四川沐川地区峨眉山玄武岩的纤维用评价探讨

张航飞[1,2)],竹合林[1)],钟强生[1)],梁成[1)],郭文彦[1)]

1)四川省第七地质大队,四川 乐山,614000;2) 张金元劳模创新工作室,四川 乐山,614000

Pre-pub. on line: www.geojournals.cn/georev

关键词:峨眉山玄武岩;拉丝试验;四川

连续玄武岩纤维被国家作为应用示范的关键战略新材料(梁成等,2023),玄武岩纤维大型规模化、产业化和高性能化技术发展及应用将是玄武岩的材料重点发展方向,同时其也是四川省新材料产业重点攻关方向。玄武岩纤维产业受到乐山市的高度重视,《乐山市人民政府研究玄武岩纤维产业发展工作会议纪要》(乐府议[2020]51号)提出,要把握产业发展态势,将我市具有相对优势的玄武岩资源转化为有效资本、有效产业,加快形成新的产业增长点。在"十四五"矿产资源总体规划中,要求在玄武岩矿产规划上以连续纤维为主和建材骨料为铺。目前,国内外并未制定有关连续纤维用玄武岩矿产的地质勘查规范和评价指标,同时针对作为支撑产业发展的纤维用玄武岩原矿的相关研究工作开展较少,矿源保障与产业发展形成矛盾(张剑等,2019)。

2022年,四川省第七地质大队在四川沐川地区率先实施了纤维用玄武岩矿权地质勘查项目,该项目采取野外露头调查、钻探工程及采样测试分析等手段,并从玄武岩的化学成分、矿石组构和拉丝工艺3个方面开展了纤维用玄武岩的评价工作,并在峨眉山玄武岩组($P_{2-3}e$)中-上部发现了至少3个纤维用玄武岩矿体。

1 矿体地质

施工的10个钻孔揭示研究区内峨眉山玄武岩组($P_{2-3}e$)中-上部主要为一套以似熔岩为主的陆相喷发的玄武岩,属陆相裂谷裂隙喷溢的产物,自下而上的常见岩石类型排列顺序为火山角砾岩→致密状(斑状)玄武岩→(含)杏仁状玄武岩→(玄武质)凝灰岩。玄武岩矿层走向延伸大于1000 m,产状与上覆地层宣威组(P_3x)基本一致,倾向204°~210°,倾角21°~24°,呈层状、似层状产出。矿体形态、产状受层位控制,且连续性较好。在玄武岩层中可圈定纤维用玄武岩矿体至少3层(钻孔未揭露完峨眉山玄武岩组,部分钻孔揭露到第4层矿体),矿层露头线长度为约1500~1800m,单层真厚度为38.6~45.8m。

2 研究结果

在研究区钻孔岩芯中采集11件玄武岩样品,均为全段组合样,岩石类型包括致密块状玄武岩和(含)杏仁状玄武岩(图1a-图1c)。拉丝试验结果显示,区内6件致密块状玄武岩样均可连续拉丝成功,5件(含)杏仁状玄武岩有1件拉丝失败(图1d-图1f)。

对比相关学者的研究成果中提供的纤维用玄武岩生产合格值指标(表1),研究区连续拉丝成功玄武岩样品的各项化学成分指标符合制备纤维用玄武岩矿石的标准,除样品的TiO_2含量略高(一般>4%),但与贵州赫章地区成功连续拉丝的峨眉山高钛玄武岩样品的TiO_2含量(苏之良等,2021)接近(表1);连续拉丝成功玄武岩样品的酸度系数(Ma)为4.93~6.31、黏度系数(Mv)为2.07~2.43、铁物相比值$w(FeO/Fe_2O_3)$为0.81~3.83和($SiO_2+Al_2O_3$)含量为61.59%~63.75%,均符合酸度系数(Ma)最佳值4.2~6.5、黏度系数(Mv)最佳值2~3、适宜的铁物相比值$w(FeO/Fe_2O_3)\geqslant 0.5$和适宜的($SiO_2+Al_2O_3$)含量60%~80%的要求(霍泳霖等,2022);研究区连续拉丝失败的杏仁状玄武岩样品的CaO含量(4.2%)明显低于和酸度系数(Ma为7.25)明显高于连续拉丝成功样品,同时也超出表1中CaO含量的范围值和酸度系数(Ma)最佳值范围值。

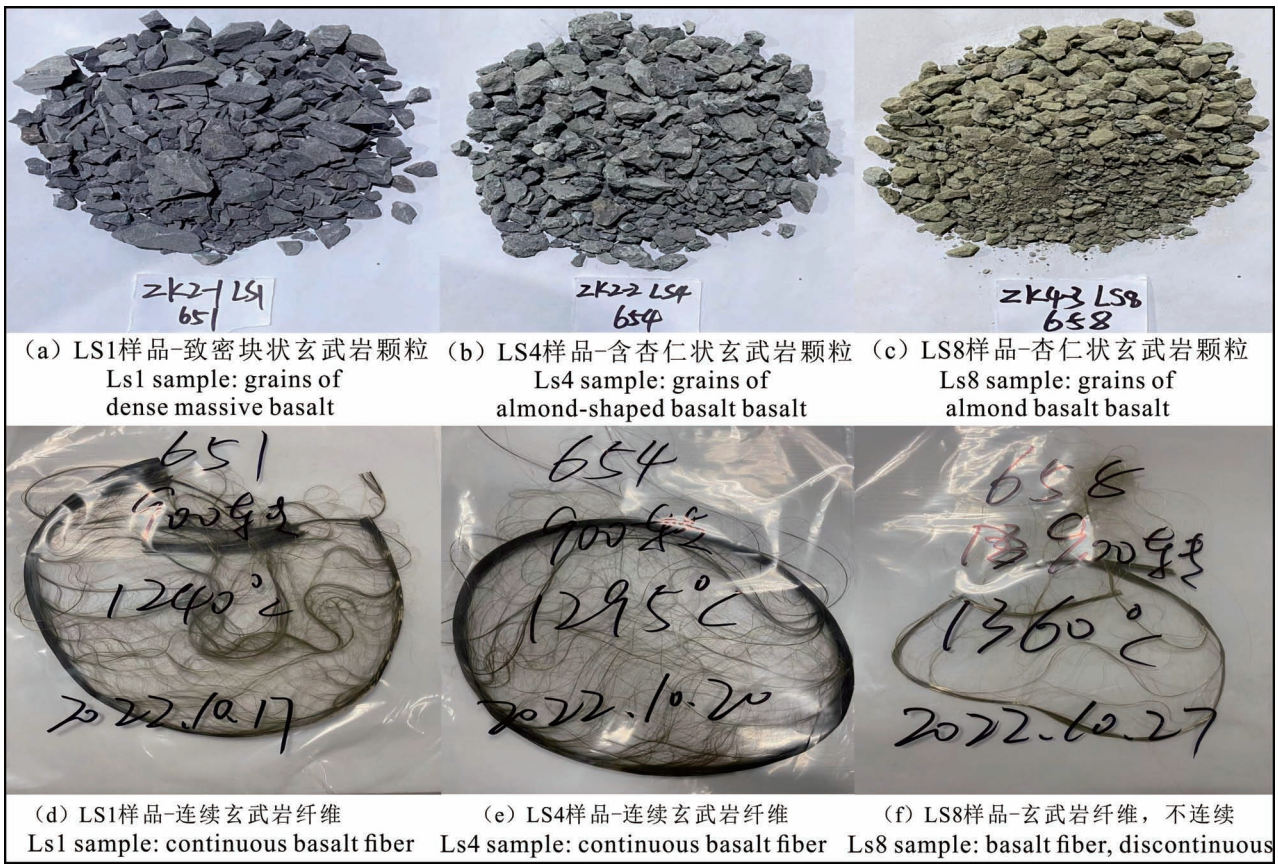
矿石组构上,区内致密块状玄武岩(杏仁体含量<2%)主要为拉斑玄武结构或粗玄结构,块状构造,适用于连续玄武岩纤维的生产;(含)杏仁状玄武岩主要为间隐结构或拉斑玄武结构,杏仁状构造或含杏仁状构造,其杏仁体(含量7%~36%)中含有不利于玄武岩纤维生产的成分(石英、方解石和火山玻璃等),直接不利于拉丝作业和玄武岩纤维质量。拉丝试验样品的CIPW标准矿物结果显示,区内玄武岩的斜长石含量26.89%~42.64%、辉石含量17.56%~28.32%。对比连续纤维用玄武岩的矿物组分标准(斜长石30%~50%、辉石15%~30%)(吴智深等,2016),研究区玄武岩中长石和辉石的含量基本满足连续纤维用玄武岩矿物组分要求。另外,研究区连续拉丝失败样品与成功样品对比,连续拉丝失败样品出现少量刚玉(含量0.44%)和缺少透辉石,代表其Al过饱和,与其CaO含量较低(4.2%)有关,当其Al_2O_3分别与等量K_2O、Na_2O、CaO形成正长石和钠长石、钙长石后,其Al_2O_3仍有剩余,形成刚玉。

拉丝工艺上,4件致密块状玄武岩试样的析晶上限温度均为1270 ℃,致密块状玄武岩样品无论是在成型温度低于析晶上限温度还是成型温度高于析晶上限温度(-30~30 ℃)条件下均能成功连续拉丝;5件(含)杏仁状玄武试验岩的析晶上限温度为1300~1320 ℃,其中1件杏仁状玄武岩样品在成型温度(1360 ℃)高于其析晶上限温度(1310 ℃)条

注:本文为沐川县自然资源局地质勘查项目(编号:511129202200008);四川省地质矿产勘查开发局二零七地质队科研项目(编号:207队科2022-6号)的成果。

收稿日期:2023-03-02;改回日期:2023-05-04;网络首发:2023-05-20;责任编辑:高作宇、章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2023.05.023

作者简介:张航飞,男,1990年生,硕士研究生,工程师,主要从事地质调查与矿产勘查研究;Email:765316210@qq.com。



（a）LS1样品-致密块状玄武岩颗粒 Ls1 sample: grains of dense massive basalt
（b）LS4样品-含杏仁状玄武岩颗粒 Ls4 sample: grains of almond-shaped basalt basalt
（c）LS8样品-杏仁状玄武岩颗粒 Ls8 sample: grains of almond basalt basalt
（d）LS1样品-连续玄武岩纤维 Ls1 sample: continuous basalt fiber
（e）LS4样品-连续玄武岩纤维 Ls4 sample: continuous basalt fiber
（f）LS8样品-玄武岩纤维，不连续 Ls8 sample: basalt fiber, discontinuous

图 1 沐川地区峨眉山组玄武岩($P_{2-3}e$)拉丝试样矿石颗粒和玄武岩纤维

Fig. 1 The basalt ore, and basalt fiber from the Emeishan Basalt($P_{2-3}e$) in Muchuan area, Sichuan

表 1 纤维用玄武岩原料化学成分汇总表

Table 1 Summary of chemical constituents of basalt raw materials for fiber

数据来源	元素含量(%)						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3+ FeO	CaO	MgO	K_2O+Na_2O	TiO_2
阳伟等,2022	45~53	11~19	5~15	6~12	3~10	2.5~6	1~5
苏之良等,2021	44.91~48.98	12.74~13.48	14.04~15.8	7.39~9.74	4.24~5.36	(1.57~3.1)+(0.39~1.5)	3.46~4.41
陈鹏等,2020	45~69	12~19	5~15	6~12	3~7	2.5~6.5	0.9~2
奥斯纳斯·奥尔加,2004	45~55	12~18	5.5~14	5~12	3~8.5	(1.5~3.5)+(2.0~4.5)	2~3
本文连续拉丝成功样品	47.15~51.81	12.82~13.97	11.67~14.79	5.58~8.88	3.26~5.25	3.13~5.66	3.57~4.94
本文连续拉丝失败样品	50.40	12.86	11.83	4.20	4.52	4.61	4.29

件下仍连续拉丝失败(图 1f)。实际连续玄武岩纤维生产过程中,典型玄武岩纤维生产工艺流程中铂铑合金漏板的工作温度一般为 1350 ℃,而成型温度一般要高于析晶上限温度(40~50 ℃),因此要求玄武岩熔体的最高析晶温度小于 1300 ℃,研究区只有致密块状玄武岩满足连续玄武岩纤维的实际生产要求,析晶上限温度可作为研究区连续纤维用玄武岩原矿石评价的参考指标之一。

3 结论

四川沐川地区钻孔系统的基本化学成分测试结果显示,区内致密块状玄武岩的各项化学成分比较稳定,部分(含)杏仁状玄武岩的 CaO 含量较低(<5%)、酸度系数(Ma)过高(>7)和 Al 过饱和导致其连续拉丝失败,同时其析晶温度较高,一般>1300 ℃。根据上述研究成果,建议区内纤维用玄武岩原矿的初步工业指标为:岩石类型为致密块状玄武岩、CaO 含量 5%~12%、酸度系数(Ma)4.0~6.5 和析晶

上限温度≤1300 ℃。

区内峨眉山玄武岩分布广泛,连续性强,厚度大(>200m),玄武岩具多个喷发旋回、多韵律层的特征也使区内存在多层化学性质相对较稳定的纤维用致密块状玄武岩矿层。另外,玄武岩纤维属绿色高载能产业,其能源成本占综合成本 1/3 以上,以生产 9~25μm 原丝为例,能源成本超过 3000 元/吨。研究区致密块状玄武岩的析晶温度较低,其成型温度可设计为高于 1300 ℃,同时乐山市水电资源丰富、载能负荷集中和能源优势突出,培育发展玄武岩纤维产业具有相对能耗优势。

本次工作的研究成果有利于拓展区内玄武岩矿资源的综合利用和纤维用玄武岩的评价工作。下一步区内可针对优质的致密块状峨眉山玄武岩开展选矿试验和技术经济评价等工作。

参 考 文 献/ References

奥斯纳斯·奥尔加. 2004-12-14. 玄武岩纤维的生产方法和设备[P]. 中国专利: 200410101966. 0.

陈鹏, 张谌虎, 王成勇, 石开仪, 雷以柱. 2020. 玄武岩纤维主要特性研究现状[J]. 无机盐工业, 52(10): 64~67.

霍泳霖, 霍冀川, 张行泉, 秦桂璐. 2022. 玄武岩的开发利用进展[J]. 材料导报, 36(6): 20080281(1-11).

梁成, 张华婧, 邓俊, 康鹏宇, 王凯凯. 2023. 山东省临朐—沂水地区橄榄玄武岩地质特征及开发利用研究[J][OL]. 地质论评, DOI: 10. 16509/j. georeview. 2023. 04. 001; [2023-04-20] http://www. geojournals. cn/georev/georev/article/abstract/20236902073? st=search

苏之良, 鲜绍军, 周文龙, 蒲庆隆. 2021. 贵州赫章地区玄武岩拉丝试验研究[J]. 矿物学报, 41(3): 367~376.

吴智深, 霍海滨, 陈兴芬. 2016-09-05. 一种连续玄武岩纤维生产方法[P]. 中国专利: 2016108001288. 1.

阳伟, 化得钧, 曾令熙, 臧凯, 李剑南. 2022. 四川省雷波地区纤维用玄武岩找矿远景分析[J]. 矿产综合利用, (1): 60~67.

张剑, 徐小明, 刘作磊. 2019. 四川省峨眉山玄武岩组连续纤维用玄武岩矿特征分析[J]. 高科技纤维与应用, 44(3): 52~59.

Keywords: Emeishan basalt; fiber-applied basalt; Sichuan

ZHANG Hangfei, ZHU Helin, ZHONG Qiangsheng, LIANG Cheng, GUO Wenyan: Discussion on evaluation of fiber-applied Emeishan basalt in Muchuan area, Sichuan Province