

停工复建高速公路建设 项目质量评定

刘敦文 方文富 唐宇 王培森 著



科学出版社

停工复建高速公路建设 项目质量评定

刘敦文 方文富 著
唐 宇 王培森

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书针对停工复建高速公路建设项目的特点和难点问题,围绕停工复建高速公路建设项目工程质量评定这一关键核心,系统地阐述了停工复建高速公路建设项目质量评定理论方法及评价体系,详细地介绍了停工复建高速公路的路、桥、涵、隧工程质量评价模型的构建及其等级评定,以及停工复建高速公路路基质量安全管理系统的开发等具体实施过程和相关研究成果。全书依托具体工程,对停工复建高速公路建设项目质量评定理论、方法和相关技术问题进行了全面剖析,对实际工程具有一定的参考价值。

本书可供从事高速公路设计、施工、检测、养护和建设管理的科技人员使用,也可作为高等院校土木工程专业师生及科研院所科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

停工复建高速公路建设项目质量评定/刘敦文等著. —北京:科学出版社, 2016

ISBN 978-7-03-048429-1

I. ①停… II. ①刘… III. ①高速公路-工程质量-质量管理
IV. ①U415.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 119714 号

责任编辑:杨向萍 张晓娟 / 责任校对:郭瑞芝
责任印制:张 伟 / 封面设计:左 讯

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 7 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2016 年 7 月第一次印刷 印张:15 1/2

字数:300 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

1988年,沪嘉高速公路的建成通车实现了我国大陆高速公路零的突破,到2015年年底,高速公路通车总里程有望达到12.3万公里,已大大超过美国跃居世界第一。

高速公路因占地多、投资大、工期长等特点,其发展离不开整个世界和本国的经济形势、投融资模式及政策的扶持,中间任何一个环节出现问题必然会影响高速公路项目的建设。在我国,由于建设资金断链、建设手续不完善、国家宏观调控需要、政策性限制或其他因素,存在一些工程建设中途停工、若干年后重新复工建设的现象。据不完全统计,自从我国拥有第一条高速公路以来,由于公路建设资金、土地使用、技术事故等原因,我国高速公路停工复建的工程多达数十项,仅近几年来,我国停工复建的高速公路工程项目就有十多项。由于停工时间长、停工期间既有结构未进行合理的保护、既有结构质量评价难度大、修复再建工程量太大,高速公路复建成为一项十分棘手的工程难题。

目前,我国关于停工复建公路建设项目质量检测评估技术方面的研究很少,针对高速公路建设项目的就更少。我国公路复工项目施工所执行的技术规范、条款、方法等还很不完善,基本上是借鉴新建工程和既有工程加固改造方面取得的研究成果和工程经验。在施工过程中,现有的技术和管理存在一定的片面性和主观性。而停工复建高速公路建设项目既不同于新建项目,又有别于改建项目和既有工程加固项目,它是新建项目经长时间停工后又重新在既有工程的基础上继续建设的项目,其本身具有一定的特殊性。复建前,其病害和缺陷与正常施工工程病害相比,无论是种类还是影响程度,都具有一定的特殊性和差异性。

鉴于目前缺乏针对停工复建高速公路建设项目质量评定理论与技术研究成果,如果在施工中照搬工程加固改造或维修养护方面的技术规范、标准和工程经验,那么在复工高速公路建设中很难合理地控制成本和有效地防范质量安全风险,从而造成复工高速公路施工建设过程中,要么因过度注重防范质量安全风险而使工程建设成本过高、进度过慢,要么因控制工程建设成本和工程进度而使施工质量安全风险增大。因此,如何有效地控制工程成本、进度和防范工程质量风险,对建设者和相关科研工作者均提出了新的挑战。

本书围绕“停工复建高速公路建设项目质量评定”一系列关键技术问题,结合萍洪高速公路工程实际,采用原有技术资料分析、现场调研、理论分析、专家咨询等相结合的方法开展研究,完成了停工复建高速公路的路、桥、涵、隧工程质量评

定理论方法及其应用研究,最终形成此书,希望能供国内外同行参考。

全书共5章,第1章全面阐述本书研究内容的现状和当前存在的主要问题;第2章采用现场调研、理论分析和专家咨询等研究手段,深入研究停工复建高速公路桥涵既有结构的质量检测方法、质量评价指标体系、质量评价等级分类标准以及质量评价方法等;第3章通过查阅文献资料、现场调研、咨询业内专家和理论分析等方法,深入研究停工复建高速公路路基质量评定及边坡稳定性问题;第4章结合停工复建隧道工程特点及工程实际情况,分析总结隧道工程复建前质量病害和影响因素,建立长时停工复建隧道老旧支护质量评价体系,给出各指标的单因素等级划分标准,并采用云模型理论和模糊数学理论,对长时停工隧道复建前老旧支护质量进行评价;第5章研究停工复建高速公路项目质量管理信息系统,并以路基质量评价信息管理系统为例,实现停工复建高速公路项目质量信息动态管理,做到工程质量评、管相结合。

在本书的出版过程中,得到了中交第一公路工程局有限公司、中交第一公路工程局第二工程有限公司、中南大学“创新驱动计划”项目(编号:2015CX005)的资助,并得到江西省高速公路投资集团萍乡—洪口界高速公路建设项目办公室、江西省交通设计院、江苏省交通科学研究院、江西交通咨询公司等单位的协助,感谢以上单位及相关技术、管理人员对研究工作的大力支持。同时,还要感谢参与本书撰写的中南大学博士及硕士研究生(特别是冯宝俊硕士和吴肖坤硕士)所做的大量相关工作。

由于作者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

刘敦文

2015年12月于长沙岳麓园

目 录

前言

第 1 章 总论	1
1.1 停工复建高速公路项目概述	1
1.1.1 停工复建高速公路项目特点	1
1.1.2 停工复建高速公路项目研究背景	3
1.1.3 停工复建及养护维修高速公路项目研究现状	6
1.1.4 停工复建高速公路项目研究意义	10
1.2 停工复建高速公路项目质量评价方法	11
1.2.1 一般评价方法	11
1.2.2 综合评价方法	14
1.3 本章小结	35
参考文献	36
第 2 章 停工复建高速公路桥涵既有结构质量评定	40
2.1 概述	40
2.2 停工复建高速公路桥梁既有结构病害和检测方法分析	43
2.2.1 桩基病害及检测方法分析	44
2.2.2 新旧结构结合部位	46
2.2.3 常规部位	47
2.3 停工复建高速公路桥涵既有结构质量评价指标体系构建	50
2.3.1 评价指标选择原则	50
2.3.2 评价指标体系构建方法	50
2.3.3 评价体系构建	52
2.4 停工复建高速公路桥涵既有结构质量评价指标等级分类标准	57
2.4.1 桥涵总体质量评价等级分类标准	57
2.4.2 底层指标评价等级分类标准	58
2.5 停工复建高速公路项目桥涵质量评价方法及应用	68
2.5.1 模糊综合评价法	69
2.5.2 突变级数综合评价法	73
2.5.3 评价方法的改进	76
2.5.4 实例分析	78

2.6 本章小结	107
参考文献	108
第3章 停工复建高速公路路基与边坡质量评定	112
3.1 停工复建高速公路路基与边坡质量评价指标体系构建	112
3.1.1 构建评价体系的意義与原则	113
3.1.2 评价体系建立	114
3.2 停工复建高速公路路基与边坡质量评价指标权重确定	119
3.2.1 层次分析与专家咨询法确定权重	119
3.2.2 基于熵值法的权重修订	122
3.2.3 熵值法权重的确定	122
3.3 评价数据标准化	125
3.4 评价等级分类标准	126
3.5 停工复建高速公路路基质量评价方法及应用	126
3.5.1 工程实例	126
3.5.2 灰色聚类评价	130
3.5.3 物元可拓模型评价	140
3.5.4 粒子群优化的支持向量机评价	146
3.6 停工复建高速公路边坡质量评价方法及应用	160
3.6.1 工程实例	160
3.6.2 构建单指标测度函数	161
3.6.3 计算多指标测度评价矩阵	162
3.6.4 置信度识别	162
3.6.5 评价结果分析	163
3.7 本章小结	163
参考文献	164
第4章 停工复建高速公路隧道质量评定	166
4.1 停工复建隧道既有结构质量评价指标体系研究	166
4.1.1 概述	166
4.1.2 已完成二衬部分指标选取	167
4.1.3 仅完成初衬部分指标的选取	172
4.1.4 公路隧道停工复建前质量状态评价指标体系	174
4.2 停工复建高速公路隧道质量评价指标等级分类标准	177
4.2.1 概述	177
4.2.2 已完成二衬部分指标等级划分	177
4.2.3 仅完成初衬部分指标等级划分	186

4.3 停工复建高速公路项目隧道质量评价方法及应用	189
4.3.1 工程概况	189
4.3.2 工程病害及缺陷参数	190
4.3.3 基于云模型的质量综合评价	191
4.3.4 基于模糊数学的综合评价	204
4.4 本章小结	209
参考文献	210
第5章 停工复建高速公路项目质量管理信息系统	211
5.1 管理信息系统简介	211
5.1.1 管理信息系统概念	211
5.1.2 管理信息系统功能	212
5.1.3 管理信息系统组成	212
5.2 停工复建高速公路项目质量管理信息系统开发环境	213
5.2.1 Visual Studio 2010	213
5.2.2 Visual Studio 数据库访问技术	215
5.2.3 Access 数据库	216
5.3 停工复建高速公路项目质量管理信息系统设计	217
5.3.1 系统建设目标和主要任务	217
5.3.2 系统需求分析	217
5.3.3 系统总体设计	218
5.4 停工复建高速公路项目质量管理信息系统开发应用	223
5.4.1 用户界面开发	223
5.4.2 路基基础信息模块开发	226
5.4.3 路基状态信息模块开发	229
5.4.4 路基病害信息模块开发	231
5.4.5 路基评价信息模块开发	232
5.4.6 线路维修养护模块开发	236
5.5 本章小结	237
参考文献	237

第 1 章 总 论

1.1 停工复建高速公路项目概述

高速公路是汽车运输发展到一定程度的必然产物,也是构筑交通现代化的重要标志。高速公路是专供汽车行驶的公路,与普通公路相比,各方面的技术标准都有很大的提高。我国的《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)将高速公路定义为:能适应年平均昼夜小客车交通量为 25000 辆以上、专供汽车分道高速行驶、并全部控制出入的公路。一般来讲,高速公路应符合下列 4 个条件。

- (1) 只供汽车高速行驶。
- (2) 设有多车道、中央分隔带,将往返交通完全隔开。
- (3) 设有立体交叉口。
- (4) 全线封闭,出入口控制,只准汽车在规定的一些立体交叉口进出公路。

为了更好地落实国家区域发展的宏观总体战略,我国加快了道路交通基础设施的建设进程。高速公路已成为交通体系中的重要组成部分,“十一五”期间我国高速公路已达 7.41 万 km,“十二五”期间,高速公路总里程目标达到 10.8 万 km,增长了 46%。到 2015 年年末,全国高速公路总里程跃增至 13.9 万 km。

为满足国家统筹发展的需要,实现西部大开发和东西部协调发展的战略,未来我国将会建设更多的高速公路。与此同时,也会发生更多的高速公路由于种种原因而停工的现象。资金投入不足将致使其“断炊”停建,此外,还可能遇到政策、社会等各方面的因素导致工程停工。

1.1.1 停工复建高速公路项目特点

作为一种特定的人工构造物,高速公路工程施工与工业生产相比,虽然同样是把一系列的资源投入产品(工程)的生产过程,其生产上的阶段性和连续性、组织上的专门化和协作化也与之基本相符,但是,高速公路施工与一般工业生产和其他土建工程施工(如房屋建筑等)仍有所不同,主要体现在以下几个方面。

(1) 高速公路工程属于线性工程。一般一条高速公路项目的建设路段少则几千米,多则数十千米、数百千米以上,路线跨越山川、河谷。路线所经路段难以完全避开不良地质地区,如滑坡、软基、冻土、深挖等路段;在地形复杂的地段,难以避免地要修建大桥、特大桥、隧道、挡墙等结构物。这就使得高速公路项目建设看

似简单,实际上却比一般土木工程项目复杂得多。由于高速公路线路所经路段地质特性的多变性,使得高速公路路基施工复杂、多变性凸现,结构物的施工也因地质条件的不确定性,经常导致设计变更、工期延长,使进度控制、质量控制、投资控制的难度大大增加。

(2) 高速公路工程项目构成复杂。公路工程项目的单位工程包括路基土石方工程、路面工程、桥梁工程、隧道工程、沿线设施及交通工程等。各单位工程中的作业内容差异很大,例如,桥梁工程,桥型不同,施工技术差异很大。这也决定了高速公路工程项目施工的技术复杂性和管理的综合性。

(3) 高速公路工程项目规模庞大,施工过程缓慢,工作面有限,决定了其较长的工期。高速公路的施工工期长,通常在 2~5 年,在工程建设中面临着更多的不确定因素,承担着更大的风险。

(4) 高速公路工程项目建设投资大。据测算,2000 年高速公路平均造价约 3200 万元/km,2004 年平均造价约 4200 万元/km,2014 年批复的四车道高速公路平均造价已达 7700 万元/km。工程建设需要的巨大资金是否及时到位,是保障工程能否按期完工的前提。资金投入对投资活动的成功与否关系重大,同时,在工程建设中要求有高质量的工程管理,以确保项目的工期、投资和质量目标的实现。

基于以上高速公路施工的特点,高速公路有可能会由于投入资金不足、建设用地使用权纠纷、突发性事故等造成停工。目前,我国经济建设高速发展阶段,必将有长时间停工的高速公路项目复工建设。停工复建高速公路项目特点如下。

(1) 停工复建高速公路建设项目既不同于新建项目,也有别于改建项目和既有工程加固项目,它是新建项目经长时间停工后又重新在既有工程的基础上继续建设的项目。由于既有的路基、隧道、桥涵结构都是半成品,复工项目停工时间较长,停工期间未对既有结构采取合理的保护措施,使既有结构长时间处于无人监管的停工状态,停工期间的人为破坏以及暴雨、风沙、日晒、冻融等自然因素的侵蚀破坏,使既有结构病害更为严重。同时,新旧结构结合部位混凝土及预留钢筋等材料长时间外露,在环境因素的作用下引起氯离子侵蚀、混凝土碳化、碱-骨料反应、冻融循环破坏等,导致其病害发展覆盖面广、种类多,使得停工高速公路复建困难重重。

(2) 项目停工导致施工工艺不满足规范要求。由于工程在施工期间突然停工,项目在退场时并没有合理的组织规划,部分构件在施工时的停工,导致构件未按照施工工艺或施工流程完成,例如,混凝土浇筑后模板没有在规定时间内拆除、浇筑后没有得到合理的养护等不利因素,均会导致特殊病害产生。

(3) 项目既有结构资料不全。由于复工项目停工时,设计、施工、检查验收等

资料并未按照规定的程序进行交接和保管,长时间的停工导致复工前既有结构资料缺失,给后期复工设计和质量评价带来较大的困难,同时也会导致无法准确地判断和评价隐蔽工程的病害。

(4) 项目复建施工过程中,各类结构物的病害或质量缺陷修复方案的制订也存在一系列重大技术难题。相关处治技术的可靠性评判尚无据可依,这也使得项目设计决策无法按常规工程项目建设开展。

总之,项目长时间的停工给高速公路既有结构带来了极大的危害,使得高速公路复工时面临既有结构缺乏有效保护、结构部件损毁失效、部分隐蔽工程质量无法考证、工程资料缺失等质量评价难度高、修复工程量大的技术难题,还会导致交通不便、多方财产损失、区域发展停滞等严重的社会问题。

1.1.2 停工复建高速公路项目研究背景

1. 高速公路的建设状况

高速公路起源于20世纪30年代初德国纳粹为战争修建的Autopath。当时,希特勒为了发动战争,以闪电战袭击周边国家,修建了多车道立体交叉的3900km的高速公路。在德军进攻法国时,法军统帅部低估了德军的进军速度,以为德军最快三日方可抵达,不料德军一天之内就赶到前线,并绕道至马其诺防线之后,法军顷刻瓦解^[1]。

第二次世界大战之后,以美国为首的发达国家,在20世纪50~70年代先后兴起了修建高速公路的热潮。据统计,到1992年年底,全世界高速公路通车里程达到17.1万km,其中美国高速公路最多,达到8.75万km,占世界高速公路总长的一半左右;加拿大位居第二,达到16600km。2003年年底,我国已建设高速公路30000多km,跃居世界第二位,截至2012年,高速公路里程已达9.62万km,位居世界第一。

高速公路所特有的功能,使公路运输发生了质的变化。与一般公路相比,高速公路具有以下优点。

1) 车速高、通行能力大

法国、瑞士、奥地利等交通条件好,行车便利,他们长期执行最高速度130km/h的规定,而德国还有不限速的高速公路,在这些国家行车可以放开手脚,尽情享受汽车驰骋的快捷;我国高速公路最高限速一般为120km/h,最高限速为120km/h的国家比较多,还有保加利亚、比利时、芬兰、卢森堡、西班牙、葡萄牙、南斯拉夫等;瑞典、捷克、波兰、英国等对车速限制趋于安全,选为110km/h;日本高速公路比一般道路的速度高62%~70%。速度是交通运输的一个重要因素,由于速度高,使得行驶时间缩短,从而带来巨大的社会效益和经济效益。

通行能力反映公路允许通过汽车数量的多少。据统计,一般双车道公路的通行能力为 5000~6000 辆/日,而一条四车道的高速公路通行能力为 25000~55000 辆/日,六车道和八车道可达 45000~100000 辆/日,可见其通行能力比一般公路高几倍甚至几十倍,基本上可以解决交通拥堵的问题。

2) 燃料消耗和运输成本大幅度降低

高速公路改善了行车条件,汽车效能可以充分发挥。同样的车辆条件,百吨千米的油耗和运输成本降低 25% 左右。车速和通行能力的提高,大大缩短了行程时间,油耗、轮耗、车耗、货耗等的减少及交通事故损失的减少,给交通运输带来了巨大的经济效益。

3) 旅客条件改善,交通事故减少

高速公路,由于没有其他运输工具的干扰,基本上按一定的速度行驶,不仅乘客感到舒适,而且交通事故也大幅度下降。据了解,高速公路与一般道路相比,交通事故美国减少 56%,英国减少 62%,日本减少 89%。我国的京石汽车专用公路的事故率下降 70%,时速提高 3 倍。

虽然我国的高速公路建设起步较晚,1988 年建成的第一条沪嘉高速公路比世界上第一条(德国建成的)高速公路落后了 56 年时间,但是我国的高速公路发展十分迅速。至 20 世纪 80 年代末期,已相继建成了沪嘉、沈大、莘松、广佛等高速公路。进入 90 年代后,京津塘、合宁、京石、济青、广深、沪宁等高速公路又相继建成通车。随着党中央、国务院做出的加快交通基础设施建设决策的实施,我国高速公路建设进入了一个史无前例的大发展时期。“十一五”末,实际里程值超出规划的目标值 9108km,全国公路里程为 32.86 万 km,形成了“五纵七横”联通 12 条国道主干线、11 个省份的高速公路网络覆盖的局势。现已形成规划布局的有 7 条放射线、9 条南北纵向线、18 条东西横向线、5 条地区环线、19 条横向联络线、17 条纵向联络线组成的中国国家高速公路网络。

从 2011 年 4 月交通运输部发布的《交通运输“十二五”发展规划》中得知,到 2015 年年末,全国公路总里程将达到 450 万 km,高速公路网络基本完成,高速公路总里程跃增至 13.9 万 km。据调研数据显示,2002~2015 年的 14 年间,我国高速公路里程增长情况见表 1-1,发展情况如图 1-1 所示。

表 1-1 2002~2015 年我国高速公路里程

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
总里程/万 km	2.51	2.97	3.43	4.10	4.53	5.39	6.03
增加里程/万 km	—	0.46	0.46	0.67	0.43	0.86	0.64
年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
总里程/万 km	6.51	7.41	8.49	9.62	10.64	11.87	13.9
增加里程/万 km	0.48	0.90	1.08	1.13	1.02	1.23	2.03

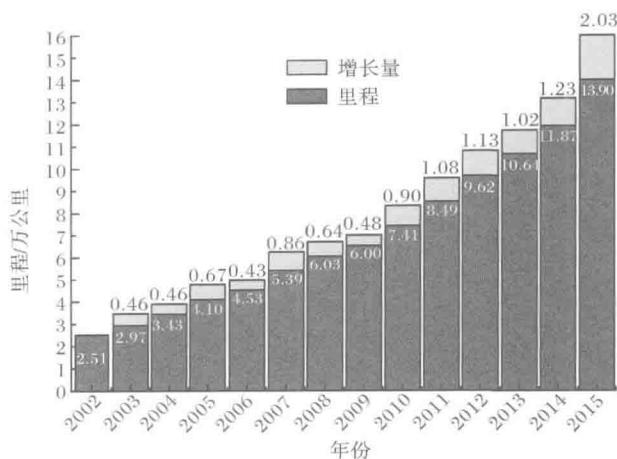


图 1-1 2002~2015 年我国高速公路里程发展图

2. 停工复建高速公路项目概况

由《2016~2020 年中国高速公路行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》可知,我国高速公路行业的发展经历了三个阶段,分别是:高速发展期(1990~2005 年)、成熟完善期(2005~2010 年)、拓展维护期(2010 年至今)。我国的高速公路分布也呈现出由东向西公路网络覆盖逐渐稀疏的地理区域差异。日益增长的交通需求和逐渐损毁的现有公路系统,迫使我国高速公路网络依然朝着密集化的方向发展,因此我国高速公路路网密度将继续增加。

我国高速公路的发展用了 20 多年的时间取得了大多数国家用 60~70 年才能取得的成就,其快速发展对国家均衡发展、市场经济的建立、提高物流速度和提高人民生活水平都有重要作用。但是,高速公路自身存在占地多、投资大、工期长等缺点,其发展离不开整个世界和国家的经济形势、我国的投融资模式及政策的扶持,中间任何一个环节出现问题必然会影响高速公路项目的建设。在我国,高速公路建设工程因资金筹措不到位,导致资金链断裂以及用地等各种原因造成停工的案例已屡见不鲜。

虽然高速公路建设成就不断刷新,技术领域的研究成果不断涌现,有效促进了行业发展,但高速公路建设投资规模巨大,资金投入不足将会致使其“断炊”停建。据不完全统计显示,自从我国拥有第一条高速公路以来,由于公路建设资金、土地使用、技术事故等原因造成高速公路停工复建的工程多达数十项,停工时间长达 6、7 年。其中,部分高速公路由于资金问题停建,部分由于技术问题造成已

建好的公路损坏不能使用,部分由于土地权限问题造成停工。因为停工时间长、停工期间既有结构未进行合理的保护、既有结构质量评价难度大、修复再建工程量较大等,导致高速公路复建成为一项棘手的工程问题。据不完全统计,近年来我国复工高速公路工程项目就有十多个,见表 1-2。

表 1-2 我国复建高速公路统计表

公路 名称	长度 /km	开工 日期	停工 日期	复工 日期	竣工 日期	停工时长/年
铜南宣高速公路	83.86	2005	2008	2013	2015	5
潮揭高速公路	29.35	2002	2004	2010	2013	6
谷竹高速公路	229.46	2009	2011	2012	2014	1
砺孝高速公路	34.51	2009	2009	2013	2016	3
萍洪高速公路	33.80	2006	2007	2013	2014	6
通化至梅河口高速公路	98.10	2012	2012	2014	2015	1
成安渝高速公路	253.00	2009	2014	2015	2016	1
周集至六安高速公路	91.45	2003	2006	2009	2012	3

从表 1-2 可以看出,我国在建高速公路由于资金问题、土地权限、技术问题等原因造成停工的情况一直伴随着高速公路修建而存在,从开始动工到竣工通车,有的经历长达 6~7 年的停工,有的经过修修停停,有的在多方督促下复工,中途再次停工;从里程分布来看,中长里程的高速公路发生停工复建居多。高速公路停工复建给工程参与方带来了极大的经济利益损失,也阻碍了所连接城市的发展。

1.1.3 停工复建及养护维修高速公路项目研究现状

1. 停工复建高速公路项目研究现状

停工复建高速公路建设项目既不同于新建项目,也有别于改建项目和既有工程加固项目,它是新建项目经长时间停工后又重新在既有工程的基础上继续建设的项目。其本身具有一定的特殊性,复建前,其病害与缺陷同正常施工工程病害相比,无论是种类上还是影响程度上,都具有一定的特殊性和差异性。

高速公路建设项目主要包括三大板块:公路路基、隧道以及桥梁。停工复建高速公路工程毕竟是由少数特殊的偶发意外导致的,所以目前对其研究较少,主要取得了以下成果。

2001 年,海南省公路勘察设计院陈文文^[2]针对海文高速公路复工项目对停工待建公路续建设计原则和程序进行了分析,提出复工设计应尽可能利用既有结构

并与工程所在地的社会经济发展相适应的原则和若干续建设计对策。

随着高速公路复工项目的推进,又有安徽省交通规划设计研究院的部分学者和工程师针对安徽省某高速公路复工续建的桥梁结构进行了研究,其中梁长海^[3]对复工续建高速公路桥梁桩基和支座等结构缺陷以及钢筋遗失所引发的特殊病害进行了分析和总结,并针对这些缺陷和病害分别从其产生原因、危害性、处理原则和处理方案四个方面进行了分析且取得了较好的效果。

张军和方圆^[4]对复工续建高速公路桥梁结构的研究主要以分析特殊病害为主,主要针对复工项目钢筋遗失部位、新旧混凝土结合部位以及表观缺损较严重部位等特殊情况,提出了详细的病害处理措施。

陈中月和黄森^[5]将复建工程桥梁特殊病害的问题划分至材料劣化和表观缺损等方面进行研究,针对钢材锈蚀、钢筋缺失、混凝土劣化和裂缝等病害及缺陷进行了分析并提出了相应的处理措施。

2. 养护维修高速公路项目研究现状

1) 国外发展研究现状

目前,国内外针对长时停工高速公路路基、隧道和桥梁续建的相关研究主要集中在扩建及旧结构养护维修、重建等方面。停工复建高速公路项目虽不同于新建高速公路项目,但与养护维修高速公路极为相似。20世纪60年代中期,美国AASHTO基于近10年的试验跟踪观测结果提出了路面服务性能指数(present serviceability index, PSI)模型,是世界上最早的路面使用性能评价模型,该模型对其后路面养护维修技术及路面管理系统的发展产生了深刻的影响。加拿大直接把PSI模型改为舒适性指数(riding comfort index, RCI)模型,并于1972年建立了RCI与路面平整度的关系。日本道路协会则模仿AASHTO的PSI模型的形式,在1978年建立了日本PSI模型。同时,日本在对路面使用性能评价模型不断研究下,饭岛等通过3年对138个路段进行跟踪观测取得1808组数据,在1981年提出了养护管理指数(maintenance control index, MCI)模型,该模型是针对道路管理者提出的。为了补偿MCI模型不能反映道路使用者对路面使用性能评价,桥本等在1986年提出了简化的线性RCI模型^[6]。

自20世纪70年代末期开始,早期修建的高速公路沥青路面临近使用中期,维修、罩面工程逐年增多,为了对高速公路开展科学的养护维修管理,美国德克萨斯大学Hundson等运用运筹学和系统工程学理论开发了“路面养护管理系统”(pavement management system, PMS)。随后美国和加拿大的许多州和省相继建立并实施网级路面管理系统,到20世纪80年代中期,约有35个州和省已经建成或基本建成路面管理系统^[7]。

至20世纪80年代末,不断完善PMS系统已被高速公路管理部门采纳作

为政府决策确定养护对策的必备程序,同时还产生了许多以 PMS 为经营主体的科技公司,协助政府或工程企业完成路面养护管理和决策工作。

由美国陆军建筑工程研究所开发的 PAVER 系统,该系统根据路面状况信息进行路况评价和预测,在该系统中首次提出用扣分法来建立路面破损评价模型,该方法能够精确地计算和折算由多种损坏所导致的路面总体损害程度^[8]。

美国加利福尼亚大学的 Prozzi^[9]提出了将现场测试数据和试验数据相结合用于分析评价路面性能的方法;佛罗里达国际大学的 Nunoo^[10]在同年针对网级路面管理养护问题,提出采用复合综合评价算法,进行多年集成路面养护计划的优化。

除了管理技术之外,高速公路路面养护技术、养护材料与养护机械也逐步开发完善,形成成套的技术,如局部修补技术、罩面技术、稀浆封层技术、恢复抗滑能力技术、沥青再生技术等。因此,在发达国家,由于有完善的管理系统和成套的养护维修技术,高速公路虽然使用年限很长,但是路面使用品质始终保持在良好的状态。

2) 国内发展研究现状

我国高速公路建设起步晚,至 20 世纪 80 年代后期通车里程开始逐年增加。从全国而言,目前仍处于以基础设施建设为主的高速公路发展阶段,路面使用年限不长,因此使用品质衰减问题对大部分省、区、市还不明显。但也有部分建设高速公路起步较早的省、区、市,高速公路使用年限已接近或超过 10 年,使用品质衰减较为明显。因此,高速公路路面维修养护已提上日程。

“七五”末期,交通部公路科学研究所依据我国沥青路面实际状况,在参照国外模型的基础上,确定了沥青路面使用性能评价方法,依托河北和浙江试验路,建立了一般公路路面使用性能评价模型。在对路面使用性能进行评价时,由于路面结构不同、环境因素多样性、评价指标复杂性及影响因素的不确定性等,直接建立路面使用性能的综合指标评价模型较困难。因此,在我国现行公路技术状况评定标准中,对沥青路面使用性能进行评价时,采取先单项指标(PCI、RQI、RDI、SRI、PSSI)评价,再基于单项指标进行综合指标(pavement quality index, PQI)评价的方式。另外,国内在对路面使用性能综合评价研究还存在多种方法,较为常用的有加权几何平均值法计算路面使用性能综合评价值^[11]、基于相对优劣关系综合比较准则的层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)^[12]、灰色聚类方法^[13]、集对分析理论(set pair analysis, SPA)^[14]及人工神经网络综合评价方法^[15]等。

邱兆文等^[16]构建了高速公路养护维修率的指标体系,结合调研数据特点,提出养护维修率的定量预测方法及 6 个计算变量,建立了基于综合路况的公路公里养护维修费用计算模型,并提出模型中的关键参数基准值和权重系数的确定方法。实例验证结果表明,本研究方法可为养护经费的合理分配提供决策依据。

牛永亮和邱兆文^[17]分析了公路养护工程量预测模型的研究现状,提出了应用

多元线性回归和多元模糊回归算法的高速公路路面小修工程量预测方法;应用分析得到6个计算变量和有效统计数据,建立路面养护小修(坑槽、裂缝)工程量预测模型,并进行实例测算比较。测算结果表明,所建立的预测模型具有一定的实用性。

李坚强^[18]针对养护维修工程量急剧增加,如何更好地利用有限的资金保障高速公路安全、畅通的运行,依据河南省主要高速公路养护维修调查数据,建立河南省高速公路养护维修率预测模型,开发了“基于GIS的河南省高速公路养护维修率预测系统”,为公路工程养护管理的规划、设计、预算提供了快速准确、直观可视、图文并茂的信息管理系统。软件系统的开发以mapinfo地理信息系统软件为应用平台,详细阐述了GIS的实现流程,包括数据采集、数据分析等。在软件需求说明和程序模块结构设计的基础上,利用VB编程语言基于OLE自动化技术对mapinfo进行二次开发,实现了access数据与mapinfo数据的连接,可方便对地图及属性数据进行更新维护和查询分析。最后通过系统对河南省2008年养护维修率的预测和分析,验证了GIS应用于河南省高速公路养护维修率预测系统中的可行性。

刘海京^[19]从隧道衬砌支护结构的承载机理入手,根据病害和缺陷的几何特征和力学性质对其进行分类,利用结构-荷载的方法建立了一些典型病害的力学简化模型,通过编写计算机程序,在计算机上实现了病害和缺陷结构承载情况的变化规律。通过建立地层-结构的计算模型以弥补结构-荷载模型的不足,并通过修正计算模型、参数的选取方式来考虑材料裂化引起的承载机理的变化,研究衬砌病害和缺陷参数对结构的影响规律。通过与宏观强度理论的耦合应用,研究了几种类型裂纹的产生机理和模式,提出了相应的裂纹断裂判据,深入地分析了衬砌裂缝的影响。

近年来,我国各省、区、市相关科研单位及高校开展了大量关于路面管理系统的研究工作,并在基于不同数学理论的路面使用性能预测模型的研究上取得了一定的成果。北京市和广东省根据干线公路沥青路面积累的路况资料,依据回归分析理论建立了PCI和RQI的预估模型。江西省依据6年的路况观测资料,运用确定型模型建立了网级路面使用性能预测模型。同济大学孙立军和刘喜平^[20]依据路面长期跟踪观测结果,同时考虑环境因素对路面使用性能的影响建立了路面使用性能PCI及RQI的衰变方程。长安大学蒋红妍和戴经梁^[21]对路面性能指标——破损率,建立集对分析聚类预测模型,该模型主要考虑了交通量、温度及湿度三个影响因素。另外,较为常用的路面使用性能预测模型理论还有人工神经网络理论、灰色聚类理论、马尔可夫预测理论及物元法理论等。

在高速公路养护管理方面,孙河山^[22]通过对高速公路养护管理特点的分析,指出现阶段我国高速公路养护管理存在的问题,并借鉴发达国家在公路养护管理