碳酸盐岩的反射光谱特征的研究及应用❶

傅碧宏❷
中国科学院兰州地质所　兰州　730000

摘要　在室内对新疆塔里木盆地西北缘柯坪地区碳酸盐岩的反射光谱进行了测量。分析结果表明: 碳酸盐岩的特征吸收谱带位于 2 300~ 2 350 nm, 随着碳酸盐岩中 Mg^{2+} 含量的增加, 其特征吸收谱带的中心波长位置具有向短波长方向移动的特点; 同时, 随着碳酸盐岩中碳酸盐矿物含量的增加, 其特征吸收谱带的深度(D) 也有增大的趋势, 并且岩石的平均反射率(R) 也随着增高。根据这些特征可以判定碳酸盐岩的岩石类型及碳酸盐矿物的相对含量。

关键词　碳酸盐岩　反射光谱　特征吸收谱带　石灰岩　白云岩

碳酸盐岩不仅是重要的油气储集岩而且是重要的烃源岩, 但即使是有经验的地质学家, 在野外也很难将碳酸盐岩中的石灰岩和白云岩区分开。本研究通过对塔里木盆地西北缘柯坪地区碳酸盐岩反射光谱特征的分析, 将石灰岩和白云岩有效地区分开, 并探讨了碳酸盐岩的反射光谱与岩石化学成分之间的成因联系。

1　样品测试

1.1　测试仪器简介

美国 GER 公司的高精度红外智能光谱辐射计(IRIS Ⅳ型), 其测试的波谱范围为 0.35~ 3.0 μm(一般情况下用 0.4~ 2.5 μm 的数据), 在 0.4~ 1.0 μm 其光谱分辨率为 2.0 nm; 在 1.0~ 2.5 μm 其光谱分辨率为 4.0 nm, 扫描视场角为 6°, 扫描时间 30 s(0.4 ~ 1.0 μm) 至 3 min(1.0~ 2.5 μm), 总共有 860 个采样通道。它是一种双通道系统, 可以同时探测到两个目标物(标准板和岩石样品), 适合于野外和室内等各种环境下岩石、矿物的反射光谱测量, 在野外以太阳光作为光源, 在室内以溴钨灯等作为光源。该仪器与目前常用的 101W 型野外光谱辐射计, 日本 SRM-1200 型野外光谱辐射计及 H-10 型野外光谱辐射计相比[1], 具有测试波长范围宽, 光谱分辨率高等特点。

1.2　数据处理

用 IRIS 测得的岩石光谱数据可以先储存于 CPU 中或记录在数字磁带上, 然后用 IBM 微型计算机及专门处理程序软件对数据进行处理, 岩石反射光谱数据以曲线的形式输出。

2　碳酸盐岩的反射光谱特征分析

2.1　石灰岩的反射光谱特征

从石灰岩样品(0702、0703 和 1101) 的反射光谱曲线(图 1 上部) 来看, 在 2 340 nm 附近都存在 CO_3^{2-} 引起的强吸收谱带, 这是反对称的 CO 伸缩振动的第 2 倍频 ν_3 的谱带。在 1 400 nm 和 1 900 nm 附近存在 H_2O 或粘土矿物中 OH 基团的弱吸收谱带。此外, 0703 样品在 2 200 nm 附近还存在碳酸盐岩中所含粘土矿物的 OH 基团引起的吸收谱

❶ 本文为中日塔里木盆地油气资源遥感合作项目的部分成果。
❷ 傅碧宏　男, 副研究员, 从事岩石、矿物的光谱特征及遥感图像处理与分析研究。

All rights reserved. http://www.ykcs.ac.cn

带。

2.2　白云岩及灰质白云岩的反射光谱特征

从白云岩样品(1303)的反射光谱曲线(图 1 下部)来看,在 2 300 nm 附近存在 CO_3^{2-} 基团引起的强吸收谱带,在 1 400 nm 和 1 900 nm 附近存在的吸收谱带是大量粘土所含的 OH 基团引起的;灰质白云岩(1302)的反射光谱曲线(图 1 下部)分析表明,CO_3^{2-} 引起的特征吸收谱带的中心波长位置位于 2 320 nm 附近,并在 1 400 nm 和 1 900 nm 附近存在其中所含粘土中的水及 OH 基团的吸收谱带。

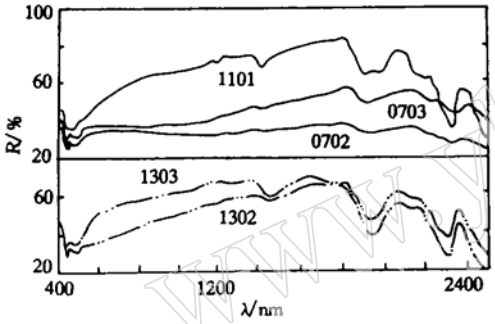

图 1　碳酸盐岩的实验室测量光谱反射率曲线

3　结果与讨论

为了探讨碳酸盐岩反射光谱特征与岩石化学成分的关系,我们还对岩石样品进行化学分析,结果见表 1。

表 1　碳酸盐岩的化学分析结果　　$w_B/10^{-2}$

岩石样品及编号	主要化学成分			
	SiO_2	CaO	MgO	CO_2
石　灰　岩 0702	26.45	33.83	1.68	30.80
石　灰　岩 0703	11.34	40.79	1.03	39.36
石　灰　岩 1101	6.4	49.65	0.29	42.66
灰质白云岩 1302	34.85	20.10	14.80	31.05
白　云　岩 1303	5.16	27.30	22.32	46.12

3.1　灰岩光谱特征与化学成分关系

通过比较 3 个石灰岩样品的反射光谱曲线(图 1)可以发现,其在 2 340 nm 附近的 CO_3^{2-} 吸收谱带的深度 $D_{1101} > D_{0703} > D_{0702}$,平均反射率 $R_{1101} > R_{0703} > R_{0702}$,这说明它们所含碳酸盐矿物(方解石)的含量是 $M_{1101} > M_{0703} > M_{0702}$。化学分析结果(表 1)表明,样品 1101、0703、0702 的 w(CaO)分别为 49.65%,40.79% 和 33.83%,w(CO_2)分别为 42.66%,39.36% 和 30.80%,这证实了光谱分析结果的正确性。

3.2　白云岩光谱特征与化学成分关系

从两个白云岩样品的反射光谱曲线(图 1 下部)比较来看,白云岩的 CO_3^{2-} 特征吸收谱带的中心波长位置位于 2 300 nm 附近,而灰质白云岩则位于 2 320 nm,其 CO_3^{2-} 基团吸收谱带的深度 $D_{1303} > D_{1302}$,平均反射率 $R_{1303} > R_{1302}$,这表明样品中碳酸盐矿物(以白云石为主)含量 $M_{1303} > M_{1302}$。化学分析结果(表 1)表明样品 1303 中 w(CaO、MgO)合计达 49.62%,而样品 1302 中 w(CaO、MgO)合计只达 34.9%,两者 w(CO_2)分别为 46.12% 和 31.05%,这也证实了光谱分析结果的可靠性。

3.3　灰岩与白云岩的光谱特征比较

从白云岩的反射光谱曲线和石灰岩的反射光谱曲线比较来看,白云岩的 CO_3^{2-} 基团特征吸收谱带的中心波长位置位于 2 300 nm 附近,灰质白云岩的 CO_3^{2-} 吸收谱带的中心波长位置在 2 320 nm 附近,而石灰岩的 CO_3^{2-} 基团强吸收谱带的中心波长位置则位于 2 340 nm 附近,这表明随着碳酸盐岩中白云石含量的增加,其中心波长位置有向短波长方向移动的特点。这主要是由于白云岩中 Mg^{2+} 置换了 Ca^{2+},Mg^{2+} 含量增高,Mg^{2+} 的晶格振动或外部振动引起了 CO_3^{2-} 基团的特征吸收谱带中心波长位置的移动[2,3]。

4　应用

根据石灰岩和白云岩特征吸收谱带中心

All rights reserved. http://www.ykcs.ac.cn

波长位置分别位于 2 340 nm 和 2 300 nm 附近的特点, 在航空和航天遥感器的波段设计时, 就可考虑这些特征。例如, 美国 GER 公司 63 通道成像光谱仪(GER AIS) 的 53 和 55 波段的中心波长位置分别位于 2 299 nm 和 2 330 nm[4], 正好分别与白云岩和石灰岩的 CO_3^{2-} 特征吸收谱带的中心波长位置吻合。我们通过对柯坪地区获取的 GERAIS 成像光谱数据的处理, 白云岩和石灰岩在影像上表现绿色和蓝色色调, 据此将白云岩和石灰岩区分开来[5]。

5　结论

①碳酸盐岩的特征吸收谱带位于 2 300 nm~ 2 350 nm 之间, 这是由反对称的 CO 伸缩振动第 2 倍频 ν_3 的谱带引起的。

②碳酸盐岩 CO_3^{2-} 基团的特征吸收谱带的深度(D) 的增大和光谱反射率(R) 的增高, 表明碳酸盐岩中碳酸盐矿物含量增加。

③碳酸盐岩中 Mg^{2+} 含量的增加, 导致碳酸盐岩的特征吸收谱带的中心波长位置向短波长方向移动。

④根据碳酸盐岩特征吸收谱带的中心波长位置和谱带的深度(D), 可以有效地区分碳酸盐岩中的石灰岩和白云岩以及它们之间的过渡类型岩石, 并可判定其中方解石和白云石的相对含量。

⑤岩石光谱特征的分析是航空和航天遥感器波段选择的基础。

6　参考文献

1　中国科学院空间科学技术中心. 中国地球资源光谱信息资料汇编. 北京: 能源出版社, 1987. 95~ 100.

2　Hunt G R, Salisbury J W. Visible and Near-Infrared Spectra of Rocks and Minerals: Ⅱ Carbonates. *Modern Geology*. 1971, 2(1): 23.

3　Hunt G R, Salisbury J W. Mid-Infrared Spectral Behavior of Sedimentary Rocks. *AFCRL-TR*-75-0356. 1975, 1~49.

4　Collins W E, Chang S. Application of Geophysical Environmental Research(GER) Airborne Scanner Data for Detection of Hydrothermal Alteration in Nevada. Proceedings of the 6th Thematic Conference of Remote Sensing for Exploration Geology. 1988, Ⅰ: 123.

5　傅碧宏. 利用超多光谱航空成像光谱遥感数据提取和识别岩石、矿物信息 ——以塔里木盆地柯坪隆起印干山地区为例. 矿物岩石. 1995, 15(增刊): 219.

〈收稿日期: 1995-03-01, 修回日期: 1995-10-04〉

A Study on Reflectance Spectra Features of Carbonate Rocks and Its Application

Fu Bihong
(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000)

A study on reflectance spectra features of carbonate rocks form the Kalpin Uplift, NW margin of Tarim Basin is carried out. The results indicate that carbonate rocks have characteristic absorption band between 2 300 to 2 350 nm due to CO_3^{2-}, and that the depth of absorption band (D) and average reflectivity of the rocks are increased with carbonate mineral content. And also the band center moves to shorter wavelength with the incraese of Mg^{2+} content. Based on these characteristics, the different kinds of carbonate rocks and relative content of carbonate minerals can be effectively distinguished.

Key words: carbonate rocks, reflectance spectra, characteristic absorption band, limestone, dolostone

All rights reserved. http://www.ykcs.ac.cn