地质方向数据玫瑰花图自动绘制及其应用

1

余继峰,李政宏,陈 曦

(山东科技大学地球科学与工程学院,山东 青岛 266590)

摘 要:玫瑰花图是方向统计数据的主要表达方式之一,能直观地反映诸如节理、断层、沉积构造等定向地质数据 的优选方向和总体分布特征,有助于分析解决区域构造应力场方向以及沉积盆地水流或物源方向等地质问题。过 去大多采用人工统计手工绘制的方式实现,工作繁琐,效率低。计算机技术广泛应用以来,不少学者尝试使用不同 的计算机语言编写程序解决绘图自动化的问题,但依然存在一些不足之处。本研究借助第四代编程语言 MAT-LAB强大的数据处理功能和丰富的函数库,编写少量代码实现对该类地质数据的自动统计、玫瑰花图自动绘图和 自动输出等功能。与用 MATLAB 自带的 rose()函数绘制的玫瑰花图相比,更符合地质工作者的使用习惯,通过鄂 东临汾地区燕山期节理玫瑰花图的自动绘制,展示了该方法的实用性。

关键词:玫瑰花图;方向数据;MATLAB语言;优选方位

中图分类号:P623.6 文献标识码:A 文章编号:1672-3767(2017)03-0001-08

Automatic Plotting of Rose Diagram with Geological Data and Its Application

YU Jifeng, LI Zhenghong, CHEN Xi

(College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: Rose diagram, one of the major ways to visualize directional geological data, can clearly and intuitively reflect the dominant direction and general distribution of such geological data as the strike of joints, faults, and sedimentary structures. It is helpful in solving such geological problems as the direction of the regional tectonic stress field, the current or provenance directions of sedimentary basins. The rose diagram was commonly drawn manually, which is time consuming and with low efficiency. With the wide use of computer technology, different computer languages are used to design programs to solve the problem of automatic plotting, but there are still some disadvantages in many aspects. The authors of this paper wrote several lines of computer routines with the help of the ample function library and powerful data processing function of the fourth-generation programming language MATLAB platform to realize the automatic statistics of geological data, the automatic plotting of the rose diagram and the automatic output. Compared with the rose diagram plotted by the embedding function rose() of MATLAB, the automatically plotted rose program is more preferable to geologists. The automatic plotting of the rose diagram of Yanshanian joints demonstrates its validity and practicability.

Key words: rose diagram; directional data; MATLAB program; dominant direction

玫瑰花图在地质领域中应用广泛,清晰形象。但人工绘制玫瑰花图不仅费时费力,统计量大,而且容易

收稿日期:2016-09-14

基金项目:国家自然科学基金项目(41472092);国家级大学生创新创业训练计划项目(201510424005,201510424003) 作者简介:余继峰(1964—),男,安徽萧县人,教授,博士生导师,主要从事能源盆地分析和测井地质定量解释、旋回地层学

等方面的研究. E-mail: yujifeng05@163. com

李政宏(1994—),男,山东青岛人,硕士研究生,主要从事计算机技术在地质领域应用方面的研究,本文通信作者. E-mail:2446347999@qq.com



Vol. 36 No. 3

Jun. 2017

2

被誉为第四代编程语言的 MATLAB 出现后,因其工程计算库函数丰富等特点为工程领域数值计算与 数据处理以及地质领域研究提供了一种新方法^[9-12]。另外,其程序语言是一种基于矩阵的高级语言,具有以 下几个特点:功能强大的数值运算功能、强大的图形处理能力、高级但简单的程序环境、丰富的工具箱等,只 需少量代码就能实现其他语言较难实现的多种功能。张立波^[13]曾应用 MATLAB 编程绘制风向频率玫瑰 图,而在地质领域方向数据分析^[14-15]方面的应用并不多见。应用 MATLAB 语言编写了玫瑰花图绘制程序, 并通过实例数据验证了其良好的实用性,提高了地学科技人员的工作效率。

1 程序处理流程和设计步骤

运用 MATLAB 设计玫瑰花图程序,主要由 dip()、circle()、strike()、semicircle()四个函数组成。circle ()和 semicircle()分别用于绘制倾向和走向玫瑰花图的轮廓。dip()用于统计倾向数据并绘制倾向玫瑰花图,strike()用于统计走向数据并绘制走向玫瑰花图。

步骤一:加载并处理数据

1) 加载数据:

源数据文件要求使用文本文件,数据格式如下:

10,145,270,353.....

从已保存的文件 directional_1.txt 中加载数据的语句如下:

clear; data=load('directional_1.txt');

for j = 1: length(varargin)

 $data(j) = varargin\{j\}(:);$

end%此循环用于统计输入数据的数目,并将原始数据保存在 data 变量中

direction=0.pi/18.35 * pi/18;%初始化 36 个方向及其对应弧度

 $r_1 = 0.7$; font_size = 7; % r_1 为标记文本与外轮廓的距离, font_size 为玫瑰花图中标记文本字号

2) 处理数据

i. 倾向范围在 0°~360°, 玫瑰花图用整圆, 用原始数据即可。

ii. 走向玫瑰花图用上半圆,需要将大于 90°小于等于 270°的数据调整在上半圆范围内,处理代码如下:

 $data_1 = data(find((data > 180) \& (data < = 270))); new data_1 = data_1 - 180;$

data(find((data>180)&(data<=270)))=[];%将被修改的数据清除

 $data_2 = data(find((data > 90) \& (data < =180))); new data_2 = data_2 + 180;$

data(find((data>90)&(data<=180)))=[];%将被修改的数据清除

newdata=cat(2,data,newdata1,newdata2);%修改后的数据保存在新变量中

步骤二:将原始数据按花瓣大小分组统计,统计结果以表格形式保存

1) 倾向数据统计代码

*head*₁=1; *head*₂=10; %*head*₁ 为第一个分组倾向的最小值, *head*₂ 为最大值

for *i*=1:36 %以 10°为一个分组,共分 36 组

 $n(i) = sum(((data) = head_1) \& (data < = head_2)), 2); % 统计每个分组的数据数目$

 $ave(i) = round(mean(data(find((data) = head_1))));% 计算每个分组内数据的 平均值$

 $head_1 = head_1 + 10; head_2 = head_2 + 10;$ end%此循环用于计算每个分组内数据数目和平均方向 调用 xlswrite 函数把统计好的数据写入 Excel 文件,调用格式: xlswrite(filename, M, range);%filename为目标文件名, M为写入Excel的数据矩阵(n(i), ave(i)), range 为写人的单元格区域(n(i)写入 B2 至 B37, ave(i)写入 C2 至 C37) 2) 走向数据统计代码 走向只需要分别统计1°~90°和271°~360°内的数据即可,不再赘述。 步骤三:绘制玫瑰花图 1)需要分别绘制轮廓线、方位线、方位角度,依据自动统计的数据绘制玫瑰花瓣。以绘制倾向玫瑰花图 为例: $num_1 = B(2:10); newnum_1 = flipud(num_1);$ $num_2 = B(11, 37); newnum_2 = flipud(num_2);$ $num = cat(2, newnum_1', newnum_2');%提取各分组内对应数据数目和平均方向,并将列数据变形成行$ 数据 nmax = max(n);%统计出 n(i)中数据最多的那一组数据的数目 2) 设置玫瑰花图属性(字体大小、颜色、位置) $f_1 = figure(2)$; set(f₁, 'units', 'normalized', 'position', [0. 10, 0. 10, 0. 80, 0. 80], 'color', 'w'); axis equal; box off; set(gca, 'visible', 'off'); hold on; 3) 画员 r = nmax * 5; circle(r); 4) 绘制从原点发出的 36 条方向线 for ii = 1:numel(direction) hold on: plot([0, r * cos(direction(ii))], [0, r * sin(direction(ii))], 'k:', 'LineWidth', 0.5);end 5) 在圆上标记方位 由于各个方位角度在圆上标注的位置不同,因此标注文本的水平对齐方式应不同。以标记 0°~90°为 例: for ii=1.9 $text((r+r_1) * cos(direction(ii)), (r+r_1) * sin(direction(ii)), strcat(fangxiang(ii)), 'fontsize', font_$ size, 'horizontalAlignment', 'left'); 6) 绘制玫瑰花瓣 for ii = 1: numel(direction) if(*ii*<numel(direction)) hold on; plot([num(ii) * 5 * cos(direction(ii) + pi/36), num(ii+1) * 5 * cos(direction(ii+1) + pi/36)], [num(ii+1) * 5 * cos(direction(ii+1) + pi/36)](ii) * 5 * sin(direction(ii) + pi/36), num(ii+1) * 5 * sin(direction(ii+1) + pi/36)], 'k-', 'LineWidth',1.5, 'color', 'b'); else plot([num(36) * 5 * cos(direction(36) + pi/36), num(1) * 5 * cos(direction(1) + pi/36)], [num(36) * 5 * sin(direction(36) + pi/36), num(1) * 5 * sin(direction(1) + pi/36)], 'k-', 'LineWidth', 1.5, 'color', 'b');end

3



end

走向玫瑰花图绘制过程与倾向玫瑰花图基本一致,只需分别绘制 1°~90°和 271°~360°的花瓣即可,在 此不再赘述。

步骤四:输出图形

set(f₁,'inverthardcopy','off'); saveas(f₁,'节理倾向玫瑰花图','jpg');

2 应用实例

2.1 自编程序作图

应用上述程序,根据文献[16]中鄂东临汾地区燕山期共轭剪节理实测数据(表 1),在 MATLAB 软件平 台上分别绘制了节理走向、倾向玫瑰花图(图 1、图 2)。该图清晰地展示出燕山中期共轭剪节理系走向主要 为 NEE 和 NW 向,及近 NS 和 EW 向展布,平均优选方位分别为 55°和 325°,355°和 85°,指示研究区遭受过 NWW 向及 NW 向挤压应力作用。由于研究区张节理较少,地层平缓(<15°)构造简单,普遍发育高角度剪 节理,为早期平面共轭剪节理^[17],结合共轭剪节理相互交切形态,恢复燕山中期构造应力以 NW 向为主,局 部转为 NWW 向,燕山晚期为 NWW 向。



图 1 燕山期共轭剪节理走向玫瑰花图 Fig. 1 Strike rose diagram of Yanshanian conjugated shear joints



图 2 燕山期共轭剪节理倾向玫瑰花图

Fig. 2 Dip rose diagram of Yanshanian conjugated shear joints

|--|

Tab 1 Original data Yanshan enoch conjugated shear joints			-					
	Tab 1	Original	data	Yanshan	epoch	conjugated	shear	ioints

	共轭剪节理				形成期次	대 NGM		共轭剪节理				形成期次	
观测点 区位	点号	倾向/ (°)	倾角/ (°)	倾向/ (°)	倾角/ (°)	(挤压应力 观测点 (挤压应力 区位 方向) 万向	点号	倾向/ (°)	倾角/ (°)	倾向/ (°)	倾角/ (°)	(挤压应力 方向)	
东南部	17	42	86	277	87	晚期(NNW)	西部	73	11	84	101	81	中期(NW)
东南部	14	151	86	234	86	中期(NWW)	西部	49	90	88	181	87	中期(NW)
东南部	16	236	83	328	82	中期(NWW)	西部	70	189	76	90	79	中期(NW)
东南部	4	30	72	310	85	中期(NWW)	西部	53	104	84	107	83	中期(NW)
东南部	1	170	86	239	85	中期(NW)	窑渠背斜	129	225	79	132	84	中期(NWW)

4

1 51 111

							续表						
		共轭剪节理				形成期次			共轭剪节理			形成期次	
观测点 区位	点号	倾向/ (°)	倾角/ (°)	倾向/ (°)	倾角/ (°)	(挤压应力 方向)	观测点 区位	点号	倾向/ (°)	倾角/ (°)	倾向/ (°)	倾角/ (°)	(挤压应力 方向)
东南部	12	169	88	254	87	中期(NW)	窑渠背斜	34	63	87	158	88	中期(NW)
东南部	3	101	84	199	84	中期(NW)	窑渠背斜	60	347	89	213	77	中期(NW)
东南部	5	347	86	59	80	中期(NW)	窑渠背斜	67	331	87	239	88	中期(NW)
东南部	2	174	80	82	85	中期(NW)	窑渠背斜	69	151	88	231	88	中期(NW)
东南部	26	178	87	266	88	中期(NW)	窑渠背斜	76	50	84	143	75	中期(NW)
东南部	9	87	74	180	90	中期(NW)	窑渠背斜	85	185	78	180	90	中期(NWW)
蒲县	127	207	81	279	75	晚期(NNW)	窑渠背斜	91	143	76	224	83	中期(NW)
蒲县	126	56	82	149	81	中期(NWW)	窑渠背斜	92	128	81	216	77	中期(NWW)
蒲县	128	149	86	234	87	中期(NWW)	窑渠背斜	38	359	87	267	88	中期(NW)
蒲县	35	150	87	239	85	中期(NW)	窑渠背斜	39	55	75	184	77	中期(NW)
蒲县	37	150	81	237	82	中期(NWW)	窑渠背斜	31	182	85	91	88	中期(NW)
蒲县	30	70	71	337	78	中期(NW)	紫荆山断裂带	113	119	81	38	89	晚期(NNW)
蒲县	128	171	82	258	79	中期(NW)	紫荆山断裂带	103	149	60	39	67	中期(NWW)
蒲县	115	263	82	35	83	中期(NW)	紫荆山断裂带	105	231	75	141	79	中期(NWW)
蒲县	29	61	77	334	88	中期(NW)	紫荆山断裂带	109	319	86	42	86	中期(NWW)
蒲县	93	176	81	80	83	中期(NW)	紫荆山断裂带	110	319	73	33	87	中期(NWW)
蒲县	114	183	80	85	67	中期(NW)	紫荆山断裂带	111	200	74	137	88	中期(NWW)
西部	87	279	85	217	84	晚期(NNW)	紫荆山断裂带	116	154	80	240	72	中期(NW)
西部	57	114	83	217	82	晚期(NNW)	紫荆山断裂带	117	323	86	41	72	中期(NWW)
西部	55	301	89	230	78	晚期(NNW)	紫荆山断裂带	119	345	78	60	78	中期(NW)
西部	56	148	85	236	78	中期(NWW)	紫荆山断裂带	95	148	80	234	86	中期(NW)
西部	58	331	87	214	79	中期(NWW)	紫荆山断裂带	112	1	86	238	80	中期(NW)
西部	82	76	88	356	87	中期(NW)	紫荆山断裂带	122	6	82	270	87	中期(NW)
西部	55	180	85	258	79	中期(NW)	紫荆山断裂带	123	25	88	68	73	中期(NW)
西部	72	256	87	19	85	中期(NW)	紫荆山断裂带	103	191	83	91	60	中期(NW)

数据统计结果自动保存在 Excel 文件中(表 2),方便查看。

Tab. 2 Statistic data of Yanshan epoch conjugated shear joint

	倾向数据统计结果			走向数据统计结果	
方向间隔/(°)	节理数目	平均方向/(°)	方向间隔/(°)	节理数目	平均方向/(°)
$1 \sim 15$	3	6	$1 \sim 10$	5	5
16~30	3	25	11~20	3	12
$31\!\sim\!45$	7	39	21~30	2	27
$46 \sim 60$	5	56	31~40	3	36
61~75	4	66	41~50	4	47
$76 \sim 90$	7	84	$51 \sim 60$	12	57

5

山东科	技大学
学报	自然科学版

第 36 卷	第 3 期
2017 年(6月

Vol. 36 No. 3 Jun. 2017

		实	汞		
	倾向数据统计结果			走向数据统计结果	
方向间隔/(°)	节理数目	平均方向/(°)	方向间隔/(°)	节理数目	平均方向/(°)
91~105	5	98	61~70	8	63
$106\!\sim\!120$	2	117	71~80	5	78
$121 \sim 135$	2	130	81~90	10	356
$136 \sim \! 150$	11	146	$271 \sim 280$	7	274
$151 \sim 165$	4	154	281~290	6	286
$166 \sim \! 180$	10	175	$291 \sim 300$	3	297
181~195	7	185	301~310	7	305
$196\!\sim\!210$	4	201	311~320	8	316
$211 \sim 225$	6	218	321~330	16	326
$226 \sim 240$	13	236	331~340	4	336
$241 \sim 255$	1	254	341~350	6	347
$256 \sim 270$	8	263	$351 \sim 360$	11	356
$271 \sim 285$	3	278			
286~300	0	0			
301~315	2	306			
316~330	4	322			
$331 \sim 345$	5	336			
346~0	4	352			

2.2 MATLAB 库函数中 rose()作图

MATLAB 自带的函数 rose()也可以进行玫瑰花图的制作^[18]。函数 rose 使用逆时针方向计数,沿着直 角坐标 x 轴正方向从 0°开始。但在地球科学中,0°点表示北,90°点表示东,并且角度按照顺时针方向增加。 命令 view 通过+90°(方位角)旋转图形,通过-90°(仰角)镜像图形^[19-20]。用上述实例数据重新绘制倾向、 走向玫瑰花图(图 3、图 4)。







Fig. 4 Dip rose diagram of Yanshanian conjugated shear joints

续表

6

地质方向数据玫瑰花图自动绘制及其应用

llh.

具体代码如下:

data_degrees=load('directional_1.txt');

data_radians=pi * data_degress/180;%将

角度值转换成弧度值

rose(data_radians,24);

view(90. - 90)

通过对比可以发现,rose()函数绘制的玫瑰 花图与原始玫瑰花图相比优势方位不明显,虽然 编写的代码数量少,对走向数据进行成图时需要 人工校正在1°~90°和271°~360°范围内,增加了 工作量和出错率。再者 rose()函数不具有将数据 自动统计输出的特点,而本程序实现了将数据自 动统计并自动保存成 Excel 文件。



图 5 燕山期共轭剪节理倾向玫瑰花图 Fig. 5 Dip rose diagram of Yanshanian conjugated shear joints

2.3 不同花瓣宽度的比较

对于实例数据倾向玫瑰花图来说,选用 15°

间隔作图(图1)效果好于10°间隔作图(图5),前者能清晰展示出研究区发育的两组共轭剪节理方向,即 NEE 向和 NW 向,及近 NS 和 EW 向,而后者由于花瓣数量过多,在一定程度上影响了对区域应力场的正确 判断分析。

7

3 结语

1)借助 MATLAB 强大的数据处理功能和丰富的函数库,编写少量代码实现了对该类地质方向数据的 自动统计、玫瑰花图自动绘图和自动输出等功能。但仅用 rose()库函数制作玫瑰花图除有时影响优选方位 判断外,不符合地质工作者对玫瑰花图的使用习惯。

2)如需对玫瑰花图填色,只要利用 fill 函数对不同方位充填自己满意的颜色即可。如需输出其他格式 图形,只要设置 saveas 函数的'format'属性即可。本文保存的是 jpg 格式。

3) 玫瑰花图花瓣的半径直接表示统计结果的多寡,体现了优选方向。花瓣宽度间隔可在 5°~30°之间 选择,玫瑰花图的花瓣宽度越大,显示结果的分辨率和复杂程度就越低,宽度小时更能表现出细节,但复杂程 度增高,有时会影响对优选方位的判断,一般间隔选用 10°~15°,可视具体情况而定。

参考文献:

[1] 文朴. 用 PC-1500 袖珍电子计算机统计节理并绘制玫瑰花图[J]. 地质与勘探,1984,28(11):40-43.

WHEN Pu. Using PC-1500 pocket computer counts the joints and draws the rose diagram[J]. Geology and Prospecting, 1984,28(11):40-43.

[2]SELNER G, TAYLOR R. 绘制玫瑰图的程序[J]. 华东地质学院学报, 1991, 14(3): 285-288.

SELNER G, TAYLOR R. Drawing the program of rose diagram[J]. Journal of East China College of Geology, 1991, 14(3): 285-288.

[3]刘志飞,LACHLAN K,STEWART.图形显示和比较古水流数据的一种软件(PC99):以青藏高原北部可可西里盆地新生代古水流数据为例[J]. 沉积学报,2002,20(2):354-358.

LIU Zhifei, LACHLAN K, STEWART A. Software tool for graphically displaying and comparing paleocurrent data (PC99): An example utilizing paleocurrent data of the Cenozoic Hoh Xil basin, northern Tibet[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(2):354-358.

[4]段其所.节理裂隙玫瑰花图程序设计及在水电工程中的应用[J].云南水力发电,2012,28(4):56-57,146.

DUAN Qisuo. Joint fissure rose diagram programming and the application in water-power engineering[J]. Yunnan Water Power, 2012, 28(4):56-57, 146.

0	第 36 卷 第 3 期	Vol. 36 No. 3
0	2017 年 6 月	Jun. 2017



- [5]陈军.基于 Excel 绘制节理走向玫瑰花图[J]. 江淮水利科技,2014,36(6):10-11. CHEN Jun. Drawing joint strike rose diagram on the basis of Excel[J]. Jianghuai Water Resource Science and Technology, 2014,36(6):10-11.
- [6]于国芳,闫宝珍,贵旭东,等.基于 VB 的古流向玫瑰花图的绘制[J]. 西部探矿工程,2015,27(9):71-72. YU Guofang,YAN Baozhen,BEN Xudong, et al. Drawing paleocurrent rose digram on the basis of VB[J]. West-China Exploration Engineering,2015,27(9):71-72.
- [7]张俊林,杜丙义,李建民,等.应用 VB 编程实现气象资料的自动统计及风向玫瑰图的绘制[J]. 气象水文海洋仪器,2014,31 (3):63-65.

ZHANG Junlin, DU Bingyi, LI Jianmin, et al. Application of VB in automatic statistics of meteorological data and the drawing of wind rose diagram[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2014, 31(3):63-65.

- [8] 况源,周小明,梁富强.基于 VC++的风玫瑰图绘制程序设计与实现[J]. 电子设计工程,2015,23(17):189-191. KUANG Yuan,ZHOU Xiaoming,LIANG Fuqiang. Based on VC++ wind rose drawing program design and implementa-
- [9]余继峰,于泳,付文钊,等.测井数据 Matlab 插值与地质旋回性分析应用[J].煤炭学报,2011,36(10):1679-1682.
- YU Jifeng, YU Yong, FU Wenzhao, et al. Application of interpolation of well logs based on Matlab to analysis of geological cyclicity[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(10):1679-1682.
- [10]李凤杰,赵俊兴.基于 Matlab 的测井曲线频谱分析及其在地质研究中的应用:以川东北地区二叠系长兴组为例[J]. 天然 气地球科学,2007,18(4):531-534.

LI Fengjie,ZHAO Junxing. Spectrum analysis of logging curves using Matlab and its application in geology[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(4): 531-534.

[11]高迪,郭变青,邵龙义,等. 基于 Matlab 的小波变换在沉积旋回研究中的应用[J]. 物探化探计算技术,2012,34(4):444-448.

GAO Di, GUO Bianqing, SHAO Longyi, et al. Application of wavelet transform in sedimentary cycle research based on Matlab[J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 34(4):444-448.

- [12]HOLZBERCHER E. Environmental modeling using Matlab[M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2007:286-291.
- [13]张立波.基于 MATLAB 的风玫瑰图绘制[J]. 电脑编程技巧与维护,2012,19(18):26-27.

tion[J]. Electronic Design Engineering, 2015, 23(17): 189-191.

- ZHANG Libo. Plotting wind rose based on the Matlab program[J]. Programming Skills and Maintenance, 2012, 19(18): 26-27.
- [14]BORRADAILE G. Statistics of earth science data: Their distribution in time, space and orientation[M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2007:1-10.
- [15]PRESS W H,TEUKOLSKY S A,VETTERLING W T, et al. Numerical recipes: The art of scientific computing 3rd edition [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007; 33-54.
- [16]王琳琳.煤储层节理发育非均质性评价的构造动力学方法及其应用:以鄂东临汾地区为例[D].徐州:中国矿业大学, 2014:53-59.
- [17]朱昊. 鄂尔多斯盆地西缘中南段地质结构及其形成演化[D]. 北京:中国地质大学,2015:63-66.
- [18] TRAUTH.M著,宋久旭,等译.地球科学中的MATLAB应用[M].北京:国防工业出版社,2015,7:120-180.
- [19]PALM W J. Introduction to MATLAB7 for engineers[M]. New York: McGraw-Hill, 2004:264-267.
- [20]DAVIS J C. Statistics and data analysis in geology[M]. New York: John Wiley and Sons, 2002:160-187.

(责任编辑:高丽华)