

作者简介: 陈旭(1981),男,浙江东阳人,博士研究生,环境地质学专业,从事环境地质及构造岩石研究。E-mail: peter1237@163.com

幔源岩浆沿大陆裂谷两侧深大断裂上涌,形成了覆盖云贵川三省广大地域的峨眉山玄武岩系。峨眉山玄武岩中普遍发育柱状节理。

## 2 玄武岩柱状节理的成因及特征

### 2.1 玄武岩柱状节理的成因

柱状节理是玄武岩中常见的原生构造,多见于厚层熔岩中,它的形态往往呈一种规则的多边形长柱体,截面以六边形常见,柱体垂直于熔岩层的层面。在这些柱体尚未完全凝固硬化时,如果继续向前流动,将促使柱体一定部位产生倾斜,利用倾斜方位可确定熔岩的流向。

关于双层柱裂的成因主要是由于熔浆溢出地表后,随着温度的降低开始冷凝成岩时,是从顶部冷凝面(外表面)向下,及底层面(接触面)向上同时进行的,但因为由上向下的冷凝速度较由下向上的冷凝速度快,所以多在熔岩冷凝柱体的偏下部位会合。在两部分柱状节理的接会面上,由于收缩作用,会出现周边向内倾斜、中间近于水平的镶嵌面,其上部即为上部柱裂,下部为下部柱裂。

研究区玄武岩岩浆是顺扬子板块西缘的小江断裂喷溢的产物,区内岩浆喷出的熔岩规模较大,熔岩厚度较厚,岩浆的粘度、冷却温度、冷却速度和冷却的均匀性都适于柱状节理的产生,加之本区古地貌相对平坦,所以区内玄武岩的柱状节理特别发育。

### 2.2 柱状节理的基本特征

本区玄武岩柱状节理主要分布在  $P_2\beta_3$  和  $P_2\beta_4$  岩性层中,为第二韵律喷发产物。柱体断面主要以六边形、五边形为主,柱面较宽、柱体较长。由于喷发时冷凝条件的差异,柱体又体现为不同的特征:部分柱体长度较大,达 15~20 m;部分柱体的柱面较宽,为 30~40 cm;部分柱体的柱面不完整,柱体呈扭曲状。

玄武岩柱状节理的几何特征主要包括柱状节理的尺寸、柱状节理镶嵌紧密程度的空间特征、柱状节理的间距和延伸长度。

对左岸出露的柱状节理进行统计(间隔 3 m 统计 1 m),柱状节理的柱长为 50~700 cm,  $P_2\beta_3$  柱状节理的柱长为 80~120 cm;  $P_2\beta_3$  柱状节理柱长变化较明显,为 50~700 cm,  $P_2\beta_3$  上部由于似层面较发育,柱长较短,多为 50~100 cm,下部有的达到 10 m,且较完整(表 1)。

柱面宽度是表征柱体大小的物理量。统计表明,  $P_2\beta_3$  中宽度 10 cm 以下的极少见,宽度 11~15 cm 的占 37%,宽度 16~20 cm 的占 28%,宽度 25~40 cm 的占 37%。说明柱体较均匀,变化不明显,以中等柱子为主,在其下部出现了 25~40 cm 的较大柱体。  $P_2\beta_3$  中柱面变化较明显,出现了比较大的柱面。

表 1 柱状节理柱长统计表

| Table 1 Length statistics of columnar cleavage |    |                       |                       |            |
|------------------------------------------------|----|-----------------------|-----------------------|------------|
| 柱长<br>(cm)                                     | 条数 | $P_2\beta_3$ 的<br>节理数 | $P_2\beta_3$ 的<br>节理数 | 百分比<br>(%) |
| 50~100                                         | 18 | 5                     | 13                    | 22         |
| 100~200                                        | 35 | 2                     | 33                    | 43         |
| 200~1000                                       | 29 | 0                     | 29                    | 36         |

玄武岩的柱状节理被区内的层内错动带沿走向横切,使得柱状节理产生断裂,在层内错动带的两侧出现 10~30 cm 宽度的影响带。影响带内的岩石破裂,原生矿物晶体发生扭曲断开现象。

节理柱长的大小主要与熔岩的厚度、岩浆冷凝收缩的速度及温度有关。由于本区熔岩的厚度大,岩浆成分较均一,冷却时应力较均衡,岩浆冷凝速度较慢,所以本区玄武岩柱状节理的柱长比其他地区玄武岩要长,柱面宽度也比其他地区的柱状节理宽(表 2)。

表 2 柱状节理柱宽度统计表

| Table 2 Width statistics of columnar cleavage |    |                       |                       |            |
|-----------------------------------------------|----|-----------------------|-----------------------|------------|
| 柱面宽度<br>(cm)                                  | 条数 | $P_2\beta_3$ 的<br>节理数 | $P_2\beta_3$ 的<br>节理数 | 百分比<br>(%) |
| 6~10                                          | 21 | 21                    | 0                     | 28         |
| 11~15                                         | 22 | 19                    | 4                     | 29         |
| 16~20                                         | 25 | 21                    | 3                     | 33         |
| 21~25                                         | 4  | 3                     | 0                     | 5          |
| 25~40                                         | 4  | 0                     | 4                     | 5          |

### 2.3 柱状节理的原生构造

柱状节理的原生构造主要指的是柱状节理的节理面,及与柱状节理同期形成的似层面。峨眉山玄武岩的原生构造类型主要与岩浆作用有关。

(1) 柱状节理的节理面形态以平直粗糙为主,部分为波状粗糙;节理面的形状以规则四边行为主,部分由于柱体扭曲表现为不规则形状。由于柱状节理的截面为多边形,节理面的方向体现出各向异性,其中以走向 NE,倾向 NW 和走向 NW,倾向 NE 的两组发育。

(2) 似层面是指沿玄武岩层面方向的面状原生

构造,其形成与岩浆冷凝有关。似层面沿层面方向横切柱状节理,把柱状节理切为几段,且断面相对完整,似层面产状主为走向 NE,倾向 SE。似层面在  $P_2\beta_3$  中段尤为发育,厚度为 25~70 cm,在  $P_2\beta_3$  上部也比较发育,厚度为 50~60 cm。似层面形成于柱状节理形成之后。

(3) 柱状节理的柱面上还发育有平缓微裂隙,一般长 8~10 cm 不等,方向多为似水平方向,与层面交角较小。现场统计表明,1.0 m 长的柱面发育平缓微裂隙 2~12 条。平缓微裂隙条数变化呈现出无序性。但是,平缓微裂隙的发育程度与似层面却有一定的相关性,平缓微裂隙高峰地段似层面也较发育。平缓微裂隙周围并未发现构造改造及表生改造现象,所以这种微裂隙应为原生裂隙。微裂隙是由玄武岩冷凝收缩而成的,一般延伸不长,且主要发育于柱体表面,所以对岩体质量的影响不大。

## 2.4 柱状节理的构造改造

柱状节理的构造改造主要以层间错动和岩体内的基体裂隙为主,局部发育断层。

(1) 层间错动带广泛发育在岩流层顶面的凝灰质岩石中,在柱状节理发育的玄武岩中也有少量发育。层间错动发育的岩石往往形成凝灰质破碎夹层,且由于凝灰物质对水敏感,在地下水的作用下易于形成局部的软弱带甚至泥化夹层。柱状节理发育的岩石在错动带区常形成一定宽度的破碎影响带,其宽度一般为 50~60 cm。

(2) 基体结构面是指岩体中随机发育的相对规模较小的节理和裂隙,也有称基体裂隙。这类结构面在岩体中大量发育,随机展布,构成岩体结构最基本层次的不连续面。柱状节理区域的基体裂隙对柱状节理的影响主要表现在横切柱状节理方向。这一方向的基体裂隙发育不是很明显,一般延伸约 30~50 cm,波状稍粗,起伏不大,充填厚为 0.2~0.5 cm 方解石膜或石英细脉,微风化-新鲜岩体内裂隙面一般嵌合紧密,而弱风化带内则多呈微张开状。

(3) 整个坝区内未见区域性断层,仅发现规模相对较小的 NNE-NE 向、NNW 向和 NW-NWW 向 3 组断层。断层的总体特征是:断层宽度多数小于 1 m,长度多在数百米以内;带内物质组成多为角砾、岩屑,部分存在断层泥,结构类型多为(含)岩屑砾型或破碎夹泥型。柱状节理发育区断层少见。由于断层规模较小,影响带较窄(约 20 cm),断裂附近的柱状节理局部破碎。

## 2.5 柱状节理的表生改造

岩体结构的表生改造是指河谷下切过程中,由于应力释放,岸坡岩体向临空面方向发生卸荷回弹变形,谷坡应力场产生新的调整,伴随这一过程岩体结构所产生的一系列新的变化。在这里主要讨论的是对柱状节理的表生改造。对柱状节理的表生改造主要表现为两个方面:

(1) 柱状节理的节理面的进一步张开变形,是沿着节理面改造变形,使其进一步破碎张裂并且充填次生泥。

(2) 柱状节理柱面的破裂变形张开,是指完整的柱面受表生改造作用发生破裂张开,是对柱面的变形破坏,这种表生改造对柱状节理的破坏尤为明显,且主要发育在强风化带中,方向一般为垂直层面方向。

## 3 柱状节理对岩体质量的影响

新鲜完整的玄武岩的岩体质量主要受层间层内错动带、构造和浅表生改造的影响。

柱状节理整体上表现为较破碎,岩体的完整性较差,野外现场划分主要为镶嵌或者碎裂结构。柱状节理本身的垂直纵向原生节理十分发育,加之于缓顷的层内层间错断带和中小型断层的叠加作用,进一步破坏了岩体的完整性。在柱状节理的断层带和层间错动带附近往往形成一个较明显的破碎带,影响了玄武岩的岩体质量。

然而,柱状节理为岩体的原生结构面,岩体的性状比之真正的碎裂岩体要好很多,特别是那些没有受表生改造和大结构面影响的柱状节理岩体的整体性状相当好。这一点在波束比和岩石抗压强度上都有所表现。因为柱体形状为多边形,柱面之间嵌合得特别紧密,作为一个大的整体岩体不易被破坏。特别是柱面较平直、柱体较大的柱状节理岩体的岩体质量更好,各种物理力学性质接近一般的玄武岩岩体。

## 4 初步结论

玄武岩柱状节理是由于岩浆喷发过程中的冷凝收缩作用形成的,在收缩过程中受到各种因素的综合作用影响。

研究区玄武岩柱状节理包括柱状节理的原生构

造、柱状节理的构造改造、柱状节理的表生改造的 3 种地质作用。柱状节理的原生构造最为重要, 岩浆喷发过程中的冷凝收缩形成了柱状节理的原生节理面——柱面, 同时还形成了似层面; 柱状节理的构造改造以层间错动和岩体的基体裂隙为主, 局部发育断层。

柱状节理的发育影响了玄武岩岩体的质量, 使之完整性变差, 特别是受到强烈的表生改造作用和大结构面影响的柱状节理岩体的完整性更差; 然而柱状节理岩体的性状比起真正的碎裂岩体却要好很多, 作为一个大的整体岩体不易被破坏。

### 参考文献:

- [1] 张云湘, 骆耀南, 杨崇喜, 等. 攀西裂谷[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [2] 沈军辉, 王兰生, 徐林生, 等. 峨眉山玄武岩的岩相与岩体结构[J]. 水文地质工程地质, 2001, 28(6): 1-4.
- [3] 腾吉文. 康滇构造带岩石圈物理与动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [4] 中华人民共和国水利部. 工程岩体分级标准(GB50218-94)[S]. 北京: 中国计划出版社, 1995.
- [5] 沈明荣. 岩体力学. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- [6] 黄润秋, 张倬元, 王士天. 论岩体结构的表生改造[J]. 水文地质工程地质, 1994, 23(4): 1-6.
- [7] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理(第二版)[M]. 北京: 地质出版社, 1994.

## THE RESEARCH ON GENETIC HABIT OF COLUMNAR CLEAVAGE IN BASALT AND THE INFLUENCE TO THE ROCK MASS

CHEN Xu, XU Mo, KANG Xiao bing, WEI Yun jie

(Chengdu University of Technology Environment and Civil Engineering College, Chengdu 610059, china)

**Abstract:** Columnar cleavage is widely occurred in Emei basalt. Combined with the drafted construction of a hydropower engineering on the basalt this paper deals with genetic habit of the cleavage and analyses the influence on the rock mass quality.

**Key Words:** basalt; columnar cleavage; rock mass