

徐继维, 张茂省. 中国地质灾害风险允许标准[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 127-130. [Xu Jiwei and Zhang Maosheng. Risk Criteria of Geohazards in China[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(3): 127-130.]

中国地质灾害风险允许标准*

徐继维^{1,2}, 张茂省²

(1. 长安大学 地质工程与测绘工程学院, 陕西 西安 710054;

2. 国土资源部 黄土地质灾害重点实验室/中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要: 风险允许标准, 亦可称为风险可接受标准或风险评价标准, 是指对一个具体风险的可容许程度进行分级评价的依据或准则。该文旨在简述风险允许标准的发展与定义, 总结国内外地质灾害风险允许标准与原则。通过对 2005-2014 年我国因地质灾害而死亡的人数数据进行分析, 结合当前风险允许标准的研究现状, 提出我国风险允许标准应采用 FN 曲线与 ALARP 原则相结合的方法确定, 得到我国地质灾害风险允许标准可接受风险的平均值为 1.93×10^{-5} /年, 并以此确定我国地质灾害可接受风险水平 FN 曲线的上下限分别为 1.0×10^{-4} /年和 1.0×10^{-5} /年, 为我国地质灾害风险评估提供依据。

关键词: 地质灾害; 风险; 允许标准; FN 曲线; 可接受风险

中图分类号: P694; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)02-0127-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.02.026

随着联合国十年计划(IDNDR)的提出, 地质灾害风险管理已成为当今世界的炙热话题^[1]。地质灾害风险允许标准作为风险评估的主要环节, 是风险评估的关键点, 是风险定量化的评判基础^[2]。风险允许标准的科学性与风险决策和管理息息相关。

我国是一个地质灾害频发、遭受经济损失和人员伤亡非常严重的国家。理论上, 不可能完全杜绝地质灾害的发生, 其引发的风险也将永远存在。若想主动有效地预防和降低地质灾害, 既需要全面认识地质灾害本身, 同时也需要依据经济发展水平等来制定与其相对应的风险允许标准。风险允许标准研究具有重要的现实意义, 其研究成果不仅为合理可行的防灾减灾决策提供科学依据^[3], 同时也为风险管理控制措施的实施与否的重要决策提供参考^[4]。

但是, 风险允许标准因地而异, 我国风险允许标准的相应研究仍有较大的空白。明确风险允许标准可以更好地进行地质灾害风险评估, 进一步推动风险管理的进程。

1 风险允许标准的发展及定义

1969 年 Science 发表的文章中, Starr^[5]试图通

过风险与效益的对比回答“怎样的安全才是安全这一问题”, 为风险允许标准的研究奠定了基础; 最早有关灾害风险允许标准的文献是 1974 年英国的《The Health and Safety at Work Act 1974》^[6], 文献中指出了 ALARP (as low as reasonable practicable) 准则, 即在合理可行的情况下尽可能降低风险, 如果在进行成本效益分析后发现所需费用与可降低的风险不匹配时, 风险才可以被容忍; 1976 年 Lowrance 出版了《Of Acceptable Risk: science and the determination of safety》^[7]一书, 提出“一个事物的风险只有低到可接受时该事物才是安全的”; 1981 年 Fichhoff 的《Acceptable Risk》^[8]一书被认为可接受风险研究的起点, 提出若干与可接受风险有关的因素, 如对风险的认知度、风险的可控程度等; Reid^[9]在 1989 年提出通过风险比较和成本效益分析进行风险评估; Fell^[10]在 1994 年提出了地质灾害风险允许标准的可接受风险准则和可容忍风险水平的影响因素; 国际地质科学联合会(IUGS)^[11]1997 年列出了在考虑风险评估标准时一些常用普通的原则。2008 年 Fell 给出了滑坡灾害风险允许标准的定义^[12]; 2009 年风险允许标准的定义由联合国减灾战略^[13]提出, 即风险允许标准是一个社会或社区在现有社会、经济、政治和环境

* 收稿日期: 2015-10-29 修回日期: 2015-12-20

基金项目: 国家自然科学基金项目“高山峡谷区域暴雨泥石流成灾临界阈值研究”(41302224); 国土资源大调查项目“陕西省重要城镇地质灾害风险评估”(12120113008900)

作者简介: 徐继维(1987-), 男, 汉族, 辽宁阜新人, 博士研究生, 主要从事地质灾害研究、风险评估研究。

E-mail: xujiwei@chd.edu.cn

条件下可以接受的潜在损失,这是目前国际上较为主流的定义。

2 风险允许标准研究

2.1 风险允许标准的原则

标准的界定是对社会需求的一种量化,界限并不是绝对的,因此需要一些原则。国际地质科学协会 IUGS^[11]列出了在考虑风险评估标准时一些常用普通的原则:

(1)相对于个人每天所面对的其他风险而言,所增加的危害风险不是很重要;

(2)通过一种适度的可行的方法,增加的危害风险可以被减少;

(3)如果一次滑坡事故可能的生命损失比较高,那么这个事故实际发生的可能性就会较低。这说明社会不能容许同时发生许多大的伤亡的事故;

(4)由于财力或是其他限制条件,人们不能够控制或减弱风险,他们就能够容许比他们可接受的风险还高的风险;

(5)与规划中的工程相比较,人们更能容许现存的斜坡的风险;与普通人相比,从事如开矿等具有较高危险性工作的工人允许的风险相对较高。

同时,需要参考一些与地质灾害相关的实用性原则:

(1)天然山坡的风险容许标准比工程斜坡的要高

(2)一旦天然斜坡处于监控中或是实施了风险减缓措施,那它的风险容许标准就和工程斜坡比较接近。

参考以上一些基本原则,相关学者^[14]总结了目前国际上三种风险允许标准的确定原则,分别为法国的 GAMAB 原则、英国的 ALARP 原则和德国的 MEM 原则。其中,ALARP(as low as reasonable practicable)原则应用最为广泛,指在实际应用中应尽可能降低故障率。它将风险划分为可接受风险区、不可接受风险区和可容忍风险区三个区域。

2.2 风险允许标准

一般的风险允许标准有依据财富的创造、生命的延续以及享受健康生活的有效时间为标准的生活质量指数法,成本效益分析的成本效益法,定性的风险矩阵法以及国际上最为常见的 FN 曲线法^[4]。

对于 FN 曲线法,采用的是对数坐标系,英国、荷兰及丹麦等国使用不可容忍曲线斜率均为 -1 ^[15]。其表达式^[11]为:

$$P_f(x) = 1 - F_N(x) = \int_0^x x f_N(x) dx. \quad (1)$$

限制线为:

$$P_f(x) = 1 - F_N(x) \leq \frac{C}{x^n}. \quad (2)$$

式中: $F_N(x)$ 为一定区域内年死亡人数小于或等于 x 的概率分布函数, C 为常数用来确定 FN 曲线的位置, n 用来确定限制线的斜率。

目前的研究中, n 一般只取 1 或 2。当 $n = 1$ 时,风险称之为中立型风险,如英国;当 $n = 2$ 时,风险称为厌恶型风险,如荷兰、丹麦。

风险允许标准的制定要因地制宜,国情不同,标准不同;即便地域相同,所考虑的对象不同风险允许标准亦不尽相同。因此,目前国际上并没有一个通用的滑坡风险容许标准,表 1 列举了部分国家或组织所采用的风险允许标准。

表 1 风险允许标准

时间	机构或研究人	对象	可容忍风险的最高值
2001	HSE ^[17]	英国员工	10^{-3} /年
		英国公众	10^{-4} /年
1989	VROM ^[18]	荷兰新建项目	10^{-6} /年
		荷兰已有项目	10^{-5} /年
2003	ANCOLD ^[19]	澳大利亚新建大坝	10^{-5} /年
		澳大利亚已有大坝	10^{-4} /年
2000	AGS ^[20]	澳大利亚新边坡	10^{-5} /年
		澳大利亚老边坡	10^{-4} /年
2000	IME ^[21]	滑坡、雪崩	10^{-5} /年
2010	尚志海 ^[3]	加拿大大坝	10^{-4} /年
		美国大坝	10^{-4} /年
2000	Ho ^[22]	香港新边坡	10^{-5} /年
		香港老边坡	10^{-4} /年
2006	马福恒 ^[23]	中国大坝	10^{-4} /年
2007	李漾 ^[24]	中国化工行业	10^{-4} /年
2012	吴树仁 ^[25]	中国个人	10^{-4} /年

当今国际上,英国、荷兰和澳大利亚对风险允许标准的研究较多。1988 年英国 HSE 提出风险“地方不允许线”^[16]量化风险,认为低于 10^{-6} 的死亡概率是可以忽略的;2001 年 HSE 兼顾多方面利益划分可容忍风险水平,并将 10^{-3} (员工)和 10^{-4} (公众)作为可容忍风险水平^[17];荷兰社区规划部^[18]的相关研究表明荷兰对新建和已有项目的可容忍标准分别为 10^{-6} /年和 10^{-5} /年;澳大利亚的《澳大利亚大坝风险评价指南》^[19]中指出,已建大坝的最大死亡率为 10^{-4} /年,新建大坝的最大死亡率为 10^{-5} /年;澳大利亚地质力学学会(AGS)对风险的研究较为突出,在 2000 年《Landslide risk management concepts and guidelines》^[20]中提出,新边坡的最大风险 10^{-5} /年,老边坡最大风险为 10^{-4} /年;

冰岛环境部^[21]提出雪崩的最大风险为 10^{-4} /年; 我国学者尚志海^[3]总结美国和加拿大大坝风险的最大值为 10^{-4} /年。

中国, 以中国香港研究最为突出, 香港岩土工程办公室的 Ho^[22]提出新老边坡可容忍风险的最高值分别为 10^{-5} /年和 10^{-4} /年; 马福恒等^[23]提出我国大坝安全领域的个人可容忍风险的最高值为 1.0×10^{-4} /年或 2.0×10^{-4} /年; 李漾等^[24]确定我国化工行业可容忍风险的最高值为 10^{-4} /年; 吴树仁等^[25]将全国滑坡灾害人员年均伤亡率 1.0×10^{-6} /年作为可接受风险, 将 1.0×10^{-4} /年作为不可接受风险。

风险允许标准与一个国家的经济发展程度以及人口密度等密切相关。风险允许标准的制订需考虑管理、行政、法规和社会文化等层面的因素, 而非仅仅是技术问题。因地制宜, 才能有效地评估其风险。

3 我国风险允许标准

我国的风险允许标准应该以 FN 曲线与 ALARP 原则相结合的方法确定。其方法如下:

(1) 确定 FN 曲线中的不可接受标准线, 其上为不可接受风险区。

(2) 确定 FN 曲线中的可接受标准线, 其下为可接受风险区。

确定不可接受的标准线与可接受的标准线需要斜率与截距。不可接受与可接受的标准线斜率一致, 采用国际使用较多的 -1, 因此我国风险允许标准线的斜率采用 -1。截距根据中国地质环境监测院 2005 - 2014 年统计数据, 对我国地质灾害风险可接受水平进行分析。

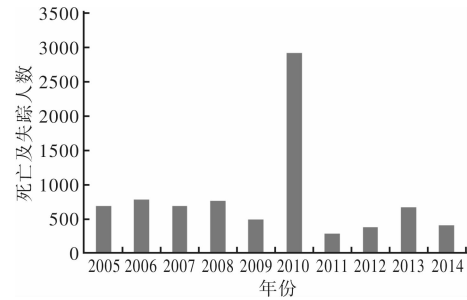


图1 2005 - 2014 年我国因地质灾害死亡及失踪人数

2010 年因地质灾害死亡及失踪人数较高的原因是甘肃舟曲泥石流导致 1 765 人死亡, 该年人口死亡失踪率达 2.17×10^{-6} 。除了 2010 年外, 可以看出近几年我国因地质灾害死亡及失踪人数较前些年有一定的下降。突显了国家对地质灾害管理控制的逐渐重视, 群策群防体系的完善, 以及人们不断提高的防灾减灾的意识。

从 2005 - 2014 年统计数据可知 (表 2), 我国因地质灾害死亡及失踪人数的算数平均数为 801 人。从统计学角度, 去掉最大值 (2010) 和最小值 (2011) 的平均值为 603 人。根据国土资源部调查, 我国受地质灾害威胁的人口约有 3 500 万人。死亡失踪率算数平均值为 2.29×10^{-5} /年, 调和平均数为 1.57×10^{-5} /年, 几何平均数为 1.81×10^{-5} /年, 中位数为 1.93×10^{-5} /年。中位数可以避免单次灾害事件发生的偶然性, 因此应用中位数来反映可接受风险标准基准值的平均数, 以避免一定时间 (一年或几年) 的异常数据影响到整个标准。因此, 可将 1.93×10^{-5} 作为可接受风险的平均值。相关文献表明^[10], 可容忍风险线值通常低于可接受风险值 1 ~ 2 个数量级, 因此我国地质灾害可接受风险水平 FN 曲线的上下限分别为 1.0×10^{-4} /年和 1.0×10^{-5} /年。

表2 2005 - 2014 年我国地质灾害受灾情况

年份	发生灾害数	死亡人数	失踪人数	受伤人数	直接损失/亿元	受威胁死亡率
2005	17751	578	104	339	36.5	1.95×10^{-5} /年
2006	102804	663	111	453	43.16	2.21×10^{-5} /年
2007	25364	598	81	444	24.75	1.94×10^{-5} /年
2008	26580	656	101	/	32.7	2.16×10^{-5} /年
2009	10840	331	155	315	17.65	1.39×10^{-5} /年
2010	30670	2246	669	534	63.9	8.33×10^{-5} /年
2011	15664		277	138	40.1	7.91×10^{-6} /年
2012	14322		375	259	52.8	1.07×10^{-5} /年
2013	15403	481	188	264	102	1.91×10^{-5} /年
2014	10907	349	51	218	54.1	1.14×10^{-5} /年

4 结论与建议

(1)通过大量阅读文献,梳理了风险允许标准的发展进程,明确了风险允许标准的定义;

(2)针对风险允许标准的原则及不同的风险允许标准进行探讨,提出我国应用 FN 曲线与 ALARP 原则相结合的方法来计算表征风险允许标准;

(3)通过对我国 2005 - 2014 年地质灾害情况分析,得出风险允许标准可接受风险基准值的平均数为 1.93×10^{-5} /年,进而确定我国地质灾害可接受风险水平 FN 曲线的上下限分别为 1.0×10^{-4} /年和 1.0×10^{-5} /年;

(4)风险允许标准应遵循动态原则,建议每 10 年重新制定一次可接受风险标准,以确保标准的稳定性。

参考文献:

- [1] United Nations Department of Humanitarian Affairs. Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options-A Manual for Policy Makers and Planners[M]. New York: United Nations, 1991: 1 - 164.
- [2] 吴宗之,高进东,魏利军. 危险评价方法及其应用[M]. 北京:冶金工业出版社,2001.
- [3] 尚志海,刘希林. 可接受风险与灾害研究[J]. 地理科学进展, 2010, 29(1): 23 - 30.
- [4] 陈伟,许强. 地质灾害可接受风险水平研究[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 23 - 27.
- [5] Starr C. Social Benefit versus Technological Risk[J]. Science, 1969, 165(3899): 1232 - 1238.
- [6] UK Parliament. Health and Safety at Work etc Act 1974[S]. UK: 1974 - 07 - 31.
- [7] Lowrance. Of Acceptable Risk: Science and the Determination of Safety[M]. California: William Kaufmann, Inc., 1976: 1 - 174.
- [8] Fischhoff B, Lichtenstein S, Slovic P, et al. Acceptable Risk[M]. New York: Cambridge University Press, 1981: 1 - 171.
- [9] Reid S G. Risk assessment research report[R]. School of Civil and Mining Engineering, University of Sydney, Australia. 1989:

- 1 - 46.
- [10] Fell R. Landslide risk assessment and acceptable risk[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1994, 31: 261 - 272.
- [11] IUGS Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment. Quantitative risk assessment for slopes and landslides. Landslide Risk Assessment[M]. Balkema, Rotterdam, 1997: 3 - 12.
- [12] Fell R, Corominas J, Bonnard C, et al. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk-zoning for land use planning[J]. Engineering Geology, 2008, 102(3/4): 85 - 98.
- [13] International Strategy for Disaster Reduction. 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction[EB/OL]. (2009 - 01 - 01)[2009 - 6 - 1]. <http://www.unisdr.org/publications>.
- [14] 燕飞,唐涛. 轨道交通信号系统安全技术的发展和研究现状[J]. 中国安全科学报, 2005, 15(6): 94 - 99.
- [15] 赵忠刚,姚安林,李义绿,等. 油气管道可接受风险标准值的界定研究[J]. 西南石油大学学报, 2008, 30(2): 147 - 151.
- [16] 肖义. 水库大坝防洪安全标准及风险研究[D]. 武汉:武汉大学, 2004.
- [17] Health and Safety Executive, Reducing risks: Protecting people - HSE's decision making process[R]. London: Her Majesty's Stationery Office, 2001: 21 - 52.
- [18] Netherlands Ministry of Housing. Physical planning and environment, Dutch national environmental policy and plan - premises for risk management[R]. Second Chamber of the States General, Session 1988 - 1989, No 5. 1989.
- [19] Australian National Committee on Large Dams Ins. Guidelines on risk assessment[R]. Melbourne, ISBN 0731027620, 2003.
- [20] Australian Geomechanics Society. Landslide risk management concepts and guidelines[J]. Australian Geomechanics, 2000, 5(1): 49 - 92.
- [21] Iceland Ministry for the Environment. Regulation on hazard zoning due to snow and landslides, classification and utilization of hazard zones, and preparation of provisional hazard zoning[EB/OL]. [2014 - 08 - 01]. <http://eng.umhverfisraduneyti.is/>.
- [22] Ho K K S, Leroi E, Roberts B. Quantitative risk assessment: Application, methods and future directions[C]//Geology Engineering, Invited Papers, Technomic, Lancaster2000. PA: 209 - 312.
- [23] 马福恒. 病险水库大坝风险分析与预警方法[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [24] 李漾,周昌玉,张伯君. 石油化工行业可接受风险水平研究[J]. 安全与环境学报, 2007(12): 116 - 11.
- [25] 吴树仁,石菊松,张春山,等. 滑坡风险评估理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2012.

Risk Criteria of Geohazards in China

Xu Jiwei^{1,2} and Zhang Maosheng²

(1. College of Geological Engineering and Geometry, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. Key Laboratory for Geo-hazards in Loess Area, MLR/Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, China)

Abstract: Risk criteria, also known as risk acceptance criteria or risk evaluation criterion, refers to a specific risk grading evaluation basis or permissible level of criteria. We describe the development and definition of risk criteria, reviewed and summarized risk criteria of geohazards at home and abroad. Considering the current research status of allowing risk criteria, the risk criteria in China was determined by FN curve and ALARP principle through analysis of the relation between the data of deaths caused by geohazard each year from 2005 to 2014. The results show the average standard of acceptable risk is 1.93×10^{-5} /a, the upper limit of acceptable risk level is 10^{-4} /a (tolerable risk line) and the lower limit is 10^{-5} /a, which providing a basis for risk assessment.

Key words: geohazard; risk; risk criteria; acceptable risk; FN curves