

中国陆路交通干线自然灾害风险刍议

刘峰贵^{1,2,3}, 马玉玲^{1,4}, 魏本勇¹, 张镜铨³

侯光良^{1,2}, 周 强², 张海峰²

(1 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2 青海师范大学生命与地理科学学院, 西宁 810008;
3 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4 民政部国家减灾中心, 北京 100053)

摘要: 中国经济的快速发展, 使陆路交通的密度、长度和搭乘陆路交通工具的物资和人口流动规模日益增加, 交通客流和物流的增多也使遭遇自然灾害的风险进一步加大。通过数据统计、GIS 方法, 对我国陆路交通干线(公路、铁路)的密度和过去死亡人口和自然灾害损失的模数进行叠合分析, 认为在自然灾害频次和灾种呈上升趋势的背景下, 陆路交通干线的极端灾害事件日益增多, 中国自然灾害的风险因子在地域分布上中、东部高, 西北部低。我国目前众多的极端灾害事件对交通干线的影响, 是因为对交通干线的风险因子识别研究不足, 应该从节点城市、干线路段和区域交通网络三个方面对陆路交通干线自然灾害的风险展开研究。

关 键 词: 陆路交通干线; 自然灾害; 风险评估

文章编号: 1000-0585(2009)05-1147-10

1 引言

人类社会中自然灾害的风险普遍存在, 陆路交通干线由于其暴露性和相对敏感、脆弱性, 其风险一直被人类社会所重视。2006 年 1 月中国郑州铁路枢纽因突然遭遇大雪和降温天气而瘫痪, 全国几十列火车阻塞, 上百万乘客滞留^[1]; 2007 年 2 月新疆吐鲁番满载乘客的列车遭遇瞬时 13 级大风而导致 11 节车厢脱轨^[2]; 2008 年 1~2 月我国南方 21 个省市自治区不同程度遭受冰雪灾害, 众多省份的铁路、公路、航空运输中断, 直接经济损失达 1516.5 亿元; 2008 年 5 月 12 日发生在四川省汶川县的 8 级地震, 由于山区公路沿线, 地势险要, 地质条件差, 地震引起的山体滑坡和垮塌, 道路严重损毁, 使汶川、映秀等震中地区 2 小时的路程, 由于交通瘫痪而使地震救援工作整整滞后了 30h 以上。由此可见, 频繁爆发的自然灾害对交通系统产生了极大危害, 对我国交通运营系统的风险管理提出了严峻的考验, 凸现出我国交通干线的风险研究和管理亟待加强和提高。

自然灾害是自然界产生的异常现象, 通过打破人类和自然系统对其的阻力, 造成人类及生物的生命、环境和设施的破坏和损失, 或使其功能降低。交通系统由于其对自然灾害的暴露性和相对敏感、脆弱性, 更容易遭受自然灾害的破坏, 因此, 发生在陆地(陆路)、水域(水运)和大气空间(航空)的自然现象对交通系统产生的破坏和损失, 都可以称之为交通自然灾害, 其潜在的风险比其他基础设施更加突出。

收稿日期: 2008-11-18; 修订日期: 2009-04-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(40761003); 国家科技支撑计划重点项目(2008BAK50B05, 2008BAK50B07-03)。

作者简介: 刘峰贵(1966-), 男, 教授。研究方向环境演变与自然灾害。E-mail: liufenggui@igs.nrr.ac.cn

世界经济合作与发展组织(OECD)国际未来计划(IFP)报告中,明确将交通运输作为21世纪必须关注的重大风险之一^[3]。目前为减轻交通干线自然灾害造成的损失和抵御存在的各种风险,人类开展了大量工程和非工程减灾行动,建立了基本的风险管理体制。与发达国家相比,我国目前自然灾害的风险管理还主要侧重于灾害爆发后的应对和恢复,综合自然灾害系统对交通干线的风险评估和风险管理措施尚有待于进一步提高,还未达到联合国提出的从灾后反应文化向灾前的预防文化转变的目标^[4]。减灾的重要工作之一就是进行自然灾害的风险分析^[5]。以往我国自然灾害的研究重心在于区域自然灾害的理论研究和案例分析,其内容主要包括灾害损失指标体系、灾害损失评估方法、灾害区划原则与原理、灾害综合区划方法、灾害预测预报方法、灾害风险评价及其区划、综合减灾对策等方面^[6],而对陆路交通干线与自然灾害的研究主要集中在单一灾种(主要是地震、滑坡、洪水等)对交通干线工程结构等方面的影响,典型路段和突出灾害的防御工程措施是风险管理的主要内容,而对陆路交通干线综合自然灾害系统风险评估和研究明显不足。

20世纪90年代,G Augusti、Steven Deban^[7,8]等从美国抗地震公路系统资源网络分配与优化、交通系统运行与管理的角度对自然灾害与陆路交通系统管理等问题进行了深入研究,有效提高了在洛杉矶地震中美国陆路交通对自然灾害的应变能力。此后,日本等国也相继开展了对陆路交通的自然灾害综合研究,主要针对各种自然灾害对社会经济的长期影响而积极探寻对策,并采取有效的工程防御措施。中国则从不同部门、不同学科入手对自然灾害进行多方面的研究,程国栋等^[9]长期致力于对青藏铁路、公路冻土灾害的研究;崔鹏等^[10,11]对西南地区公路灾害,尤其是滑坡和泥石流进行了深入的研究和分析;何易平等^[12]研究了西藏公路沿线的泥石流滑坡等自然灾害;黄明华等^[13]则从综合的角度根据过去各类自然灾害数据对苏皖两省铁路沿线的主要自然灾害的分布规律进行了探讨,并依据定量研究划分了三大灾害区;周华国、吴为禄^[14,15]等基于单灾种(水灾、地质)对我国铁路自然灾害进行了区划和相关对策的研究。

90年代末,高魏、邢俊义^[5,16]等通过对我国铁路风险的定量研究,提出了铁路灾害风险识别的方法、风险管理以及灾害损失、承灾体、易损性、风险度等相关的方法和途径;张清等^[17]则根据我国常见的影响交通运输的气候灾害,综合分析了交通运输与气候灾害的关系,研究内容包括影响公路、铁路、水运、民航交通的暴雨、洪水、雪害、风害、风沙害、雾害、冰冻害、低温灾害、高温灾害等;徐叔鹰^[18]根据危害铁路运输的地震、滑坡、崩塌等12种常见自然灾害类型,定性分析了自然灾害对铁路交通运输所产生的影响;余廉等^[19]从灾害学的角度对中国的交通灾害进行了系统研究,其中将自然灾害只是作为交通灾害的一项致灾因子;而中国灾害防御协会铁道分会和中国铁道学会水工水文专业委员会^[20]总结过去十几年来我国铁路防灾、减灾的科研成果和工程实践,对我国铁路的各类自然灾害、形成条件、发展规律以及减灾对策进行了系统研究。

2000年以来,K Berdica、Erica Dalziell^[21,22]等开始基于自然灾害对公路网的脆弱性及风险进行评估研究,因为陆路交通运营系统是一个复杂的巨系统,投资、运营、灾害三种风险并存,其内外因素都具有很大的不确定性,因而更应该推行风险管理。我国目前在相关领域开展研究工作的主要是李新运、程效启等^[23,24]对重大工程的灾害风险评估研究,但对于我国受灾频繁的陆路交通运营系统的风险评估和研究还较薄弱,未识别风险因子的频繁爆发对交通干线造成的直接经济损失也十分巨大,因此积极开展我国陆路交通干线自然灾害的风险研究显得迫切而有必要。

2 中国交通干线的发展变化与自然灾害的时空分布

中国经济的快速发展，基础设施建设日新月异，陆路交通网络的密度和长度有了巨大变化，截止 2006 年底，全国铁路总里程达到 7.66×10^4 km，当年发送旅客人数达 12.6×10^8 人次^[25]，公路总里程达 345.70×10^4 km，客运量达 186.05×10^8 人，全国公路密度达 $36.0 \text{ km}/100 \text{ km}^2$ ^[26]。1978 年以来，全国范围内陆路交通的货运量和客运量迅速增加(图 1-a、b、c)，至 2006 年底，我国铁路、公路、水运货运量是 1949 年的 125 倍，客运量是 1949 年的 147 倍，今后一段时间随着我国经济水平的继续增长，货运量和客运量还将继续增加，这种大规模的货物转移和人口流动，使中国境内陆路交通的客货暴露于自然灾害的机率进一步加大、里程延长、类型多样化，使更多的人和物处在潜在风险中，一旦发生自然灾害将会带来巨大损失。

另一方面，IPCC 第 4 次研究报告表明，气候变暖使自然灾害爆发的频率呈现增加态势，21 世纪的天气事件和极端事件会更加频繁、更加普遍、更加剧烈^[27]，人类遭受自然灾害潜在风险的机率进一步加大，图 2-a、2-b 也表明，1949 年以来，中国自然灾害

的频次呈上升态势，自然灾害频次在近年来已接近或突破 1000 次/年；自然灾害的种类由 20 种/年逐渐上升到 30 种/年以上，90 年代以来增加趋势明显^[28]。同时全球化和人类生产和生活方式的变化可能导致更多的人暴露于自然灾害的风险之下，不合理的使用资源、

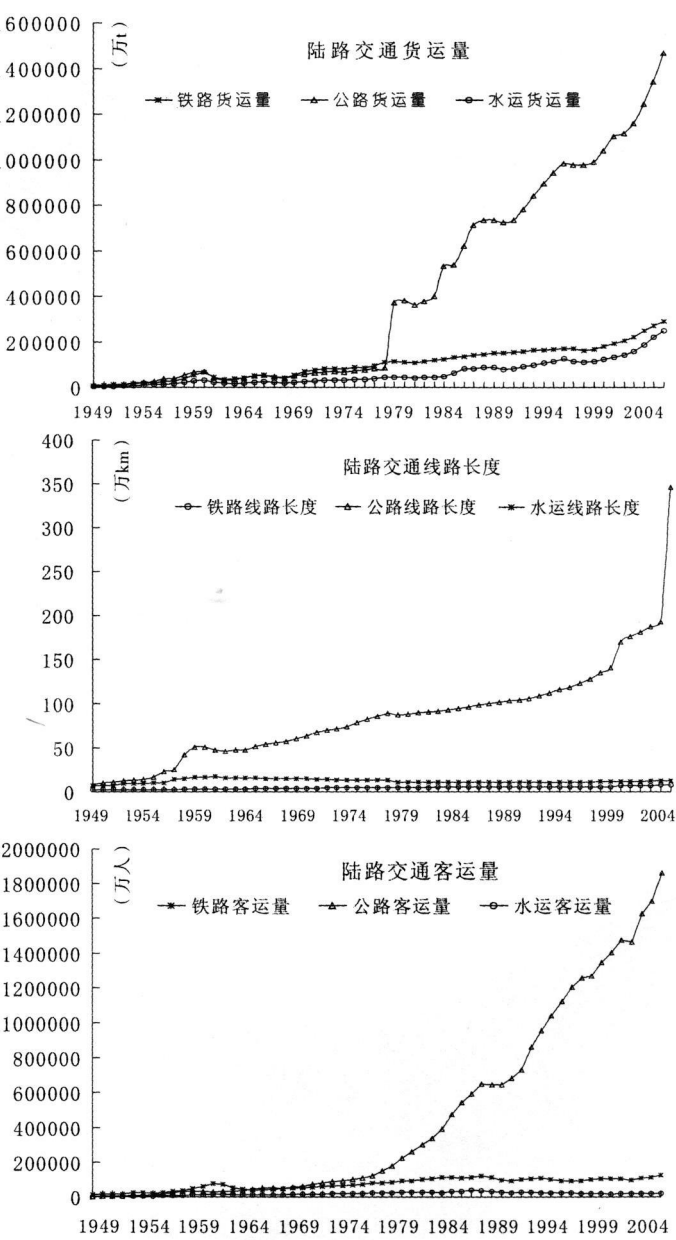


图 1 中国 1949~ 2006 年陆路交通货运量、线路长度、客运量变化图

Fig 1 The change of freightage volume, road length and passenger of land transport in China, 1949~ 2006

不合理的设施开发、不科学的决策计划都可能成为自然灾害风险增加的途径，使人类对规避自然灾害风险的能力减弱、压力增大。

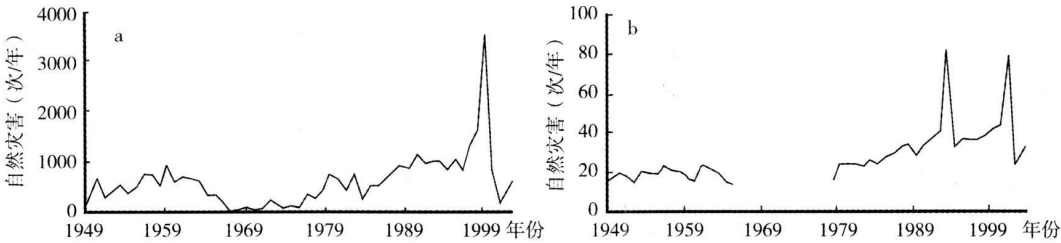
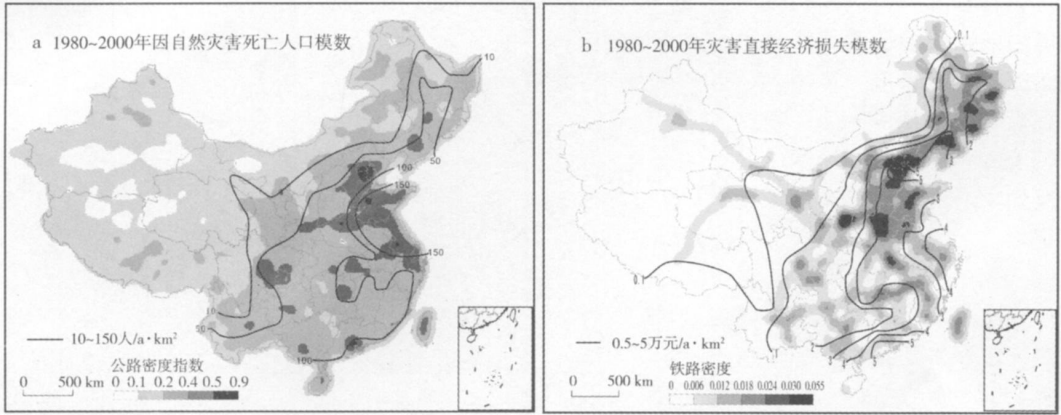


图 2 1949~ 2003 年中国自然灾害频次 (a)、灾种 (b) 变化图 (据文献 [27])

Fig 2 The change of natural disaster occurrence frequency and category in China, 1949~ 2003

自然灾害的风险大小是由自然灾害的强度、频度，承灾体的密度、价值和脆弱性以及社会减灾能力 3 个条件综合决定的。应用 GIS 对我国陆路交通（铁路、公路）密度和过去受灾死亡人口和自然灾害直接经济损失进行叠合分析发现（图 3-a、b），在空间区域上，由于中国中、东部地区人口密度、社会经济等相对集中，陆路交通密度、客源量、物流等明显要比西部地区大，同时我国中、东部地区自然灾害种类多，绝对损失严重，相对损失较小，受灾人口和自然灾害直接经济损失都较高，说明自然灾害的风险因子在地域分布上有中、东部高，西北部低的特点，导致我国中、东部自然灾害对陆路交通的潜在风险要比西北部地区大。而西北部地区虽然自然灾害种类较多，尤其环境型自然灾害严重，但是由于人口密度、社会经济、陆路交通密度等相对分散，由自然灾害造成的死伤人口和经济损失都较轻，但资源破坏严重^[28]。



注：(1980~ 2000 年自然灾害死亡人口模数和自然灾害直接经济损失模数，据文献 [29]，2000)

图 3 中国公路密度与自然灾害死亡人口模数(a)、铁路密度与自然灾害直接经济损失模数(b) 分布图

Fig 3 The modulus distribution of highway density and death caused by natural disaster (a) and railway density and natural disaster direct economic loss (b)

根据图 3-a、b，我国中、东部地区的公路和铁路密度都远大于西北部地区，货运量和客源量以及承灾体的风险机率远高于西北部地区，虽然救灾能力较强，但是陆路交通的综合自然灾害风险研究长期以来被忽视，未识别风险的爆发往往导致重大损失，而西北部

地区虽然承灾体的风险机率较低,但发生自然灾害后陆路交通的滞后给救灾能力产生很大的影响,汶川地震已经证明了脆弱的交通系统对救灾能力有着巨大影响。

3 我国交通干线自然灾害风险研究的重点内容

交通网络是一个综合的概念,是点(交通枢纽)、线(公路、铁路、航道、航线、管道)、网(公路网、铁路网、水运网络等)的有机集合。我国陆路交通网络的迅速发展促进了交通枢纽城市、城市密集区和交通经济带的成长,虽然我国陆路交通在长期发展中,表现出区域交通网络发展的地域不均衡,导致客运流、物流等产生区域差异,但全国范围内陆路交通网络的基本骨架已经形成,在空间上呈现出普适性特征,绝大部分地区的人们已经普遍接受并开始享受陆路交通带来的便利。然而同时也应该看到,越是具有普适性特征的行业,暴露于风险之下的人类活动越是普遍,越容易遭受自然灾害带来的风险。因此,在极端天气和自然灾害增加的情况下,要从综合和宏观角度对各种自然灾害进行全面考察分析和评估,充分识别交通干线、农业、社会经济不同领域所承受的不同灾害风险,应根据交通干线自身的特征对其风险加以识别、评估和研究。

中国地域辽阔,不同自然区域的自然灾害分布广泛、类型多样、发生频繁、灾情严重,这些灾害不仅影响地区的农业、社会经济和发展,同时也对交通干线产生着不同的影响,全国仅铁路已发生灾害路段占总运营里程的20%以上,自然灾害的暴露程度达到90%以上,平均每年造成运输中断100余次,累计1000~2000h,最高峰曾达到断道211次/年,累计时间达2356h,由于交通干线自身的特征,所以尚有许多未识别风险因子致使交通线路处于潜在危险状态。汶川地震发生后,以汶川为中心近50km区域范围内的公路交通网络全部瘫痪,宝成铁路、达成铁路均出现不同程度的破坏,2008年南方的冰冻灾害使南北通道的G107国道郴州至宜章段成为瓶颈等等,应属于未识别风险因子对陆路交通干线带来的风险。我国陆路交通干线沿线的自然灾害类型组合,随地理区域不同而有所不同,其危害程度也有所不同,随着我国陆路交通干线建设的快速推进,交通网络会越来越发达,各种极端自然灾害带来的潜在风险也将会加大,尤其是像青藏铁路等一些重要交通干线,沿线海拔高,地理环境复杂,生态环境恶劣,地质构造复杂,断裂褶皱发育,岩层破碎,寒冻、鼠害、风蚀作用强烈,几乎穿越了青藏高原所有的自然灾害频发区,孕灾环境极不稳定、致灾因子众多且风险性高、承灾体十分脆弱,因此,以沿线自然灾害的调查为基础,风险因子识别为重点,风险评估为主要内容,尤其是通过极端状况下的自然灾害综合风险分析更具有较高的前瞻性和战略性。

3.1 交通干线节点与自然灾害

交通干线的节点通常是铁路、公路、管道、航道及航线等基础设施的交会点。这些节点是一定区域内人口和产业相对集中的地方,具有较强的集聚和扩散作用,具有一定的空间代表性以及影射现实经济意义,往往也是区域中的各级政治、经济、文化中心城市。金凤君、曹小曙^[30,31]等分别以2002、2003年中国行政区划的基本单元为依据,认为我国可作为国家干线公路网络节点的城市共计有339个,可作为铁路干线网络节点的城市330个(不包括海南省、台湾省及香港、澳门地区),城市的行政级别愈高其通达性越好,北京、上海、广州、郑州、武汉、沈阳、成都和兰州等8个城市是中国重要交通枢纽节点城市,铁路提速后24h通达的城市和辐射区域半径扩大至1000km/24h^[30]。

交通干线节点城市的不可移动性以及交通线路、产业、人口等的高度集聚性,决定了

其在自然灾害中的物理暴露量相应增大，通达程度越高的交通干线节点城市，在自然灾害中所处的潜在风险也越大，节点城市一旦遇到突发性的自然灾害，其交通干线将被堵塞或者交通网络瘫痪。所以针对交通干线节点城市的自然灾害风险研究，应以节点城市的自然灾害调查为基础，全面识别交通系统的风险因子，评估各种极端灾害事件等风险因子对交通系统节点城市、交通枢纽的关键部位可能造成的影响和风险程度，建立相应的风险管理预案和预防措施，强化风险管理意识和能力。

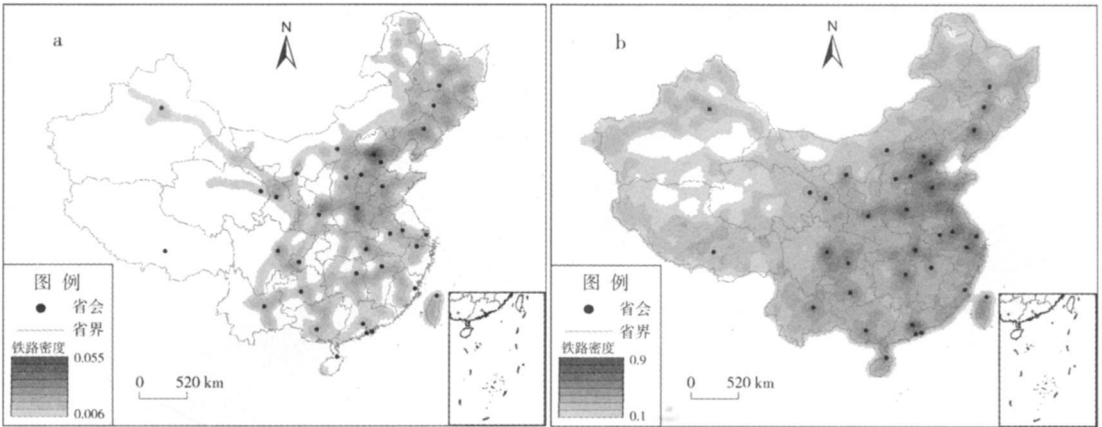


图 4 中国铁路 (a)、公路 (b) 密度与省会 (直辖市) 节点城市分布图

Fig 4 The distribution of railway (a), highway (b) density and provincial capital node city

3 2 交通干线线路与自然灾害

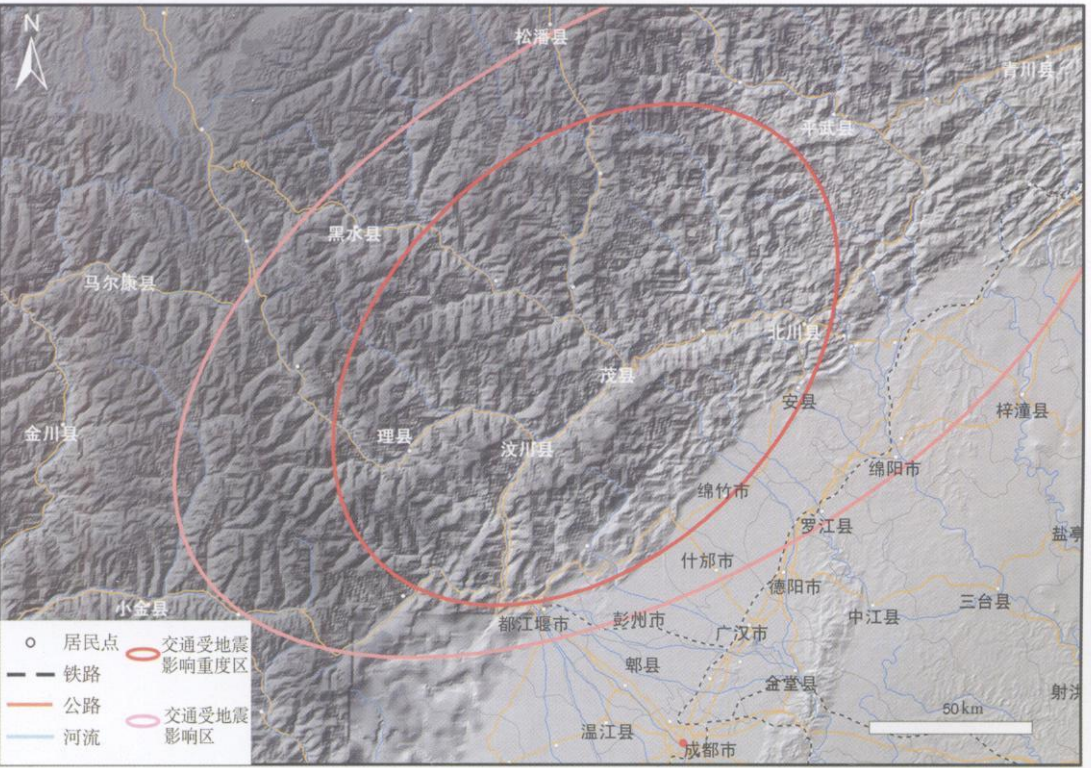
交通干线线路主要是指两个主要节点之间的交通设施。目前我国国家级干线公路 (包括高速公路与国道) 有 68 条 (以北京为中心的 12 条, 南北方向 27 条, 东西方向 29 条), 国家主要公路干线已基本形成了“五纵七横”的骨架体系; 我国国家级铁路干线相邻节点之间的连接段数已经达到 638 对, 总通车里程达到 $7.66 \times 10^4 \text{ km}$ [30, 31]。

交通干线因为空间上的延展性和跨越性, 可以穿越不同的自然地域, 因此沿线遭受的自然灾害也相对复杂, 跨越不同的自然地域的干线路段可能具有不同自然灾害带来的风险, 因此一条距离较长的交通干线的风险具有很大的不确定性, 它是一条不同自然灾害的组合条带, 不同路段的自然灾害、极端天气以及交通事故或运输事故都会造成干线受阻或中断, 使交通干线风险爆发而产生损失 [32~34]。由图 5 可见, 汶川地震对陆路交通系统的影响主要集中在都江堰北部的山区, 而南部的平原地区造成的交通影响相对较小, 显现出不同的自然地理区域对同一灾害风险具有不同程度的反映 [35~37]。因此, 交通干线的风险研究, 应以整条线路的跨越的不同区域的自然灾害调查为基础, 识别关键路段等存在的风险因子, 分段、点评估灾害风险 [38~42], 尤其是线路经过的高地、隧道、涵洞、桥梁等关键部位的风险评估, 提出合理的风险管理措施和预案。

3 3 交通路网体系与自然灾害

我国地域辽阔, 地形复杂多样, 所以形成了不同的自然地理单元。这些地理单元与所建成的交通网络嵌套在一起, 形成不同规模和特征的交通网络体系, 如西部山区公路网、江河下游平原公路网等等, 而区域之间的沟通和联系主要依赖于交通网络的连接, 从而构成更加复杂的交通网络体系。因此, 交通网络体系既有交通节点、交通线路以及区域交通网络的灾害风险, 也有整个交通网络体系涉及的众多灾害风险, 灾害风险的评估也十分复

杂^[43,44]；同时多线路和多个区域交通网络构成的交通网络体系又可以避免单一交通线路和节点因灾害而造成的阻塞和中断风险，具有降低灾害风险的作用。由图 5 可知，汶川大地震对陆路交通带来的影响明显具有地域环境特征，从受影响区 200km 范围来看，都江堰以南的成都平原北缘地区，由于地势平坦，陆路交通系统相对发达，交通受影响的程度明显小于北部山区；而北部山区以汶川为中心周边 50km 范围内的公路，由于沿线多为山区，地形条件复杂，地势险要，地质条件差，可进入汶川地震中心区的 4 条交通线路或滑坡、或垮塌、或断陷、或扭曲，损毁严重而导致 50km 范围内的陆路交通网络全部瘫痪，使得救灾能力和抗风险能力明显不足。因此，在交通网络中诸干线和辅助线路的研究、纵横方向主通道的相关灾害风险研究均十分重要，它可以有效减轻灾害造成的损失，有效降低自然灾害的风险。



资料来源：四川省交通厅阿坝州国省干线公路路况信息。

图 5 四川汶川地震陆路交通受影响程度示意图

Fig 5 The sketch of the influences of earthquake on land transportation in Wenchuan, Sichuan

4 结论和讨论

- (1) 交通网络体系以及交通干线综合自然灾害风险研究是有效减轻自然灾害风险的重要组成部分，强化未识别风险因子的研究是提高风险管理能力的重要途径^[39~44]。
- (2) 极端自然灾害事件频繁爆发对我国陆路交通干线产生了重大影响，凸现出我国交通干线自然灾害的风险识别和风险管理尚有待于进一步提高。
- (3) 全球气候变化背景下自然灾害的频次和灾种都在增加，尤其是极端灾害性天气的频繁出现，使交通干线遭受自然灾害的风险进一步加大；同时中国社会经济的飞速发展

也促使人类活动的地域范围和出行方式越来越依赖于交通网络体系,从而使人们的物理暴露量加大,也致使交通干线潜在的风险进一步加大。

(4) 我国中、东部地区的人口密度、社会经济以及自然灾害类型等都相对集中,而陆路交通干线(铁路和公路)的密度也相对较高,以往自然灾害造成的死亡人数和经济损失都较大,相对于风险因子来讲远高于西部地区,所以其潜在的风险程度较高,是今后研究的重点区域;而西部地区像西南、青藏、西北干旱区延伸的公路和铁路,虽然陆路交通干线密度低,但是造价高、地形地貌复杂、穿越的自然区域复杂多样,尤其是像青藏铁路、宝成-成昆铁路、兰新铁路等西部地区的一些重点交通干线其潜在的风险也很大,值得较早重视研究^[45, 46]。

(5) 对于交通干线自然灾害的风险研究,其内容应该主要集中在陆路交通干线主要节点城市、陆路交通干线的关键线段和不同自然地理区域或行政区域已经形成的交通网络3个方面。节点是核心、线段是关键,网络是目标。

(6) 陆路交通干线自然灾害的风险研究,是通过对陆路交通干线沿线的自然灾害调查和风险因子的识别和判断,尤其通过对极端灾害事件的风险分析^[47~50],正确评估交通干线节点城市、交通沿线和区域交通网络风险,掌握交通干线沿线区域的交通风险格局,一方面在新建交通设施时努力规避自然灾害风险,尤其是加大高等级风险区域的预防、监测和预警,另一方面对已建成交通设施建立相应的自然灾害风险评估体系和等级,采取积极响应措施,充分做好预案^[51],规避和减轻自然灾害对交通系统产生的影响,实现最大限度地保护交通安全和减少灾害影响,构建具有以预防为主的自然灾害风险管理策略的新型管理体系。

参考文献:

- [1] 李艳,钱昊平 河南大雪考验中国铁路春运. 新京报, 2006- 1- 24
- [2] 赵春晖 新疆吐鲁番一旅客列车被大风吹翻, http://news.xinhuanet.com/society/2007-02/28/content_5781215.htm
- [3] 刘燕华,葛全胜,方修琦,等 全球环境变化与中国国家安全,国际全球变化人文因素计划中国国家委员会(CNG-IHDP) 2005 年年会暨全球环境变化与区域安全学术研讨会会议文件 北京: 2005 年 12 月 10-11 日
- [4] 黄崇福 自然灾害风险评价理论与实践. 北京: 科学出版社, 2005
- [5] 高巍,张于心,张大伟 铁路灾害风险的识别与衡量. 北方交通大学学报, 1998, 22(3): 82~ 86
- [6] 张兰生,史培军,王静爱 中国自然灾害区划(英). 北京师范大学学报(自然科学版), 1995, 31(3): 415~ 421.
- [7] Augusti G, Borri A, Ciampoly M Optimal allocation resources in the reduction of the seismic risk of highway networks Engineering Structures, 1994, 16 (7) : 184~ 497
- [8] Deban S Innovative traffic management following the 1994 north2 bridge earthquake Prepared for Organization of Chinese American 1995
- [9] 程国栋 冻土力学与工程的国际研究新进展. 地球科学进展, 2001 16(3): 293~ 299
- [10] 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所,西藏自治区交通科学研究所. 川藏公路典型山地灾害研究. 成都: 成都科学技术出版社, 1999 1~ 29
- [11] 崔鹏,杨坤,朱颖彦,等 西部山区交通线路的泥石流灾害及减灾对策. 山地学报, 2004, 22(3), 326~ 331
- [12] 何易平,李泳,崔鹏 流团模型在泥石流危险度分区中的应用 山地学报, 2003, 21(6): 726~ 730
- [13] 黄明华,郑新业 苏皖两省铁路自然灾害规律的探讨. 铁道师院学报(自然科学版), 1994, 11(4), 31~ 43
- [14] 周华国,魏庆朝,张庆珩,等 我国铁路自然灾害的综合区划及减灾对策的探讨. 自然灾害学报, 1996 (1) : 8~ 13
- [15] 吴为禄 既有铁路地质灾害信息系统研究. 北京测绘, 1996 (4) : 28~ 31
- [16] 邢俊义,张于心,高巍,等 铁路灾害中承灾体的易损性因素对风险度的修正 北方交通大学学报, 1999 (3) : 77

~ 81

- [17] 张清, 黄朝迎 我国交通运输气候灾害的初步研究 灾害学, 1998, (3): 43~ 46
- [18] 徐叔鹰 中国铁路自然灾害的成因与类型 铁道师学报, 1997, (4): 33~ 39, 47
- [19] 余廉, 戴行信, 洪元义 中国交通灾害. 长沙: 湖南人民出版社, 1998. 9
- [20] 中国灾害防御协会铁道分会, 中国铁道学会水工水文专业委员会. 中国铁路自然灾害及其防治. 北京: 中国铁道出版社, 2000
- [21] Berdica K Analyzing vulnerability in the road transportation system, Licentiate Thesis, Stockholm: Department of Infrastructure and Planning, Royal Institute of Technology, 2000
- [22] Erica Dalziel, Alan Nicholson Risk and impact of natural hazards on road network Journal of Transportation, 2001, 127 (2): 159~ 166
- [23] 李新运, 常勇, 李望, 等 重大工程项目灾害风险评估方法研究 自然灾害学报, 1998 7(4): 24~ 29
- [24] 秦效启, 杨修竹 重大工程灾害风险评估研究. 自然灾害学报 1997 6(2): 7~ 10
- [25] 国家统计局, 从十六大到十七大经济社会发展回顾(九). 2007, 9, 28
- [26] 国家交通部. 2006 年公路水路交通行业发展统计公报. 2007, 4, 23
- [27] 高庆华 中国自然灾害的分布与分区减灾对策. 北京: 地质前缘(中国地质大学), 2003, 10(特刊): 258~ 264
- [28] 王静爱, 史培军, 王平, 等 中国自然灾害时空格局. 北京: 科学出版社, 2006. 166~ 200
- [29] 科学技术部国家计委国家经贸委灾害综合研究组. 灾害 社会 减灾 发展 中国百年自然灾害态势与 21 世纪减灾策略分析 北京: 气象出版社, 2000. 113~ 125
- [30] 金凤君, 王蛟娥 20 世纪中国铁路网扩展及其空间通达性. 地理学报, 2004, 59(2): 293~ 302
- [31] 曹小曙, 薛德升, 阎小培 中国干线公路网络联结的城市通达性. 地理学报, 2005, 60(6): 903~ 910
- [32] Makowski M, Nakayama H Natural environment management and applied system analysis Proceedings of Konan-IIASA Joint Workshop A-2361, Laxenburg, Austria. 2001
- [33] Mileti D S Natural Hazards and Disasters-Disasters by Design A Reassessment of Natural Hazards in the United States Washington D C: Joseph Henry Press, 1999
- [34] Committee of the International Decade for Natural Disaster Reduction Final Report of the International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR) 1999 <http://www.idnldr.org/stcrep.htm>
- [35] 高庆华, 苏桂武 中国自然灾害综合研究的进展. 中国人口 资源与环境, 2001, 11(2): 126~ 127
- [36] 苏桂武, 高庆华 自然灾害风险的分析要素. 地质前缘, 2003, 10(特刊): 272~ 279
- [37] 刘燕华, 葛全胜, 吴文祥 风险管理 新世纪的挑战. 北京: 气象出版社, 2005
- [38] 方修琦, 殷培红 弹性、脆弱性和适应 IHDP 三个核心概念综述. 地理科学进展, 2007, 26(5), 11~ 22
- [39] 史培军, 黄崇福, 叶涛, 等 建立中国综合风险管理体系. 中国减灾, 2005, 2: 34~ 36
- [40] 史培军, 邹铭, 李保俊, 等 从区域安全建设到风险管理体系的形成 从第一届世界风险大会看灾害与风险研究的现状与发展趋向. 地球科学进展, 2005, 20(2): 174~ 179
- [41] 任鲁川 区域自然灾害风险分析研究进展. 地球科学进展, 1999, 14(3): 242~ 246
- [42] Piers Blaikie, Terry Cannon, Ian Davis, *et al* Risk: Natural hazard, people's vulnerability, and Disasters London: Routledge, 1994 147~ 167
- [43] Kates R W, *et al* Sustainability science Science, 2001, 292: 641~ 642
- [44] Mileti D S Natural Hazards and Disasters-Disasters by Design A Reassessment of Natural Hazards in the United States Washington D C: Joseph Henry Press, 1999
- [45] 刘燕华, 李钊章, 赵跃龙 中国近期自然灾害程度的区域特征. 地理研究, 1995, 14(3): 14~ 25
- [46] 李克让, 张豪禧, 尹思明 中国沿海地区灾害发生的环境和社会经济背景. 地理研究, 1995, 14(4), 23~ 31
- [47] 孙绍骋 灾害评估研究内容与方法探讨. 地理科学进展, 2001, 20(2): 122~ 130
- [48] 高庆华, 刘惠敏, 马宗晋 自然灾害综合研究的回顾与展望 防灾减灾工程学报, 2003, 23(1): 97~ 101
- [49] Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives, 2002
- [50] Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development, 2004
- [51] 长安, 葛全胜, 方修琦, 等 青藏铁路旅游线气候适宜性研究. 地理研究, 2007, 26(3), 533~ 540

A rustic opinion on natural disaster risk research of land traffic trunk lines in China

LIU Feng-gui^{1,2}, MA Yu-ling^{1,4}, WEI Ben-yong¹, ZHANG Yi-li³,
HOU Guang-liang^{1,2}, ZHOU Qiang², ZHANG Hai-feng²

(1 School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2 School of Life and Geographic Science, Qinghai Normal University, Xining 810008, China;

3 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

4 National Disaster Reduction Centre of China, Beijing 100053, China)

Abstract: With the rapid development of the economy in China, the densities and lengths of the land traffic trunk lines have changed largely. Due to the convenient traffic, the economic lifestyle and the scale of human activity have also obviously changed, which are influenced by the increasing traffic facilities. However, as the increase of the flow of travelers and goods, the exposed extent of the traffic trunk lines was also increasing sharply. At the same time, the quantity and frequency of natural disasters were increasingly induced by global change, which enlarged the risk of exposing human to natural disasters in the traffic trunk lines.

Based on a brief review of the domestic and foreign natural disaster risk research situations of land traffic trunk line, this paper pointed out that at present relevant studies started late and the research contents were also dispersive in China; the risk distinguish of natural disasters happening on the traffic trunk lines still need to be further improved and the risk research should also be strengthened in China. This paper analyzed the relation between the density of China's land traffic trunk lines (railway and highway) and the past dead people and natural disaster loss modulus through the data statistics and GIS technique.

The result showed that the influences of extreme disaster events on China's land traffic trunk lines has become greater, which severely affected the flow of travelers and goods, and also influenced the disaster support; the spatial distribution of the natural disaster risk factors presented a higher pattern in the central and eastern China, but a lower one in the western. However, at present the distinguished research of the risk factors is still penurious and there was lack of risk management. Thus it is necessary to reinforce the natural disaster risk research of land traffic trunk lines in China. The natural disaster risk research on land traffic trunk lines should be focused on three aspects, that is, the node city, the section of the trunk line and the regional traffic network.

Key words: land traffic trunk line; natural disaster; risk assessment