

X射线粉晶衍射法在板岩鉴定与分类中应用

肖 刚, 迟广成, 伍 月

(沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110032)

摘 要:以往对板岩的分类和定名主要以显微镜下观察到的岩石结构构造及矿物成分为依据,但在工作中发现显微镜下区分细小的砂屑矿物、碳酸盐矿物和粘土矿物种类十分困难,仅利用显微鉴定技术对板岩进行分类定名必然产生很大的误差,这给地质填图及原岩恢复工作带来了极大困难。为此在板岩岩石分类命名工作中,笔者利用X射线粉晶衍射法对22件板岩样品进行分析,结果发现该方法既能准确鉴定出显微镜下不易区别的石英与长石细小碎屑物质和碳酸盐矿物种类,又能检测出云母、绿泥石、蒙脱石和高岭石鳞片状矿物,岩石中矿物组分检出率明显比用显微镜观察高出很多。实践证明,只有把显微鉴定技术与X射线粉晶衍射法有机的结合起来,才能准确鉴定板岩的种类和解决定名不准确的难题。

关键词:板岩;显微鉴定;X射线;粉晶衍射

中图分类号:0657.34

文献标识码:A

文章编号:1672-4135(2013)01-0076-05

板岩是具有明显板状构造特征的浅变质岩石,由粘土岩、粉砂岩或中酸性凝灰岩经轻微变质作用所形成。原岩因脱水,硬度增高,矿物成分基本没有重结晶或只有部分重结晶,具变余结构和变余构造,外表呈致密隐晶质(粒度 $<0.1\text{ mm}$),矿物颗粒很细,肉眼难以鉴别;板岩主要有粘土板岩、硅质板岩、粉砂质板岩、钙质板岩、碳质板岩、凝灰质板岩和斑点板岩7种^[1]。有时在板理面上有少量绢云母、绿泥石等新生矿物,使板理面略显丝绢光泽^[2]。据最新区域地质研究资料表明,板岩有的重结晶较强,新生矿物可达50%以上。板岩可按新生矿物进一步命名:绢云板岩、绿泥板岩、绿泥绢云板岩和绢云绿泥板岩^[3]。

在工作中我们发现板岩中碳酸盐矿物显微镜下区分很困难,用稀盐酸法或染色法区分也不准确,粘土矿物、砂屑物质、黑云母与绿泥石因颗粒细小也难以区分,这给板岩详细定名带来了很大困难。准确鉴定板岩中细小的砂屑物质、碳酸盐矿物和鳞片状矿物种类及其相对含量对于基础地质和矿产地质研究是一件急需解决的课题。为了解决这一难题,课题组在辽宁省本溪、凤城、岫岩、海城地区的江还山组、杨树沟组、王家沟组、华子峪组、汤家沟组、高家峪组地层采集板岩样品22件,利用X射线粉晶衍射法对样品矿物成分进行了分析。结果显示该方法能准

确鉴定板岩中细小的砂屑物质、碳酸盐矿物和鳞片状矿物种类及其相对含量,为板岩准确定名提供了翔实准确的数据,解决了显微镜下板岩岩石定名不精确的难题。

1 板岩岩石矿物显微镜鉴定结果

把野外采集的22件板岩岩石样品磨制成岩石薄片^[4],经偏光显微镜鉴定,它们分别具有条带状构造、板状构造、斑点状构造、千枚状构造、变余层理构造和透镜状构造,以及鳞片粒状变晶结构、鳞片变晶结构、变余砂状结构、变余凝灰结构、斑状变晶结构和泥晶结构。岩石中砂屑主要为长石、石英,因颗粒细小长石种类难以区分,长石砂屑和石英砂屑均为棱角状,砂屑没有重结晶现象,粒度在 $0.01\sim0.1\text{ mm}$ 之间。凝灰质板岩中长石砂屑和石英砂屑粒度在 $0.02\sim0.4\text{ mm}$ 之间,砂屑粒度明显高于传统意义板岩中矿物粒级要求。堇青石板岩中堇青石斑晶粒度可达 0.6 mm 。鳞片状矿物主要为绢云母和粘土矿物,绢云母多呈无色-浅黄褐色,鳞片状,具极完全解理,平行消光,最高干涉色为二级黄;粘土矿物多呈无色,鳞片状,一级灰干涉色。22件样品(表1)中有4件含有方解石矿物,1件含有绿泥石矿物,4件样品中所含的黑云母矿物,粒度小于 0.1 mm ,可视为绢云母。据

收稿日期:2012-08-16

资助项目:国土资源部“变质岩岩石矿物鉴定技术方法研究”项目(201011029-3)

作者简介:肖刚(1962-),男,高级工程师,主要从事岩矿测试工作,Email:xiaogang50A20@163.com。

显微镜下鉴定的岩石组构特征,可把P37、P39、P40号岩石定名为千枚粉砂板岩(图1);b178号岩石定名为千枚状板岩(图2);b167、b168、b169、b172号岩石定名为绢云粘土板岩;b76、b171、b173号岩石定名为粉

砂钙质板岩(图3);b170、b175、b182、b183号岩石定名为粉砂绢云板岩;b184号岩石定名为钙质板岩(图4);b174号岩石定名为凝灰质板岩(图5);b179、b180、b181号岩石定名为堇青绢云板岩(图6)。板岩

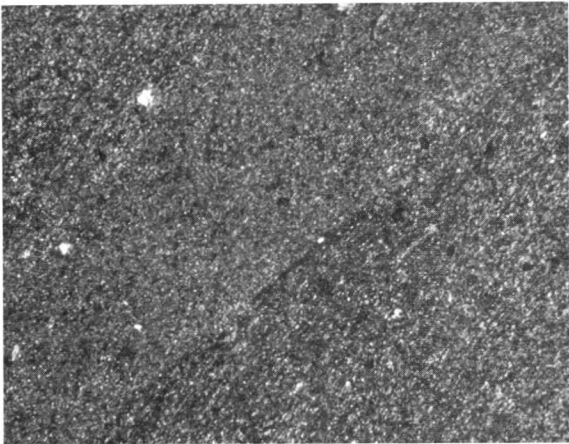


图1 千枚粉砂板岩
Fig.1 Phyllite silt slate
目镜×物镜 = 1.25 × 10 (+)

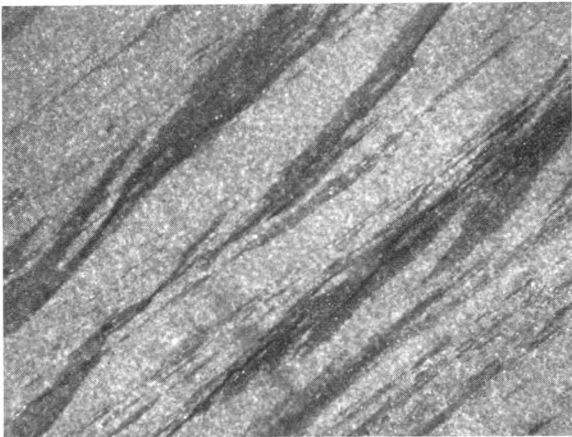


图2 千枚状板岩
Fig.2 Phyllite slate
目镜×物镜 = 1.25 × 10 (+)

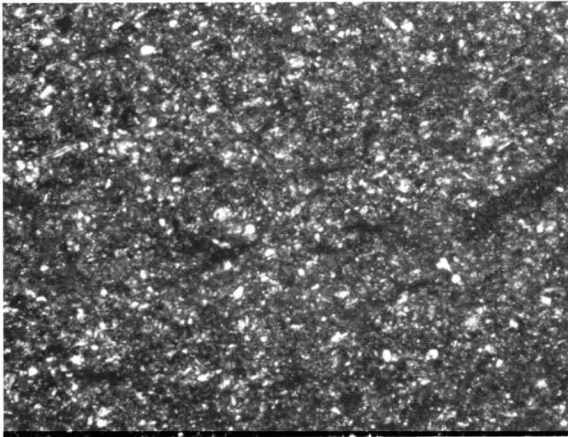


图3 粉砂钙质板岩
Fig.3 Silt calcium slate
目镜×物镜 = 5 × 10 (+)

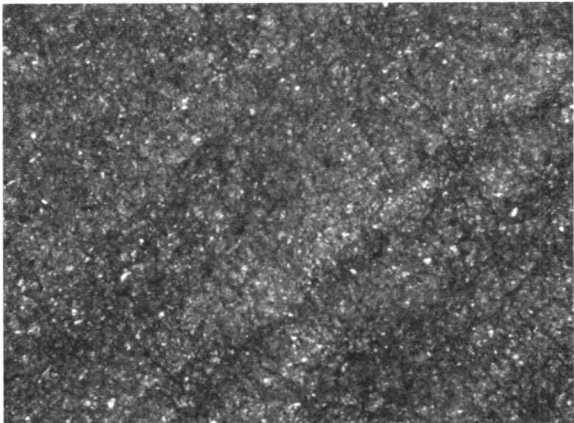


图4 钙质板岩
Fig.4 Calcium slate
目镜×物镜 = 5 × 10 (+)

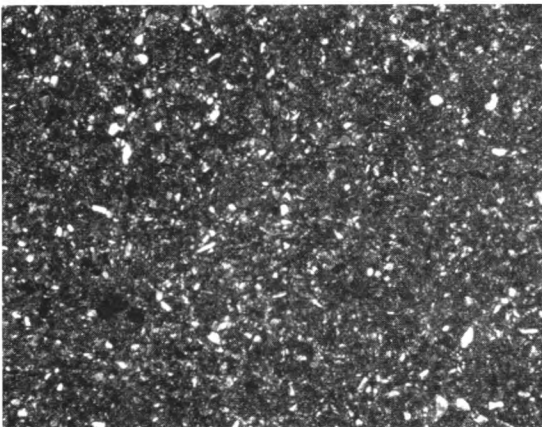


图5 凝灰质板岩
Fig.5 Tuffaceous slate
目镜×物镜 = 5 × 10(+)

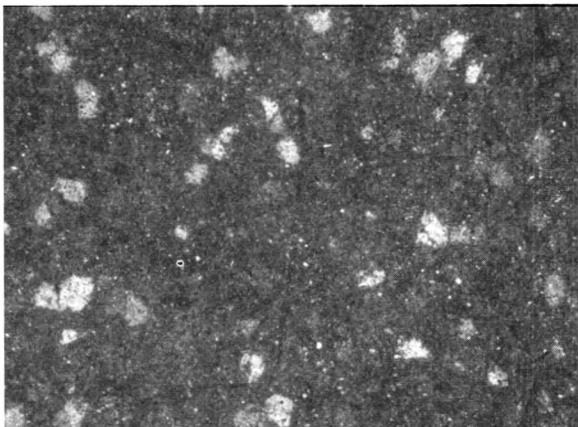


图6 堇青绢云板岩
Fig.6 Calcium sericite slate
目镜×物镜 = 1.25 × 10(+)

中次要矿物堇青石、金属矿物、石墨、绿泥石是根据矿物镜下光学特征而定^[5-6],方解石是根据闪突起、高级白干涉色等光学特征,加稀冷盐酸剧烈起泡而定。

2 板岩矿物成分的X射线粉晶衍射分析方法

2.1 仪器和工作条件

仪器:德国布鲁克公司生产的X射线粉晶衍射仪,仪器型号为:Bruker-D8;测量条件为X射线管选用铜靶,管压为40 kV,管流40 mA,扫描范围的2θ角为4~65°(全谱);检测器为闪烁计数器,DS(发散狭缝)和SS(防散射狭缝)为1.0 mm,RS(接收狭缝)为0.1 mm,步长为0.03°/步,扫描速度为0.4秒/步^[7-11]。

2.2 样品的制备与测试

把显微镜下鉴定为板岩的22件岩石,在碎样间制成74 μm以下粒级粉末样品,然后在玛瑙钵中研磨45 μm左右,制成待测样。22件板岩样品在给定的测试条件下,用X射线粉晶衍射仪进行扫描,获得相应岩石的X射线衍射花样图谱,利用全谱拟合软件进行矿物定性解译和半定量分析^[12-14]。

2.3 板岩样品X射线衍射图谱特征解译

依据实验所测得的22个样品X射线粉晶衍射图谱特征,解译出22个板岩样品的岩石矿物^[15-18]组成

及含量(表2)。据X射线粉晶衍射半定量矿物成分分析结果结合镜下岩石结构构造和矿物组分特征,可把b76、b171、b172、b174、b175、b176号岩石定为绢云粉砂质板岩;b173号岩石定为绿泥钙质粉砂板岩;b167号、b168、b169、b184和P37号岩石定为绢云绿泥板岩;b177、b178、b179、b182、P39和P40号岩石定为绿泥绢云粉砂板岩,b170、b180、b181和b183号岩石定为堇青绢云粉砂板岩。

3 结果与讨论

在22件板岩样品显微镜岩石薄片鉴定法检出21件样品含有石英,8件样品含有长石,2件样品含有堇青石,21件样品含有绢云母,4件样品含有方解石,8件样品含有金属矿物,18件样品含有粘土矿物,2件样品含有石墨,4件样品含有黑云母,1件样品含有绿泥石;X射线粉晶衍射法检出22件样品含有石英,21件样品含有斜长石,4件样品含有堇青石,22件样品含有绢云母,4件样品含有方解石,2件样品含有白云石,2件样品含有金属矿物,1件样品含有菱镁矿,17件样品含有绿泥石,12件样品含有蒙脱石。X射线粉晶衍射法在22件样品中未检出石墨,对绢云母还是黑云母不能有效区分。同显微镜岩石薄片鉴定法比较,X射线粉晶衍射法对板岩中斜长石、绿泥石检出

表1 显微镜鉴定板岩岩石矿物成份含量(w_B/%)

Table 1 Mineral content of the slate under the microscope

样数	显微镜鉴定岩石名称	石英	长石	堇青石	绢云母	方解石	金属矿物	粘土矿物	石墨	黑云母	绿泥石
3	粉砂钙质板岩	15~30	0~10	—	25~50	20~45	0~5	0~10	—	—	—
4	绢云粘土板岩	5	—	—	50~75	—	—	20~45	—	—	—
3	千枚粉砂板岩	20~30	25~50	—	2~10	—	5~10	—	—	20~30	0~8
3	堇青绢云板岩	15	—	5~30	45~50	—	5	5~25	—	—	—
4	粉砂绢云板岩	10~25	0~5	—	50~75	—	—	10~25	—	—	—
2	碳质绢云板岩	10~20	—	—	40~60	—	—	15~20	15~20	—	—
1	千枚状板岩	5	—	—	60	—	—	20	—	15	—
1	钙质板岩	—	—	—	—	45	5	50	—	—	—
1	凝灰质板岩	15	15	—	40	—	—	30	—	—	—

检测单位:沈阳地质矿产研究所

表2 X射线粉晶衍射仪分析板岩岩石矿物成分统计(w_B/%)

Table 2 Analysis through X-ray powder diffraction on mineral composition of the slate

样数	显微镜加上XRD分析定名	石英	斜长石	白云母	方解石	蒙脱石	高岭石	绿泥石	白云石	赤铁矿
6	绢云粉砂质板岩	46.5~65.8	3.4~16.4	15.2~34.1	0~7.8	0~8.1	0~7.8	0~3.8	0~1.3	0~3.8
5	绢云绿泥板岩	22.7~39.6	0~11.3	17.2~25.9	0~6.9	—	—	30.2~42.5	0~2.0	—
6	绿泥绢云粉砂板岩	32.5~45.7	4.3~10.0	25.9~42.1	—	0~5.0	—	6.9~26.6	—	0~3.0
1	绿泥钙质粉砂板岩	43.4	11.5	9.8	20.6	—	—	14.7	—	—
		石英	斜长石	白云母	菱镁矿	蒙脱石		堇青石	绿泥石	
4	堇青绢云粉砂板岩	26.5~51.8	6.5~36.8	22.8~26.6	0~2.6	4.4~5.7		1.3~7.3	0~12.3	

检测单位:沈阳地质矿产研究所

率高59%和73%。

X射线粉晶衍射半定量分析结果显示:不同类型板岩中都含有石英砂屑,除b184号样品外,其余21件样品也都含有斜长石砂屑;砂屑含量在22%~73%之间,岩石薄片鉴定结果中石英、长石碎屑含量估计明显偏低;岩石中X射线粉晶衍射半定量分析出的绢云母含量远没有显微镜下岩石薄片鉴定估计的高,这是因为岩石薄片鉴定法不能有效区分鳞片状绢云母和绿泥石所致;有5件岩石样品含有碳酸盐矿物,

其中b173号样品中方解石含量大于20%,其余4件样品中碳酸盐矿物含量小于10%。同岩石薄片鉴定法比较,X射线粉晶衍射法能鉴定板岩中细小的砂屑物质、碳酸盐矿物和鳞片状矿物种类及其相对含量,克服了显微镜下板岩矿物及含量鉴定不准的难题。

通过对岩石薄片鉴定法与XRD和显微鉴定结合的岩石定名比对发现(表3):22件样品岩石定名都有差异,显微镜下定名的优势在于能准确定出岩石构造(如千枚状构造、斑点状构造)和结构(如变余凝灰

表3 显微镜下与X射线衍射分析岩石定名对比表
Table 3 Rock name contrast between microscope and X ray diffraction analysis

样号	显微镜下定名	XRD与薄片结合定名	样号	显微镜下定名	XRD与薄片结合定名
b 76	粉砂钙质板岩	绢云粉砂质板岩	b177	碳质绢云板岩	绿泥绢云粉砂板岩
b167	绢云粘土板岩	绢云绿泥板岩	b178	千枚状板岩	绿泥绢云粉砂板岩
b168	绢云粘土板岩	绢云绿泥板岩	b179	堇青绢云板岩	绿泥绢云粉砂板岩
b169	绢云粘土板岩	绢云绿泥板岩	b180	堇青绢云板岩	堇青绢云粉砂板岩
b170	粉砂绢云板岩	堇青绢云粉砂板岩	b181	堇青绢云板岩	堇青绢云粉砂板岩
b171	粉砂钙质板岩	绢云粉砂质板岩	b182	粉砂绢云板岩	绿泥绢云粉砂板岩
b172	绢云粘土板岩	绢云粉砂质板岩	b183	粉砂绢云板岩	堇青绢云粉砂板岩
b173	粉砂钙质板岩	绿泥钙质粉砂板岩	b184	钙质板岩	绢云绿泥板岩
b174	凝灰质板岩	绢云粉砂质板岩	P37	千枚粉砂板岩	绢云绿泥板岩
b175	粉砂绢云板岩	绢云粉砂质板岩	P39	千枚粉砂板岩	绿泥绢云粉砂板岩
b176	碳质绢云板岩	绢云粉砂质板岩	P40	千枚粉砂板岩	绿泥绢云粉砂板岩

结构,砂屑结构),XRD与显微鉴定结合的岩石定名优势在于更准确体现出岩石中层状硅酸盐矿物及粉砂级碎屑物质名称与含量。这次研究发现,板岩分类定名必须把岩石薄片鉴定法与X射线粉晶衍射法结合起来,才能准确鉴定板岩的名称。

4 结语

X射线粉晶衍射半定量矿物成分分析在板岩分类命名中起到关键作用,该方法能准确区分细小的碎屑物质及碳酸盐矿物种类,又能检出绢云母、绿泥石、蒙脱石、高岭石层状硅酸盐矿物种类以及在岩石中的相对含量,X射线粉晶衍射法对于板岩中细小的长石碎屑、绿泥石有更高的检出率,为板岩原岩恢复提供了更多信息,使得板岩岩石分类命名更加准确。层状硅酸盐矿物X射线粉晶衍射法半定量含量估计可能比实际岩石中含量高,在岩石定名时,应与岩石薄片鉴定结果相结合,才能给出更加科学合理的板岩岩石名称。

参考文献:

[1] GB/T17412.3-1998,岩石分类和命名方案-变质岩岩石的分类和命名方案[s]. 1998.

[2] 贺同兴,卢良兆,李树勋,兰玉琦.变质岩岩石学[M].北京:地质出版社,1980,105-190.

[3] 潘兆橹.结晶学与矿物学[M].北京:地质出版社,1985,235-246.

[4] DZ/T0130.1~16-2006,地质矿产实验室测试质量管理规范,2006,275-286.

[5] 李胜荣.结晶学与矿物学[M].北京:地质出版社,2008,264-268.

[6] 林培英.晶体光学与造岩矿物[M].北京:地质出版社,2005,125-153.

[7] 刘粤惠,刘平安.X射线衍射分析原理与应用[M].北京:化学工业出版社,2003,72-77.

[8] 迟广成,王娜,吴桐.X射线粉晶衍射仪鉴别鸡血石[J].岩矿测试,2010,29(1):82-84.

[9] 迟广成,宋丽华,王娜,崔德松,周国兴.X射线粉晶衍射仪在山东蒙阴金伯利岩蚀变矿物鉴定中的应用[J].岩矿测试,2010,29(4):475-477.

[10] 迟广成,肖刚,张俊敏,钟辉,王海娇,胡建飞.X射线粉晶衍射仪在辽宁瓦房店金伯利岩蚀变矿物鉴定中

- 的应用[J].地质与资源,2012,21(1):160-164.
- [11] 廖立兵,李国武. X射线衍射方法与应用[M].北京:地质出版社,2008,134-136.
- [12] 马礼敦.X射线粉晶衍射的新起点-Rietveld全谱拟合[J].物理学进展,1996,16(2):251-256.
- [13] 马礼敦.X射线粉晶衍射仪[J].上海计量测试,2003,30(5):41-46.
- [14] 姚心侃.多晶X射线衍射仪器的技术进展[J].现代仪器,2001,(3):1-4.
- [15] 叶大年,金成伟. X射线粉晶衍射法及其在岩石学中的应用[M].北京:科学出版社,1984,76-128.
- [16] 中国科学院贵阳地球化学研究所.矿物X射线粉晶鉴定手册[M].北京:科学出版社,1978,117-122.
- [17] Kretz C.Symbols for rock-forming minerals[J].American Mineralogist,1983,68:277-279.
- [18] Bob Baoping He.Introduction to two-dimensional X-ray diffraction[J].Powder Diffraction,2003,18(2):71-80.

Application of X-ray Powder Diffraction Method in Identification and Classification of Slate

XIAO Gang, CHI Guang-cheng, WU Yue

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110032, China)

Abstract: Previously, the slate identification and classification was based primarily on microscope observation of the rock structures and mineral composition. But under the microscope, it is very difficult to distinguish the species of small psammitic minerals, carbonate minerals and clay mineral. So the slate classification only through the microscopic identification technology could produce a lot of errors, which brought great difficulties in the geological mapping and protolith restoration. During the classification and slate naming, we use the X-ray powder diffraction method to verify. By contrast flake identification to X-ray powder diffraction of 22 slate samples, it is found that X-ray powder diffraction can not only accurately identify fine detritus distinguish between quartz and feldspar and carbonate mineral species under a microscope, but also detect mica, chlorite, montmorillonite and kaolinite scaly minerals. So the detection rate of mineral components is significantly higher than that observed with a microscope. It is proved that the combination of the microscopic identification technology with X-ray powder diffraction method can accurately identify the type of slate.

Keywords: slate; microscopic identification; X-ray; powder diffraction analysis; classification naming