一种简便的节理统计方法

徐云峰, 曾佐勋
(中国地质大学 地球科学学院 构造模拟实验室, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 文章提出了一种合理、科学和简便的节理统计方法 —— 最大距离法。其主要思路是对野外采集的节理产状数据做最优分组, 使组间距离最大, 而组内距离最小。该方法逻辑简单、明了, 操作过程简便, 而且能有效地剔除原始数据中误差较大的数据, 结果精确。通过应用, 表明该统计方法正确、可靠。

关键词: 最大距离法; 组间距离; 组内距离; 节理统计方法
中图分类号: P542.33 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2003)04-0262-03

节理统计是构造分析和工程地质评价的重要内容, 其统计的准确性与精度直接影响到应力分析的科学性和工程地质评价的可靠性。传统的节理统计方法有节理极密图法、倾向 (走向) 玫瑰花图法、频率直方图法、等角度统计方法等[1,2,3,4]。但在实际操作中, 人为因素影响较大, 特别是当前普遍使用的极密图法和玫瑰花图法。使用极密图处理倾角时, 10° 以内的误差很难识别出来; 而使用玫瑰花图法时, 分组数及间隔大小具有很强的人为确定因素, 难免存在系统误差。能否在科学、准确、简便的基础上探索出更加符合地质事实的统计方法呢? 笔者在这方面做了一定的探索, 并设计了一种新的统计方法——最大距离法。

1 最大距离法的数学模型

最大距离法的基本原则是使分组后的节理组间距离最大, 而组内距离最小[4]。现以节理倾向为例, 介绍最大距离法的数学模型:

设有 n 个节理, 按其倾向从 0°~360° 排列。以 X 表示节理倾向, X_i 表示第 i 个节理的倾向。用 $\{i,\cdots j\}$ 表示由第 i 个节理至第 j 个节理终止的节理组, 其中 $1\leq i\leq j\leq n$。组间距离以 $S_e=(S_{j+1}-X_j)$ 表示, 即组间距离为相邻两组中前一组最小值与后一组最大值之差。组内距离用组内极差 $d_{(i,j)}=X_j-X_i$ 表示。

n 个节理倾向总极差 $S_{总}=X_n-X_1$, 为一常数。

设 n 个节理被分为 k 组, 以 $X_{k,0}$ 和 $X_{k,1}$ 分别表示第 k 组节理中第 1 个和最后一个节理的倾向。则组内距离差和为

$$S_{组内}=(X_n-X_{k,0})+(X_{k-1,1}-X_{k-1,0})+\cdots+(X_{1,1}-X_1)$$

组间距离和为

$$S_{组间}=(X_{k,0}-X_{k-1,1})+(X_{k-1,0}-X_{k-2,1})+\cdots+(X_{2,0}-X_{1,1})$$

则

$$\begin{aligned}S_{组内}+S_{组间}&=(X_{k,0}-X_{k-1,1})+(X_{k-1,0}-X_{k-2,1})\\&\quad+\cdots+(X_{2,0}-X_{1,1})+(X_n-X_{k,0})+\\&\quad(X_{k-1,1}-X_{k-1,0})+\cdots+(X_{1,1}-X_1)\\&=S_{总}\end{aligned}$$

因此当 $S_{组间}$ 最大时, $S_{组内}$ 最小。

由于组间距离为相邻节理倾向之差, 如果把 $n-1$ 个 $(X_{i+1}-X_i)$ $(1\leq in\leq -1)$ 按从大到小排列, 把 n 个节理分成 k 组只需找前 $k-1$ 个 $(X_{i+1}-X_i)$ 所对应的 X_i 作为分组点即可。

2 讨论

2.1 关于分组数 k

最大距离法可以非常客观地根据最大距离分组并给出其对应的分组位置。统计过程中计算出的作

收稿日期: 2003-04-17
基金项目: 国家自然科学基金项目(49972068) 资助。
作者简介: 徐云峰(1978-), 男, 湖北天门人, 硕士研究生, 构造地质学专业, 从事岩石流变学研究。

为分组标志的最大距离是非常明显的。一般组内相邻节理倾向之差都在 5 °以内, 而 "最大距离 "一般都在 40 °以上。因此, 用最大距离法进行节理统计能够非常客观地定出分组位置并确定分组数。

2.2　去伪存真

野外工作中, 不可避免地会产生少数误差较大的数据。这些数据对统计结果的可信性、实用性等造成了很大的障碍。但一般这些数据是很难被挑选出来的, 然而, 在应用最大距离法进行节理统计过程中, 这些 "有害 "数据很容易识别出来。因这些数据数量较少, 都是个别地夹杂在小组中。相对于组内其他数据来说, 这些数据是一个个 "奇异 "数据。它与相邻节理倾向之差均介于 6 °～15 °之间, 而且常常分布于分组点附近, 因此可以非常容易地辨别出来并加以剔除。

2.3　结果统计量

按照上述方法, 可把野外测量数据分成相对独立的几组。选取一定的统计量, 计算各组中相应的统计量, 可使统计的结果更加明了, 也可为进一步分析、应用提供依据。统计量的选取, 要依据实际应用而定, 这里给出两个常用的统计量。

(1) 平均方位($\overline{x_t}$)。平均方位即每组节理的平均倾向(走向)。第 t 组的平均方位为

$$\overline{x_t} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_{ti}$$

m 为第 t 组中节理数据的个数, x_{ti} 即第 t 组中第 i 个节理的倾向(走向)。

(2) 频度百分比(μ_i)。频度百分比即每组中节理数据的个数占全部节理总数的百分比。

$$\mu_i = (n_i/n) \times 100\%$$

n_i 为第 i 组中节理个数, n 为节理总数。

3　应用实例

用最大距离法进行节理统计, 整个过程可由电子表格 Microsoft Excel, Micrsoft Access 完成, 操作非常简便。也可选取不同的统计量, 做成柱状图、饼状图等, 使结果更加清晰。现以某地一个测量点上得到的节理产状资料[3]为例(表 1), 用最大距离法对该节理根据其倾向分组。操作过程如下:

(1) 对节理按倾向由小到大排序;

(2) 计算排序后相邻节理倾向之差;

(3) 对上一步计算出来的差按从小到大排序;

(4) 剔除误差较大的数据, 并找出最大距离, 对节理进行分组;

(5) 选择一定的统计量, 计算并作图。

可得 3 个最大距离(65 °, 62 °, 65 °), 将该区节理根据其倾向分为 4 组, 其对应分组点节理编号分别为 22, 72, 35(图 1)。通过距离分析, 排除具有较大测量误差的 6 个产状(编号分别为 4, 7, 74, 37, 76, 77, 88)。取 δ 值为 25 °, 由于已分组的 4 组组内极差均在 25 °以内, 故本区节理仅有 4 组。计算每组节理倾向的平均方位, 分别为 24 °, 115 °, 203 °, 300 °。其对应的频度百分比为 25%, 25%, 25%, 25%。可知, 本区发育两组走向近垂直的节理。这是符合地质意义的。

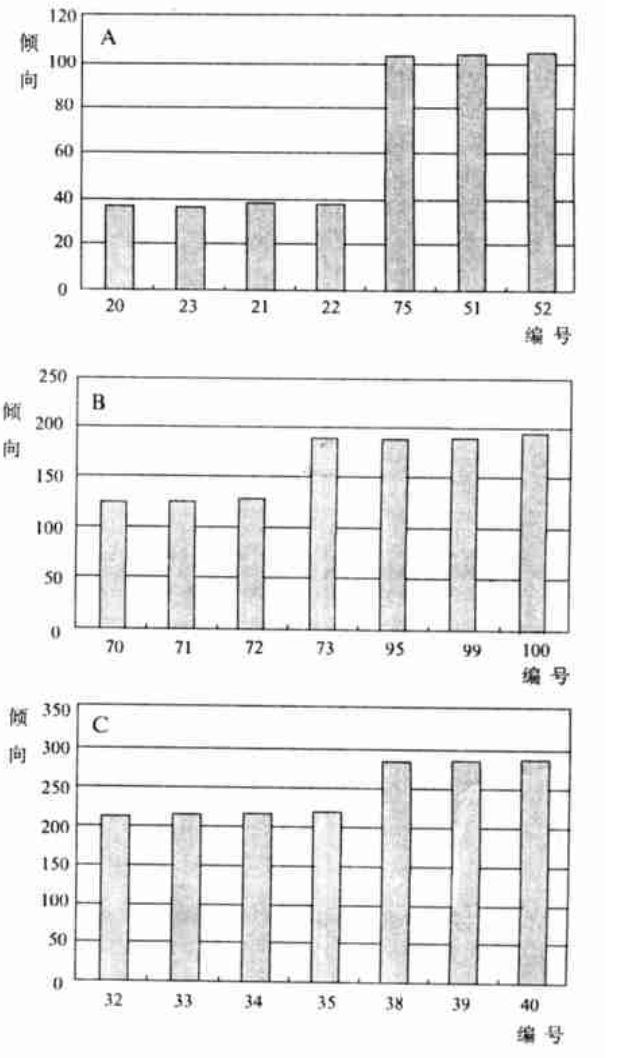

图 **1**　分组点两侧节理倾向柱状图

Fig. 1　Trend bar diagrams of the joints on the two sides of the dividing points

A. 第一分组点两侧　B. 第二分组点两侧　C. 第三分组点两侧

表 **1** 某地节理测量记录表(引自文献[3])

Table 1 Joints attitudes of an area

序号	产状	序号	产状	序号	产状	序号	产状
1	13∠61°	26	196∠69°	51	104∠52°	76	340∠60°
2	19∠76°	27	196∠74°	52	105∠56°	77	352∠71°
3	20∠71°	28	201∠60°	53	106∠69°	78	302∠82°
4	5∠81°	29	202∠66°	54	107∠61°	79	304∠76°
5	22∠78°	30	206∠85°	55	108∠68°	80	305∠60°
6	24∠73°	31	208∠62°	56	110∠68°	81	307∠68°
7	46∠66°	32	212∠72°	57	111∠67°	82	308∠78°
8	26∠81°	33	216∠64°	58	112∠63°	83	310∠62°
9	27∠74°	34	218∠60°	59	113∠81°	84	312∠72°
10	28∠78°	35	220∠70°	60	114∠74°	85	306∠66°
11	30∠69°	36	200∠70°	61	115∠58°	86	310∠79°
12	16∠78°	37	279∠72°	62	116∠68°	87	312∠78°
13	14∠64°	38	285∠70°	63	117∠64°	88	324∠60°
14	12∠70°	39	286∠78°	64	118∠79°	89	201∠76°
15	20∠81°	40	288∠74°	65	119∠54°	90	204∠73°
16	18∠66°	41	290∠66°	66	120∠74°	91	206∠76°
17	24∠66°	42	291∠61°	67	121∠60°	92	207∠79°
18	22∠63°	43	292∠80°	68	122∠73°	93	205∠69°
19	32∠74°	44	293∠70°	69	123∠78°	94	208∠68°
20	36∠66°	45	296∠57°	70	125∠62°	95	191∠61°
21	38∠76°	46	297∠76°	71	126∠74°	96	199∠78°
22	38∠70°	47	298∠64°	72	128∠68°	97	198∠69°
23	36∠60°	48	300∠59°	73	190∠62°	98	196∠81°
24	21∠68°	49	301∠72°	74	144∠66°	99	192∠85°
25	22∠57°	50	302∠78°	75	103∠64°	100	195∠78°

4 结论

从理论和应用实例可知,最大距离法具有理论的科学性和实际应用的可行性、有效性,具有较大的应用价值。

参考文献:

[1] 章荣岫. 节理等角度统计法[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9(2): 219-222.

[2] 王青. 节理裂隙统计方法研究[J]. 勘察科学技术, 1992, (2): 27-31.

[3] 朱志澄, 韦必则, 张旺生, 等. 构造地质学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999. 219-231.

[4] 徐扬邦, 娄元仁. 数学地质基础[M]. 北京: 北京大学出版社. 1990. 211-225.

[5] Bruce E H, Winthrop D M, Paul F W. An outline of structural geology[M]. New York: John Wiley & Sons publisher, 1976. 293-296.

MAXIMUM DISTANCE METHOD FOR THE JOINTS STATISTICS

XU Yun-feng, Zeng Zuo-xun

(*Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*)

Abstract: A more reasonable and scientific method for joints statistics-maximum distance method is put forward. Its main idea is grouping the joints data of the field with the result of maximal inter-group distance and minimal intra-group distance. The logic is very simple and the operation is very convenient, what is more, it can find and delete the improper data. Hence the result is accurate and persuasive. The method is reliable by aid of processing to practical data of an area.

Key words: the maximal distance method; inter-group distance; intra-group distance; δ value method; joint statistical method