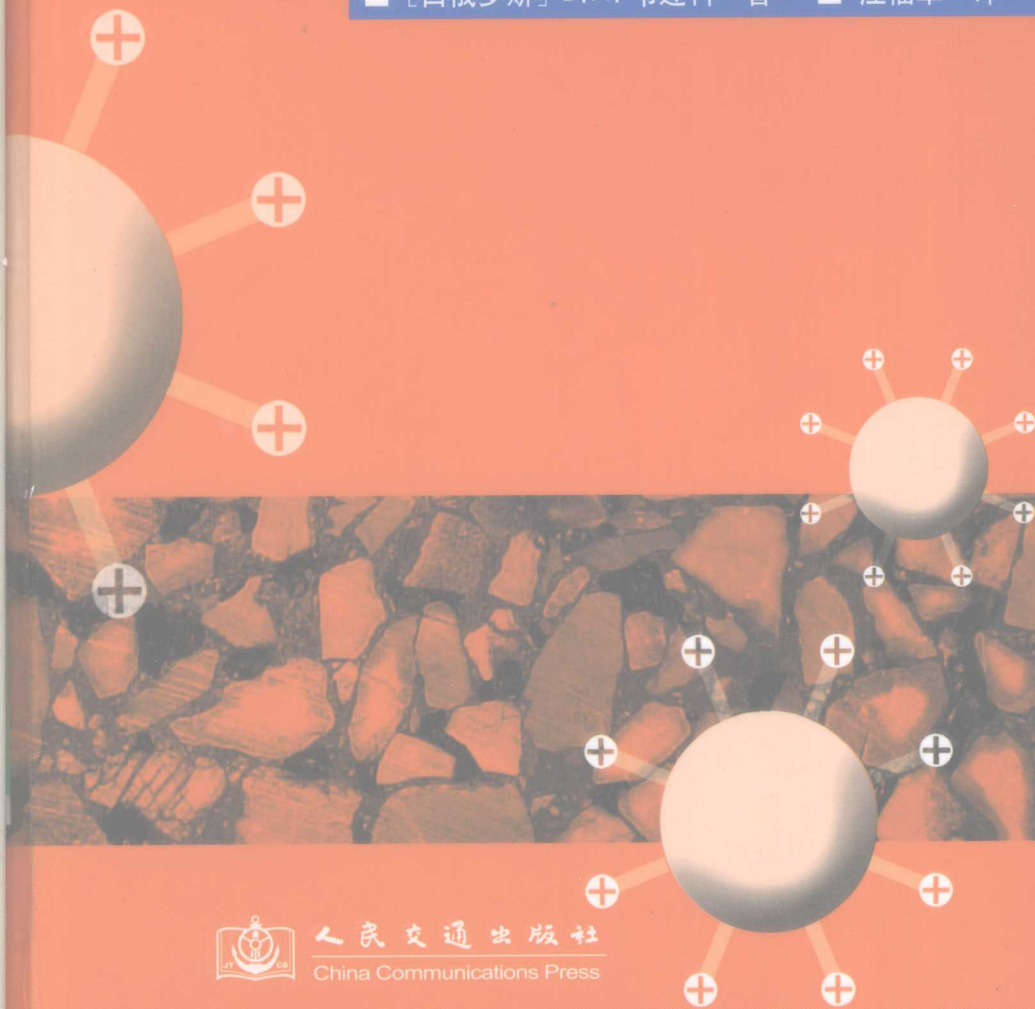


路用新材料

■ [白俄罗斯] B.A. 韦连科 著 ■ 汪福卓 译



人民交通出版社

China Communications Press

New Materials for Pavement Construction

路用新材料

[白俄罗斯] B. A. 韦连科 著
汪福卓 译

人民交通出版社

内 容 提 要

本书对路用新材料及新工艺作了详细、深入的分析 and 研究, 并对其在路面施工中的应用作了进一步的探讨, 内容包括: 路用改性沥青及沥青混凝土的基本原理、路用有机水硬性胶结料混凝土、乳化沥青及其在道路施工中的应用、专用沥青混凝土等。书中有关复合混凝土即有机水硬性胶结料的论述, 尤其值得国内的工程技术人员借鉴参考。

本书可供路面设计、施工及科研人员使用, 也可供高等院校师生教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

路用新材料/ [白俄罗斯] B. A. 韦连科著; 汪福卓译. —北京: 人民交通出版社, 2008. 4

ISBN 978-7-114-07067-9

I. 路… II. ①韦…②汪… III. 道路工程—建筑材料
IV. U414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 041923 号

书 名: 路用新材料

著 作 者: [白俄罗斯] B. A. 韦连科

译 者: 汪福卓

责任编辑: 刘永超

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) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 880 × 1230 1/32

印 张: 6

字 数: 155 千

版 次: 2008 年 4 月第 1 版

印 次: 2008 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07067-9

印 数: 0001 ~ 3500 册

定 价: 28.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

谨以此书献给为中国公路事业辛勤工作的人们！

中国—白俄罗斯道路建设研究中心
河南省高远公路养护技术有限公司

通用分类：625.73-192 (075.8)

图书馆目录编号：39.311

出版发行：31

审 阅 者

布谢尔 A. B.：白俄罗斯国家技术大学木材运输教研室工程
博士

韦连科 A. B.

B 31 路用新材料：教科书

参考书/B. A. 韦连科—明斯克：УП《Технопринт》2004-
170 页。

ISBN 985-464-634-3

在本教学参考书中，作者对新材料及新工艺作了详细、深入的分析和研究，并且对其在道路路面建筑施工中的一些具体应用作了进一步的探讨。本书的内容包括：改性沥青混凝土、有机水硬性胶结料混凝土、特种沥青混凝土等。对实际操作中所反映出的各种问题，本书不仅从技术层面上对其进行了评估，而且还涉及到了所产生的经济效益问题。

此书可作为公路专业的学生提高技能水平的指定用书，同时也适于专业研究生和大学生用作参考资料。

© B. A. 韦连科，2004

序

在道路建设工程技术方面，材料与结构密切相关，建筑材料的发展是建筑结构进步发展的基础，当今宏伟的跨海大桥和高速公路都是现代建筑材料的产物。

《路用新材料》一书是白俄罗斯著名道路专家弗拉季米尔·韦连科教授关于道路材料科学的最新研究成果，该著作在世界范围内相关领域都产生了积极影响。

《路用新材料》中关于有机水硬性胶结材料的论述，是道路材料学领域从事研究开发的一个重点。在传统的刚性和柔性两类路面材料之间，有机水硬性胶结材料作为一个新品，具有刚柔相济的优良特性，可以广泛地应用于公路建设和维修工程中，如：车辙修复、表面处治、路面再生等。有机水硬性胶结材料通常是以水泥和乳化沥青混合胶浆作为集料结合条件的一种冷拌混合料，其中乳化沥青需要破乳脱水表现出结合力，水泥则需要经过水化热过程结晶固化，两者互成条件，形成了立体网状的微观结构，因而兼有有机和无机材料胶结混凝土产品的双重优势。有机水硬性胶结材料技术的推广应用，为实现未来经济、节能、环保的公路建设具有重要意义。

《路用新材料》译本，是中国—白俄罗斯道路科学技术研究中心成立以来的又一项合作交流新成果，是对我国道路材料技术研究开发和培养造就青年科技人才的又一贡献。两年来，中白科

技人员辛勤耕耘相互促进，研究中心的工作得到国家科委和业界的广泛支持，合作内容不断深入健康发展，相信这一国际技术合作的花束一定会更加鲜艳夺目，必然结出中白两国人民友谊的丰硕果实。

刘廷国
2008 年 3 月

译者的话 yizhedaohua

该书是高远公司与白俄罗斯近6年的科技交流过程中，所译的第三本。

第一本《由热变冷》，由明斯克州公路局公路养护公司П·А·格沃尔克总经理所著，中译本已于2003年6月印出，说的是乳化沥青在道路建筑中的实际应用，并作为内部资料广赠予业内同行。

第二本《路面可靠性》，由白俄罗斯国家技术大学著名道路专家，博士生导师B. A. 韦连科教授所著，已于2006年8月由人民交通出版社出版发行。内容以公式及图表见长，理论性较强。该书受到某些业内人士的关注，并给译者提出了一些问题，促使译者向韦连科教授及他的博士生维塔利·赞科维奇多次讨教。

第三本《路用新材料》，亦为韦连科教授所著。本书侧重于实际应用，较有新意，即便对从事机械设备研发的专业技术人员也有一定的参考价值。译者在译作期间，也萌发了一点，心想：人家虽处在周边发达国家的氛围里，尚且对节约资源、保护环境相当在乎，我们肯定更在乎。

科技部《中国和白俄罗斯政府间科技合作委员会第七届例会议定书》，于2006年4月18日在北京签订，并批准了27项新的双边政府间合作项目，2006~2010年度中的第二项便是道路与养护技术合作，中方项目主管河南省科技厅将其交由省高等级

公路养护工程研究中心即河南省高远公路养护技术有限公司所属机构具体实施。

2007年初，再次赴白俄罗斯。访问期间，得到了我国驻白俄罗斯大使馆官员的亲临指导。白俄罗斯国际交流科技园总负责人、博士导师尤里教授组织安排了二十多位著名专家、教授，与我们见面交流。会后，专家们赠送了自己的专著，不免令人感慨，有道是科技无国界，全球一家人。高远公司刘廷国董事长格外珍惜这些异国的资料，极力支持译者的翻译工作。当然，别国经验，人家慷慨，咱们受用，终究是要互通有无、互惠互利的。归根结底，都得益于咱们国家这几十年来改革开放。

河南省科技厅外事办的王鹏，曾留学白俄罗斯，担任前言及第一、二章的翻译工作；我的老师茹连海先生对全书进行了俄文指导；高远公司总工程师岳学军博士对译文作了认真修改；公路援外专家汪世川、工学硕士李志栋审阅了全文；高级工程师王俊明对应用化学方面的内容进行了审阅；七遍修改过程中，刘娜女士均及时排版、打印，尤其认真负责；人民交通出版社的有关领导和编辑也给予了大力支持；译者曾多次请教维塔利·赞科维奇工学副博士，这位精力充沛、才思敏捷的专家在我脑海里留下了深刻的印象。

自始至终，科技部国际合作司欧亚处孙键处长一直给予帮助和指教，在此一并表示衷心的感谢。

此书终与读者见面，个中或有不当及错误之处，敬请赐教，值此谨表谢意。

译者：汪福卓
2008年3月26于新乡

前言

交通运输的发展历程主要表现在交通量的逐年增长、交通运输车辆载重与轴载的逐年加大。20 世纪 80 年代白俄罗斯公路上交通运输车辆的轴载在 100kN 以上的比例约为 5%，90 年代就已经达到了 30%。整车单轴荷载甚至达到了 130~150kN，轴数也已超过 5 轴。城市道路与街道的交通量显著增大。公共汽车与无轨电车的载重达到 30~40t。而在高峰期间车辆的运行间隔在明斯克、戈梅利、维捷布斯克等许多小区已不到 30s。在这种情况下，路面与整个道路材料会迅速受到破坏，城市路面两次维修间隔仅为 2~3 年，城外为 4~6 年，这样就需要投入大量的基建费用。

在白俄罗斯共和国，最为普及的路面形式就是沥青混凝土路面。沥青混凝土路面具有许多优点：可以进行薄层摊铺、低噪声、工艺性好、有良好的减振性能及易于维修。然而，像其他任何材料一样，沥青混凝土的可靠性与耐久性均有其不足之处。例如，当环境温度为 50℃ 时，沥青混凝土的最大抗剪强度不超过 0.3~0.4MPa，然而，在制动区段，运输车辆所产生的剪切强度却会达到 2.0MPa。周期性寿命约为 10^6 个循环，这相当于仅能正常使用 2~3 年。这种状况就会导致路面提前遭到损坏，或者需要加大路面的厚度与材料用量来改变原路面的结构设计。综合诸多因素，当然还是要尽可能地以沥青混凝土路面来取代水泥混

凝土路面为宜。这其中首先要考虑的就是铺筑水泥混凝土路面需提高材料费用，因为要满足足够的弹性模量与抗弯拉强度，与其相符的面层厚度应为20~24cm。并且，水泥混凝土在化学反应剂的强力作用下，耐久性较差，且不易于维修，而化学反应剂在预防路表面结冰时经常使用，尤其是在城市道路中更普遍。

这种局面要求我们寻找能够提高路面可靠性与耐久性的新材料与新工艺，以此来降低材料用量与施工费用，并有利于环境保护和生态平衡。

在本书中，基本上涉及到包括路面和路基整个道路路面各结构层所使用的材料，这些材料可划分为以下四大类：

1. 路用改性沥青及沥青混凝土的基本原理；
2. 复合混凝土即有机水硬性胶结料（沥青、水泥）；
3. （改性）乳化沥青混合料；
4. 专用沥青混凝土（排水的、抗路表面结冰的、浇注的、用于路面薄层摊铺的等等）。

单独用一章来研究用于维修水泥混凝土路面与钢筋混凝土构件的材料。

本书指定作为公路专业学生提高专业技能用书，同时也将对该专业的大学生和研究生有益。

目录

Mulu

1 新型材料在道路工程中的使用效果及产生的经济效益	1
2 路用改性沥青与沥青混凝土及其基本原理	9
2.1 路用改性沥青的基本状况	9
2.2 用改性沥青来提高沥青混凝土质量的技术措施	21
2.3 降低沥青中所用共聚物成本的措施	28
2.4 标准与定额文件	32
3 路用有机水硬性胶结料混凝土	34
3.1 有机水硬性胶结料混凝土的种类与分级	34
3.2 有机水硬性胶结料混凝土结构的现代概念	40
3.3 有机水硬性胶结料混凝土在白俄罗斯的应用	42
3.4 标准与定额文件	53
4 乳化沥青及其在道路施工中的应用	57
4.1 关于乳化沥青的概念	57
4.2 乳化沥青的制取工艺与特性	60
4.3 乳化沥青在道路工程中的应用	65
4.3.1 乳化沥青用于下封层及微表处	65
4.3.2 用冷拌混合料摊铺薄层路面（稀浆封层法）	68
4.3.3 冷拌有机矿物混合料与冷拌沥青混凝土	71
4.3.4 有机水硬性胶结料混凝土的生产	75
4.4 标准与定额文件	81

5 专用沥青混凝土	85
5.1 浇注式沥青混凝土混合料及其沥青混凝土.....	85
5.2 用于铺筑薄层路面的沥青混凝土.....	89
5.3 具有路面防冻效果的沥青混凝土.....	97
5.4 硬质与多层沥青的沥青混凝土、沥青玛蹄脂碎石 混凝土.....	98
5.5 排水沥青混凝土	107
5.6 彩色沥青混凝土	108
5.7 断级配沥青混凝土	109
5.8 带保护层的高强度沥青混凝土	112
5.9 用于冬季坑槽修补的冷拌沥青混凝土	119
6 水泥混凝土路面与钢筋混凝土构件的维修用材料	125
6.1 沥青—聚合物（弹性）密封胶及其基本材料	125
6.2 水泥混凝土和钢筋水泥混凝土维修用材料	135
6.3 用于铺筑防止裂缝反射的材料	144
7 掺加黏附添加剂与结构形成添加剂的沥青混凝土	151
参考文献	161

1 新型材料在道路工程中的使用效果及产生的经济效益

在道路工程中,采用新型材料与新工艺具有其本身的技术与经济方面的合理性。要想达到技术与经济的合理性,就要提高使用该种材料构件的服务寿命,即提高结构的可靠性。只有这样,才能延长维修的间隔时间,形成经济效益。不过,问题在于应该如何来确定可靠性水平的尺度和新型材料的标准。在评价可靠性水平时,必须顾及到所有外界因素对它的影响作用,即要对道路结构中所用材料产生的作用进行试验、检测。路面结构材料总是处于复杂的工作条件下。夏季,路表面的温度会上升到 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$,这必然会导致沥青的黏结力和强度的下降。由于交通荷载的影响作用,结果会出现波浪、车辙、梳状物等形式的塑性形变。冬季,当环境气温下降到 $-20\sim -30^{\circ}\text{C}$ 时,路面上层的材料所产生的拉伸温度应力会超过其极限强度,引发纵向与横向裂缝,从而导致路面损坏。交通荷载的循环作用与冻融交替的影响加快了材料结构损伤的进一步扩展,最终致使路面材料结构过早地受到破坏。影响材料耐久性的还有内部温度应力,它是由于整体结构中不同材料的温度膨胀系数不一致而产生的。这种情况进一步加大了评价可靠性水平的复杂性,因为在大多数情况下,某一种材料对外界抵抗能力的提高也就意味着另一种材料对外界影响能力的降低。例如,沥青黏度的上升虽然会提高它的抗剪切强度,但是,也会降低它的低温抗裂强度。

因此,必须同时考虑外力作用下所有相关因素的影响。对此,应当研究制定出相应合适的方法。

在外力作用下,如果路面材料结构的所有因素(抗剪切、抗

裂、抗冻、抗疲劳的标准)基本上都达到最大可靠性的话,那么,就认为路面结构是最理想的。

因此,要制定出一种方法,这种方法必须考虑到交通荷载以及逐年天气气候的所有影响因素的综合作用。这种方法的基础就是依照每一单项标准来评价各个局部可靠性水平的可靠性理论,并且以此来进一步预测出材料的服务期限与寿命。

已经编制出了按照此种标准确定的以各局部可靠性水平为基础的专门方法来实现该原理。具体方法如下:

按每一标准(抗剪切与抗裂、抗疲劳、抗冻)计算出储备系数:

$$K_i = P_i^{\Phi} / P_i^{\text{mp}} \quad (1-1)$$

式中: P_i^{Φ} ——材料的实际性能,表现出的各类形变;

P_i^{mp} ——材料所要求的性能,按此性能在使用第一年,没有出现形变之前,为根据可塑变形稳定性条件来评价储备系数,就要先确定内摩擦角、单位内聚力并估算出车轮产生的压应力。

由式(1-2)可求出抗剪切条件储备系数 K_1 :

$$K_1 = \frac{c \cdot n}{(\sigma_p - \sigma_c \cdot k \cdot \tan \varphi)} \quad (1-2)$$

式中: c 、 φ ——单位内聚力和内摩擦角;

σ_p 、 σ_c ——车轮与路面接触点的拉应力与压应力;

n ——参数(评价标准)考虑到实际的和连续的张弛模量的对比关系;

k ——考虑拉应力与压应力相互作用角度不一致的系数。

为了确定 σ_p 、 σ_c ,要用电子计算机对实际路面的受力状况进行计算,选择 σ_p 为最大时的计算点并由该点求出 σ_c 与 K_1 值。为了进行比较评价,可以取 $\sigma_p = 0.5 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_c = 1.0 \text{ MPa}$ 、 $k = 0.4 \sim 0.45$ 。

参数（评价标准） n 通过试验求出，或取值 0.7。

这里特别要强调的是，在使用式（1-2）时不仅要考虑到材料的流变特性（参数 n ），而且还要考虑到粒径特征（内摩擦角）。

按照温度抗裂条件，储备系数可用下式求出：

$$K_2 = \frac{0.3R_C}{R_0} \quad (1-3)$$

式中： R_C ——材料的极限拉应力，根据允许范围内的加载时间和温度而确定；

R_0 ——0℃时的拉应力。

R_C 值按下式求出：

$$R_C = \frac{\bar{R}}{1 + 1.92 \lg(R_1/R_2)} \quad (1-4)$$

式中： R_1 、 R_2 ——当温度分别为 -15℃ 和 0℃ 时，速度相应为 3mm/min 和 10mm/min 时的拉应力。

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (1-5)$$

在确定式（1-3）时，曾经用过张弛能力相同的材料，这些材料具有相近似的温度抗裂性，这是参考文献 [1] 所证实的。

抗疲劳耐久性的储备系数 K_3 计算如下：

$$K_3 = \frac{R_C}{R_C^{\text{mp}}} \quad (1-6)$$

式中： R_C^{mp} ——极限强度所要求的数值，取决于道路等级。

抗腐蚀性储备系数 K_4 可按式求出：

$$K_4 = \frac{K_{\dagger}}{K_{\text{mp}}} \quad (1-7)$$

式中： $K_{\dagger}$ 、 K_{mp} ——在腐蚀性环境中的实际抗冻性系数和要求的抗冻性系数。在白俄罗斯环境条件下 K_{mp} 为 0.7。

除上述所列各项的指标外，还可以考虑由于时间（老化）和气候因素作用下承受损坏的可靠性。此时，应确定系数 K_5 ，因为它表达的是实际被损坏程度与允许被损坏程度之比。该因素也可以对形变发展在时间上作出预测。不过要作出这种预测还需要借助于射线摄影仪。在大多数情况下，只要有上述 4 项标准就足够了。

根据所获得的储备系数，可以求出各单项可靠性水平（ P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 ）。

正确判定各单项可靠性水平及它们与储备系数的相互关系是极其重要的一个方面。

为了评估可靠性，在利用各储备系数值时必须首先确定它们与可靠性水平的相互关系，因为在现实情况下统计学的离散性是不可避免的。

可靠性水平求出来只是一个概率，即储备系数 K 将小于按式 (1-1) 算出来的 K_i 值，即：

$$P = \int_0^{K_i} F_K dK \quad (1-8)$$

式中： F_K ——储备系数的分布函数。

所以，确定路面材料各项指标的储备系数分布函数就成了主要问题。

储备系数与可靠性水平间的相互关系可以通过试验路段（或者具有各种不同特征的路面）来确定，路面具有的各个储备系数是对路面形变发展进行长期观察得来的，按式 (1-8) 便可确定可靠性水平。由于找到了储备系数和可靠性水平间的关系，故而才能对所获取的各项资料进行统计处理。

为此目的，曾于 2000～2001 年对选送的沥青混凝土路面材料试样进行了试验，并按前边所说的 4 项形变标准进行了储备系数的计算。总共对大约 60 个沥青混凝土试样进行了试验检测，