

# 安山岩集料级配设计

张亚军, 赵永利, 黄晓明

(东南大学交通学院 南京市 210096)

**摘要:** 研究了安山岩的路用性能, 安山岩内摩阻力大, 安山岩表面的孔隙吸收了大量沥青, 给安山岩的级配设计和推广使用造成了困难。根据安山岩物理性质的特殊性, 提出了针对安山岩的断级配。采用该级配生产的安山岩沥青混合料, 具有较好的水稳定性和优异的高温稳定性。在安山岩的推广应用上做了一些探索, 以缓解当前某些地区资源紧张的压力, 也给其他地区集料和级配的选择增加了可选的范围。

**关键词:** 安山岩; 间断级配; 多孔集料; 沥青混合料

美国专家在对 21 世纪沥青路面技术进行预测时指出: 未来, 高质量集料的不足将成为很多地区的主要问题。在我国经济较发达的沿海地区, 该问题已经初步显现。改革开放以来, 沿海发达省市对基础设施大量投资和建设, 在经济迅速发展的同时, 自然资源也大量消耗, 在高速公路的建设中优质集料资源愈加稀少, 特别在某些地区, 高质量集料行将枯竭。由于东南沿海地区对石灰岩和玄武岩的过度依赖, 导致石灰岩和玄武岩资源紧张, 影响了当地的基础建设。而在我国东南沿海以及内地, 安山岩分布较广, 储量大, 而且价格低, 如果能很好地利用, 有利于我国经济的发展。

## 1 安山岩的路用性能

安山岩属于岩浆岩中的喷出岩, 灰色、紫色或灰绿色, 斑状结构, 斑晶为斜长石, 岩石呈气孔状或杏仁状构造。安山岩质地坚硬, 强度高, 压碎值较小, 表面粗糙呈孔状结构, 吸水率高。

### 1.1 内摩阻力大

因安山岩集料表面多孔粗糙, 集料间的摩阻力大, 因而用安山岩集料生产的沥青混合料, 其强度优于用致密集料生产的沥青混合料。在某实体工程中, 石灰岩集料生产的沥青混合料的马歇尔稳定度一般为 11~13 kN, 而用安山岩集料生产的相同类型沥青混合料的马歇尔稳定度在 18~21 kN 之间, 但摩阻力大也造成路面难以压实。

### 1.2 集料的吸水率大

因表面呈孔状结构, 故安山岩集料的吸水率一般都较大, 给沥青混合料的级配设计、生产和使用带来一系列问题。

含水的多孔性集料在水分挥发时会吸收大量热量, 因此易造成烘干温度降低, 同时由于孔隙中的水分挥发速度较慢, 因此如烘干不充分, 残留的水分将影响沥青与集料的粘附性和水稳性能。

如果集料内的孔隙水烘干充分, 反而有助于集料与沥青的粘结。多孔性集料经加热(生产时一般加热至 170~180℃), 孔隙中的水将由液态变为气态, 因体积膨胀, 大部分水汽将从孔隙中排出, 少量水汽仍留在孔隙深处, 且孔隙开口附近的孔壁被烘干。将加热的沥青(一般 150~170℃)倒入已加热的集料后, 由于热沥青表面张力很小, 与干燥的集料湿润性能特好, 故热沥青将很容易地进入集料的孔隙中去。但一般不会充满, 即整个孔隙通道内部一段为水汽, 外部一段为沥青。随着沥青混合料温度逐渐降低, 残存在孔隙深处的水汽将逐渐由气态转变为液态, 且体积减小。由于体积减小, 而堵在孔隙浅处的沥青又阻碍大气进入, 于是在孔隙内部产生了一个负压。在此负压作用下, 已进入孔隙内的沥青不但不会外流, 相反还会向内流动。随着混合料温度继续下降, 沥青逐渐变稠, 最后凝固, 将孔隙堵死。由此看来, 由多孔性集料生产的沥青混合料, 集料孔隙中的沥青一般不会轻易流出, 残存在内部的水也不易出来。

### 1.3 所需沥青用量较大

在高温下, 部分沥青进入集料表面开口孔隙之

中,这部分沥青作为自由沥青对沥青混合料的结构性能没有贡献,也就使沥青混合料中的有效沥青含量降低,为了满足混合料性能的要求,就要增加沥青用量。

以某安山岩集料(技术参数见表1)为例,合成级配毛体积相对密度 $\gamma_{sb}=2.615$ ,合成级配有效相对密度 $\gamma_{se}=2.683$ ,算得沥青的吸收率 $P_{ba}=(1/\gamma_{sb}-1/\gamma_{se})\times 100\%=0.97\%$ ,这就意味着此安山岩集料要比一般致密石灰岩集料多用近1%的沥青。

表 1 某安山岩集料技术参数

指标	1号	2号	3号	4号	5号
表观相对密度	2.766	2.783	2.775	2.9	2.698
毛体积相对密度	2.598	2.587	2.568	—	—
吸水率/%	2.4	2.7	2.9	—	—
针片状颗粒含量/%	13.0	14.3	14.9	—	—
<0.075 mm 颗粒含量/%	0.4	0.6	0.9	2.9	17.4
石料压碎值/%			12.4		
砂当量/%			61		
粘附性/级			4		

为了验证该安山岩集料是否能吸收这么多的沥青,我们做如下试验验证。取该集料1号、2号和3号料各4颗,共计167.5g,将沥青加热至150℃,然后浸入集料,保持45s,取出晾干,称得裹覆沥青后的集料重176.4g,再称取裹覆沥青后的集料水中重为

104.6g。测得集料表面孔隙被沥青填充后的有效相对密度 $\gamma'_{se}=167.5/(176.4-104.6-(176.4-167.5)/1.03)=2.652$ 。根据表1中1号、2号和3号集料的数据,用计算法可以算得有效相对密度为2.658。试验结果和计算结果相差0.006,相当接近,因此,沥青用量增加约1%是真实的。考虑到细集料的比表面积要远大于粗集料,合成级配增加的沥青用量要高于1%。

### 1.4 路用性能小结

从以上分析可知,安山岩具有强度大,压碎值较高等优点,而且价格便宜储量大,但是安山岩生产的混合料不易压密,而且由于吸水率较大造成沥青用量较大,造成路面造价的增加。因此安山岩要在高速公路上推广使用,要解决两个问题:一是保证沥青混合料有较好的压实性能;二是沥青混合料的沥青用量控制在合理范围之内。

## 2 安山岩集料的级配设计

以夏炎热冬冷、重载交通的高速公路的要求对安山岩级配进行设计,由粗到细选择了4组级配(表2)进行试验,4组级配都在新规范AC-20(JTG F40-2004)的范围内,为了适应重载交通的要求,4组级配都为AC-20粗型沥青混凝土。

表 2 4种级配

筛孔尺寸/mm	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配一	100	93	83	75	56	30	22.5	18	13	10	7	5.5
级配二	100	95	85	70	55	33	22	16	12	9	6	5
级配三	100	96	87	75	60	40	28	20	15	11	7	6
级配四	100	95	86	75	64	45	31	21	14.5	10.5	7.5	5

采用台湾CPC牌SBS改性沥青,在165℃成型马歇尔试件,测量试件的体积指标:孔隙率VV和矿料间隙率VMA,绘于图1。

虽然4组级配都在新规范AC-20级配范围之内,但4组级配在较高的油石比下孔隙率明显偏大。从图1可以看出,当升高油石比为5.4%时,级配一和级配二的空隙率都不在可用的范围之内,级配三和级配四的空隙率仅降至5%左右,如果要用于实际工程仍然具有较大的困难。

4组级配中级配四接近新规范AC-20的中值,孔隙率相对最小,但空隙率仍然不在理想的范围之内。当该级配以石灰岩成型试件,与安山岩成型的试件作对比,两者的空隙率见图2。

从图2可以看出,按照级配四成型试件,在油石

比相同时,以石灰岩成型的试件的孔隙率要比以安山岩成型的试件低3%左右;如果要使两者的孔隙率相同,石灰岩成型的试件的油石比要比以安山岩成型的试件低1.0%~1.5%。

由此可见,以最大密实度理论为基础的连续级配不能适应安山岩级配的设计,针对安山岩的特性,本文提出断级配(表3),级配在2.36mm~4.75mm处断开。

为了检验断级配对沥青混合料体积指标改善的效果,采取了3组试验进行验证:(1)采用断级配的安山岩混合料沥青混合料体积指标试验;(2)采用断级配的某石灰岩沥青混合料体积指标试验;(3)采用连续级配(表2中的级配三)的安山岩沥青混合料性能体积指标试验。试验结果见图3。

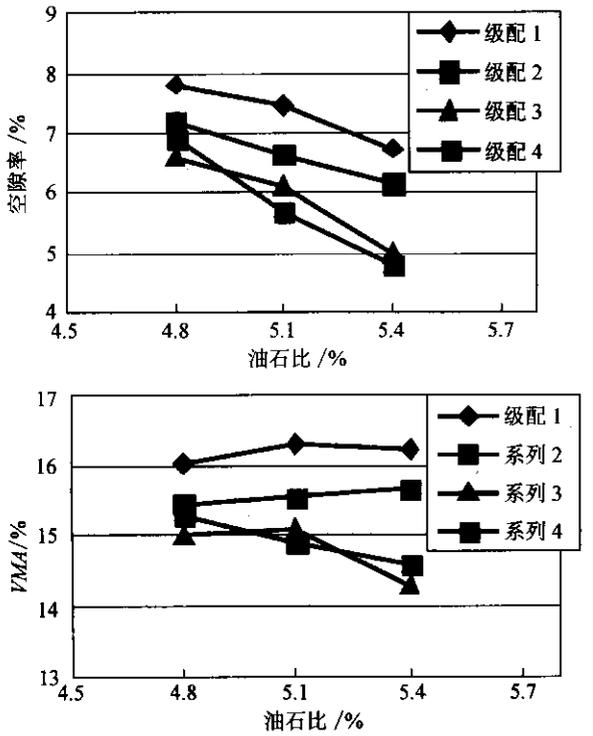


图1 4种级配体积指标

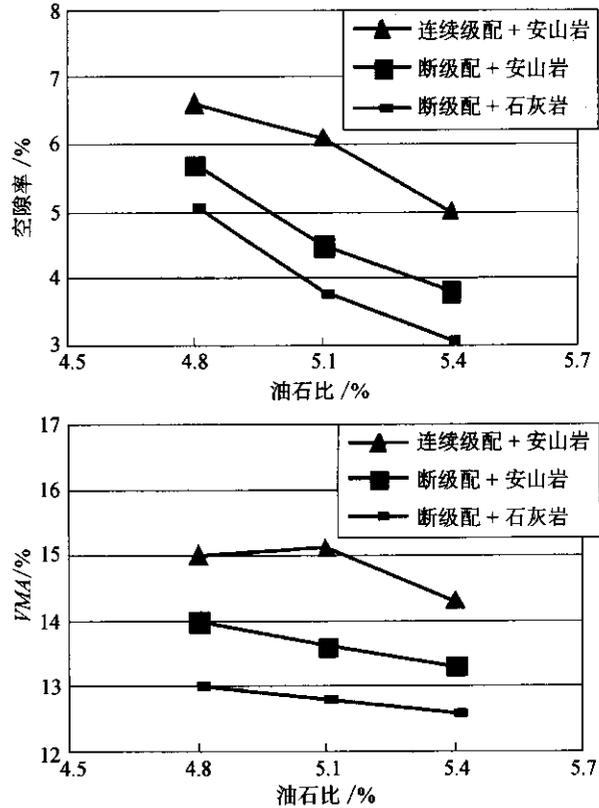


图3 3组试验体积指标对比

根据马歇尔设计法,使用安山岩集料,断级配的最佳油石比为 5.1%,最佳油石比下的空隙率为 4.5%。通常,与断级配公称最大粒径相同的 AC-20 的最佳油石比在 4.5% 左右,要比使用安山岩的断级配低 0.6%,但安山岩孔隙吸收的沥青要达到 1% 左右,所以使用该断级配后,有效地降低了安山岩的沥青用量约 0.4% 左右。

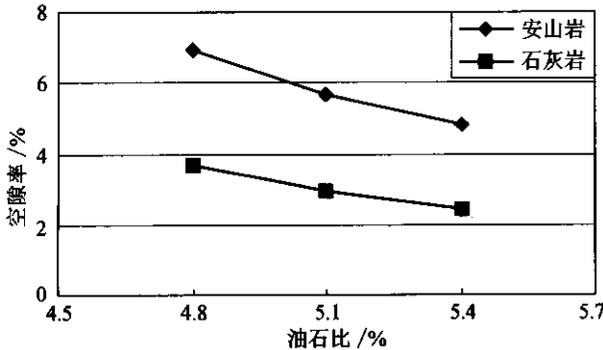


图2 安山岩和石灰岩成型的试件空隙率

表3 本文提出的断级配

筛孔尺寸 / %	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75
断级配 / %	100	95	87	80	60	32
筛孔尺寸 / %	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
断级配 / %	30	24	17	12	9	6

从图 3 中可以看出,使用断级配的安山岩沥青混合料的空隙率比使用连续级配的安山岩混合料降低了 0.7%~1.2%,这说明断级配有效地削弱了安山岩的内摩阻力,显著降低了沥青混合料的空隙率,从而可以减少沥青用量,降低造价;应用断级配,使用安山岩的沥青混合料的空隙率要比使用石灰岩的沥青混合料高约 0.9%,这也说明了安山岩要比石灰岩内摩阻力大,孔隙吸收的沥青多,这也是安山岩主要的不足之处。

### 3 沥青混合料性能检验

根据规范要求,对采用断级配的安山岩沥青混合料进行水稳定性、高温稳定性和渗水性能检验(表 4),沥青采用 SBS 改性沥青(基质沥青为台湾 CPC 70 号沥青),并添加用量为沥青用量的 3% 的抗剥落剂。

表4 性能试验数据

试验指标	试验结果	规范要求
60℃车辙动稳定度/(次/mm)	13 050	≥2 800
70℃车辙动稳定度/(次/mm)	8 316	≥2 800
浸水马歇尔残留稳定度/%	94.2	≥85
冻融劈裂残留稳定度/%	84.6	≥80
渗水系数/(ml/min)	67	≤120

从表 4 中可以看出,动稳定度远远超过了规范的要求,即使将试验温度提高到 70℃,动稳定度也仍然远高于规范的要求。一方面这是由于采用了改性沥青的原因,但更重要的是,该断级配 4.75 mm 筛孔的通过率只有 32%,该断级配形成了骨架嵌挤结构,同时集料之间的内摩阻力较大,所以动稳定度要远远优于悬浮密实结构。水稳定性也较好,这是由于部分沥青被吸入了孔隙中,沥青就像嵌入了集料孔隙中,所以不易剥落。

从试验结果来看,各项指标都较好,该级配适用于高速公路的中面层,可以起到很好的抗车辙作用,同时抗水侵蚀性能也能得到保证。在某实体工程铺设试验段,各项指标都达到了预期效果。

#### 4 结 论

(1)安山岩表面粗糙,内摩阻力大,孔隙吸收的沥青用量多,这是安山岩级配设计的难点所在。

(2)根据安山岩物理性质设计的断级配,能达到较好的密实效果,沥青用量相对较少,降低了工程造价。

(3)本文设计的断级配具有良好的路用性能,具有优异的高温性能,同时就有较好的水稳定性。

(4)安山岩的成功应用,可以缓解资源紧张的压力,本文在推广安山岩的应用上做了有益的探索,相似岩石集料特别是多孔性集料的级配设计可以参考本文提出的断级配。

#### 5 安山岩沥青混合料施工建议

(1)严格限制 2.36~4.75 mm 集料的用量,保证级配在 2.36~4.75 mm 处断开,确保真正形成断

级配。

(2)安山岩集料中吸收的水分对沥青混合料有不利的影响,因此堆放的集料应加强覆盖,避免雨水的侵蚀。

(3)适当延长集料的烘干和拌和时间,并严格控制集料的烘干温度,确保集料充分干燥,以利于集料的干燥和对沥青的吸收。

(4)断级配在施工中容易出现离析,因此,施工中应加强对摊铺机的调整,同时对混合料的卸料、运输、摊铺等关键环节加强控制,尽可能减少离析的出现。

(5)断级配 4.75 mm 筛的通过率只有 32%,属于强骨架结构,并且安山岩集料外表粗糙,内摩擦阻力较大,所以较难压实。应合理组织压实工序,只要没有发现沥青混合料的推移,钢轮压路机的第一遍碾压就强振,切实保证高温施工;同时控制振动压路机的用水量,路表不得有钢轮留下的水渍;并且充分利用胶轮压路机的揉搓作用,以形成稳定的骨架密实结构。

#### 参 考 文 献:

- [1] 赵永利,黄晓明. 矿料级配基本性能的试验研究[J]. 公路交通科技,2004,(21).
- [2] 周春风,利用多孔玄武岩集料生产沥青混合料的探讨[J]. 中外公路,2003,(6)
- [3] 邢光福,汪庆华,陶奎元,东南沿海中生代安山岩的地质意义[J]. 火山地质与矿产,2001,22.
- [4] 黄晓明,吴少鹏,赵永利. 沥青与沥青混合料[M]. 东南大学出版社,2002.
- [5] 马卫民,刘红,许志鸿. 集料级配对沥青混合料空隙率的影响[J]. 华东公路,2000,(8).
- [6] 张肖宁,等. 沥青混合料组成设计的 CAVF 法[J]. 公路,2001,(12).

## Gradation Design of Andesite Aggregate

ZHANG Ya-jun, ZHA Yong-li, HUANG Xiao-ming

(College of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** In this paper, the road performance of andesites is studied. That the surface pore of andesites with strong inner frictional resistance absorbs much asphalt and it brings great difficulty in gradation design and application in project. According to particularity of andesite physical property, the gap grading is recommended. With the gap grading, asphalt mixture of andesites has fine water-stability and excellent high-temperature stability. In this paper, some researches are done in andesite application to release the pressure of lack of resource in some areas and to enlarge the range of aggregate and gradation.

**Key words:** andesites; gap grading; porous aggregate; asphalt mixture