

欧洲地震烈度表1998

[德] G. GRÜNTAL 主编

黎益仕 温增平 译
刘锡荟 杜 玮 校



地震出版社

欧洲地震烈度表 1998

[德] G. GRÜNTAL 主编

黎益仕 温增平 译
刘锡荟 杜 玮 校

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

欧洲地震烈度表 1998/ [德] 顾卢达 (G. GRÜNTAL) 主编; 黎益仕, 温增平 译. —北京: 地震出版社, 2010. 2

ISBN 978-7-5028-3672-6

I. ①欧… II. ①顾…②黎…③温… III. ①地震烈度表—欧洲—1998
IV. P315.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 242738 号

地震版 XT200900283

欧洲地震烈度表 1998

[德] G. GRÜNTAL 主编

黎益仕 温增平 译

刘锡荟 杜 玮 校

责任编辑: 李 玲

责任校对: 庞亚萍

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京地大彩印厂

版 (印) 次: 2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月第一次印刷

开本: 787×1092 1/16

字数: 82 千字

印张: 6.25

印数: 001~500

书号: ISBN 978-7-5028-3672-6/P·(4292)

定价: 62.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

中文版序言

It is an honour for me to introduce this monograph on the Chinese edition of the European Macroseismic Scale EMS – 98. This edition of the EMS – 98 in Chinese language is especially recognized and appreciated since China is particularly exposed to high magnitude earthquakes in densely populated areas, which requires the proper use of macroseismic tools. Moreover, there is hardly any other country with such a large number of experienced experts in seismology and earthquake engineering. These are the potential users of this Chinese edition. One of the characteristics of the EMS – 98 is that it is designed to meet not only the needs of seismologists alone, but also those of civil engineers.

Knowing that earthquake effects on buildings can vary strongly depending on their seismic vulnerability, special emphasis in designing this new scale was put on the classification of buildings with respect to their vulnerability, ranging from extreme vulnerable (class A) up to frame construction with a high level of earthquake-resistant design showing minor vulnerability (class F) . Together with the classification of damage to buildings, differentiated into structural and non-structural damage, both for masonry and reinforced concrete buildings, the vulnerability classification became the backbone of the new scale. The extensive Guidelines to the scale enable the users to classify their special types of buildings into

one of the six vulnerability classes. Moreover, the EMS – 98 is the first scale which is configured with the Guidelines and Background Material, which, properly applied, reduces the subjective factor considerably.

All these features lead to applications of the EMS – 98 on all continents. Already in 1996 the European Seismological Commission had officially recommended its use in their member states in Europe and the Mediterranean countries. Aside from the English original, editions of the full monograph are available in French, Spanish and Russian-added herewith by the Chinese one. Translations of the core part or the short form of the EMS – 98 exist in some twenty languages. More and more the scale is becoming inversely used as a tool to assign the seismic risk in terms of monetary loss for a given intensity.

I highly appreciate the long tradition of the Chinese scientific communities in seismology and earthquake engineering in paying attention to European macroseismic scale developments. This was the case with the MSK – 64 intensity scale, which was considered in the design of the China Seismic Intensity Scale CSIS (1980). Similarly, CSIS 1999 is referring to the 1992 edition of the test version of the European Macroseismic Scale EMS – 92. The latest development of the Chinese scale, the CSIS 2008, edited shortly before the Wenchuan earthquake, makes use of ideas of the EMS – 98, especially with respect to the idea of the vulnerability classes, particularly for the earthquake-resistant engineered buildings.

I am convinced that this Chinese translation of the EMS – 98, being made available herewith to a broader user community, will support the contin-

ued fruitful link between Chinese and European developments in macroseismology. My sincere thanks are expressed to Dr. Wen Zengping and his co-workers for preparing the translation and to the China Earthquake Administration for financing and distributing this edition.

Potsdam, 18 May 2009

Gottfried Grünthal

Chairman of the ESC Working Group on Macroseismic Scales and Editor of the EMS – 98

第一版序言

我很荣幸而又特别高兴地介绍这份新的《欧洲地震烈度表 1992》(EMS-92)。该烈度表于 1992 年布拉格第二十三届欧洲地震委员会全体会议上获得通过。

应该指出的是,长期以来欧洲地震委员会一直极为重视地震烈度划分的工作。早在 1964 年欧洲地震委员会就推荐了 MSK-64 地震烈度表,该烈度表以其创始人 V. Medvedev、W. Sponheuer 和 V. Karnik 的名字命名,烈度表的基本内容已广泛应用了近 30 年。1981 年欧洲地震委员会又介绍了 MSK-64 烈度表的修订版本。

经过五年多紧张细致的工作,终于完成《欧洲地震烈度表》的修订工作,它囊括了此前这方面的所有研究成果。1992 年欧洲地震委员会全体会议建议将 EMS-92 作为通用标准试用三年。看起来这是欧洲地震委员会在推广国际标准方面的一个有益而正确的举措。

值得注意的是,主要由于在宏观震害资料评估过程中基于计算机方法的应用,最终使得烈度表的定义有了更加适宜的表达。必须认识到,地震烈度表只有通过不断地讨论和实际应用才能不断完善,但是新的观念不应改变烈度表的基本原则。如何完成这一复杂的工作,这份新的烈度表就是一个很好的例证。

感谢欧洲地震委员会“地震烈度表”工作组的成员和对这份烈度表做出贡献的所有同事们。该烈度表是欧洲地震委员会首批优先资助的长期国际合作项目中的优秀成果之一。在此,我还要特别感

谢主编和工作组主席，波茨坦的 G. Grünthal 博士，以及其他对此做出重要贡献的编辑们：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。

欧洲地震委员会感谢欧洲理事会，它资助卢森堡的欧洲地球动力学及地震学研究中心、苏黎世的瑞士再保险公司以及慕尼黑的巴伐利亚保险公司举办的专题学术讨论会。我们也要感谢直接参与本报告编辑的所有人员。

L. Waniek (欧洲地震委员会主席)
1993 年 3 月 8 日，布拉格

第二版序言

我们尊敬的已故同事 L. Waniek 为第一版欧洲地震烈度表作序距今已有五年了。在这五年里，该烈度表有了很大的发展。在推荐试用的三年里，新烈度表不仅在欧洲得到了广泛使用，而且在世界各地也得到了普遍使用，包括发生在这一时段里的许多重要地震：1993 年马哈拉施特拉地震（Maharashtra，印度），1994 年北岭地震（Northridge，美国）以及 1995 年神户地震（Kobe，日本）等，余皆不一一列出。

1996 年在阿卡普尔科（Acapulco）召开的第十一届世界地震工程大会上，特意安排了一个烈度表专题讨论会，讨论新的欧洲地震烈度表及其试用和发展情况。其重要意义在于，欧洲地震烈度表（EMS）不只是仅供地震学家使用的烈度表，它鼓励工程师和地震学家之间密切合作，这种同时供工程师和地震学家使用的烈度表在国际上尚属首例。在第十一届世界地震工程大会后，在雷克雅未克（Reykjavik）召开的第二十五次 ESC 全体大会上通过了一项决议，推荐在欧洲地震委员会会员国范围内均采用新的欧洲地震烈度表。

为了能将试用期间所取得的经验纳入新的烈度表，工作组又付出了大量艰辛劳动，这份新的欧洲地震烈度表现在终于完成了。我很高兴能够把它介绍给地震界，并希望将其用于整个欧洲未来地震宏观调查和烈度评定中。

我要感谢欧洲地震委员会“地震烈度表”工作组的负责人 Gottfried Grunthal 博士、编辑部、以及为这项重要任务做出贡献的所有其他同事，感谢他们的出色工作。我还要再次感谢欧洲地球动力学及地震学中心报告编辑部门为出版本卷所作出的努力。

Peter Suhadolc (ESC 秘书长)
1998 年 4 月 6 日，的里雅斯特

目 录

参加欧洲地震烈度表编制的有关人员	1
引言	3
地震烈度表	8
欧洲地震烈度表 (EMS) 所用的等级划分	8
破坏等级划分	9
数量词的定义	11
烈度的定义	11
使用指南和背景材料	15
1 烈度评定	15
1.1 烈度的特性	15
1.2 EMS-98 的结构	16
1.2.1 建筑物类型和易损性分类	17
1.2.2 破坏等级	17
1.2.3 数量词	19
1.3 烈度与地点	19
1.4 确定烈度值	20
1.5 否定性资料的使用	21
1.6 无效的推论	22
1.7 高层建筑及其他特殊情况	22
1.8 场地条件的影响	23
1.9 表示方法	23
2 易损性	24
2.1 烈度表中建筑物的易损性——历史回顾	24
2.2 建筑物类型和易损性分类表	25
2.2.1 抗震性能概述	25
2.2.2 砌体结构	27
2.2.3 钢筋混凝土结构	28

2.2.4	钢结构	30
2.2.5	木结构	31
2.3	影响建筑物地震易损性的因素	31
2.3.1	建筑材料质量和施工质量	31
2.3.2	维护状况	32
2.3.3	规则性	32
2.3.4	延性	33
2.3.5	位置	33
2.3.6	加固	33
2.3.7	抗震设计 (ERD)	33
2.4	易损性类别评定	37
2.5	关于引入新的建筑物类型的说明	37
3	由史料记载确定烈度	39
3.1	史料和文献资料	39
3.2	史料记载中的建筑物类型 (易损性类别)	40
3.3	建筑物总数	40
3.4	描述的质量	41
3.5	纪念性建筑物的破坏	41
4	烈度表的使用	43
4.1	观测和外推地震烈度	43
4.2	烈度与地面运动参数的相关性	43
4.3	与其他烈度表的关系	44
4.4	烈度评定的可靠性和资料抽样	44
4.5	可靠性和不确定性	45
4.6	破坏曲线	47
4.7	十二度烈度表的局限性	49
4.8	MSK 表中缺失烈度值的猜想	49
5	不同建筑类型破坏等级划分描述实例	51
6	烈度评定的实例	77
7	地震对自然环境的影响	83
8	EMS-98 简表	87

参加欧洲地震烈度表 编制的有关人员

欧洲地震委员会 (ESC) 地震烈度表工作组是从 1989 年 3 月开始工作的, 首先在欧洲地震委员会第 3 号通报上登载了征集 MSK 烈度表修订建议书的通知, 随后又分发了由烈度表工作组主席 G. Grünthal 博士 (波茨坦) 于 1989 年 12 月汇编的《关于修订 MSK 烈度表的意见及建议》的小册子, 除了下面列出的参加过工作组会议的人员之外, 还有 P. Albini (米兰)、N. N. Ambraseys (伦敦) 和 A. Moroni (米兰) 也提出了他们的意见和建议。

至少参加过一次地震烈度表工作组会议 (1990 年 6 月 7 ~ 8 日, 苏黎世; 1991 年 5 月 14 ~ 16 日, 慕尼黑; 1992 年 3 月 16 ~ 18 日, 瓦尔费当日, 卢森堡公国) 的人员: G. Grünthal、V. Kárník (布拉格)、E. Kenjebaev (阿拉木图)、A. Levret (丰特内奥罗斯)、D. Mayer-Rosa (苏黎世)、R. M. W. Musson (爱丁堡)、O. Novotny (布拉格)、D. Postpischl (博洛尼亚)、A. A. Roman (基什尼奥夫)、H. Sandi (布加勒斯特)、V. Schenk (布拉格)、Z. Schenková (布拉格)、J. Schwarz (魏玛)、V. I. Shumila (基什尼奥夫)、M. Stucchi (米兰)、H. Tiedemann (苏黎世)、J. Vogt (斯特拉斯堡)、J. Zahradnik (布拉格)、T. Zsáros (布达佩斯)。

此外, 向工作组会议提过意见和建议的还有: R. Glavcheva (索非亚)、R. Gutdeutsch (维也纳)、A. S. Taubaev (阿拉木图)。欧洲地震烈度表 EMS - 92 主要的最后版面样式是由 G. Grünthal、R. M. W. Musson、J. Schwarz 和 M. Stucchi 于 1992 年 6 月 17 ~ 21 日在波茨坦的一次会议上创作的 (详情请参见先前版本 EMS - 92 的介绍)。J. A. van Bodegraven (荷兰德比尔特市)、J. Dewey (丹佛)、J. Grases (加拉加斯)、R. Gutdeutsch、V. Kárník、D. Mayer-Rosa、A. A. Nikonov (莫斯科)、J. Rynn (Indooroopilly)、H. G. Schmidt (魏玛)、L. Serva (罗马)、N. V. Shebalin (莫斯科)、S. Sherman (伊尔库茨克)、P. Stahl (波城)、J. Vogt 等人对 EMS - 92 试用版提出了他们的意见。1996 年

6月23~28日召开的第十一届世界地震工程大会，专门就烈度表组织了专题会议，着重讨论烈度表所涉及的工程内容、烈度表的试用情况及相关研究，J. Dewey、G. Grünthal、C. Gutierrez（墨西哥）、R. M. W. Musson、J. Schwarz 和 M. Stucchi 等人在会上作了报告。

自1996年起，EMS-98编辑委员会，即G. Grünthal、R. M. W. Musson、J. Schwarz 和 M. Stucchi，就开始了吸纳世界各地应用EMS-92的经验以进一步修改该烈度表的工作。编委会为此召开了两次会议（1996年11月7~9日，爱丁堡；1998年1月26日至2月1日，波茨坦）。为了准备在爱丁堡的会议，M. Dolce（Potenza）、C. Carocci（罗马）和A. Giuffré（罗马）就工程方面的内容提出了参考建议。在该项工作的最后阶段，D. Molin（罗马）、A. Tertulliani（罗马）、Th. Wenk（苏黎世）、H. Charlier（斯图加特）提供了描述破坏等级的图片资料，Th. Wenk与编委共同努力在工程方面所做的工作均纳入到了本版之中。另外，Ch. Bosse（波茨坦）提供了技术支持。

引 言

欧洲地球动力学及地震学研究中心出版这份报告的目的,是介绍由欧洲地震委员会(ESC)地震烈度表工作组完成的欧洲地震烈度表第一版(EMS-92)的修订版本,EMS-92于1993年春天刊印在欧洲地球动力学及地震学中心报告的第7卷。

1992年,ESC第二十三次全体会议推荐将EMS-92和当时的其他烈度表并行使用三年,以收集在实际条件下的经验,尤其是有关烈度表中新增的试验性条款,包括结构易损性分类及经过正规工程设计的建筑。EMS-92的试用不只局限于欧洲。修订EMS-92版烈度表时用到了近年来发生的几次主要地震的震害分析结果,其中包括1992年荷兰的罗尔蒙(Roermond)地震、1993年印度西部马哈拉施特拉邦(Kilari)地震、1994年美国北岭(Northridge)地震、1995年日本神户(Kobe)地震、1995年希腊的埃吉翁(Aegion)地震、1997年委内瑞拉加里亚哥(Cariaco)地震和1997年/1998年意大利中部地震。

欧洲地震烈度表(EMS)第一版本的编制步骤,已在EMS-92的引言中做了系统总结,在此仅说明编制一本新烈度表的总体目标,以及EMS-98对EMS-92试用版所作的重大改进。

MSK烈度表是编制EMS烈度表的基础。而MSK烈度表本身就是在20世纪60年代初使用下列烈度表经验的基础上完成的烈度表修订本,这些烈度表包括Mercalli-Cancani-Sieberg烈度表(MCS)、改进的Mercalli烈度表(MM-31和MM-56)以及1953年推出又被称作GEOFIAN烈度表的Medvedev烈度表。1976年、1978年Medvedev曾对MSK-64烈度表作了微小的修改。当时,许多使用者明显觉得需要对该烈度表做若干改进,使其更加清晰,并做适当调整以适应新出现的建筑技术。1980年3月在耶拿(Jena)召开的特别专家组会议上,围绕MSK-64烈度表使用中的一些问题做了分析(发表于Gerlands Beitr. Geophys. 1981, S. V. Medvedev)此前提出的一些建议亦包含在

内), 总体而言, 专家组对该表修改的意见说均属于细小改动。但这个版本却成为了工作组活动的最初平台。

编制新的地震烈度表的重要原则之一是不改变烈度表内在的一致性。否则就会造成由它评定出的结果与按照早期广泛采用的十二度(等级)烈度表所评定出的烈度值不相一致, 从而导致需要对过去给出的烈度评定结果重新评定的后果。这当然是应该全力避免的, 否则有关地震活动性和地震危险性的研究就会出现一片混乱, 因为二者对宏观地震资料都有着很强的依赖性。

在修订地震烈度表时应该考虑的其他常规问题还包括:

——地震烈度表的宏观鲁棒性, 也就是说, 烈度评定判据的细小差异不应该造成烈度评定结果的显著不同; 进而言之, 烈度表应该理解为一个折衷解决方案, 同时它也应该以折衷方案来使用。不能指望一个烈度表就能将在烈度评定实践中可能出现的不一致的评定判据都包容并列进来;

——这些不一致的评定判据也可能反映出使用烈度表的地区的文化环境的差异;

——简便易用;

——在烈度评定时应放弃依据局部土层条件或地貌影响修正或调整所评定的烈度值的做法, 其实, 详细的地震宏观震害考察恰是发现并详细描述局部场地或地貌放大效应的一种途径;

——烈度值应理解为一定范围内地震影响的代表值, 它是针对一定的范围, 如某一村庄、一座小镇或某较大城镇的一部分, 而不是针对一个点(比如一栋房屋等)。

基于上述几个方面, 地震烈度表工作组要解决的具体问题为:

——在烈度表中需要包含新的建筑类型, 特别是那些经过抗震设计的建筑物, 这是现行地震烈度表没有涵盖的;

——需要解决在度量地震影响的烈度标尺上Ⅵ度与Ⅶ度分界点放置在什么位置比较合适的问题, 以往人们似乎觉得Ⅵ度与Ⅶ度间存在非线性问题(在编制 EMS-92 及 EMS-98 时, 经过深入讨论, 证实此乃是错觉);

——需要整体提高烈度表中用词的清晰度;

——需要确定当使用高层建筑的震害资料评定烈度时应该考虑哪些因素;

——需要考虑是否应附加与各烈度值相对应的强地面运动物理参数及其频谱参数指标的指导性的规定;

——所设计的烈度表, 不仅能满足地震学家的需要, 而且也应能满足土木工程师等其他可能使用者的需要;

——所设计的烈度表还能用于历史地震的评定；

——在使用地表可见的地震宏观效应（山崩、地裂等）及地下结构的振动影响的资料作为烈度评定的判据方面做了重大修改。

这里的“地震烈度”一词其全部意义是：依据在一定区域内观察到的各种地震影响后果，对地面振动强烈程度的等级划分。

地震烈度表工作组的成员都认识到具有十二个等级的地震烈度表实质上只有十个等级，也就是说，Ⅰ度意味着无感，而Ⅺ度和Ⅻ度，除了非常有限的实际价值外，很难对它们进行区分。另外，如果考虑到Ⅱ度和Ⅺ度极为少用，及Ⅻ度只是用来定义在实际中并不会发生的最大地震影响的情形，实际上，烈度表中有用的等级甚至只有八个。但是，如上所述，为防止混乱，我们仍保留十二个等级划分的传统方式。

有关经过正规工程设计的结构和经过抗震设计的结构如何处理的问题，是烈度表中非常关键和棘手的问题，其理由是：

——迄今为止有关这类经过正规工程设计的建筑物的地震破坏形式的系统性认识和震害经验还非常有限；

——在抗震设计规范中，对于经过正规工程设计的结构有各式各样的分类系统；

——在烈度使用及与烈度相关问题上，工程师和地震学家观点不一（比如，一般而言，工程师会过分强调与烈度相关的仪器数据的重要性，这势必会造成对烈度概念要求过高的危险）；

——在以前 MSK - 64 烈度表或 MM - 56 烈度表中，建筑物类型划分采用比较粗略的方法；也就是说，一般不考虑施工质量、结构规则性、材料强度和修缮状况等因素的影响，同时也不将其作为烈度划分的标志。

EMS - 92 已采纳如下的意见：经正规工程设计的建筑物可以用于烈度评定，但仅以抗震设计原理为基础。“易损性分类表”的引入，是解决以上那些棘手问题的关键步骤，它提供了一套根据不同的建筑结构类型及与其相应的易损性类别（等级）进行烈度评估的方案。以往的烈度表，采用较死板的方式定义建筑物分类，即仅按建筑类型分类。这一易损性分类表是 EMS 烈度表的核心部分，它将经过正规工程设计的建筑物和未经正规工程设计的建筑物都纳入到统一的框架中——易损性分类表。从一开始就很明确，EMS - 92 烈度表连同所采用的折衷方案，必须看作为一个实验或试用解决方案，其目的是收集更多的结构易损性分类信息及其使用经验，以便能做必要的改进。EMS - 92 烈度表设定的试用期为三年，诚请此版本的使用者向“地震烈度表”