



十七届世界道路会议报告汇编

IV

桥梁与隧道



中国公路学会

交通部科学技术情报研究所

前 言

第十七届世界道路会议于1983年10月在澳大利亚悉尼召开，参加会议的有80个国家1300多名代表。我国派出了政府代表团参加会议，带回主要报告十八种。这些报告是道路会议常设国际协会领导的各专业技术委员会根据各国论文归纳编写的，分别介绍了各主要国家从1979年以来在道路和桥梁隧道规划、设计、施工和养护管理等方面的成就和经验，综述了目前各国公路技术水平和发展趋向，是我国公路科技人员、管理干部和教学人员很好的参考文献。

经过有关科研、情报部门以及高等院校人员的共同努力，已将道路会议的大部分报告翻译完毕，编成《十七届世界道路会议报告汇编》。本汇编共110余万字，分四册出版：第一册为城市道路与高速公路；第二册为道路工程与材料试验；第三册为柔性路面与刚性路面；第四册为桥梁与隧道。

由于本报告汇编内容丰富，篇幅较多，翻译加工时间比较仓促，再加上编辑人员水平有限，其中错误之处，在所难免，请读者不吝指正。

编者

1985年3月

目 录

道路桥梁技术委员会的报告

1.	防水层和面层	(1)
1.1	导言	(1)
1.2	在防水层和面层中产生的应力	(2)
1.3	防水层/面层复合体的设计	(3)
1.4	防水层铺设	(7)
1.5	面层铺设	(8)
1.6	性状	(9)
1.7	批准、条例、检查、保证	(9)
2.	伸缩缝	(14)
2.1	导言	(14)
2.2	设计	(14)
2.3	接缝类型	(15)
2.4	选择	(17)
2.5	安装	(20)
2.6	性能和养护	(21)
2.7	趋势	(26)
3.	桥梁支座	(27)
3.1	导言	(27)
3.2	现状: 各国采用的桥梁支座	(28)
3.3	新型支座的机械性质	(30)
3.4	对桥梁支座的要求	(32)
3.5	使用中的桥梁支座的经验	(33)
4.	桥梁检查和试验设备	(35)
4.1	导言	(35)

4.2	通路	(35)
4.3	测量查核	(40)
4.4	特别调查	(40)
5.	路桥过渡	(41)
5.1	导言	(41)
5.2	沉降和固结	(41)
5.3	路堤的局部破坏及其防止措施	(43)
5.4	桥台的不正常性状及其防止措施	(44)
5.5	其他问题	(44)
6.	结论	(44)
	参考文献	(46)
	道路隧道技术委员会的报告	(48)
	绪言	(48)
1.	地下方案的选择标准	(48)
1.1	导言	(48)
1.1.1	报告的目的	(48)
1.1.2	发展史	(49)
1.2	选择标准的三种评价方法	(50)
1.2.1	选择的标准	(50)
1.2.2	可按货币量衡量的标准	(50)
1.2.3	可定量但不可以货币衡量的标准	(53)
1.2.4	定性因素	(54)
1.3	选择标准的应用	(54)
1.3.1	可供采用的选择	(54)
1.3.2	成本因素	(56)
1.3.3	其它因素和评价的各阶段	(57)
1.3.4	选择标准的应用	(61)
1.4	采用隧道方案通常考虑的问题	(63)
1.4.1	线型特点	(63)
1.4.2	地基的影响	(63)

1.4.3	利于采用隧道方案的地基·····	(67)
1.4.4	隧道代替陡坡路堑·····	(69)
1.5	郊外隧道·····	(70)
1.5.1	地形因素·····	(70)
1.5.2	长短隧道的选择·····	(70)
1.5.3	实例研究·····	(71)
1.6	市区隧道·····	(79)
1.6.1	决定市区工程地点的因素·····	(79)
1.6.2	市区施工的困难·····	(81)
1.6.3	地下空间的协调利用·····	(82)
1.6.4	实例研究·····	(82)
1.7	主要通航河道下的隧道·····	(87)
1.7.1	各种可能的方案·····	(87)
1.7.2	此类跨越构造物的具体标准·····	(88)
1.7.3	实例研究·····	(90)
1.8	参考文献·····	(97)
2.	污染与通风·····	(100)
2.1	确定对新鲜空气的要求·····	(100)
2.1.1	关于汽车排放的新资料·····	(100)
2.1.2	建议·····	(110)
2.2	通风·····	(120)
2.2.1	利用吸音顶板的自然通风·····	(120)
2.2.2	长隧道的纵向通风·····	(121)
2.2.3	鼓风机的效率·····	(125)
2.2.4	来自隧道门的污染·····	(125)
2.3	参考文献·····	(127)
3.	照明·····	(128)
3.1	导言·····	(128)
3.2	人口区的适宜亮度和照明·····	(129)
3.2.1	适宜亮度的定义·····	(129)

3.2.2	La 的计算数值	(129)
3.2.3	La 的应用	(130)
3.2.4	入口区的亮度	(134)
3.2.5	正在进行的研究工作	(135)
3.3	短隧道的照明	(136)
3.3.1	问题的说明	(136)
3.3.2	技术现状和发展趋势	(137)
3.3.3	对于实际应用方法的检查	(139)
3.3.4	短隧道的日间照明选择标准和水平	(149)
3.3.5	连续短隧道	(156)
3.3.6	允许减弱或取消短隧道中照明的方法	(158)
3.4	参考文献	(159)
4.	交通量与线型	(161)
4.1	工作小组的任务	(161)
4.2	公路隧道的理论通行能力与观测到的交通流的比较	(161)
4.2.1	简介	(161)
4.2.2	定义	(162)
4.2.3	问题的规模	(162)
4.2.4	基于 HCM 公式的理论通行能力	(163)
4.2.5	研究中的六条隧道的概况	(164)
4.2.6	观测到的交通流	(164)
4.2.7	理论通行能力与观测到的交通流的比较	(164)
4.3	行车速度和流量关系	(166)
4.3.1	简介	(166)
4.3.2	量测	(167)
4.4	横向位置量测	(173)
4.4.1	简介	(173)
4.4.2	单向隧道的量测结果	(174)
4.4.3	双向隧道的量测结果	(179)

4.4.4	结论	(181)
4.4.5	建议	(182)
5.4	隧道中的事故和故障	(182)
4.5.1	简介	(182)
4.5.2	来自各国的数据	(182)
4.5.3	结论和建议	(183)
4.6	侧向净空	(188)
4.6.1	目前采用的侧向净空形式	(188)
4.6.2	侧向净空其它可能性方案	(189)
7.4	参考文献	(190)
5.	安全	(192)
5.1	安全设施	(192)
5.1.1	简介	(192)
5.1.2	营运者提供的驾驶人员的信息	(192)
5.1.3	提供给营运者的有关驾驶人的信息	(200)
5.1.4	营运者与隧道之间的双向通讯	(205)
5.2	隧道内的火灾	(206)
5.2.1	简介	(206)
5.2.2	火灾的起因	(206)
5.2.3	火灾的预防	(207)

道路桥梁技术委员会的报告

1. 防水层和面层

1.1 导言

桥面应是防水的，以避免发生水害变质。防水层和面层的铺筑和性状可通过桥面及其附属物的适当设计获得改善。在这方面所能做的安排要以下述两点为目标：（1）要能铺筑得妥善，特别注意其接缝断头点和其整体性的维护；（2）要保证防水层 / 面层复合体的所有各个标高处的水能很快排走。

1.1.1 改善铺筑和性状的几项安排

1.1.1.1 防水层——不连续之处应减为最少，桥面锐角之处要修圆或削角，檐板、护墙和附属物要设计得使防水层连接得很好，限制最大的坡度以消除不稳定性（例如在法国对预制层限为10%，对地沥青砂胶更低一些）。

1.1.1.2 面层——修建桥面时应避免二次成形，因为面层厚度不均对其品质有害。

1.1.2 保证迅速排水的安排——面层应有足够的坡度，各国规定的最小坡度如表 1。

设置边沟和进水口来有效地排泄表面水，并应有措施以利清扫这些边沟和进水口；要用特种材料封堵道路同人行道、护墙接合处，以防止水从面层下方渗入；可用设在伸缩缝（图1）、路

面层的最小坡度（%）

表 1

国 名	澳大利亚	比利时	法 国	荷 兰	意大利	丹 麦
横 向	2~3	1.5~2	—	2~2.5	2	2~2.5
纵 向	0.5~0.5	—	—	—	—	1
合 成	—	—	1	—	—	1

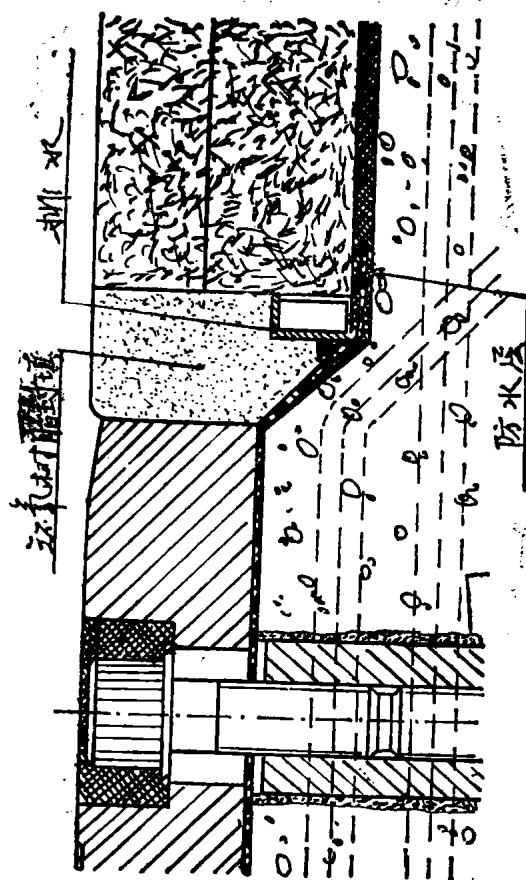


图 1

缘石、进水口等处的特别设施来达到排掉渗入面层的水。

1.2 在防水层和面层中产生的应力

1.2.1 混凝土桥面

下列的几个参量影响防水层和面层中的应力：

(1) 温度——温度梯度产生这些层中的应力。在意大利和比利时，曾对正常的和极端的营运条件下的温度梯度进行过测量。

(2) 面层的坡度——由于在防水层上的蠕动和/或滑动，面层的表面部分会沿着桥面坡度方向移动。在比利时已编制有一种标

准的计数法以便按给定的控制参量能计算出这一移动量。

(3) 车辆运行——车辆运行引起导致剪切破坏的切向力，引起开裂的挠曲和导致车辙的压缩。在意大利所作的一项研究表明，在12厘米面层下面的防水层标高处的剪应力约为 0.1 N/mm^2 。由于车辆运行发生的挠曲和振动两项产生多道裂缝。捷克斯洛伐克用有限元法确定发生在面层中的应力。比利时和意大利业已开始几项影响着面层的振动测量计划。

在上述各国也已研制出确定桥梁面层中车辙深度的标准问题解答表。

1.2.2 钢桥面

业已报道的最常见破坏类型是面层开裂且出现在各加劲杆焊接点正上方或两加劲杆之间

很多国家都从事这个问题的调查，所进行的研究包括：

——用应变片测量来确定钢材中的挠曲应力值（法、日、比和联合王国）并证实由于复合作用应力降低；

——阐明挠曲的机理

考虑面层/钢复合体作为一个复合结构后，可算得面层中产生的应力和应变，将其结果同各组成材料的抗裂强度比较。

1.3 防水层 / 面层复合体的设计

1.3.1 混凝土桥面

1.3.1.1 防水层——除了荷兰以外的所有各国都把防水层的应用视为当然，而荷兰则特别注意桥面混凝土面层的修建及其质量。日本和澳大利亚是有选择地应用防水层。表2指出各类型的防水层及其在各国使用的百分比。

各类型防水层的应用范围 表2

国 名	澳 大 利 亚	比 利 时	法 国	大不列颠	意 大 利	丹 麦
地沥青砂胶	—	75	20~30	10	70	15
预 制 层	×	25	±60	90	20	85
薄 膜	×	—	10~20	—	10	—

所用的地沥青砂胶的填料(30~50%)和粘结料(13~18%)含量都很高。

现在有使用硬沥青或沥青/合成橡胶混合料的趋势,以便提高地沥青的稳定性并在其脆性和稳定性之间取得较好的折衷结果。

地沥青的厚度按情况在4和20毫米之间变化并铺成一层或二层。

地沥青可以是全面粘结于桥面上,或者为了避免起浮泡也可以是部分粘结于桥面上(法国和意大利),或者完全不粘结(比利时和捷克斯洛伐克)。

有两种预制层:

——含有以聚合物—沥青涂制的高性能织物加强料(有时用铝或塑性层保护);

——不含加强料而由像聚乙烯—聚丙烯的合成物制成。

薄膜或者由沥青乳化剂形成,或者更常用的由环氧硬沥青或聚氨酯形成,它们按单层或双层施加。

最上一层撒砂,以增进其与面层的机械粘附。

1.3.1.2 面层——由1、2或3层组成,其总厚度变化介于5与14厘米之间。除了用来完成或用以保护防水层的那类面层底层之外,所有的各层都是含有普遍粘结料的沥青混凝土。二层或三层体系中的底层能完成如下几种具体功能:

——当铺设在地沥青砂胶之上时,完成了防水层;

——保证面层的排水;

——作为重新整形的一部分;

——保护防水层,在此情况下的层厚限为3厘米,以避免由于热量过多而损坏。

1.3.2 钢桥面

1.3.2.1 防水层——在大多数国家,桥面是由摊铺薄膜或地沥青砂胶组成的分离的防水层来保护。在有些情况下,面层也起防水夹层的作用(在日本为摊铺沥青混凝土,在法国、丹麦、意大利为树脂面层)。

地沥青砂胶混合料的成份随国家的不同而略有变化(填料35%、沥青15~17%、通常厚度:10毫米);只是粘结料类型变动很大(沥青40/60或氧化沥青),例外的有丹麦(不用砂,厚度为4毫米)。

预制层只在日本应用,有几个实例。薄膜和用于混凝土桥面的相似(见1.3.1.1)。

1.3.2.2 面层——钢桥面上的面层是特别的高性能型(摊铺沥青混凝土、带有改性粘结料的沥青混凝土),其如何选用有时和防水层类型有关(例如,摊铺沥青混凝土不铺筑在以树脂为基材的防水层上面)。

防水层以上的铺装总厚度变化于35(大不列颠)和110毫米(比利时)之间。

为了获得钢桥面之上的面层的良好性状,铺装层和桥面之间的良好粘性是必要的。常采用特种胶粘剂来增进防水层同桥面的粘结以及防水层同面层之间的粘结。后一种粘结对于以树脂为基材的防水层是必不可少的,而对于地沥青砂胶型防水层不一定必需。

1.3.3 防水层和面层的选择

1.3.3.1 防水层

防水层体系的选择要考虑多种因素。在这里,我们主要考虑基层的类型和品质、工艺质量以及使用中的性能。

应考虑下述各点的基层特性:

——坡度:地沥青砂胶和预制层会含有导致铺装滑动的不稳定性的危险;

——几何形状:这一点对以树脂为基材的薄膜是不重要的,但是对于预制层和地沥青砂胶同伸缩缝、进水口、各种设施的边缘等的接合部应有特殊措施。

——面层质量:这一点对就地摊铺的树脂薄膜有根本的重要性,而当用地沥青砂胶时,就不那么重要。

防水层类型也受到和工艺质量有关的一些因素的影响:如

(1)气候条件: 当用薄膜时,气候条件是极端重要的(温度 $>5^{\circ}\text{C}$, 湿度 $<80\%$); (2)个人技术: 铺筑预制层所需的操作人员的技术略高于铺筑地沥青砂胶所需的技术, 树脂层要求最高级的技术; (3)地沥青砂胶最适合于一定程度的机械化, 因而更适合于大面积使用; (4)以树脂为基材的防水层有胶粘于桥面特别是完全胶粘于钢桥面的优点。

选择防水层系统时,值得考虑以下的一些因素: (1)不希望在防水层上面有现场交通,有些国家规定要用保护层; (2)防水层要经受得起面层的第一层的铺筑(热震和压实); (3)对于稳定性、开裂的形成和耐久性等方面,防水层应能长期使用良好。

地沥青砂胶由于用非粘附的或部分粘附的做法,如果开裂的话,有可能在其下方渗进水。

有些地沥青砂胶和预制层会增加滑动和/或形成车辙的危险性。

树脂是特别能够显示出基层中所发生的裂缝,而对于预制层和胶粘性的地沥青砂胶,这一危险性不那么大。

在有些国家,防水层的选择是针对上述各项判别指标,以试验室或现场试验测得的防水层性能为依据的。

1.3.3.2 面层——沥青混凝土配以常用粘结料给出费用最少的方案而且铺筑得最快,然而它是不防水的。反之,摊铺沥青混凝土有助于整体的防水,可能更适用于钢桥面。可是它的蠕动趋势表明它只能用于合成坡度在一定限值之内的桥面。虽然它也和任何含有沥青的铺装那样具有疲劳开裂危险性,但是它的整体性状却是很好的。

含有改性粘结料的沥青混凝土就抗疲劳开裂强度和抗永久性变形这两方面性能来说都是比较好的。可是这种混凝土的铺筑显然比普通沥青混凝土难些(必须仔细控制其拌制温度,铺筑时受到气候条件影响等)。

对于混凝土桥面,紧靠防水层上面的面层的选择和防水保护层有关。

1.3.3.3 重新整形——修整钢桥面面层不是一般的做法。在混凝土桥面上,重新整形通常是在防水层上面进行。

当所需重新整形的表面标高相差不太大(例如在法国为4厘米),则重新整形可在磨耗层上进行。

1.4 防水层的铺设

1.4.1 基层

1.4.1.1 混凝土桥面——桥面表面必须干燥和洁净(应无油脂和尘埃)。按各国情况,有用溶剂、或用扫除、路刷,或以压缩空气干燥(应注意不得带有油粒子)或用喷灯;只对以树脂为基材的防水层才用喷砂法。

通常,要想法除去灰浆渣、钢材鼓凸点以及养生用剂等。

表面的高低不平处和尖锐边缘应修整光滑,但任何一种修整方法都应避免露出大骨料。要用事后处理或(更可取的是)当行进面层加工时同时处理(大不列颠、法国)来设法获得适合该防水层类型组织结构(在比利时为2毫米;在大不列颠对地沥青砂胶为5毫米,对其他类型为3毫米;在法国,对摊铺地沥青为1.5毫米,对其他类型为1毫米)。

有时用水泥砂浆或树脂砂浆作局部的修整(意大利)。

1.4.1.2 钢桥面——在任何情况下,钢板要用喷砂或火焰净化达到Sa 2—Sa 3度(瑞典制定的钢材表面锈蚀等级分类)并立即加上保护层。在某些情况(荷兰)下,这种处理是在车间做并对钢板用锌—环氧或铅—环氧打底做临时性保护。

1.4.2 铺筑技术

1.4.2.1 地沥青砂胶和预制层——对所有各类防水层(地沥青砂胶、预制层和就地展布的材料)的铺筑,要展布溶剂基的沥青打底层作为第一铺层,以保证防水层粘结于基质。地沥青砂胶通常用人工铺筑。当为双层时,接缝应错开。

当用预制层时,各预制层或用热沥青或更(经常)用喷灯相互粘结在一起。沿预制层带的边部搭头应有10厘米数量级的宽度,预制层的端部搭头为15~20厘米。

应十分注意不使在两层之间积有空气，还要十分注意保证有充分的保护。因此，所有的各接缝断头点都用地沥青或橡胶地沥青覆盖（日本）；或者用环氧柏油涂层（荷兰）；当用加强乳液防水时（澳大利亚），则外添一些厚度作为覆盖。竖直的或极陡的表面用不含地沥青砂胶的薄层处理（比利时）。

当出现起泡情况，必须将泡刺破，如果可能，要除去这一部分并换用新材料。应在铺防水层之后以尽可能短的时间间隔立即施加磨耗层，以便减少起泡危险。

1.4.2.2 薄膜——如果用树脂（常用手工铺设），则第一层的展铺或含有溶剂（意大利）或不含（法国），表面喷撒石屑，保证各沥青层之间相粘附。在比利时，各层的保护常和铺设工作相结合。

1.5 面层铺设

铺设面层所提出的一些问题对于混凝土桥面和钢桥面可合在一起叙述。通常，桥面面层是用和普通道路铺装完全相同的工艺铺设（例如连续机械铺设），但有一些改动之处：

——不论所用的是什么工艺，在防水层和磨耗层之间都用粘性涂层；

——限制夯锤或振捣器重量（比利时、法国、大不列颠、日本）；

——禁用覆带式设备（比利时和意大利）；

——磨耗层空隙度要低；

——特别注意各处接缝：当为多层铺设，要错缝（澳大利亚），对各接缝作特别处理：加热并搭接（法国、荷兰），也可用加宽式修整机或多台修整机并行作业（法国和意大利）；

——在防水层上用手工铺设保护涂层（比利时）；

——在排水设施附近用手夯夯实（日本）；在接缝断头点附近用手工展铺和夯实；

——在各接合点附近留15—20毫米间隙，这些间隙以后灌180℃的沥青混合料填满（荷兰）；

——在伸缩处所留的间隙，以后用沥青填缝料填满（或者现场灌填或用喷灯把预浇筑材料焊合）或用摊铺地沥青（日本）或树脂

凝土把间隙的两边接合。

1.6 性状

1.6.1 损坏类型

已有报道的主要缺陷如下：无定向开裂、发裂、车辙、滑裂、起泡和纵缝张口。

钢桥面还受到腹板和肋条上方的纵向开裂的影响。

下面是已报道过的缺陷的几种原因：结构的不均沉降；运营中的重车交通和气候条件；防水层太厚或不均匀，粘结不好，积留有空气，水份或溶剂；磨耗层同防水层联结得不好；磨耗层由于下述各种原因而缺乏稳定性：质量不好，配合不当（粘结料太软、粘结料太多、粒径组成不适当等）；粘结料老化；铺设时的气候条件；铺设的质量。

1.6.2 局部修理

对于磨耗层，局部修理一般是主要的，当包括有防水层时，必须重新建造整个防水/磨耗复合体。

发生钢桥面上的纵裂时，可根据缺陷尺寸，把复合体在20—100厘米的长度范围内向下锯到有钢材处来进行修理，然后清除这一块体并施加粘结涂层、防水层和二层摊铺地沥青（荷兰）。

1.6.3 重建

如果修理不连到防水层，常用刨平的办法除去面层，注意不可破坏防水层或焊珠（当为钢桥面时）。

如果要修理的是整体，则钢板必须用砂喷射并将混凝土表面弄洁净，然后照全新结构施工那样的办法和规范施加新铺材料。

1.7 批准、条例、检查、保证

各国通过由政府或有关当局颁布的各种技术文件来检查所用材料的品质和工艺质量。

已有过报道的文件列在参考文献中。

钢桥面上防水层和面层的描述

表 3

国 别	类 型	防 水 层			面 层	
		首 涂 层	体 系 的 描 述	厚度(mm)	中间层厚度(mm)	磨耗层厚度 (mm)
荷 兰	地 胶	①环氧硬沥青 ②环氧硬沥青	S=48, F=35, B(80/40)=17	5	无	沥青混凝土 45
		①沥青油漆 ②纯沥青	S=45, F=35, B(45/60)=16	8~10	无	含有特立尼达沥青22的摊铺沥青混凝土 热乳地沥青45
		①环氧铅丹 ②环氧硬沥青	带有面层摊铺砾石的环氧沥青稀浆	2.5Kg/m ² 胶	环氧 氧化沥青+橡	沥青混凝土45
日 本	薄 膜		(面层不必设防水层)			环氧地沥青 45 摊铺沥青混凝土 30~40 沥青混凝土 30~40含有改性粘结料
		橡胶沥青	油漆或涂层含有织物加强的沥青材料(氧化沥青)天然或合成橡胶环氧树脂		轻 制	含有改性粘结料的沥青混凝土35~45 含有改性粘结料的沥青混凝土30~40
		预制层	沥青为基材的薄层	2		
澳大利亚		硅酸锌漆 0.5升/米	无(首层保护除外)			环氧地沥青25
意大利	薄膜	橡胶沥青 (2mm)	热稳定橡胶沥青10%	4		环氧地沥青25 摊铺沥青混凝土25