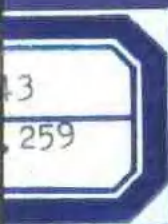


European Macroseismic Scale 1992
(up-dated MSK-scale)

欧洲地震烈度表

(1992, 最新的MSK烈度表)

主编 G. GRÜNTAL



欧洲地震烈度表

(1992, 最新的 MSK 烈度表)

[德] G.Grunthal 主编

金学申 朱艾兰 译

傅征祥 校

56 36

《欧洲地震烈度表(1992,最新的 MSK 烈度表)》

主 编 人 员

主 编 G.Grünthal(欧洲地震委员会“地震烈度表”工作组主席)

副主编 R.M.W.Musson(英国爱丁堡地质调查所)

J.Schwarz(德国魏玛建筑和土木工程大学)

M.Stucchi(意大利米兰地球物理和岩石层研究所)

序

我很荣幸和特别高兴地介绍这份新的《欧洲地震烈度表 (EMS, 1992)》专题研究报告。它是在 1992 年布拉格第二十三届欧洲地震委员会全体会议上形成的。

在这里应指出, ESC (欧洲地震委员会) 一向极为重视地震的烈度划分。在 1964 年以创始人 V.Medvedev, W.Sponheuer 和 V.Karnik 命名的“MSK-64 烈度表”就是由 ESC 推荐的, 其基本原则已广泛地应用了近 30 年。在 1981 年, 对该烈度表进行过修改。

现在, 经过 5 年多的紧张工作, 这本改进了的欧洲地震烈度表终于完成, 它囊括了过去在此方面的所有成就。在 1992 年的 ESC 全体大会上, 被推荐在今后 3 年内 (检验期) 普遍使用。这体现了 ESC 在推广国际标准方面所作出的有益而正确的选择。

值得注意的是, 在烈度资料评估方面主要应用了计算机辅助方法, 最终使烈度表的定义有了更确切的表达。必须明白, 地震烈度表只有通过不断地讨论和使用才能得以改进, 但新的观念是不能改变其基本原则的。这份新的烈度表就是如何实现这一艰巨任务的一个好的例证。

感谢 ESC 烈度表工作组的成员及对这份烈度表做出贡献的所有同事。由 ESC 首批资助的长期国际项目中, 该烈度表是其优秀成果之一。在此我特别要感谢主编和工作组主席——波茨坦的 G.Grünthal 博士, 以及其他对此作出极大努力的编辑: 爱丁堡的 R.M.W.Musson 博士、魏玛的 J.Schwarz 博士和米兰的 M.Stucchi 博士。

L.Waniek(ESC 主席)

1993.3.8

目 录

1. 引言	1
2. 使用烈度表指南	6
2.1 绪言	6
2.1.1 烈度的性质	6
2.1.2 烈度表的用途	6
2.1.3 烈度表的结构	7
2.2 烈度确定	8
2.2.1 烈度和地点	9
2.2.2 等级确定	9
2.2.3 否定性资料的使用	9
2.2.4 可靠性和数据样本	10
2.2.5 可靠性和不确定性	10
2.2.6 表示方法	11
2.3 从历史记录确定烈度	11
2.3.1 历史和文献资料	11
2.3.2 历史记录中的建筑物类型(易损性等级)	12
2.3.3 建筑物总数	12
2.3.4 描述的质量	12
2.3.5 纪念性建筑物的破坏	13
2.4 使用烈度的限制	13
2.4.1 高的建筑物及其他特殊情况	13
2.4.2 土质条件的影响	14
2.4.3 不成立的推论	14
2.4.4 观察的和外推的烈度	14
2.4.5 与地面运动参数的关系	14
2.5 对自然环境的影响	14
3. 宏观地震烈度表	16
3.1 在 EMS 中所使用的分类	16
3.1.1 结构(建筑)物易损性等级的区分	16
3.1.2 量化的定义	16
3.1.3 破坏等级	16
3.2 烈度定义	18

附录 A	烈度表中描述易损性及破坏等级所使用的例子	21
附录 B	工程结构(建筑物)	46
附录 C	地震地质的影响	55
附录 D	烈度评定的例子	57
译后记		60

1. 引言

欧洲地球动力学中心发行此本小册子[欧洲地震烈度表(EMS, 1992)]的目的是, 提交一份由地震烈度表工作组完成的新的、代表现状的、修订的 MSK 烈度表。欧洲地震委员会地震烈度表工作组是在 1988 年 9 月于索非亚举行的第二十一届 ESC 全体大会期间重新开始活动的。

征求修改 MSK 烈度表的建议, 以及修改的总体设想, 于 1989 年 3 月作为第三期 ESC 通报的附件分发出去。1990 年初将建议的反应加以编辑并散发各地, 然后又召开了四次工作组会议, 它们分别是: 1990 年 6 月 7—8 日在苏黎士; 1991 年 5 月 14—16 日在慕尼黑; 1992 年 3 月 16—18 日在卢森堡的瓦尔费当日; 以及 1992 年 6 月 17—21 日在波茨坦由少数人参加的会议。

这里, 简要地回顾由 S.V.Medvedev (莫斯科)、W.Sponheuer (耶拿) 和 V.Kárník (布拉格) 建立 MSK 烈度表初版的一些有关情况。60 年代早期, 由莫斯科地球物理研究所倡议采用适时的烈度表, 它要求改进和完善由 Medvedev 于 1953 年推出的烈度表, 该烈度表在 (前) 苏联被称作 GEOFIAN 烈度表。与此相应, Kárník 在 1961 年与 MSK 烈度表三位创始人进行合作, 依据 Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) 表, 修改的 Mercalli (MM) 表和 Medvedev 表, 由 Sponheuer 和 Kárník 于 1962 年春在布拉格编成了新表的草稿。同年 7 月, 草稿经 Medvedev 和 Sponheuer 修改后, 于 9 月以新表的第一稿正式提交到耶拿第七届 ESC 全体大会上。当时打算通过结合 MCS 表、MM 表和 GEOFIAN 表在使用中收集到的经验, 产生唯一的世界性的烈度表。当时, 该表的 1962 年版本在所有的主要研究所通用, 不仅在欧洲, 而且在日本, 南、北美洲等地也使用。新西兰、日本、西班牙、埃及等地对新表的强烈反应, 被采纳在 1963 年春 (在莫斯科) 由 Sponheuer 和 Medvedev 修改编写成第二稿——该“修改的 MSK 表”由 Kárník 在 1963 年的伯克利 IUGG 大会上发表。根据联合国 (UNESCO) 教科文组织——地震及地震构造图工作组的意见, 从 1963 年 12 月起, 一个具有国际标准的新烈度表加速进行编制, 其目的是把新表提交到 1964 年 4 月在巴黎举行的 UNESCO 地震学和地震工程学国际政府会议上。为此 Sponheuer 和 Medvedev 完成了新表的第三版草稿, 并作为 1964 年版 MSK 表提交到上述的巴黎会议上。同年又在布达佩斯召开的 ESC 会上作了介绍。该版烈度表就是目前熟知的“MSK-64 表”。

Medvedev 于 1976 年、1978 年建议对 MSK-64 表作不太显著的修改。同时, 许多应用者明显觉得该表需作一些改进, 以便更适用于新的建筑技术。1980 年 3 月在耶拿召开的特别专家组的会议上, 围绕 MSK-64 表的使用问题作了分析, 专家们普遍认为对该表的修改建议是无关紧要的。

J.A.Ershon 和 N.V.Shebalin, 以及 J.Drimmel 于 1985 年提出, 对该表作重大修改, 甚至由其他版本全面取代的重要设想。他们的先进方法主要适用于特殊情况的特殊分析, 却不太适用通常的快速烈度评估。这种实质性的变化可能会改变表的内在一致性; 也可能

会导致烈度评估将有别于原先应用 MSK-64 表的结果；同时也要求对原先所有烈度评定的重新分类。这应不惜任何代价予以避免。因为它会导致所有地震活动性和地震危险研究的全面混乱，而这些研究依据恰恰是地震资料。这一问题于 1989 年 3 月在征求修订 MSK-64 表的建议文件中明确指出，并进一步强调对该表的任何修改都不应改变其内在的一致性。

修改烈度表应考虑的其他基本问题：

——表的稳健性，即小的特征差异不应造成明显的不同烈度的评定结果。

——表使用的简单化。

——表应作为一种综合解来理解和使用。因为不能指望用一个烈度表来包括确定烈度特征的所有不同意见。这一差异也反映了使用烈度表地区在文化条件方面的差异。

——放弃任何上层条件或地貌影响的烈度修正，因为详细的地震宏观考察仅是发现和描述这类放大效应。

——理解烈度值所代表的是任何一个村、一个小镇或一个大镇的一部分的烈度，而不是某点（如一栋房屋等）的烈度。

基于以上提到的几点，烈度表工作组要解决的特殊问题如下：

——需要包括描述新型建筑，特别是那些具有抗震设计特征的建筑物，而现有的烈度表中未曾包括此项。

——需要强调在Ⅵ度和Ⅶ度连接区，烈度表出现的非线性问题（通过全面讨论，证明是模糊不清的）。

——必须普遍提高表中用词的明确性。

——必须决定包括高层建筑在内的建筑物，在烈度评定中什么是允许的。

——是否应包括把烈度与包括频谱图的强地震动物理参数等价起来的指标。

——设计的烈度表不但应满足地震学家需要，还要满足土木工程的需要。

——设计的烈度表还应适用于历史地震的评估。

——需要对地表可见的地震影响（如岩落、地裂）及地下结构爆炸引起的振动作严格的修正。

工作组的成员明白 12 级宏观地震烈度表实质只有 10 级；即 I 度意味着没有观察，Ⅺ度和Ⅻ度难以区别，更不用说它们的非常有限的现实重要性。如果我们考虑到Ⅱ度和Ⅻ度极为少用，以及Ⅻ度只定义为最大的影响，它在现实中预期不会发生的事实，那么结果只是一个 8 级烈度表。但是，如上所述，为防止混乱，我们仍保留传统的编号。

在 MSK-81 烈度表的基础上，精心编制新的欧洲烈度表修改版。这是归纳了 1980 年以来专家特别小组的推荐和 S.V.Medvedev 早期建议的表。该表已附在工作组开始活动的第一次意见中。

在第一次工作组会议期间，一开始就讨论了“地震烈度”的确切含义，在“关于烈度本质上是否就是地面运动的一个度量”的长期讨论之后，随后一致通过其定义为“地震烈度是依据一定地区所观察到的影响，对地面振动强烈程度的分级”。

第一次会议讨论的另一个基本问题是关于新表结构的统一。会议决定新表应是模数式的设计，并应包括表的使用说明，“使用说明”应给出确切描绘不同的建筑类型和破坏等级含义的照片。模数设计的意思是产生一张所谓的核心表（即单个烈度等级的定义，与传统

烈度表中的内容相似,但去掉一切弱的和不必要的依据),以及表征特殊问题的许多模数,以防止这些模数被分隔使用的可能性。

关于历史地震烈度评价的附录 A,要解决评价历史地震的烈度时所应记住的限制。原本打算要包括仅用于历史资料表的一个缩减本。关于工程结构(建筑物)的附录 B,要使本表扩充到适用于工程和抗震建筑,即要考虑以往所有的表未考虑到的大量的建筑物类型,并特别要满足工程师的要求。关于地震影响的附录 C,要慎重处理关于像滑波、岩落等现象。这些特征已从称之为核心表中删除。众所周知,这类影响作为确切的烈度表征往往是不可靠的,尤其是次级的诱发影响与烈度关系极微。但当慎重使用时,它们还是有用的,因此,将其从表中完全去掉似乎也不合理。

大家一致同意改变新表的安排(核心部分)。以前的 MSK 表的排列是:

- a) 对人和环境的影响;
- b) 对结构物的影响(破坏);
- c) 对自然的影响。

新的排列是:

- a) 对人类的影响;
- b) 对物体及自然的影响(不包括对建筑物的破坏,对地面、地面裂缝的影响);
- c) 对建筑物的破坏。

更多的篇幅涉及了新修改表的若干方面,是为第二次、第三次工作组会议作准备,这些篇幅不仅由会议的参加者撰写,而且还有被其他工作人员如 R.Glavcheva(索非亚)撰写的。直到 1991 年春,由工作组精心制定并得到主席认可的建议,被纳入实际修改的版本,作为制定“核心表”的基础,该“核心表”在第二次工作组会议期间基本完成。同样,关于建立上述附录的建议也被全面讨论,但与此相关的严重问题变得很明显。工作组会议期间在许多细节方面取得的成就可以在由 R.M.W.Musson 所作的大量会议记录中见到。

工作组成员于 1990 年 9 月在巴塞罗那 ESC 全体会议上再次聚会,草拟出了被 ESC 会议采用的关于“欧洲表”的决定。有关评述工作组活动已取得的成果的报告在巴塞罗那和 1991 年维也纳 IUGG 全体会议上作了介绍。

第三次会议期间,一个主要的议题是讨论由 R.M.W.Musson 准备的第一版新的修改烈度表的使用指南。该指南无疑是推进地震烈度评估实践的基本的和直接的步骤。与第一次会议之后的意图相反,与会者认为,对历史地震采用附录的做法是不实用的。这一问题在“使用烈度表指南”一章和附录 D 中处理。

在处理工程或抗震建筑的烈度评价时,产生一些严重的问题,其原因是:

- 迄今对这类建筑物的地震破坏形式的系统性知识和经验是有限的;
- 在地震规范中,工程结构分类系统的多样性;
- 工程师和地震学家在烈度使用及有关研究领域中的不一致性(如工程师趋向于过高地估计与烈度相关的仪器数据的重要性,因此存在夸大烈度概念的危险);
- 通常,确定烈度的不精确的地震方法,是关于原先用于 MSK 表的建筑物类型,即一般忽略了工艺的质量、结构的规则性,材料的强度、修复状况等,以及考虑这些因素划分条件的必要性。

地震学家们原指望设计一个工程建筑物的分类,能够使其纳入到与最初方案类似形式

的表中,经过长期的讨论,只有以抗震设计标准为基础的工程建筑物才可用来确定烈度的观点被接受了。克服这些问题的一个必要步骤就是采用易损性表,它可以以一种方案解决不同类型的建筑和它们实际易损性的多样性成为可能。在 MSK 表的以往版本中,建筑物的类型以极为严格的方式定义。这一易损性表是作为一种综合解,概括了不同的意见,并将工程和非工程的建筑物纳入到单一的框架中,它是于第四次会议期间设计的,G.Grünthal, R.M.W.Musson, J.Schwarz 和 M.Sbucehi 参加了那次会议,需强调的是,这一被采纳的综合方式部分包含在“核心表”和附录 B 中,它主要被理解为一种实验或临时的解决问题方法,还应对这一课题收集更多的信息和经验,以使其能够作必要的改进。

同样在波茨坦会议期间,“指南”被再次修改。同时,对易损性分类中建筑物的差别(“核心表”部分),以及以表的形式编辑的地震地质和水文地质影响的第一个文本进行修改。几天后,J.Vogt 和 R.M.W.Musson 在斯特拉斯堡将该表变为一文本,它是附录 C 的基础。J.Schwarz 编辑了附录 A,这组照片主要由 H.Tiedemann 及 E.Kenjebaev 和 A.Taubaeu 提供的。

在 1992 年 9 月于布拉格举行的第二十三届 ESC 全体会议上和在为修订的 MSK 表举行的专题研讨会上,工作组的成果第一次以专栏形式公布于众。会议期间和随后提出的大量的修改意见,大多不涉及实质问题,可认为是修改表的最后一个阶段。

由于提交的 MSK 表修订本的一些部分具有临时性及实验性特点,它应被看作是“试用本”,经过几年的实践后,需作进一步的修改。为此规定了三年的期限,即一个改进的版本,尤其是关于烈度评定中工程结构的使用,可望在二十五届 ESC 全体会议上出现。对迄今未详细阐述的新方法和领域的某些建议,欢迎大家把进一步的改进意见提交到“地震烈度表”工作组。

1992 年在布拉格举行的第二十三届全体会议采纳了以上所述的工作组建议,并推荐使用《欧洲烈度表(1992)》(修正的 MSK 表,1992)。由 ESC 工作组提出的“地震烈度表”与现存的表并用 3 年,以收集在现实条件下的经验,尤其是表中有关多数易损性分类及工程建筑的实验部分。在第二十五届 ESC 全体会议上正式推荐该表前,还应在实验期后作一次最后的分析。

“使用说明”的范围扩充得太多,以至不能解决在修改过程中不可避免要出现的所有的“如果”、“但是”。在工作的每一步中,在修订本和原始本目标一致性与若干极其精彩但又超过了工作组活动目标的意见之间,寻求正确的平衡是有必要的。其中有些方面在“指南”中被提到(如烈度与强地面运动参数间的关系等),或至少在附录中出现。另外一些将是进一步研究的课题,其中之一无疑是烈度定义的描述方式与数据处理的规范化程序的结合,以提供排除(或至少减少)烈度评价中的主观因素的可能性,现在已有一些计算机评定地震烈度的正规程序(或算法)。必须强调的是设计这样的算法并不是工作组的一个目标,而是为它们产生一个基础,即提出一个现代化的、尽可能清楚的,高质量地描述不同烈度确切含义的定义。下一个逻辑步骤将是定义定义的烈度及“指南”中给出的规则为基础,建立一个严格定义的正规化算法,尽可能客观地用于烈度评价中。这种计算机方法的好坏要取决于其所依赖的基本定义。

这个表的新版及其所有部分是一合作性的集体工作成果,这一集体有地震学家,也有工程师。工作组主席感谢工作组参加者对精心制定该版所作出的一切努力。在修订过程中

作出积极贡献并分别参加了前 3 天工作组会议的同事有：G.Grünthal (波茨坦)；V.Kárník (布拉格)；E.Kenjebaev (阿拉木图)；A.Levret (丰特内奥罗斯)；D.Mayer-Rosa (苏黎士)；R.M.W.Musson (爱丁堡)；O.Novotny (布拉格)；D.Postpischl (波洛尼亚)；A.A.Roman (基什尼奥夫)；H.Sandi (布加勒斯特)；V.Schemann (慕尼黑)；J.Vogt (斯特拉斯堡)；J.Zahradník (布拉格)；T.Zsiros (布达佩斯)。

同样，应该感谢向工作组提交结果的主要作者和编者；他们是：R.M.W.Musson[制定了怎样使用烈度表指南及烈度评定(附录 D)]；J.Vogt 和 R.M.W.Musson (编制了地震地质影响表)；M.Tiedemann、J.Schwarz 和 E.Kenjebaev (介绍了在烈度评价中采用工程建筑的基本概念，为附录 B 工程建筑部分提供了基本资料，对典型的地震破坏提供了照片和编录)；M.Stucchi (合作编录了意大利的地震学家及工程师的观点和建议，并总结了关于历史资料的建议)。另外，A.Tauber (阿拉木图) 绘制了展示不同破坏等级对不同建筑物类型的图件。

特别感谢瑞士再保险公司、巴伐利亚再保险公司及欧洲议会对工作组活动的资助。

最后，工作组成员一致感谢工作组后期成员 Daniele、Postpischl 及其所作出的贡献。

地震烈度表工作组主席

G.Grünthal

1992.11 波茨坦

2. 使用烈度表指南

2.1 绪 言

2.1.1 烈度的性质

如本书引言中所述, 烈度在这里被认为是依据一定地区观察到的影响, 对地面运动强烈程度的分类。烈度的标度及烈度本身的概念, 在本世纪中得到了不断的发展, 从对影响纯粹的等级划分起, 一次次地被试验, 目前已发展为一测量振动的粗略工具, 至少, 它是以此种意义被使用的。

在某种意义上, 烈度表类似于速记系统, 即它允许将冗长的地震影响描述压缩成单一的符号 (通常是一个数)。为表述这一概念的局限性, 用这种方式描述烈度是有益的——烈度是一种平铺直叙的描述, 而不是一种仪器测量的分析。烈度能够分析和解释, 确实是一种非常有用的参数, 其用途远不止仅是一种描述的简单编辑。但使用者也需记住其基本特性, 在使用时要符合概念的要求。

烈度表的发展, 在考虑破坏和建筑类型时可以看得最清楚。以最纯粹的分类标准, 把一种特定类型的所有破坏归在一起而不考虑被损坏的建筑物的强度。另一个极端是必须知道建筑物的确切强度, 以估计产生一定水平的破坏所需的振动量。

MSK 表的新修订本采用了一综合的解决方法, 此方法使用相当粗略的建筑物抗震能力的划分, 这是区别各种建筑物对地震的响应的简单而稳妥的方式。这一发展仍未完善, 进一步的趋势是提高烈度表及在使用过程中采用程序的规范化程度, 这在将来是有望做到的, 但目前可用于建立规范化程序的观测数据量是有限的。

2.1.2 烈度表的用途

传统的地震烈度表主要在地震之后, 立即进行的问卷调查及野外考察的过程中使用。自 70 年代中期, 随着对过去地震兴趣的增加, 烈度表作为一种工具, 已广泛地应用在非常不均匀的记录中。同样, 工程师和规划者也越来越普遍地将烈度视为预测未来建筑物地震损失的方法的组成部分。

本指南集中讨论烈度表的一般用法。应强调的是, 在目前, 烈度表和附录中涉及抗震工程结构的所有资料都是处在实验阶段。因为在评价地震对这类建筑物影响方面相对说来没有多少经验。在表的主要部分中, 涉及工程建筑的都被印成斜体, 其目的是强调这一事实; 同样, 定量的资料也留下空白。在观测震时抗震设计建筑物性能方面, 积累到更多的经验时, 将把其包括在下一版中。

在对一个地震的宏观性研究中, 可划分出以下几个简单的步骤:

1) 数据获得——通过用调查表方式调查, 野外参观, 信息征求, 文献的查阅及其他手段。

2) 数据分类——将数据整理成使用者可理解的形式, 这无非是以其出处整理调查表。

3) 烈度评定——用烈度表及标明烈度的地名表解释数据。

紧接着通常就是在图上标明烈度值；随后是勾画等震线图，从中作多种分析。等震线图往往是用于抗震设计规范中的地震区划及作为区划图的基础。在许多欧洲国家，工程建筑结构是按一定标准的地震荷载来设计的，这一标准与建筑物场地所在的地震区所指定的烈度值有直接的关系。然而，关于这些技术的讨论已超出了本指南的范围，以后的讨论将集中于那些与烈度表的使用及烈度的概念有着密切关系的方方面面。

2.1.3 烈度表的结构

MSK 烈度表是烈度表家族中的一员，这一家族最初是由 Mercalli 提出的简单的 10 度表，后由 Caconcani 扩展为 12 度表，以后又由 Sieberg 以非常全面的方式定义为 Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS) 表。就是这个 (MCS) 表，它不但成为 MSK 表的基础，也是许许多多的“修改的 Mercalli”表版本的基础。所有这些 12 度表在实用价值上是大同小异的，它们只是在使用程序的复杂程度上有所变化。

事实上，尽管这些表中划分为 12 个等级，在应用时实际只起着 8 度表的作用。I 度在实际中意思是“没有感觉”；II 度表示太弱以至于没有报告，也极少使用。在表的另一端，XII 度是以描述最大可以想象的影响来定义，这类影响在地震中是不容易达到的。X 度和 XI 度在实际中难以区分，XI 度也很少使用。因此，这些表的“工作区间”往往是从 III 度到 X 度。

MSK 表与其他表的主要区别在于开始时定义所使用的不同术语的详细程度，特别是建筑物的类型，破坏等级及数量，这些方面目前被分别单独考虑。

1. 建筑物类型和易损性分类

用字母代表建筑物的各种类型，最初是 Richter 在“修改的 Mercalli”表中 (1956 版) 提出的。这种细分不是出于建筑方面的兴趣，只是非常粗略地代表易损性的不同水平。可以摧毁一砖坯小屋的同样程度的振动，对一施工很好的现代化办公大楼就仅有非常小的影响。很明显，一座建筑物的状态可以影响其易损性。在易损性分类中按建筑物类型条件考虑每个细微变化，必然会使烈度表过于庞大而不实用，因此，综合是必须采用的手段。

MSK 表的以往版本仅以结构类型来定义建筑物的分类。在这一版中，尝试使用接近直接代表易损性的分类。相应地，提出了 6 个依次减小的易损性等级 (A—F)，前三个分别代表“典型的”土坯房屋、砖建筑、钢筋混凝土 (RC) 结构，即它们应能与 MSK-64 和 MSK-81 表中的 A—C 建筑物等级相一致。D—F 级趋于代表易损性的近似线性下降，这是由于提高了抗震设计 (ASD) 水平的结果。应注意的是，尽管本版本 MSK 表与特殊的工程易损性功能没有什么关系，但它应作为在烈度表的标度中进一步发展的一个领域 (附录 B 中，提出了一个怎样将破坏调查的结果转化和归纳在烈度表中的方法)。

虽然易损性在某种程度上非常难以以一种非常有用的方式进行定量化，但仍有必要依据建筑类型来确定易损性。考虑到易损性依赖于其他因素，如失修状况、施工质量、建筑物形状的不规则性等事实。尽管如此，易损性仍在表 3-1 中图示出来。对每种建筑物类型，表 3-1 给出了其最可能的易损性等级及可能的范围 (不确切的地方用虚线表示)。在某种程度上，这一表格是实验性的，还需在烈度表的最后版本中根据经验作进一步修改。现代工程建筑物的易损性，尤其是那些采用了抗震设计的建筑物，在关于工程结构 (建筑物) 的附录 B 中，作了较为细致的考虑。按照烈度表的等级划分，抗震设计的水准被分

为低的（最小限度特性），中等的（改进的特性），高的（达到所有条件的特性）。抗震设计水准主要由抗震设计规范所决定，因此它依赖于地震区中的场地系数和建筑物的重要性。也可以依据与国家规范给出的地震区有直接关系的参数，即依据烈度或地基剪切波来划分抗震设计的标准。

通常，在要确定烈度的地区内，抗震设计的水准应相对一致。因此，开始进行地震破坏野外研究的调查者首先应弄清楚调查地区所实行的建筑规范（如果有的话），因为这将有助于确定工程结构的易损性水平，这一水平应在考虑规则性状况、质量标准、设计中的严重缺点及其他有助于破坏的因素（见附录 B）的基础上进行修改。

具有现代结构系统的工程构筑物，即使没有进行抗横向地震荷载设计，也同样具有一定的抗震水平，应视其为具有工程建筑物抗震设计的水平。同样，设计抗高强度的风荷载的结构物，可认为具有固有的抗震能力。施工质量良好的（非工程的）木或石砌结构可相当于典型的抗震设计中具有 D、E 或 F 易损性级别的建筑物。对这些建筑物，合适的易损性等级的选取应依据质量的水平（材料的强度和工艺）及规则性，当然这些因素对具有抗震设计的建筑物也同样重要，见附录 B。

2. 破坏等级

破坏的等级同样也有一定程度的综合——等级 1—5 代表振动强度的线性增加是理想化的。它们只能近似地做到，并严重地受到描述破坏等级所需的标志的影响。而破坏等级则是操作者容易区分的。在以往的烈度表版本中，没有考虑不同类型的建筑物有着不同方式的响应及破坏，现在的版本通过对石砌和钢筋混凝土房屋分别给出破坏图示说明，来强调这一点。

应注意结构和非结构破坏的区别，当检查一栋受到破坏的钢筋混凝土建筑物时，非结构性的砖充填物的破坏水平，应与建筑物框架部件的结构破坏相对比。

3. 数量化

在烈度表中使用的数量术语（少，多数，大多数）是一种重要的统计元素。有必要把这些统计元素限制在大致的含义上，因为将烈度表作为一系列代表确切百分比图表的任可尝试，都不可能在实际中得到应用，同时也会破坏烈度表的粗略性。但是，数值上定义这些术语并非易事。如果少数—多数—大多数被定义为三个连续的百分比范围（如 0—20%；20—60%；60—100%），不希望出现的结果将会产生，即在某些考察中，在某种情况下，小的百分比增加也许会超过阈值而使烈度提高 1 度；而在另外情况下，同样的增加将超过阈值，因而没有得到同样的效果。宽的互相叠加的定义域（0—35%；15—65%；50—100%）会造成对一观测值（如 25%）模棱两可的问题。而彼此间隔较宽的定义（0—20%；40—60%；80—100%）又会使对某个值无法确定而造成类似的问题。一个综合解决的办法见于本草案表，即采用狭窄的互为叠加的定义。但没有一个解决办法是理想的。这里的目的就是试图最大限度地实现烈度表的粗略性，这里提出数量化的多种定义，在应用时务必要考虑到。

2.2 烈度确定

烈度表中每一度的描述都是每一烈度水平所期待影响的理想化“字—画”。烈度表中描

述的每一种影响可认为是一个标志或试验，通过对照这些标志去量度观测到的资料。然而，使用时不必太严格，把严格的公式应用到资料中去，通常也是不实际的，因为不可能期望任何情况下的资料都满足烈度表中的全部特征。

由于在烈度确定中存在着主观因素，因此在有经验的调查者之间，极少存在明显的分歧。尽管不可能对所有可能发生的事情都规定指南，但对下述的问题将是有帮助的。

另外，附录 D 中列出了两个确定烈度的例子。一个来自文献资料，一个来自调查表的资料。尽管这些例子并非有意作为严格照办的模型，却可作为有用的评价过程的范例。

2.2.1 烈度与地点

烈度必定是与地点相关的。正常情况下，相对于某一特定地点才能考虑烈度，如，“在 Pienza 的烈度是 V”（或更确切地说，“Pienza 的烈度被定为 V”）。说“地震的烈度是 VIII”，没有指明地点是不正确的。最好用“××地区的地震最大烈度是 VIII”的正规表示。

一个地点的烈度有多大或多小的问题是重要的，也不容易确切地回答。这一问题的出现是因为充分的观测事实显示，振动在小距离范围内的变化相当显著和不确定。因此，对两所环境明显相同的相邻的房屋，一座对某次地震可能感觉极为强烈，而另一座完全无感；或者，一座遭到严重破坏，而另一座遭到很小破坏或没有破坏。

烈度的概念总是围绕着这样一种观点，即振动的强烈水平是某一特定地区的特征，这就要求：第一，居住区要大到足够可以得到有统计意义的样本，而不受小规模地区特性的不适当的影响；第二，它不能太大，以致显示不出真正的地区性的变化。

因此，不能确定单一建筑物或街道的烈度，也不能对一座大城市或一个县就定一个烈度。在通常的情况下，最小不能小于一个村，最大不能大于欧洲的一个中等城镇。因此，如意大利的锡耶纳确定一个烈度是合适的，但对米兰仅确定一个烈度却不行，将米兰分成几个单独的分区更好。这里不能规定严格的规则，因为个别的情况将影响使用者在特殊情况下作出的决定。对比较均匀、尤其是上层类型比较均匀的几个地区，确定几个烈度值也是所希望的，否则报告的振动影响范围可以很大。在这一方面，锡耶纳不是一个好的例子。然而，这也不总是实用的，要看资料的准确性及它们是怎样收集到的。在一个城镇所在范围的工程地质条件差别很大的情况时（例如，一半在冲积层上，另一半在高原上），那么这两部分就应独立地确定出不同的烈度值。

2.2.2 等级确定

在现实中，可用的资料往往并不是每个方面都与烈度等级的描述相匹配。在这种情况下，调查者必须决定哪一级烈度与它所有的资料的一致性最好，要做到这一点，重要的是寻求总体资料中的相关因素，而不仅仅单靠某一特征作为尺度。必须小心，不能给予偶然极端的观察结果，太大的权重，否则会导致过高地估计调查地区的烈度。

当资料由单独调查表或单独的野外观测组成时，这些资料应包括每个地区，以确定一种标志性特征在多少种情况下被观测到或来观测到。

当资料包括其它的描述时，这些影响也许不是以纯正的烈度表的术语来报告。在这种情况下，它有助于考虑描述的总体意思是否与烈度表中某一度的基本特征一致。

2.2.3 否定性资料的使用

在确定烈度时，一种肯定没有出现过影响的资料，往往与肯定出现过影响的资料具有同等价值，这种资料不应忽视。然而，因为没有报告就设想这种影响没有出现是危险的和

站不住脚的，除非这种假定有特殊的理由可以证明。

2.2.4 可靠性和数据样本

对使用者来说，有一点是重要的，但又往往被忽略，这就是现有的地震资料决不是或极少是地震造成的影响的全部记录。当一个拥有 2 万座建筑物的城镇被地震振动时，每一座建筑物都会受到这样或那样的影响，使用者或许仅依靠几十幢的资料作为基础来进行评估。换句话说，他的资料来自于观测影响总体的一个样本，有理由询问：这一样本是否确实可以代表总体？

在整个城镇中，观测到某种影响后果而去报告的人数比例，可能相当于全部影响后果被观测到的真实比例，这样，在绝对的数量中，报告的数量越少，误差就越大。如果注意用随机抽样技术得到数据，那么就可能用统计方法计算出采样中的这一误差。不幸的是，通常并非如此，为此那些从事收集和宏观地震资料的人，应熟悉在社会科学中发展起来的调查表和抽样方法。

使用者也许不能够提高其资料的可靠性，但他至少应有什么是可靠性的概念，并能交流这点，既可以恰当地陈述，包括样本空间的大小，也可以采用印刷惯例，如使用小字体的方式表明烈度来自于不十分可靠的样本。

在使用者可以直接控制从野外考察得来的资料的情况下，可能没有太严重的问题，或几乎完全不会出现问题。而如果是第二手或第三手资料，问题就可能变得极为严重。如新闻记者对一城市影响程度的笼统报道可能是以极少的调查为基础的，而考察者以为它是典型的，并重新改写，但事实上它并非是典型的。对历史地震研究来说，这常常是一个特殊的问题，使用者所依据的是相对少的抢救下来的资料。

一个例子可以说明这点。假定来自某一城镇的仅有的资料中说大多数人难以站稳，这是一个对应Ⅶ度的特征，但是没有其他特征，仅凭这句话定为Ⅶ度是正确的吗？很难制定明确的指南来说明什么是、什么不是赖以确定烈度的足够证据。当资料很少时，一个有用的方法是依据潜在的不可靠资料而得到的烈度估计用“Ⅶ？”或用“(Ⅶ)”，或其他类似的形式标出来。

2.2.5 可靠性和不确定性

通常，不能有把握地决定一个单一的烈度。在这种情况下，可以给出近似的烈度估计，也可因资料太矛盾而最好把不能解决的问题留下来，但毋需对这两种做法作出决定。

当资料满足并超过Ⅵ度的描述，而明显地不能完全满足Ⅶ度的描述时，在这种情况下，最好的解决办法是取较低的值。表中给出的描述应被视为是阈值。如果一个地震在一特定的地区的影响被认为通过了Ⅵ度的阈值，就可认为达到了这一烈度；如果没有通过Ⅶ度的阈值，那么烈度就不能认为是Ⅶ度。建议使用者保持表的整数性，不要使用像“6.5”，“ $6\frac{1}{2}$ ”或“6+”等形式。人们怀疑任何较高分辨能力的烈度处理，在实际中是否是必要的或现实的，如果由于某些理由觉得有必要表达得更详细些，应以描述的方式表示出来。

例如：在一个有 100 栋（石造）房子的村中，其中 15 栋的易损性定为 A 类的房屋遭受的破坏是 1 级，另外 14 栋易损性 A 类的房屋的破坏达 2 级；19 栋 B 类易损性的房屋其破坏为 1 级，另外 9 栋易损性为 B 类、破坏达 2 级。如果仅考虑破坏，足以证明烈度是Ⅵ度，而不足以证明为Ⅶ度，因此烈度被定为Ⅵ度。

例如，也有资料可被同等地解释为Ⅵ或Ⅶ（但明显不是Ⅷ）的情况，在这种情况下，烈度应被写为Ⅵ—Ⅶ，意思是Ⅵ或Ⅶ，而不意味为某一中间值。现在把烈度表示为一个范围实际非常普遍，尤其对经常不足以允许有更好的解决办法的历史资料更是如此。越过烈度表 2 个等级的范围也是可能的，可能写成Ⅵ—Ⅷ，但不意味着是Ⅶ度。

举例：某文献说“在我们城中，烟囱倒塌，但没有房屋被严重破坏。”在这有限的报告中没有指明烟囱倒塌的百分比，因此烈度可能是Ⅵ或Ⅶ；明显没有严重破坏的叙述表明烈度不是Ⅷ；烈度被定为Ⅵ—Ⅶ。当没有更为精确的方法时，模糊地指定，如小于Ⅵ或大于Ⅶ也是可以接受的。

举例：一文献说“在科托纳有大量的破坏”，如不能得到其他资料，烈度定为大于Ⅵ。

资料的含糊不清会引起进一步的问题，如对人的影响可能仅仅认为Ⅵ度，而对结构物的影响可认为烈度为Ⅷ度，或相反。如果这一问题经常发生，它可能表明某些明显的地区性或文化性的因素在起作用（人们比较容易警觉，非常差的地方施工技术），这些应予以考虑。在使用烈度表时，当这类问题的个别情况发生而又没有相应的因素可辨别时，那么就有必要象以上讨论的那样，将烈度表示为一个范围值。

通常的情况是资料非常缺乏细节或极为矛盾或不可信，以致于无法确定烈度。在这种情况下，有必要采用常规的办法来表示观测的影响，如采用一个点或 F 符号表示“感觉到”以便表明没有确定烈度。如有必要，可附上一解释性的注解。

例：一编年史资料述及“这一地震同时在拉文纳，安科纳和佩鲁贾发生”。不能对这三个地方确定烈度，但应用某一适当的符号记录地震在那里是有感的。要注意从这有限的信息中，并不清楚了解那些地方是否有破坏。

2.2.6 表示方法

过去认为，烈度习惯上是用罗马数字来标记，这样，既可以将其更清楚地与震级区分开来，又可以强调烈度的整数特征。由于罗马数字难以由计算机来处理，这一传统在某种程度上不得不被取消了。用罗马或阿拉伯数字现在认为是一样的。

还有一套传统的符号来画烈度，以圆圈为基础，越高烈度值，其填充量越大。这些符号一般用于东欧，其他地方并不多见。

2.3 从历史记录确定烈度

2.3.1 历史和文献资料

“历史资料”这一术语的含义经常用来指来自于历史记录的地震影响描述，即仪器记录时期（1900 年）前的文字材料。然而，必须强调的是，对本世纪的地震，甚至非常近代的事件，同类重要的宏观地震资料仍是可用的。

因此，将历史记录与现代文字证据一起看作“文献资料”是实际的。这里，这一术语用来区别非地震学目的所记录的地震影响与在地震学者指导下收集的调查表资料。这些资料需根据历史方法重新恢复和解释，不管它们是 1890 年的还是 1980 年的。

恢复和处理文献资料需要仔细和专门的技能，如大量的现代文献所显示的那样。特别是，处理文件记录的调查者必须明白，到他手上的资料往往已经过了一段长而复杂的历程。因此，从历史的、地理的和文学的概念考虑资料的来龙去脉是极为重要的。