

文章编号: 0451-0712(2005)07-0092-03

中图分类号: U414.750.3

文献标识码: B

沥青混凝土路面混合料配合比设计优化方法及实例

范永丰, 彭 涛, 郑朝义

(河南高速公路发展有限责任公司 郑州市 450052)

摘 要: 介绍了高速公路沥青混凝土路面混合料配合比的几种设计方法,并结合实例对沥青混合料配合比优化进行了理论探讨和剖析。

关键词: 沥青混凝土路面; 沥青混合料; 配合比设计; 优化

近年来,随着我国国民经济的快速发展,干线公路特别是高速公路面临着巨大的交通压力,尤其是日交通量的剧增、超重车辆轴载与汽车轮胎充气压力的不断增大,导致许多满足现行规范要求的沥青混凝土路面发生了车辙、剥落、反射裂缝、低温开裂等早期病害现象。因此,如何采用恰当的沥青混合料配合比设计方法,在综合考虑抗疲劳能力、高温稳定性、低温抗裂性及水稳性等路用性能后,优化配合比设计,使沥青混合料具有良好的性能指标,并使其真正应用于工程实际,是当前有必要考虑的问题。

1 沥青混凝土配合比设计方法简介

1.1 马歇尔(Marshall)设计方法

马歇尔试验方法是应用最为广泛的沥青混合料配合比设计方法,曾经是世界各国通用的设计方法。其最大优点是注意到了沥青混合料的密度、孔隙率、稳定性和流值的特性,通过分析以获得沥青混合料合适的孔隙率和饱和度,并求得最佳沥青用量。目前采用的部颁《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40-2004)结合我国多年的研究成果和生产实际,采用 3 阶段设计,综合考虑了沥青混合料的水稳性、抗车辙能力和低温抗裂性能,以求得沥青混合料的最佳沥青用量。其本质是马歇尔设计方法。

1.2 Superpave 设计方法

Superpave 设计方法自 1992 年问世后,经美国联邦公路局(FHWA)联合美国国家沥青路面协会

(NAPA)推广,用以帮助高速公路工程师和建筑公司设计与建造在极端气候和繁重运输荷载条件下的优质高速公路路面。

Superpave 全套技术是由一个庞大的体系构成,包含以下 5 个方面:(1)胶结料与集料规范;(2)混合料体积设计;(3)混合料施工;(4)混合料性能预测;(5)相关的软件、试验方法及设备等。这些体系一起组成完整的 Superpave 技术,孤立地应用其中部分技术很难达到 Superpave 整体应用所应有的效果。该方法以旋转压实方式成型试件是一个进步,但它仍然是一种以体积参数为核心的设计方法。该系统对沥青混凝土的设计是基于其实际使用性能,它要求沥青混凝土材料必须在公路所在地区的最高及最低设计温度下达到其规定的性能指标。这样设计的路面就会在炎热季节减缓车辙深度的发展,又能在低温季节减少路面低温开裂。并详细规定了沥青和骨料的选择实验手段及指标,以及混合料的设计指标和测试方法。

1.3 GTM 设计方法

GTM 主要采用和应力有关的推理方法进行混合料的力学分析和设计,GTM 成型试件的原理与 Superpave 的旋转压实机(SGC)基本相同,可模拟路面碾压成型模式,采用类似于施工中压路机作用的搓揉方法压实沥青混合料,并且模拟了现场压实设备与随后交通荷载的作用,可根据路面所承受的轮胎接地压强设定垂直压力,也可变化对试件的揉

搓旋转角度。因此,GTM 实验机可最大限度地模拟汽车在公路上行驶时轮胎与路面的相互作用,并通过旋转压实,使模拟中沥青混合料密度达到汽车轮胎实际作用于路面时所产生的密实度,即对试件施加垂直压力,试件在该压力作用下,被旋转压实到平衡状态(所谓平衡状态,是指每旋转 100 次,试件密度变化率为 0.016 g/cm^3)。GTM 在确定最佳沥青用量时,根据不同用油量的试验结果,画出用油量与试验结果的关系曲线,并根据最佳沥青用量的稳定值、抗剪安全系数、密度指标来决定沥青混合料的设计密度及最佳沥青用量。

2 沥青混凝土配合比设计方法综合评述

在现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)中,对沥青混合料配合比设计方法进行了重新修订和明确,一致认为根据我国的实际情况、经验和技术水平,仍然采用马歇尔设计方法是符合国情的。但同时指出,规范允许在有条件的地方和工程,鼓励学习国际上的先进经验,使配合比设计水平得到提高。鉴于规范采取了积极和鼓励性态度面对国外先进技术,因此下面将对以上 3 种配合比方法进行简单对比和评述。

马歇尔设计方法和 Superpave 方法同属于体积设计方法,马歇尔法在试件成型及击实次数方面与实际路面材料的碾压功能及交通量大小不匹配,导致室内混合料密度偏低;混合料试件必须满足 VMA、VFA、VV 的要求,加之沥青混合料密度偏低,因此又使得沥青用量偏高,易出现泛油、车辙等病害;由于马歇尔方法提供的现场压实度标准偏低,导致施工质量易达到要求,施工过程中承包商可以不用过多考虑对施工碾压过程的严密监控、精心管理,采用新的压实设备、压实技术没有积极性。但是我国对传统的马歇尔设计方法经过不同程度的改进,现已增加了混合料路用性能的检测,如高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性等,并且由于其他 2 种配合比设计方法尚未纳入现行规范中、相应的配套试验设备都是美国标准,因此在现阶段马歇尔方法仍将是我国沥青混合料配合比设计的主要方式。

Superpave 方法与马歇尔设计方法相比,Superpave 混合料体积设计有几个不同之处:旋转压实成型试件使混合料中集料分布更接近于现场的压实过程;可以按照不同的交通量等级选择不同的压实参数,使荷载条件反映到沥青混合料的设计当中;

增加了混合料短期老化的条件,使压实和空隙率计算更为符合实际;加大了试件尺寸(150 mm 直径),使其更有利于大粒径(25 mm~50 mm)的集料在试件中均匀分布,减少了马歇尔试件由于尺寸小而产生实验结果的变异性;实时测量试件高度与旋转次数,画出压实曲线,从而能评价混合料的压实特性;在最大压实次数时规定了一个最大压实度,使混合料的抗车辙能力更有保障;在初始压实次数时规定了一个最大压实度,避免了不稳定混合料的产生。

相对于前 2 种方法,GTM 具有以下不同: GTM 试验应用科学推理的方法,采用应力应变原理进行设计,通过对试件揉搓、旋转成型,使试件所受作用与汽车轮胎和路面的作用十分相似,因此应力应变特性对柔性路面结构具有较好的代表性; GTM 能够直接反映颗粒状塑性材料可能出现的塑性过大现象,依据这一原理,可预测在设定的垂直应力作用下,所设计沥青混合料的最大允许沥青含量; GTM 充分模拟路面行车荷载作用下沥青混合料的最终压实状态,可判断混合料组成是否合理;马歇尔法在设计沥青混合料时考虑孔隙率、饱和度等体积指标,GTM 法在设计沥青混凝土时没有将这些体积指标作为确定用油量的指标,但是从 GTM 法确定用油量的指标中可以看出,压实稳定值与体积指标有一定的关系,当沥青混合料被过度压实或者填充较多的沥青时,压实稳定值将变大,开始出现塑性变形。

总之,马歇尔方法、Superpave 方法及 GTM 方法是人们对沥青混合料认知过程的不断发展和进步而产生的不同材料级配设计理论研究方法,不能够认为哪一种设计方法是完全符合现实行车荷载并具有无比优越的特性,也不能简单认为哪一种方法已经完全不再适用,应予以淘汰。实际上,这 3 种方法都是在一定历史时期伴随着材料革命和施工技术进步而逐步发展起来的,而且不管是哪一种方法所得到的配合比,都将对最终的沥青混凝土路面质量和寿命产生重要影响,但均不是唯一的影响因素。在实际中,交通、环境条件,机械设备性能,混合料的拌和、运输和摊铺,以及人员素质等施工因素和后期养护管理因素都会成为不可忽视的外界条件。

3 沥青混合料配合比优化实例分析

以河南省某高速公路沥青混合料配合比优化设计为例,对混合料配合比设计方法进行进一步的探

讨和分析。该项目表面层采用AC-13I型改性沥青混合料,现分别采用Superpave和GTM方法进行优化设计。

3.1 级配设计

3.1.1 Superpave 方法

(1)依据Superpave设计的一般方法,选择粗、中、细3个级配,集料组成见表1,3个级配通过率见表2和图1。

表1 不同级配集料组成

集料种类/mm	9.5~16	4.75~9.5	2.36~4.75	0~2.36	矿粉
级配1/%	20.0	36.0	15.0	27.0	2.0
级配2/%	22.0	38.0	14.0	24.0	2.0
级配3/%	22.5	29.0	19.5	28.0	1.0

表2 不同级配通过率

筛孔/mm	级配1/%	级配2/%	级配3/%
16	100.00	100.0	100.0
13.2	91.40	90.5	90.3
9.5	81.10	79.2	78.7
4.75	50.30	46.7	53.5
2.36	34.70	31.5	36.5
1.18	24.30	22.0	25.1
0.6	15.20	13.9	15.4
0.3	11.10	10.2	11.0
0.15	8.30	7.7	8.0
0.075	6.50	6.0	6.2

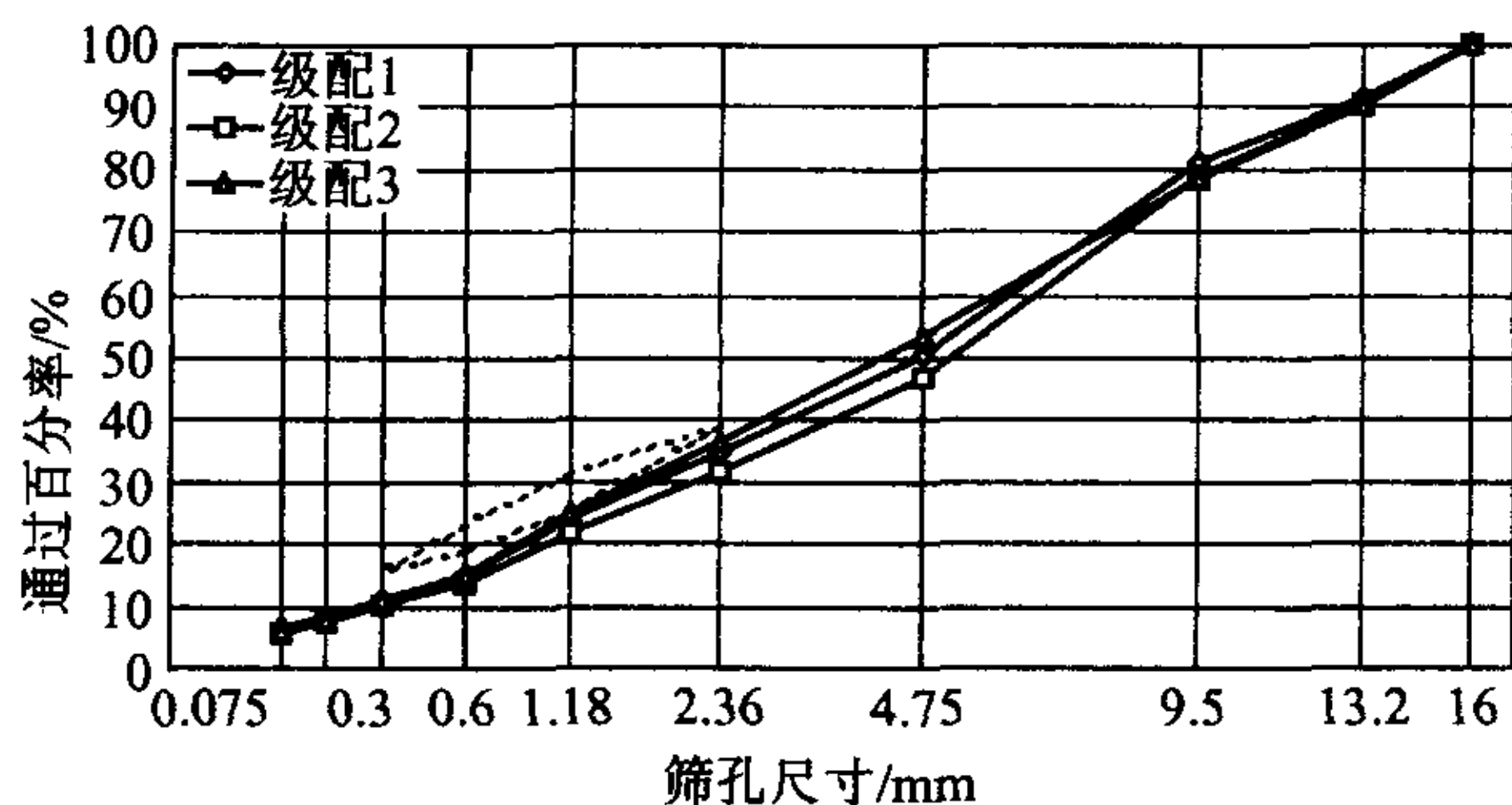


图1 3种试验级配曲线

(2)根据集料性质(集料密度及吸水率)计算3个级配的初始沥青用量,然后用初始沥青用量成型试件。根据试验结果,计算3个级配试件在空隙率为4%时所需的沥青用量及VMA、VFA、VV、粉胶比等。估算沥青用量及试验结果见表3、4。

表3 估算沥青用量

试验级配	G_{sb}	G_{sa}	G_{se}	V_{ba}	V_{be}	W_s	P_{bi} /%
1	2.676	2.898	2.854	0.057 3	0.100 4	2.455 8	6.20
2	2.677	2.896	2.853	0.056 4	0.100 4	2.454 9	6.16
3	2.673	2.903	2.857	0.059 2	0.100 4	2.458 0	6.26

注: V_{ba} 为集料吸收的沥青胶结料的体积; V_{be} 为有效沥青胶结料的体积; W_s 为每 m^3 混合料中集料质量; P_{bi} 为估算沥青用量。

表4 不同级配估算沥青用量下试验结果

级配	4%空隙率 沥青用量/%	VMA	VFA	粉胶比	初始次数 压实度/%
1	6.68	14.6	72.7	1.47	86.3
2	7.18	15.7	74.5	1.20	86.3
3	6.32	14.0	71.5	1.55	87.1
Superpave 标准		不小于14	65~75	0.6~1.2	不大于89

根据各级配的估算沥青用量,拟用6.2%的沥青用量采用旋转压实仪成型试件,垂直压力设定为0.6 MPa,根据交通量等级,选择 $N_{\text{最初}}=8$ 次、 $N_{\text{设计}}=100$ 次、 $N_{\text{最大}}=160$ 次。估算沥青用量下,各级配旋转试验结果见表4。

由表4可知,3种级配均满足Superpave设计要求,但考虑到实际施工时的沥青用量,选择级配3作为设计级配。

3.1.2 GTM 方法

按照前述级配设计思想,并参考JTG F40—2004关于AC-13I型沥青混合料的矿料级配范围要求,依据各规格矿料筛分结果,通过计算机试算确定各标段矿料配合比。同时,根据矿料的具体情况对设计的矿料级配范围进行了调整,提出适合的级配控制范围,以便指导生产。根据集料筛分结果及级配确定各种集料比例,见表5和图2。

表5 级配范围及设计级配

筛孔尺寸/mm		16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配 %	上限	100	100	88	59	41	28	20	15	11	8
	下限	100	95	78	49	31	20	13	9	6	4
	设计	100	97.8	82.5	53.0	35.5	24.2	16.6	11.6	8.2	6.5

最终确定矿料配合比为:9.5~16:4.75~9.5:2.36~4.75:0.075~2.36:矿粉=31.0:19.0:17.5:28.0:4.5。

3.2 结果分析

从表2、5和图1、2可见,2种方法设计的混合料合成级配接近,曲线走向较好。按贝雷法对上述级配进行检验,结果见表6。检验结果表明,2种方法设计

文章编号: 0451-0712(2005)07-0095-04

中图分类号: U416.216.05

文献标识码: B

旧水泥混凝土路面补强设计过程与方法

郑勇驻

(厦门市市政工程设计院有限公司 厦门市 361004)

摘 要: 以厦门市湖里大道改造工程为例,系统阐述了在旧水泥混凝土路面上加铺沥青混凝土路面的设计过程及方法,着重介绍了路面损坏调查与评定方法、旧水泥混凝土路面的修复方法及旧水泥混凝土路面加铺设计方法。

关键词: 水泥混凝土路面; 沥青混凝土加铺层; 补强设计; AASHTO 经验法

水泥混凝土路面是我国的主要路面形式之一,在我国道路网构成中占有较大比重。它具有强度高、刚度大、承载能力强、稳定性好、耐久性好、抗滑性好、使用寿命长、养护费用低、有利于夜间行车等优点。因此,近年来水泥混凝土路面得到了迅猛的发展。仅在1990年至1997年间,全国水泥混凝土路面通车里程就由11 734 km增加到68 740 km。年均增加8 138 km。

由于近年来国民经济持续高速发展,道路交通量也相应迅猛增长,很多20世纪90年代初期修建的水泥混凝土道路已经不堪重负,提前进入了大修期。采取何种修复措施来恢复或提高旧水泥混凝土路面的使用性能成为摆在广大道路工作者面前的一道重大课题。

实践证明,在旧水泥混凝土路面上铺设加铺层是一项可在较长时期内恢复路面使用性能的经济、

有效的技术措施。笔者先后主持了厦门市思明南北路、湖里大道等多条道路水泥混凝土路面改建工程设计,采用在原水泥混凝土路面基础上加铺柔性路面的改造方法,取得了良好的效果。下文就以厦门市湖里大道改造工程为例,简要介绍旧水泥混凝土路面补强设计的过程及方法。

1 路面损坏状况调查及评定

旧水泥混凝土路面补强设计是在对现有路面结构性能做出准确评价的基础上进行的,因此需通过资料收集与分析、目测调查、实测调查等手段对路面损坏状况进行调查和评价,对路面的结构状况和承载能力进行试验测定和评定。

1.1 资料收集与分析

湖里大道西起港中路,东至疏港路,是厦门东渡

收稿日期: 2005-04-20

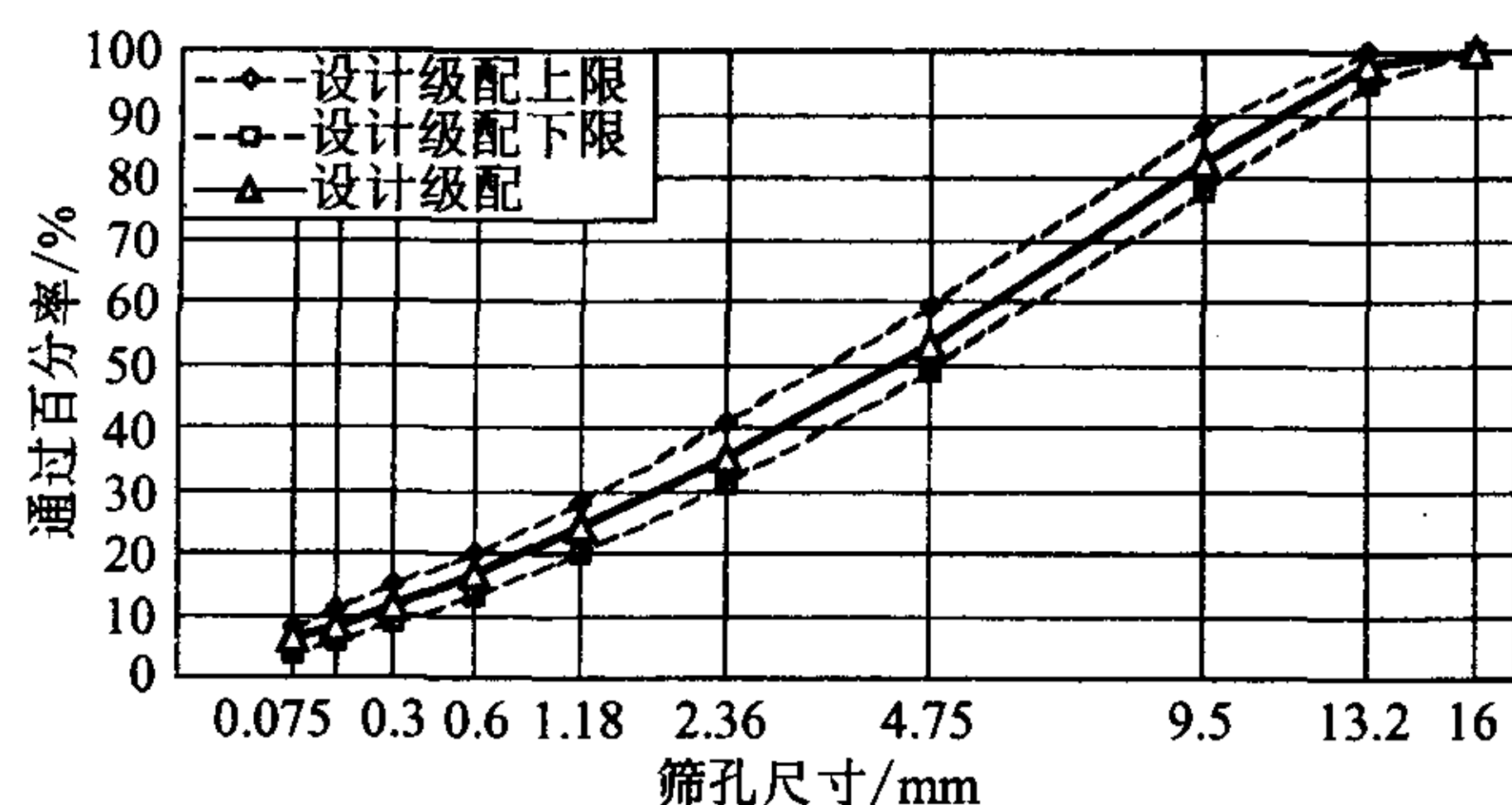


图2 级配曲线

结果基本符合建议范围,粗集料可以形成较好的骨架结构,细集料可以形成紧密的结构,合成级配较均匀,而且2种设计方法的检验结果基本相同,只是

表6 贝雷法检验结果

设计方法	下列筛孔(mm)通过率/%				贝雷法检验结果		
	4.75	2.36	0.6	0.15	CA比	FA _C	FA _F
Superpave法	53.5	36.5	15.4	8.0	0.46	0.42	0.52
GTM法	53.0	35.5	16.6	8.2	0.39	0.47	0.49
建议范围	—	—	—	—	0.4~0.8	0.30~0.50	

GTM法的CA比稍小。

3.3 结论

2种方法设计级配结果基本相同且符合建议范围,粗集料可以形成较好的骨架密实结构,合成级配较均匀。