

# 河北省区域岩石电性统计特征

郝国江<sup>1</sup>, 董杰<sup>2</sup>, 梅新忠<sup>2</sup>, 朱虹<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 河北省地球物理勘查院, 河北 廊坊 065000)

摘要: 整理河北省岩石电性数据 5 079 个, 其中地表圆柱状规格化样品 3 010 件均进行了电阻率、极化率测量, 地下测井电阻率数据 2 069 个。对这批数据进行了统计分析, 结果供电法勘查时参考使用。

关键词: 河北省; 岩石; 电阻率; 极化率; 电性; 电法勘查

中图分类号: P631.3; P584 文献标识码: A 文章编号: 10008918(2001)050033008

河北省岩石电性数据源自两部分: 一是地表岩石的电性测量, 标本均加工成直径 25 mm、高 22 mm 的圆柱状规格化样品, 经 24 h 以上的浸泡至饱和, 取出晾干表面后使用 WDOI 岩矿电性测量仪完成, 结果统一使用断电后的 125 ms 极化率值, 共获 3 010 件样品的电阻率、极化率数据; 二是整理了 30 个钻孔的电测井曲线, 其测井仪器均为 JJZ40I 四笔记录仪, 测井方法为电极电位排列, 根据曲线的变化规律、岩石岩性段分布, 整理出电阻率参数 2 069 点。两部分数据的构成与测试精度见表 1。

表 1 河北省部分岩石电性数据的构成

数据来源	样品数 块	具有岩石名称 的样品数/ 块	测试仪器	测试误差/ %	
				电阻率	极化率
区域物性数据	1 561	1 561	WDOI 岩矿电性测量仪	9. 8	7. 4
区域物性补测数据	218	218	WDOI 岩矿电性测量仪	8. 7	8. 5
长剖面物性数据	1 231	1 231	WDOI 岩矿电性测量仪	9. 8	7. 4
煤田电测井数据	2 069	2 069	JJZ40I 电阻率测井仪		
总计	5 079	5 079			
百分比/ %	100	100			

下文介绍河北省岩石电性的统计特征。其电阻率的单位均为  $\Omega \cdot m$ , 采用几何均值; 极化率的单位为%, 采用算术均值。

## 1 岩石大类的电性

岩石大类的电性具有显著差异(表 2)。沉积岩的电阻率最低, 变质岩的电阻率最高, 两者差一个几何量级, 火成岩的电阻率介于其间。极化率的特征与此相同。总体说来, 火成岩石的

表 2 岩石大类的电性统计

参数	岩石大类	样品数/ 块	几何均值	最小值	最大值	标准偏差
电阻率 8#m	沉积岩	2 710	561. 70	8. 40	327 575. 00	19 706. 11
	火成岩	1 570	795. 45	33. 40	280 734. 00	9 898. 24
	变质岩	721	1 398. 92	2. 80	204 184. 00	10 014. 73
极化率 %	沉积岩	1 098	2. 23	0. 03	9. 76	1. 61
	火成岩	1 246	3. 01	0. 15	9. 55	1. 35
	变质岩	608	3. 37	0. 44	9. 527	1. 51

电阻率与极化率高出水成岩石的电阻率与极化率。

2 岩石类的电性

岩石类的电性差异也很显著( 表 3、表 4、图 1)。

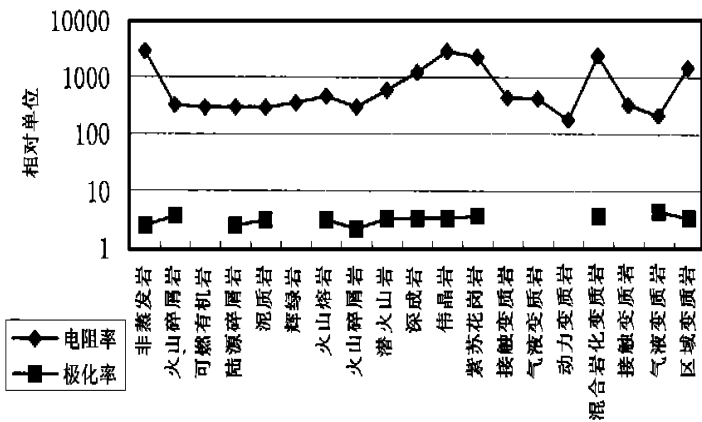


图 1 各类岩石电性的比较

表 3 岩石大类主要岩石类的电阻率统计

		8#m				
大类	类	样品数/ 块	几何均值	标准偏差	最小值	最大值
沉积岩	非蒸发岩	762	2 903. 1	33 579. 5	8. 4	327 575. 0
	火山碎屑岩	32	324. 0	712. 9	61. 8	3 455. 6
	可燃有机岩	107	291. 6	118. 2	110. 0	635. 0
	陆源碎屑岩	1 232	297. 2	2 602. 2	15. 1	64 321. 9
	泥质岩	577	290. 9	11 804. 6	18. 6	277 614. 0
火成岩	煌斑岩	2	2 017. 3	15 859. 8	180. 0	22 609. 1
	辉绿岩	5	349. 3	41. 3	280. 0	386. 0
	火山熔岩	364	465. 2	12 449. 7	33. 4	124 266. 0
	火山碎屑岩	132	296. 6	24 771. 8	39. 4	280 734. 0
	潜火山岩	213	592. 1	3 640. 8	62. 5	45 351. 4
	深成岩	815	1 218. 1	2 768. 9	61. 9	41 949. 2
	伟晶岩	6	2 847. 7	1 664. 8	858. 7	5 387. 8
	细晶岩	1	115. 5		115. 5	115. 5
	紫苏花岗岩	29	2 264. 2	14 034. 3	213. 7	50 489. 7
变质岩	接触变质岩	17	439. 3	21. 7	407. 0	472. 0
	动力变质岩	4	178. 2	158. 3	101. 0	441. 0
	混合岩化变质岩	73	2 409. 7	3 878. 1	204. 5	23 771. 5
	气液变质岩	25	212. 5	102. 4	70. 0	370. 0
	区域变质岩	586	1 493. 4	3 245. 8	2. 8	34 937. 9

表 4 岩石大类主要岩石类的极化率统计 %

大类	类	样品数/ 块	几何均值	标准偏差	最小值	最大值*
沉积岩	非蒸发岩	594	2. 45	3. 90	0. 00	10
	火山碎屑岩	31	3. 62	8. 95	0. 49	10
	陆源碎屑岩	425	2. 46	1. 59	0. 20	10
	泥质岩	58	3. 04	2. 56	0. 38	10
火成岩	火山熔岩	207	3. 08	2. 63	0. 18	10
	火山碎屑岩	119	2. 16	1. 38	0. 15	5. 95
	潜火山岩	119	3. 27	1. 49	0. 00	7. 50
	深成岩	772	3. 31	2. 00	0. 23	10
	伟晶岩	6	3. 34	0. 42	2. 83	3. 86
	紫苏花岗岩	29	3. 64	1. 75	0. 96	7. 94
变质岩	混合岩化变质岩	73	3. 65	1. 31	1. 31	10
	气液变质岩	5	4. 457	1. 472	2. 83	8. 17
	区域变质岩	530	3. 36	1. 51	0. 44	9. 53

\* 岩石的极化率一般均较小, 不会超过 10%。但由于测试技术的问题, 导致存在极化率数据大小存在不合理性, 为此, 大于 10% 的按 10% 计算。

沉积岩大类中, 非蒸发岩类具有最高的电阻率, 其电阻率与其它岩类相差约 10 倍; 可燃有机岩与泥质岩、陆源碎屑岩具有最低的电阻率, 约为 290; 火山碎屑岩的电阻率略高些, 但是, 可燃有机岩、泥质岩、陆源碎屑与火山碎屑岩的电阻率差异不大。

火成岩中, 伟晶岩、紫苏花岗岩、煌斑岩、深成岩具有较高的电阻率, 达到 1 000~ 2 000, 其它岩类的电阻率约为 100~ 600。总体而言, 在地表形成的火山碎屑岩、火山熔岩的电阻率较低, 在近地表浅部形成的潜火山岩电阻率升高, 在深部形成的深成岩电阻率急剧升高, 即火成岩的成岩深度从浅到深, 电阻率具有升高的趋势。

变质岩中, 混合岩化变质岩、区域变质岩具有较高的电阻率, 而其它岩类, 诸如动力变质岩、气液变质岩、接触变质岩具有较低的电阻率, 高低电阻率间差别明显。

沉积岩中, 非蒸发岩与陆源碎屑岩的极化率相似, 约为 2. 5, 泥质岩的极化率大于 3, 火山碎屑岩极化率达到 3. 6。

火成岩中, 极化率由低到高排序为: 火山碎屑岩 y 火山熔岩 y 潜火山岩 y 深成岩 y 伟晶岩 y 紫苏花岗岩, 同时, 随形成深度由浅至深, 极化率有增大的趋势。

变质岩中, 区域变质岩的极化率较低, 为 3. 4, 经混合岩化作用后形成的混合岩化变质岩的极化率略有升高, 气液变质岩的极化率最高, 达 4. 5。

三大岩类电阻率与极化率的变化规律是不同的。

沉积岩中的非蒸发岩主要是由碳酸盐岩构成, 金属含量低, 颗粒极细而常呈致密构造, 孔隙度小, 造成电阻率极高, 极化率较低; 而其它类的沉积岩因为有比较大的颗粒构成, 可能含有一定的重砂金属矿物, 且孔隙度较大, 含水性较好, 因而具有较高的极化率与较低的电阻率, 因此, 低电阻高极化或高电阻低极化是沉积岩类电性的变化规律。

火成岩各类岩石的电阻率与极化率均随着形成深度的增大而增大。这可能是由于成岩深度增加, 温度升高与压力增大, 造成成岩时的岩石孔隙度减小, 同时金属含量随深度而增高( 由硅铝质到铁镁质), 这样, 铸就电阻率与极化率同步变化的趋势。

变质岩中, 区域变质岩主要是在区域性的温度与压力控制下形成, 而混合岩化作用、接触变质作用、气液蚀变作用均在局部的热液参与下完成, 可能由于含水导致电阻率降低, 也可能因流体作用至使金属量增高( 如矽卡岩化过程) 促使极化率升高。因此, 低电阻高极化或高电

阻低极化也是变质岩类电性的变化规律。

3 岩石亚类的电性

3.1 沉积岩各亚类的电性

由表 5 和图 2 知, 沉积岩各亚类电阻率由小到大依次为: 中) 粗碎屑岩 y 页岩( 粘土页岩) y 粗碎屑岩 y 细碎屑岩 y 煤 y 泥岩 y 泥岩( 粘土岩) y 火山碎屑沉积岩 y 中碎屑岩 y 页岩 y 白云岩 y 硅质岩 y 石灰岩。非蒸发岩中的石灰岩具有极高的电阻率, 白云岩次之, 并明显区别于其它沉积岩。

表 5 沉积岩大类各岩石亚类的电阻率统计 8#m

类	亚类	样品数/ 块	几何均值	最小值	最大值	标准偏差
非蒸发岩	白云岩	499	2 172. 8	8. 4	327 575. 0	34 926. 1
	硅质岩	4	2 802. 1	539. 1	12 295. 1	5 400. 4
	石灰岩	255	5 362. 9	77. 8	278 203. 0	31 258. 3
火山碎屑岩	火山碎屑沉积岩	32	324. 0	61. 8	3 455. 6	712. 9
可燃有机岩	煤	107	291. 6	110. 0	635. 0	118. 2
陆源碎屑岩	粗碎屑岩	276	269. 4	26. 6	5 192. 6	520. 1
	细碎屑岩	288	271. 5	15. 1	25 543. 0	1 587. 3
	中) 粗碎屑岩	78	192. 2	44. 5	584. 0	110. 4
	中碎屑岩	576	343. 3	19. 5	64 321. 9	3 585. 4
泥质岩	泥岩	332	292. 4	24. 0	277 614. 0	15 470. 0
	粘土岩	159	299. 1	18. 6	25 985. 8	2 098. 0
	页岩	22	513. 2	33. 9	11 155. 3	2 992. 3
	粘土页岩	64	217. 5	109. 0	390. 0	72. 4

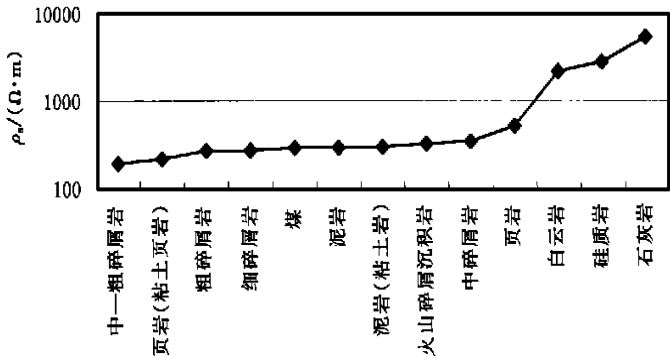


图 2 沉积岩亚类的电阻率的比较

由表 6 知, 沉积岩各亚类的极化率由小到大的顺序为: 粗碎屑岩 y 硅质岩 y 粘土岩 y 石灰岩 y 中碎屑岩 y 白云岩 y 页岩 y 细碎屑岩 y 中) 粗碎屑岩 y 火山碎屑沉积岩 y 泥岩。碎屑岩与泥岩中, 极化率也各不相同。

值得注意的是, 煤的电阻率与碎屑岩的电阻率相近, 并不等于相同, 因为煤有多种类型, 其电阻率可能各不相同。

表 6 沉积岩大类各岩石亚类的极化率统计

%

类	亚类	样品数/ 块	几何均值	最小值	最大值	标准偏差
非蒸发岩	白云岩	353	2. 46	0. 00	86. 39	4. 82
	硅质岩	4	2. 11	0. 24	5. 75	2. 56
	石灰岩	237	2. 44	0. 06	10. 28	1. 89
火山碎屑岩	火山碎屑沉积岩	31	3. 62	0. 49	51. 42	8. 95
陆源碎屑岩	粗碎屑岩	35	2. 03	0. 41	3. 66	0. 82
	细碎屑岩	70	2. 62	0. 49	7. 31	1. 50
	中) 粗碎屑岩	14	2. 99	1. 01	10. 38	2. 34
	中碎屑岩	306	2. 45	0. 20	8. 33	1. 63
泥质岩	泥岩	24	3. 99	0. 38	15. 02	3. 37
	泥岩(粘土岩)	15	2. 21	0. 41	5. 86	1. 25
	页岩	19	2. 48	0. 51	6. 65	1. 72

3.2 火成岩各亚类的电性

火成岩各亚类岩石的电性见表 7、表 8 与图 3。

表 7 火成岩大类各岩石亚类的电阻率统计

8#m

类	亚类	样品数/ 块	几何均值	最小值	最大值	标准偏差
辉绿岩	辉绿岩	5	349. 3	280. 0	386. 0	41. 3
火山熔岩	安山岩	141	536. 0	48. 4	124 266. 0	14 217. 5
	粗面岩	37	685. 8	108. 4	9 130. 9	1 926. 8
	流纹岩	137	216. 7	33. 5	5 328. 9	707. 0
	玄武岩	49	1 956. 0	33. 4	83 873. 9	21 745. 3
火山碎屑岩	火山碎屑熔岩	29	309. 6	43. 7	8 723. 0	1 579. 7
	火山碎屑岩	103	293. 0	39. 4	280 734. 0	28 009. 0
潜火山岩	浅成岩状火山岩	6	376. 3	361. 0	397. 0	13. 7
	浅成岩状潜火山岩	207	599. 9	62. 5	45 351. 4	3 688. 8
深成岩	超镁铁质岩	15	885. 2	107. 9	14 955. 1	4 059. 9
	花岗岩	453	1 299. 5	61. 9	12 939. 0	1 883. 4
	辉长岩	23	1481. 1	129. 9	15 490. 8	3 659. 6
	闪长岩	165	1 028. 4	82. 6	11 053. 5	1 785. 3
	斜长岩	12	1 072. 6	329. 8	7 552. 0	2 398. 5
	正长岩	147	1 222. 0	96. 0	41 949. 2	4 856. 1
伟晶岩	伟晶岩	6	2 847. 7	858. 7	5 387. 8	1 664. 8
紫苏花岗岩	紫苏花岗岩	29	2 264. 2	213. 7	50 489. 7	14 034. 3

表 8 火成岩大类各岩石亚类的极化率统计

%

类	亚类	样品数/ 块	平均值	最小值	最大值	标准偏差
火山熔岩	安山岩	94	2. 33	0. 18	6. 10	1. 23
	粗面岩	28	3. 22	0. 84	4. 91	1. 13
	流纹岩	36	2. 26	0. 73	5. 36	1. 11
	玄武岩	49	5. 03	0. 57	17. 76	4. 43
火山碎屑岩	火山碎屑熔岩	20	2. 06	0. 30	4. 89	1. 31
	火山碎屑岩	99	2. 19	0. 15	5. 95	1. 40
潜火山岩	浅成岩状潜火山岩	119	3. 27	0. 00	7. 50	1. 49
深成岩	超镁铁质岩	15	8. 06	1. 48	31. 75	8. 71
	花岗岩	429	2. 87	0. 47	8. 49	1. 02
	辉长岩	23	5. 24	0. 23	22. 21	4. 93
	闪长岩	147	3. 57	0. 34	11. 60	1. 25
	斜长岩	12	3. 43	2. 20	4. 33	0. 57
	正长岩	146	3. 53	0. 42	8. 72	1. 42
伟晶岩	伟晶岩	6	3. 34	2. 83	3. 86	0. 42
紫苏花岗岩	紫苏花岗岩	29	3. 64	0. 96	7. 94	1. 75

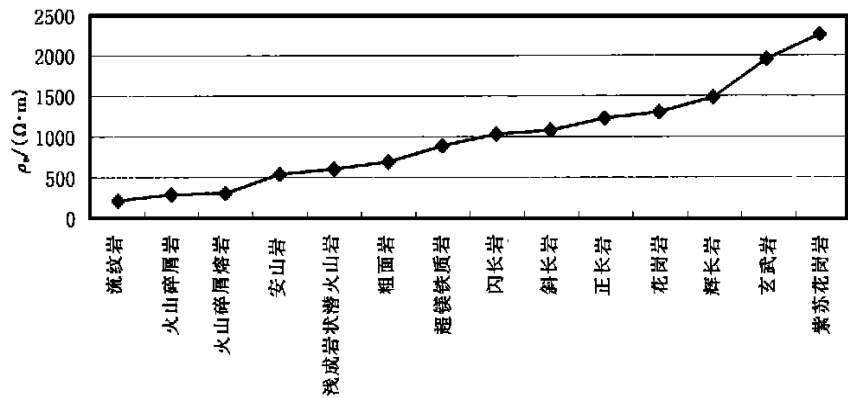


图3 火成岩亚类的电阻率的比较

火成岩中的超铁质岩石亚类与玄武岩亚类较特殊,前者因富含金属矿物而具有很高的极化率,后者因为具有孔隙(充填空气)、杏仁(充填方解石)结构而具有极高的电阻率。除这二者外,火成岩各亚类的电阻率与极化率基本上呈同步升降,其由小到大的顺序为:地表形成的岩石(流纹岩 y 火山碎屑岩 y 火山碎屑熔岩 y 安山岩) y 浅部形成的岩石(浅成岩状潜火山岩 y 粗面岩) y 深部形成的岩石(闪长岩 y 斜长岩 y 正长岩 y 花岗岩 y 辉长岩 y 紫苏花岗岩)。

3.3 变质岩各亚类的电性

变质岩各亚类的电性见表9、表10与图4。

除区域变质岩亚类中的铁英岩因含有大量的金属矿而具有很低的电阻率外,其它岩石亚类的电阻率由小到大的次序为:动力变质岩(碎裂岩) y 气液变质岩(气液蚀变岩) y 接触变质岩(矽卡岩) y 区域变质岩(轻微变质岩 y 变粒岩 y 石英岩 y 麻粒岩 y 角闪岩 y 板岩 y 千枚岩 y 片麻岩 y 片岩)和混合变质岩。

铁英岩由于含有大量的磁铁矿而具有极高的极化率,气液变质岩次之,板岩、片岩、片麻岩、麻粒岩、角闪岩、大理岩、变粒岩、混合岩的极化率介于3至4间,石英岩、千枚岩的极化率

表9 变质岩大类各岩石亚类的电阻率统计 8#m

类	亚类	样品数/块	几何均值	极小值	极大值	标准偏差
接触变质岩	矽卡岩	12	439.3	407.0	472.0	21.7
动力变质岩	碎裂岩	4	178.2	101.0	441.0	158.3
混合岩化变质岩	混合岩	73	2 409.7	204.5	23 771.5	3 878.1
气液变质岩	气液蚀变岩	25	212.5	70.0	370.0	102.4
区域变质岩	板岩	7	1 730.6	799.5	3 265.3	1 009.3
	变粒岩	127	1 361.6	4.3	10 080.2	2 218.6
	大理岩	47	366.6	49.0	21 281.9	4 561.1
	角闪岩	104	1 617.6	134.7	34 937.9	4 553.5
	麻粒岩	38	1 610.9	399.7	8 001.7	1 904.4
	片麻岩	227	2 118.2	90.0	20 044.9	2 919.5
	片岩	12	2 584.9	366.7	6 843.4	2 029.5
	千枚岩	2	1 860.2	1 468.5	2 356.4	627.8
	轻微变质岩	9	959.5	372.3	2 722.4	856.5
	石英岩	9	1 607.6	324.4	14 865.1	4 653.2
	铁英岩	4	18.9	2.8	1235.1	615.0

表 10 变质岩大类各岩石亚类的极化率统计

类	亚类	样品数/块	平均值	极小值	极大值	标准偏差
混合岩化变质岩	混合岩	73	3.65	1.31	10.19	1.31
气液变质岩	气液蚀变岩	5	4.46	1.47	2.83	8.17
区域变质岩	板岩	7	3.53	0.70	4.93	1.64
	变粒岩	120	3.37	0.88		1.49
	大理岩	11	3.30	0.83	5.72	1.75
	角闪岩	104	3.76	1.45	17.12	2.35
	麻粒岩	38	3.90	1.70	7.25	1.35
	片麻岩	223	3.79	0.00	12.67	1.45
	片岩	12	3.94	2.63	6.92	1.28
	千枚岩	2	2.02	1.13	2.90	1.25
	轻微变质岩	9	2.83	1.42	5.23	1.29
	石英岩	9	2.38	0.44	4.80	1.42
	铁英岩	4	66.19	8.89	89.35	38.53

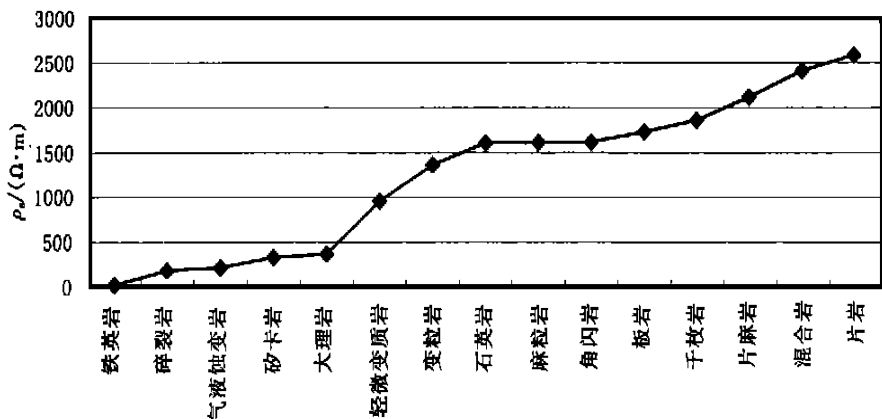


图 4 变质岩亚类的电阻率变化趋势

小于 3。

综上所述, 岩石从大类、类到亚类, 其数目呈指数式增多, 电性的意义也更复杂。三大岩类由于成因的高度概括, 电性的规律很明显。岩石类多以成因区分, 因此, 电性的变化规律尚可总结; 而岩石亚类, 由于它们不仅有成因的区别, 尚有岩石组成成分的区别, 因此, 电性的变化更加复杂, 其变化规律只是一种趋势性的现象, 但这种趋势更具有实用的价值, 因为在实际工作中, 区分三大岩类往往没有多大的实际意义, 而区分岩石亚类甚至区分岩石的种, 才是物探、地质工作的目的。

4 讨论与结论

河北省岩石极化率数据由地表圆柱状规格化样品采用高精度 WDOI 岩矿电性测量仪完成, 结果统一使用断电后 125 ms 的极化率值, 测试相对误差小于 10%, 数据极为可靠。电阻率数据由 3 010 件高精度样品测量结果与 2 069 点地下测井数据构成, 两者之间的可对比性目前尚不明确, 因此, 本区电阻率的统计结果可结合实际情况参考使用。

岩石中各大类、类、亚类以及种之间, 均存在着不同程度的电性差别, 是电法勘探工作的基础。由于电性(特别是电阻率)的影响因素主要是结构性质与含水状况, 所以岩石电性的差异

只是相对的。室内条件下人为使测试样品的含水性相似,而自然条件下的含水状态极为不同<sup>[1,2]</sup>,因此,室内电性测试数据的使用,应结合具体的野外自然条件而定。

参考文献:

[1] 温佩琳. 溶液对岩(矿)石极化率和分解电位的影响[A]. 中国地球物理学会岩石和矿物物理性质论文集[C]. 北京: 地震出版社, 1988.

[2] 李福田. 岩石电性研究中的几个技术问题[J]. 浙江地质科技情报, 1992, (2).

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF REGIONAL  
ROCK ELECTRICAL PROPERTIES IN HEBEI PROVINCE

HAO Guo2jiang<sup>1</sup>, MEI Xing2zhong<sup>2</sup>, DONG Jie<sup>2</sup>, ZHU Hong<sup>1</sup>

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China; 2. Hebei Institute of Geophysical Exploration, Langfang 065000, China)

Abstract: Statistical characteristics of data on such regional rock electrical properties as resistivity and chargeability, which include 3 010 pieces of resistivity data and chargeability data from 3010 standard cylinder specimens and 2 069 pieces of resistivity data from well logging, have been described in this paper. The data of electrical properties are helpful to electrical prospecting and geological survey in Hebei Province.

Key words: Hebei Province; rock; electrical properties; electrical prospecting

作者简介: 郝国江(1963-),男,河北省井陉县人。1989年中国地质大学(北京)物探系毕业,现为中国地质科学院物化探所高级工程师,主要从事物探工作。发表论文数篇。

(上接 335 页)

Abstract: Statistical characteristics of data on such regional rock magnetic properties as susceptibility and remnant measured from 7 500 species in Hebei Province are described in this paper. The magnetic properties data contribute to magnetic exploration and geological survey in Hebei Province.

Key words: Hebei Province; rock; magnetic properties; magnetic exploration

作者简介: 郭友钊(1965-),男,福建省霞浦县人。1986年大学毕业于长春地质学院地质系,1993年研究生毕业于中国地质大学物探系,现为中国地质科学院物化探所创新基地高级工程师,主要从事地质)地球物理的复合性研究。发表专著1部,论文30篇。