

日本道路技術研究所 荒井孝雄

沥青混合料配合比設計

アスファルト混合物の配合設計

吉林省交通科学研究所

沥青混合料配合比设计

顾时光 译

1982年7月

前 言

沥青混合料配合比设计是沥青路面设计和施工的一项基本内容,对提高路面性能和延长使用寿命有着重要的意义。为适应广大道路工作者设计和施工的需要,继去年编印的《世界主要国家沥青路面结构设计法》之后,现将日本道路技术研究所编著的《沥青混合料配合比设计》全文译出,供同志们参考。

本文是以日本新的《沥青路面规范》为基础,以大量试验研究和实测资料为依据,从理论和实践上论述了沥青混凝土配合比设计的各种有关问题。文章深入浅出,实用性较强。

本译稿承蒙我所杨宗章付总工程师、林育智工程师校审,在资料的搜集和复制工作上得到交通部情报所陆佩瑜同志大力协助,在此谨表谢忱。因水平所限,文中不当之处,敬希指正。

1982年7月于长春

1. 原著序言

日本《铺装》杂志，从1968年3月起连载21次“沥青路面”讲座，由松野三郎详细介绍了热拌沥青混合料的配合比设计。时至今日十年过去了。其间，不仅在内容上有变动，而且在实践中遇到了许多新问题，因此有必要对沥青混合料配合比设计进行再一次的讲解。

1978年6月，重新修订了《沥青路面规范》（以下简称《规范》），作为沥青路面设计和施工最基本的内容，即沥青混合料配合比设计仍然是以马歇尔法为依据。但是，为了更切合实际，根据以往经验，在设计和使用方法方面都作了更细致地探讨。在内容方面，把耐流动措施、防滑措施及抗磨损措施等一些关系到路面耐久性的重要问题作为特殊措施列为新项目，这样就使配合比的设计方法发生了变化。

本文以一般技术人员为对象，力求内容深入浅出，易于理解，使之具有实际指导意义，同时也想与富有经验的各方人士进行新的探讨，欢迎批评指正。本文是以日本沥青路面规范为基础，着重论述了具有实际使用价值的内容，而对于一些高深理论性的内容将由其它专著作以介绍。

目 录

1. 原著序言.....	
2. 概述.....	(1)
2—1 沥青混合料配合比设计法的发展.....	(1)
2—2 配合比设计的前提.....	(8)
3. 配合比设计程序.....	(11)
3—1 概述.....	(11)
3—2 配合比设计范围及其程序.....	(11)
3—3 材料.....	(12)
3—4 材料的选定及其必要的标准试验.....	(20)
3—5 与配合比试验有关的材料试验.....	(27)
3—6 热拌沥青混合料种类及其用途.....	(32)
3—7 骨料配合比的确定.....	(35)
3—8 用马歇尔稳定度试验确定沥青设计用量.....	(46)
3—9 其他设计方法.....	(77)
3—10 用试拌确定施工配合比.....	(78)
4. 特殊措施.....	(84)
4—1 耐流动措施.....	(85)
4—2 防滑措施.....	(98)
4—3 抗磨损措施.....	(103)
5. 欧美国家概况.....	(112)
6. 结语.....	(114)

2. 概 述

2-1 沥青混合料配合比设计法的发展

在叙述设计程序之前，先就配合比设计法在《规范》中的几次变动情况略加说明。

作为日本沥青路面指南的《规范》，是在1961年将马歇尔法纳入配合比设计后，才使之真正具有了实用意义，从而被确定下来。此后，分别于1967年和1975年对该《规范》又进行了两次修订，直到1978年6月再次修订，以此作为新的日本沥青路面规范而沿用至今。

在这几次修订中，沥青用量的确定方法以及标准值的处理方法虽有所变动，但采用马歇尔法这一基本内容却无任何变动。

马歇尔试验法，是由美国密西西比州道路局的布鲁斯·G·马歇尔提出的。在第二次世界大战期间，又根据美国陆军工兵部队从1943年至1945年进行调查研究结果，从而使马歇尔法获得确认。当时主要是将其作为机场跑道的配合比设计和进行施工管理的一种试验方法来使用的。此后，在1958年被列入ASTM^{*}_{D1559}，一直应用到现在。

马歇尔试验法的最终目的，就在于如何确定沥青用量的问题。但是，为了尽量使其能适应日本的实际情况，自被日本沥青路面规范采用以来，对马歇尔试验结果的运用曾作过几次变更。

*ASTM——美国材料与试验协会。一译者注

首先, 在1961年版的《规范》中就采纳了沥青标准用量的方案, 规定把表一 1 条件下的各种沥青用量的平均值即叫作沥青标准用量, 并用表一 2 的马歇尔标准值进行核对, 再综合考虑其他各种条件, 即可获得实际施工配合比。流值不用来决定沥青标准用量, 而是作为验证沥青标准用量是否合适的一种手段来使用。

表一 1 沥青标准用量的确定 (规范1961年版)

混合料 种 类	粗 级 配 沥青混凝土	密 级 配 沥青混凝土	改良托彼卡	托彼卡	薄层沥青混 凝土 AS
稳定度 (公斤)	最 高 点				
密 度 (克/厘米 ³)	最 高 点				
空隙率 (%)	5.5	4.5	5.0	6.0	7.0
饱和度 (%)	75	80	75	75	70

注: 1. 流值只用于验证沥青标准用量

2. 求沥青标准用量的参考图如规范图—4.4所示

3. 托彼卡: 细级配沥青混凝土

4. 改良托彼卡: 一种改良的(如加碎石等)细级配沥青混凝土

5. 薄层沥青混凝土: 在日本, 指混合级配2.5毫米筛通过量80%以上者。

表一 2 马歇尔试验标准值 (规范1961年版)

单位区段汽车交通量(辆/日)	2,000 以下	2,000~7,500	7,500以上
试件击实次数	50	50	75
稳定度(公斤)	250以上	350以上	500以上
流值 ($\frac{1}{100}$ 厘米)	20~50	20~40	20~40

(接前页)

空隙率 (%)	粗级配沥青混凝土	4 ~ 7
	密级配沥青混凝土	3 ~ 6
	改良托彼卡	3 ~ 7
	托彼卡	4 ~ 8
	薄层沥青混凝土	5 ~ 9
饱和度 (%)	粗级配沥青混凝土	70 ~ 80
	密级配沥青混凝土	75 ~ 85
	改良托彼卡	70 ~ 80
	托彼卡	70 ~ 80
	薄层沥青混凝土	65 ~ 75

在1967年版的《规范》中，删去了把沥青标准用量与马歇尔试验标准值进行核对的规定，改为把满足全部马歇尔标准值的沥青用量的共同范围的中值作为沥青设计用量的方法。同时，把流值也纳入标准值之中，并重新采用浸水马歇尔试验（表一3）。在该设计法中，删去了旧规范根据不同交通量的标准值分类，将其简化为击实次数50次、稳定度500公斤以上。此外，沥青设计用量不作为实际配合比，而实际施工配合比是进行试拌后加以确定的。

表一3 马歇尔试验标准值（规范1967年版）

混合料种类	粗级配沥青混凝土	密级配沥青混凝土	改良托彼卡
用途	基 层	面 层	面 层
击 实 次 数	50		
稳定度 (公斤)	500以上		
流值 ($\frac{1}{100}$ 厘米)	20 ~ 40		
空隙率 (%)	3 ~ 7	3 ~ 6	3 ~ 7
饱和度 (%)	65 ~ 80	75 ~ 85	70 ~ 85

表—4 马歇尔试验

用 途	一 般 地 区						
	基层	面 层				磨耗层	
						防滑用	
混合料种类	① 粗级配 沥 青 混凝土 (20)	② 密级配 沥 青 混凝土 (20)	③ 密级配 沥 青 混凝土 (13)	④ 细级配 沥 青 混凝土 (13)	⑤ 密粒式 间断级 配沥 青 混凝土 (13)	⑪ 开级配 沥 青 混凝土 (13)	⑤ 密粒式 间断级 配沥 青 混凝土 (13)
击实次数	(75)** 50	(75) * 50		50	(75) * 50		
稳定度 (公斤)	500 以上	(750以上) 500以上			350 以上		
流值($\frac{1}{100}$ 厘米)	20~40						
空隙率 (%)	3~7	3~6		3~7	3~7	—	3~7
饱和度 (%)	65~80	75~85		70~85	65~85	—	65~85

注：1)* 的括号内标准值用于重型车交通量多 (D 级交通

2) ** 适用于流动引起车辙特别严重的路段，①粗级

3) 对于易受水影响的混合料或铺在易受水影响路段的

$$\text{残留稳定度 (\%)} = \frac{\text{60°C48小时浸水后的稳定度 (公斤)}}{\text{稳定度 (公斤)}} \times 100$$

标准值 (75年版规范)

积 雪 地 区								
面 层					磨 耗 层			
					耐 磨 耗 用	防 滑 用		
⑥ 细粒式 间断级 配沥青 混凝土 (20 F)	⑦ 密级配 沥青混 凝土 (13 F)	⑧ 细粒式 间断级 配沥青 混凝土 (13 F)	⑨ 细级配 沥青混 凝土 (13 F)	⑩ 密粒式 间断级 配沥青 混凝土 (13 F)	③ 密级配 沥青混 凝土 (13)	⑧ 细粒式 间断级 配沥青 混凝土 (13 F)	⑨ 细级配 沥青混 凝土 (13 F)	⑩ 密粒式 间断级 配沥青 混凝土 (13 F)

50

500以上	350 以上	500以上	350 以上	500 以上
	80以下	20~40	80以下	20~40
3~6	1~5	3~7	3~6	1~5
75~85	75~95	60~85	75~85	75~95
				60~85

以及考虑到流动引起车辙时) 的路段。

配沥青混凝土的马歇尔试验的击实次数有时定为75次。

混合料, 用下式求得的残留稳定度应在75%以上。

该设计法所规定的沥青用量比1961年版《规范》分的更细了，并充分注意到随着远景交通量的增加，特别是重型车辆的增加，使沥青路面因塑性变形所产生的车辙现象。

1975年版《规范》，是针对上述各种情况进行调查研究后加以部分修订的，从而为过渡到1978年版《规范》奠定了基础。但是，在配合比设计方面的较大变化是依其适用范围，规定了更细的混合料种类，并分别给出了马歇尔标准值（见表—4）。其次，在重型车辆交通量大的路段上，规定采用75次击实，以此找出马歇尔稳定度的标准值，作为防止发生车辙的措施。1978年新制订的《规范》和1975年的修订版基本相同。不同之处是，重新整理和压缩了混合料的种类，并进一步明确了部分混合料的击实次数。其中规定，C级交通以上的为75次、B级交通以下的为50次（见表—5）。此外，单独列表说明了不同用途混合料的选定问题。

该《规范》还重点规定了防止车辙的措施。将标准值的取值从中间值减少到下限值范围内，同时提出在车辙特别严重，按一般配合比设计不能满足所需要的性能时，则采取耐流动这一特殊措施。

用轮迹试验作为流动性的评价试验，早在1975年版的《规范》中就曾提到，并作为对照指标加以使用。但是，在1978年的修订版中，则将其改为耐流动措施来使用。

表—5 马歇尔试验标准值 (78年版规范)

混合料种类	① 粗级配 沥青混凝土 (20)	② 密级配 沥青混凝土 (20)	③ 细级配 沥青混凝土 (13)	④ 密粒式 间断级配 沥青混凝土 (13)	⑤ 密级配 沥青混凝土 (20F)	⑥ 细粒式 间断级配 沥青混凝土 (13F)	⑦ 细级配 沥青混凝土 (13F)	⑧ 密粒式 间断级配 沥青混凝土 (13F)	⑨ 开级配 沥青混凝土 (13)
	(20)	(20)	(13)	(13)	(20F)	(13F)	(13F)	(13F)	(13)
击实C级交通以上	75	75	75	75	75	50	50	75	75
次数B级交通以下				50				50	50
空隙率 (%)	3~7	3~6	3~6	3~7	3~5	2~5	2~5	3~5	—
饱和度 (%)	65~85	70~85	65~85	65~85	75~85	75~90	75~85	75~85	—
稳定度 (公斤)	500 以上	(750以上) ² 500以上	500以上	500以上	500以上	350 以上	500以上	500以上	350以上
流值 ($\frac{1}{100}$ 厘米)				20~40		20~80			

注: 1) 积雪地区以及C级交通、流动引起车辙不严重的路段, 击实次数可为50次。

2) 括号内为C级交通以上, 击实次数为75次。

3) 易受水影响的混合料, 或铺在易受水影响路段的混合料, 用下式求得的残留稳定度应在75%以上。

$$\text{残留稳定度 (\%)} = \frac{60^{\circ}\text{C}48\text{小时浸水后的稳定度 (公斤)}}{\text{稳定度 (公斤)}} \times 100$$

2—2 配合比设计的前提

所谓沥青混合料的配合比设计，简而言之，就是确定符合所用混合料的骨料级配所要求的骨料配合比，并确定与其相适宜的沥青用量。

那么，什么叫沥青的适宜用量呢？现列举以下几项加以说明：

（1）能满足沥青路面强度要求充分而必要的用量；

（2）能防止因空气、水的浸透而引起路面老化充分而必要的用量；

（3）能够达到压实效果，不易引起泛油和稳定度下降，充分填充骨料空隙并留有适当空隙率的必要用量。

此外，沥青混合料还应满足以下要求，即：（1）能进行充分拌合（拌合性）；（2）易于施工（施工性）。

其次，在通车使用时期，还要满足下述要求：

（1）不易发生诸如搓板、车辙等变形（即沥青流变性质），就是说要有良好的稳定性；

（2）不易产生裂缝，即具有柔性；

（3）不易滑动，即具有抗滑性；

（4）不易变脆，即具有抗老化性；

（5）无剥落、松散现象，即具有耐水性；

（6）不易发生磨损，即具有耐磨性。

为此，在进行混合料配合比设计时，必须充分考虑上述这些要求。

然而，确定适宜的沥青用量是一件不容易的事情。这是因为目前尚未找到和路面状况非常相似的室内试验方法，而水泥混凝土路面则具有在现场同室内基本相同的条件，可是

对沥青路面来说却与之不同。这是因为，第一：与室内性质一样的沥青混合料很难在实际施工中实现；第二：经过拌和、施工及交付使用后，沥青发生变质，致使混合料性质也随之发生变化；第三：因沥青为粘弹性材料，所以在施工后受交通荷载及温度变化的影响，使路面体的各种性质发生变化。基于上述理由可以认为，沥青最佳用量的实质内容究竟是什么至今还尚无定论。

沥青路面的历史，也就是配合比设计的历史。现今是以马歇尔法为其主流，但很早以来就有种种的配合比学说，而且提倡过很多确定沥青用量的方法。因为其他专著对此已有论述，故本文不再赘述。但就其分类而论，有以下几种：

- (1) 根据经验公式的计算法；
- (2) 根据粒径分配，即级配的方法；
- (3) 根据表面积法；
- (4) 根据空隙填充论的方法；
- (5) 根据最大密度空隙论的方法。

在以上诸方法之中，(1)即所谓经验公式，已有很多尝试；(2)例如以骨料的细度模数来确定配合比的方法则属此种；(3)是根据骨料表面积来确定的设计方法，其中最著名的有 F·N·Hveem 的 CKE 法，即离心煤油当量法*；(4)是用沥青和细料填充骨料间隙的一种方法；(5)当混合料接近最大密度时，稳定度往往达到最大，但考虑到耐久性，又必须有一定的空隙，这就是此种方法的基本要求，许多采用力学方法的配合比设计均属此类设计法。

此外，还有根据沥青在滤纸上的粘附情况来确定配合比

* 为一种测定细骨料表面吸油量的方法。一译者注

的方法。即Pat Test** 法，而最简单的方法是只以目测观察的经验法。

尽管提出了以上这么多的方法，而且都进行了尝试，但是可以说至今仍然没有一种最理想的方法。

马歇尔法被认为是与前述的（5）相近的方法，其试验法容后再叙。

但本法试件的压实形式与实际施工不同，所以在破坏机理方面，究竟与实际路面有什么关系，在力学意义上尚未弄清。此外还有很多其他问题，尽管如此，在新的日本沥青路面规范中仍然沿袭使用着。

总之，至今还没有一种能使室内与现场相一致的代替马歇尔法的试验方法。之所以仍然采用马歇尔法，是因为该法的试验装置简单，并易于现场试验，但更重要的理由是已经积累了丰富的数据资料。就是说，尽管马歇尔法并不是最完善的方法，但是长期实践结果，大量的试验数据与路面使用性能之间已经建立了各种联系，这是其他方法所不能比拟的。

下面谈一下在实际应用马歇尔法进行配合比设计时的问题。简单地说，马歇尔试验是用以表示所用材料的沥青混合料具备某种性能的一种材料试验。它并不是用来表示路面竣工后也具有这样一种性能。也就是说，在实际施工上，当铺筑现场的压实度达到标准密度96%以上时，这虽然与室内压实试件不相一致，但可以进行铺筑。

马歇尔试验法之所以被承认和普遍采用，是因为用该法所测得的混合料性能和现场是吻合的，而这一点无论是从以

** 即饼块试验。—译者注

往的大量数据还是从丰富的经验来看，都被人们所承认。因此，本文后述的马歇尔试验中的标准值都是由丰富的实践经验所验证而被公认是正确的。

3. 配合比设计程序

3—1 概 述

为理解日本目前所用的沥青混合料配合比设计的实际情况，已在前面介绍了它的发展过程及有关配合比设计的观点。本章节主要讲配合比设计的程序，重点谈谈根据新的日本沥青路面规范的热拌沥青混合料的设计方法和特殊措施。

3—2 配合比设计的范围及其全部程序

为了使沥青混合料的配合比设计满足 2—2 节所提出的诸种性能要求，应采取的程序是：

- (1) 选定材料；
- (2) 确定骨料配合比；
- (3) 确定沥青用量。

它的设计范围，狭义而言，在选定材料时，是指根据混合料的要求来确定骨料配比以及沥青设计用量；广义来说，则是包括了从用料的选定及其材料试验开始，以至确定骨料配合比和沥青设计用量，再通过拌合场地试拌而最终确定施工配合比。

为易于理解配合比设计的全部程序，从材料选定到确定沥青设计用量为中心进行叙述，并对试拌也作以简略介绍。在设计程序中虽然包括很多试验法，但因篇幅所限，除特别

重要的试验方法外其余均不作介绍。

为便于理解该设计全部程序，以图—1示出根据马歇尔法进行热拌沥青混合料的标准配合比设计程序的流程方框图。图中，用实线表示主要程序，用虚线表示在设计过程中发生问题，即不能满足各项条件时再重新复核的项目。此外，为明确起见，又把材料、试验项目、工作项目、操作项目及确定项目予以分别示出，而后依其程序方框图分别加以说明。

3—3 材 料

热拌沥青混合料所用的材料大致分为：沥青材料、骨料和填料。其典型用料如表—6所示。

从必须保持路面的均匀性的观点出发，上述材料应具有一定所规定的质量，而且是品质均匀的材料。

3—3—1 沥 青

沥青填满骨料颗粒之间，起到使骨料牢固结合的作用。沥青路面常发生的破坏，很多场合都是起因于沥青，所以必须预先明确沥青是具有怎样一种性质的材料。

通常把沥青称为沥青材料，它是一种有机高分子材料，是在温度变化时，其硬度亦随之发生变化的粘弹性材料。它不象水泥那样本身就具有凝固的性质，因此沥青的性质对路面影响极大。

例如，因沥青硬度的不同，沥青路面呈现车辙的现象则不同，而且沥青越多越易发生车辙现象或发生泛油，反之，沥青量少，则发生裂缝或骨料（如砂砾）剥落而产生磨耗。