

地震会商意见提取的一种方法—德尔菲法

叶建青

(青海省地震局)

一、方法的提出

德尔菲法(Delphi)是一种应用于决策事宜的主观概率统计方法,创始于美国著名的智囊团“兰德公司”。早年曾广泛应用于社会科学,一九八四年我们将这种方法引入地震学,进行地震的长期预报研究并取得了一定的经验。在一九八四年“青藏高原地震科学讨论会”上,许多专家学者建议能否将这种方法应用在地震趋势会商会的会商意见提取上。对此,笔者进行了这方面的尝试,并在“青海省一九八六年地震趋势会商会”上应用。

德尔菲法就是将各位德尔菲专家对某一具体问题的难以用语言所表达的思维活动,用不确定性的主观概率表现出来,通过一定的数学计算,从中探求统一。在人们的日常生活中,经常可见德尔菲法的雏形。如在进行重大问题的决策上,人们往往请许多有经验的人进行讨论,出谋划策。只是没有上升到不确定性概率估计的高度来进行认识。

这种方法应用在提取地震会商意见中,最主要的是选择熟悉大量地震资料,有一定预报水平的德尔菲专家。在预报区域和预报时段确定后,每位专家均根据自己的预报经验,通过自己的深思熟虑,按我们设计的表格要求,独立地将不确定性的震级累积概率值填于表中。

二、数学模型

德尔菲法在实际应用中已形成自己的严格程序。由于引入地震问题,笔者将国际通用的德尔菲格式加以改进,进行地震学的应用实践,其方法概貌见德尔菲步骤框图。

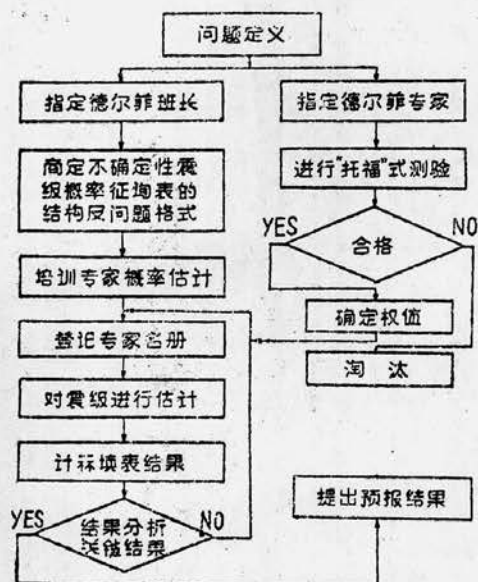


图1 德尔菲步骤框图

地震预报主观概率征询表

表1

震级(M)	大于某级地震的累积概率分布(%)
≥5.0	
≥5.5	
≥6.0	
≥6.5	
≥7.0	
≥7.	
≥8.6	

在框图基础上，我们建立了三组数学模型，用以计算平均累积概率、概率密度值、震级、平均震级。

1. 平均累积概率计算公式

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \times P_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (1)$$

式中的 $\bar{P}$ 为预报区某一区间震级的平均累积概率； a_i 为第 i 位专家的权值； P_{ij} 为第 i 位专家在第 j 个区间震级的累积概率。其中 $i = 1, 2, \dots, n$ ； $j = 1, 2, \dots, m$ 。

2. 概率密度值计算公式

$$\rho(X_j < \xi \leq X_{j+1}) = \rho(\xi > X_j) - \rho(\xi \geq X_{j+1}) \quad (2)$$

式中 $\rho(X_j < \xi \leq X_{j+1})$ 为某一区间震级的概率密度值， X_j 为某一区间的下界震级。其中 $j = 1, 2, \dots, m$ 。

3. 震级计算公式

$$M_i = \sum_{j=1}^{n,m} \frac{X_j + X_{j+1}}{2} \rho_{ij} \quad (3)$$

$$\bar{M} = \sum_{j=1}^m \frac{X_j + X_{j+1}}{2} \bar{\rho}_j \quad (4)$$

式中的 M_i 为第 i 位专家在预报区内估计的震级； $\bar{M}$ 为预报区的平均震级； ρ_{ij} 为第 i 位专家估计的第 j 个区间震级的概率密度值； $\bar{\rho}_j$ 为第 j 个区间的下界震级。其中 $i = 1, 2, \dots, n$ ； $j = 1, 2, \dots, m$ 。

三、应用实践

在“青海省一九八六年地震趋势会商会”上，笔者应用德尔菲法进行了会商意见提取的实践。

根据青海省的构造格架、新构造运动特征以及地震分布规律，我们将青海省划分出了五个地震构造带，依次是祁连地震构造带（Ⅰ）；三湖地震构造带（Ⅱ）；茫崖地震构造带（Ⅲ）；昆仑地震构造带（Ⅳ）；唐古拉地震构造带（Ⅴ），见图2。

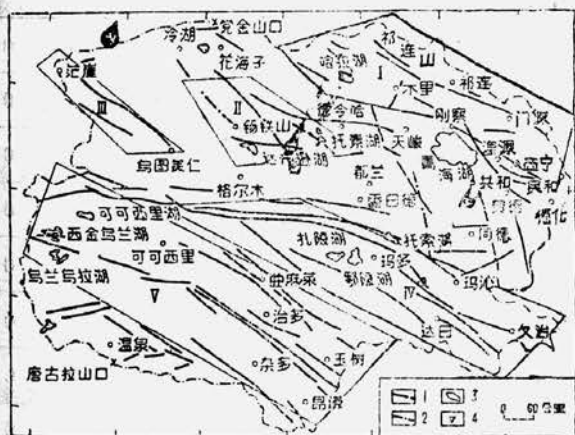


图2 青海省地震区带图

1. 实测活断裂 2. 隐伏活断裂 3. 预报区带 4. 区带编号

按地震带组成五个德尔菲专家组用来提取每个地震带的最终会商意见。每组德尔菲专家的人选是通过在会商会中谈及本区会商意见的同志和长期从事本区带预报研究的同志中选取而组成的。依照图1的程序，依次对专家进行概率知识的培训，理解方法的主要原理，使德尔菲专家能较为准确地填写我们所需的累积概率值。

专家素质是决定预报结果的关键。为使预报结果能比较客观地反映实际水平，对专家进行权值赋给是重要环节之一。为准确地

给专家赋权,我们改革了以往那种凭德尔菲班长主观赋权的办法而代之以对专家进行“托福”或考试的方法,依照成绩进行赋权。试题涉及预报基础理论、预报区带熟悉程度等范围。

地震会商意见的时段一般为一年,考虑到初次使用这种方法难免出现失误,特用预报两年的时段做为对会商意见的验证。在完成了上述工作后,我们把事先设计好的地震预报主观概率征询表发给各位德尔菲专家进行填写。表2—6为德尔菲主观概率征询表。

将填表数据应用我们设计的数学模型进行计算,其结果列于表7中。

表2

预报时段	专家编号	第I带不同区间震级累积概率(%)						
		≥ 5.0	≥ 5.5	≥ 6.0	≥ 6.5	≥ 7.0	≥ 7.5	≥ 8.0
未来一年	1	90	80	70	50	10	1	0
	2	80	50	20	10	0	0	0
	3	90	80	70	50	20	10	0
	4	100	90	80	60	30	5	0
	5	95	90	80	60	30	10	0
未来两年	1	100	85	80	60	10	1	0
	2	90	60	45	35	10	0	0
	3	95	85	75	55	30	15	0
	4	100	90	80	60	30	1	0
	5	95	90	75	60	40	10	0

表3

预报时段	专家编号	第I带不同区间震级累积概率(%)						
		≥ 5.0	≥ 5.5	≥ 6.0	≥ 6.0	≥ 7.0	≥ 7.5	≥ 8.0
未来一年	1	70	60	30	10	2	1	0
	2	60	30	15	5	0	0	0
	3	70	60	50	20	0	0	0
	4	95	85	70	50	0	0	0
	5	50	40	30	10	0	0	0
未来两年	1	90	70	40	20	8	2	0
	2	60	55	2	10	0	0	0
	3	90	80	20	10	0	0	0
	4	95	90	80	60	20	0	0
	5	60	40	30	10	0	0	0

表 4

预报时段	专家编号	第Ⅱ带不同区间震级累积概率(%)						
		≥ 5.0	≥ 5.5	≥ 6.0	≥ 6.5	≥ 7.0	≥ 7.5	≥ 8.0
未来一年	1	50	30	15	5	0	0	0
	2	60	50	30	10	0	0	0
	3	80	60	30	10	0	0	0
	4	90	85	80	60	35	0	0
未来两年	1	60	40	30	0	0	0	0
	2	80	70	50	20	0	0	0
	3	80	60	40	15	5	0	0
	4	90	85	80	60	40	0	0

表 5

预报时段	专家编号	第Ⅳ带不同区间震级累积概率(%)						
		≥ 5.0	≥ 5.5	≥ 6.0	≥ 6.5	≥ 7.0	≥ 7.5	≥ 8.0
未来一年	1	80	75	70	65	60	40	5
	2	80	60	20	15	0	0	0
	3	70	60	50	30	0	0	0
	4	100	95	90	70	10	10	0
	5	85	85	80	80	65	60	0
未来两年	1	85	80	75	67	60	50	0
	2	80	70	40	30	20	0	0
	3	80	70	50	30	0	0	0
	4	100	95	90	70	40	10	0

表 6

预报时段	专家编号	第Ⅴ带不同区间震级累积概率(%)						
		≥ 5.0	≥ 5.5	≥ 6.0	≥ 6.5	≥ 7.0	≥ 7.5	≥ 8.0
未来一年	1	70	65	60	30	0	0	0
	2	90	85	60	50	45	30	0
	3	100	95	80	60	40	10	0
	4	90	80	50	20	15	10	5
未来两年	1	70	65	60	40	30	0	0
	2	95	90	85	60	50	30	0
	3	100	95	80	70	40	15	0
	4	95	90	50	20	20	10	0

会商意见结果表

表 7

预 报 区 带 时 段	I	II	III	IV	V
未来一年	6.7	6.1	5.6	6.3	6.6
未来两年	6.9	5.9	5.9	6.5	6.7

这就是我们提出的地震会商意见。由于结果是以点估计的形式出现的, 难免出现偏差, 这里我们采用随机区间来估计整体参数, 指出该参数落入某一区间的概率大小, 用区间长度反映估计精度, 用概率值给出估计的可靠性。利用统计量 $\mu = \frac{\bar{M} - a}{\sigma/\sqrt{n}}$ 求震级的置信区间。对

于给定信度 $\alpha = 0.05$, 则有 $(P|\mu| < U \frac{\alpha}{2}) = 1 - \alpha$, 将 μ 代入, 则 $P[|\bar{M} - a| / (\sigma/\sqrt{n})] < 1.96 = 0.95$, 置信区间为 $\{[\bar{M} - 1.96(\sigma/\sqrt{n})], [\bar{M} + 1.96(\sigma/\sqrt{n})]\}$ 。我们的最终成果应为表 8 所列。

最终会商意见表

表 8

预 报 区 带 时 段	I	II	III	IV	V
未来一年	(6.3, 7.1)	(3.3, 6.9)	(4.2, 7.0)	(5.1, 7.5)	(5.8, 7.4)
未来两年	(6.7, 7.1)	(4.6, 7.2)	(5.1, 6.7)	(5.8, 7.2)	(6.3, 7.1)

在这次应用实践中, 我们体会到:

1. 凡是预报区工作较详细、资料较多以及专家素质较高的地区, 德尔菲专家的意见就较为统一, 反映在预报的震级区间较小、精度高。反之则区间很长, 失去预报意义, 应进行第二轮次的填表, 或解除预报。

2. 笔者将预报结果反馈给各位德尔菲专家后, 专家们一致认为结论反映了自己的思维活动, 试用德尔菲法进行会商意见提取是可行的。

3. 德尔菲专家的素质是决定所提取的会商意见质量高低的关键, 对预报理论没有了解和掌握预报区实际资料的人是填写不出德尔菲征询表的。

参 考 文 献 (略)