

# 高温高压条件下矿物岩石电学性质实验研究

代立东<sup>1</sup>, 李和平<sup>1</sup>, 胡海英<sup>1</sup>, 蒋建军<sup>1</sup>, 惠科石<sup>1</sup>, 李佳<sup>1</sup>,  
孙文清<sup>1,2</sup>, 刘长财<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 地球化学研究所 地球内部物质高温高压重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

物质的电导率是物质的组成、结构、构造以及所处热力学条件的综合反映, 控制热力学条件下矿物岩石电导率的原位测量无论在地球科学、凝聚态物理学还是材料科学中都具有极为重要的意义。在过去几十年中, 为解译野外大地电磁测深结果, 揭示存在于地球内部的电导率高导异常, 国内外众多研究者开展大量的高温高压条件下的矿物岩石电导率实验研究, 并取得了重要进展。具体体现在: 测量矿物岩石电导率的研究方法从最初的直流法发展为单频交流法和更先进的电化学阻抗谱法; 对应于处于地球内部不同深度范围的中下地壳-上地幔-地幔转换带-下地幔-核幔边界-地核等地质体, 开发出了适用于不同高温高压实验室设备(包括活塞-圆筒、多面顶压机和金刚石压砧等设备)的矿物岩石电导率测量方法; 针对高温高压下矿物岩石电学性质的可能影响因素, 国内外学者主要从温度、压力、氧逸度、成分、水含量、铁含量、碳含量、脱水、部分熔融、颗粒粒度、颗粒边界厚度等方面做了系统而深入的研究。

尽管与国外学者相比, 国内高温高压岩石电导率研究起步较晚, 但发展迅猛, 在活塞-圆筒、多面顶压机、金刚石压砧等高压设备上的电学性质研究均取得重要进展。国家地震局的郭才华、顾芷娟、高平等, 采用直流法和单频交流法, 在活塞-圆筒高压设备上, 对碳酸岩、花岗岩、角闪岩、蛇纹岩等地壳岩石的电导率进行了测量, 并把实验结果应用于地壳低速高导层的成因解释及地震研究中(郭才华等, 1987)。1995年, 李和平研究员将电化学中的阻抗谱技术引入到中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压重点实验室的高温高压下地球物质电学性质的原位测量中, 自此我国高温高压下地球物质电学性质的原位测量研究步入了崭新的发展阶段。利用交流阻抗谱技术, 中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压重点实验室的李和平、朱茂旭、王多君、代立东、胡海英、蒋建军、惠科石、李佳、孙文清等在YJ-3000t多面顶压机上对榴辉岩、纯橄岩、橄辉岩、二辉橄辉岩、花岗岩、二辉麻粒岩、角闪岩、辉长岩、辉石岩、钾钠长石固溶体、玄武岩、石英安山岩、辉石安山岩、石英砂岩、泥质岩等壳幔岩石的电导率进行原位测量, 并把实验结果应用于全球稳定大陆地壳、壳幔边界、青藏高原、秦岭大别山、俯冲带等全球或者某一区域典型的构造单元中普遍存在的低速高导异常的成因解释(朱茂旭等, 2001; 王多君等, 2001; Dai et al., 2006, 2008a, b, 2014, 2015a, b, 2016; Hu et al., 2013; Hui et al., 2015, 2017; Sun et al., 2017)。中国科学院地质与地球物理研究所的白武明、黄晓葛、柳江琳、黄小刚、王欣欣等, 采用电化学交流阻抗谱法, 在中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压重点实验室的YJ-3000t多面顶压机上, 对辉橄岩、黑云斜长片麻岩、碳酸盐化橄辉岩、苦橄质榴辉岩等岩石的电导率亦进行了系统的研究(柳江琳等, 2001; 黄晓葛等, 2008; 黄小刚等, 2012)。中国地震局地质所杜建国、白利平等在中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压重点实验室的YJ-3000t多面顶压机上, 对辉长岩和斜长岩电导率和弹性波速进行了系统研究(白利平等, 2002)。中国科学技术大学地球与空间科学学院倪怀伟、郭璇等, 在活塞-圆筒上, 对含水的熔融玄武岩、熔融安山岩电导率进行系统研究, 并对玻利维亚的乌图伦古(Uturuncu)火山区高导异常进行解释(Ni et al., 2011; Guo et al., 2017)。近年来, 中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压重点实验室的代立东、吴雷、庄毓凯、柳凯祥等, 将电化学交流阻抗谱法应用到金刚石压砧高压设备上, 对橄榄石型、钙钛矿型等人工合成材料及黄铁矿、辉钼矿等金属硫化物的电学性质进行原位测量, 并广泛应用于改善矿物和材料的物理学性能的研究中(Dai et al., 2016a, b, 2017)。

**基金项目:** 中国科学院先导专项(XDB 18010401); 中国科学院前沿科学重点项目(QYZDB-SSW-DQC009); 中国科学院地球化学研究所“135”项目; 中国科学院A类百人计划项目; 国家自然科学基金项目(批准号: 41474078; 41774099; 41772042)

**作者简介:** 代立东, 男, 1977年生, 中国科学院百人计划研究员, 高压矿物物理专业. E-mail: dailidong@vip.gyig.ac.cn

## 参 考 文 献:

- 郭才华,高平,宋瑞卿,等. 高温高压下碳酸盐电性的实验研究. 地震地质, 1987, 9: 72-76.
- 朱茂旭,谢鸿森,赵志丹,等. 大别超高压榴辉岩高温高压下电导率实验研究. 地球物理学报, 2001, 44: 93-102.
- 王多君,李和平,刘丛强,等. 高温高压下纯橄榄岩电导率的实验研究: 改则-鲁谷冷地幔的电导率证据. 科学通报, 2001, 46: 1659-1661.
- Dai L D, Hu H Y, Li H P, et al. Influence of temperature, pressure, and oxygen fugacity on the electrical conductivity of dry eclogite, and geophysical implications. *Geochem Geophys Geosyst*, 2016a, 17: 2394-2407.
- Dai L D, Hu H Y, Li H P, et al. Electrical conductivity of gabbro: the effects of temperature, pressure and oxygen fugacity. *Eur J Mineral*, 2015a, 27: 215-224.
- Dai L D, Jiang J J, Li H P, et al. Electrical conductivity of hydrous natural basalt at high temperatures and high pressures. *J Appl Geophys*, 2015b, 112: 290-297.
- Dai L D, Hu H Y, Li H P, et al. Effects of temperature, pressure and chemical composition on the electrical conductivity of granite and its geophysical implications. *Am Mineral*, 2014, 99: 1420-1428.
- Dai L D, Li H P, Hu H Y, et al. Experimental study of grain boundary electrical conductivities of dry synthetic peridotite under high-temperature, high-pressure, and different oxygen fugacity conditions. *J Geophys Res*, 2008a, 113: B12211.
- Dai L D, Li H P, Deng H M, et al. In situ control of different oxygen fugacity experimental study on the electrical conductivity of lherzolite at high temperature and high pressure. *J Phys Chem Solids*, 2008b, 69: 101-110.
- Dai L D, Li H P, Liu C Q, et al. Experimental measurement on the electrical conductivity of pyroxenite at high temperature and high pressure under different oxygen fugacities. *High Pressure Res*, 2006, 26: 193-202.
- Hu H Y, Li H P, Dai L D, et al. Electrical conductivity of alkali feldspar solid solutions at high temperatures and high pressures. *Phys Chem Mineral*, 2013, 40: 51-62.
- Hui K S, Dai L D, Li H P, et al. Experimental study on the electrical conductivity of pyroxene andesite at high temperature and high pressure. *Pure Appl Geophys*, 2017, 174: 1033-1041.
- Hui K S, Zhang H, Li H P, et al. Experimental study on the electrical conductivity of quartz andesite at high temperature and high pressure: evidence of grain boundary transport. *Solid Earth*, 2015, 6: 1037-1043.
- Sun W Q, Dai L D, Li H P, et al. Effect of dehydration on the electrical conductivity of phyllite at high temperatures and pressures. *Mineral Petrol*, 2017, in press, doi:10.1007/s00710-017-0494-2.
- 柳江琳,白武明,孔祥儒,等. 高温高压下花岗岩、玄武岩和辉橄岩电导率的变化特征. 地球物理学报, 2001, 44: 528-533.
- 黄晓葛,白武明,周文戈. 高温高压下黑云斜长片麻岩的电性研究. 高压物理学报, 2008, 22: 237-244.
- 黄小刚,黄晓葛,白武明. 碳酸盐化橄榄岩的电性研究. 地球物理学报, 2012, 55: 3144-3151.
- 白利平,杜建国,刘巍,等. 高温高压下辉长岩纵波速度和电导率实验研究. 中国科学: D辑, 2002, 32: 959-968.
- Ni H W, Keppler H and Behrens H. Electrical conductivity of hydrous basaltic melts: implications for partial melting in the upper mantle. *Contrib Mineral Petrol*, 2011, 162: 637-650.
- Guo X, Li B, Ni H W, et al. Electrical conductivity of hydrous andesitic melts pertinent to subduction zones. *J Geophys Res*, 2017, 122: 1777-1788.
- Dai L D, Wu L, Li H P, et al. Evidence of the pressure-induced conductivity switching of yttrium-doped SrTiO<sub>3</sub>. *J Phys: Condens Mat*, 2016b, 28: 475501.
- Dai L D, Wu L, Li H P, et al. Pressure-induced phase-transition and improvement of the micro dielectric properties in yttrium-doped SrZrO<sub>3</sub>. *EPL*, 2016b, 114: 56003.
- Liu K X, Dai L D, Li H P, et al. Migration of impurity level reflected in the electrical conductivity variation for natural pyrite at high temperature and high pressure. *Phys Chem Mineral*, 2017, in press, doi:10.1007/s00269-017-0904-3.