

广东省地方标准

公路混凝土桥梁
火灾后安全性能评定技术规程编制说明

主编单位：广东华路交通科技有限公司

参编单位：广东交科检测有限公司

华南理工大学

广东省交通运输建设工程质量检测中心

东南大学

2020年12月

目 录

一 概述.....	1
1.1 标准制定的必要性	1
1.2 目的和意义.....	2
二 已完成的研究工作及取得成果情况.....	3
2.1 项目取得的成果	3
2.2 依托项目申请专利情况.....	3
2.3 依托项目撰写及发表论文情况.....	4
三 标准大纲	4
3.1 标准编制目的	4
3.2 标准适用范围	4
3.3 标准框架结构	4
四 涉及专利情况.....	6
五 开展的调研.....	6
5.1 调研的主要问题.....	6
5.2 调研的方法.....	6
六 编写单位情况及相关条件.....	6
七 起草人员信息.....	11
八 工作分工	11
九 时间进度	11

一 概述

1.1 标准制定的必要性

随着我国公路基础设施建设和社会经济发展,桥梁所占高速公路线路比重逐年增大,由危险品运输车辆起火导致的桥梁火灾事故时有发生。广东省作为我国经济发展的第一大省,其高速公路路网相对其他省份更加密集,其交通运输更加繁忙,危险品运输车辆因交通事故导致的公路桥梁火灾事故相对频繁。桥梁火灾发生不仅造成事故车辆、交通设施基础设施损坏、人员伤亡等直接经济损失,而且可能引起事故桥梁路段的交通中断长达数月,间接经济损失和社会负面影响均较大,如广深沿江高速 6.29 特大型桥梁火灾,虎门大桥引桥火灾事故、茂湛高速桥梁火灾事故等。因此,面对我省近年来频发的火灾事故,亟需出台相关的桥梁技术状况方面的检测评定方法,以确保对混凝土桥梁的火灾后安全性能的检测评定能够做到规范、高效和准确。

另外,火灾不仅造成公路交通中断,而且严重威胁桥梁结构安全。火灾对混凝土桥梁的损伤机理十分复杂,火灾过程中产生的高温不仅造成混凝土桥梁构件表面混凝土剥落,而且造成其内部混凝土和钢筋的力学性能出现不同程度的弱化,同时也造成其两者间的粘结强度损失严重。火灾后混凝土桥梁的损伤程度如何,是否能够临时保通,长期使用是否安全,这些是广大桥梁技术工作者十分关心的问题,也是火灾后混凝土桥梁安全性能评定中需要解决的最主要问题。

然而,现有的混凝土桥梁火灾后检测方法和手段相对有限,其安全性能评定方面暂无具体的标准,既有的检测评定工作主要借鉴《火灾后建筑结构鉴定标准》(CECS252:2009),由于桥梁结构和建筑结构在火灾荷载作用模式、结构类型和环境条件等均存在诸多不同,直接应用该标准进行混凝土桥梁安全性能评定时,难以满足实际桥梁结构检测的需要。具体体现在以下几个方面:

(1) 混凝土桥梁火灾相对建筑结构火灾其火场环境相对开阔,火灾燃烧升温速度快,燃烧时间相对较长,该标准难以与实际火场环境相适用。

(2) 混凝土桥梁结构尺寸较建筑结构大,火灾下桥梁与建筑结构温度场存在较大的不同,建筑结构的温度场实用曲线难以与桥梁结构实际相适用。

(3) 现有混凝土结构火灾后的损伤检测方面,对于受火影响区域的结构的损伤检测方面的方法和手段相对有限,特别是火灾影响后混凝土结构内部温度场

和损伤状况的检测和分析判断方法方面相对有限。

(4) 混凝土桥梁安全性能的评定标准和方法方面，有着与之相适用的评定准则，难以直接套用建筑结构的评定标准。

目前，我省公路交通行业内混凝土桥梁火灾相对频繁，火灾后混凝土桥梁检测评定方法、标准缺失，极大地影响了混凝土桥梁火灾后检测评定工作的规范性和检测结果的可靠性。因此，我省公路交通运输行业亟需编制《公路混凝土桥梁火灾后安全性能评定方法》以指导火灾后混凝土桥梁安全性能评定工作。

1.2 目的和意义

针对以上我省公路行业桥梁火灾后安全性能评定中面临的现状，制定《公路混凝土桥火灾后梁安全性能评定方法》，一方面，可规范火灾后混凝土桥梁的检测评定工作，为其灾后安全性能评定提供技术支持；另一方面，对用于指导其灾后维修加固设计和营运管理，确保相维修加固设计符合桥梁实际状况，桥梁的交通得到迅速的恢复。其现实意义总结起来有以下几个方面：

(1) 在火灾后桥梁建设、养护和营运管理方面，具有重要社会和经济价值。

通过对火灾后混凝土桥梁安全性能评定方法的研究和制定，有效指导火灾后混凝土桥梁安全性能评定工作，能够有效的避免桥梁火灾事故所导致的次生灾害事故，降低了桥梁灾后突然垮塌的风险，促使桥梁灾后的检测和维修加固工作做有序和高效，减少了因火灾事故所导致的通车延误，确保火灾后桥梁交通的迅速恢复，减少其带来的不利社会影响，因此，具有重要的社会和经济价值。

(2) 能够帮助桥梁工程人员的提高技术水平，推动了桥梁检测评定技术的发展。

火灾后混凝土桥梁检测评定技术标准的研究和制定，是火灾后混凝土桥梁材料性能、结构损伤检测和安全性能评定分析方法等方面的技术总结，该标准的制定为广大桥梁技术人员提供了一套较为全面混凝土桥梁损伤状况检测评定分析技术资料，有利于提高广大工程人员的检测和分析技术能力，对于推动桥梁检测评定技术的发展具有重要的促进意义。

(3) 对于建筑、隧道、水工等混凝土结构火灾后的检测评定方面具有一定的指导意义。

该标准的研究和制定主要是进行火灾后混凝土桥梁安全性能评定研究成果

总结，对于与混凝土桥梁相类似的建筑、隧道、水工等混凝土结构火灾后的安全性能评定研究方面同样具有重要的指导意义。

二 已完成的研究工作及取得成果情况

本标准制定是结合 2014 年广东省交通运输厅政府引导性科技项目“混凝土桥梁火灾后检测评定方法研究”研究工作进行的成果提炼工作。该政府引导性科技项目围绕火灾后混凝土构件组成材料参数取值、混凝土构件损伤检测方法、构件历经温度场计算以及火灾后混凝土桥梁安全性能评定等内容开展研究工作。项目解决了火灾后混凝土桥梁损伤状况检测和评定分析中碰到的一些关键技术难题。项目研究取得的成果、申请专利及论文撰写及发表情况如下：

2.1 项目取得的成果

(1) 系统的建立了火灾后混凝土桥梁各组成材料参数的取值系统，为火灾后混凝土桥梁的安全性能评定提供基础数据。

(2) 提出采用芯样横向劈裂试验检测评估火灾后混凝土构件损伤状况的基本方法。

(3) 提出采用混凝土烧失量试验分析不同冷却状态下构件内部温度场和损伤状况方法。

(4) 提出了混凝土桥梁火灾场景等效当量时间计算的基本原则，提出标准升温曲线下混凝土构件温度场试验和数值模拟的基本方法，形成标准升温曲线下主要桥梁构件温度场实用曲线，为火灾后混凝土桥梁的检测评估提供了参考。

(5) 建立火灾后混凝土桥梁安全性能检测评定体系，形成火灾后混凝土桥梁检测评定技术指南。

2.2 依托项目申请专利情况

序号	专利类别	技术名称	备注
1	实用新型	一种混凝土芯样劈拉强度测试装置	已授权
2	发明专利	一种混凝土芯样横向劈裂试验装置	已授权
3	发明专利	一种火灾后混凝土桥梁构件温度场检测方法	实质性审查
4	发明专利	一种通过芯样分组抗压测量高温后混凝土受损深度的方法	实质性审查
5	发明专利	一种火灾后桥梁力学性能折减系数计算方法	实质性审查

2.3 依托项目撰写及发表论文情况

序号	论文/专著名称	刊物名称	发表时间 录用情况
1	火灾下混凝土空心板温度场 及损伤规律研究	中国公路学报	2019. 1
2	预应力混凝土梁桥火灾损伤分析 与评定	南京工业大学学报	2020. 5
3	The experimental research on the concrete hollow slab temperature field in fire	The 8th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure 2017 (SHMII-8)	2017. 12
4	火灾后混凝土桥梁检测评估分析	消防科学与技术	2016. 9
5	火灾后混凝土残余强度统计分析	混凝土与水泥制品	2016. 10
6	火灾后混凝土桥梁的检测与评估	广东公路交通	2009. 4
7	火灾后混凝土桥梁检测方法的工 程应用研究	第二十二届全国桥梁学术会议	2016. 5
8	火灾后混凝土桥梁检测评估 关键技术问题探讨	五省一市二区桥隧高新技术论坛（会 议论文集）	2016. 11

三 标准大纲

3.1 标准编制目的

为规范和指导火灾后混凝土桥梁检测评定工作，为火灾后混凝土桥梁技术状况评定、养护维修和加固设计提供依据，制定本技术标准。

3.2 标准适用范围

本技术标准适用于火灾后公路混凝土桥梁技术性能的检测与评定。

3.3 标准框架结构

前 言

引 言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 基本规定

4.1 一般规定

- 4.2 检测工作的程序和内容
- 4.3 检测报告和档案资料要求
- 5 火场踏勘
 - 5.1 一般规定
 - 5.2 火作用调查
 - 5.3 桥梁现状初步调查
 - 5.4 踏勘记录及检测方案
- 6 外观检查
 - 6.1 一般规定
 - 6.2 混凝土缺损状况检查
 - 6.3 裂缝分布状况的检查
 - 6.4 钢筋外露状况的检查
 - 6.5 检查记录及结果分析
- 7 技术状况评定
 - 7.1 一般规定
 - 7.2 桥梁构件技术状况评定
 - 7.3 桥梁总体技术状况评定
- 8 构件损伤检测分析
 - 8.1 一般规定
 - 8.2 构件温度场检测分析
 - 8.3 混凝土性能检测与损伤分析
 - 8.4 钢筋性能检测与损伤分析
 - 8.5 构件截面损伤量化计算
- 9 桥梁安全性评定
 - 9.1 一般规定
 - 9.2 承载能力验算
 - 9.3 荷载试验
- 附录 A（规范性附录） 可燃物燃烧总热量的计算
- 附录 B（规范性附录） 常见材料变态温度、燃点

- 附录 C（资料性附录） 火场踏勘记录表
- 附录 D（规范性附录） 混凝土外观状况与温度的关系
- 附录 E（资料性附录） 构件外观检查情况调查表
- 附录 F（规范性附录） 在标准升温下各类桥梁构件温度场实用曲线
- 附录 G（规范性附录） 混凝土热工参数取值
- 附录 H（规范性附录） 混凝土二次烧失量检测构件温度分布
- 附录 I（规范性附录） 高温冷却后材料性能与历经温度对应关系
- 附录 J（规范性附录） 芯样横向逐层劈裂试验
- 附录 K（规范性附录） 芯样分组抗压试验
- 附录 L（规范性附录） 构件截面缩减及承载能力计算方法

四 涉及专利情况

无

五 开展的调研

5.1 调研的主要问题

- (1) 地方标准编制的方法与工作程序
- (2) 火灾后混凝土桥梁检测方法和程序
- (2) 混凝土桥梁构件火灾高温试验装置与试验方法
- (3) 火灾后混凝土构件损伤检测方法
- (4) 火灾后混凝土桥梁结构安全评定方法与标准

5.2 调研的方法

通过走访、会议、函询和方法试用等方式广泛征求意见。编制组对征求的意见进行充分的讨论和吸收，并据此对标准进行修改完善。

六 编写单位情况及相关条件

广东华路交通科技有限公司（简称“华路公司”）由广东省交通科学研究所（成立于 1960 年）、广东省公路工程监理站和广东省高速公路中心试验室于 2002 年合并重组而成，是广东省交通集团全资子公司，广东省高新技术企业，主要提供公路交通科技研发、工程监理、工程咨询设计和试验检测等综合性工程咨询技术服务。

华路公司拥有较强的技术力量和检测试验能力。现有员工 1100 多人，其中技术人员 900 多人(教授级高工 5 人，高工 180 人，工程师 500 多人)。拥有各类试验及检测仪器 1000 多台套，是广东省交通系统设备最为齐全、规模最大的试验检测中心。目前华路公司具有交通部颁发的公路工程甲级监理资质、交通工程甲级监理资质，国家发展和改革委员会颁发的工程咨询甲级资质，以及广东省建委颁发的工程设计乙级资质、广东省技术质量监督局颁发的检测试验资质等多项资质，形成了以工程监理、工程咨询和科研开发、检测试验等三大支柱业务为主的经营格局。

华路公司致力于打造与提升公司层面研发、咨询平台，推动公司高端业务的更好发展，其“路面技术品牌”经过近十年的发展，已为业内共知共识。近几年，完成了云梧、云罗、梅大、广乐、二广（连州至怀集段）等高速公路的咨询与质量监控等项目；先后荣获国家级和省部级科技进步奖 46 项、获得国家专利和被授予实用新型专利权 18 项。

广东交科检测有限公司是广东华路交通科技有限公司（简称：华路公司）全资下属子公司。2002 年广东省交通科研所和广东省高速公路中心试验室、广东省航运科研所合并组建华路公司后，成立广东交通集团检测中心，结合企业发展需求，于 2017 年 4 月注册成立子公司，更名为“广东交科检测有限公司”，实行独立法人运作。交科公司检测中心基地大院占地 53 亩、办公面积 9600 多平米，其中室内试验场所 2400 多平米。办公大楼窗明几净，院内绿树成荫、空气清新、设施齐全，为员工提供了宽敞舒适的办公环境。我单位是广东省内交通行业内具有交通行业综合甲级资质、交通行业水运工程材料甲级资质、交通行业水运工程结构甲级资质、交通行业桥隧专项资质、“CMA” 计量认证资质等综合性试验检测机构，业务涵盖公路水运工程结构物的检测评估、结构静动载试验、桥梁监测及施工监控、桥梁承载能力检测评估、梁体预应力检测、以及应急抢险等工作，在桥梁技术状况检测与评估方面积累了丰富的经验。

广东交科检测有限公司(广东交通集团检测中心)拥有一批诚信实干、朝气蓬勃、经验丰富的技术人才。公司现有员工 500 余人(技术和管理人员 409 人)，其中教授级高级技术职称 1 人，高级技术职称 59 人，中级技术职称 111 人。员工大部分毕业于公路交通系统主流院校，其中博士 3 人，硕士 64 人。所有检测人员均经专业培训，持证上岗。

华南理工大学是一所以工见长，理、工、医结合，管、经、文、法等多学科协调发展的综合性研究型大学。轻工技术与工程、建筑学、食品科学与工程、化学工程与技术、环境科学与工程、材料科学与工程、机械工程、管理科学与工程等学科整体水平进入全国前 10%；9 个学科领域进入国际高水平学科 ESI 全球排名前 1%，其中，工程学、材料科学、化学、农业科学 4 个学科领域进入前 1%，入选数在全国高校中并列排名第 6 位，华南地区首位。

土木工程系是原华南工学院（1988 年更名为华南理工大学）成立之初的六个学系之一，已有 80 多年的办学历史，先后为国家培养了建筑工程、地下工程、道路与桥梁工程的设计、施工和管理等方面的高级技术人才 12000 余人，在全国尤其是在华南与港澳地区拥有较大影响，获得了良好的声誉。不少毕业生已成为政府主管部门领导、知名专家和学者，已培养中国科学院院士 1 人、中国工程院院士 1 人、结构设计大师 3 人。土木工程系现有专任教师 88 人，其中教授 29 人，副教授 45 人，讲师 14 人。博士生导师 21 人，硕士生导师 64 人。现有长江学者奖励计划特聘教授 1 人，国家杰出青年基金获得者 1 人，国家优秀青年基金获得者 1 人，国家“万人计划”科技创新领军人才 1 人，建设部有突出贡献中青年专家 1 人，2 人入选教育部“新世纪优秀人才”计划，广东省高等学校珠江学者特聘教授 1 人，广东省特支计划“杰出人才”1 人，广东省特支计划“科技创新青年拔尖人才”2 人，“广东特支计划”教学名师 1 名、省级教学名师 3 人，广东省南粤优秀教师 2 人，校级教学名师 5 人。此外，还有多名名誉教授、兼职教授和顾问教授。

土木工程系具备一流的科学研究基地，与建筑学共建的亚热带建筑科学国家重点实验室是全国高等学校建筑领域唯一的国家重点实验室。其中的结构耐火实验室，是我国华南地区高校唯一的结构耐火实验研究基地；实验室通过国家计量认证（CMA），实验条件达到国内先进水平。近年来的主要研究方向包括：（1）工程结构灾变机理与规律研究；（2）工程结构抗灾设计理论与方法研究；（3）工程结构全寿命监控理论与方法研究；（4）复杂岩土工程问题机理与设计理论研究。

（5）道路工程材料和路面结构设计与施工质量控制的理论和方法研究（6）道路计算机辅助工程与设计研究。近五年共发表三大索引论文 600 余篇，获国家科技进步二等奖 1 项，省部级科学技术一等奖 2 项、二等奖 12 项、三等奖 17 项；获

国家发明专利 27 项、实用新型专利 25 项。部分研究成果应用于多部国家和地方标准的编制或修订，直接服务于多个重点重大工程项目建设，为社会发展和国民经济尤其是广东的社会和经济的发展做出了重要贡献。

广东省交通运输建设工程质量检测中心广东省交通运输建设工程质量检测中心成立于 2001 年，为广东省交通运输厅直属的公益性三类事业单位。主要职责有：负责全省交通建设工程质量强制性检验及建设单位委托的试验检测工作；负责全省交通建设工程事故调查、质量仲裁、鉴定的试验检测工作；负责全省交通建设工程质量交竣工验收的试验检测工作；参与全省交通建设工程新结构、新技术、新产品科技成果鉴定的检测工作；承担相关试验检测技术的开发工作。

我中心前身为广东省交通科学研究所材料试验站，成立于 1960 年，为我省最早从事交通行业建设工程试验检测研究的单位，尤其是在桥梁结构荷载试验方面积累了丰富的经验。我中心现有科研、生产技术人员 57 人，研究生以上学历有 20 人，近年主要从事我省高速公路建设工程的试验检测及研究工作，完成典型的业绩有历年高速公路通车项目的竣工验收检测以及特大桥梁结构的荷载试验，如江顺大桥、港珠澳大桥、南沙大桥等。完成及正在进行的课题研究工作有：

1. 2008 年与上海拓东软件有限公司联合开发完成《试验检测信息化管理系统软件[简称:Tlims]3.3V》，计算机软件著作权登记证书编号：软著登字第 0144709 号；

2. 2018 年与河海大学、佛山市公路桥梁工程监测站合作完成《广东地区桩土复合路基质量检测地方指南研究》课题，立项编号：科技-2013-02-003。完成成果有《桩土复合路基质量检测关键技术及应用》；

3. 正在进行的研究课题有：《公路工程预应力混凝土预制梁静载试验方法及评定标准》项目编号：标准研-2017-001；《公路隧道结构耐火技术规范》项目编号：标准研-2017-002。

东南大学是一所以工科为主要特色的综合性、研究型大学，涵盖哲学、经济学、法学、教育学、文学、理学、工学、医学、管理学、艺术学等多个学科。学校 11 个学科入选国家“双一流”建设学科名单、5 个学科在第四轮学科评估

中获得 A+，两者均列全国第八位；11 个学科进入 ESI 世界前 1%，其中工程学列 25 位、计算机科学列 22 位，这两个学科均进入 ESI 世界前 1%。学校共有 3 个国家重点实验室，4 个国家工程研究中心，2 个国家工程技术研究中心，1 个国家专业实验室，11 个教育部重点实验室，6 个教育部工程研究中心，30 个博士后科研流动站，以及 2 个江苏省重点高端智库。

土木工程学院（School of Civil Engineering, SEU）前身为创立于 1923 年的土木工程系。1997 年在原土木工程系、交通学院的环境工程系和原数学力学系的力学教研室基础上成立土木工程学院。学院设 5 个系和 1 个实验中心，4 个本科专业，有 3 个一级学科博士后流动站、2 个一级学科博士点、12 个二级学科博士点、10 个二级学科硕士点、2 个一级学科硕士点、3 个工程硕士点，国家重点学科 1 个；有教职工 149 人。2018 年 12 月 10 日，荣获首批全国党建工作标杆院系培育创建单位。

学院获国家科技奖 10 项，其中，主持项目获国家科技进步一等奖 1 项、国家技术发明奖 1 项、国家科技进步二等奖 3 项。

七 起草人员信息

序号	姓名	单位	职务/职称
1	许肇峰	广东华路交通科技有限公司 /广东交科检测有限公司	总工/高级工程师
2	吴益林	广东华路交通科技有限公司	副总经理/高级工程师
3	陈映贞	广东交科检测有限公司	高级工程师
4	吴波	华南理工大学土木与交通学院	院长/教授
5	刘仕顺	广东交科检测有限公司	副总经理/高级工程师
6	张建	东南大学土木工程学院	副院长/教授
7	王勇平	广东交科检测有限公司	经理/高级工程师
8	郭明泉	广东省交通运输建设工程质量检测中心	副主任/副高
9	熊炎	华南理工大学土木与交通学院	副教授
10	罗秀锋	广东省交通运输建设工程质量检测中心	技术负责人/副高

八 工作分工

序号	单位	分工
1	广东华路交通科技有限公司	统筹安排编制工作
2	广交科检测有限公司	负责标准各章节内容的制定
3	广东交通运输工程质量检测中心	参与标准 6、7 章内容制定
4	华南理工大学	参与标准第 8 章内容制定
5	东南大学	标准校核工作

九 时间进度

序号	阶段	进度安排	月数
1	大纲（发布立项通知—大纲评审会）	2019年9月~2020年5月	9
2	征求意见（大纲审查会—征求意见稿）	2020年6月~2020年7月	2
3	审查（征求意见稿—送审稿审查会）	2020年8月~2020年12月	5
4	总校（送审稿审查会—总校会议）	2021年1月~2021年2月	2
5	报批（总校会议—申请报批）	2021年3月	1