

中国科学院 地质研究所集刊

第 7 号

科学出版社



076983

中国科学院 地质研究所集刊

5455/13

第 7 号



200380532

科学出版社

1994

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本集刊汇集了中国科学院地质研究所“七五”期间在地层古生物学、沉积学、矿物学、岩石学、地球化学、工程地质学和分析测试方法等方面的研究论文12篇。这些论文在研究方法、理论探讨或实际应用方面都有创新之处,可供有关高等院校的地质专业教师、高年级学生、研究生和地质勘探科研人员以及有关实业公司的经济技术人员参阅。

中国科学院 地质研究所集刊

第 7 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:1000717

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

*

1994 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1994 年 2 月第一次印刷 印张:18 插页:8

印数:1—450 字数:419 000

ISBN 7-03-003828-X/P.714

定价:18.00 元

目 录

西秦岭三叠系深水沉积的岩石学、沉积学、岩相古地理研究及其深水盆地的板块构造背景探讨.....	周 达 (1)
鄂尔多斯盆地晚三叠世沉积环境的演化.....	柯保嘉等 (33)
华南海西期地质演化与成矿.....	陈志明 (55)
中国铝土矿的特点及其应用.....	王连城等 (73)
山西孝义柳湾煤矿的高岭土、铝土矿和菱铁矿.....	曲永新 (97)
缺氧环境与黑色岩系中锰、磷、钡、铁矿种组合特征.....	王忠诚等 (118)
断裂新活动年龄研究与工程评价.....	李兴唐等 (133)
城市工程地质评价.....	王思敬等 (163)
中国东北太古宙层状超镁质-镁铁质杂岩的岩石学及地球化学	翟明国 (189)
四川南桐鱼田堡煤矿瓦斯中稀有气体 He、Ar 组分与瓦斯突出关系的研究.....	朱 铭等 (212)
皖南上震旦统蓝田组的宏体藻类化石——蓝田植物群的初步研究.....	陈孟莪等 (252)
沉积物搬运过程的水槽实验研究.....	单家增等 (268)

CONTENTS

Petrologic, Sedimentologic, Lithofacial and Paleogeographic Studies of Triassic Deep-water Sedimentation in Western Qinling Mts., and Preliminary Discussion on Its Plate Tectonic Settings.....	Zhou Da (1)
Evolution of Sedimentary Environments of Later Triassic in Ordos Basin.....	Ke Baojia et al. (33)
Metalization and Geologic Evolution during Hercynian in South China	Chen Zhiming (55)
Characteristics of the Bauxites in China and Their Applications.....	Wang Liancheng et al. (73)
The Kaoline, Bauxite, Siderite in the Liuwan Coal-mine, Xiaoyi County, Shanxi Province	Qu Yongxin (97)
Anoxic Environment and Mn, P, Ba, Fe Ore Associations Hosted in Black Shale Series.....	Wang Zhongcheng et al. (118)
A Study on Age of Recent Activity Faults and Their Engineering Evaluation	Li Xingtang et al. (133)
Engineering Geological Evaluation for Urbanization.....	Wang Sijing et al. (163)
Layered Ultramafic-mafic Complexes from the Archaean Craton of NE China: Petrology and Geochemistry.....	Zhai Mingguo (189)
The Reseach of Relation Between Rare Gas (He, Ar) and the Outburst of Gas in Yutianbao Coal Field, Nantong, Chongqing, Sichuan Province	Zhu Ming et al. (212)
Preliminary Study on the Algal Macrofossils——Lantian Flora from the Lantian Formation of Upper Sinian on Southern Anhui Province	Chen Meng'e et al. (252)
A Study of Flume Experiments on the Processes of Sediment Transportation	Shan Jiazeng et al. (268)

西秦岭三叠系深水沉积的岩石学、沉积学、岩相古地理研究及其深水盆地的板块构造背景探讨

周 达

引 言

研究区的西秦岭三叠系分布在甘肃省南部,东起凤县、两当一带,西经成县,在武都附近拐向北西,经官亭、宕昌、岷县至腊子口,向西撒开,截止于柴达木盆地南缘。所研究的三条剖面,分别位于临夏-合作、宕昌和两当(图 1)。各剖面地层的地方性名称、建造类型及时代对比见表 1。从表 1 可知,区内只有下、中三叠统,缺失上三叠统。三叠系与下伏二叠系之间为整合接触,侏罗系陆相红层不整合在前侏罗纪地层之上。

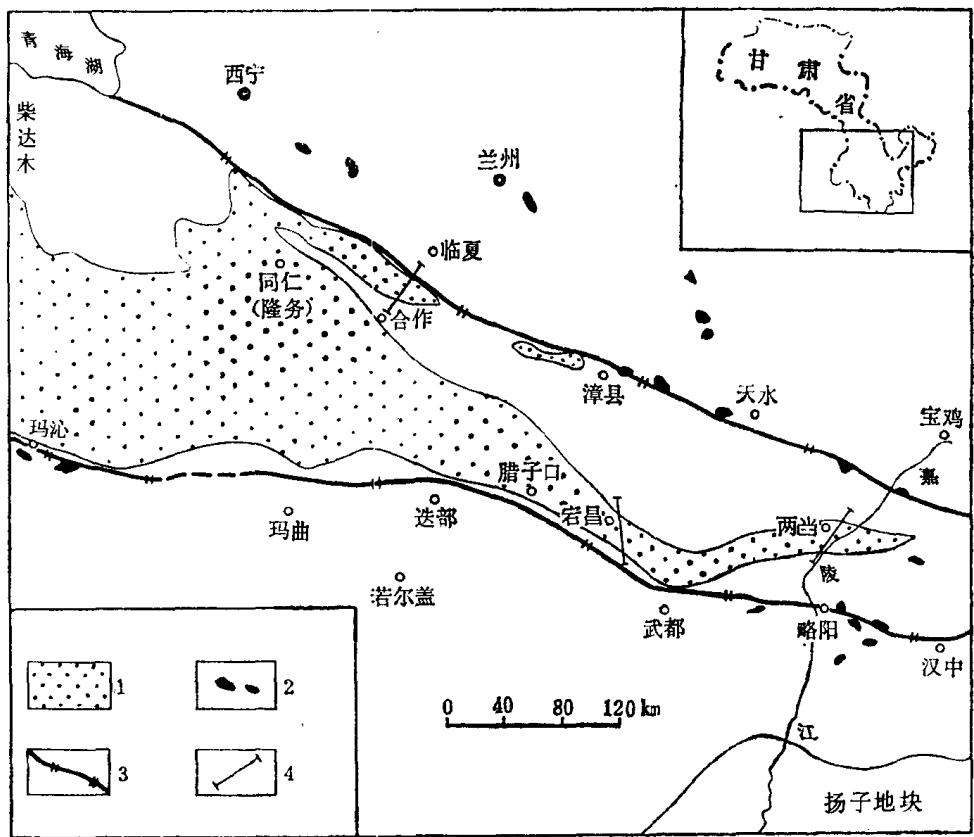


图 1 西秦岭三叠系分布范围及剖面位置

1.三叠系露头区; 2.超基性岩; 3.深大断裂; 4.剖面位置

表 1 西秦岭三叠纪地层及建造类型对比表

	两 当		宕 昌		合作-临夏
J ₁₋₂	内陆含煤碎屑建造		断陷盆地含煤红层		紫色含煤红层、熔岩、火山碎屑岩
T ₃			不整合		缺失
			缺失		不整合
T ₂	缺失		不整合		T ₂ ^b : 砾岩、长石砂岩、含砾砂岩夹板岩、泥灰岩 1 194m
	不整合		Tg ^c : 与 T ^b 相似 940m Tg ^b 复理石碎屑建造 >2 000m		T ₂ ^a : 长石砂岩、板岩、砾状灰岩、灰岩、板岩 2 108m
T ₁	留凤关群	任家沟组 (T _{1rn}): 灰岩、钙质粉砂岩、板岩 3 194m 西坡组 (T _{1x}): 灰岩、粉砂岩、板岩 1 373m	官亭群	Tg ^{a-2} : 薄—中层微晶灰岩, 夹灰质角砾岩、灰质砾岩 300m Tg ^{a-1} : 薄板灰岩夹少量灰质角砾岩、砾岩, 夹砂岩、粉砂岩和板岩 >1 760m	隆务河群 T ₁ ^b : 砂岩、板岩、含砾砂岩、含砾灰岩夹凝灰岩 3 534m T ₁ ^a : 灰杂色砾岩, 中粗粒长石石英砂岩, 粉砂岩、钙质岩、薄层灰岩、板岩 2 916m
P	十里墩组	粗复理石建造 100—680m	P ₂	硅质条带灰岩, 中薄—厚层灰岩 270m	P 砂岩、板岩、灰岩、灰质砾岩 >4 347m

西秦岭地质构造复杂, 它处于扬子地台、华北地台和祁连山加里东造山带(暂统称为北方陆块)及松潘-甘孜造山带之间, 属于南秦岭印支冒地槽褶皱带(黄汲清等, 1980), 其北界是青海湖-北淮阳超岩石圈深大断裂, 南界为东昆仑-玛沁-略阳超岩石圈深大断裂, 沿断裂带有超基性岩及混杂岩分布(图 1)。

西秦岭三叠系是印支旋回晚期大陆边缘沉积, 以具复理石特征的深水沉积为主, 是造山带沉积建造中最重要的组成部分。其深水沉积性质的确定、物源性质及方位的研究, 对于恢复古地理, 特别是对确定古斜坡方向、古大洋的存在及其与古大陆的相对位置关系、所属大陆边缘的活动性等方面提供了有力的证据, 进而为再造秦岭造山带的板块构造格局及演化提供地质依据。

作者运用现代沉积学理论和新全球构造理论, 通过对西秦岭三叠系的岩石学、岩相及相组合的研究, 了解其主要的沉积作用过程, 恢复沉积环境和古地理, 详细研究了沉积构造, 物源性质及方位, 结合物质成分特点和区域地质情况推测西秦岭三叠系复理石盆地形成的板块构造背景。

一、岩石类型

采用 Pettijohn (1975) 的分类, 将西秦岭三叠系的沉积岩划分为下述主要类型。

(一) 灰 岩

(1) 微晶灰岩 方解石矿物含量>95%, 方解石晶体粒径<0.05mm, 颗粒边界有少量

泥质斑点聚集,系重结晶作用产生。手标本呈深灰色、微晶、均匀块状。该类岩石为薄层微晶灰岩相的主要组成岩石,官亭群和留凤关群中很发育,临夏地区则较少。

(2) 含陆屑微晶灰岩 手标本与微晶灰岩相似,显微镜下可见到微晶方解石中散布少量陆源粉砂及细砂,成分主要是石英,含量为10%—50%。这是灰岩和陆屑岩石之间的过渡类型岩石。该类岩石常产出在微晶灰岩与具浊积岩特征的陆源碎屑岩互层的层序中,表明其中的微晶灰泥与微晶灰岩的成因相同,为原地背景沉积,而其中的陆屑则系浊流带入的混入物。

(3) 异地石灰岩 西秦岭三叠系陆源碎屑浊积砂岩中夹有许多明显具重力流特征的灰岩层,这里统称之为异地石灰岩。其颗粒主要由砂级和细砾级灰屑组成,往往比互层的陆源砂屑岩粗。当两种颗粒共存于同一岩石时,也表现出灰屑比陆屑粗得多(照片1)。灰屑多显示有先成的鲕粒结构、球粒结构和骨架结构(照片1,5),指示大量灰屑的母岩为浅水台地相灰岩。灰屑颗粒呈棱角状和次棱角状,占碎屑颗粒的80%以上。其它碎屑包括细石英屑、长石屑等。灰泥基质普遍经受重结晶作用。灰屑颗粒边界可因成岩压碎或重结晶而遭破坏,变为与基质呈过渡状态(照片2)。粗砂级异地灰岩单层厚一般为30—70cm,含细砾较多的异地灰岩层厚可达1m以上。

(二) 砾 岩

基于碎屑化作用的营力或作用分类(Pettijohn, 1975),研究区主要有三种砾岩:正砾岩、副砾岩和滑塌角砾岩。

1. 正砾岩

区内的正砾岩都是石灰岩砾岩,石灰岩砾石含量超过80%,官亭群只有Tg¹⁻²段中偶夹几层,而临夏-合作剖面上的隆务河群中则十分发育。

官亭群中见到的石灰岩砾岩,成分单一,几乎全由微晶灰岩砾石组成,含少量具鲕状结构的灰岩砾石。砾石磨圆很好,呈椭球形;少量灰质基质。砾级自单一的砾岩层的底部向上变粗,底部为细砾,向上变为中砾至巨砾。底部具平行层理,向上层理消失而呈块状(照片11)。该砾岩下伏及上覆岩层均为薄—中层微晶灰岩,成分与砾岩的砾石成分相同。

隆务河群出露多层巨厚的石灰岩砾岩。多数砾岩层的砾石成分单一,几乎全由灰岩砾石组成,少数几层含有少量陆源砾石,成分为燧石。多数灰岩砾石具有先成的碎屑结构,碎屑类型有微晶灰岩内碎屑、方解石晶屑、生物骨屑和少量石英屑,亮晶胶结。较完整的生物骨屑以瓣化石为主,少量腕足类、介形虫(照片3,4)。显然,砾石由浅水成因的异化粒灰岩破坏而形成,母岩形成于晚古生代,早三叠世遭受破坏,再沉积而形成该套砾岩。灰岩砾石以中—巨砾为主,有的直径达数米,几乎不具磨圆,砾石支撑结构,填隙物为灰质细砾、陆屑砂,总体上砾岩呈块状构造。

2. 副砾岩

陆源砾石占多数,成分为燧石和石英,少量长石和长英质碎屑。细砾至中砾,以小砾为

主,磨圆很好,多呈卵形。陆源砾石中散布中砾以上灰岩砾石,灰砾原岩为砂状结构,砾石略磨圆。基质含量高达20%—40%,主要成分是陆源砂和泥,砾岩呈基质支撑结构。具反向—正向逆变,顶部砾石定向排列,顶底面不规则,顶面有砾石突出(照片13)。该砾岩在临夏-合作剖面上的完朵滩一带出露,单层厚约1m,连续几十层叠置,或夹有浊积砂岩。其下为很厚的黑色泥岩和板岩夹浊积砂岩,其上为浊积砂岩和灰岩砾岩。

3. 滑塌角砾岩

角砾多大部分为薄层微晶灰岩或中层微晶灰岩,来自角砾岩层之下的薄—中层微晶灰岩。微晶灰岩因滑塌作用而破碎,形成弯曲的板条状、弯钩状角砾(图2)。微晶灰岩角

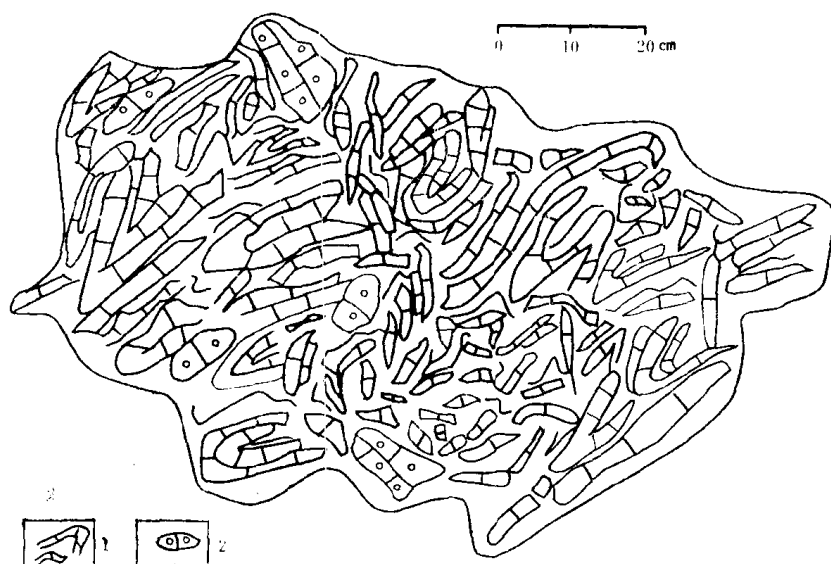


图2 滑塌角砾岩素描(宕昌甘江头)

1. 薄层微晶灰岩角砾; 2 钵状灰岩砾石

砾中散布少量磨圆好、灰白色、具钵状结构(照片7)的浅水成因灰岩砾石。所采样品经薄片观察和酸蚀处理发现,微晶灰岩不含化石,而钵状灰岩含古生代化石,经北京大学地质系杨守仁副教授鉴定结果如下:

样品 GC-1

Tetragonocyclicus? sp. (方圆茎属海百合),时代为石炭纪

Bairdiacypris sp. (金星土菱介属介形虫),时代为泥盆纪—二叠纪

样品 GC-2

Tetragonocyclicus sp. 时代为石炭纪

Cyclocyclicus sp. (圆茎属海百合),时代为奥陶纪—三叠纪。倾向确定时代为石炭纪。

这表明,微晶灰岩角砾和钵状灰岩砾石的母岩不仅形成环境迥异,形成的时代也不同。前者是下伏的早三叠世微晶灰岩经准原地破碎形成的,后者是石炭纪浅水环境形成的灰岩在早三叠世遭受破碎而形成的,相对沉积区为外来岩块。

该角砾岩为砾石支撑结构或砾石镶嵌结构(图2),含少量细的灰屑、陆屑填隙物、内

部无规则组构。顶底面为突变接触,垂向上无变化。角砾岩层夹于正常的中一薄层微晶灰岩层之间。滑塌角砾岩仅发育于官亭群和留凤关群下部薄层微晶灰岩层系中,单层厚1—5m。类似的岩石在阿巴拉契亚 (Mcbride, 1962) 和西纽芬兰(Hiscoff and James, 1985) 都有产出。均由滑塌作用形成。

(三) 砂 岩

按照 Pettijohn(1975)的砂岩分类方案,首先按基质含量(15%为界)将砂岩分成砂岩(基质<15%)和杂砂岩(基质>15%),然后依碎屑的石英、长石和岩屑相对含量细分。基质有多种成因,一般可区分出原基质、正基质、外基质和假基质(Pettijohn, 1975)。原基质限于碎屑粘土,正基质指重结晶后的原基质,外基质是砂级颗粒成岩蚀变产物,假基质则是岩屑变形造成的假象。研究区内杂砂岩的基质为灰泥质原基质和正基质。这种成因的灰泥基质和硅质基质同样可以反映流体的性质,故这类基质含量超过15%的岩石在这里也称作杂砂岩。

1. 长石杂砂岩

长石碎屑以碱性长石为主,少量斜长石,细粒岩石中斜长石可超过碱性长石。长石含量可占碎屑的40%—50%;其次是石英,单晶为主,部分具波状消光,少数含气液或磷灰石等矿物包裹体,占碎屑的30%—50%;其他碎屑为浅变质岩屑、灰屑、白云母等,含量一般低于10%;基质含量可高达30%,以细粉砂、泥和灰泥为主要成分。碎屑呈次棱角—棱角状,分选中等,基质支撑。该类岩石的成分成熟度和结构成熟度均低。西秦岭三叠系中一厚层、中一细粒浊积岩主要由该类岩石构成。

2. 石英杂砂岩

石英碎屑占碎屑的90%以上,单晶,少数含气液包裹体;细砂为主,次棱角至次圆状。其他碎屑主要是长石,少量白云母及岩屑(浅变质岩和灰岩岩屑)。基质含量较高(20%—30%),以泥和灰泥为主,基质支撑结构。该类岩石显示高的碎屑颗粒矿物成熟度,但同时具有低的结构成熟度,反映了再沉积性质。此类岩石是薄—中层细粒浊积岩的主体成分。

3. 岩屑长石杂砂岩

石英含量占碎屑的50%,岩屑为浅变质岩(石英绢云千枚岩、云母石英片岩、含石英泥质板岩)和灰岩屑,占20%左右;长石含量可达40%,特征与长石杂砂岩相同;结构特征与长石杂砂岩相同。灰屑占多数时,岩屑一般超过50%,其他岩屑明显减少,本文将其归入异地石灰岩。岩屑长石杂砂岩在研究区内较少,仅出现于很厚的块状砂岩层。

4. 粉砂岩和泥岩

粉砂岩中碎屑大部分是石英,可含少量长石。石英全为单晶,次棱角—棱角状。基质含量一般为40%,其中灰泥含量可占80%。当碎屑含量降低,粉砂岩就向泥岩和泥灰岩过渡。浊积岩上段的细粒部分常由粉砂岩组成,顶部则出现泥岩、泥灰岩和灰岩。泥岩、页

岩也以很大的厚度单独连续出露,官亭群 Tg^b 段泥、页岩为灰色、灰黑色,夹薄的坚硬的细砂岩,隆务河群中泥岩、板岩为黑色,连续出现厚度达几百米。

综上所述,西秦岭三叠系岩石有以下主要特征:

1) 碳酸盐岩全部为灰岩,大部分是纯的微晶灰岩,其次是异地石灰岩及含陆屑的过渡类型灰岩。

2) 砾岩和角砾岩很发育,石灰岩砾岩、角砾岩占绝大部分,只有少量陆源砾石为主的砾岩。

3) 砂岩大部分属于杂砂岩类,碎屑成分以石英为主,长石次之,岩屑少见,且多为灰屑,基质为泥质和灰泥质,硅屑基质少。碎屑颗粒多为次棱角—棱角状,陆源碎屑以中—细粒砂为主;成分成熟度范围较宽,薄层细粒杂砂岩的成分成熟度偏高,厚层中粒杂砂岩,尤其是灰屑含量较高的杂砂岩的成分成熟度偏低;结构成熟度普遍低。

4) 细粒岩石以黑色泥岩、灰色泥岩、页岩和泥灰岩为主要类型。

5) 各种陆源碎屑岩中灰泥含量普遍高。

二、相与沉积环境

(一) 几个术语的含义

这里讨论的“相”指的是岩相。岩相是根据岩石的特征定义的岩石单位,这些岩石特征包括成分、粒度、层理和沉积构造。这里采用 Mutti 和 Ricci Lucchi (1978) 的定义,即相(更确切地说岩相)在这里表示一组地层,或一个单层(不很通常),它们具有确定的岩性、结构、层理和沉积构造。

相组合是两个或更多的相在更广阔空间的组合,这些相在成因上或环境上相互关联,具有经常共生的沉积特征 (Mutti and Ricci Lucchi, 1978; Reading, 1986; Miall, 1984)。

相通常只反映某种沉积机制,其组合特征表现出它所反映的沉积作用的时空变化,因而提供了环境解释最重要的素材。

沉积环境是指“在物理、化学和生物学上均有别于相邻地区的一块地球表面”(刘宝珺, 1980)。

(二) 沉积构造

相的划分在很大程度上取决于沉积构造的类型及其组分变化。因为相分析的目的在于解释沉积岩的沉积作用和沉积环境,而沉积构造最能反映沉积作用,且最不易受成岩作用的歪曲。基于上述理由,在确定各个相之前,首先要详细描述和划分沉积构造类型。

以下主要叙述沉积物沉积过程中及固结前形成的构造。西秦岭三叠系主要沉积构造类型有下列两种。

1. 流动成因构造

在沉积物的搬运和沉积过程中,由于介质的流动,在沉积物的内部及表面形成的构造

属于流动成因构造,这类沉积构造对流动介质的水动力条件最具指示意义,因而在相分析和环境解释中最为重要。

A. 层理构造

(1) 块状层理 层内物质均匀,组分和结构上无差异,不显细层构造。研究区内厚层(>1m) 浊积岩的下半部,甚至全部往往呈块状;颗粒流成因的粗砂或细砾岩常显示块状层;灰砾正砾岩宏观上呈块状构造(照片 9)。

(2) 递变层理 三叠系中发育有正、反递变层理。薄—中层、中—细粒砂岩只发育正递变,由底部中—细粒砂向上变为粉砂和泥,顶部可出现灰岩或泥灰岩(照片 10),可用鲍马序列描述,沉积作用机制为浊流。砾岩或含砾粗砂岩等粗粒重力流沉积常显示反递变(照片 11;图 7),也发现有正递变构造。正或反递变构造的形成与否和流体性质有关,离散度高的浊流,其碎屑颗粒的悬浮机制为涡流,沉积过程中颗粒的重力分异造成正递变;离散度低或高聚集度的重力流(如碎屑流、颗粒流),其碎屑颗粒的悬浮机制为颗粒碰撞、基质强度和基质浮力等 (Lowe, 1979; Reading, 1986; Middleton and Hampton, 1976)。其共同特点及与浊流的本质差别在于颗粒接触支撑而非水流悬浮。这种支撑结构的重力流在运移过程中,由于“动力筛”效应造成大颗粒上升,而其沉积过程是整体在瞬间完成的,重力分异不起作用或可忽略,因而运移过程中形成的反递变被“冻结”在沉积物中。典型序列如图 3 所示。至于粗粒非浊流重力流沉积正向递变构造的形成,是因为该重力流在运移过程中由块状流解体,粗的碎屑率先到达沉积区,而细的碎屑滞后沉积,即重力分异又起作用造成的。

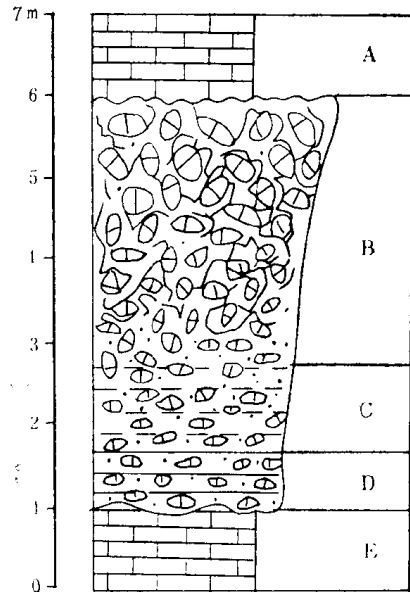


图 3 宕昌邓邓桥 T²-2 段中灰砾碎屑流沉积垂向序列

A. 中、薄层微晶灰岩; B. 不具纹层砾石支撑反递变灰砾砾岩段; C. 略具平行纹层灰砾砾岩段; D. 具平行纹层灰砾砾岩段; E. 中、薄层微晶灰岩

(3) 水平层理和平行层理 水平层理主要产出在细碎屑岩和泥灰岩中,细层只有零点几至几毫米,延伸连续而稳定。浊流末稍悬浮物沉积和安静水体中的背景沉积均发育水平层理(照片 10, 14)。平行层理一般产于砂岩中,是浊积岩鲍马序列 b 段的特征构造,反映上部流态平坦底床沉积。

(4) 交错层理 发现三种类型: ① 流水沙纹层理,其细层单向倾斜,形态规则,层系厚不足 3cm,产于细砂层与泥岩层呈韵律交替的岩系中。其中一种层理平直(照片 14),另一种砂层底部平坦,顶部保存波浪状态(照片 15)。这种交错层理可由安静水体中泥岩沉积(如深水背景沉积)和底流(如等深流、大洋底流)作用形成的砂、粉砂交替进行而产生,砂或粉砂供应缺乏。② 波状交错层理至爬升波痕层理,在隆务河群以鲍马序列 b 段开始的浊积岩中极为发育,官亭群中薄层细粒浊积岩中也常见。其形态复杂多变,细层不规则,层系厚常大于 5cm。沙纹不仅向前迁移,而且同向上营建就形成这种交错层理,反

映物质供给充分。 该种交错层理在阿巴拉契亚的 Martinsburg 组复理石中 (Mcbride, 1962)、亚平宁的 Marnoso 砂岩复理石中 (Mutti and Ricci Lucchi, 1978) 和西班牙瓦斯康加达斯省祖马亚附近古新统复理石中 (Pettijohn, 1972) 均很常见。③ 似丘状交错层理, 见于隆务河群砂岩泥岩交替的岩系, 该岩系不适于用鲍马序列描述。砂岩段可在相互垂直的切面上见到波状交错层, 其底面渐变, 顶面界限分明, 交错纹层呈对称的弧形, 但上弧变宽, 两侧倾角变缓。丘高 5—10cm, 分布间距小于 1m, 与丘状交错层的重要差别在于底面没有侵蚀截切面, 分布间距小。推测其形成与振荡水体有关, 如深部底流扰动或浊流过后的水体振荡。

(5) 砾石定向 研究区内砾岩一般表现为不规则组构, 但也有些砾岩层显示砾石定向排列。官亭群滑塌砾岩中局部显示砾石叠瓦排列, 完朵滩反递变基质支撑砾中板状灰岩砾石平行层面排列(照片 12), 隆务河群中的灰岩砾石其长轴与流动方向平行排列(照片 26)。

B. 层面构造

(1) 冲蚀面 研究区重力流沉积层底面一般难以见到不规则的面, 只在几个露头上的粗粒岩层底面上出现。

(2) 槽痕(模) 是工作区最引人注目的沉积构造, 也最具古流向指示意义。槽痕不易见到, 多呈月形凹坑(照片 16)或不规则的长形凹坑(照片 17)。槽模比槽痕常见得多, 一般在底面上成群出现, 是一些规则的舌状突起, 突起高的一端呈球形, 另一端变低、变宽, 并入底面, 尖而高突的一端指向上游(照片 18、19)。模的大小和形状有许多变化, 一般以浑圆的舌状为主, 也有宽而扁的, 有的甚至只表现为弧形阶梯。大小宽 1cm, 长 2—3cm 至宽 5cm, 长 10cm 以上。为研究槽模长度与其所在岩层层厚的关系, 系统地测量了一些数据(表 2)。用最小二乘法求得模长 (Y) 和层厚 (X) 的线性方程为: $Y = 2.27 + 0.066X$, 其相关系数 $r = 0.59$, 查相关系数表得临界值为 0.553 (自由度为 $n - 2 = 11$, 检验水平 $\alpha = 0.05$), 因为 $|r| = 0.59 > 0.553$, 故在检验水平 5% 的情况下, 可以认为 X 与 Y 之间存在上述方程表示的线性关系(图 4)。

表 2 槽模长度和岩层厚度数据表

层厚 (cm)	15	30	40	50	35	90	35	40	80	70	45	18	80
模长 (cm)	3	4	5	8	6	10	8	3	5	4	2	3	10

两者的正相关可作如下解释: 层厚由携带沉积物浊流的能量大小决定, 两者成正相关, 槽模大小反映冲蚀强度, 也同浊流能量大小成正相关, 因此层厚和槽模长度也成正相关。

(3) 纵向沟脊(模)和纵向沟脊(模)-槽痕(模)复合构造: 纵向沟脊是 Dzulynski (1965) 用来表示平行水流方向形成的紧密排列纵向连续痕迹的术语。 官亭群浊积砂岩底面常出露纵向沟脊模, 规则分布的窄的脊由宽缓的沟分隔开(模则呈现出窄的沟被宽缓的脊分隔开), 间距为 3—5cm, 最常见的是 1—3cm。这些脊可平行延续很长距离, 但有的则合并, 合并方向指向下游(照片 21)。槽模有时与纵向沟脊模共生, 宽的沟模上发育

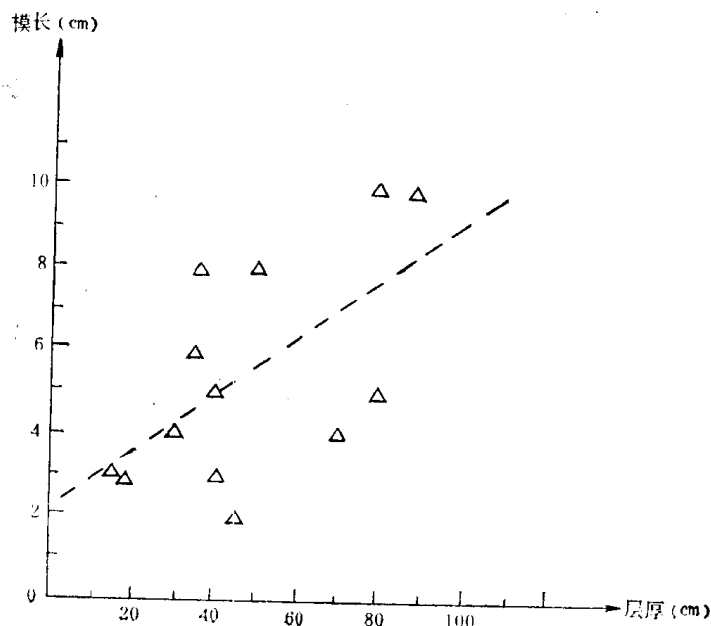


图 4 层厚与槽模长度的线性关系

一系列槽模(照片 20),这时纵向沟脊模经常合并而呈羽状,进一步强化就过渡为标准的槽模(照片 19)。这一现象暗示纵向沟脊由与形成槽模不同的水流状态形成,且两可相互过渡。纵向沟脊模只发育于缺失鲍马 a 段的中层细砂浊积岩,与之伴的相似的岩层多见工具模,而槽模更常见于中粒中-厚层砂岩中,这一事实说明,形成纵向沟脊的水流强度比形成凹槽的水流要弱,前者以层流为主,后者为涡流。

(4) 沟痕(模) 一种连续的工具痕(模),表现为长而直的沟或脊(照片 23, 24),是由浊流挟带的刻蚀工具(泥块、砂粒、树枝等)在沉积物表面拖曳刻蚀出来的。除非见到保留下来刻蚀工具,沟痕(模)不能指示古流向,只指示流动走向。研究区内沟痕模出露不多,只见于几处中层中细粒浊积岩层面上。

(5) 压刻痕(模) 露头上只见到戳模、刷模、跳模和沟模共同成群出现(照片 23, 24)。

2 准同生变形构造

(1) 重荷模 浊积成因的粗细交替的复理石特别有利于这种构造的产生(照片 27)。

(2) 滑动和滑塌构造 指已沉积的沉积层在重力作用下顺坡运动所形成的各种变形构造。该构造局限于一定的层位内,上下皆为完好的正常沉积层。依变形物质的连续性可将此构造分为两类: ① 连续的构造: 沉积物顺坡蠕变滑动而形成的同生褶皱(照片 29),其规模小,仅涉及一个沉积层。隆务河群土门关附近发育,变形层为细砂、粉砂岩层。② 离散的构造: 滑动距离较大,涉及多个层,较远的运动导致层被破坏,产生同生角砾。官亭群薄层微晶灰岩层序中夹有许多层滑塌形成的角砾岩,其中薄层灰岩破碎成板片状、弯曲的板条和无根褶曲状角砾(照片 30;图 2)。

如上所述,西秦岭三叠系发育的沉积构造有两个突出特点: ① 缺乏只形成于浅水的沉积构造,但这些构造在已知的深水复理石中却经常出现; ② 由重力流作用形成的沉积

构造为主,指示搬运及沉积区长期存在有较显著的坡度。

(三) 相与沉积作用

西秦岭三叠系包含多种多样的深水沉积,从崩落-滑塌堆积、碎屑流沉积、浊流沉积、深海底流沉积到静水沉积,几乎包括了深海沉积作用谱系中所有类型。

相 A 灰砾角砾岩相

该相在官亭群 T^a 段和留凤关群中发育,其特征是: ① 角砾绝大部分是板条状微晶灰岩,其中散布着一些具鲕状结构的灰岩岩块;微晶灰岩板条来自角砾岩层之下的薄层微晶灰岩,而鲕状结构的浅水灰岩含石炭纪海百合和介形虫化石; ② 角砾和砾石紧密镶嵌堆积,缺少细的基质,板条状角砾常呈扭曲状、弯钩状(照片 30; 图 2); ③ 角砾岩相上下

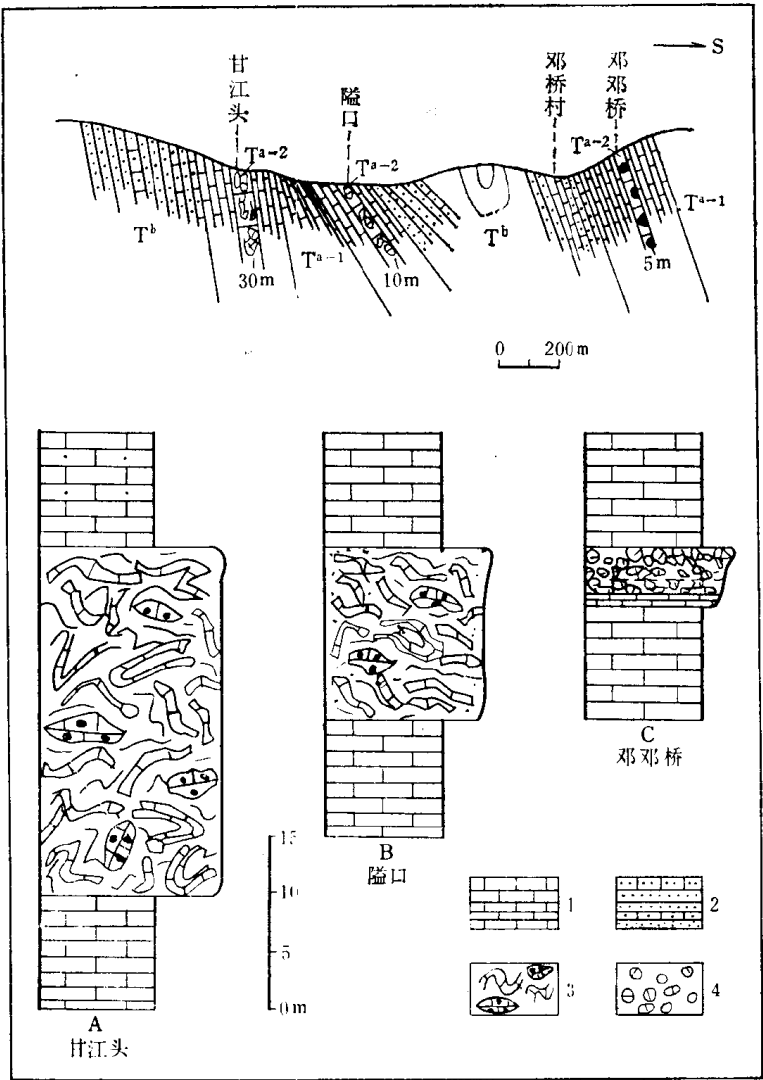


图 5 滑塌角砾岩相横向上变为灰质砾岩相

1. 薄—中层微晶灰岩; 2. 浊积砂岩、粉砂岩; 3. 滑塌角砾岩; 4. 滑塌砾岩

界面截然,其上下岩层皆为完好的薄—中层微晶灰岩(照片28);④层内无垂向构造序列变化;多显示杂乱组构,局部有砾石定向。

根据上述特征,认为相A是滑塌作用的产物。这些滑塌堆积系由下伏薄—中层微晶碳酸盐沉积物在未固结或半固结状态下,顺坡滑塌,经短距离或相当距离的运移,重新堆积而成。滑塌作用几乎不发生与水的掺合作用,滑塌物质为塑性流。该相中浅水成因的古生代灰岩岩块砾径在30cm以上,磨圆度好,它们和板条状角砾来源迥异,可能是从古生代已成岩灰岩的陡崖(可以在水下)上崩落下来,经过较长距离的搬运,被裹入滑堆积中。薄层微晶灰岩的滑塌可以由崩落下滑的岩块激发,或二者具有共同的动因,如地震构造运动。另外,一定的坡度也是滑塌发生的必要条件之一。

在邓邓桥和甘江头之间的官亭群T^{a-2}段灰岩中可追溯一层滑塌角砾岩(图5)。自北向南,层厚由30m减薄到5m,砾石由角砾状变为椭球状(照片25),砾径自几十厘米减至十几厘米,从内部杂乱的块状层变为下部出现平行层理,整体呈反向递变的岩层,即从滑塌角砾岩相变为灰质砾岩相。甘江头到邓邓桥之间的水平距离为4km,按正方形波估计褶皱的岩层长度,滑塌层原始长度约12km。这个横向变化指示滑塌运动方向是自北向南,古坡方向为北高南低。随着滑塌体向坡下运移,滑塌碎屑物与水逐渐掺合,滑塌体内部离散度增大,流体性质发生变化,因而沉积构造也发生了改变。

相B 灰质砾岩相

此相在隆务河群及其下伏地层中甚发育。其特征是:(1)砾石以浅海台地成因灰岩岩块为主,有紫色、灰白色和深灰色三种,其中含丰富的筳、介形虫、腕足类等化石(照片3,4),亮晶胶结,显示内碎屑砂状结构。显然,砾石的母岩形成于石炭—二叠纪,其他非灰岩砾石为黑色卵形燧石。隆务河群在板岩中所含菊石证明其为三叠系无疑,在完朵滩乡附近,其下伏地层特征与隆务河群相似,只是黑色泥岩含量多些,未见到原地埋藏的化石,以往仅根据灰质砾岩中砾石所含石炭—二叠纪化石将其定为上二叠统,但笔者认为证据不足,因为③这里的砾石不是内碎屑,而是完全成岩的灰岩再破碎堆积物,砾石母岩形成的时代早于砾石形成和堆积的时代,母岩含石炭—二叠纪化石,砾岩很可能堆积于三叠纪;⑤该砾岩中不仅有二叠系灰岩砾石,也有石炭系灰岩砾石,显然为不同时代灰岩破碎堆积在一起形成的砾岩;⑥隆务河群和官亭群中灰质砾岩和角砾岩中也含石炭—二叠纪灰岩砾石,且不含任何三叠纪化石;④沉积特征与隆务河群相似,灰质砾岩在走向上经常相变为砂岩,其与上部隆务河群之间为构造接触,没有时间先后的含义。因此这套所谓二叠系,特别是灰质砾岩可能形成于三叠纪。这里与隆务河群一起研究。(2)灰岩砾石为等轴状,中砾以上,含一些漂砾,原岩为块状;漂砾为棱角状,巨砾为次棱角—次圆状,中砾则有呈次圆状的,燧石砾石磨圆度极好,呈卵形,与软弱的灰岩砾石的磨圆度极不谐调,显然是经过浅海环境的长期磨蚀。(3)砾石支撑结构,填隙物少,为细砾、砂、泥及灰屑。(4)厚度巨大,单层可连续堆积达300m,内部无规则组构,整体成块状。(5)横向上不稳定,多相变,可见到和砂岩的相变关系。(6)共生的岩石组合有浊积岩、泥页岩、碎屑流沉积等岩石(图6)。

根据这些特点,认为该相砾岩是大规模岩崩堆积物,任何其它重力流机制(滑塌、碎屑流)都无法解释其特征(2)—(4),其砾级极粗大,砾石支撑而又缺乏水流作用,单层厚达百

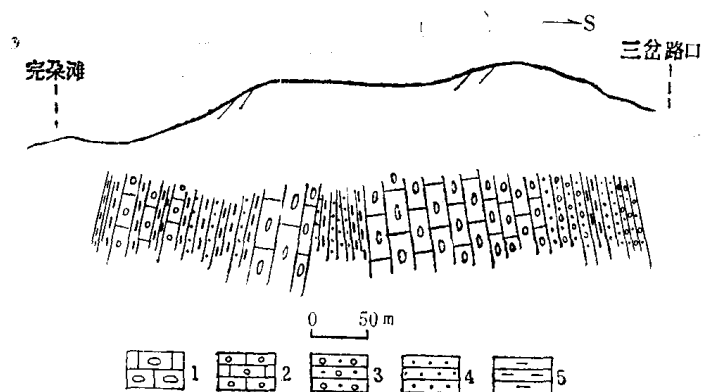


图 6 临夏完朵滩-三岔路口剖面

1.灰质砾岩； 2.灰质细砾-砂岩； 3.陆屑细砾-砂岩； 4.泥页岩； 5.泥板岩

米以上等特点,根本排除了浅水成因的可能性。岩崩是陡崖地带常发生的突然、快速下落事件,在海下仅发生于断裂或碳酸盐岩大陆边缘的陡坡,或在深蚀的海下峡谷头部,由下蚀作用和地震触发 (Reading, 1986)。由于供应崩落物的陡崖的碳酸盐岩形成于石炭-二叠纪,因此陡崖系由断裂或下蚀作用形成。鉴于崩落堆积与其它重力流共生,横向上不稳定,常尖灭或相变为砂岩等特征,崩落下滑路径无疑有一定局限。因此,该相砾岩很可能由海下峡谷头部崩落下滑,堆积于其它重力流沉积及深水泥、页岩沉积区。海下峡谷的切蚀作用产生大量石炭-二叠系灰岩砾石,而磨圆砾石,特别是卵形燧石,可能在顺峡谷滑落之前经过河流或滨岸带的搬运和改造,反映了其再沉积性质。

相 C 复成分砾岩相

仅见于完朵滩乡隆务河群之下的所谓二叠系中,其特征为: (1) 成分复杂。陆源砾

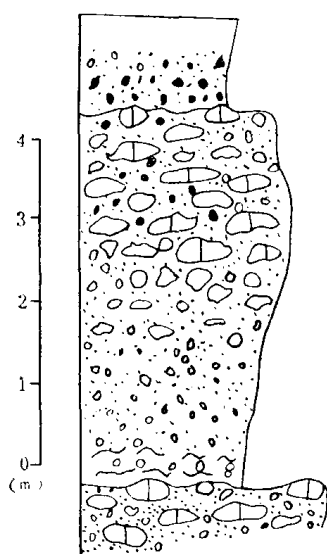


图 7 复成分砾岩垂向序列

石以燧石为主,少量长英质,同时有砂岩结构的灰岩砾石,基质为陆源硅质砂、泥,含量约 20%—50%, (2) 陆源砾石偏细 (<5 cm), 圆度相当高,灰岩砾石粗大 (>5 cm), 磨圆度差,多为板条状。 (3) 基质支撑(照片 12)。 (4) 层面不平整,顶面有砾石突出现象,总体为反递变,在顶部可出现正递变,灰岩砾石集中在顶部,长轴平行于上层面(图 7)。 (5) 该相单层厚 1—5m, 多层连续叠置,或隔以浊积砂岩,连续出露近百米,下伏岩层为黑色泥、页岩和板岩,夹浊积砂岩,上覆浊积砂岩、泥岩和灰质砾岩(图 8)。

上述特征表明该相砾岩为碎屑流沉积。碎屑流是高聚集、高粘性、具有屈服强度并表现出塑性流体行为的沉积物分散体,流动方式为层流 (Reading, 1986)。大多数碎屑流由含水的泥质基质携带碎屑组成,基质比重可达 2.5。碎屑支撑力由基质屈服强度和基质产生的浮力产生。碎屑流在运移过程中的“动力筛”效应造成反递变序列。碎屑流可以发生在小于 1—