

沥青路面现场冷再生技术的应用研究

龙雪松¹, 曾 革²

(1. 郴州市公路局, 湖南 郴州 423000; 2. 湖南城市学院, 湖南 益阳 413000)

摘 要: 沥青路面现场冷再生技术在国外研究与应用已有较长的历史, 作为一项在旧路改、扩建工程中的新技术已相当成熟并被普遍采用。而在我国该技术只处在摸索阶段, 尚未形成完整的设计方法、施工工艺及相应的质量控制标准。为使该技术在工程中得到推广应用, 对沥青路面现场冷再生技术的设计、施工工艺、质量控制进行了初步研究。根据大量试验结果和试验路铺筑过程, 推荐了冷再生基层的级配范围和适合于冷再生材料的施工工艺。

关键词: 道路工程; 沥青路面; 现场冷再生技术; 设计; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: U416.217 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)01-0147-04

0 前言

目前, 公路建设受环境和市场的制约, 对投资效益和环境效益的要求越来越高。传统的低等级公路在改、扩建工程中大量的旧沥青面层材料废弃的做法, 不仅浪费了其可利用价值, 而且堆放占用空间, 并对环境造成污染。寻求一种解决此问题的新技术手段越来越受到同行的关注, 同时也受到养护部门和工程技术人员的重视。而沥青路面现场冷再生技术则能有效解决这一难题。

沥青路面冷再生技术是将旧沥青路面材料, 包括面层和部分基层材料经破碎加工后进行重复利用, 根据再生后结构层的结构特征适当加入新骨料或细集料, 按比例加入一定量的外掺剂(如水泥、石灰、粉煤灰、泡沫沥青或乳化沥青等)和适量的水, 在自然环境温度下连续完成材料的铣刨、破碎、添加、拌和、摊铺及压实成型, 重新形成具有所需承载能力结构层的一种工艺方法。

冷再生技术按路面的结构性质分为沥青路面再生和水泥路面再生; 按再生形成路面结构的不同层次分为再生面层、再生基层和再生底基层; 按再生工艺分为热再生和冷再生; 按拌和地点分为现场再生和厂拌再生。

沥青路面冷再生技术不仅能够充分利用旧路面的废弃材料, 而且也解决废弃材料对空间的占用和对环境造成的污染, 同时该技术还具有简化施工工艺、缩短工期、适用范围广等特点, 可产生直接的经济效益和社会效益。

1 沥青路面现场冷再生的反应机理

沥青混凝土路面是由级配矿料和沥青组成的具有一定密实度的板体结构, 由沥青将矿料粘结成整体。沥青路面自交付使用后, 经受各种自然因素及行车荷载的重复作用, 逐渐脆硬老化、疲劳开裂, 直至路面破坏。对旧沥青路面材料进行抽提试验, 经化学分析表明: 沥青中油份减少, 而沥青质及胶质增多, 导致沥青结合料脆硬性增强。其路用性能表现为: 沥青针入度减小, 软化点升高, 延度降低; 而矿料成分除受长期荷载作用变碎、变细以外, 没有其他变化。

经铣刨破碎的沥青混凝土路面材料, 如果具有合适的级配, 当掺入外加剂加水均匀拌和后, 发生一系列物理化学反应, 经碾压成型养生后可形成与水泥土、二灰稳定碎石及水泥稳定碎石等半刚性基层性质类似的基层材料。冷再生碎石料与施工中常用的矿料不尽相同, 冷再生料中除含有沥青碎屑外, 矿料外壳还有部分沥青膜, 因此其在结构层中受力情况与碎石也不尽相同, 如何界定该结构层的力学特性, 通过对采用相同级配的水泥稳定碎石(5%水泥)、冷再生基层混合料(5%水泥)及与旧沥青路面油石比相同的沥青混合料的抗压回弹变形试验可以得出结论: 冷再生基层混合料的回弹变形比水泥稳定碎石和沥青混合料的回弹变形都大, 试验结果见表1。

表1 回弹变形值

类型	荷 载(MPa)									
	0.15	0.28	0.43	0.58	0.72	0.84	0.98	1.13		
沥青混合料	1.6	2.4	3.7	4.3	5.7	6.5	8.0	10.0		
水泥稳定碎石	1.9	2.4	3.5	4.3	5.7	6.4	7.3	8.2		
冷再生混合料	1.4	3.1	4.6	6.0	6.7	8.2	9.6	10.8		

收稿日期: 2005-03-16

作者简介: 龙雪松(1964-), 男, 湖南郴州人, 工程师, 从事道路与桥梁的施工管理工作。

沥青路面冷再生基层材料是处于半刚性与柔性材料之间的一种混合料,它具备两种材料的各自优点,这是由它本身的材料构成所决定的。由于裹覆矿料的沥青膜的模量远远低于矿料的模量,根据冷再生混合料的组成可以看出,如果把裹覆沥青的矿料颗粒作为一个复合单元和一个整体看,该复合单元的刚度小于原矿料颗粒的刚度,且裹覆沥青的矿料颗粒越多,则该复合单元的刚度就越小,且刚度的降低与原沥青路面厚度及沥青含量成正比。

1.1 外掺剂的影响

通过试验发现,添加不同的外掺剂对再生混合料的性能有较大的影响。添加剂为水泥和石灰的抗压强度比同剂量水泥的抗压强度大,特别是在旧路材料塑性指数较大,石灰为水泥的水化物创造了强碱环境时更为明显。例如参加4%水泥和5%石灰的冷再生混合料的抗压强度比参加4%水泥冷再生混合料的抗压强度要高,结果见表2。

表2 外加剂种类与剂量对再生混合料强度的影响

外加剂种类及剂量	4%水泥	5%水泥	6%水泥	4%水泥+5%石灰
7 d 抗压强度(MPa)	1.82	2.18	2.21	2.10

外掺剂为石灰和粉煤灰时,石灰、粉煤灰不仅起到填充集料间孔隙的作用,也起到将粒料粘成整体的作用。其7 d 抗压强度值低于同一剂量石灰冷再生混合料的强度,但随龄期的增加,其强度增长迅速,90 d 龄期的无侧限抗压强度与7 d 强度之比在3.5倍以上。

1.2 集料级配的影响

现场冷再生施工使用的骨料主要是破碎的旧沥青路面材料、碎石、砂及砂砾混合料等。是否需要加入新骨料及加入数量应根据试验结果确定,因为集料的级配组成直接影响到混合料的强度、模量等指标。同一剂量的水泥稳定级配良好的集料,其强度和耐久性比级配不好的集料高得多。如对天然砂砾需用6%~8%的水泥稳定才能达到强度要求,而加部分细集料使其达到最佳级配后,用3%~4%水泥稳定就可达到要求的强度。同剂量水泥稳定最佳级配砂砾的强度比天然砂砾的强度高0.5~1.0倍。同时,改善冷再生集料的级配以减少水泥用量是减少裂缝的重要措施。

若旧料中5 mm 粒径以上比例过大(>80%),虽然能够形成骨架,但由于缺少细料的填充,直接影响到抗压强度等指标。试验证明:对于同一剂量的外掺剂,当5 mm 以上粒料含量占40%以上时,部分外掺剂首先被当作细料填充到骨架之间,相当于

降低了外掺剂的剂量,导致强度降低。另外,小于0.075 mm 的颗粒含量对于水泥稳定类冷再生材料的抗压强度和回弹模量有明显的影。随着0.075 mm 以下颗粒含量的增加,其强度和模量均减小。

2 沥青路面现场冷再生结构设计理论与方法

2.1 冷再生结构设计理论

是以双圆均布荷载作用下的多层弹性连续体系为基础,并考虑了层间接触条件的影响,同时进行各层顶面弯沉值计算与层底拉应力的验算。

2.2 冷再生结构设计方法

2.2.1 旧路调查

沥青路面冷再生基层(底基层)技术适用于旧路改、扩建工程,对于已经确定的项目,首先要确定其是否有再利用的可能。无论是根据经验还是试验数据都认为:只要混合料中5 mm 以上粒料含量占30%以上,该旧路就有作为再生基层的可能。因为足够的大骨料就能够形成再生基层的骨架结构,使其具备一定的承载能力。

2.2.2 材料组成设计

(1) 旧路级配不满足要求时,可按推荐级配为依据加入新骨料。若旧料中5 mm 以上粒料含量过低(<30%),则需加入部分级配的粗骨料;5 mm 以上粒料含量过高(>80%),则需加入部分级配的细集料,形成具有良好级配的骨架密实结构,以增强混合料的强度。

(2) 对利用的旧路混合料进行土质分析,测定0.5 mm 以下细粒土的塑性指数,以确定添加剂种类,可参照表3进行选择。

(3) 按不同的添加剂剂量,用重型击实试验确定冷再生混合料的最大干容重 ρ_0 和最佳含水量 w_0 。

(4) 按标准制作试件,经养生后确定其无侧限抗压强度值。

(5) 根据再生结构层强度要求(见表4),选择最佳剂量作为现场铺筑试验段的依据。

表3 添加剂种类选用建议表

土质	层位	塑性指数	粒径(mm)	添加剂种类
砂性土	基层	$I_p < 12$	< 37.5	水泥
	底基层		< 53	
粘性土	基层	$12 < I_p < 20$	< 37.5	石灰或石灰+粉煤灰
	底基层		< 53	
砂砾土(含粘性土15%以上)	基层	—	< 37.5	水泥+石灰石灰
	底基层		< 53	
粉质粘土	基层	$I_p > 17$	< 37.5	水泥+石灰
	底基层		< 53	

表4 冷再生基层(底基层)强度、厚度建议值

指标	内容	底基层		
		二级及二级以下公路的基层	高速公路及一级公路	其他公路
强度(7 d) (MPa)	水泥类	≥ 1.8	≥ 1.8	≥ 1.5
	灰土类	≥ 0.7	≥ 0.7	≥ 0.5
	二灰类	≥ 0.6	≥ 0.6	≥ 0.5
厚度(cm)		18~20	15~20	15~20

2.2.3 结构设计

(1) 对路段内交通量进行分析,拟定新结构,对结构层提出强度、厚度指标。对形成基层(底基层)的再生层厚度宜在15 cm以上,考虑到施工拌和均匀性及压实等因素又不宜太厚,常用厚度为15~20 cm。

(2) 对多组试验数据分析得出近似关系式,可得到冷再生混合料90 d或180 d的最小抗压回弹模量值,作为冷再生结构层的抗压回弹模量。

$$E_{90(180)} \approx (330 \sim 412) R_7$$

式中: $E_{90(180)}$ ——对于水泥类冷再生混合料为90 d龄期的抗压回弹模量(MPa)

R_7 ——冷再生混合料7 d龄期的无侧限抗压强度值(MPa)

(3) 根据旧路结构层,除去冷再生结构层厚度(15~20 cm)外,利用剩余结构可计算出冷再生底面层的弯沉值,并可近似得出冷再生结构层以下旧路结构的当量回弹模量。

(4) 将冷再生结构层当成一个独立的结构层,根据设计弯沉值,应用路面结构补强设计程序可以设计路面结构中任何一个结构层的厚度。

(5) 根据已确定的各个结构层厚度及抗压回弹模量,应用路面结构计算程序可得出任何一层的顶面弯沉值及层底拉应力。

(6) 用各层的顶面弯沉值作为施工质量控制的重要依据。

(7) 据冷再生结构层的层位确定其压实度标准。

2.2.4 冷再生混合料的推荐级配范围

通过室内试验不难发现,骨料的级配对冷再生混合料性能的影响很大。对于相同的铣刨深度,良好的级配可形成骨架密实结构,可增强冷再生混合料的强度。通过对不同铣刨深度破碎混合料的强度分析,可反算出混合料的级配,结合相关技术规范的条文,推荐一组适宜冷再生强度形成的基层级配范围供参考,见表5。

对于冷再生底基层级配要求可适当放宽,只需控制其中主要粒径,如最大粒径(D_{max})不超过40

表5 基层级配范围推荐值

孔径(mm)	37.5	31.5	25.0	19	16	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过率(%)	100	96~100	82~100	70~85	65~85	50~75	30~60	18~43	10~22	0~7

mm,4.75 mm的通过率不小于40%,0.6 mm的通过率不小于10%,0.075 mm的通过率控制在3%~20%之间即可。

3 沥青路面现场冷再生技术的施工工艺

冷再生技术的施工工艺按加水在撒布外掺剂的前后顺序分为先加水施工和后加水施工两种。经过对试验段铺筑效果分析后发现,先加水施工的冷再生结构层更容易压实成型,且表面均匀、平整、光滑,压实度容易满足要求。建议在水源充足,时间允许条件下采用先加水施工工艺。

3.1 沥青路面现场冷再生施工前的准备工作

(1) 对旧路状况进行调查,包括三项内容:

a. 进行弯沉检测,了解现有承载力情况,计算旧路 E_0 值。

b. 进行交通量及轴载调查,计算设计年限内的“累计标准当量轴载次数”,以提出厚度及强度要求。

c. 进行钻芯取样,确定旧路沥青面层厚度、基层材料性质及厚度等参数,供冷再生结构层设计之用。

(2) 根据计算的冷再生结构层厚度、旧路沥青面层厚度及基层材料的性质,对材料进行土质分析,以确定外掺剂的种类。

(3) 将旧路充分破碎的混合料进行筛分,以确定其级配是否符合规定的中级配要求或推荐级配要求。

(4) 通过室内试验确定冷再生材料的级配及外掺剂的剂量。

(5) 根据冷再生结构层的强度要求,选择最佳的外掺剂及剂量作为铺筑试验段的依据。

3.2 沥青路面现场冷再生施工工艺

(1) 清洁路面,保持需要铣刨范围内路面的整洁。

(2) 铣刨,对于铣刨后粒径大于40 mm的旧路材料需拆除或人工破碎。

(3) 加水,边铣刨边加水,调整旧料含水量使达到最佳含水量 ω_0 左右,初平并将旧路混合料闷12 h以上。

(4) 添加剂摊铺,按最大干容重 ρ_0 、压实厚度和外掺剂的剂量要求,计算每平方米冷再生混合料需要的外掺剂数量。

(5) 拌和,用再生机边拌和边洒水,边拌和均匀,可适当增加拌和及洒水遍数。

(6) 初平,拌和完成后再生机迅速按路拱横坡初平。

(7) 排压,用30 t以上的振动碾挂重振先排压一遍,一去一回为一遍,重叠1/2轮宽。

(8) 找平,用再生机的平地机功能按设计高程及横坡进行初平、中平、细平,直至高程、横坡满足设计要求。

(9) 碾压成型,对于水泥类稳定粒料从加水到压实完毕不能超过水泥的终凝时间,有关资料表明,延迟2 h可使强度降低10%~25%,因此不准间歇或第二天再补压。

(10) 养生,养生质量与冷再生结构层强度的形成有密切关系,养生不好会导致路面强度的降低。

4 结论

(1) 沥青路面现场冷再生技术具有简化施工工

序、节省原材料、缩短工期、保护环境等优点,具有一定的经济效益和社会效益。

(2) 根据研究情况,旧路冷再生形成的半刚性结构层适用于高等级公路的底基层或低等级公路的基层。

(3) 冷再生混合料的回弹变形大,说明由沥青路面形成的冷再生结构层在获得所需强度的同时,也提高了弹性,这有利于防止反射裂缝和荷载裂缝的产生和发展。

(4) 大量室内试验表明:随着添加剂的剂量增加,冷再生混合料的强度、抗压回弹模量及劈裂强度等设计参数也随之增加。根据试验结果推荐了冷再生基层的级配范围。

(5) 通过试验路段的铺筑过程,得出适合于冷再生材料的施工工艺。

· 知识园地 ·

上海铁路南站简介

上海铁路南站是上海城市总体规划确定的重要交通枢纽,它将与现有的铁路上海站(新客站)一起构成上海铁路双主客站的格局(原则上北方列车到新客站,南方列车到南站)。为进一步改善上海对外对内交通,增强城市综合服务功能奠定基础。

南站位于上海市西南郊徐汇区内的沪闵路以南、石龙路以北、桂林南路以东、柳州路以西的地块内,占地面积60 hm²。它主要有旅客站台6座、客车到发线11股并预留沪杭磁浮高速轨道引入的铁路客车到发场;5万m²主站屋;南北广场及相应的市政配套:长途汽车站、近郊汽车站、出租车停车场、社会车辆停车场、地下步行系统、地铁1号线、3号线及规划15号线的引入、沪闵路高架进出匝道、邮政转运中心、……等三大部分组成。具备各种交通工具在主站屋范围内实行“零换乘”的功能。

南站站屋为圆形建筑,寓意“车轮滚滚,与时俱进”。由法国AREP公司、上海华东建筑设计研究院、铁道第四勘察设计院等单位联合设计。建工集团、中铁建第二十四工程局等主要施工单位联合施工。

南站站屋是世界上第一座圆形火车站,实行南北贯通、高进低出、高架候车的合理工艺流程。大致可分为三层:上层为出发层,设有800 m环形出发平台;中层和地面同高,为站台层,和南北广场相连;下层为到达层。设旅客出站地道、南北地下换乘大厅、售票厅等。主站屋为圆形特殊构造屋盖,呈现晶莹剔透的外观,无论在白天还是夜晚都能成为各个方向视线的交点。巧妙地解决了铁路站屋与沪闵路、石龙路因铁路与两条马路均不平行造成的夹角问题。不论从哪个方向眺望主站屋都能得到美好的视觉效果。

该工程预计可望在2006年二季初全部建成配套交付使用。

(上海市老科协土建委供稿)

上海老公园改造工程启动

东安、复兴、蓬莱、和平、杨浦、闸北等公园已自2005年起陆续改造。这些老公园大多建于上世纪50年代和60年代。根据公园景观和休闲效果等游客需求,市区两级财政投入1亿元对老公园进行改建,工程将不改变总体格调和布局,通过局部调整进一步凸显公园特色。