

文章编号: 0451-0712(2005)11-0168-04

中图分类号: TU528.04

文献标识码: B

# 水泥混凝土路面与沥青路面 粗集料技术指标的对比研究

李红<sup>1</sup>, 傅智<sup>2</sup>

(1. 北京建筑工程学院 北京市 100044; 2. 交通部公路科学研究所 北京市 100088)

**摘要:** 通过《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30-2003)与《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2005)的对比研究,提出了将水泥混凝土路面粗集料压碎指标统一为沥青路面的压碎指标的质量临界值。建议沥青路面提高粗集料的压碎值、坚固性、针片状含量三项技术指标,有效防止和减少沥青路面因石料质量临界指标过低造成的早期破损。

**关键词:** 水泥混凝土路面; 沥青路面; 压碎值; 压碎指标; 坚固性; 针片状含量

## 1 问题的提出

高速公路沥青混凝土路面的早期破损和水泥混凝土路面的快速断板破坏问题已经成为公路交通行业内外共同关注的重大质量难题。专家们经常关注的重点之一是刚、柔两种路面原材料的质量指标及其稳定性。本文通过调研和对《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30-2003)与《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2005)的对比分析研究,具体探讨研究了水泥混凝土路面与沥青路面粗集料的压碎值、压碎指标、针片状含量与坚固性问题。

作者调研发现,在国内不少高速公路沥青混凝土路面上,沥青抗滑表层上经常可以见到两种破损的起始现象:一是由于集料的压碎值及针片状含量过大,在沥青混凝土路面重型振动碾压成形过程中集料就已经发生了压断或压碎破坏,加上在超重载特重交通流量下,又增加了集料的压断或压碎破坏数量;二是表层集料的坚固性过差,在某运营 3 年的高速公路沥青混凝土路面表面上大约有 1/3 的集料已经发生了严重的磨损,其高度已经低于周边合格沥青混合料 2~3 mm,作者用指甲就可抠下砂岩集料的碎屑。这两种现象严重影响了沥青混凝土路面质量。集料的压碎、压断和严重磨损是沥青混凝土路面在超重载特重交通量行车荷载冲击作用下产生的,由于缺乏沥青粘附已破坏的集料,产生了不少路

面局部点的松散、飞逸、成坑及水破坏。一旦沥青混凝土路面局部生成小坑,很快就会啃边扩大,造成严重的非修补不可的早期破损。

由此可见,《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2005)规定的压碎值、坚固性、针片状含量三项质量临界指标的过低、过于宽松,会引起较多的质量病害,引起过多、过大的快速早期破损,沥青混凝土路面必须重视并修改这三项最重要的集料技术指标。本文提出:首先将水泥混凝土路面集料的压碎指标统一为沥青混凝土路面和基层的压碎指标;进而提出沥青混凝土路面和基层修改这三项质量临界指标的建议值,供广大工程技术人员参照,积累工程经验,以便将来修订相应规范时使用。更重要的目的是通过集料三项质量指标的提高,有效防止或减少沥青混凝土路面因集料质量临界指标过低造成的早期快速破损;给出既能防止和减少早期破损又有集料资源供应的切合实际的质量临界指标。

## 2 指标统一

2005 年 8 月 1 日交通部颁布实施的《公路工程集料试验规程》(JTG E42-2005)将《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30-2003)中粗集料的压碎指标及其试验方法 T0315 统一到了《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2005)规定的压

碎值上,刚、柔两种路面与基层用粗集料压碎值试验方法统一用(JTG E42-2005)中的T0316。

这样一来,《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)表3.3.1中粗集料的压碎指标分级临界值就不再使用了,应按(JTG E42-2005)中的T0316提供的下述两种路面压碎试验统计公式将压碎指标转换为统一的压碎值质量分级临界指标。

$$Y_c = 0.816Y_a - 4.9986$$

$$R = 0.9912 \quad n = 15 \quad (1)$$

T0316方法的说明中给出了一个更简洁的计算公式:

$$Y_c = 0.816Y_a - 5.0 \quad (2)$$

式中: $Y_c$ 为水泥混凝土路面粗集料的压碎指标,即T0351试验方法的测定结果; $Y_a$ 为沥青混凝土路面及基层粗集料的压碎值,即T0316试验方法的测定结果; $R, n$ 为15组数据的统计相关系数。

换算结果见表1。

表1 水泥混凝土路面粗集料压碎指标与统一后的指标

项 目	技术要求		
	I级	II级	III级
碎石压碎指标/%	<10	<15 <sup>①</sup>	<20 <sup>①</sup>
换算碎石压碎值/%	<18.38(18) <sup>②</sup>	<24.51(25) <sup>②</sup>	<30.64(30) <sup>②</sup>
卵石压碎指标/%	<12	<14	<16
换算卵石压碎值/%	<20.83(21) <sup>②</sup>	<23.28(23) <sup>②</sup>	<25.74(25) <sup>②</sup>
坚固性(质量损失/%)	<5	<8	<12
针片状含量(质量/%)	<5	<15	<20 <sup>①</sup>

注:①按《建筑用卵石、碎石》(GB/T14685-2001)规定II级骨料压碎指标20%;III级骨料的压碎指标为30%;III级石料的针片状含量为25%。

②括号中的数据是建议修订水泥混凝土路面施工规范时,取整的数据。

统计公式(1)为15组数据的统计,相关系数 $R$ 达到了0.9912,非常接近1.0的线性函数关系,我们没有理由不将两种压碎方法统一,以消除因试验方法不同引起的压碎试验麻烦和概念混淆。同时,也说明沥青混凝土路面及基层粗集料的压碎值,即用T0316试验方法与水泥混凝土路面用的压碎指标即T0315试验方法在本质上是一致的,两种试验方法的详细对比见《公路工程集料试验规程》(JTGE42-2005)表T0316-2。其中决定压碎数据差别的最主要原因是压碎吨位相差一倍:水泥混凝土路面

T0315方法使用的压碎吨位是200kN,而沥青混凝土路面与基层的T0316方法使用的压碎荷载是400kN。所以两者压碎数值的差别达到1.5~1.8倍。

表1中的压碎指标、坚固性和针片状含量指标摘自国标《建筑用卵石、碎石》(GB/T14685-2001),在编进《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)时对其规定(II级骨料压碎指标20%;III级骨料的压碎指标为30%;III级石料的针片状含量为25%),分别按水泥混凝土路面保证弯拉强度的要求修改为表1中的数据,要求比混凝土集料国标(GB/T14685-2001)更高、更严了。

按国标《建筑用卵石、碎石》(GB/T14685-2001)的规定,我国结构水泥混凝土用的粗细集料分为三级:I级适用于强度等级大于C60的混凝土;II级适用于强度等级C30~C60及抗冻、抗渗或其他要求的混凝土;III级适用于强度等级小于C30的混凝土。按《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)的规定:高速公路、一级公路、二级公路及有抗(盐)冻要求的三、四级公路水泥混凝土路面使用的粗、细集料级别应不低于II级,无抗(盐)冻要求的三、四级公路水泥混凝土路面、碾压混凝土复合式路面及贫混凝土基层可使用III级粗、细集料。

由于《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)先于《公路工程集料试验规程》(JTGE42-2005)发布执行,(JTGF30-2003)只能等待下一轮再修改压碎指标为表1中括号中的压碎值数据。目前,既可按(JTGF30-2003)的T0315试验方法及粗集料的分级判定值执行,也可按(JTGE42-2005)的要求依照T0316试验方法和公式(1)或(2)的换算压碎值(表1)数据执行。两者所评定的粗集料实际压碎质量是完全一致的。

### 3 沥青路面与基层粗集料的技术指标应进行修改

当作者将水泥混凝土路面粗集料压碎指标与沥青混凝土路面粗集料的压碎值统一,并将换算压碎值与沥青混凝土路面的石料压碎值进行对比后(见表2),发现《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2005)三项指标的质量合格临界值规定有严重问题:沥青混凝土路面规定压碎值标准比水泥混凝土路面低,高速公路、一级公路沥青混凝土路面表面层的压碎值达不到水泥混凝土路面II级碎石的压碎值;高速公路、一级公路沥青混凝土路面表面层及其他层次的坚固性连水泥混凝土路面II级粗集料的指

标都达不到,仅为Ⅲ级要求;高速公路、一级公路沥青混凝土路面表面层的针片状含量仅为水泥混凝土

路面Ⅱ级粗集料要求,其他公路沥青路面面层仅为Ⅲ级粗集料要求。

表 2 沥青路面与水泥混凝土路面三项指标对比及建议值

水泥混凝土路面粗集料技术指标				沥青路面与基层粗集料技术指标			
项 目	Ⅰ 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级	高速、一级公路		其他公路面层	基层
				表面层	其他层次		
碎石压碎值/(%) (应<)	18.38	24.51	30.64	26(18)*	28(22)	30(25)	(30)
坚固性(质量损失/(%) (应<)	5	8	12	12(5)	12(8)	— (8)	(12)
针片状颗粒含量(质量/(%) (应<)	5	15	20	15(5)	18(10)	20(15)	(20)

注:括号中数据为作者提出的沥青路面及基层相应指标的建议修改值。原则是各级公路沥青面层的三项指标应达到Ⅱ级集料要求;高速、一级公路表面层的三项指标应达到Ⅰ级集料要求;基层应满足Ⅲ级集料的要求。

可以肯定《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2005)这样宽松的沥青混凝土路面集料质量要求必然会造成特重、重交通量超超载的高速公路沥青混凝土路面上的大量早期破损现象。不少研究沥青混凝土路面的专家都认为:仅满足这三项指标的临界质量数据的规定是做不好沥青混凝土路面的,必须进行修改和提高,应对各级公路沥青路面面层集料的压碎值、坚固性、针片状含量至少提出应不低于水泥混凝土路面的Ⅱ级集料的要求,而高速公路、一级公路的表面层应符合水泥混凝土路面Ⅰ级集料的要求。

道理很清楚,由于在沥青路面上压碎值、坚固性和针片状颗粒含量相当重要,它们在很大程度上决定着沥青路面早期破损的速率和破损面积。沥青路面这三项临界指标的要求比水泥混凝土路面还宽松是不妥的和不正确的。

(1)在施工过程中,沥青路面使用大吨位的振动碾压密实成形工艺,如果其压碎值和针片状颗粒含量过大,相当部分的集料必然会被压碎、压裂,断口截面没有沥青粘附,造成局部松散、飞逸的引发点数量较多,一些局部小坑,很快会被重载车轮碾坏啃边,破损面积会急速扩大。

(2)在路面运营过程中,一方面,坚固性不足的集料颗粒会过早磨损;另一方面,由于沥青混合料的支撑荷载能力主要依靠级配集料压实后的嵌锁能力,沥青自身强度相当低,所以,超载车轮会使压碎值较高和针片状颗粒含量过大的集料继续压碎、压裂;另外,当这三项指标不足时,即使路面暂时不破损,水分很容易透进无沥青粘附的碎石裂缝中,引发快速早期水破坏。

水泥混凝土路面对粗集料的三项指标要求按理

可比沥青路面宽松一些,原因:一是施工过程中,普通水泥混凝土路面是振捣棒振实成形的,对粗集料基本没有破坏;二是在运营期间,路面水泥混凝土已经凝结硬化,硅酸盐水泥与水反应生成的水泥石为自然界中天然存在的托贝莫来石,它是一种天然石料,自身具有极高的强度,即使是泥块与高风化的软弱颗粒会引发水泥混凝土路面表面的局部小坑洞,由于水泥石的高强度,不足以引起水泥混凝土路面大面积的早期松散型破损,它的早期主要破坏形式是各种脱空原因造成的早期断板与碎板破坏。

综上所述,从上述两种路面的粗集料对比研究中,作者得出结论:《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2005)中规定的沥青路面与基层粗集料的压碎值、坚固性和针片状颗粒含量三项临界质量指标必须进行修改,按此执行的结果是无论如何也减少不了、更防止不了沥青路面的早期快速破损。建议将沥青混凝土路面和基层粗集料与水泥混凝土路面一样分为三级,无论哪一等级公路的沥青面层粗集料的三项指标至少不应低于《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30—2003)要求的Ⅱ级粗集料的临界质量指标;高速公路、一级公路沥青混凝土路面的表面层应达到水泥混凝土路面Ⅰ级粗集料的技术要求;水泥稳定或综合稳定类基层由于有水硬性胶凝材料的强度作用,又考虑基层集料来源更廉价易得,可按水泥混凝土路面Ⅲ级粗集料进行要求。

根据上述原则,作者提出表2括号中的沥青路面与基层粗集料的压碎值、坚固性和针片状颗粒含量三项临界质量指标,供大家参考使用,积累使用经验和检测数据,以便下次修订《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2005)时使用。

提高了沥青混凝土路面粗集料的这三项质量临界指标后,实际路面工程能否获得这样高质量要求的集料,回答是肯定的。举广东梅河高速公路水泥混凝土路面实例,从120 km梅河高速公路沿线水泥混凝土路面所使用的水洗后8个碎石场的玄武岩、花岗岩、石灰岩所达到的粗集料质量来看:5个料场达到了Ⅰ级粗集料;3个料场为准Ⅰ级集料,所谓准Ⅰ级是所有粗集料指标中仅有针片状颗粒含量一项指标比Ⅰ级集料差1%~2%。为何针片状含量差一点呢,原因是集料粒形受粗集料破碎方式限制所致,破碎方式为一级圆锥破,针片状含量就差一点。如果料场采用两级圆锥破碎或一级反击破碎,就全部能够达到水泥混凝土路面Ⅰ级粗集料的质量指标要求。

从原理上讲,集料的压碎值和坚固性主要取决于生产碎石母岩的强度及风化程度,在《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)表3.3.1中修改了《建筑用卵石、碎石》(GB/T14685-2001)对生产集料的岩石抗压强度要求。国标要求岩石抗压强度火成岩应不小于80 MPa;变质岩应不小于60 MPa;水成岩应不小于30 MPa。我们从确保水泥混凝土路面的弯拉强度出发将其修改为要求水泥混凝土路面用岩石抗压强度:火成岩应不小于100 MPa;变质岩应不小于80 MPa;水成岩应不小于60 MPa。只要《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)所规定的岩石抗压强度能够达到,且严格控制强、中等风化岩石混入破碎前的毛石,就能确保实际路面工程的集料的压碎值和坚固性达到Ⅰ级粗集料质量指标要求。沥青表层按抗滑要求使用的玄武岩、辉绿岩等岩石基本上是火成岩,是抗压强度最高的岩石品种,控制风化石后,满足Ⅰ级粗集料要求毫无问题。

针片状颗粒含量,即粒形的好坏取决于料场破碎集料所采用的最终破碎机械方式。当料场采用两级圆锥破碎或一级反击破碎时,实践已经证明:全部能够达到水泥混凝土路面Ⅰ级粗集料的质量指标要求。

Ⅰ级粗集料的泥块含量规定为0;含泥量规定为不大于0.5%;沥青混凝土路面规定水洗法小于0.075 mm颗粒含量不大于1%。这些规定均相当严格,满足此要求的集料必须经水洗方可达到。

#### 4 研究结论

(1)本文给出了将水泥混凝土路面粗集料的压碎指标统一为沥青路面和基层粗集料的压碎指标的具体数据,以便大家可以使用《公路工程集料试验规程》(JTGE42-2005)中规定的T0316压碎值试验方法进行水泥混凝土路面粗集料的压碎质量检验与评定。

(2)从两种路面的粗集料质量数据的对比研究中得出:《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2005)中规定的沥青路面与基层粗集料的压碎值、坚固性和针片状颗粒含量三项临界质量指标必须进行修改,按此执行的结果是无论如何也减少不了、更防止不了沥青路面的早期快速破损。

(3)建议将沥青路面和基层粗集料与水泥混凝土路面粗集料一样进行分三级,无论哪一级公路的沥青面层建议粗集料的压碎值、坚固性和针片状颗粒含量三项指标至少不应低于或不大于《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTGF30-2003)要求的Ⅱ级粗集料的临界质量指标值,具体修改建议详见表2 沥青路面基层括号中数据。

(4)高速公路、一级公路沥青混凝土路面的表面层是重载车轮直接碾压作用的最易损坏结构层,建议应达到水泥混凝土路面Ⅰ级粗集料的压碎值、坚固性和针片状颗粒含量技术要求。实践表明:在满足母岩岩石品种、抗压强度和适宜的破碎方式条件下,能够满足Ⅰ级粗集料的三项临界质量指标要求;同时,国内各地有足够的料源供应。

(5)水泥稳定或综合稳定类基层由于有水硬性胶凝材料的强度作用,又考虑基层集料来源更廉价易得,可按水泥混凝土路面Ⅲ级粗集料压碎值、坚固性和针片状颗粒含量进行要求。具体修改建议详见表2 沥青混凝土路面基层括号中数据。

#### 参考文献:

- [1] JTGF30-2003,公路水泥混凝土路面施工技术规范(S).
- [2] JTGF40-2005,公路沥青路面施工技术规范(S).
- [3] JTGE42-2005,公路工程集料试验规程(S).
- [4] GB/T14685-2001,建筑用卵石、碎石(S).

文章编号: 0451-0712(2005)11-0172-05

中图分类号: U414.750.3

文献标识码: A

# SBS 物理改性沥青与化学改性 沥青性能对比研究

肖 鹏, 马爱群

(扬州大学建筑科学与工程学院 扬州市 225009)

**摘 要:** 对 SBS 物理改性沥青和化学改性沥青的各项常规与非常规性能进行了较为系统的研究。进而对两种方法改性沥青进行对比分析, 并且结合实际工程铺筑试验路对上述比较来进行验证。结果表明 SBS 化学改性沥青的性能更为优越。

**关键词:** 道路工程; 改性沥青; 试验研究; 试验路; 性能

聚合物改性沥青由于可以提高和改善路面使用性能已得到了广泛应用, 其中 SBS 改性沥青又以其能够显著提高高温抗车辙、低温抗开裂能力以及增强抗老化、改善疲劳等性能而成为聚合物改性沥青的主要品种。因此对 SBS 改性沥青的研究越来越深入, 应用也越来越广<sup>[1]</sup>。

然而对于聚合物 SBS 改性剂经物理或化学改性

技术得到的改性沥青和改性沥青混合料的技术性能究竟如何, 国内外还没有进行综合对比评价, 而且对于这两种改性技术尤其是化学改性方法铺筑的路面的使用性能没有深入研究。

笔者通过室内试验和现场试验路的方式系统研究了 SBS 物理改性沥青与 SBS 化学改性沥青的性能以及两者之间的优劣比较。

基金项目: 江苏省交通厅立项项目(项目编号 02Y029)

收稿日期: 2005-04-01

## Research Compared with Crushed Value, Soundness, Elongated Flaky Particles of Gravel in Cement and Asphalt Pavements

LI Hong<sup>1</sup>, FU Zhi<sup>2</sup>

(1. Architecture Engineering College of Beijing, Beijing 100044, China;

2. Highway Research Institute of Communication Ministry of China, Beijing 100088, China)

**Abstract:** Through comparison of 《Technical specification for construction of highway cement concrete pavements》(JTG F30-2003) with 《Technical specification for construction of highway asphalt pavements》(JTG F40-2005) and research in this paper, it is put forward that the crushing index of coarse aggregates of cement concrete pavements is revised to be the quality critical crushing index of asphalt pavement. It is suggested to improve the three quality indexes of crushing value, soundness, and elongated particle contents in asphalt pavements, in order to effectively prevent and decrease the fast destroy in cause of low requirements quality indexes of crushed stone in asphalt pavements.

**Key words:** cement concrete pavement; asphalt pavement; crushing value; crushing index; soundness; elongated particles