

近25年国内外桥梁坍塌事故统计与分析

林华威¹, 陈炳聪², 程俭廷³, 曾鑫彬⁴, 苏智文², 刘爱荣²

(1. 广州大学 土木与交通工程学院, 广东 广州 510006; 2. 广州大学 风工程与工程振动研究中心, 广东 广州 510006;
3. 广州诚安路桥检测有限公司, 广东 广州 510420; 4. 中国铁塔股份有限公司广州市分公司, 广东 广州 510220)

摘要: 我国桥梁数量在近25年增长迅猛, 然而桥梁的非地震坍塌事故也屡见不鲜。统计近25年国内发生的桥梁坍塌事故, 并根据事故桥梁所处阶段、结构类型、事故原因进行分类统计, 同时列举了国外近年来发生的桥梁坍塌事故。经分析, 桥梁在运营阶段发生坍塌事故的几率最大, 而坍塌事故的主要原因为降雨和洪水, 在不同的桥梁结构形式中, 梁桥坍塌事故数量最多, 而拱桥的坍塌比例最高。由此提出建立桥梁综合健康监测系统、深入开展科学研究、加大维管力度等对策, 降低桥梁事故造成的损失。

关键词: 桥梁坍塌; 桥梁事故统计; 预防措施; 原因分析

中图分类号: U448; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)12-0145-05

Statistics and Analysis of Bridge Collapse Accidents at Home and Abroad in the Past 25 Years

LIN Huawei¹, CHEN Bingcong², CHENG Jianting³, ZENG Xinbin⁴, SU Zhiwen², LIU Airong²

(1. School of Civil and Transportation Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 2. Research Center of Wind Engineering and Engineering Vibration, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 3. Guangzhou Chengan Road and Bridge Testing Co., Ltd., Guangzhou 510420, China; 4. Guangzhou Branch of China Tower Co., Ltd., Guangzhou 510220, China)

Abstract: The number of bridges in China has increased rapidly in the past 25 years. However, non-seismic collapse accidents of bridges have also occurred frequently. The bridge collapse accidents that have occurred in China over the past 25 years are counted. And according to the stage of the accident bridge, its structural type and the cause of the accident, the classification and statistics are conducted. At the same time, the bridge collapse accidents that have occurred abroad in recent years are listed. After analysis, the probability of a bridge collapse accident is the highest during its operation stage, and the main causes of the collapse accident are rainfall and floods. Among different forms of bridge structures, the beam bridges have the highest number of collapse accidents, while the arch bridges have the highest proportion of collapses. Based on this, the countermeasures such as establishing a comprehensive health monitoring system for bridges, conducting in-depth scientific research, and increasing maintenance and management efforts are proposed to reduce the losses caused by bridge accidents.

Keywords: bridge collapse; bridge accident statistics; preventive measures; cause analysis

0 引言

桥梁是连接不同社区非常重要的公共基础设施之一, 无论是铁路还是公路, 都离不开桥梁, 但是, 桥梁事故却屡见不鲜。桥梁坍塌事故, 不仅会造成严

重的经济损失和影响交通系统, 还可能造成严重的人员伤亡。因此, 如何减少与预防桥梁坍塌事故的发生是如今需要重点考虑的问题。

桥梁不仅长期承受车辆的静动荷载和风、霜、雨、雪的侵蚀, 还可能遭受撞击、火灾等偶然事故。因此, 既要保证正服役桥梁的安全运营, 又要总结运营过程中的经验和桥梁事故中的教训, 并将之应用于新桥的建设工程中, 避免同类事故发生。

本文主要统计了近25年来发生的桥梁坍塌事件, 分析数据趋势, 归纳总结共性问题, 并提出预防性的建议与措施。

收稿日期: 2024-11-18

基金项目: 广州大学省级大学生创新训练项目“东濠涌及内环路高架水下桩基劳务协作及耐久性研究服务项目”(S202311078067)

作者简介: 林华威(1999—), 男, 硕士, 从事水下机器人、组合结构桥梁研究工作。

通信作者: 陈炳聪(1980—), 男, 博士, 高级实验师, 从事水下机器人、组合结构桥梁、桥梁剩余寿命研究工作。电子信箱: 135198490@qq.com

1 国内外研究现状

多位学者曾对国内外的桥梁坍塌事故进行分析。施曙东^[1]认为,人、物体、环境、管理等是导致桥梁事故的重要原因,且在建设期内尤为明显。彭栋木^[2]提出,要避免桥梁坍塌事故的发生,应从修正荷载规范开始,从而调整桥梁全寿命周期各阶段的工作方针。何凯等^[3]从设计、施工、运维和地理特征等方面分析了部分桥梁坍塌事故发生的原因,提出业主应加强对桥梁建设的监管和指导。曹明旭等^[4]、汪广丰等^[5]建议建立全国桥梁数据库,及时对事故原因进行总结,并建议建立“建者负责”制度。

2 近年来典型事故概览

2.1 陕西省柞水高速公路桥梁坍塌事故

严坪村二号桥位于陕西省商洛市柞水县境内,为陕西柞水高速公路桥梁。2024年7月19日晚上8点,由于突发暴雨、山洪,该桥发生部分坍塌(见图1),造成38人遇难、24人失联^[6]。据调查,事故发生原因是上游连续降雨,导致山洪暴发,下游水位暴涨,最终导致桥梁单侧发生垮塌。



图1 陕西柞水高速公路桥梁坍塌

2.2 中山市西环高速横栏北互通匝道坍塌

中山市横栏北互通匝道位于古镇镇与横栏镇交界处,其中C匝道为单箱双室钢箱梁,曲率半径为100 m。2022年9月24日上午,C匝道在施工过程中主箱梁发生倾覆,导致匝道塌落(见图2),造成1人死亡。根据事故调查报告^[7],该事故是因施工队伍未按照施工方案和技术交底的要求进行施工,并且未做好临时固定措施,最终发生外侧钢箱梁失稳坍塌。

2.3 广州市沥心沙大桥坍塌

沥心沙大桥位于广州市南沙区,于1994年4月29日建成,是通往万顷沙镇岛的重要通道,其结构形式为T形刚构带挂梁。2024年2月22日,由于运沙船船员操作失当,船身撞击桥墩,导致桥墩严重倾斜偏位和挂梁掉落(见图3),造成5人死亡^[8]。



图2 中山西环高速横栏北互通匝道坍塌



图3 沥心沙大桥坍塌

2.4 意大利热那亚路桥坍塌

意大利热那亚的“莫兰迪”大桥为少见的预应力混凝土斜拉桥,建于半个世纪以前,交通流量已经较30年前增加1倍余,桥梁的通行荷载已经远超设计荷载。2018年8月14日,近200 m的桥跨瞬间坍塌(见图4),造成43人死亡、9人受伤。



图4 意大利热那亚路桥坍塌

3 桥梁事故统计与分析

3.1 国内桥梁坍塌事故统计与分析

根据国内可供查询的资料统计,在近25年间,桥梁坍塌事故共发生184起,死亡人数为361人,受伤人数为523人,失踪人数为122人,平均每年发生8起,平均每年约15人失去生命。桥梁坍塌事故不仅造成了巨额的经济损失,还造成了人员伤亡。因此,如何预防桥梁坍塌应予以重视。以下从坍塌桥梁的状态、类型和事故原因3个方面进行统计和分析。

3.1.1 按桥梁所处阶段统计

建造、运营、维修和拆除为大桥生命周期的4个阶段。其中,运营阶段发生的坍塌事故最多,共有

110 起,占比为 59.78%,共造成 166 人死亡、202 人受伤和 117 人失踪;建造阶段发生的坍塌事故有 64 起,占比为 34.78%,共造成 181 人死亡、291 人受伤和 2 人失踪;维修阶段发生的坍塌事故有 4 起,占比为 2.17%,共造成 10 人死亡、8 人受伤;拆除阶段发生的坍塌事故有 6 起,占比为 3.26%,共造成 4 人死亡,22 人受伤和 3 人失踪。具体的统计数据如图 5、图 6 和表 1 所示。可以看出,桥梁在运营阶段发生事故的数量最多,甚至和其他 3 个阶段事故数量的总和相差不多。所幸自 2017 年以来,在运营阶段发生事故的数量大致呈现减少趋势。该现象与我国近年来注重桥梁运营阶段的管理、改变过去“重建设轻管理”的习惯有关。

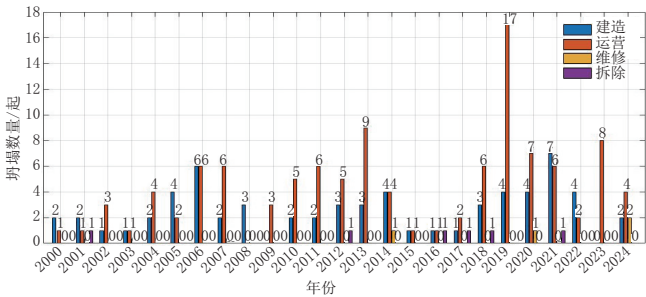


图 5 桥梁坍塌数量统计

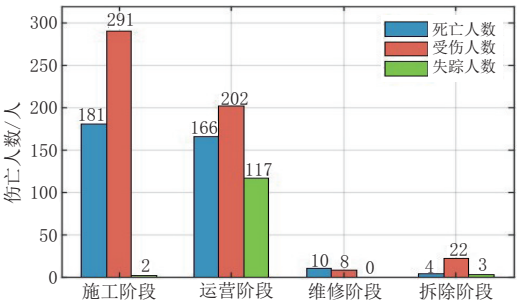


图 6 各阶段桥梁坍塌人员伤亡统计

3.1.2 按桥梁的类型统计

根据近 25 年的统计数据,可知梁桥发生坍塌事故的数量较多,共有 129 起,占总数的 71.27%;拱桥发生事故的数量为 44 起,占总数的 24.31%;斜拉桥发生事故的数量为 4 起,占总数的 2.21%;悬索桥发生事故的数量为 4 起,占总数的 2.21%(见图 7)。由图 8 可知,一半以上发生坍塌事故的桥梁为已投入运营的梁桥。由此可见,梁桥发生坍塌事故的数量和伤亡人数最多,且由于梁桥是最常见的桥梁类型,无可避免地会造成更多的事故和伤亡。反观拱桥由于施工工艺较高,建造数量较少。但是,在近 25 年的事故统计中,拱桥坍塌事故的比例为 24.31%,因此,拱桥的风险也不容忽视。根据赵少杰等^[9]和易仁彦等^[10]的分析结果,拱桥结构对基础环境较为敏

表 1 桥梁坍塌数量统计表

年份/年	桥梁所处阶段和发生事故数量/起			
	建造	运营	维修	拆除
2000	2	1	0	0
2001	2	1	0	1
2002	1	3	0	0
2003	1	1	0	0
2004	2	4	0	0
2005	4	2	0	0
2006	6	6	0	0
2007	2	6	0	0
2008	3	0	0	0
2009	0	3	0	0
2010	2	5	0	0
2011	2	6	0	0
2012	3	5	0	1
2013	3	9	0	0
2014	4	4	1	0
2015	1	1	0	0
2016	1	1	0	1
2017	1	2	0	1
2018	3	6	0	1
2019	4	17	0	0
2020	4	7	1	0
2021	7	6	0	1
2022	4	2	0	0
2023	0	8	0	0
2024	2	4	2	0
总计	64	110	4	6

感,如果基础环境发生变化,很容易引起整桥倒塌。因此,拱桥坍塌事故也屡见不鲜。

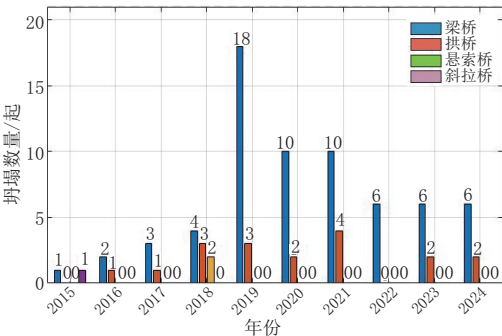


图 7 桥梁坍塌类型统计

3.1.3 按事故原因统计

21 世纪以来的桥梁坍塌事故,除了有 49 起还不知道事故原因的,其中降雨和洪水引发的坍塌事故较多,共有 42 起,占总数的 22.83%;因超载而引发的事故有 17 起,占总数的 9.24%;另外,还有撞击、山体滑坡、违法行为等导致的桥梁坍塌。详细数据如表 2 所示。

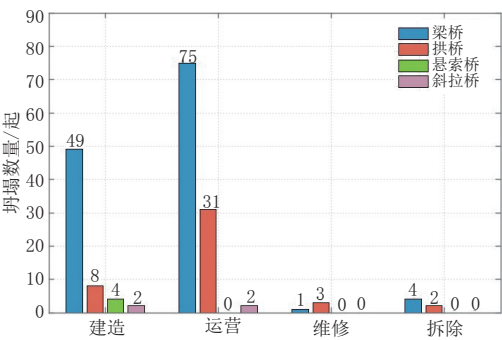


图8 各阶段中坍塌的桥梁类型

表2 近25年来桥梁坍塌事故原因统计

事故原因	数量/起	比例/%
降雨和洪水	42	22.83
超载	17	9.24
撞击	10	5.43
支架	4	2.17
违规作业	32	17.39
年久失修(危桥)	2	1.09
吊装	3	1.63
挂篮	1	0.54
架桥机	2	1.09
地震	2	1.09
材料原因	8	4.35
暴雪	1	0.54
落石、地震	6	3.26
台风	3	1.63
贝雷架坍塌	1	0.54
其他原因	6	3.26
未知原因	49	26.63

3.2 国外桥梁事故分析

这11年间,不仅中国桥梁发生多起事故,国外桥梁同样发生了多起坍塌事故。本文搜集了国外典型的桥梁坍塌事故案例(见表3),并进行了分析。

虽然各国的桥梁坍塌事故现象不尽相同,但其成因存在共性。因此,若能从我国桥梁坍塌事故中吸取经验与教训,不仅可以预防我国桥梁发生坍塌事故,还能为其他国家的桥梁建设提供参考。

4 预防桥梁坍塌事故发生的对策

引致桥梁发生坍塌的原因有很多,可分为2大类:自然原因和人为原因。自然原因包括洪水、地震、强风和持续强降雨。人为原因包括设计的失误和施工因素等,还有火灾、车辆超载、车船撞击和运营期维护不周等造成的结构承载能力加速下降。以下针对不同原因提出相应的对策。

4.1 预防自然原因引起的桥梁坍塌事故的对策

4.1.1 预防降雨和洪水引起的桥梁坍塌事故

桥梁在设计时应考虑到当地的实际环境与季候的变化情况。通过对近25年桥梁坍塌事故的统计发现,22.83%的事故由降雨和洪水引起。降雨不仅会引发洪水冲刷河床、掏空桥墩基础,并且当洪水淹没桥梁时,水流的冲刷作用会对桥墩、上部结构造成严重破坏。例如,陕西严坪村二号桥由于遭受强暴雨,水流过大,使得桥墩被冲垮,进而发生桥梁坍塌。因此,在设计中要额外考虑极端暴雨天气和洪水灾害对桥梁的影响。

另外,虽然拱桥总量较少,但是拱桥对基础环境较为敏感,这种特性使得其更容易垮塌。据统计,拱桥垮塌事故的占比较大。因此,在地势较低、容易暴发洪水的地区,应在设计中对拱桥基础进行特别加固处理。

对于穿越泥石流沟的桥梁,其受到泥石流影响

表3 世界各国的桥梁坍塌事故样本

时间	桥梁	原因	伤亡情况
2014-05-06	美国在建公路桥	电焊枪被风吹歪,点燃木质脚手架	无
2014-06-08	法国巴黎“爱情桥”	超载	无
2016-07-07	美国德州某立交桥	卡车撞上桥梁,造成部分坍塌	1人死,1人伤
2016-10-16	印尼巴厘岛1座连接伦邦岸岛和切宁安岛的桥梁	人员过多导致桥上绳索断裂	9人死,34人伤
2017-03-09	意大利跨高速路桥	桥梁为临时建筑	2人死,3人伤
2017-05-19	印度果阿邦某步行桥	桥梁超载	1人死,30人失踪
2017-08-26	韩国在建平泽湖大桥	桥墩倒塌	无
2018-01-15	哥伦比亚在建悬索桥	不明	至少10人遇难
2018-03-16	美国佛罗里达州某在建人行天桥	事前建筑结构已出现裂缝	10人死,多人伤
2018-07-03	印度孟买某人行天桥	暴雨	2人死,5人伤
2018-08-14	意大利热那亚“莫兰迪”大桥	负重超出设计承载能力,并受暴风雨影响	43人死,9人伤
2019-03-14	印度孟买人行天桥	未知	5人死,30多人伤
2020-06-04	印度比哈尔邦某在建桥梁	电缆松动	无
2024-03-26	美国马里兰州巴尔的摩一桥梁	船只撞击	1人死,6人失踪

的概率就相当高。陈洪凯等^[11]提出,很多由泥石流引起的桥梁坍塌事故,均不是由暴发的冲击引起的,更多的是在泥石流发生1年后才坍塌。为此,在较窄的山谷,采用较大跨径的设计更为适合。

桥梁在运营期间需要更科学地进行监测,并且管养单位必须根据规范,定期对桥梁进行“体检”和针对发现的问题进行维修。不仅如此,对危桥或坏桥,应在发生灾害天气时进行预报和监测,并对桥址附近的地质灾害易发区进行监测。

4.1.2 预防地震引起的桥梁坍塌事故

地震所带来的灾害往往都是巨大且无法估算的,抗震减灾一直都是我们关注的焦点,而桥梁防震措施可以根据桥梁的类型来制定。对于梁桥,板式橡胶支座、防落梁挡块等装置必不可少;对于拱桥,设计人员应着重防止连续垮塌灾害的出现;对于斜拉桥和悬索桥,都可以对桥墩进行加固设计,并允许在基础与地基之间滑动,从而起到隔震的作用^[12]。

4.2 预防人为原因引起的桥梁坍塌事故的对策

4.2.1 降低施工失误率

桥梁的施工环节十分关键,桥梁的寿命也取决于此,这是桥梁的先天之本。如今桥梁在设计上越来越多样化,这无疑加大了施工难度,因为结构形状上的改变会影响桥梁的实际受力情况。如果设计与施工2个方面可以更好地沟通与结合,则可以减少安全事故的发生^[10]。

34.78%的桥梁坍塌事故都发生在桥梁建造阶段,且还有不少桥梁是由于前期建造时留下的隐患而在运营阶段坍塌的,说明不少桥梁的施工质量并未达到预期。在近25年的桥梁坍塌事故中,有2.63%的事故是在施工期间由设备问题引起的,17.39%的事故是施工人员操作失误引起的,还有4.35%的事故是因为存在材料质量问题。因此,施工单位应该加强对桥梁施工过程的监测与管理;对施工设施也应进行更完善的检查与保养;严格依照相关的法律法规施工,不得偷工减料,不得为赶工而不顾天气条件施工。

4.2.2 预防车辆超载引起的坍塌事故

吴桐金^[13]指出,油价上涨和路费较高导致公路运输处于超载状态。根据近25年的事故统计数据,有9.24%的坍塌事故就是由超载引起的。因此,对于防范车辆超载引起的坍塌事故,关键就在于对车辆超载的监控与排查。运输公司都希望将自己的利益最大化,用最少的成本换取最大的利益。但是他

们往往忽略了公众的利益。长此以往,一旦发生意外,不仅运输公司得不偿失,更会造成社会其他人的利益损失,甚至会造成人员伤亡。因此,相关部门应继续严管超载车辆,保障桥梁运营安全。

4.2.3 预防车船撞击引起的坍塌事故

在过去近25年发生的312起桥梁坍塌事故中,有5.43%的事故是由撞击引起的。通常发生车船撞击的原因主要是驾驶者的疏忽失误、恶劣天气、机械故障等^[14-16]。

在预防车船撞击方面,尤其是船只撞击方面,相较于其他发达国家,我国在规范上的要求并不严格。因此,在实际桥梁设计中,需要更周密地考虑桥型的选择和桥跨布置。而桥梁防撞措施大致可分为主动与被动2种。主动防撞措施包括航标、桥涵标、导航系统等引导船舶行驶的设施;被动防撞措施包括墩外墩、刚性人工岛、围堰和防撞桩群等间接构造,还有桥墩尖端斜面分力防撞和橡胶碰垫等构造物^[16]。

5 结 语

桥梁坍塌事故在国内外频繁发生,事故预防刻不容缓。根据自21世纪以来历年桥梁坍塌事故的统计,可以看出,事故较多发生在运营阶段,而坍塌的原因以强降雨和洪水引发的次生灾害和长期侵蚀为主。自然灾害的发生难以避免,但是,可以被预测和监测。综合的管理和监测体系,可以对高风险桥梁的结构和可能遇到的灾害提出预警。由此可见,只有加强对桥梁建成后的管理,改变“重建轻养”的模式,才能减少桥梁坍塌事故的发生^[17]。

参考文献:

- [1] 施曙东.我国大型桥梁工程建设期内典型事故调研与原因探讨[J].城市道桥与防洪,2017(4):134-136.
- [2] 彭栋木.桥梁坍塌成因与应对措施[C]//第二十一届全国桥梁学术会议论文集(下册).大连:全国桥梁学术会议,2014.
- [3] 何凯,王筱安,向亮.桥梁坍塌事故研究[J].法制博览(中旬刊),2013(4):284-285.
- [4] 曹明旭,刘钊,孟杰.美国桥梁病害及倒塌事故统计分析与思考[J].公路,2009(7):162-167.
- [5] 汪广丰.美韩桥梁垮(塌)塌事故处置的启示与思考[J].中国市政工程,2012(6):61-63.
- [6] 钱景童.陕西柞水高速公路桥梁垮塌事件:已确认坠河车辆25辆、遇难38人,失联24[EB/OL].(2024-08-02)[2024-08-31].<https://news.cctv.com/2024/08/02/ARTIKqX8koykCYLxR4vndq4k240802.shtml>.
- [7] 安全管理网.横栏镇中山西环高速横栏北互通“9·24”一般生产安全事故调查报告[EB/OL].(2023-07-08)[2024-08-24].<https://www.safefoo.com/Case/Case/Drop/202307/5710392.shtml>.