



当代交通名家论丛

沥青路面热点关注

LIQING LUMIAN REDIAN GUANZHU

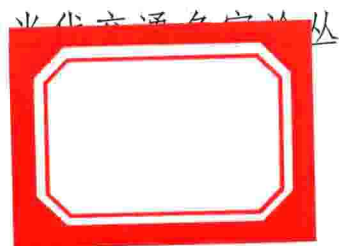
——求真至善

QIUZHEN ZHISHAN

贾渝等著



人民交通出版社
China Communications Press



沥青路面热点关注

——求真至善

贾 渝 等著

人民交通出版社

内 容 提 要

本文集是当代《交通名家论丛》中一本,分为沥青路面规范和试验、Superpave 技术、沥青路面热点关注三个部分,汇总了作者在沥青路面研究方面发表的重要文章,共 67 篇论文。

本文集可供公路工程建设者及管理者参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

沥青路面热点关注:求真至善 / 贾渝等著. --北京:
人民交通出版社,2013

ISBN 978-7-114-10222-6

I. ①沥… II. ①贾… III. ①沥青路面—研究
IV. ①U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 280808 号

书 名: 沥青路面热点关注——求真至善

著 作 者: 贾 渝 等

责任编辑: 韩亚楠 崔 建

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880 × 1230 1/16

印 张: 27

字 数: 804 千

版 次: 2013 年 1 月 第 1 版

印 次: 2013 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10222-6

定 价: 120.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



序 言

江苏贾总,七十华诞,单位同志将其历年发表的重要文章汇编成书,作为祝贺其生日的珍贵礼物,诚盛事也。

老朽有幸,先睹该书初稿,学习之余,略有所悟,特为之序,以表庆贺。

该书强烈反映作者“衷心地希望我国沥青路面工作者扎扎实实地研究世界各国的技术,消化、吸收为我国的应用技术,将我国沥青路面的质量提高到世界水平”的愿望。全书三分之二篇幅,即是作者在引进美国高性能沥青路面(Superpave)技术时学习、消化、应用的艰辛过程的总结。想起初引进时,有人把该技术说得一无是处。万幸江苏省交通科学研究院领导顶住压力,首先购进了有关实验设备,并组织国内十多家同行共同学习、共同实践,反复对比、反复论证,终于得出“不增加造价,不改变施工工艺,不冒风险,全靠技术取胜”的整套成果,得到施工单位基层同志的认可,并逐步有序地推广到全国各地。不仅大大提高了我国沥青路面的质量,也大大提高了沥青路面工作者的技术水平,还探索出引进、消化、应用新技术的途径。善莫大焉!

书中三分之一篇幅是谈作者对沥青路面诸多疑难问题的观点。以《沥青路面的热点关注——我的观点》《历史的怪圈》《关于 GTM》等为代表,篇篇有物,事事有据,论证正确,观点鲜明。这又是作者的另一个愿望,即“正确地将国外主流技术恰当地应用到中国的工程实践中来,首先要尊重事实”的反映。由于作者基础扎实,知识面广,因而能根据事实提出自己的观点;又因作者心胸坦荡,不计个人得失,所以敢于提出这些观点。这本是科研工作者应有的态度,但现在许多人做不到,而贾总做到了。语云:“海纳百川,有容乃大,山高万仞,无欲则刚”,此之谓乎?余心向往之。

愿本书读者,能向贾总学习,并共同实现其愿望,以表对寿翁的最大敬意。

林纳贤

2011年11月

前 言

这本文集是我的同事们送给我七十岁生日的珍贵礼物,里面收集了我大多数重要的文章,基本上反映了我的观点,我衷心地希望我国沥青路面工作者扎扎实实研究世界各国的技术,消化吸收成能为我国应用的技术,将我国沥青路面的质量提高到世界水平。

本书的书名是求真至善,我很喜欢。

我喜欢读书,一辈子不敢偷懒。“求”是指渴盼、寻找、调查、探索,“真”是指事实、存在、客观、规律,也就是说,以认真负责的精神、实事求是的态度、科学严谨的方法,找出客观事实,掌握变化规律,“至善”是指对理想目标永不满足的精神境界。

求真就是追求真理,诲人不倦。

我对求真的理解也许不全面,就是较真,我不管别人怎么说,我非要自己寻找真实的数据以支撑我自己的观点。我不管别人如何解读这四个字——求真至善,我自己的解读为较真,与人为善。把真相告诉大家,不轻信权威和规范,以事实为依据,让人作出自己的判断。

分享是奉献,分享是进步,分享是激励,分享是享受。

把自己的知识与大家分享难道不是一种奉献吗?只有无私的人才能这样做。我从别人的演讲中获取了知识,我进步了;当我把自己的最新想法与大家一起分享了,我必须时刻要有更新的想法与大家分享,这难道不是一种激励吗?最后,当我看到别人从我的演讲中获得了启发,我会感到由衷的高兴和满足,这难道不是一种享受吗?这几句话是我的由衷的想法,我真的希望与大家一起来分享我的知识和技术,我也从中得到了极大的快乐和享受。

我将一直实践这几句话,去生活,去做人。

施比受有福,Giving is better than receiving。

贾 渝

2011 年 10 月

目 录

沥青路面规范和试验

重庆公路研究所室内环道——路面结构性能研究的工具	贾 渝	(5)
沥青混合料动力模量标准试验方法	贾 渝	(13)
沥青混合料水损害试验方法及其评价	贾 渝	(16)
AASHTO 沥青材料实验室认证项目	贾 渝	(26)
公路沥青路面施工技术规范(JTJ 032—1994)质疑	贾 渝	(30)
国产沥青和进口沥青路用性能比较	贾 渝 徐 宏 吴建浩	(32)
加拿大沥青交换项目——江苏省交通科研所试验结果评述	贾 渝	(39)
对水煮试验方法(JTJ 052—1993 T616)的商榷	贾 渝	(45)
对我国当前沥青路面技术标准的若干看法	贾 渝 张全庚	(47)
沥青路面结构层厚度与沥青混合料类型的选择	贾 渝 张全庚	(56)
2001 年 Superpave PG 等级胶结料比对试验结果分析	贾 渝 张志祥	(61)
再论沥青路面结构层厚度与混合料类型的选择	贾 渝 赵延庆 张全庚	(67)
关于蜡含量技术要求的探讨——评新《公路沥青路面施工技术规范》中蜡含量 技术要求	贾 渝 冯中良	(70)
美国公路标准规范浅析	贾 渝	(76)
《公路改性沥青路面施工技术规范》(JTJ 036—1998)有关“改性沥青技术指标针入度 指数”的商榷	王 捷 贾 渝 黄晓敏	(82)
改性沥青混合料最大理论相对密度确定方法的分析	赵延庆 文 健 贾 渝	(85)
基于动态模量的沥青路面力学响应分析	赵延庆 潘友强 黄荣华	(90)
2004 Superpave 旋转压实仪比对试验结果分析	刘 伟 贾 渝	(96)
交通荷载轴载谱参数的确定及分析	赵延庆 贾 渝 曹荣吉	(102)
改性沥青混合料最大理论密度确定方法的分析	赵延庆 文 健 贾 渝	(108)
粉胶比对沥青路面使用性能的影响分析	陈李峰 何 兵	(111)
SHRP 沥青数据库蜡含量数据分析	冯中良 贾 渝 王瑞强	(115)
旋转压实仪性能检测评估	韦武举 贾 渝 胡兴国	(119)
沥青混合料动态模量季节性变化规律研究	赵延庆 韦武举 杨建新	(123)
Research on Mixture Cracking Resistance Using Flexural Fatigue Tests	Cao Rongji	(127)

Laboratory Study of Fatigue Limit for LSM Base Mixture	Zhang Zhixiang	(131)
--	----------------	---------

Superpave 技术

美国公路战略研究计划(SHRP)沥青研究项目进展报告(一)	贾 渝	(140)
美国公路战略研究计划(SHRP)沥青研究项目进展报告(二)	贾 渝	(149)
美国公路战略研究计划(SHRP)研究报告索引与文摘——沥青	贾 渝	(157)
沪宁高速公路江苏段沥青路用性能试验与评价	贾 渝	(176)
高性能沥青路面(Superpave)技术现状和我国的对策	贾 渝	(181)
Superpave 混合料设计方法最新进展	贾 渝	(205)
Superpave 的真正含义	贾 渝	(209)
Superpave 沥青胶结料性能规范的最新进展	贾 渝 关永胜	(210)
限制区对 Superpave 混合料设计和性能的影响	赵延庆 潘友强	(223)
旋转压实次数对 Superpave 混合料设计和性能的影响	赵延庆 潘友强 谭忆秋	(228)
Superpave 型和 AC 型沥青混合料配合比设计比较	文 健 赵延庆 刘海强	(235)
Superpave PG 性能规范与针入度规范的有效性分析	张志祥 游玉石	(240)
基于路面温度频率分布的沥青 PG 高温等级选择	赵延庆 凌 晨 白琦峰	(244)
Superpave 沥青混合料设计体系介绍	陈李峰 霍晓春	(248)
采用特征温度指标评价沥青胶结料低温性能的研究	冯中良 曹荣吉 贾 渝	(254)
旋转压实仪内部角标定方法分析与评价	黄婉清 贾 渝	(257)

沥青路面热点关注

国外环道试验装置简介	贾 渝	(269)
美国公路战略研究计划路面长期性能项目综述	贾 渝	(286)
空隙率对沥青混凝土性能影响的问答调查	贾 渝 张克波	(290)
SMA 混合料设计	贾 渝	(295)
美国西部环道(Westrack)建成并开始试验	贾 渝	(301)
沥青路面水损害的研究	贾 渝 张全庚	(303)
热拌沥青混合料:材料与混合料设计——21 世纪展望与挑战	贾 渝	(308)
关于 GTM	贾 渝	(316)
美国沥青路面再生一瞥	贾 渝 赵延庆	(318)
美国公路战略研究计划二期(SHRP 2)项目简介(一)	贾 渝	(323)
路面设计施工不能两张“皮”	贾 渝	(328)
沥青路面热点关注——我的观点	贾 渝	(331)
历史的怪圈	贾 渝	(340)
AR 和 CRM	贾 渝	(343)
OGFC 和 PA	贾 渝	(344)
路面保存新概念	贾 渝	(347)
东西高速融汇东西——中法美沥青路面技术比较研究及在阿尔及利亚的		

应用研究	贾 渝	(361)
降噪环保路面技术研究与工程实践	张志祥 刘 伟 李小燕	(366)
再生沥青混合料疲劳性能的试验研究	张志祥 吴建浩	(371)
我国沥青路面再生技术适用性分析	杜 骋 曹荣吉 符冠华	(378)
橡胶沥青工艺参数对其性能影响的试验研究	曹荣吉 陈荣升	(384)
(岩石)三维层状路面系统的动力谱单元的研究	吴春颖 葛修润	(390)
Rehabilitation Design and Construction of PCC with AC Overlays Pavement of G328 Yizheng Section in China;a Case Study	Li Hao	(395)
Evaluation of New Generation of Gap Graded Asphalt Rubber Mixtures	Cao Rongji	(404)
Performance Evaluation of Asphalt Rubber and Its Use in Old Concrete Pavement Overlays	Cao Rongji	(412)

沥青路面规范和试验

沥青路面规范与试验

我年轻的时候,有两件事印象特别深刻,一件事是诺贝尔奖获得者丁肇中对清华学生发表演说时,大声疾呼“中国年青的物理学家们,你们一定要重视实验”。当时有两个倾向,一个倾向是认为搞理论高深,看不起搞实验的;另一个倾向是搞实验要一个团队,而且也不容易出成果。另一件事是姚祖康老师到重庆院介绍他在美国 Monismith 教授那里做访问学者时,Monismith 拿了一大把实验室房间钥匙,一个一个房门打开,给他介绍每一台仪器设备,“他几乎可以开动每一台设备。”姚祖康说。这两件事情使我立志要提高中国的沥青和沥青混合料试验技术,于是,1985 年江苏省交通科学研究院花了 38 万美元,引进我国沥青技术领域第一台 MTS 试验装置,结合环道试验装置,开始了我国对沥青混合料动力性能和疲劳试验的系统研究。

我一直关注国外沥青路面技术的发展,并重视规范和试验的发展,同时也不断思考中国沥青路面规范的发展。

1997 年,在美国科氏(中国)公司的协助下,江苏省交科院第一次参加了加拿大萨斯喀彻温省运输部组织的“加拿大沥青交换项目”,这是我国沥青路面行业第一次参与国际比对试验,取得了较好的成绩,看到了差距,解决了问题,提高了水平。为后来在我国开展比对试验打下了基础,也为 Superpave 技术在我国的发展并走上了健康正确的道路进行了有益的探索。

1999 年,锡澄高速公路施工时,我曾与施工队长交谈,施工队长说他们 5cm AC25 的混合料怎么也压不实,我把这句话变成了一个命题——集料公称最大粒径与混合料类型及层厚度的关系。通过研究,2003 年,我写出了“沥青路面结构层厚度与混合料类型选择”的论文,发表在《公路》杂志上,后来看到了沙庆林院士的批评文章,我不同意沙院士的观点,于 2005 年写出了“再论沥青路面结构层厚度与混合料类型选择”一文,发表在《现代交通技术》杂志上。

离开了历史背景,我的一些文章似乎已是常识,然而,放到当时的环境之中,可以发现,我的建议中许多观点已被纳入规范之中。如 1998 年“沪宁高速公路江苏段沥青和沥青混合料路用性能评估”中的建议:①进口沥青还应补充黏度指标,在江苏 60℃黏度应不小于 200Pa·s;②建议在苏北高速公路建设中用最大理论密度作为指挥部监控指标,积累数据;③黏附在粗细集料颗粒上小于 0.075mm 的粉尘数量必须用水洗法精确确定,并应计算在矿粉用量之中;④建议控制矿粉与有效沥青用量之比为 0.6~1.2;⑤建议砂的用量不宜超过 15%。

许多观点用现在的知识来看也许是不完善、不严密或不正确的,然而一定不要隔断历史。就拿上述粉胶比指标来说,控制在 0.6~1.2,这是 FHWA 在路面指南 TA 40.27“沥青混凝土混合料设计和现场控制”中提出的指标,是经典的马歇尔设计方法中没有的,Superpave 接受了这个指标,直到 2003 年,MP2-03 才改成细级配 0.6~1.2,粗级配 0.8~1.6。

参与、引进和实施沥青和沥青混合料比对试验项目在国内也是第一次。

1999 年我和张全庚同志对我国沥青路面技术标准提出了自己的看法,包括材料标准、设计标准、设计方法、水敏感性评价和密度标准,论述了我国标准的不足,对如何改进提出了建议。

蜡含量技术要求一直是我国沥青材料之痛,外国人也一直认为中国沥青蜡含量很高,这在 20 世纪六七十年代也许是事实,但通过“七五”攻关,以及用进口原油炼制沥青,蜡含量已经不是问题,某外国公司声称能生产蜡含量小于 2.0% 的沥青,我国的大公司也不甘示弱,把标准降到 2.0% 以下,那么蜡含量小于 2% 和小于 3% 的沥青路用性能到底有何差别,通过研究,回答是没有差别,坚持“八五”攻关,结论为蜡含量不大于 3% 是合适的。

通过参与国外的比对试验,1999 年,我写出了“AASHTO 沥青材料试验室认证项目”,系统地介绍了

美国的实验室认证体系的目的、范围、现状,解释了一个试验室如何做才能取得认证,并对如何实施项目提出了建议,这是在沥青和沥青混合料领域内首次提出的,目的是让更多的人进一步了解认证体系。

沪宁路沥青和沥青混合料路用性能是我国第一次全面使用 SHRP 沥青性能规范进行评估,我对沪宁路使用的 3 种进口沥青进行了全套 PG 分级试验,发现某进口沥青不能满足沪宁路对沥青的 PG 分级要求,在与 1993 年带到美国进行 PG 分级的 7 种国产沥青的 PG 性能数据进行比较,发现我国具有路用性能极好的沥青。于是我写出了“国产沥青和进口沥青路用性能比较”一文,对于进口沥青,提出了除应满足我国重交通沥青指标外,还应增加黏度指标要求。

《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—1994)中提出了关于标号采用上稠下稀的原则,我对此持完全不同的看法,建议采用上稀下稠的原则以增加抵抗低温开裂和抗车辙能力。

并对如粉胶比、蜡含量最大理论密度测试方法动态模量及其季节性变化等都发表了自己的观点。还对如降噪路面技术与工程实践,再生技术适用性及橡胶沥青工艺参数等发表了自己的看法,特别是橡胶沥青技术,我院可以说是站在这个领域的前端。

1999 年 6 月 11 日我协助交通部标准计量研究所邀请美国南卡罗来纳州州运输部公路实验室主任 Richard Stewart 代表 AASHTO 材料基准实验室(AMRL)、美国材料试验协会(ASTM)的水泥和混凝土基准实验室(CCRL)介绍实验室现场评估(LIP)、比对试验(PSP)质量体系认证项目(AAP)等,我在会上作了“加拿大独立实验室协会证书项目”及“加拿大沥青交换项目”的报告,引起了与会者的浓厚兴趣和热烈欢迎。

1999 年,我参加了交通运输部在沈阳召开的沥青路面研讨会“99'高速公路沥青路面技术研讨会论文集”,后来,这篇论文发表在 2000 年《公路》杂志上。

2001 年,江苏交科院首次在全国发起了 SHRP 胶结料比对试验,共 12 个单位参加;2002 年,进行了第二次 SHRP 胶结料比对试验,共 17 个单位参加;2004 年,第三次 SHRP 胶结料比对试验,有包括石油大学重质油研究所在内的 21 个单位参加;2004 年 6 月,进行了全国第一次 Superpave 旋转压实仪比对试验,共 8 个单位参加,采用了 10 台仪器;2008 年,进行了 Superpave 旋转压实仪全国比对试验,共 12 个单位参加,各单位先按原始状态进行试验,然后,江苏省交通科学研究院将各单位内部角标定到 1.16° 重新试验,发现按内部角标定后的偏差要比按外部角标定小,为我国采用内部角标准取得了丰富的数据。

2007 年,我参与制定交通部行业标准 JT/T 724—2008《旋转压实仪》和交通运输部计量标定规程 JJG(交通)087—2008《旋转压实仪》,两部标准均于 2008 年 11 月 1 日开始实施。这次行业标准的制定对于规范我国 Superpave 试验技术和标准起到了很好的作用。

“美国公路标准规范浅析”大致是在 20 世纪 90 年代中期,应交通部公路司为制定我国公路标准体系要求准备的一个发言稿,当时请沙庆林和重庆所介绍欧洲规范体系,沈金安介绍日本的,我介绍美国公路规范体系,我做了精心准备,受到了参会者的高度评价,当时参加这种会议的专家咨询费是 200 元,我的报告使得会务组又特别给了我 2 000 元的奖励,后来,在这发言稿的基础上整理成一篇文章,但居然文章被杂志社编辑退了回来,我至今坚信,此文对于了解美国公路规范体系仍有参考价值。

我的同事们对当时的许多热点问题都发表了观点,如“改性沥青技术指标针入度指数的商榷”一文,某著名杂志不敢刊登,后来由当时比较有影响力的杂志——《华东公路》刊登,事实上,《华东公路》还刊登了我的“对我国当前沥青路用技术标准的若干看法”,这是需要勇气的。

重庆公路研究所室内环道

——路面结构性能研究的工具

贾 渝

摘 要:交通部重庆公路研究所于1983年11月建成室内足尺路面试验环道,双臂双轮,最大双轮荷载为5t,最高运行速度为60km/h,并具有模拟汽车爬坡、轮压横向分布等功能。环道直径为10m,试槽宽为2m,深为2m。室内环道的研制成功,对于了解柔性路面在动荷载作用下的反应和性能,研究在重复荷载作用下路面结构的变形特性和疲劳特性,设计理论的试验验证及路面新材料、新结构路用性能的评价等方面,提供了一种新的试验手段,具有一定的实用价值。

关键词:环道 荷载

1 概述

1.1 问题的提出

20世纪70年代初,随着我国油路的迅速发展,以经验法和半经验法为基础的路面补强设计方法取得一定成果,怎样把柔性路面设计从经验法提升到理论的高度,以便对路面进行结构分析,这对我国高级路面具有很大的现实意义,这也是世界柔性路面设计的发展趋势。当时,国际上已经召开了3次国际沥青路面结构设计会议,几个比较突出的问题,如沥青路面材料的黏弹性和非线性问题,路面结构的疲劳性能和变形特性的研究,在国际上都有一定的进展。由于我国缺乏试验设备(如动三轴和环道等),对这些问题难以进行深入研究。因此,1973年,我们提出了建立一座大型的(功能比较齐全的)、主要用于路面结构力学试验的室内环道试验装置,以满足科研工作的需要。这个环道主要用在下列3个方面。

(1) 验证和发展路面设计理论和方法

这是大多数环道装置的一个基本的和经常的问题。例如,层状弹性理论用于柔性路面设计到底与实际有什么差异,差异有多大,应该作什么样的修正等。再如,美国联邦公路局研制的VESYS程序从1977年起就在美国宾夕法尼亚州立大学的环道上进行验证,但今尚未达到实用的程度。

(2) 研究在动荷载作用下路面的反应和行为

沥青路面材料是一种黏弹性材料,它的黏弹性质是荷载作用时间和温度的函数,它在动荷载作用下的反应和行为与弹性材料在静荷载作用下是完全不同的。以模量而言,沥青路面或沥青材料的动力弹性模量比在相同条件下的静弹性模量大得多。也就是说,在动荷载作用下,路面好像被加强了。由于没有动力加载设备,我国在这方面的研究几乎是空白。

(3) 研究在重复荷载作用下路面结构的疲劳性能和变形特性

路面的疲劳性能,如疲劳开裂时荷载作用次数及裂缝发展速率,路面变形特性主要是指路面的残余变形——车辙,这是国外道路研究工作者试图解决的两大难题。随着国民经济的发展,交通量的增长,路面等级的提高,这些问题也必将出现在我国研究者面前。我们期望将材料特性的研究同环道路面结构的疲劳性能和变形特性的研究联系起来,进一步与实际道路相联系。希望通过对沥青混合料的一些常规和非常规试验,预测路面结构的疲劳性能和变形特性,预测路面的使用性能和使用寿命。

除上述主要应用方面外,环道还可用来进行车辆换算的研究,用来选择合理的路面结构组合,或迅速检验某种新材料,以及进行轮胎磨损、路面磨损、路面涂料寿命试验等。

1.2 国内外概况

由于环道能在短时间内(一般为两三个月)集中通过几百万次可精确控制的交通荷载,使路面试验

周期大为缩短。所以,作为评价和研究路面结构性能的工具和手段,作为加速路面寿命试验的方法,受到世界各国的重视。

在第一次世界大战期间,由于硬橡皮轮胎的重型卡车剧增,原来只能承受马车和小型汽车的公路破坏严重。为了研究和测定不同轮荷的冲击系数,1918年,美国联邦公路局在弗吉尼亚的阿林顿试验场建成了美国第一座室外环道,20世纪30年代,阿林顿试验场建成了直径为3.6m的室内环道,美国碎石协会和密执安大学也分别建成了直径为4.3m和4.6m的室内环道。第二次世界大战的爆发,使这方面的研究受到一些影响。直到1960年,美国伊利诺斯大学建成直径5m的室内环道后,环道试验装置开始大量兴建。英国、联邦德国、日本、加拿大、新西兰、澳大利亚、瑞典、荷兰、墨西哥、丹麦、苏联、法国、波兰、捷克斯洛伐克等国相继建成了式样各异、功能不同的环道试验装置。

在我国国内,同济大学于1960年开始设计室内环道,但由于种种原因直至1977年才正式建成使用。湖南大学于1965年建成一座直道。目前,北京市政设计院研究所与南京工学院的环境正在研制中。

国外若干环道试验装置的技术性能见表1。

国内外若干环道试验装置一览表

表1

编号	单位名称 国别	技术性能	直径 (m)	荷重 (kg)	加载 系统	速度 (km/h)	旋转 臂数	试槽		环境条件	类型	备注
								宽度 (m)	深度 (m)			
1	美国伊利诺斯大学		5.0	840~1500	重力	四挡 5~25	2	2.40	1.30	室温 $\pm 60^{\circ}\text{C}$ 相对湿度 30%~100%、地下水	室内	1960年建成
2	美国标准石油公司		4.3		液压	64	4	0.30	0.40	红外、紫外、冰冻、人工降雨	室内	1960年建成
3	美国肯塔基州公路局		3.6	350~1600	重力	四挡 25,5,10,15	2	0.45	0.36	人工降雨	室内	
4	美国埃索石油公司		4.6	250~750	液压	8~65	4	0.30	0.50	红外、紫外、人工降雨	室内	
5	美国得克萨斯公路局		3.0	500	重力	20	2	0.92	0.92		室内	1970年左右建成
6	美国华盛顿州立大学		25.4	5000~10000	重力	24~88 实际50	8	2.45	0.5~1.0	自然环境	室外	1966年建成
7	美国陆军工程兵团		23.5	3200~22700	重力	64	1	6.40	1.30	自然环境	室外	野外移动式
8	加拿大萨斯喀彻温省公路与运输部		12	5400	重力	32	1双	3.60	1.25	可控温	室内	
9	中国交通运输部重庆公路研究所		10	5000	重力	60	2双	2.0	2.0	自然环境	室内	1983年建成
10	中国同济大学道路与交通工程研究所		6.8	3000	重力	20	1双	1.2	1.2	自然环境	室内	1977年建成
11	联邦德国卡尔斯鲁厄工业大学		20	2200		35				自然环境	室外	
12	英国运输和道路研究所		33	8000	液压	35	1	5.00	1.80	局部覆盖控制	室外	

续上表

编号	单位 名称 国别	技术性能	直径 (m)	荷重 (kg)	加载 系统	速度 (km/h)	旋转 臂数	试槽		环境条件	类型	备 注
								宽度 (m)	深度 (m)			
13	法国道桥中心 研究所		18~32	7 400	液压	60~100	8			自然环境	室外	
14	日本道路公团 试验所		6.0	3 000	液压	10~60	4	0.90	0.60	红外、冰冻、地 下水	室内	
15	日本建设省土 木研究所		880	8 000	遥控 实验车	51		7.0		局部地下水 控制	室外	
16	荷兰壳牌公司阿 姆斯特丹实验室		3.0	100~2 000	液压	1~64	4	0.7	0.6	室温±60℃	室内	
17	荷兰 Heidmij 环 道		20	10 000	重力	25	2	1.8		自然环境	室外	
18	瑞典道路研究 所		5.25	1 700		80	6	0.46	0.53	-20~+35℃ 人工降雨	室内	
19	墨西哥国立独 立大学		10.0	8 000	重力	五挡 4~40	3	4.90	1.50	地下水	室内	1970 年 建成
20	新西兰坎特伯 雷大学		19.7	1 360~ 4 100	重力	19	2	1.30		自然环境电阻 加热至+65℃	室外	
21	捷克斯洛伐克 土木研究所		32.2	10 000	重力	60	2	6.0	1.5	自然环境	室外	
22	波兰华沙道路 中心研究所		40	6 000	重力	70	4			自然环境	室外	
23	丹麦国立道路 研究所		直道 27	6 370	液压	30		2.0	2.5	-10~+40℃ 地下水	室内	1973 年 建成
24	联邦德国壳牌 公司汉堡直道		直道 30	500~ 2 000	气压	50		10.0		自然环境	室外	
25	英国诺丁汉大 学		直道	1 500	液压	16		2.4	1.5	温度控制	室内	

2 环道试验装置的组成

环道试验装置由环道试验机、试槽、环境模拟条件、测试设备及附属设施等 5 部分组成。

2.1 环道试验机

环道试验机是环道试验装置的主体设备,是用来对路面施加动力重复荷载的加载装置。重庆公路所的环道试验机如图 1 所示,主要包括下列组成部分:

①中心回转机构。使旋转臂做回转运动的动力机构。由主电机、联轴节、减速箱、中心轴及上下支承等部件组成。

②附加扭矩机构。为了模拟汽车驱动轮对路面的作用及汽车上下坡时的加减速或制动力矩的动力机构。由附加扭矩电机、变速箱、联轴节、传动轴、半轴等组成。

③横向移动机构。为了模拟汽车荷载在公路上的横向分布,使行驶车轮沿路面宽度产生某种碾压频率分布的动力机构。由横向移动电机、减速箱、推力丝杠螺母等组成。

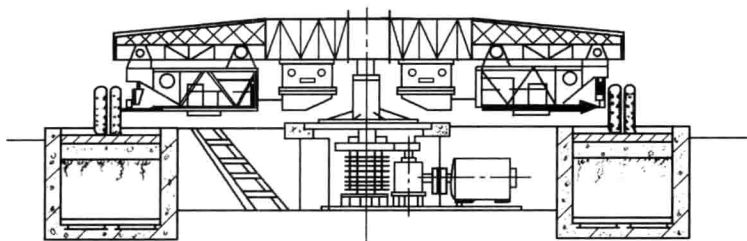


图1 重庆公路所环道试验装置剖面图

这三套动力机构是环道试验机的核心部件。为了能方便地调速,以及附加扭矩的调节和实现轮压频率的横向分布,全部采用直流电动机,并由可控硅传动装置组成调速系统。整个系统具有调速范围大、静响应较高、电能利用率高、噪声小、维护方便等优点。

④旋转臂。具有一定刚度的框架。行驶车轮通过悬挂机构安装在旋转臂的末端,旋转臂通过滑键套在中心轴上。

⑤行驶车轮和悬挂机构。车轮采用我国常用的 9.00-20 和 11.00-20 两种轮胎,悬挂机构采用“解放”和“黄河”汽车悬挂总成及钢板弹簧形成独立悬挂。当环道试验机高速行驶时,这套机构能很好地吸收由路面不平整所造成的冲击和振动。

⑥制动机构。为应付突然事故和模拟汽车制动时对路面产生的水平作用力,设置了 3 套制动机构。

a) 汽刹制动。利用储气筒内的压缩空气,直接抱死行驶车轮轮毂,具有反应快、有拖印、效果真实等优点,但对机械损伤较大。

b) 能耗制动。附加扭矩电机的制动系统,通过 24 台电阻箱将主电机制动时的能量消耗在电阻器上,制动平缓。

c) 再生制动。附加扭矩电机的制动系统,通过可控硅可逆系统将制动能量变为交流电输回电网,制动力强,效果好,常用于静态弯沉测量对点。

⑦荷载调节机构。为使环道试验机达到一定的设计荷载,采用了最简单的依靠机器自重加上砝码配重的重力加荷机构。

⑧倾角调节机构。为了缓和比实际道路的弯道小得多的环道曲率半径所带来的离心力和角加速度使路面产生的翘曲和变形,为了在不同轮荷下保证使轮子始终与地面保持垂直,设置了倾角调节机构,有条件的还应设置前束调节机构。

⑨滑环。将电流通过滑环输送到旋转臂上,供旋转臂上的附加扭矩电机、横向移动电机、轮压分布控制等用。

2.2 试槽

试槽的深度和宽度均为 2m,槽壁由钢筋混凝土制成。试槽底部设有地下水通道。在试槽的一侧布置了一个宽 3m、长 16m 的直道,其中,6m 为压路机出入的斜坡道,10m 可作为静力试槽。试槽中到中的距离为 10m。

2.3 环境模拟条件

考虑到资金和条件,这里仅埋设了地下水和人工降雨的水管,必要时也可设置移动式的局部远红外照射和紫外线照射,使路面局部升温,或因紫外线的作用而加速老化。

2.4 测试设备

配备的测试设备主要有以下几类。

(1) 路面工作状态的测试仪器

路面结构层内的应力、应变、位移、温度在动荷载作用下的反应和随环境和荷载作用次数变化的规律是我们研究的主要对象。这类仪器主要包括各种类型的传感器,如土压力盒、LVDT 位移计、应变计、热敏电阻式热电偶等温度传感器及相应的交直流信号放大器(静态电阻应变仪和位移变送器)。记

录仪为常规的光线示波器。目前正在利用单板机对环道试验中产生的大量实验数据进行自动采集和处理的试验研究,今后将进一步移植到 PDP11/23 计算机的数据采集系统上去。

(2) 路面使用性能的测试仪器

路面使用性能如弯沉、平整度、车辙、裂缝、抗滑性等。配有弯沉仪、曲率仪、摆式摩阻力仪及自制的平整度仪和车辙计等。

(3) 实验室的基础仪器

基础仪器包括各种交直流稳压电源、单踪和双踪示波器、数字式万用表,专用仪器则有可控硅插件板测试仪等。

2.5 附属设施

附属设施主要包括路面材料仓库及废弃材料的堆置场地;铺设沥青路面等结构层所需要的材料的加热、拌和、压实等施工机具;试样的钻取、切割成型等机械设备及运输车辆等。

压实机具配备了 3 种:

①蛙式打夯机。主要用于修筑路基。如含水量控制得好,层厚适当,可达到重型压实标准。

②手扶式振动压路机。作为试验过程中路面修补用,可用于大型压路机上去前为稳定骨料面进行的碾压。

③振动压路机。自重 4.5t,最小转弯半径 4m。加震后相当于 18t 光碾,为砾石基层和沥青面层最终压实用。

现场路面试样比实验室模型试样有更高的精度,因此获取现场试样应更为研究工作者所重视。我们配备了现场切割机及路面岩心钻机,并利用试验室内的金刚石切割机切割成规定尺寸的试件供试验。

3 主要技术指标和构造方案的拟定

3.1 环道和直道的选择

足尺路面的模拟试验目前有两类:一类像南非道路研究所的重型车辆模拟器(HVS),另一类像澳大利亚道路研究委员会的加速加荷装置(ALF),它们能自行或拖拽到现有的实际道路上去,对路面施加重复荷载,称为移动式路面模拟试验设备,这种设备可分为室内和室外两种,并根据试槽的形状,成为环道或直道。

选择环道是基于以下考虑:

①自 1918 年美国建成第一座室外环道试验装置以来,至今有 60 多年历史。而直道大约出现在 20 世纪 60 年代。

②到目前为止,全世界有 20 多个国家修了三四十座环道,而直道大约十个,这说明环道的数量及沿用的时间大大超过了直道。

③为使试验机在直道上往复匀速行驶,需设置加减速直道,这使直道的利用率较环道大为降低,如:壳牌石油公司汉堡直道试验段长 10m,加速段和减速段各长 10m,共 30m;丹麦技术大学直道试验段为 9m,加减速段各长 9m,共 27m;英国诺丁汉大学直道试验段长 2m,总长 8.2m。因此,大量的能量消耗在加减速上,有效利用率低。

④大多数直道,如汉堡和诺丁汉大学的直道,都是用钢丝绳牵引的,轮子的运动相当于汽车的前轮,它不能模拟汽车后轮即驱动轮的作用。当然从垂直力来看,直道与环道没有什么差别。

⑤大多数直道速度较低,丹麦技术大学直道最高速度为 25km/h,诺丁汉大学直道最高速度 16km/h。

⑥选择环道最主要的原因是环道比较简单,投资少。而直道因为要不断地加速、匀速、减速、反向、又加速,试验机的机械结构和电气控制要比环道复杂得多,对这些设备的要求也比较高。加拿大萨斯喀彻温省公路运输部就是由于直道投资资金太大而放弃直道方案,选择了环道这一方案。

环道的主要缺点是车轮不断地做圆周运动,与实际道路的受力情况有出入。圆周运动速度方向不