl, *Streptograptus johnsonae* Loydel, *Petalolithus hispanicus* (Habelfelner), *P. tenuis* (Barrande), *Metaclimacograptus scalaris* (Hisinger), *Glyptograptus elegans* Packham, *Torquigraptus cf. planus* (Barrande)
- 106 m 处产几丁虫 *Eisenackitina rectangularis* (Zaslavskaya)
- 100 m 处有厚 2 m 的黑白相间条带状页岩, 系由山顶岩石垮塌下来, 疑为 91 m 巨厚砂岩之下层位, 含丰富的笔石: *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Pristiograptus renoudi* (Philipport), *P. shucherti* Bjerreskov, *P. pristinus* Pribyl, *P. huttae* Loydell, *Stimulograptus halli* (Barrande), *Torquigraptus planus* (Barrande), *Metaclimacograptus scalaris* (Hisinger), *Glyptograptus supernus* Fu, *Monograptus gemmatus* (Lapworth), *Paradiversograptus runcinatus* (Lapworth), *P. capilaris* (Carruthers), *Petalolithus cf. hispanicus* (Habelfelner)
- 93 m 处产几丁虫 *Conochitina protracta* Zaslavskaya
11. 86 ~ 91 m 以灰色板岩为主, 夹薄层砂岩及含炭泥板岩 5 m
- 89.3 m 处产笔石 *Oktavites contortus* (Perner)
- 89 m 处产几丁虫 *Eisenackitina rectangularis* (Zaslavskaya)
- 88.3 m 处产笔石 *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Torquigraptus planus* (Barrande), *Pristiograptus* sp.
- 86.7 m 处产笔石 *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Pristiograptus nudus* (Lapworth)
10. 83 ~ 86 m 厚层砂岩夹板岩 3 m
- 84.7 m 处产笔石 *Petalolithus ovatus* (Barrande), *Demirastrites* sp.
9. 66 ~ 83 m 以深灰色板岩为主夹薄层砂岩 27 m
- 80.5 m 处产笔石 *Demirastrites decipiens* (Tornquist), *Streptograptus* sp.
- 73.2 m 处产笔石 *Petalolithus palmeus* (Barrande)
- 70 m 处产笔石 *Petalolithus clavatus* Boucek et Pribyl
- 69.5 m 处产笔石 *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *S. minutus* sp. nov., *Rastrites gracilis* Pribyl, *Pristiograptus pristinus* Pribyl, *Streptograptus* sp., *Demirastrites* sp., *Petalolithus* sp., *Monograptus gemmatus* (Lapworth), *Paradiversograptus runcinatus* (Lapworth)
- 68.2 m 处产笔石 *Torquigraptus planus* (Barrande)
- 66.7 m 处产笔石 *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin
8. 45.5 ~ 66 m 灰色厚层砂岩夹 10 层厚 20 cm 黑色含炭含硅板岩, 板岩中富含笔石 20.5 m
- 61 m 处产笔石 *Streptograptus barrande* (Suess)
- 60.8 m 处产笔石 *Paradiversograptus runcinatus* (Lapworth), *Streptograptus barrande* (Suess), *S. plumosus* (Baily), *Demirastrites decipiens* (Tornquist), *Monograptus cf. capis* Hutt, *M. bjerreskovae* Loydell, *M.* sp., *Pristiograptus nudus* (Lapworth), *Torquigraptus cf. planus* (Barrande), *Petalolithus altissimus* Elles et Wood, *P. conicus* Boucek
- 57 m 处产笔石 *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch et Melchin, *Paradiversograptus runcinatus* (Lapworth), *Oktavites contortus* (Perner), *Rastrites schauer* Storch et Loydell, *Streptograptus plumosus* (Baily), *Petalolithus altissimus* Elles et Wood, *P. cf. hispanicus* (Habelfelner); 几丁虫 *Conochitina longa* Zaslavskaya, *Eisenackitina rectangularis* (Zaslavskaya)

52.5 m、50.5 m、47 m、45.5 m 处，尚有 4 层 0.2~0.8 m 厚的含炭含硅板岩夹层，但未发现化石

—— 整 合 ——

斑鸠关组 (S_1^2b)

- 7. 36~45.5 m 灰色厚层砂岩夹粉砂岩，单层厚 0.5 m 9.5 m
- 6. 34~36 m 无层理暗绿色凝灰岩，局部结晶颗粒较大者外形似辉绿岩 2 m
- 5. 33~34 m 灰色中层砂岩，富含凝灰岩球粒 1 m
- 4. 31.5~33 m 无层理，暗绿色凝灰岩 1.5 m
- 3. 22~31.5 m 厚层状粉砂岩，富含凝灰岩球粒 9.5 m
- 2. -2.5~22 m 黄灰色薄砂岩、砂质板岩与板岩互层 24.5 m
 - 1.8 m 处产笔石 *Spirograptus minutus* sp. nov., *Stimulograptus halli* (Barrande), *Demirastrites decipiens* (Tornquist), *Torquigraptus involutus* (Lapworth), *T. planus* (Barrande), *T. curvus* (Manck), *T. cf. pragensis* Pribyl, *Streptograptus plumosus* (Baile), *Monograptus obtusus* Schauer, *Metaclimacograptus cf. scalaris* (Hisinger), *M. cf. undulatus* (Kurck), *Glyptograptus tamariscus* (Nicholson), *G. supernus* Fu, *Petalolithus palmeus* Barrande, *P. altissimus* Elles et Wood, *P. praecedens* Boucek et Pribyl
 - 2.5 m 处产笔石 *Spirograptus minutus* sp. nov., *Stimulograptus halli* (Barrande), *Demirastrites decipiens* (Tornquist), *Torquigraptus involutus* (Lapworth), *T. planus* (Barrande), *T. curvus* (Manck), *T. cf. pragensis* Pribyl, *Streptograptus plumosus* (Baile), *Monograptus obtusus* Schauer, *Metaclimacograptus cf. scalaris* (Hisinger), *M. cf. undulatus* (Kurck)
- 1. -5.5~-2.5 m 灰色块状生物碎屑灰岩，含藻、鲕粒和泥灰岩块 3 m

1.2 紫阳仙中沟口中志留统安康阶剖面

紫阳仙中沟口中志留统安康阶剖面位于任河西岸仙中沟口（图 1.4）。

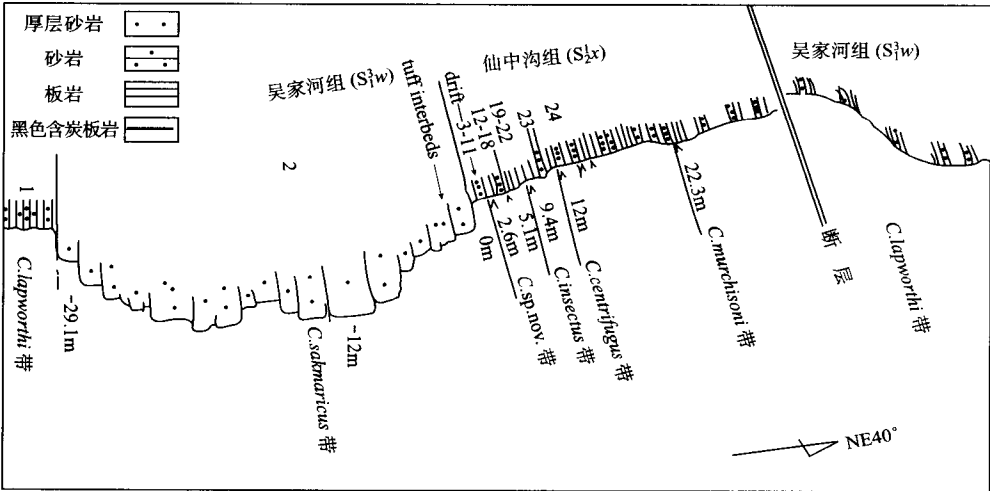


图 1.4 紫阳仙中沟口安康阶剖面图

Fig. 1.4 Plan of Ankangian section along channel mouth Xianzhonggou, Ziyang (western bank of river Ren)