



全厚式沥青在重载作用下港区铺面中的应用

汪日灯, 袁静波

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 针对目前半刚性基层沥青铺面应用于港区重载作用下的问题, 结合港区作业荷载特点, 借鉴近些年欧美国家热点研究的长寿命全厚式沥青铺面, 研究全厚式沥青铺面引进港区重载作用下的道路与堆场铺面的适用性, 分析国外应用情况及应用前景, 试图解决目前港区沥青铺面存在的早期损坏等问题。

关键词: 港区道路; 堆场; 重型荷载; 半刚性基层沥青铺面; 全厚式沥青铺面

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)06-0075-04

Application of full-depth asphalt pavement of port-area under heavy load

WANG Ri-deng, YUAN Jing-bo

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: To counter the problems of the current semi-rigid asphalt pavement applied to the port area under heavy load, combining with the load characteristics of port operations, and referring to the long-life full-depth asphalt pavement which is hotly studied in European and American countries in recent years, the paper studies the applicability of full-depth asphalt pavement applied to port area under heavy load, analyses the application status and application prospects in foreign countries, trying to resolve the current problems of early damage and others of asphalt pavement in the port area.

Key words: road of port area; stockyard; heavy load; semi-rigid asphalt pavement; full-depth asphalt pavement

近年来, 沥青铺面作为港区道路及堆场的铺面结构形式, 由于具有行车舒适、噪音小、适应性强、养护维修方便等优点, 越来越被建设方接受和认可。然而, 我国传统的半刚性基层沥青铺面由于其不可避免的技术问题, 在港区吹填成陆, 重型荷载作用下往往早期损害严重, 本文借鉴欧美发达国家全厚式沥青铺面理论, 探讨将全厚式沥青铺面应用于港区的适用性。

国外发达国家 20 世纪 60 年代以来公路修建了大量全厚式沥青路面, 其中设计、施工良好的路面提供了良好的长期服务性能。发达国家在全厚式沥青路面结构研究领域取得了丰富的成果, 并于 21 世纪初在全厚式沥青路面基础上提出了永

久性沥青路面, 即通过周期性地更换沥青面层使沥青路面服务年限达到 40 a 以上。而我国公路界由于有长期使用半刚性基层沥青路面的习惯, 很少使用全厚式沥青路面, 对于永久性沥青路面的研究也处于探索阶段。

1 港区作业荷载特点

港区道路及堆场铺面结构所承受的荷载按种类区分, 有堆存货物、运输车辆和装卸机械 3 大类。堆存货物可分为煤、钢材、矿石等散货和集装箱 2 类; 运输车辆可分为对外运输的可在公路上行驶普通运输车辆以及港区专用的车辆; 装卸机械有: 轮胎式起重机、汽车式起重机、叉车、

收稿日期: 2013-10-29

作者简介: 汪日灯 (1983—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口道路与堆场专业设计工作。

正面吊、龙门吊、跨运车等。与公路、机场的铺面结构所承受的荷载相比,港区铺面结构所承受的荷载,具有如下5个显著特点:

1) 类型繁多。

港区道路及堆场铺面结构所承受流动荷载和堆货荷载的种类繁多,不同类型装卸机械的轮-轴型,轮、轮距以及轮、轴距各不相同,变化范围非常宽泛。

2) 荷载大。

港口的流动荷载和货物堆放的荷载很大,例如,集装箱叉车 FL45-4 和集装箱正面吊 TL45-5 的最大轴载(四轮)高达 1 200 kN,是公路法定最大单轴重 100 kN 的 12 倍,轮载比当前最大民用客机 A380 的额定最大轮载(≈ 270 kN)大 10%。我国《港口工程荷载规范》给出的 8 层堆高的多列集装箱的箱角荷载的设计标准值高达 1 463 kN。而且,近几年港区荷载仍处于增大趋势。

3) 运行速度低。

港区装卸机械的行驶速度一般只有几公里或十几公里每小时,而公路车辆的行驶速度每小时至少有数十公里,飞机起降时速度高达每小时数百公里。

4) 接地压强高。

装卸机械轮压一般在 0.9 ~ 1.0 MPa,高于公路大型货车的额定轮压 0.7 MPa。

5) 作用次数少。

港区装卸机械的重复累计作用次数比公路的要少得多,公路路面在设计年限内的标准轴载的重复累计作用次数在 $10^7 \sim 10^{10}$ 数量级,甚至更多,而港区铺面结构在 20 a 内,重复累计作用次数很少达到 10^6 数量级。

由于上述这些港区荷载特点, JTJ 296—1996 《港口道路、堆场铺面设计与施工规范》规定沥青铺面适用于流动机械标准荷载为 P1 ~ P4 级的港区道路和堆场铺面。

2 传统半刚性基层沥青铺面缺陷

近年来由于沥青价格的不断上涨,加之我国重交通道路石油沥青相对短缺,进口沥青价格昂贵,而我国为水泥生产大国,半刚性基层沥青路

面成为我国沥青路面结构的主要形式,并几乎成为高速公路沥青路面的唯一结构形式^[1]。

由于半刚性基层材料的收缩特性而导致的反射裂缝是半刚性基层沥青路面不可避免的技术问题,尤其是港区陆域形成方式复杂,填海造陆吹填时间短,工期紧,地基固结时间不足,造成港区工后沉降严重,不均匀沉降较大,引起半刚性基层断裂,雨水由面层进入基层,半刚性基层排水性能不良,在行车荷载、水和温度的综合作用下出现基层唧泥,导致沥青铺面早期损坏。

基层作为承重层一旦破坏,就意味着路面已经发生结构性破坏,因此路面修复补强就必须从基层做起,开膛破肚进行大修,原来的沥青面层就难保了,这从寿命周期分析的角度来说是非常不经济的。

3 全厚式沥青铺面理论

21 世纪初美国沥青路面联盟 ARA 联合各单位进行永久性路面研究,基本结构是全厚式沥青路面,基本否定了在高速公路、重载交通上使用半刚性基层沥青路面。其设计理念对美国沥青路面结构发展产生了重要影响。

3.1 沥青铺面破坏形式

沥青铺面主要破坏形式为疲劳开裂和永久变形 2 种,铺面使用期间经受车轮荷载反复作用,长期处于应力应变交迭变化的状态,致使铺面结构强度逐渐下降。荷载作用下,当铺面内产生的应力超过铺面结构的抗力时,铺面就会出现裂纹形成疲劳开裂破坏;沥青铺面在荷载反复作用下,其内部材料发生侧向流动而产生车辙,即为永久变形破坏。

因此为了防止在重复荷载作用下铺面过早地出现疲劳破坏,须控制铺面结构层的拉应力;为了避免铺面产生较大的永久变形,须控制结构层层底的剪应力。

3.2 全厚式沥青铺面受力

全厚式沥青铺面是指将沥青混凝土层直接铺筑在处治的土基上,相比传统半刚性基层沥青铺面,具有更厚的柔性层,那么加厚的柔性层是否会导致面层产生较大的水平拉应力而发生疲劳破

坏, 以及沥青结构层内是否会出现较大的剪应力而使铺面产生较大车辙呢?

Numm 等人在 1997 年发现, 在沥青铺面面层存在一个厚度极限, 在施工良好的道路中, 超过这个厚度限值, 由下到上的疲劳开裂和车辙都能避免。Monismith C L 等^[2]提出当沥青层底拉应变小于 70 微应变, 土基顶面压应变小于 200 微应变时, 铺面不会出现结构性的疲劳和车辙。根据极限应变理论, 交通量的增大并不需要沥青面层厚度的无限增加。当应变处于这个水平以下时不会发生路面结构破坏, 再增加厚度是多余的。全厚式沥青铺面理论如图 1 所示^[3]。

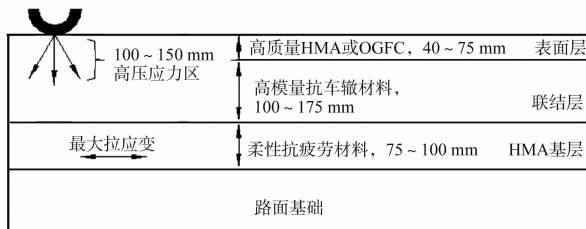


图 1 全厚式沥青铺面理论

1) 轮载下 100 ~ 150 mm 为高压应力区, 也是各种损坏 (主要是车辙) 的发生区域。

2) 面层为 40 ~ 75 mm 厚的高质量沥青混凝土, 需为车辆提供良好的行驶界面, 具有足够的表面构造深度、抗车辙、水稳定性好的特点。

3) 联结层为 100 ~ 175 mm 厚的高模量抗车辙沥青混凝土, 起到连接和扩散荷载的作用, 具有高模量、抗车辙的特点。

4) 最大拉应变产生在 HMA 基层底部, 该区域最易发生疲劳破坏, 该区域的弯拉应变对于控制沥青混凝土层自下而上的疲劳开裂, 防止路面过早出现结构性损坏具有特别重要的意义。

5) HMA 基层为 75 ~ 100 mm 厚的高柔性抗疲劳沥青混凝土, 起到消除疲劳破坏的作用, 具备高柔性、抗疲劳、水稳定性好的特点。

4 全厚式沥青铺面适用性

结合港区吹填成陆方式以及重型荷载作用特点, 半刚性基层沥青铺面由于存在早期损坏, 加

速了铺面结构的破坏。而全厚式长寿命沥青铺面作为一种新的设计理念, 只要沥青层底弯拉应变小于临界值, 就不会产生疲劳和车辙, 而将铺面病害控制在铺面的表面层, 此时铺面结构整体没有遭到破坏, 从根本上实现铺面损坏模式的转变, 即从“自下而上”的损坏转变为“自上而下”的损坏。在设计使用年限内无结构性的修复和重建, 仅需根据表面层损坏状况进行周期性的修复。修复时只需对表面层进行铣刨重新铺筑即可, 方便、快捷, 且能使用再生沥青混合料, 延长维修周期, 大大减少维修费用, 为行驶车辆长期提供良好的服务性能。

根据全厚式沥青铺面各层的损坏模式, 各层材料的选择、配合比的设计以及性能试验需满足各层不同的要求。

1) 表面层。

全厚式沥青铺面表面层要求具有良好的抗车辙性能、抗开裂性能、抗滑性能以及水稳性能等。结合港区重型荷载作用特点, 优先考虑选择 SMA, 在交通量小且重载车比例较少的情况下, 可以选择密级配沥青混合料。

2) 联结层。

由于该区域是承受车轮荷载作用的高应力区, 极易产生剪切损坏。中间联结层作为承重层, 必须同时具有耐久性和稳定性, 以抵抗车辙。可以选择公称粒径较大的集料, 并确保形成骨架结构, 同时选择合适的高温等级沥青。

3) HMA 基层。

HMA 沥青基层需要抵抗由于行车荷载反复作用造成的弯拉应力引起的疲劳开裂, 同时由于基层极易受水影响, 必须考虑水稳性能。高沥青含量的混合料有利于抵抗疲劳开裂, 通过增加沥青含量有助于增加混合料柔性以阻止疲劳开裂的发展, 再加以合适的沥青层厚度, 就能确保沥青层底部的疲劳开裂不发生^[4], 这应考虑材料的疲劳试验。HMA 基层应尽量减小孔隙率, 以确保在集料空隙间沥青结合料的较高填充量, 这对增加基层的耐久性和柔性是非常有利的。

5 国外应用情况及应用前景

国外发达国家公路界最常用的沥青路面结构为全厚式沥青路面,并在交通量较大的中、重交通道路上优先采用。对于重载作用下港区沥青铺面,美国沥青协会编写了规范 *Thickness Design-Asphalt Pavement For Heavy Wheel Loads* (MS-23 2006), MS-23 推荐使用全厚式沥青铺面,设计方法是基于多层弹性层状体系理论,控制指标为铺面在荷载作用下产生的沥青层底水平拉应力和地基顶面竖向压应力,并通过大量研究,拟合绘制了全铺面厚度与地基回弹模量、轮胎接地压强以及荷载作用次数关系曲线,可以根据图表直接读取,设计简便。

反观我国 JTJ 296—1996《港口道路、堆场铺面设计与施工规范》为 1996 年发布,其中设计理念与方法已经严重滞后,跟不上如今港区作业的高速发展。全厚式沥青铺面在港区重载作用下找不到设计依据,这也是由于我国长期使用半刚性基层沥青铺面的习惯造成的。

全厚式沥青铺面应用于港区重载作用下,首先需要解决设计方法和控制指标的问题。JTJ 296—1996 采用铺面表面容许弯沉值为控制指标的半经验半理论方法进行铺面厚度设计,根据全厚式沥青铺面理论,沥青铺面的主要破坏形式为疲劳开裂和永久变形 2 种,借鉴美标 MS-23,弯沉值可以控制铺面变形量,须增加沥青层底水平拉应力以控制沥青层疲劳开裂。这将在新版规范中体现。目前,新版《港口道路与堆场设计规范》正在编制中。

其次,加厚的柔性层对沥青层高温抗车辙性能提出了更高的要求,使用温度稳定性好的沥青是提高沥青混合料高温稳定性的重要措施,通过聚合物等改性沥青,也可以大大改善沥青混合料的高温稳定性能,减少高温时的永久变形。

再次,根据全厚式沥青铺面各层的损坏模式,各层材料配合比的设计须满足更严格的要求。

全厚式沥青铺面由于沥青层总厚度较厚,一次性投资相对半刚性基层沥青铺面增加 20% ~ 30%,但由于铺面投资往往占港区总投资的 20% 以内,再加上其他不能采用沥青铺面区域所占比

例,因此给港区总投资所带来增加比例基本可以忽略。但是根据永久性沥青铺面理论,可以大大延缓其早期损害,延长维修周期,延长使用寿命,减少维修费用,降低整个寿命周期成本,长期经济效益好。同时,维修简便,不需要进行结构性大修,对铺面的正常通行干扰大大减少,具有较大的社会效益。

6 结语

1) 港区荷载与公路、机场的铺面结构所承受的荷载相比,具有类型繁多、荷载大、运行速度低、接地压强高、作用次数少 5 个显著特点。

2) 全厚式沥青铺面存在一个厚度极限,超过这个厚度限值,铺面不会出现结构性的疲劳和车辙。

3) 全厚式沥青铺面相比半刚性基层沥青铺面可以大大延缓其早期损害,维修时仅需对表面层进行周期性修复。全厚式沥青铺面各层损害模式不同,表面层、联结层、HMA 基层需满足各层相应的功能要求。

4) 国外发达国家公路修建了大量全厚式沥青路面,在结构研究领域取得了丰富的成果,美国沥青协会编写了港区重载作用下全厚式沥青铺面设计规范,全厚式沥青铺面应用于港区重载作用下,具有较大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 赵殿鹏,王大明,邱安邦.长寿命沥青路面的分析与探讨[J].辽宁省交通高等专科学校学报,2006(2):16-17.
- [2] 崔鹏,邵敏华,王国英,等.长寿命沥青路面结构组合探讨[J].中南公路工程,2007(3):6-10.
- [3] 孙立军.铺面工程学[M].上海:同济大学出版社,2012.
- [4] 李峰,孙立军,胡晓.长寿命沥青路面设计方法与实践综述[J].公路,2005(7):122-126.
- [5] JTJ 296—1996 港口道路、堆场铺面设计与施工规范[S].
- [6] 聂忆华,张起森.全厚式沥青路面结构弯沉设计指标研究[J].公路交通科技,2007(2):5-8.
- [7] Asphalt Institute(MS-23) Thickness Design-Asphalt Pavement For Heavy Wheel Loads[S].