

孙立军 著

当代科技重要著作·交通领域

现代联锁块铺面



同济大学出版社

现代联锁块铺面

孙立军 著



同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代联锁块铺面/孙立军著. —上海:同济大学出版社, 2000.7

(当代科技重要著作, 交通领域丛书)

ISBN 7-5608-2123-5

I. 现… II. 孙… III. 水泥混凝土路面-理论
IV. U416.216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 54359 号

现代联锁块铺面

作 者 孙立军 著

责任编辑 曹炽康 责任校对 徐春莲 装帧设计 李志云

出 版 同济大学出版社
发 行

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 望亭电厂印刷厂印刷

开 本 850mm × 1168mm 1/32

印 张 8

字 数 226800

版 次 2000 年 7 月 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2123-5/TU·355

定 价 15.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

《当代科技重要著作丛书》

总 序

科学技术作为生产力,在人类社会的发展过程中,越来越发挥着日益重要的作用。而作为人类生产实践、科学实验的积累和结晶的现代科学技术著作,则是科学技术知识潜在的的生产力。它们所传播的正确的、先进的科学技术内容,一旦为人们所掌握,并运用到社会生产实践中去,便会物化成现实的、巨大的社会生产力,起着推动社会物质文明和精神文明迅猛发展的重大作用。

在当今世界新技术革命迅速发展的形势下,要振兴我国的国民经济,缩短我们在经济技术上同发达国家之间的差距,促进我国经济向前发展,就必须积极引进、吸收国外的先进科学技术、并使之同国内的科学研究和生产实践密切结合起来,而在我国及时翻译、出版世界重要科技著作,并使

之在国内广为传播,就是其中一个重要方面。

有鉴于此,中国出版工作者协会科技出版委员会,本着科技出版工作要面向世界、面向未来、面向现代化的方针,为使科技出版工作在吸收引进外国先进科学技术方面作出应有的贡献,于1986年在全国科技出版社社长总编辑第四届年会上发出倡议,要求发挥科技出版社的优势,协作出版《当代科技重要著作丛书》,在国内系统地翻译出版当代世界有重大影响的科技著作。这一有建设性的倡议,得到全国各家科技出版社的大力支持。在中国出版工作者协会科技工作委员会和各科技出版社的共同努力下,这一工作得到了国内科技界专家、学者的广泛注意和热情支持,各项工作正在逐步开展。

根据我国科学技术研究和发展的总体规划,考虑到国家的现行体制和专业门类,经统筹安排,该套大型丛书划分为两大类共三十六个单元。第一类为高科技领域图书,主要包括的学科有生物技术,信息工程、航天航空、自动化、能源、激光、新材料等;第二类为应用科学领域图书,主要包括的学科有地质、煤炭、石油、冶金、机械、化学、建筑、水利、电力、交通、铁道、邮电、轻工、纺织、农业、林

业、医学、海洋科学、气象学、环境科学、国防科学、数学、力学、物理、化学、天文、地理、生物学、交叉科学、培训图书等。

《当代科技重要著作丛书》的出版工作,数量大,时间长,涉及面广,是一项非常复杂而又艰巨的工作,需要国内科技界的专家、学者以及全国各科技出版社的共同努力,并且需要有志于祖国建设的海外侨胞和人类共同进步事业的外国学者的大力支持。中国出版工作者协会科技工作委员会,为此专门成立了《当代科技重要著作丛书》总编委员会各单元编委会,负责协调丛书的出版工作和各单元出版计划的具体实施。

尽管丛书的出版工作是非常艰巨的,但我们相信,为了祖国的科技进步,为了中华民族的繁荣昌盛,经广大同仁携手努力,丛书必定陆续付梓,以滋国内读者。

中国出版工作者协会
科技出版工作委员会

1990.10

《当代科技重要著作丛书(交通领域)》

序 言

为了及时总结、推广国内专家、学者的科研成果,系统地引进吸收国外先进科学技术,遵照中国出版工作者协会科技出版工作委员会的工作部署,由人民交通出版社和机械工业出版社牵头,联系大连海运学院出版社、大连理工大学出版社、天津大学出版社、同济大学出版社、上海交通大学出版社、天津科技出版社、安徽科技出版社、广东科技出版社、四川科技出版社等十一家出版社,于1988年6月在京共同组成了《当代科技重要著作丛书(交通领域)》出版工作协调小组,以统筹规划实施该套丛书的出版工作。由于丛书涉及的专业面广,而每一出版社又具有不同专业的出版优势,为了充分发挥各出版社的特长,经出席协调小组成立大会的代表共同商议,决定按照学科专业优

势将交通领域当代科技重要著作丛书划分为六个单元,分别组成相应的六个评委会,具体负责选题评定和出版工作。六个评委会及其分工如下:

一、公路、桥梁工程和工程机械单元评委会,由同济大学出版社牵头,安徽科学技术出版社、东南大学出版社、四川科学技术出版社参加,共同负责;

二、港口、航道工程单元评委会,由天津大学出版社牵头,大连理工大学出版社和天津科学技术出版社参加,共同负责;

三、船舶设计、制造单元评委会,由上海交通大学出版社牵头,大连理工大学出版社和天津大学出版社参加,共同负责;

四、船舶运输和营运管理单元评委会,由大连海事大学出版社牵头,广东科技出版社和人民交通出版社参加,共同负责;

五、汽车、起重搬运和港口装卸机械单元评委会,由机械工业出版社牵头,天津大学出版社和人民交通出版社参加,共同负责;

六、交通运输管理和交通工程单元评委会,由人民交通出版社牵头,安徽科学技术出版社、同济大学出版社和东南大学出版社参加,共同负责。

出版这套丛书是一项艰巨复杂的系统工程，需要广大专家学者和十一家出版社同仁持续不断的共同努力。为了我国交通运输业的发展，为了我国科技出版事业的繁荣兴旺，我们深信这一工作将会得到社会各界的大力支持。这套丛书必然融入发展我国交通运输业的这一范畴，对我国交通运输科学技术的发展起到积极的推动作用。

《当代科技重要著作丛书(交通领域)》

出版协调小组

组委会

1990.11.20

前 言

水泥混凝土联锁块铺面是一种新型的铺面形式,它于 20 世纪 80 年代中期传入我国。由于其特有的优越性,迄今已在我国多个码头的堆场工程中得到了应用(以本研究的第一阶段成果为基础),取得了巨大的社会效益和经济效益。1996 年,交通部颁布了相应的工程规范,促使联锁块铺面在我国得到了更为广泛的应用。作为规范方法的提出者,本人在书中汇总了联锁块铺面的主要研究背景、研究过程和技术细节,以便广大同行查阅和参考。

书中所述的研究大致分为两个阶段:第一阶段为 1985 ~ 1986 年,是在我国著名道路工程专家姚祖康教授的指导下和交通部第一航务工程局、第一航务工程勘察设计院的资助下进行的,同时还得到了程家驹、黄学渊和楼海祥老师的指导与帮助;第二阶段是 1991 ~ 1993 年,得到了交通部第四航务工程勘察设计院的资助。在此致以真诚的谢意。

联锁块铺面研究是我研究生涯的起点,是我学术旅程的开端。这里不仅凝结着我的心血和汗水,更浓缩着我对学术研究的最初理解,记录着我初涉研究领域时的好奇、胆怯、迷惘和蹒跚的脚步。正是通过对联锁块铺面的研究,触发了我对研究工作的热爱。一提起联锁块铺面,我就不由得想起了那段难忘的时光,想起了亲手制作的联锁块;想起了那些持续两周的手工备料被环卫师傅用铲车一朝运走后的心情;也想起了在蛇口三突堤码头现场试验前所

作的嘱托。我忘不了我的“联锁块”！

谨将本书献给那些曾经指导、帮助、支持和鼓励过我的众多师长、前辈和朋友们；献给生我养我的父母和辛勤相助的妻子。

孙立军

1998.5.15

目 录

1 引论:背景与现状

1.1 历史沿革	(1)
1.1.1 砖块路面	(1)
1.1.2 石块路面	(2)
1.1.3 木块路面	(3)
1.1.4 混凝土块路面	(3)
1.2 现代联锁块路面	(6)
1.2.1 定义	(6)
1.2.2 典型结构	(7)
1.2.3 特点	(8)
1.2.4 适用场合	(12)
1.3 国外研究现状	(12)
1.3.1 试验研究	(12)
1.3.2 结构分析	(16)
1.3.3 结构设计方法	(18)
1.4 对现状的评价	(20)
1.5 本书结构	(22)

2 联锁块铺面的性能

2.1 现状与目的	(23)
2.1.1 试验研究现状	(23)
2.1.2 试验研究的目的	(26)
2.2 试验概况	(27)
2.2.1 1985~1986年的室内试验	(27)

2.2.2	1991 ~ 1993 年的室内试验	(35)
2.2.3	1991 ~ 1993 年的现场验证试验	(35)
2.3	铺面的性能分析	(37)
2.3.1	基层顶面的压应力	(37)
2.3.2	永久变形	(44)
2.3.3	回弹弯沉	(53)
2.4	铺面的表面特性	(58)
2.4.1	抗滑性能	(58)
2.4.2	噪声	(60)
2.4.3	铺面渗水	(61)
3	联锁块铺面的结构承载理论	
3.1	现状和目的	(64)
3.1.1	对荷载扩散机理的认识和设计考虑	(64)
3.1.2	本章的目的	(66)
3.2	拱效应	(67)
3.2.1	嵌锁的获得与改善	(67)
3.2.2	拱效应	(69)
3.2.3	轴对称性	(72)
3.3	接缝的剪切特性	(74)
3.4	典型荷载-弯沉曲线	(77)
3.5	临界承载状态的判别	(82)
3.5.1	一次微分法	(83)
3.5.2	二次微分法	(84)
3.6	临界弯沉的确定	(84)
3.7	接缝宽度和垫砂厚度的影响	(87)
3.7.1	对承载力的影响	(87)
3.7.2	对弯沉盆的影响	(89)
3.7.3	对基层顶面压应力的影响	(92)
3.7.4	垫砂厚度和接缝宽度的考虑	(96)

4 结构分析方法

4.1 结构分析现状	(98)
4.1.1 弹性层理论和弹性半空间理论	(98)
4.1.2 有限元方法	(99)
4.1.3 板的断裂理论	(104)
4.2 结构分析模型	(106)
4.3 含缝轴对称多层体的有限单元法	(108)
4.3.1 矩形截面环单元的刚度矩阵	(108)
4.3.2 接缝单元的刚度矩阵	(113)
4.3.3 垫砂单元的刚度矩阵	(115)
4.3.4 荷载矢量	(117)
4.3.5 集合求解	(118)
4.3.6 应变和应力的计算	(118)
4.4 铺面结构的力学计算	(120)
4.4.1 计算范围和单元划分	(120)
4.4.2 计算精度	(121)
4.4.3 接缝单元的处理	(125)
4.5 接缝剪切刚度和垫砂系数的确定	(126)
4.6 试验铺面的弯沉计算	(128)
4.7 联锁块铺面的结构计算和分析	(130)
4.7.1 试验铺面的分析	(130)
4.7.2 铺面结构分析方法的比较	(131)

5 港区荷载

5.1 背景与概况	(134)
5.1.1 荷载分级法	(134)
5.1.2 荷载换算法	(140)
5.1.3 动荷系数	(142)
5.2 铺面设计中的荷载考虑	(143)
5.2.1 荷载换算法	(143)

5.2.2	荷载分级法	(144)
5.2.3	荷载的重复作用	(145)
5.2.4	荷载考虑	(146)
5.3	港区常用机械及轴载参数	(146)
5.3.1	流动机械	(146)
5.3.2	堆货荷载	(155)
5.4	港区代表荷载	(156)
5.4.1	流动机械荷载	(156)
5.4.2	重复荷载作用次数	(159)
5.4.3	集装箱荷载	(159)
6	结构设计方法	
6.1	背景概述	(170)
6.1.1	CBR 法	(170)
6.1.2	基于弹性多层体理论的方法	(172)
6.1.3	基于有限元分析的方法	(175)
6.2	设计指标与设计流程	(177)
6.2.1	联锁块铺面的破坏形式	(177)
6.2.2	设计指标	(179)
6.2.3	设计流程	(180)
6.3	铺面结构层材料设计	(182)
6.3.1	联锁块	(182)
6.3.2	垫砂层和填缝砂	(185)
6.3.3	基层和底基层	(186)
6.3.4	土基	(188)
6.4	设计指标计算	(188)
6.4.1	永久变形深度计算	(188)
6.4.2	车辙深度计算	(197)
6.4.3	弯沉计算	(198)
6.4.4	基层底面应力应变计算	(200)

6.5	荷载考虑	(200)
6.5.1	荷载图式	(200)
6.5.2	荷载换算	(200)
6.6	设计指标的容许值	(201)
6.7	港区堆场、道路铺面厚度设计诺谟图	(202)
6.7.1	典型断面形式	(202)
6.7.2	诺谟图形式考虑	(202)
6.7.3	联锁块厚度设计	(203)
6.7.4	材料参数范围	(203)
6.7.5	诺谟图绘制	(204)
7	联锁块铺面的施工与养护	
7.1	现状与目的	(210)
7.2	联锁块铺面的施工	(211)
7.2.1	施工流程	(211)
7.2.2	一般路段的施工	(212)
7.2.3	特殊部位的施工	(223)
7.2.4	施工验收	(226)
7.3	联锁块铺面的养护	(230)
7.3.1	预防性养护	(230)
7.3.2	清扫和污迹清除	(230)
7.3.3	翻修	(231)
	参考文献	(233)

1 引论:背景与现状

1.1 历史沿革

采用块体材料砌筑路面已有悠久的历史。在这种筑路方法的历史演变过程中,不同时代用于制作块体的材料和制作工艺都不相同,这种不同正是反映了技术水平的高低和时代的差异。按照时间顺序,先后有四种类型的块体被用于路面的砌筑,这四种类型的块体是砖块、石块、木块和混凝土块。

1.1.1 砖块路面

据报道,砖块用于路面砌筑已有 5000 年的历史(Shackel B. 1992),砌筑中甚至使用过天然沥青作为粘结剂,这也是沥青材料在道路工程中的首次应用。然而,这些砖块并不是现代意义上的砖块,它没有经过高温釉化处理,耐久性差,因而也未能得到广泛的应用。

经过高温釉化处理的铺路窑砖最早出现在欧洲,至今已有 200 多年的历史,最初只用于人行道,车行道因承受钢轮车辆荷载的作用而只能用石块铺筑。在橡胶轮胎出现之后,窑砖则越来越多地用于车行道的铺筑。

砖块路面在欧洲的使用最为广泛。例如,60 年代以前,荷兰大部分州的道路系统均用砖块铺筑。19 世纪后叶,砖块路面传入美洲,并在二次大战前得到了广泛的应用。即便在今天,许多城市(如罗马、梵蒂冈)道路的沥青面层之下依然是砖块路面。

在使用砖块路面的漫长历史进程中,砖块的形状和大小一直