

四川剑门关地区 上侏罗统一白垩统磁化率特征及其地质意义

林文姣, 刘育燕, 朱宗敏

(中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 通过对四川剑门关地区上侏罗统一白垩统磁化率的研究, 发现磁化率的大小与沉积物颗粒的粗细有着紧密的关系。中粗粒砂岩的磁化率通常偏小, 而细砂岩、粉砂岩及泥岩的磁化率明显增大。由于沉积物颗粒的粗细在一定程度上反映了不同的沉积速率, 因此, 磁化率大小的变化可作为沉积速率变化的定量指标。而沉积速率的变化与沉积环境及沉积相之间有一定的联系, 所以, 可认为磁化率的大小可作为沉积相及沉积环境分析的一种参考。另外, 通过剑门关地区上侏罗统一白垩统的磁化率各向异性研究发现, 本区磁化率最大主轴方向可分为北东—南西向及北西—南东两组。北西—南东方向的磁化率主轴与当时的古水流方向一致, 而北东—南西方向的磁化率主轴则可能与后期的构造挤压有关。

关键词: 磁化率; 上侏罗统; 下白垩统; 四川省。

中图分类号: P318

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)03-0247-04

作者简介: 林文姣(1968), 女, 工程师, 1995年毕业于中国地质大学, 获学士学位, 现从事沉积学与层序地层学研究。

磁化率是一个表征物质磁性的物理量, 但由于岩石中铁磁性矿物颗粒常呈现空间分布上的方向性, 致使岩石的磁化率又常以张量形式来表达。目前, 西北黄土磁化率数值的高低变化所反映的古气候波动意义已为学术界所广泛认同, 而岩石磁化率各向异性与成岩时及成岩后环境的相关性也逐渐为人们所重视^[1~7]。笔者选择四川盆地晚侏罗世—早白垩世地层剖面进行了磁化率及磁化率各向异性研究, 旨在寻求四川盆地在该时间区段的磁化率大小变化与沉积物性质的关系以及磁化率各向异性对古水流和古构造应力方向的指示。

1 样品的采集与测试

研究区位于四川省剑阁县剑门关, 所研究地层的时代为晚侏罗世—早白垩世, 地层自下而上为晚侏罗世的遂宁组、莲花口组及早白垩世的剑门关组(下部), 剖面总长约10 km, 厚度2 800 m左右。遂宁

组下部主体为一套鲜红色的泥岩、粉砂岩夹少量中细粒砂岩, 上部则由厚层状中细粒砂岩、中粗粒砂岩与砖红色粉砂岩及泥岩互层组成。莲花口组的岩性组合特征与剑门关组类似, 下部为一套巨厚的冲积扇相砾岩, 向上则由中粗粒砂岩与泥岩、粉砂岩所构成的沉积旋回组成。

本文在上述剖面上利用钻头内径为2 cm的便携式手提钻机定向采样, 采样间隔50 cm左右, 共采集样品749个。从岩性上看, 样品中绝大部分为中细及中粗粒砂岩, 部分为粉砂岩。室内经加工制样后成为直径和高均为2 cm的测试样品。

样品测试时, 仅选择单号样品372个作为测试样品, 进行了磁化率及磁化率各向异性测试。测试仪器为指标质量已达到或超过国际同类仪器的HKB-1型磁化率仪, 该仪器灵敏度可达 5×10^{-8} , 精度优于 10^{-7} , 11档量程, 15方位重复测量。

2 数据处理

笔者使用QBASIC语言程序对数据进行了处

表 1 剑门关地区上侏罗统一下白垩统平均磁化率(κ)

Table 1 Average magnetic susceptibility of Upper Jurassic and Lower Cretaceous in Jianmenguan, Sichuan Province

样号	κ/10 ⁻⁶	样号	κ/10 ⁻⁶	样号	κ/10 ⁻⁶	样号	κ/10 ⁻⁶	样号	κ/10 ⁻⁶	样号	κ/10 ⁻⁶	样号	κ/10 ⁻⁶	样号	κ/10 ⁻⁶
1	103.7	101	92.14	195	155.0	289	133.1	383	111.4	477	136.4	571	152.1	665	186.7
3	110.0	103	126.5	197	131.0	291	121.6	385	144.3	479	119.5	573	152.8	667	109.6
5	110.5	105	125.1	199	119.0	293	130.4	387	155.8	481	133.2	575	141.1	669	132.1
7	109.4	107	160.8	201	172.2	295	115.4	389	102.4	483	130.8	577	146.4	671	116.1
9	181.1	109	94.74	203	228.1	297	139.2	391	141.5	485	97.64	579	134.8	673	105.6
11	196.3	111	78.0	205	292.0	299	114.2	393	132.9	487	96.34	581	136.1	675	113.1
13	140.4	113	100.5	207	163.2	301	157.9	395	144.1	489	89.74	583	153.1	677	156.0
19	152.7	115	179.3	209	132.0	303	137.5	397	134.4	491	123.8	585	143.2	679	170.7
21	127.6	117	162.1	211	173.8	305	107.2	399	150.8	493	101.5	587	147.4	681	191.3
23	82.9	119	91.92	213	142.7	307	140.5	401	128.3	495	151.1	589	146.8	683	143.4
25	123.9	121	97.16	215	156.6	309	112.7	403	129.3	597	141.0	591	138.0	685	139.4
27	122.0	123	98.8	217	141.4	311	167.7	405	157.2	599	122.5	593	141.0	687	118.3
29	105.2	125	101.4	219	178.3	313	125.7	407	168.2	501	125.7	595	125.4	689	113.2
31	73.21	127	92.59	221	174.7	315	165.8	409	124.2	503	139.5	597	134.5	691	157.8
33	116.0	129	143.7	223	182.6	317	130.9	411	136.2	505	111.4	599	128.3	693	190.2
35	73.28	131	124.9	225	164.8	319	134.0	413	109.4	507	104.4	601	149.3	695	129.4
37	73.64	133	92.21	227	180.6	321	194.1	415	137.6	509	127.1	603	123.9	797	134.9
39	81.14	135	143.8	229	189.1	323	152.1	417	137.8	511	120.1	605	134.3	799	229.8
41	75.79	137	103.1	231	278.4	325	89.82	419	126.2	513	197.1	607	147.7	701	148.5
43	91.88	139	106.4	233	141.8	327	123.5	421	151.4	515	129.8	609	124.9	703	147.0
45	132.3	141	91.34	235	106.2	329	106.2	423	151.1	517	103.2	611	77.89	705	150.4
47	83.6	143	112.4	237	143.4	331	127.9	425	159.7	519	136.7	613	166.5	707	171.1
49	92.65	145	106.9	239	164.0	333	110.2	427	130.5	521	107.1	615	147.9	709	188.9
51	158.0	147	118.9	241	131.3	335	170.6	429	127.4	523	146.7	617	115.9	711	174.9
53	96.83	149	156.1	243	206.7	337	104.6	431	182.3	525	131.2	619	119.5	713	144.6
55	142.5	151	149.7	245	284.4	339	246.7	433	195.6	527	172.6	621	134.9	715	191.0
57	81.9	153	128.1	247	124.4	341	294.6	435	137.0	529	189.2	623	122.4	717	118.2
59	82.88	155	130.5	249	96.57	343	296.1	437	138.6	531	181.4	625	139.7	719	125.4
61	96.96	157	135.7	251	123.3	345	302.7	439	144.5	533	194.6	627	144.6	721	137.4
63	98.96	159	135.9	253	123.9	347	219.7	441	127.4	535	147.6	629	151.6	723	131.4
65	118.5	161	121.9	255	91.02	349	152.1	443	111.4	537	114.5	631	153.8	725	136.8
67	117.4	163	190.2	257	137.6	351	141.6	445	145.0	539	164.1	633	140.5	727	146.1
69	156.1	165	210.1	259	128.1	353	155.5	447	128.6	541	133.7	635	123.8	729	184.6
71	216.4	167	124.0	261	110.8	355	125.3	449	151.8	543	115.7	637	138.6	731	219.2
73	220.1	169	140.0	263	129.7	357	122.6	451	113.0	545	137.3	639	126.5	733	179.4
75	116.9	171	160.2	265	132.5	359	125.9	453	121.7	547	150.2	641	165.4	735	107.3
77	189.7	173	110.8	267	161.7	361	123.2	455	127.6	549	135.8	643	194.6	737	100.9
79	208.0	175	116.8	269	103.9	363	187.0	457	140.0	551	136.4	645	115.9	739	138.4
81	98.26	177	114.6	271	111.8	365	153.3	459	135.2	553	149.5	647	161.3	741	144.3
83	143.9	179	119.0	273	136.5	367	140.1	461	96.96	555	126.7	649	159.2	743	124.9
87	87.93	181	131.0	275	116.6	369	169.7	463	125.7	557	134.4	651	184.4	745	142.8
89	118.4	183	151.0	277	115.0	371	129.6	465	142.0	559	132.9	653	208.0	747	136.4
91	101.9	185	107.1	279	155.6	373	114.4	467	138.3	561	100.7	655	182.5	749	146.0
93	147.9	187	163.9	281	131.0	375	143.8	469	152.1	563	148.0	657	266.8		
95	122.8	189	148.6	283	134.7	377	150.7	471	100.5	565	149.6	659	232.7		
97	181.8	191	143.1	285	106.1	379	137.0	473	142.7	567	144.4	661	178.4		
99	157.5	193	162.2	287	216.0	381	112.8	475	142.3	569	153.5	663	169.1		

理,处理结果如下。(1)372 个样品的平均磁化率数据(κ)如表 1 及图 1 所示。图 1 绘制了对应样品长石、石英的粒度及磁化率曲线,样品的粒度划分为 5 个级别:粉砂(<0.05 mm)、细砂(0.05~0.25 mm)、中砂(0.25~0.5 mm)、粗砂(0.5~1 mm)、砾(>1 mm)。(2)372 个样品的磁化率各向异性数据在经各向异

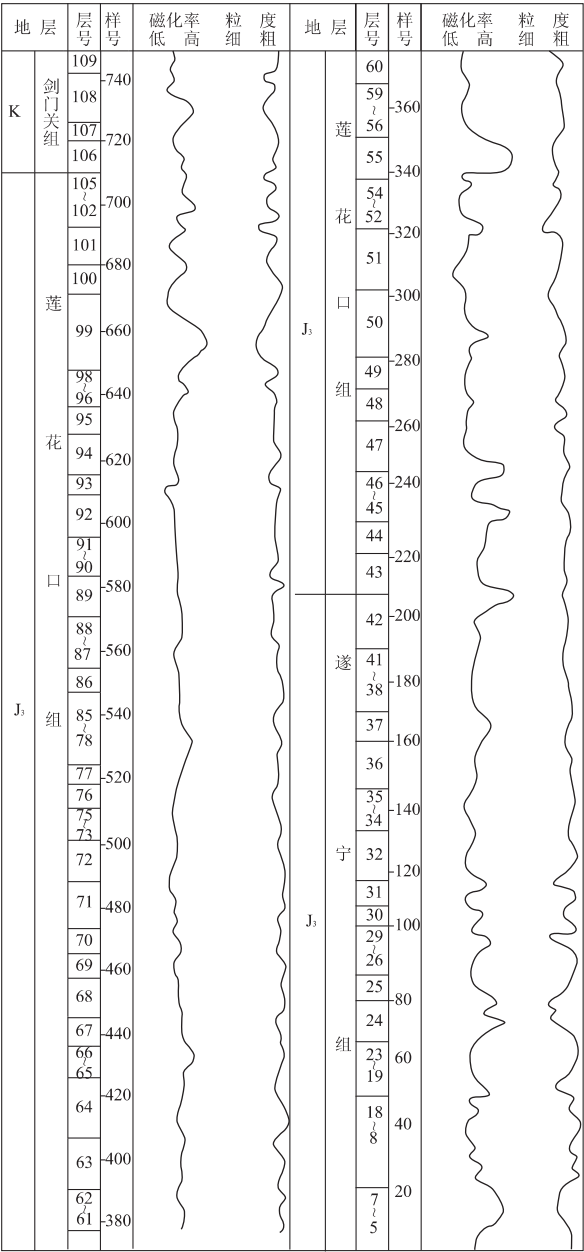


图 1 四川剑门关剖面晚侏罗世至早白垩世红层磁化率与沉积物粒度之间的关系

Fig. 1 Relations between magnetic susceptibility and sedimentary particles in J₃—K₁ red clastic rocks in Jianmenguan section, Sichuan Province

性以及坐标转换计算后的结果如表 2 所示。

3 结果分析

从表 1 及图 1 中可见,剑门关剖面岩石的磁化率波动幅度较明显,最大值为 302×10^{-6} ,最小值为 78.0×10^{-6} ,并在剖面第 5, 24, 42, 45, 47, 55, 81, 99

表 2 磁化率各向异性

Table 2 Magnetic susceptibility anisotropy

<i>P</i>	<i>F</i>	<i>L</i>	<i>N</i> /个	<i>D</i> /(°)	<i>I</i> /(°)	<i>K</i>	α_{95} /(°)	<i>N</i> /个
1.04	1.03	1.01	372	33.93	0	10.41	2.94	243
				141.54	0.52	7.1	5.03	129

P, *F*, *L* 分别为磁化率各向异性度、磁面理、磁线理; *D*, *I*, *K*, α_{95} 分别为磁化率最大主轴方向的偏角、倾角、精度参数、置信角, *N* 为参与平均计算的样品数。

以及 108 层位呈现峰值。其中,遂宁组 3 个峰值,莲花口组 5 个峰值,剑门关组 1 个峰值。

由图 1 还可见磁化率曲线与样品颗粒度曲线呈现较好的一致性,即高值磁化率对应粒径小的样品,低值磁化率对应粒径大的样品,换言之,磁化率的大小与颗粒的粒径成反比。

3.1 磁化率与沉积速率及沉积环境的关系

目前对磁化率的高低值的物理意义解释尚有不同见解,一种认为磁化率的高低取决于磁性矿物的丰度,另一种则认为磁化率的高低来自于化学反应过程。由于与本磁化率研究并行的热退磁(另外发表)结果表明,剑门关样品的磁性载体基本上(45, 47, 66, 88 层除外)为磁铁矿。因此,本文认为在磁性载体基本固定的前提下,磁化率的大小应反映了磁性矿物的丰度。

另外,存在于基质内的磁性矿物在丰度高时对应于粒径小的粒级,而丰度低时对应于粒径大的粒级,由于粒级往往是沉积速率以及沉积相判别的重要标志,因此,笔者认为磁化率的变化规律可以反映沉积速率的变化,并可用于沉积相分析。例如,遂宁组下部是湖泊沉积环境,颗粒粗的对应湖岸沉积,磁化率值较低;颗粒细的对应湖心沉积,磁化率值较高。遂宁组顶部颗粒较细的对应河漫滩沉积,磁化率值较高。莲花口组上部颗粒细的对应河漫滩沉积,磁化率值较高。剑门关组下部颗粒较细的对应洪泛盆地沉积,磁化率较高。而颗粒较粗的对应天然堤沉积,其磁化率较低。

尽管本剖面在冲积扇相砾岩层位上采样有间断,并且个别样品可能为非磁铁矿成分,致使剖面的局部层位出现与本认识相左,但总体上看,以磁化率的高低进行沉积速率以及沉积相的划分是行之有效的。

3.2 磁化率各向异性与古水流及古应力的关系

由表 2 可见,本文的磁化率各向异性度 *P* 为 1.04,磁面理 *F* 为 1.03,磁线理 *L* 为 1.01;说明其磁化率数值椭球呈弱压扁状,其磁面理平行于层面。

由表 2 可知,磁化率最大主轴方向为两组数据:一组为北东—南西向,一组为北西—南东向。

根据磁组构学理论,在流水沉积环境中,受水动力作用,磁性矿物颗粒的磁化率最大主轴与水流方向一致,但在急速水流条件下或受外应力作用时,其磁化率最大主轴方向垂直于水流或者应力方向。

笔者认为剑门关剖面测试数据说明,磁化率各向异性是存在的,而出现两组最大主轴方向的原因可能是受到了挤压应力的影响。结合四川盆地西北侧龙门山的演化史资料最为重要的两点:其一,龙门山为剑门关地区沉积物的主要来源;其二,龙门山是因北部及北西部的压应力和扭力作用下,以冲断推覆构造形式向沉积盆地递进迁徙而来^[8]。所以笔者认为表 2 中磁化率最大主轴呈北西—南东方向者为古水流方向,而呈北东—南西方向者为古应力方向,所对应样品的古水流磁化率特征已被改造。上述古水流方向的判别认识,已为野外观察结果所证实。通过详细地对 53 组交错层理的产状测量可知,倾向均为南东,倾角在 14°~21°之间。该结论与来自于磁化率的古水流判别完全一致。可见,利用磁化率各向异性进行古水流及古应力的研究也是行之有效的。

4 结论

(1)剑门关剖面磁化率的大小对应了样品颗粒的大小和沉积速率的快慢,并可能成为沉积旋回及

沉积相的标志。(2)剑门关剖面磁化率最大主轴的方向可分为两组。北西—南东向的磁化率主轴方向与从沉积构造上反映出来的当时四川盆地西北缘的古水流方向相一致。北东—南西方向的磁化率主轴可能与后期挤压有关。

本文在研究过程中得到侯国良老师以及项目组老师的指导与学生的协助,在此谨表谢意。

参考文献:

[1] 许同春. 磁组构(上)[J]. 地震地磁观测与研究, 1989, 3 (10): 70—77.
[2] 许同春. 磁组构(下)[J]. 地震地磁观测与研究, 1989, 4 (10): 72—80.
[3] 岳乐平, 薛祥熙. 中国黄土古地磁学[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 71—77.
[4] 贺绍英, 孙世伟, 杨闾元, 等. 岩石磁化率各向异性[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 33—75.
[5] 余钦范, 郑敏. 岩石磁组构分析及其在地学中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1992. 24—57.
[6] 闫桂林. 岩石磁化率各向异性在地学中的应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 1—70.
[7] 孟小红, 田春志, 梁江平. 利用岩石磁学研究古水流和古应力场方向的方法与应用[J]. 现代地质, 1999, (2): 184—189.
[8] 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉. 四川盆地形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 113—138.

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY AS INDICATORS OF
SEDIMENTARY ENVIRONMENT DURING UPPER JURASSIC AND
LOWER CRETACEOUS IN JIANMENGUAN, SICHUAN PROVINCE

Lin Wenjiao, Liu Yuyan, Zhu Zongming

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: It is found that the values of magnetic susceptibility have apparent relations with the size of sedimentary particles based on the study of magnetic susceptibility of Upper Jurassic and Lower Cretaceous in Jianmenguan, Sichuan Province. Sediments with medium or coarse-grained particles usually have low values of magnetic susceptibility, while the fine-grained sandstone, silt and mudstone often appear to have much higher values. As sedimentary rate has something to do with the size of sedimentary particles, this susceptibility can be used as a quantitative indicator for the variation of sedimentary rate. What's more, the sedimentary rate usually varies in different environments, so the magnetic susceptibility can also be

(下转 257 页)