

文章编号: 0451-0712(2006)08-0185-07

中图分类号: U418

文献标识码: B

基于CPMS技术的公路预防性 养护规划与计划

朱定勤¹, 梁平安¹, 潘玉利²

(1. 浙江省公路管理局 杭州市 310009; 2. 交通部公路科学研究院 北京市 100088)

摘 要: 结合浙江省公路养护规划与计划实例,介绍了高速公路养护管理系统与国道干线公路路面管理系统(CPMS)的主要功能和作用,提出了基于CPMS技术的公路预防性养护规划和年度养护计划的编制方法。文章讨论的主要内容包括路况快速检测方法及装备、路面损坏图像自动处理、模型参数的取值与标定、养护规划的主要内容和年度养护需求与养护计划。

关键词: CPMS; 公路预防性养护; 养护需求; 规划; 计划

随着国道干线公路交通流量的快速增长,浙江省公路养护管理部门承受了越来越大的公路养护与管理工作的压力。一方面是公路路面加速损坏,公路养护需求不断扩大;另一方面是道路用户对公路路面服务水平要求的提高和对减少公路养护工程诱发交通拥挤的期望。多年的实践经验表明,类似复杂问题无法通过传统的公路养护管理方法和手段解决。上述问题的核心是如何保持路面使用性能,延长大中修养护周期,减少养护占道时间。在现有的工程技术和材料性能条件下,要解决这些问题,需要以预防性养护为指导思想,科学分析每一段路面的使用性能变化趋势,抓住关键养护时机,在路面快速损坏之前实施以恢复路面性能和节约路面养护费用为目的的预防性养护。

由交通部公路科学研究院研究开发的CPMS^[1]系列技术,为科学养护分析和预防性养护提供了方法、装备和手段。CPMS包括路况快速检测方法、路况快速检测装备、评价标准和大型公路养护分析软件。CPMS最主要的作用是科学编制预防性养护规划和年度养护需求与养护计划。

1 路况快速检测装备

由于缺少快速、准确的检测技术及检测装备,我国公路管理部门无法及时、客观地掌握作为公路养护分

析重要依据之一的路面损坏数据(裂缝、车辙等)。为了客观、准确地了解路面损坏变化情况,在编制2006年公路养护规划和计划时,浙江省采用了先进的路况快速检测系统(CiCS)。路况快速检测系统是公路养护管理领域一个高难度、包含大量高新技术的前沿科技成果。由交通部公路科学研究院开发的CiCS,其主要目的是替代我国传统的路况人工目测和手工丈量手段,提高路况检测效率、数据检测精度和检测过程中的安全性,减少封闭交通对公路运营的影响。

CiCS(见图1、图2)主要技术指标如下。



图1 路况快速检测系统(CiCS)

(1)路面损坏:分辨率小于1 mm(2048 to 4096 pixels/ 2 to 4 meters),检测速度为0~100 km/h,数

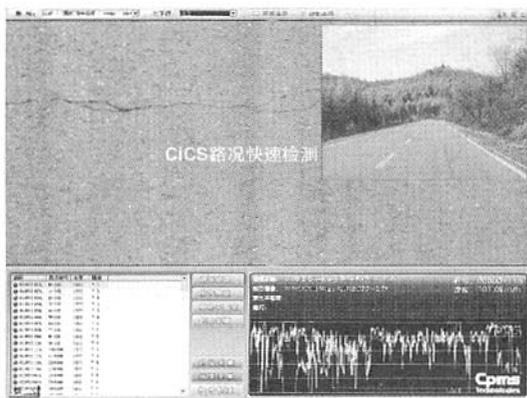


图 2 CiCS 路况数据采集

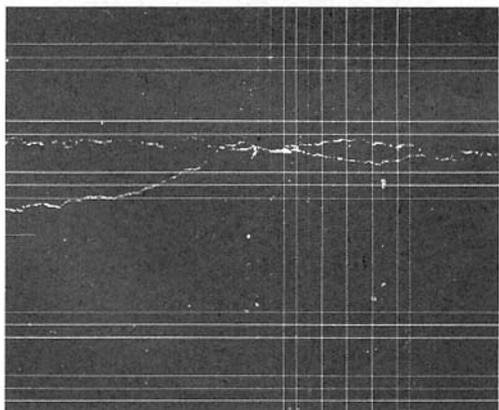
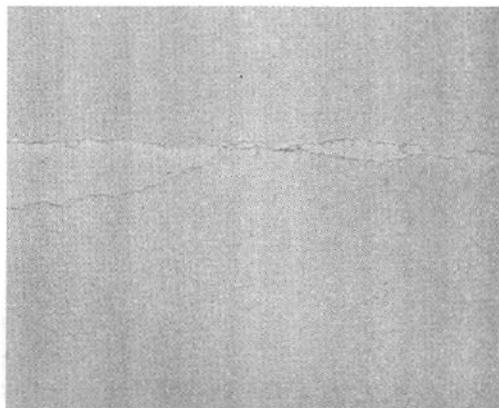


图 3 检测路面损坏图像和识别结果

据处理方式可为再线或离线。

(2) 前方图像: 图像质量为 $1\ 600 \times 1\ 200$ pixels, 检测频率最高 $100\ f/km$ 。

(3) 道路平整度: 采用激光断面仪 (Laser Profiler), 检测单位为国际平整度指数 (IRI)。

2 路况检测与数据处理

利用上述路况快速检测系统 (CiCS), 对浙江省杭州地区的杭州绕城高速公路 (S003)、萧山机场专用路 (G000)、国道杭州段 (G320) 水泥路面、国道杭州段 (G104)、省道彭安线 (S201) 和省道牧松线 (S206) 等国省道干线公路进行了路况快速检测。检测路面损坏图像 (图 3) 通过路面损坏自动识别系统软件 (CiAS) 进行自动分析处理 (图 3), 根据识别结果确定每一路段的路面破损率 (或水泥路面坏板率)。

图 4 为杭州绕城高速公路 (S003) 路况沿线分布图。绕城高速公路 (S003) 平均路面破损率为 0.08% , 最大路面破损率为 1.18% 。

图 5 为 G320 国道路况沿线分布图。G320 国道杭州段的检测长度为双向 $315.2\ km$, 包含水泥混凝土和沥青混凝土两种路面。水泥混凝土路面为双向 $239.2\ km$, 平均路面坏板率为 4.22% (上行) 和 5.17% (下行); 最大路面坏板率为 21.55% (上行) 和 18.48% (下行)。

3 基于 CPMS 的养护分析

为了规范公路养护管理, 提高养护工程质量和养护管理水平, 降低养护成本, 确保高速公路畅通、快速、安全和舒适的营运效能, 逐步实现高速公路养护管理的现代化、科学化和规范化, 交通部公路科学

研究院, 根据全国公路养护管理状况和发展趋势, 研究开发了 CPMS 成套技术。CPMS 包含高速公路^[3]和普通公路二种版本, 基本配置 (表 1) 包括公路数据库、公路模型数据库、路面管理系统、日常养护管理系统、养护质量评定系统^[2]、地理信息 (景观图像) 管理系统和养护报告制作系统。

CPMS 在公路管理中的主要作用 (图 6) 包括: (1) 路况快速检测与数据管理; (2) 养护技术状况评定与养护分析; (3) 中长期养护规划科学编制; (4) 年度养护需求和养护计划制订; (5) 日常养护管理; (6) 养护计划执行情况绩效考核。

CPMS 养护分析需要各种模型和参数, 如评价方法与评价模型、评价标准、预测方法与预测模型、分析方法与优化决策模型、道路寿命周期费用分析方法、经济评价方法与评价指标、速度预测与速度模型、车辆运营费用 (油耗、轮耗、配件损耗)^[4]、时间价值与时间费用模型^[5] 及事故损失与事故模型。应用 CPMS 的关键是上述模型的标定和参数取值。浙江省在实施 CPMS 养护分析时, 对各种模型, 尤其是费用和预测模型进行了标定, 确定了适合浙江公路养护管理状况的模型参数 (见图 7)。

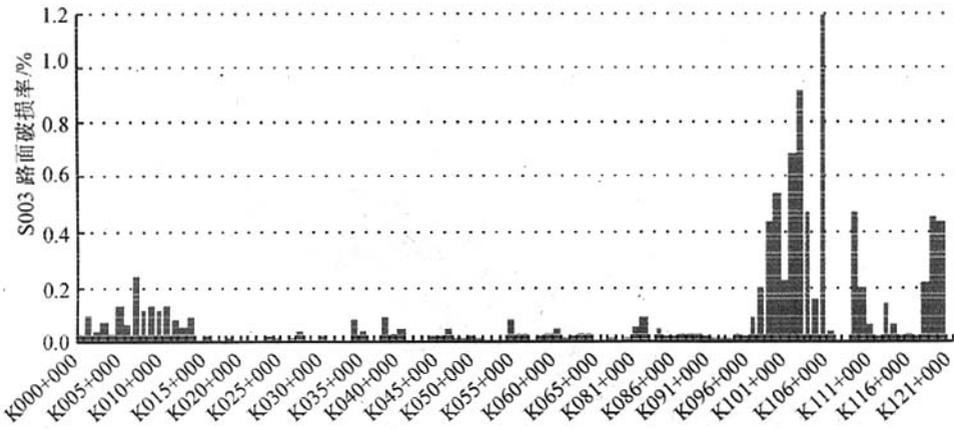


图4 绕城高速公路(S003)损坏分布

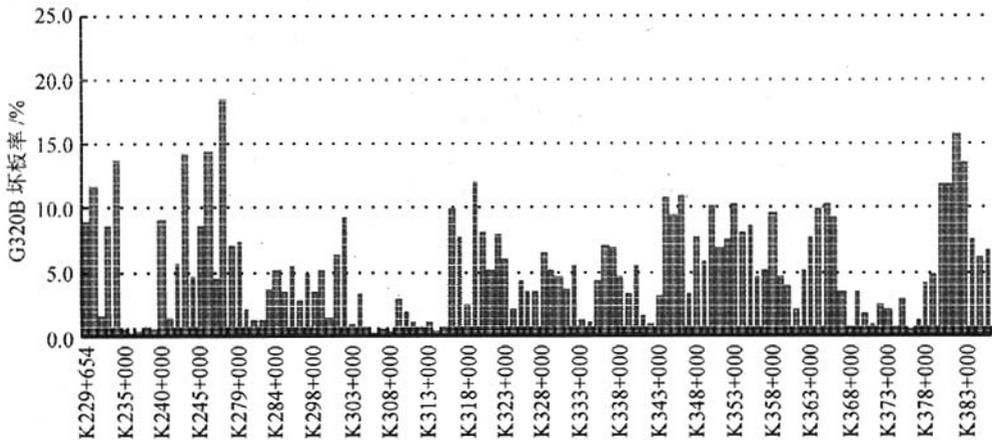


图5 G320国道杭州段水泥混凝土路面损坏分布(下行)

表1 CPMS系统基本组成

编号	分类	内容和组成		备注
1	数据采集	CiCS ViewCS	路况快速检测系统	路面损坏、道路平整度、前方景观图像
2	数据管理	DataInfo	高速公路数据库	路线、路基、路面、桥涵构造物、沿线设施、绿化、沿线用地
3	模型管理	ModelBank	公路模型数据库	决策、预测参数
4	路线管理	RSD	路线评价系统	档案数据、线形分析
5	路面管理	Network	路面管理系统	路面状况评价、养护需求分析、预算需求分析、费用优化分配、养护工程计划
6	桥梁管理	BES	桥梁评价系统	技术等级评定、养护需求分析、预算需求分析、养护工程计划
7	日常管理	路面	RoMS 路基、路面、桥涵构造物、设施 日常养护(专家)系统	路面、路基边坡、桥涵构造物、沿线设施、绿化的日常养护的日常养护计划安排和项目管理
		路基		
		桥涵		
		设施		
		绿化		
8	养护计划	MR	养护计划编制系统	现状、需求、预算、计划
9	工程管理	MPC	养护工程管理系统	养护工程项目管理
10	质量评定	MQI	养护质量评定系统	经常性的养护质量评定和考核
11	景观图像	RDView	前方图像管理系统	前方景观
12	分析平台	CMAP	高速公路养护分析平台	养护分析、查询和报表

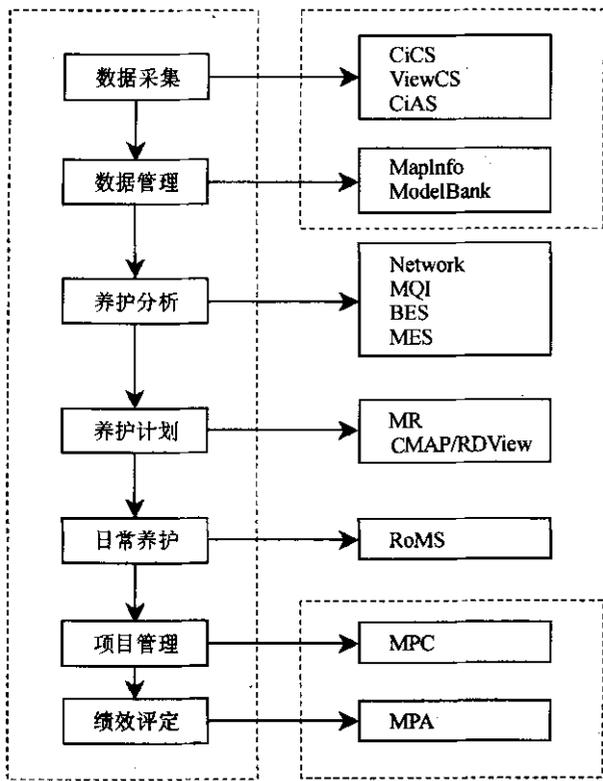


图 6 CPMS 在公路养护管理中各阶段的作用

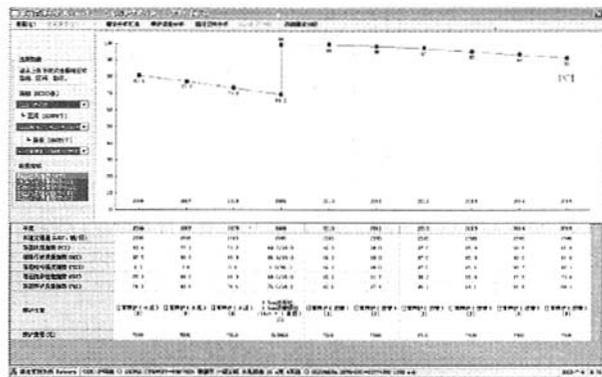


图 7 CPMS 路面使用性能预测

4 养护规划

根据检测数据编制的 2006 年~2015 年公路预防性养护规划,其主要内容包括养护资金比例关系、路面大中修和日常养护费用的比例关系、路面长期使用性能预测结果、养护需求分析、养护预算需求、战略养护标准与养护投资分析。本文着重介绍养护规划中现状评价、养护需求和投资效益分析。

4.1 现状评价

本文以浙江省杭州地区机场专用路(G000)、沪瑞线(G320)和绕城高速(S003)为例,分析了公路预防性养护规划和计划的编制方法。机场专用路(G000)、沪瑞线(G320)和绕城高速(S003)的路线基本信息见表 2。检测指标包括道路平整度 534.132 km,路面弯沉 37.328 km,路面损坏 539.406 km。其中数据分布为,道路平整度(1.1~5.6) m/km IRI,路面弯沉(11.0~101.0) × 10⁻² mm,路面损坏(0.0~23.5)% ,详细数据见表 3。

表 2 路线信息汇总

路线编码	路线名称	主线长度/km	管养长度(上、下行)/km	使用年度	平均交通量辆/d
G000	机场专用路	18.664	37.328	7	2 555
G320	沪瑞线	128.014	256.028	13	5 547
S003	绕城高速	123.025	246.050	12	9 062

表 3 路况检测数据汇总

路线编码	路线名称	道路平整度		路面弯沉		路面损坏	
		里程/km	范围/(m/km)	里程/km	范围/10 ⁻² mm	里程/km	范围/%
G000	机场专用路	37.328	1.5~2.5	37.328	11.0~101.0	37.328	0.0~0.4
G320	沪瑞线	254.804	1.2~5.6	0.000	0.0~0.0	256.028	0.0~23.5
S003	绕城高速	242.000	1.1~4.4	0.000	0.0~0.0	246.050	0.0~1.2

根据上述检测数据,利用CPMS 系统软件,实施了 2006 年度公路路面技术状况评价及养护分析。路面技术状况(PQI)评价的主要结果为:优良路 463.030 km,占检测里程的 86.7%;次差路为 3.000 km,占检测里程的 0.6%。其中路面结构强度(PSSI)有 37.328 km 满足要求(优良),占检测里程的 12.3%。表 4 和图 8 为沪瑞线(G320)评价汇总结果,路况沿线分布见图 9 和图 10。

4.2 养护需求

根据 CPMS 养护需求分析结果,预测 2006 年度上述公路大修里程为 5.000 km,中修里程为 81.329 km,大中修养护费用分别为 633.8 万元和 5 001.7 万元。其中,10 年公路大、中修和日常养护费用比例变化趋势见图 11,图 12 和表 5 是沪瑞线(G320)10 年养护费用及养护里程需求统计结果。

表4 沪瑞线 G320 路面使用性能评价结果

指标	PQI		PCI		PSSI		RQI	
	里程/km	比例/%	里程/km	比例/%	里程/km	比例/%	里程/km	比例/%
优	66.041	25.9	58.375	22.8	0.000	0.0	165.784	65.1
良	117.661	46.2	71.000	27.7	0.000	0.0	89.020	34.9
中	68.102	26.7	50.324	19.7	0.000	0.0	0.000	0.0
次	3.000	1.2	47.473	18.5	0.000	0.0	0.000	0.0
差	0.000	0.0	28.856	11.3	0.000	0.0	0.000	0.0
合计	254.804	100.0	256.028	100.0	0.000	0.0	254.804	100.0

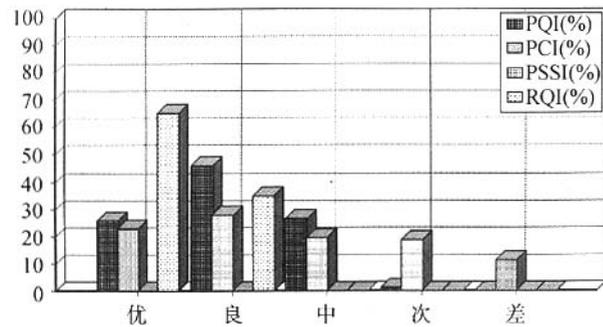


图8 沪瑞线 G320 路面状况统计

4.3 养护投资分析

根据检测路线路面评价结果、使用年限、交通流量和养护状况,依据CPMS技术,分析了养护投资与路面使用性能的关系。图13是上述公路路面养护投资与路面服务水平(PQI)的关系,图14和图15分别是路面养护投资足够和不足时,养护投资对路面使用性能和养护质量组成的影响关系。说明,资金不足时随着时间的变化,路面使用性能将由“优、良”逐渐转移到“良、中、次”状态。表6为检测路线10年的公路养护预算汇总。

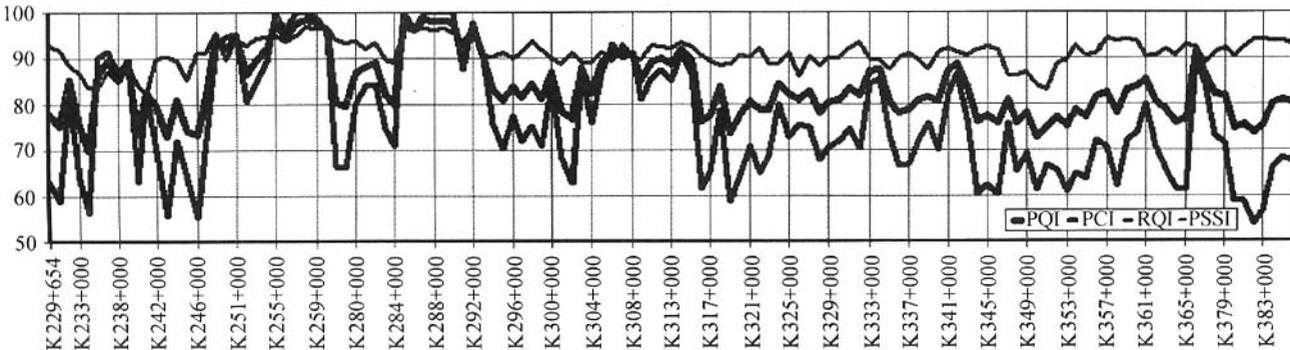


图9 沪瑞线(G320)路面技术状况变化曲线(下行)

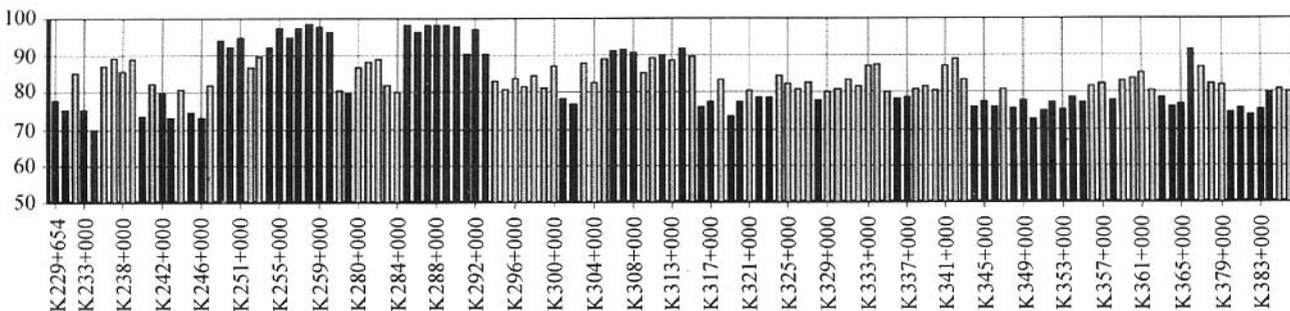


图10 沪瑞线(G320)路面技术状况变化(下行)

5 养护计划

根据2005年度检测数据和养护规划的主要内容,利用CPMS系统软件,编写了2006年度上述公

路的养护计划,主要包括年度路面养护需求(表7)和养护工程计划列表。年度路面养护需求实际上是10年养护规划长期需求第一年的数据。在实际的

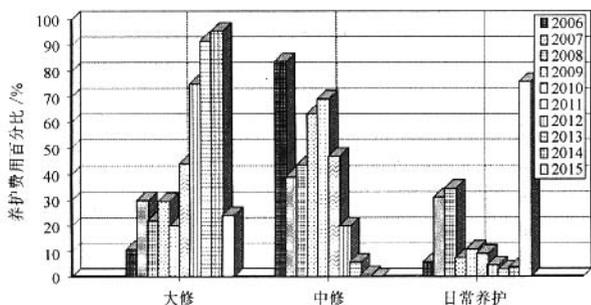


图 11 路面大修、中修和日常养护费用比例变化趋势

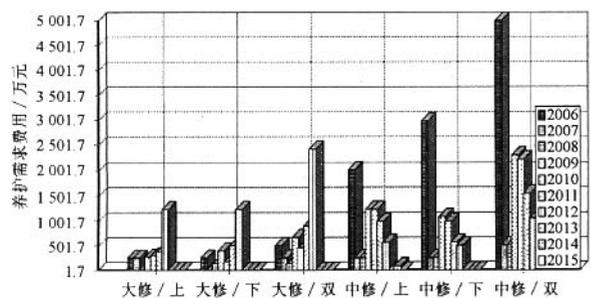


图 12 养护需求费用统计

表 5 沪瑞线(G320)养护需求费用统计

年度/年	大修/万元			中修/万元		
	上行	下行	双向	上行	下行	双向
2006	253.5	253.5	507.0	2 014.5	2 987.2	5 001.7
2007	253.5	0.0	253.5	246.0	246.0	492.0
2008	0.0	126.8	126.8	246.0	252.8	498.8
2009	266.2	392.9	659.1	1 230.0	1 070.1	2 300.1
2010	92.8	166.0	458.8	1 231.3	979.1	2 210.4
2011	380.3	507.0	87.3	984.0	553.5	1 537.5
2012	1 216.8	1 216.8	2 433.6	553.7	492.0	1 045.7
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	75.3	0.0	75.3
2015	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

公路养护管理中, 养护费用或养护预算往往不能满足养护需求的要求。为此, 需要通过CPMS 养护资金的优化分析, 在资金约束下, 确定公路上最需要养护的路段, 分析结果见表 8 和表 9。

6 结语

本文通过示例, 讨论了CPMS 在公路养护规划和养护计划编制过程中的作用及公路养护规划和养护计划的主要内容。为了进一步推进浙江全省公路预防性养护工作, 浙江省公路管理局已经引进一套

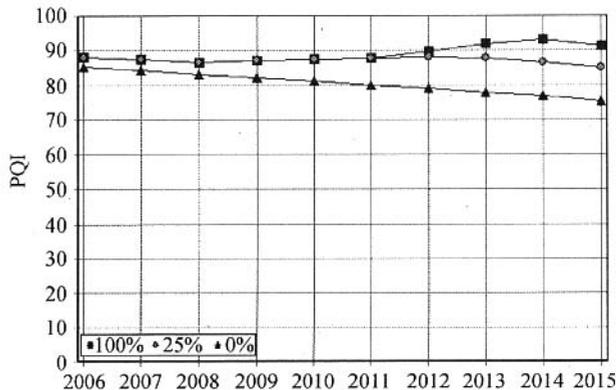


图 13 养护投资与路面服务水平(PQI)的关系

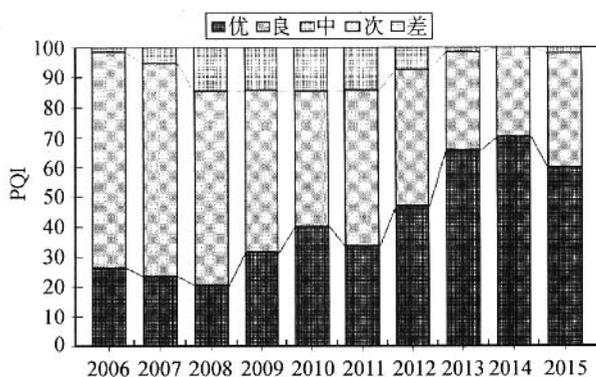


图 14 路面养护投资(足额时)与路面使用性能(PQI)的关系

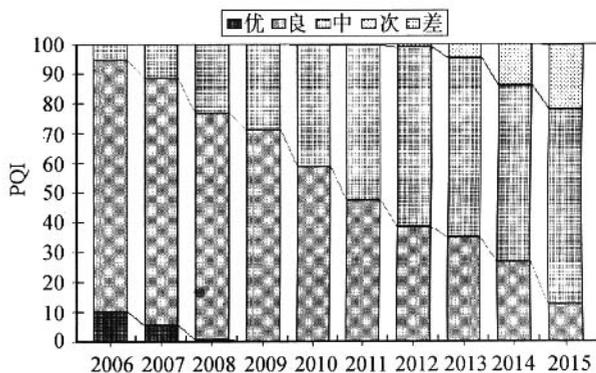


图 15 路面养护投资(不足时)与路面使用性能(PQI)的关系

路况快速检测系统(CiCS), 并计划陆续引进 2 套 CiCS, 建立覆盖全省公路网的快速检测装备体系。同时, 建立全省的网络 CPMS, 期望通过新技术和新装备的引进与应用, 提升浙江省公路养护管理的科学化水平。

参考文献:

[1] 潘玉利. 路面管理系统原理[M]. 北京: 人民交通出版

表6 检测路线10年公路养护预算汇总

年度/年	大修养护		中修养护		合计	
	里程/km	费用/万元	里程/km	费用/万元	里程/km	费用/万元
2006	5.000	633.8	81.300	5 001.7	86.300	5 635.5
2007	3.000	380.2	8.000	492.0	11.000	872.2
2008	2.000	253.5	8.100	498.8	0.100	752.3
2009	11.200	1 419.6	50.400	3 069.6	61.600	4 489.2
2010	6.400	697.0	40.900	2 427.9	47.300	3 124.9
2011	15.000	1 736.2	30.200	1 858.2	45.200	3 594.4
2012	2.000	2 458.5	29.800	1 494.8	51.800	3 953.3
2013	19.000	2 408.2	22.000	693.0	41.000	3 101.2
2014	19.000	2 408.2	1.200	75.3	20.200	2 483.5
2015	19.500	2471.6	0.000	0.0	19.500	2 471.6
合计	122.100	14 866.8	271.900	15 611.3	394.000	30 478.1

表7 2006年度检测公路养护需求汇总

路线	路线名称	大修		中修	
		里程/km	费用/万元	里程/km	费用/万元
G000	机场专用路	0.000	0.0	0.000	0.0
G320	沪瑞线	4.000	507.0	81.329	5 001.7
S003	绕城高速	1.000	126.8	0.000	0.0
汇总		5.000	633.8	81.329	5 001.7

表8 2006年度检测公路养护计划优化汇总

路线	路线名称	大修		中修	
		里程/km	费用/万元	里程/km	费用/万元
G000	机场专用路	0.000	0.0	0.000	0.0
G320	沪瑞线	1.000	126.8	63.105	3 881.0
S003	绕城高速	1.000	126.8	0.000	0.0
汇总		2.000	253.6	63.105	3 881.0

表9 2006年度沪瑞线(G320)养护计划明细(上行,万元)

项目编号	养管单位	起点桩号	长度/m	养护方案	养护性质	费用/万元	经济指标 EIRR
G3200230A	市郊公路段	K229+654	1 346	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	82.8	135.4
G3200232A	市郊公路段	K232+000	4 000	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	246.0	251.3
G3200237A	富阳市公路段	K236+890	1 110	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	683.3	71.4
G3200250A	富阳市公路段	K250+000	1 000	沥青混凝土/17 cm+水稳碎石	大修	126.8	30.2
G3200279A	桐庐县公路段	K279+000	1 000	8.5cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	61.5	84.4
G3200283A	桐庐县公路段	K283+000	2 400	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	147.6	109.0
G3200294A	桐庐县公路段	K294+100	900	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	55.3	110.3
G3200298A	桐庐县公路段	K298+000	3 000	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	184.5	90.1
G3200318A	建德市公路段	K318+000	1 000	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	61.5	75.1
G3200344A	建德市公路段	K344+000	1 000	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	61.5	69.3
G3200381A	建德市公路段	K381+000	1 000	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	61.5	39.0
G3200384A	建德市公路段	K384+000	2 000	8.5 cm 沥青混凝土+5.5 cm 沥青碎石	中修	123.0	34.4

社,1998.

- [2] 李华,潘玉利. 高速公路养护质量评定手册[M]. 北京:知识出版社,2004.
- [3] 潘玉利. 高速公路资产现代化管理技术的研究[J]. 公路交通科技,2005.

[4] 潘玉利. Simulation of Vehicle Speed and Fuel Consumption[M]. 北京:人民交通出版社,2005.

[5] 潘玉利. 道路时间费用预测模型研究[J]. 公路交通科技,2002.