

PRINCIPLES OF MIX DESIGN AND QUALITY CONTROL
沥青混合料设计及质量控制原理

梁锡三 著



人民交通出版社
China Communications Press

U414.7
3

PRINCIPLES OF MIX DESIGN AND QUALITY CONTROL
沥青混合料设计及质量控制原理

梁锡三 著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书是在广东省交通厅 2004 年科研课题“沥青路面工程配套关键技术研究”的基础上形成的。其内容包括:集料密度对沥青混合料空隙率的影响、沥青混合料级配控制原理、AK—16A 型沥青混合料级配范围中的水损害危险区、GAC 改进密级配沥青混合料级配范围研究等共 8 章,另外还列举了部分应用于广东公路建设的实例,具有良好的参考价值。

本书适合从事公路路面设计与施工的相关科研及技术人员使用,亦可供相关专业高等院校师生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

沥青混合料设计及质量控制原理/梁锡三著. —北京:
人民交通出版社,2008.1
ISBN 978-7-114-06981-9

I. 沥… II. 梁… III. ①沥青拌和料—设计②沥青拌和
料—质量控制 IV. U414.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 010119 号

书 名: 沥青混合料设计及质量控制原理

著 作 者: 梁锡三

责任编辑: 师 云

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)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: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13

字 数: 323 千

版 次: 2008 年 1 月第 1 版

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06981-9

印 数: 0001—3000 册

定 价: 32.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

借此拙作出版之机会，作者很高兴能够将集料密度对沥青混合料空隙率的影响的新发现，奉献给世界各国为公路建设服务的学者、专家和工程师们，通过他们的努力，让这项科学成就为人类文明增添光彩！

With publication of this book, the authors are very glad to be able to present the new discovery about the effect of aggregate density on air voids in mixtures to the scholars, specialists and engineers in the field of highway construction in various countries around the world, and let this scientific achievement add luster to human civilization through the medium of their efforts!

编写依据及致谢

本书写作的资料来自下列几方面:第一作者长期积累的研究资料 and 实践经验,自1993年以来在许多工程项目为业主或施工单位任技术顾问所得工作记录,是资料来源之一;广东省交通厅2004年的研究项目“沥青路面工程配套关键技术研究”的成果(广东长大公路工程有限公司承担,第一作者任该项目技术负责人)是来源之二,其中为得到实验室和现场施工监控资料,课题组成员陈慕浩、吴枚良、黄兴和梁勇等几位工程师付出了辛勤劳动;根据在“沥青路面工程配套关键技术研究”项目研究过程中意外的发现,由第一和第三作者在该项目研究计划之外完成的特别专项研究成果是来源之三(集中在第2章、第4章和第6章);与作者有多年合作情谊的广东华路交通科技有限公司、广东长大公路工程有限公司和广东冠粤路桥有限公司科技人员提供的有关技术资料是来源之四。此外还引用了省交通厅立项的研究成果的部分资料。

感谢广东华路交通科技有限公司车卓君高级工程师完成本书的绘图工作。

感谢杨若冲同学(同济大学在读博士),为作者搜集、提供大量的国外文献资料,使作者能在较短时间内阅读和分析这些资料,并写成本书第6章。

感谢人民交通出版社师云编辑为本书出版付出的辛勤劳动。

前言

QIANYAN

沥青混合料设计原理的起始,若以最大密度级配理论公式的提出作为标志,已经历整整一百年。最大密度线就是最小空隙率线,在混合料设计中总是要遵循避免空隙率过低的准则,因此,设计级配曲线必须离开最大密度线一定距离,这使最大密度线成了一个重要参照线,对混合料设计起引导作用。然而,作者发现集料密度对混合料的空隙率有重大影响,认为这引导作用不够可靠。

另一方面,现场施工按材料的重量比例控制混合料级配;实验室设计却用体积参数控制。两者不一致,集料密度在其间起着微妙的、未知的作用,使混合料在施工中的实际级配产生额外偏差。

正因如此,长期以来,人们在混合料设计和质量控制中,自然而然地要同时实施级配控制和体积指标控制两种原则。前者要用明确的不同级配范围来定义各种混合料类型,并常用经验级配曲线作为级配控制目标,级配范围是靠大量实践经验积累得到的,对经验依赖性大,离开该级配范围随意任选一条曲线就易出问题;后者要利用体积参数设计结果。美国的 SMA 混合料设计方法就是级配控制和体积指标控制相结合的典范,它的级配范围是大量实践经验的总结。

Superpave 系统可说是世界上第一个只顾体积指标控制而放弃级配控制原则的尝试者,实践已证明它未获成功。

在现阶段仍然需要同时实施级配控制和体积指标控制两种原则的情况下,探讨下列若干关键问题,将有助于混合料设计方法的改进:

(1)混合料在技术性和经济性上,最重要的设计参数莫过于空隙率了,必须弄清这个参数的主要影响因素及其影响规律。

(2)混合料设计级配偏差控制问题,多少年来一直是混合料设计和施工质量控制的一道永恒主题,必须找到一个控制混合料设计级配(偏离要求级配的)偏差的原理和方法。

(3)确定混合料体积参数的方法仍然是混合料设计方法的重要组成部分之一,实践证明马歇尔方法仍然有用,最好能作些改进。

(4)仍然坚持用确定的级配范围来定义各种混合料类型,并利用各种混合料类型的经验级配曲线作为级配控制目标,通过试验段铺筑确定经验级配曲线。

(5)探讨将集料密度对混合料空隙率的影响直接引入混合料设计方法中,设法减轻或摆脱混合料设计对经验级配曲线(经验级配范围)的依赖。

本书即对上述问题作了部分探讨。在第1章,以一种花岗岩的单粒径集料,严格按照离开最大密度线不同距离的三条级配曲线,制作 $NMAS = 16mm$ 混合料的试件,从马歇尔试验结果揭示出:混合料的级配曲线离开最大密度线的距离对混合料的空隙率和沥青用量有重大影响,并找到其影响规律。

在第2章,为了比较 $NMAS = 16mm$ 的三种混合料的透水特性,分别用密度不同的辉长岩、

花岗岩和凝灰岩三种岩石的单粒径集料,严格按照该三种混合料的级配曲线制作马歇尔试件,试验结果揭示出:集料密度对混合料的空隙率有重大影响,并找到其影响规律。这是路面技术史上的新成果,也许称得上沥青路面工程技术领域一项重大科学发现,有待专家们了解、验证和确认。

上述两者相结合,既找到混合料空隙率两个最主要的影响因素及其影响规律,也得出对混合料设计具有根本性意义的 ADR1 法则和 ADR2 法则。

第3章的集料加工新技术,探索出加工合格集料用的标准化筛孔,200 万立方米集料生产实践证实了这些筛孔,从而为我国合格集料生产创出了新路,表明我国十几年来高速公路建设一直允许使用不合格集料的历史即将结束。

第4章,混合料离析是路面许多病害的主要根源,如何克服混合料离析是一个国际性的热门课题。作者探讨从控制集料的级配变异性 and 混合料的级配偏差来克服混合料离析。

受单粒径集料在级配控制中作用的启发,将集料分为单粒径集料、合格集料和不合格集料三大类,对任一类型混合料的公称最大粒径,以及小于它,从 2.36mm 起,按二倍递增的各筛孔,用合格集料几个公称最大粒径与其相同的规格,分别控制这些筛孔的通过率,就形成了一个崭新的混合料级配控制原理,它可将设计出来的混合料在各筛孔通过率偏差的均值控制在 1.0% 以内。

使用合格集料是实施混合料级配控制的必要条件,使用合格集料并根据混合料级配控制原理选定集料规格,就可以将施工的混合料实际级配,在各筛孔通过率偏差的均值,控制在 2.0% 以内。

最后这两个数据反映的结果,表明多少年来的永恒主题的探讨终于有了一个解答,这个混合料级配控制原理是克服路面离析、透水现象的锐利理论武器。

第5章指出酸性集料与沥青的黏附性差和层厚偏薄只是水损害的次要原因,而路面透水和离析才是主要原因。第5章、第7章提出的 NMAS = 13mm、16mm 的混合料级配范围,与我国现行规范,与 Superpave 系统的细级配混合料都有很大差别,但实践证明其使用效果很好。这些混合料使我省在炎热多雨、雨季时间和热季时间都很长的气候环境下,不但相当彻底地克服了泛油、推移、发软现象;而且保证了密水性、均匀性和抗滑性,有效地克服了严重水损害现象,这应该说是广东路面技术的一个成就。

2

通过试验段铺筑来确定常用混合料经验级配曲线的方法是很实用的。我们针对 Superpave 粗级配混合料严重透水的反面经验,提出以满足密水性、均匀性为第一目标,尽量减少细集料,增加粗集料,力求形成骨架密实结构的混合料设计原则,铺筑几个试验段以后,不但很快意识到 Superpave 粗级配混合料不值得仿效,而且用了不太长的时间,就确定了第7章 NMAS = 20mm、25mm 的混合料经验级配范围,这就有了混合料级配控制目标。

书中不少内容与 Superpave 系统差别很大,鉴于当前许多公路科技人员以为该系统是当今路面工程最高水平的技术,凡是与它不同的,都可能被看作错误的或落后的。为使读者在将本书的技术成果与 Superpave 系统作比较以前,对该系统有更多的了解,特别花费不少时间阅读、分析国外文献,写了第6章,从而指出该系统存在严重缺陷,它不像人们想像的那么先进。

作者相信,拙作的出版,会引发一些有利于改进混合料设计的研究,希望能尽早将 ADR1 和 ADR2 两法则所蕴涵的规律引进混合料设计中,从而找到将前述级配控制和体积指标控制融合在一起的混合料设计新方法。

书中所述内容构成了广东原创的一项成套技术,它从2004年年初以来已使全省沥青路面工程技术和质量都产生了深刻变化。作者相信,这项技术若能向全国推广,全国沥青路面的质量,将会在短期内取得较大改观。

梁锡三

2007.09.15 于广州

概述

GAISHU

混合料离析是许多路面病害的主要根源,如何克服混合料离析是一个国际性热门课题。作者探讨通过集料级配变异性 and 混合料级配偏差的控制来克服混合料离析。

研究表明,集料级配变异性大是集料合格率低的结果;混合料级配偏差大则是集料合格率低和集料规格乱用的结果(施工中装卸、运输、摊铺和碾压各环节也会引起混合料离析,不在此讨论)。这两者相结合就成为混合料离析的主要原因。由此可见,解决问题的关键,就是要开发一个集料加工新技术和寻找一个控制混合料级配偏差的原理或方法。这两方面的研究结果构成了本书技术内容的主要组成部分。

级配控制必须有明确的控制目标,该目标应通过用明确的级配范围来定义各种混合料类型,并以级配范围的中值线或经验线作为级配控制目标。各混合料类型的级配范围,通过试验段铺筑和总结施工实践经验得到,书中的 GAC 型密级配混合料的级配范围就是这样得到的,它构成了本书技术内容的另一个重要组成部分。

若干特别专项研究得到的成果,构成本书具有特殊理论意义的组成部分。

上述各部分是按照下列思路开展研究所得到的结果:

(1)主要通过现场探讨,结合实验室研究,反复实践,按照“以满足密水性和均匀性要求为第一目标,尽量减少细集料、增加粗集料,力求形成骨架密实结构”的混合料设计原则,总结出适合我省气候、交通条件的 GAC 改进型密级配沥青混合料的级配范围,以 GAC 的级配范围中值线作为混合料级配控制目标。

(2)探讨集料加工新技术,生产出合格集料,以此控制集料级配的变异性。

(3)探讨混合料设计级配与要求级配的偏差的控制原理,设法将偏差控制在最小范围。

(4)以 ADR1 法则和 ADR2 法则(见后)的理论原理为指导,确定使用不同密度集料的混合料设计级配曲线的位置,对 GAC 级配范围的中值线做适当、合理的调整,使其适合于用不同密度集料组成的混合料的空隙率特点。

通过以上手段,使沥青混合料的实际级配在施工过程中始终保持与要求级配偏差最小,以达到有效地克服路面离析、透水现象,大幅度改善路面质量的目的。

第1章“级配曲线离开最大密度线的距离对沥青混合料空隙率的影响”

阐述以 AK—16A 型混合料为对象,抗滑磨损层水损害问题的研究成果,主要利用二因素(粗、细集料)三水平(级配曲线位置)形成 AK—16A 的 9 种混合料级配,用单粒径集料严格按照级配曲线配制试件,得到马歇尔试验结果,揭示出混合料空隙率与沥青用量(用油石比表示)同级配曲线位置之间存在明确的规律性联系,进而找到空隙率最大、最小级配曲线和水损害危险区(使现场空隙率达 8%)的位置,得出最佳级配曲线,本章技术成果可以成为 NMAS = 16mm 混合料的设计依据。

得出一个对混合料设计具有重要理论意义的结论:用一种密度已知集料,为离开最大密度线不同距离的级配曲线设计的混合料,在沥青用量相同条件下,混合料的空隙率将随着级配曲

线离开最大密度线的距离的增大而增大。

得出另一个对混合料设计及施工控制具有重要理论与实践意义的新结论:混合料级配曲线细段位置的改变,对空隙率的影响远比粗段的影响大,故对细段位置的控制应比粗段严格,而不应相反。

第2章“集料密度对沥青混合料空隙率的影响”

试验结果证明集料密度对沥青混合料的空隙率有重大影响,并由此得出一项重要科学发现,已命名为“空隙率法则”(简称 ADR1 法则),即:“一种按给定级配(曲线)设计的混合料的空隙率,在沥青用量不变条件下,随着其所用集料密度的增大而减小”。空隙率是混合料最重要的体积参数,可见这个发现的重大意义。

将 ADR1 法则和第1章所述的重要结论相结合推导出,在设计空隙率相同的条件下,为密度不同的集料设计的混合料,其级配曲线离开最大密度线(MDL)的距离由集料的密度决定。这个结论已命名为距离法则(简称 ADR2 法则)。

试验结果表明,由低密度集料组成的混合料具有高空隙率特点,为避免空隙率过高,其设计级配曲线应靠近 MDL;由高密度集料组成的混合料具有低空隙率特点,为避免空隙率过低,其设计级配曲线应远离 MDL。

在沥青混合料设计中,级配曲线位置如何确定,是一个根本性的问题,它决定着混合料级配的合理性,因此,这两个法则不仅是密度不同集料合理利用的依据,更是沥青混合料设计和质量控制的理论基础,它使沥青混合料设计中长期存在的若干疑难问题得到合理解释和解决。

这个 ADR2 法则解释了 Superpave 系统的限制区经不住实践检验的原因。

根据 ADR2 法则得知,MDL 应该用施工技术规范容许的密度最低的集料,通过试验确定,我国规范容许集料最低表观相对密度为 2.5,现有的 MDL 是用表观相对密度为 2.66 的集料得到的,因此它只是近似的,并指出 100 年来先辈学者对 Fuller 公式(后来的 A. N. Talbol 公式)的幂指数 n 提出过不同值的原因,是各自在试验中使用了密度不同的集料。指出若容许集料最低表观相对密度为 2.5,则 n 值应小于 0.45。

第3章“沥青路面集料加工新技术”

现行施工技术规范虽然提出了 16 种粗、细规格集料的级配要求,但没有给出这些规格集料的生产技术,特别是应该使用一组备有什么样筛孔的筛网?这导致全国各地集料加工筛孔乱用情况十分严重,成为集料合格率低的主要原因。所谓集料加工新技术,就是利用一组具有标准化筛孔的筛网,通过准确调试和监控反击式破碎机的反击板与板锤之间的间隙,在一条生产线上同时加工五种合格集料的技术。

提出生产各种规格集料所用的标准化筛孔,并给出集料规格与集料加工用筛孔之间的对应关系,是这一章的主要成果。从 2004 年年初以来在十几个工程项目应用,生产近 200 万方合格集料证实了这一对应关系的正确性。有了这个对应关系以后,可使集料加工合格率达到 90% 至 100%,而以往用落后的传统集料生产技术,集料合格率不到 60%。这表明我国当前提高集料加工质量的余地很大,由此可以取得的路面质量改善幅度也很大,而所需的投入却极少,这项成果的意义由此可见。

第4章“沥青混合料级配控制原理”

混合料的离析是许多路面病害的主要根源,如何克服混合料离析是一个国际性的热门课题,作者探讨从控制集料级配变异性和混合料的级配偏差来克服混合料离析,取得可喜成果,这就是沥青混合料级配控制原理。

混合料级配控制的目的,是控制设计的混合料级配与要求级配的偏差达到最小。多少年来,这一直是混合料设计和施工控制的一道永恒的主题,但迄今没有一个可供遵循的准则,提出一个这样的准则,是这一章的主要成果。

本章探讨的问题是特别新颖的,未见他人涉猎过,在各工地都被不合格集料充斥着的时候,这个课题没有任何意义,仅仅在合格集料生产问题解决了以后,才进入作者的视野。这里不靠繁难的数学、力学分析,仅靠实践经验和逻辑推理得到,可是,它与集料加工新技术配合,形成的级配双控原则,却是克服沥青路面离析、透水顽症的锐利理论武器。广东 2004 年以来,400 余公里的工程实践已经证明,它在大幅度提高路面均匀性方面显示出神奇效果。这里所谓级配双控原则,就是使用合格集料,使集料的级配变异性达到最小;按照各种混合料的集料规格选用规则使用集料,使设计的混合料级配与要求级配的偏差达到最小。两者相结合,使施工中混合料的实际级配与要求级配的偏差达到最小。

现行施工技术规范中仍为空白的下列问题:混合料类型与集料规格的关系?一种混合料应使用几种规格集料?应使用哪几种规格集料?集料规格乱用和规格少了的害处?这些都是混合料设计和施工控制所必需的,都已在本章中提出。

第 5 章“沥青路面抗滑磨耗层水损害的原因及对策”

本章根据 1999 年以来关于抗滑磨耗层水损害问题的研究成果,以及广东省高速公路沥青路面水损害的宏观概况,阐明了水损害的主要和次要原因及相应的对策。针对我国各地对抗滑磨耗层水损害的原因存在多种分歧很大的不同观点,明确指出酸性集料与沥青胶结料的粘附性差和层厚偏薄都不是主要原因,将 AK 型混合料视为水损害的根源,是以肤浅认识为依据的,作者研究、总结出来的四种 GAC 型抗滑磨耗层混合料的级配范围中值线,就在 AK 型混合料的级配范围内,在广东的实践效果却很满意。只要针对主要和次要原因分别采取相应对策,用花岗岩集料也能铺出无水损害的路面,否则用玄武岩集料,甚至用改性沥青,或加大层厚的措施,也不一定能避免水损害。

指出水损害的主要原因是路面透水和离析等因素,推荐了几种适用的抗滑磨耗层混合料类型;列举了用花岗岩集料代替玄武岩集料取得成功、节省 1 600 万元的工程实例。

第 6 章“Superpave 系统存在的缺陷及动态综述”

Superpave 系统被认为是公路的现代先进技术,但是本章特别指出这个系统存在下列严重缺陷。

沥青路面有多种重要病害,起码要避免车辙变形,以及离析、透水这样两种严重病害,路面的耐久性才有基本保证。因此,一个混合料设计方法必须能够有效地对付这两种严重病害。美国原来普遍采用易产生车辙变形的细级配混合料,Superpave 系统推荐用粗级配混合料代替细级配混合料,在克服车辙变形上取得了显著效果,但是,由于思路和方法上的错误,结果顾此失彼,使离析、透水这个严重病害未能对付,成为该系统的严重缺陷。

该系统疏忽混合料级配控制,却迷信体积指标的作用。在其开发者看来,沥青混合料只要体积指标满足要求,路面质量就有保证。这个没有用文字表达的、却在 Superpave 系统中起支配作用的观点,就是导致上述严重缺陷在思路上的错误。实际上,许多工程实例证明,沥青混合料仅满足体积指标要求不足以保证路面质量,混合料必须有合理的级配。混合料既要实施体积指标控制,更要实施级配控制,而且后者是先决条件。

随着这个系统在世界各国传播,这个不正确观点也传遍世界各地,使无数的工程项目不知不觉地深受其害。

该系统仅仅用公称最大粒径(NMAS)来定义混合料级配类型,根据2.36mm筛孔通过百分率高于或低于MDL,将混合料粗略地区分为细级配混合料和粗级配混合料两大类,而不用明确的级配范围来定义混合料类型,就是导致上述严重缺陷在方法上的错误。这样做的后果就是使透水混合料的使用无法控制,成为美国粗级配混合料严重透水现象到处出现的原因。

该系统为了提高路面抗车辙能力,在混合料设计中采取“减细增粗”的方法,但没有一个明确、合理的限度。级配曲线任选和S形曲线泛用就是“减细增粗”没有明确、合理限度的具体表现。以混合料级配是否具有S形级配曲线来判别混合料级配的合理性是靠不住的。

通过限制区来避免车辙变形,未能达到既克服车辙又克服离析、透水的目的,是另一个方法上的错误。

实践证明,根据同一条级配曲线,用密度不同的集料做出的混合料,其体积指标有很大的差别;而根据相同的空隙率为密度不同的集料设计的混合料,其级配曲线离开MDL的距离,由集料的密度决定,不可以随意任选,这就是ADR2法则。Superpave系统的限制区经不住实践检验的原因,就在于它违背了这个法则。

综上所述,Superpave系统并不像人们想像的那样先进,它的许多部分不如我国现行施工技术规范合理。过高地估计它的先进性,对它盲目迷信,生搬硬套地推广,将会对我国公路建设不利。作者认为该系统最值得改进的地方,就是要重新用明确的级配范围来定义各种混合料类型,只有这样,已引进的Superpave试验设备才能发挥其有效的作用。

第7章“GAC改进型密级配沥青混合料级配范围”

针对Superpave粗级配混合料严重透水现象,提出“以满足密水性和均匀性要求为第一目标,尽量减少细集料、增加粗集料,力求形成骨架密实结构”的混合料设计原则,在现场反复试验和实践,总结出GAC改进型密级配沥青混合料级配范围,从而为混合料设计确定了级配控制目标。特别GAC—16、GAC—16C、GAC—13和GAC—13C四种混合料,其级配与现行施工技术规范、Superpave细级配混合料都差别很大,却实践效果却很好。在广东高温季节和雨季时间都很长的气候环境下,利用这些混合料,使抗滑磨耗层泛油、发软和变形,以及透水、离析、形成坑槽这样两种易发的极端病害,能分别相当彻底地克服和有效控制。

由三句话构成的上述设计原则,第一句和第三句分别将粗集料过多和细集料过多的情况都排除了,它包含了“减细增粗”的明确限度,这就克服了Superpave粗级配混合料太粗,细级配混合料太细的缺陷。

提出的GAC—25、GAC—20、GAC—20C混合料,不但密水性、均匀性良好,而且形成近乎骨架密实结构,动稳定度达到1300~2000次/mm。

GAC型混合料级配的合理性,通过与Superpave混合料比较、与现行规范及旧规范比较做了论证。

列举了混合料仅满足体积指标要求不足以保证路面质量的工程实例。

综上所述,本书所述技术成果填补了我国现行施工技术规范的多处空白,并解释或解决了迄今为止国际上沥青混合料设计原理中若干带根本性的疑难问题。

ADR1法则;ADR2法则;混合料级配控制原理;以及指出混合料仅靠体积指标满足要求不足以保证路面的质量,必须有合理的级配的论断;指出对混合料级配曲线细段位置的控制应比粗段严格的新结论;指出Superpave系统存在严重缺陷;在国际上都是首创的。这些对现有的混合料设计原理和方法的改进,将发挥重要促进作用;集料加工新技术是与国际先进水平齐平的。

本书的技术成果,是广东原创的一项成套技术,既是全省 2600 公里高速公路沥青路面工程的技术总结,也是其技术水平的反映,陆续在高速公路建设中应用,已使我省的路面技术和工程质量在 2004 年以来发生深刻变化。推广这项技术不但所需的投入极低,而且切实可行,在我省已经取得可喜效果,证明是沥青路面技术的一项突破性成果。作者相信,这套技术若能向全国推广,可以使全国沥青路面的质量在短期内取得大幅度改善,取得可观的经济效益和社会效益。

目 录

MULU

第 1 章 级配曲线离开最大密度线的距离对沥青混合料空隙率的影响

——AK—16A 型沥青混合料级配范围中的水损害危险区	1
1.1 引言	1
1.2 研究构思与试验方案	2
1.3 空隙率与油石比的关系	4
1.4 空隙率最大和最小的级配曲线	5
1.5 级配曲线位置对混合料空隙率和油石比的影响	6
1.6 水损害危险区	8
1.7 最佳级配曲线	9
1.8 三种级配曲线的比较	10
1.8.1 14 号与 1 号级配的比较——4.75mm 和 2.36mm 筛孔通过率的影响	10
1.8.2 14 号与 15 号级配的比较	10
1.8.3 15 号与 1 号级配的比较	11
1.9 水损害危险区的例证	11
1.10 结语	12
参考文献	13

第 2 章 集料密度对沥青混合料空隙率的影响

——空隙率法则的发现	14
2.1 沥青混合料的体积参数	14
2.1.1 沥青混合料的密度	14
2.1.2 沥青混合料的空隙率	15
2.1.3 沥青混合料的矿料间隙率	15
2.1.4 沥青混合料的沥青饱和度	15
2.2 空隙率的意义	15
2.3 空隙率的影响因素	18
2.4 空隙率法则的发现	19
2.5 空隙率对影响因素的敏感性分析	24
2.6 空隙率法则成立的条件	25
2.7 对 MDL 的评价	25
2.8 临界级配曲线的确定	26
2.9 Superpave 限制区存在问题的根源	29
2.10 关于高、低密度集料的合理利用	30
2.11 高密度集料应用实例	30

2.12 低密度集料应用实例	32
2.13 结语	33
参考文献	34
第3章 沥青路面集料加工新技术	36
3.1 引言	36
3.2 集料加工筛孔乱用情况	36
3.3 集料规格要求、加工控制指标及验收标准	37
3.4 混合料类型与集料规格的关系	38
3.5 合格集料加工的关键技术	38
3.6 关键标准筛筛孔和集料加工用筛孔的确定	38
3.7 集料规格与集料加工用筛孔的关系	39
3.8 破碎机的调试	40
3.9 集料加工工艺及应注意的其他事项	41
3.9.1 集料加工工艺	41
3.9.2 集料产品的结构	42
3.9.3 加工时应注意的事项	42
3.10 集料加工质量的检验	42
3.11 集料加工质量的配比设计检验	43
3.12 集料加工质量的施工检验	46
3.13 集料加工质量水平与国外的比较	48
3.14 用传统方法加工的集料的质量评价—典型分析	49
3.14.1 JZB 工地集料加工质量评价	50
3.14.2 JZB 工地集料加工质量的配比设计检验	51
3.15 结语	54
参考文献	55

第4章 沥青混合料级配控制原理

——克服路面离析、透水病害的锐利理论武器	56
4.1 引言	56
4.2 我国混合料级配控制的现状	57
4.2.1 设计级配偏离要求级配的偏差	57
4.2.2 实际级配偏离要求级配的偏差	61
4.2.3 混合料级配偏差带来的经济损失及路面寿命缩短	63
4.3 使用合格集料是级配控制的必要条件	64
4.4 混合料级配控制原理	65
4.5 集料规格选用规则	66
4.6 级配控制原理的检验	67
4.7 一种混合料应使用几种规格集料	71
4.8 集料规格使用不当的实例	73
4.9 一个使用不合格集料的工程实例分析	75
4.10 混合料级配控制原理的施工检验	77

4.11	新技术在提高路面均匀性上取得的效果	80
4.12	结语	81
	参考文献	82
第5章	沥青路面抗滑磨损层水损害的原因与对策	83
5.1	引言	83
5.2	广东省沥青路面水损害概况	83
5.3	水损害的原因	86
5.4	水损害的对策	89
5.5	混合料级配的选择	90
5.6	沥青路面的油损害现象	96
5.7	结语	97
	参考文献	98
第6章	Superpave 系统存在的缺陷及动态综述	99
6.1	引言	99
6.2	对 Superpave 混合料的要求	100
6.3	关于最小 VMA 要求及其影响因素	100
6.4	关于限制区的作用	101
6.5	Superpave 粗级配混合料透水问题	103
6.6	Superpave 设计方法的最新动态	105
6.7	Superpave 系统的严重缺陷,以及混合料出现病害的根源	106
6.8	Superpave 系统最值得改进的地方	110
6.9	结语	111
	参考文献	112
第7章	GAC 改进型密级配沥青混合料级配范围	113
7.1	引言	113
7.2	广东的气候和交通荷载条件	114
7.2.1	广东的气候条件	114
7.2.2	广东的交通荷载条件	117
7.3	研究经过	118
7.4	GAC 改进型密级配沥青混合料级配范围	119
7.5	GAC 型混合料的内部结构和外观特征	120
7.6	GAC 型混合料与 Superpave 混合料的比较	122
7.7	GAC 型混合料级配与现行规范及旧规范的比较	124
7.8	GAC 型混合料级配与旧规范的关系	127
7.9	混合料仅满足体积指标要求不足以保证路面质量的实例	127
7.10	一组实验室比较试验结果	133
7.11	GAC 型混合料级配范围使用说明	133
7.12	拌和楼配筛问题	134
7.13	结语	135
	参考文献	135

第8章 GAC型沥青混合料应用实例	136
8.1 引言	136
8.2 GAC—25 混合料应用实例	136
8.3 GAC—20 和 GAC—20 混合料应用实例	140
8.4 GAC—16C 混合料应用实例	143
8.5 GAC—13 和 GAC—13C 混合料应用实例	147
附录	152
附录说明	152
附录一	153
附录二	171
附录三	178