

水泥混凝土路面 施工技术

傅智 著

SHUINI HUNNINGTULUMIAN SHIGONGJISHU



同济大学出版社

水泥混凝土路面施工技术

傅 智 著

附:《公路水泥混凝土路面施工技术规范》
(JTGF30-2003)

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥混凝土路面施工技术/傅智著. —上海: 同济大学出版社, 2004. 3

ISBN 7-5608-2632-6

I. 水… II. 傅… III. 水泥混凝土路面-施工技术 IV. U416.216.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 110849 号

水泥混凝土路面施工技术

傅 智 著

责任编辑 易颖琦 责任校对 徐 栩 封面设计 李志云

出 版 行 同济大学出版社

(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 苏州望电印刷有限公司印刷

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 28.75

字 数 575000

印 数 1—5100

版 次 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2632-6/TU·530

定 价 41.80 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换

序 言

随着我国大规模基础设施工程建设高潮的到来,公路工程作为建设的先锋在近年来得到飞速发展,其中尤以水泥混凝土路面为最。1980年我国水泥混凝土路面里程仅1600km,占当时沥青混凝土和水泥混凝土高级路面的11%,到1990年和2000年分别达到了11400km和118600km,占24%和46%,预期到2003年底将超过230000km,占高级路面的比例近60%。这一发展速度远远超过了房屋建筑等其他土建工程。

水泥混凝土路面可以根据不同需要采用素混凝土、一般配筋混凝土、连续配筋混凝土、预应力混凝土以及纤维混凝土。国内过去主要采用素混凝土路面,因为施工简单,不需大型和复杂的机具。但在发达国家,水泥混凝土路面被更广泛地用于重载交通,这就需要采用先进的配筋混凝土路面和滑模摊铺机等大型施工设备。面对近年来国内交通高流量、重车载所带来的公路过早破坏的严重现象,当前亟待提高混凝土路面的设计标准和施工技术水平。与沥青路面相比,水泥混凝土路面的维护费用小、使用寿命长,全寿命成本远低于沥青路面。从原料供应看,我国的路面沥青资源相当匮乏,而水泥供应却相对宽裕,进口沥青不但价高,而且存在类似石油危机那样的供应风险。有的国家如英国、南非,水泥混凝土路面所占的比例较低,但也出于材料来源供应及价格等因素的考虑,规定公路工程招标时需要包含水泥混凝土刚性路面和沥青混凝土柔性路面两种方案,以保证水泥混凝土路面达到一定的比例。从我国国情出发,我们必须大力发展水泥混凝土路面。

水泥混凝土路面在行车舒适度、排水、视觉、噪声控制等方面确实不及沥青混凝土路面,但这些弱点可以通过适当的构造措施与提高施工技术以及采用先进的施工机具得到改善或加以克服。这就需要我们特别重视路面的施工技术和施工质量,尽快提高水泥混凝土路面的施工水平。

与柔性的沥青路面不同,刚性的水泥混凝土路面主要通过梁、板那样的抗弯作用,将路面交通荷载传到路基土体并使基土所受的压力能够减少到可以承受的程度,它更像一种承重的结构构件,其设计分析和施工的难度并不低于一般的土建结构工程。由于历史的原因,我国土建结构工程承载能力的安全设置水准较低,对结构耐久性的要求更为低下;同时,一些规范、规程等技术标准的内容十分陈旧,跟不上新技术的快速发展,规范的某些条文甚至成为技术进步的阻力和绊脚石,比如在混凝土施工中,使用粉煤灰等矿物掺和料和引气剂就受到限制或阻拦,而合理应用这些掺和料和外加剂,本应是提高混凝土质量的主要手段之一,规范在类似这些问题上所产生的不良影响和负面作用至今在工程界尚未得到消除。近年来,随着可持续发展观念的

觉醒,国际上对于提高土建工程基础设施使用寿命的呼声也日益高涨,路面的设计使用年限也应提高,这是节约资源与追求经济合理的根本途径。为了耐久性,我们需要更加突出水泥混凝土的施工水平,因为施工质量高低对于混凝土耐久性的影响,要远远超出对于混凝土强度或承载力的影响,现行施工规范的一些要求多基于保证强度的需要,而不能满足保证耐久性的需求。

傅智博士将这本书的初稿送我阅读,使我得以学到不少知识。书中全面介绍了水泥混凝土路面施工的新技术,强调水泥混凝土路面工程要有高标准,并将这些引入了他主持编写的有关规范等技术标准中。这本著作是作者在水泥混凝土路面上进行长期研究并深入工程现场从事推广应用的辛勤劳动的结晶,对于提升我国水泥混凝土路面的质量和技术水准定将起到重大的作用,其带来的技术经济和社会效益将是巨大的。作者嘱我为本书作序,但我至多仅对一般混凝土结构有些了解,从未有过公路路面工程的任何实践,实在没有资格完成这个任务,只是学习以后,有感于本书对于我国当前大规模公路工程建设的重要价值,作为一个读者,在这里说些读后的感想与收获。

陈肇元

2004年1月

(注:作作者为中国工程院院士、清华大学教授。)

前 言

本书是作者自 1991 年从同济大学博士毕业以来,在交通部公路科学研究所工作 13 年来的研究工作和施工经验的总结,其内容基本上按照作者主编的交通部公路行业标准《公路水泥混凝土路面施工技术规范》JTJG F30-2003 著成(书后附有该规范正文)。本书除了作为从事水泥混凝土路面建设、施工、监理、养护和质检等部门和单位的工程技术人员、管理人员的技术参考书外,也可作为公路工程专业硕士研究生的教材。

自 20 世纪 90 年代以来,我国水泥混凝土路面以前所未有的速度迅速发展,1990 年,我国建成的水泥混凝土路面仅 11373km,到 2002 年年底,我国已经建成水泥混凝土路面为 167517km,增长了 14.7 倍,13 年中净增 156144km,13 年的平均增长率为 25.12%,截至 2002 年年底,我国水泥混凝土和沥青两种高级路面的总里程为 288644km,水泥混凝土路面占 58%。目前,水泥混凝土路面每年在建规模超过 25000km,中国已经成为当今世界上拥有水泥混凝土路面里程最多的国家之一。

2003 年 3 月全国交通工作会议期间,交通部提出“让农民兄弟走上水泥路和沥青路”。具体举措是今后 5 年国家将投入 900 亿元,建设县乡、乡镇与农村公路,2003 年落实的计划是完成 76000km。按照我国的资源状况,县乡公路要因地制宜,更多地采用水泥混凝土路面来建设。预计 2003 年年底我国水泥混凝土路面的建设规模将会得到更加迅猛的发展,建成不少于 50000km。

本书针对水泥混凝土路面高速发展的现状,系统全面地总结 13 年来我国大规模水泥混凝土路面建设与养护的经验和教训,提高水泥混凝土路面建设与养护技术水平和工程质量,为我国公路水泥混凝土路面的可持续发展储备后劲,编写这部《水泥混凝土路面施工技术》的专著不仅是十分必要的,而且是目前我国公路工程建设所急需的。

本书全面系统地总结了我国 13 年来在水泥混凝土路面施工与养护技术方面所使用的先进机械装备、新材料、新工艺、新技术和新经验。全书分为十四章,其中第三章原材料技术要求;第四章混凝土配合比;第五章施工准备;第六章混凝土拌合物搅拌与运输;第七章混凝土面层铺筑;第八章钢筋与钢纤维混凝土路面和桥面铺筑;第九章面层接缝、抗滑与养生;第十二章特殊气候条件下的施工;第十三章施工质量检查与验收和第十四章安全生产和施工环保这十章内容基本按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTJG F30-2003)编写。本书从实际水泥混凝土路面工程建设的需要出发,增补了两章两节,即第十章水泥混凝土路面加铺与拓宽;第十一章混凝土砌块路面施工;第八章中增补了第五节隧道钢纤维混凝土路面铺筑及第十三章中增补了

第五节竣工验收前质量检查与修整。

这样编写的目的—一是让广大工程师们充分理解施工规范对水泥混凝土路面施工技术细节的规定；二是对广大工程技术人员读者进行施工规范的宣贯，在工程实践中，自觉遵循施工规范的技术要求，并加以发展和提高。使我国水泥混凝土路面高速发展期间，能够确保新建、改建与养护水泥混凝土路面工程的质量和切实延长其使用寿命。

由于编著者的水平有限，加之水泥混凝土路面施工与养护新技术发展很快，本书对全国各地成功经验的总结亦不尽全面，疏漏和错误在所难免，恳请广大读者批评指正！

傅 智

2003 年 8 月

目 录

序 言

前 言

第一章 概述	(1)
第一节 国外水泥混凝土路面施工新技术的发展概况	(1)
第二节 我国水泥混凝土路面施工技术的现状与发展	(5)
第三节 水泥混凝土路面的优缺点	(17)
第四节 我国发展水泥混凝土路面的社会经济意义	(19)
第五节 我国水泥混凝土路面的发展——挑战和机遇并存	(23)
第二章 路基、垫层、基层与封层	(29)
第一节 路基	(29)
第二节 垫层	(33)
第三节 基层	(35)
第四节 封层	(41)
第五节 贫混凝土基层	(43)
第三章 原材料的技术要求	(51)
第一节 水泥	(51)
第二节 粉煤灰及其他掺合料	(66)
第三节 粗集料	(68)
第四节 细集料	(80)
第五节 混凝土用水	(87)
第六节 外加剂	(87)
第七节 钢筋	(96)
第八节 钢纤维	(100)
第九节 接缝材料	(104)
第十节 其他材料	(111)
第四章 路面混凝土配合比设计与施工控制	(117)
第一节 普通混凝土配合比设计	(117)
第二节 钢纤维混凝土配合比设计	(130)

第三节	碾压混凝土配合比设计·····	(135)
第四节	配合比确定与施工控制·····	(141)
第五章	施工准备·····	(144)
第一节	建立健全施工质量保证体系·····	(144)
第二节	施工组织·····	(147)
第三节	搅拌场设置·····	(149)
第四节	摊铺前材料与设备检查·····	(151)
第六章	混凝土拌合物搅拌和运输·····	(153)
第一节	搅拌设备·····	(153)
第二节	拌和技术要求·····	(155)
第三节	运输车辆·····	(161)
第四节	运输技术要求·····	(162)
第七章	混凝土面层铺筑·····	(165)
第一节	滑模机械铺筑·····	(165)
第二节	模板及其架设与拆除·····	(186)
第三节	三辊轴机组铺筑·····	(190)
第四节	轨道摊铺机铺筑·····	(198)
第五节	小型机具铺筑·····	(200)
第六节	碾压混凝土面层施工·····	(208)
第八章	钢筋及钢纤维混凝土路面和桥面铺筑·····	(222)
第一节	钢筋混凝土路面铺筑·····	(222)
第二节	钢筋混凝土桥面铺装·····	(234)
第三节	钢纤维混凝土路面和桥面铺筑·····	(244)
第四节	钢筋、钢纤维混凝土桥面滑模铺装·····	(247)
第五节	隧道钢纤维混凝土路面的滑模铺筑·····	(258)
第九章	面层接缝、抗滑与养生·····	(267)
第一节	接缝施工·····	(267)
第二节	抗滑构造施工·····	(281)
第三节	混凝土路面养生·····	(286)
第十章	水泥混凝土路面加铺与拓宽·····	(289)
第一节	水泥混凝土路面表面功能恢复·····	(290)
第二节	水泥混凝土路面加铺前的准备·····	(299)

第三节	水泥混凝土面层加铺·····	(304)
第四节	水泥混凝土面层拓宽·····	(308)
第五节	旧水泥混凝土路面的破碎稳固技术·····	(312)
第十一章	混凝土砌块路面施工·····	(317)
第一节	适用场合及施工方式选择·····	(317)
第二节	砌块路面材料·····	(318)
第三节	砌块路面路缘基座施工·····	(322)
第四节	砂垫层施工·····	(323)
第五节	砌块路面铺砌·····	(324)
第六节	砌块路面施工质量检验和检查验收·····	(327)
第十二章	特殊气候条件下的施工·····	(330)
第一节	一般规定·····	(330)
第二节	雨天施工·····	(330)
第三节	刮风天施工·····	(332)
第四节	高温季节施工·····	(333)
第五节	低温季节施工·····	(335)
第十三章	施工质量检查与验收·····	(337)
第一节	一般规定·····	(337)
第二节	铺筑试验路段·····	(337)
第三节	施工质量管理与检查·····	(338)
第四节	交工质量检查验收·····	(344)
第五节	竣工验收前的质量检查与修整·····	(346)
第六节	工程施工总结·····	(350)
第十四章	安全生产及施工环保·····	(351)
第一节	一般规定·····	(351)
第二节	安全生产·····	(351)
第三节	施工环境保护·····	(352)
主要参考文献 ·····		(354)

附录 《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30-2003)

1 总则 ·····	(365)
-------------------	--------------

2 术语	(365)
3 原材料技术要求	(367)
3.1 水泥	(367)
3.2 粉煤灰及其他掺合料	(368)
3.3 粗集料	(369)
3.4 细集料	(370)
3.5 水	(372)
3.6 外加剂	(372)
3.7 钢筋	(373)
3.8 钢纤维	(374)
3.9 接缝材料	(374)
3.10 其他材料	(375)
4 混凝土配合比	(376)
4.1 普通混凝土配合比设计	(376)
4.2 钢纤维混凝土配合比设计	(381)
4.3 碾压混凝土配合比设计	(383)
4.4 贫混凝土配合比设计	(386)
4.5 配合比确定与调整	(388)
5 施工准备	(389)
5.1 施工机械选择	(389)
5.2 施工组织	(389)
5.3 搅拌场设置	(390)
5.4 摊铺前材料与设备检查	(390)
5.5 路基、基层和封层的检测与修整	(392)
5.6 贫混凝土基层铺筑与质量检验	(393)
6 混凝土拌合物搅拌与运输	(394)
6.1 搅拌设备	(394)
6.2 拌和技术要求	(395)
6.3 运输车辆	(397)
6.4 运输技术要求	(397)
7 混凝土面层铺筑	(398)
7.1 滑模机械铺筑	(398)
7.2 模板及其架设与拆除	(402)
7.3 三辊轴机组铺筑	(404)
7.4 轨道摊铺机铺筑	(406)
7.5 小型机具铺筑	(407)

7.6	碾压混凝土面层施工	(410)
8	钢筋及钢纤维混凝土路面和桥面铺筑	(412)
8.1	钢筋混凝土路面铺筑	(412)
8.2	钢筋混凝土桥面铺装	(415)
8.3	钢纤维混凝土路面和桥面铺筑	(417)
9	面层接缝、抗滑与养生	(418)
9.1	接缝施工	(418)
9.2	抗滑构造施工	(422)
9.3	混凝土路面养生	(423)
10	特殊气候条件下的施工	(423)
10.1	一般规定	(423)
10.2	雨季施工	(424)
10.3	风天施工	(424)
10.4	高温季节施工	(425)
10.5	低温季节施工	(425)
11	施工质量检查与验收	(426)
11.1	一般规定	(426)
11.2	铺筑试验路段	(426)
11.3	施工质量管理与检查	(427)
11.4	交工质量检查验收	(430)
11.5	工程施工总结	(430)
12	安全生产及施工环保	(430)
12.1	一般规定	(430)
12.2	安全生产	(431)
12.3	施工环境保护	(431)

致谢

第一章 概 述

第一节 国外水泥混凝土路面施工新技术的发展概况

一、水泥混凝土路面发展简史

水泥混凝土路面作为一种高级刚性路面结构形式,其最早建造史可追溯到大约公元前一世纪,当罗马人在偶然机会了解到火山灰可以作水硬性胶凝材料,使用在建筑、水利、港口工程上时,就开始应用到重要的道路和广场工程上了。这从近代进行的考古发掘中可得到证明。

由历史记载可知,我国混凝土路面和地坪的最早使用始于秦汉时期,从长城、圆明园古建筑及一些古墓的考古发掘中见到的混凝土是以熟糯米浆和石灰作胶凝材料的,充填料是砂和河卵石,其粒料级配组成与现代水泥混凝土很接近,惟独胶凝材料不是水泥。所以,中国堪称是世界上聚合物混凝土的鼻祖。目前,在安徽省黄山市西递村尚能见到这种混凝土地坪实物,据考证是宋朝时期遗留的古建筑内地面。从磨损后的表面上看,其材料结构、砂石料级配和色泽与现代意义上的混凝土几乎一致。

近现代意义上的水泥混凝土路面在欧洲是从 1824 年 10 月 21 日英国工匠 Leads 和 J. Aspdin 取得了波特兰水泥的发明专利后,开始发展起来。

全世界第一条水泥混凝土路面是 1865 年在英国修筑的,至今已有 138 年的历史。

1914 年德国人 Friedrich Todt 博士在柏林建造了汽车专用城市道路;美国在纽约长岛私人住宅的道路上开始使用水泥混凝土路面。

大约在 1924 年,法国运输部公路局总工程师 Daniel Boutet 在法国 43 号公路上开始进行连续板块式混凝土路面试验并铺筑了长度大约 100km 的水泥混凝土路面,当时采用的路面厚度为 18cm,横向接缝为 10~20m,采用的是小搅拌机拌和得很干硬的水泥混凝土,需要采用夯实石碾夯碾密实。同时,比利时在矿区道路上开始使用水泥混凝土路面。

1930 年前后,美国开始使用水泥处置土做地坪和重交通道路的基层,并用水泥混凝土建设其重要公路干线和城镇道路路面。当时建设的某些城镇水泥混凝土路面有的至今还在使用,没有大修过。美国使用年限最长的水泥混凝土路面达 78 年之久。

1933 年,水泥混凝土路面在各主要的发达国家大量使用并发展起来,德国在当时还没有沥青路面高速公路情况下,建成了全世界第一条水泥混凝土路面的高速公

路。

1938年,法国、比利时、北爱尔兰都建成了水泥混凝土路面汽车专用公路。

20世纪30年代发展起来的水泥混凝土路面,板厚为24cm(包括上层5cm的磨耗层)。这一时期,经过多年的试验观测,水泥混凝土路面的经验性设计理论、计算方法和施工技术迅速地发展建立起来。

我国第一条水泥混凝土路面是1928年在浙江奉化溪口镇修筑的,当时采用日本进口的水泥,至今已有75年的历史。自1936年开始,我国引进德国技术设备,在唐山建立了第一家生产和销售水泥的启新洋灰公司,开始在室内建造水泥混凝土地面和室外地坪,并在该工厂建造一段示范水泥混凝土路面试验段。抗战时期,在天津和沈阳等处,日本帝国主义在我国督造了少量水泥混凝土路面,板厚大约20cm左右。很可惜,随着经济发展,这些最早在我国建造的水泥混凝土路面都没能保留下来。

二、国际上水泥混凝土路面建造与养护技术发展概述

世界上无论发达国家,还是发展中国家,对水泥混凝土路面建造技术都一直在进行研究和总结,使得水泥混凝土路面在技术上日臻完善,经济上显示出一定的优势,并得到较大范围的应用。特别是在高等级重交通的道路上,水泥混凝土路面有了较快的发展。例如,美国在全国公路网的建设和完善中,对于交通繁忙、汽车载重量较大或增大的道路,更多地选择建造水泥混凝土路面,20世纪90年代兴建的承受重交通的高速公路中,有51%的州际道路和15%的一级联邦资助道路,采用水泥混凝土路面。英国1970年后建造的主要干线公路中,约22%为水泥混凝土路面。法国自1972年以来,每年新建干线公路中,水泥混凝土路面所占的比重平均为10%。1982年加拿大水泥混凝土路面占高级路面的比重为10%以上。比利时的研究认为,在各级公路上均可建造水泥混凝土路面,即使建造成本略高于沥青路面,但从长远考虑,则更为经济。因此,比利时公共工程部确定新建公路多采用水泥混凝土路面,而沥青路面则主要用于已有公路的改建。澳大利亚悉尼至黄金海岸的高速公路、韩国汉城至釜山高速公路均采用水泥混凝土路面。日本高速公路水泥混凝土路面的比例约占10%。

国际上的水泥混凝土路面的发展,经历了两大发展时期,一个是在20世纪30~40年代,随着汽车工业的发展,战争物质和军队的调运,客观上对路面的质量要求大大提高。这一时期,最明显的标志是德国建设的全世界第一条汽车专用高速公路,是使用水泥混凝土路面结构形式。当时几乎所有的发达国家,如日本、美国、英国、法国、比利时都竞相发展水泥混凝土路面,有的将他们的水泥混凝土路面技术扩散到其殖民地半殖民地国家,如中国等。这个时期水泥混凝土路面主要施工方式是小规模的人工辅助以小型机具。

第二个时期,是20世纪60~70年代,世界性的石油能源危机,使一些主要使用沥青建造高速公路网的国家,如美国、法国、西德等,认识到必须尽量减少高速公路建

设对石油沥青的依赖性,节约沥青资源和能源。在高速公路水泥混凝土路面技术上开始新一轮的研究开发,从国家战略利益考虑,增加了对水泥混凝土路面的科技投入和建设规模。不仅设计理论和计算方法有了更新和提高,而且主要的施工方式已从人工施工向大规模机械化施工进步,建立了目前广泛采用的轨道链式机组和快速滑模摊铺机施工方式。在此期间,由于要求水泥混凝土路面要适应各种各样的地质地形条件,发展了水泥混凝土路面的多种新型结构形式,如钢筋混凝土路面,预应力钢筋混凝土路面,混凝土砌块路面等。这一时期,美国从政策上扶持水泥混凝土路面的建设,由原来水泥混凝土路面在公路网中只占 20% 发展到 20 世纪 80 年代后期占 49% 左右。法国和西德也开始打破沥青路面占绝对主导的格局,加速发展了一部分水泥混凝土路面。

我们注意到,国际上各国在发展水泥混凝土路面技术上的一个重要特征是密切结合本国实际和资源约束条件,其直接影响因素是本国水泥和沥青资源供给和价格情况,美国是典型的黑白两种路面几乎均等“黑白并举”的国家,在整个国家高速公路网中,水泥混凝土路面占 49%;沥青路面占 51%,其原因除了能源方面的考虑外,其经济对比分析是建立在建设、维修、养护全部建设和运营总费用最省的价值工程基础上,强调在路面使用年限内,每平方米每年的价格最节省、投资效益最高。这样水泥混凝土路面即使建设费用较高,但使用寿命长、全使用过程投入不高,也能被选用。法国和原西德是水泥混凝土路面比重相对较少的国家,原东德几乎全部是水泥混凝土单一路面,原因取决于水泥和沥青资源的供应、单价和带动其他工业部门发展的情况。

由于欧美发达国家的路网已经基本建成,目前最大的工作是道路养护工作。国外水泥混凝土路面养护和修复方面的研究工作起步较早,英国 1986 年由运输部和水泥、混凝土协会共同编制出版了《水泥混凝土路面养护和维修手册》,该手册总结了英国的养护经验,介绍了水泥混凝土路面损坏种类、原因及养护维修方法,修复工艺、养护材料、维修设备等内容。对于旧水泥混凝土路面的损坏检查、接缝损坏修复、表面损坏修复、结构损坏补强、紧急与临时修复等给出了技术规定。美国联邦公路管理局 1985 年制定出版了《路面修复手册》,系统地介绍了美国水泥混凝土路面修复方面的内容,并于 1988 年进行了修订。美国的该手册对水泥混凝土路面的回收、全深度混凝土的补块、板下封堵、水泥混凝土路面的破碎稳固、路面结构边缘渗透排水、防止罩面反射裂缝等方面都提出了具体规定。比利时道路管理局建立了对国道进行 2~4 年定期系统性测量和检查制度。法国的养护策略系统包括 GERPHD(摄影测量)、SCRIM(摩擦系数)、APL(纵断面分析仪)、DMDB(混凝土板唧泥)和 COLL-DGEAPHE(荷载传递)等。英国在评定水泥混凝土路面状况方面,也建立了相应的管理制度。20 世纪 90 年代初,澳大利亚对回收混凝土的利用也展开了大量的研究工作。

目前,国际上的水泥混凝土路面发展得也很快,主要的新技术有以下几种:

(1) 滑模摊铺水泥混凝土路面 20 世纪 80 年代以来,欧美各国在水泥混凝土路面施工技术上逐渐摆脱了对轨道链式机组的依赖,各级公路水泥混凝土路面铺筑基本上全部采用了滑模摊铺技术,不仅高速公路依靠大型滑模摊铺机铺筑,乡间小道也采用小型滑模摊铺机建造。1999 年作者对德国、法国考察时,了解他们生产的轨道摊铺机本国并不使用,基本上是出口到亚非拉发展中国家。欧美各国的滑模摊铺技术尽管最初是从路面开始开发的,现在已经发展到了高层建筑筒塔、高速铁路连续钢筋混凝土道床、水利工程中的运河、堤坝、护岸、水渠等,公路工程中的路面、路缘石、护栏、排水沟等。只要是断面规则不变的混凝土土木工程结构均可使用滑模施工技术。

(2) 钢筋混凝土路面 欧美各国在高速公路上大力发展连续配筋混凝土路面,根据工程需要其配筋量差异很大,既有很稀疏的配筋路面,也有很密集的强配筋混凝土路面,消除了绝大部分接缝,使高速公路混凝土路面的承载能力更强、行车舒适性与安全性更好、使用寿命更长。

(3) 低噪音混凝土路面 由于欧美各国对环保要求的提高,对水泥混凝土路面上的噪音提出了更严格的要求,所以,近年来,欧美各国加紧了对水泥混凝土路面低噪音技术的研究,其主要研究目标是将水泥混凝土路面的噪音水平降低 2~3 分贝,达到沥青路面相同的水平。1998 年,德国维特根滑模摊铺机厂商开发出的单机一次双层施工的滑模摊铺机,已经可以方便地一次摊铺水泥混凝土路面下结构层与低噪音混凝土路面表层。表层低噪音混凝土采用单一粒级 5~7 mm 玄武岩耐磨光碎石、抗压强度达到 70MPa 以上的高性能混凝土,下部结构混凝土振捣密实,表面湿软时,就摊铺表层,表层厚度 50mm,使用粗钢辊密集夯实。滑模摊铺机表层铺筑完毕,立即喷洒超缓凝剂,然后用专用刷浆机,制作裸露粗集料的低噪音表面。

(4) 混凝土路面加铺层 近年来,欧美国家在大力发展混凝土加铺层技术,例如,在老沥青路面上加铺的小块薄混凝土路面,结合式薄层混凝土加铺层,快速加铺层技术等。小块路面与加铺层均采用滑模摊铺机制作,然后切块或切缝,降低应力水平,提高平整度和使用年限,小块路面的设计与沥青路面相仿,是采用小块刚性材料制作的柔性路面,是平整度优良的便捷养护修复的“活”路面。我国已经开始建造这种路面,以便对付建设期限有限,路基严重不稳定的高等级公路水泥混凝土路面。

(5) 水泥混凝土路面快速养护 由于欧美发达国家的路网已经基本建成,目前最大的工作是道路养护工作,美国甚至建起了水泥混凝土路面医院,专门研究和开发混凝土与水泥路面修复和养护技术,其中不少技术已经推行到我国。例如,水泥混凝土路面的板底浅层低压灌浆技术、超快硬水泥混凝土路面修补材料与技术、破碎稳固技术、使用寿命在 5~10 年的填缝材料技术等。

第二节 我国水泥混凝土路面施工技术的现状与发展

一、我国水泥混凝土路面发展概述

1. 我国水泥混凝土路面发展现状

我国水泥混凝土路面尽管已经有了 70 多年(从 1928 年算起)的发展历史,但是,在半封建、半殖民地旧中国,不仅其修筑的数量极少,总里程不足 30km,而且设计理论和计算方法也是空白,完全参照西方发达国家的设计规范,施工技术也极端落后。

解放后,我国水泥混凝土路面首先在城镇道路上得到较快发展,在公路上使用起步较晚,但 20 世纪 90 年代的发展速度非常迅猛。由交通部公路司发布的统计数据见表 1-1。

表 1-1 我国水泥混凝土路面建设里程统计表

年 份	1960	1970	1980	1990	1996	1997	1998	2000	2001	2002	2003
里程(km)	60	200	1600	11373	56625	68740	83652	118576	140745	167517	199000
占当年建成高级路面比例(%)	2.2	3.9	11.0	24.4	36.3	37.8	40.3	46.2	52.1	58.0	58.0

由于交通部很早就认识到我国沥青资源的匮乏,道路沥青年缺口达 100 万吨,质量较差,含蜡量高;而水泥资源富足,我国连续 20 年是世界上第一大水泥生产国,2003 年产水泥 8.2 亿吨,年出口水泥约 2000 万吨。鉴于水泥价格低廉的现实情况,从“六五”、“七五”计划开始,交通部对水泥混凝土路面就给予高度重视和大力推广。20 世纪 80 年代,交通部对建设水泥混凝土路面曾给予 20 万元/km 的补助,取得了非常显著的效果,这从表 1-1 中可以看到。随着我国水泥混凝土路面造价的降低,建设水泥混凝土路面比沥青路面造价节省,补助逐步取消。

由表 1-1 可见,目前我国水泥混凝土路面每年建设里程已经在 15000~25000km 左右,比 1990 年以前 40 年的建设总和还要多。1990 年底我国公路水泥混凝土路面里程仅有 11373km,到 2003 年底发展到 199000km。12 年中增加了 188144km,增长 14.7 倍,平均年增长率为 25.12%。我国目前在高速公路上水泥混凝土路面约占 25%左右,但在二级以下公路上,不少地方已经是水泥混凝土路面为主。

这样快的发展速度,这么巨大的建设规模,不仅在中国,而且在世界各国水泥混凝土路面发展史上,都是罕见的、绝无仅有的。作者预计随着滑模机械化施工技术的普及、技术水平和路面质量的提高,我国水泥混凝土路面在相当长的时期内将继续保持高速增长。到 2003 年,我国水泥混凝土路面总里程已达到 199000km。当年建成的水泥混凝土路面 32000km,占全部高级路面(沥青路面与水泥路面总和)的比例已达到 58%,不仅达到了与沥青路面平分秋色的局面,而且已经超过一半。实现了“因