

文章编号: 1002 0268 (2009) 09-0053 06

# 黄土地区路基防护与支挡工程病害及防治措施

李彦武

(交通部基本建设质量监督总站, 北京 100736)

**摘要:** 黄土地区路基防护与支挡工程主要病害有勾缝脱落、裂缝、表面破损、墙背填土沉陷变形及黄土陷穴、基础冲刷淘空、泄水孔堵塞、沉降缝(伸缩缝)变形破坏等形式。经总结分析, 提出了增加排水设施、充分夯实脱空区域、及时检查修补、处治黄土陷穴等关键措施, 并提出了黄土地区路基防护与支挡工程设计中可供选择的与防护支挡方式及关键技术。

**关键词:** 道路工程; 路基; 支挡; 防护; 病害; 黄土地区

**中图分类号:** U491.4

**文献标识码:** A

## Diseases of Subgrade Protection and Retaining Engineering in Loess Area and Control Measures

LI Yanwu

(Capital Construction Quality Supervision Office, MOT, Beijing 100736, China)

**Abstract:** The main diseases of subgrade protection and retaining engineering in the loess area has different forms such as pointing fall-off, crack, surface damage, settlement deformation of fall behind retaining wall, loess settlement cave, scouring foundation, blockage of the weep hole, deformation failure of settlement/expansion joints and so on. After analyzing and summarizing, some key measures were put forward, including increasing drainage facilities, sufficient compaction in the cavity area, timely examining and repairing, treatment of the loess settlement cave etc. Some protection and retaining forms and key technologies available for selection during the engineering design and the associated issues for attention were also provided.

**Key words:** road engineering; subgrade; protection; disease; measure; loess area

## 0 引言

我国西部地区筑路条件较差, 其中以大面积分布的黄土最有代表性。黄土是一种以粉粒为主、多孔隙、天然含水量小的粘质土, 呈黄红色, 含钙质, 具有渗透性、湿陷性、易崩解等特性<sup>[1]</sup>。由于黄土的工程特性和黄土地区的气候、地形特征, 路基防护与支挡工程在黄土地区公路工程中占重要地位。在实际中, 黄土地区路基支挡与防护工程会出现多种破坏现象, 并影响公路的正常使用, 需要对此进行研究<sup>[2]</sup>。

## 1 黄土地区公路支挡与防护病害类型

黄土地区路基防护与支挡工程在使用过程中的病

害较多, 通过调查发现, 具有代表性的病害主要有勾缝脱落、裂缝、表面破损、墙背填土沉陷变形及黄土陷穴、基础冲刷淘空、泄水孔堵塞、沉降缝(伸缩缝)变形破坏等几种形式。

(1) 勾缝脱落是工程防护与支挡构造物中比较普遍的一种病害。砂浆勾缝在雨水表面径流作用下, 砂浆被冲刷散失, 水泥混凝土预制块或片(块)石砌缝外露, 使坡面降雨集中冲刷, 加剧冲蚀作用, 形成坡面沟蚀, 使砌缝内路基填土随水流失或雨水渗入路基本体, 降低路基强度, 严重者甚至形成路基陷穴, 使砌体脱空。

(2) 裂缝是浆砌片(块)石护坡、水泥混凝土预制块护坡及挡土墙比较常见的病害之一。坡面防护裂

收稿日期: 2008 09 05

作者简介: 李彦武(1955-), 男, 陕西吴起人, 高级工程师, 从事工程质量安全监督管理。(liyw@mot.gov.cn)

缝通常有2种:一种是在坡顶有错台的裂缝;另一种是坡面有错台的裂缝,其产生通常伴随着坡面表面不平整,发生微量膨胀。前者一般主要是由路基发生不均匀沉降而引起,而后者主要是因砌体背侧填料滑动引起膨胀变形而产生的。挡土墙裂缝根据严重程度有2种:贯通裂缝和未贯通裂缝。当发生了贯通裂缝,则墙体可能发生断裂,失去支挡作用,危害程度较大,应及时加以处理。

(3) 表面破损主要是指浆砌片(块)石或预制块破碎松动、砂浆脱落,如维修不及时,使雨水冲刷下渗,导致大面积散失、脱空和剥落,降低或失去支挡防护作用。

(4) 浆砌护坡和挡土墙背侧填土发生沉降变形,形成的黄土陷穴是一种比较普遍的严重病害。由于黄土具有湿陷性、多孔隙等特性,加之施工压实不足,在墙背排水不利情况下,地表径流汇集、雨水下渗,在潜蚀作用下引起黄土湿陷变形。当墙体泄水孔畅通时,黄土颗粒将随下渗水流移动,被水流带走,逐渐形成黄土陷穴,使背侧脱空,导致构造物失稳;当泄水孔被堵塞后,背侧将积水,填土含水量增大,强度大大减弱,发生沉陷变形,严重的则会导致上侧土体发生溜坍、滑坡,危及行车安全。

在浆砌护坡和挡土墙中设置合理的泄水孔,有利于排除背侧填土积水,降低孔隙水压力,维持其稳定性。但由于施工质量问题,如反滤层设置不合理,泄水孔结构施工不符合设计要求等,在使用过程中,随水流作用,泄水孔的排水通道被细颗粒材料堵塞,形成背侧填土积水,含水量增大,容易导致冻胀、湿陷、滑坡等严重病害产生。

(5) 基础冲刷淘空是黄土地区公路水毁的一种主要形式,且危害极大。黄土地区暴雨集中,雨水冲刷严重,在沿河、冲沟地段的防护支挡工程,常因雨水急速冲刷局部基础,使底部材料被形成的涡流冲蚀、卷走,随着冲刷深度和范围的增大,导致基础脱空。如不及时处理,则会进一步导致结构物失稳破坏,带来巨大的经济损失。

(6) 沉降缝、伸缩缝破损变形主要是指在施工中未按要求完全封闭、设计中设置位置不合理或设置数量不足,在自然因素和人为因素作用下,导致其被颗粒材料填充、变形量不足而被挤裂或拉开。

以上几种具有代表性的病害,或单独出现,或综合反映在同一构造物上,严重影响公路的正常使用,带来巨大的经济损失。要彻底预防和根治各种病害,必须全面分析各种病害产生的原因,得到主要影响因

素,才能采取有效的措施,达到“预防为主,防治结合,根除病害”的目的。

## 2 黄土地区公路支挡与防护病害成因分析

通过实地现场调查、室内资料调查,综合分析各种病害,可以发现,导致路基防护与支挡工程病害的原因较多,不仅涉及到黄土地区的自然气候条件、水文地质情况及黄土的工程特性,还涉及到设计、施工、养护的各个环节<sup>[3]</sup>。

### (1) 黄土陷穴

黄土陷穴是黄土地区公路许多破坏现象的重要原因。由于黄土地区的自然状况以及黄土的透水性、湿陷性和崩解性极易形成黄土陷穴,如不及时处治,将给公路带来极大危害。防护与支挡工程构造物的背侧填土在排水不利的情况下极易产生黄土陷穴,导致各种严重病害发生。

### (2) 设计考虑不周全

综合设计对公路质量的保证十分重要。在路基设计中,排水与防护支挡工程综合设计是关键。只有这样才能有效地保证路基的强度和稳定性,保证公路的安全畅通。尤其在黄土地区,针对黄土的特性和降雨状况,采取有效的综合排水设计非常重要。如:在构造物顶部设置截水沟拦截表面径流,防止汇集、冲刷和下渗;对沿河路堤根据河床宽窄与水流状况合理设置的冲刷防护措施,减少水流对路基的冲刷破坏等。构造物背侧填土沉陷变形及黄土陷穴、构造物基础冲刷淘空、表面破损等病害的产生都与综合设计有关。

### (3) 施工过程中轻视质量

施工质量是影响整个公路使用品质的关键。施工过程中,施工人员质量意识不强,偷工减料,忽视原材料质量,未严格按工序要求操作等是导致路基防护与支挡工程构造物产生病害的主要原因,如砌体座浆不饱满,砂浆标号不满足要求,构造物填土压实不足等。其它病害如背侧填土沉陷变形、伸缩缝变形、泄水孔堵塞等都与施工质量有关。

### (4) 养护方面的影响

由于各种病害在发生初期,若不认真检查很难及时发现和进行修补、养护,或者发现后未能准确找出真正病害原因而采取不正确的处治方法,贻误时机,导致严重病害的产生,如勾缝脱落、表面破损等。如及时给予维修,将会避免更严重的病害发生。对黄土地区的黄土陷穴,及早发现,及时采取有效措施给予处理。

### (5) 路基本体沉陷、变形

由于路基土体压实不足、地基软弱、黄土湿陷等原因造成的路基土体沉陷、变形,直接破坏防护与支挡工程构造物,从而加剧路基的变形破坏,危及行车安全,如矿料坡面防护在路基土体变形发生鼓胀或湿陷后,表面产生裂缝、砌体破损等。

综上所述,路基防护与支挡工程病害产生的原因是复杂多样的,是综合因素作用的结果。因此,应根据病害成因及现场的材料分布、施工条件等具体情况,综合分析比较,选择经济合理的处治措施。

### 3 黄土地区公路支挡与防护病害处治对策

对于黄土地区公路支挡与防护病害,在实际使用中比较有效的方法通常有如下几类<sup>[4]</sup>:

(1) 增加排水设施。对雨水冲刷作用较强、原设计中未设置足够拦排水设施的病害部位,根据水流来源、水量大小,以“近接远送”为原则,增设必要的拦排水设施,减弱降雨对路基的侵蚀作用。如在路堑边坡坡顶设置截水沟,在护坡坡顶采用封闭处理并加设排水沟,防止雨水渗流;路堤边坡坡面表面径流量大、流速较快时,可以采用拦水带与急流槽相结合,集中从坡面排除到路基范围以外;对挡土墙增设泄水孔或墙后盲沟将水引出路基外,以防止墙后积水,引起土压力增加或冻胀。

(2) 再次充分夯实。对构造物已发生脱空时,应清理破损部位,对背侧黄土进行补充夯实,或采用压浆工艺使构造物背侧填土密实稳定。对破损部位进行清理时,应扩大清理范围;补夯时,应开挖平台夯实,保证与原有坡面的紧密结合。

(3) 及时检查修补。对发生勾缝脱落、砌体松动剥落等病害时,应及时采取措施,尽量在发生初期或未发展严重时进行修补处理,如重新勾缝封闭,更换破损材料等。对发展严重的病害,如裂缝、大面积破损、或已失去自身功能等,应视具体情况,采取返工重修措施,以免进一步危及公路安全。裂缝应根据严重程度区分对待,如系断裂破坏,已失去自身功能,应迅速拆除重建恢复功能;如未完全丧失功能,可以采用凿缝封闭处理,或套墙加固、支撑墙加固方法等。

(4) 有效处治黄土陷穴。黄土地区黄土陷穴的处治十分重要,必须采取有效措施达到根治和预防再发生的目的。陷穴产生的内因是土质疏松,多孔隙,易冲刷,外因是地表水的汇集。陷穴对路基危害较大,一旦发生,应及时处治。首先根据所在位置,查清陷穴水的来源、水量、发展方向及对路基造成的危害程

度等,视具体情况采取以下方法加以处治:回填夯实、灌砂、灌土浆、设盲沟排导等。

### 4 黄土地区公路防护工程设计建议

防治黄土地区路基防护工程的病害,从设计和施工中就应采用针对性措施,如选择合理的防护方式,保证施工质量等。路基防护工程包括边坡坡面防护工程和冲刷防护工程两部分。边坡坡面防护工程主要保护黄土坡面免受雨水冲刷,减缓温差及湿度变化的影响,起到保持水土、防止流失的作用。冲刷防护主要针对水流的破坏作用而设,预防和减少公路水毁。

#### 4.1 边坡坡面防护

适宜于黄土地区的边坡坡面防护工程有植物防护和矿料防护2类。

(1) 植物防护是一种施工简单、费用低廉、效果良好的坡面防护措施。植物能覆盖表土,防止雨水冲刷;调节土的湿度,防止产生裂缝;固结土壤,避免坡面水土流失起到浅层加固作用;同时还能起到保护环境、美化路容的作用。针对黄土地区干旱、寒冷的特征,通常采用种草、植树的方法<sup>[5]</sup>。

种草适宜于坡度不陡于1:1.25的黄土边坡,草种的选择应以“适应性强、耐寒、耐旱、根系发达、茎叶丰富、价格低廉”为原则,如马莲草、席草、沙打旺、乔冠花、茅状羊毛等。播种期宜选在每年4月、5月及9月,避开春末冬初低温和夏季高温多雨天气,通常春播比较适宜于播种的时间长,有利于大面积播种,但关键是加强管理,确保雨季到来之前达到预期的覆盖度。播种可以采用沟播、撒播、喷播或植生带的方法进行。对于较干旱区采用保湿植生带或盖膜种植非常有效。

植树适宜于边坡坡度不陡于1:1.5,树种宜选用耐寒耐旱、根系发达、枝叶茂盛,能迅速生长的低矮灌木(如柠条),乔木不利于边坡稳定,不宜采用。植树间距40~60 m,树坑深一般为25 cm,直径20 cm,在植树季节栽种,为保湿,也可以采用盖膜种植。

#### (2) 矿料防护

对于雨量较小、冲刷不严重的坡面,采用粘土掺拌铡草进行抹面,并每隔30~40 cm打入木楔,增强草泥与坡面的结合。对于雨雪量较大的地区,应用石灰、黄土、细砂三合土或加炉渣四合土进行抹面加固,抹面厚度宜为3~5 cm。

锤面适宜于边坡坡度不陡于1:0.5。锤面常用石灰土或二灰土等,厚度为10~15 cm,一般采用等厚截面,当边坡较高时,采用上薄下厚截面。防护与未

防护坡面衔接处应封闭处理,坡脚设1~2 m高的浆砌片石护坡。施工时,为使坡面贴牢,可挖小台阶或锯齿;坡面应先洒石灰水润湿,捶面时夯拍要均匀;提浆要及时,提浆后2~3 h进行洒水养生3~5 h,养护时如发现开裂和脱落应及时修补。

浆砌片石护坡适宜于边坡坡度不陡于1:1的路堤边坡。一般采用等截面,厚度一般为0.3~0.4 m,边坡过高时应分级设平台,每级高度不宜超过20 m,平台宜为1.5 m宽且微向外倾斜。坡脚修筑漫石基础,埋深为1.5倍墙厚,每隔10~15 m设置20 cm宽伸缩缝并间隔预留泄水孔。施工时护坡背侧应充分夯实,并设砂垫层,片石座浆饱满,勾缝牢固。

框格防护以水泥混凝土、浆砌块(片)石、卵石栽砌等做骨架,框格内采用种草或其他辅助防护措施。骨架宽度宜采用20~30 cm,嵌入坡面15~20 cm,框格可以采用方形或圆拱形。施工应注意在坡顶与坡脚采用与骨架相同材料进行封闭加固<sup>[6]</sup>。

护面墙适用于边坡坡度不陡于1:0.5的挖方边坡。一般采用实体式护面墙,分等截面和变截面2种形式,等截面墙厚一般为0.5。变截面顶宽一般为0.4 m,底宽一般为顶宽加0.1~0.2倍墙高。护面墙的基础应设置在稳定的土基上,埋深视地质条件确定,护面墙前趾应低于边沟铺砌的底面。护面墙每隔10~15 m应设置2 cm宽伸缩缝一道,并间隔2~3 m交错布置泄水孔,孔径0.1 m。

#### 4.2 冲刷防护

黄土地区的降雨较集中,引起路基水毁,冲刷防护已成为公路水毁病害处治的重要措施。冲刷防护有直接和间接2类。

(1) 黄土地区直接冲刷防护主要采用砌石、抛石、石笼防护。

浆砌片(块)石防护与坡面防护中的要求相同,但埋深应在冲刷线以下0.5~1.0 m。

抛石是最常用的冲刷防护措施,应用很广,尤其是用于防洪抢险工程。抛石边坡坡度和选用石料块径应根据水深、流速和波浪情况确定,为了减小坡脚处的局部冲刷和增加抛石的稳定性,抛石坡度不应陡于所抛石料浸水后的天然休止角;抛石防护顶宽不应小于所用最小石料块径的2倍。新建路基的抛石防护,与在既有边坡防护抛石时的断面形式不同。在施工中为了使抛石有一定的密度,宜用不小于计算尺寸的大小不同的石块掺杂抛投。在较大石料缺乏地区可以用水泥混凝土预制块作用为抛投材料。

石笼可防护沿河路堤及河岸免受水流和风浪的破

坏,同时也是加固河床、防止冲刷的常用措施。由于具有较好的柔性,常用于基础不易处理或沿河挡墙、护坡基础局部冲刷深度过大的情况。石笼编笼常用镀锌铁丝或高强度聚合物土工格栅,网孔尺寸宜为8 cm×10 cm或10 cm×12 cm。施工中最下层常采用扁长方体或用钢钎固定在基底,其余各层采用长方体垒砌形式,相互之间可用铁丝连结。

(2) 黄土地区常用的间接冲刷防护主要有丁坝、顺坝和改移河道。

丁坝能够起到挑离水流,束河归槽,改善流态的作用。适用于防护宽浅变迁、宽浅游荡等不稳定的河段。常采用较短的漫水坝或潜坝,丁坝与水流方向的交角以小于或等于90°为宜,丁坝长度应根据导治线来确定,通常采用浆砌块石、铁丝石笼或现浇混凝土堆砌,截面一般为梯形或矩形,基础埋深应在冲刷线以下。设置丁坝时,应与周边农田水利、河道相协调,否则会带来负面效果。

顺坝可导流、束水、调整流水曲度、改善流态。一般用于河床断面窄小、不允许侵占、修建其它防护工程量大等情况下。对黄土地区冲沟位置,合理设置顺坝,束水导流入涵,对防止洪水冲毁坝式路堤具有很好的效果。顺坝与上、下游河岸的衔接,应使水流顺畅,起点应选择在水流匀顺的过渡段,坝根宜设在主流转向点的上方。顺坝一般采用砌石或混凝土结构,横断面为梯形。迎水坡应设置护脚,迎水坡度为1:2.0~1:2.5,背水坡采用1:1~1:1.5。

#### (3) 改移河道

改移河道的目的是将直接冲刷路基的水流引向它处。改移河道应慎重对待,要经过技术、经济论证比较,确有必要且效果较好时,方可通过设计付诸实施。改河起、终点的位置应顺应河势,设在河流较稳定的河段。在新河道进口处的原河道上应修筑拦水坝,以引水进入新河道,终点应与原河道顺接。

### 5 黄土地区路基支挡工程设计建议

路基支挡工程主要是指挡土墙,用于支撑路基填土或山坡土体,对保证路基强度和稳定性具有重要作用。黄土地区公路最常用的挡土墙主要有重力式挡土墙和加筋土挡土墙2种。

#### 5.1 重力式挡土墙

常用的重力式挡土墙分为普通重力式和衡重力2种<sup>[7]</sup>。

##### (1) 普通重力式挡土墙

普通重力式挡土墙依靠墙身自重支撑土压力,由

于其断面型式简单, 施工方便, 可就地取材, 适应性强的特点而广泛应用于公路工程。普通重力式挡土墙一般采用明挖基础, 墙趾埋深至少 1 m, 有冲刷时应在冲刷线以下至少 1 m。受冻胀影响时, 应在冻结线以下至少 0.25 m, 当冻结深度超过 1 m 时, 仍采用 1.25 m, 但应设砂砾垫层。普通重力式挡土墙应有足够排水设施, 以疏干墙后土体, 避免墙背积水形成静水压力, 减少寒冷地区回填土的冻胀压力。排水措施主要包括: 设置地面排水沟, 引排地面水; 墙背回填土的上部应以相对不透水的土夯实封闭, 防止地表水下渗; 对路堑挡土墙趾前的边沟应予以铺砌加固, 以防边沟渗水, 软化地基; 墙身设泄水孔, 排除墙后积水; 为防止泄水孔堵塞, 泄水孔进水端应设置反滤层, 厚度不小于 0.3 m。为避免因地基不均匀沉降而引起墙身开裂, 需在地质条件变化处设置沉降缝; 为防止烤工硬化收缩和温度的变化产生裂缝, 应设置伸缩缝。两缝一般合并设置, 每 10~15 m 一道, 缝宽 2~30 cm, 缝内沿墙的内、外、顶 3 边填塞沥青麻筋或沥青木板, 填深不小于 0.2 m。在施工过程中, 应在墙后填料选择和填筑方法上加强质量意识, 严格按照工程技术要求施工, 同时针对黄土地区黄土易冲刷、渗透性强的特性, 应完善地面排水系统。

## (2) 衡重式挡土墙

衡重式挡土墙利用衡重台上填土和全墙重心后移增加墙身稳定, 减小断面尺寸, 且因其墙面胸坡很陡, 下墙墙背仰斜, 可降低墙高, 减少开挖工作量, 避免过多牵动山体的稳定, 适用于山区、地面横坡较陡的地方, 但由于基底面积小, 对地基承载力要求较高, 因此应设置在较坚实的地基上。其他要求与普通重力式挡土墙相同。

## 5.2 加筋土挡土墙

加筋土挡土墙是由面板、筋带和加筋体填料 3 部分组成的复合结构, 依靠填料与筋带的摩擦力来平衡面板所受的水平土压力 (即加筋土挡土墙的内部稳定), 并以这一复合结构去抵抗筋带尾部所产生的土压力 (即加筋土挡土墙的外部稳定)。面板一般采用混凝土预制件, 强度不低于 C18, 厚度不应小于 5 cm。外形可选用十字形、六角形、矩形等。筋带有扁钢带、钢筋混凝土带、聚丙烯土工带等材料, 高等级公路应采用扁钢带或钢筋混凝土带。加筋土挡土墙在设计过程中应根据填料类型合理选择筋带, 准确布置筋带间距, 为防止墙内土体孔隙压力上升, 应设计完善的防排水设施, 施工过程中应准确布筋, 充分夯实填土, 绷紧筋带, 垂直面板, 保证面板与筋带的结

合, 才能保证质量。加筋土挡土墙对黄土地区高填路堤使用广泛, 且效果良好。

## 6 结语

黄土地区路基防护与支挡工程在使用中会出现各种破坏, 这些破坏不仅与黄土地区的自然气候条件、水文地质情况及黄土的工程特性有关, 而且设计、施工、养护的各个环节都对其有着极大的影响。本文通过对黄土地区现有公路路基防护与支挡工程的现状调查, 结合自然气候、黄土性质、材料分布等情况, 分析各种病害的成因, 总结设计、施工、养护管理中失败的教训和成功的经验, 为保证路基的强度和稳定性, 提出了切实可行、经济有效的病害处治措施<sup>[8]</sup>。

参考文献:

### References:

- [1] 中华人民共和国交通部. JTG D30-2004 公路路基设计规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.  
P. R. China, Ministry of Communications. JTG D30-2004 Specifications for Design of Highway Subgrades [S]. Beijing: China Communications Press, 2004.
- [2] 中华人民共和国交通部. JTJ018-97 公路排水设计规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 1997.  
P. R. China, Ministry of Communications. JTJ018-97 Specifications of drainage design for highways [S]. Beijing: China Communications Press, 1997.
- [3] 胡长顺, 黄辉华. 高等级公路路基路面施工技术 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1995.  
HU Changshun, HUANG Huihua. Construction Technology of Pavement and Subgrade [M]. Beijing: China Communications Press, 1995.
- [4] 关文章. 湿陷性黄土工程性能新编 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1995.  
GUANG Wenzhang. New Chapter of Collapsible loess engineering properties [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 1995.
- [5] 周锡九, 赵建玲, 赵成址. 边坡植草防护加固作用的分析 [J]. 路基工程, 1995 (3): 16-20.  
ZHOU Xijiu, ZHAO Jianling, ZHAO Chengzhi. Analysis for Strengthening the role of planting grass slope protection [J]. Subgrade Engineering, 1995 (3): 16-20.
- [6] 左许泉, 罗缙锦. 路基边坡风化与防护 [J]. 中南公路工程, 1998 (1): 11-16.  
ZUO Xuquan, LUO Zuanjin. Weathering and Protection of Slope of subgrade [J]. Central South Highway Engineering, 1998 (1): 11-16.
- [7] 丁乾鼎. 重力式路堤挡墙损坏原因探讨 [J]. 路基工程,

1990 (4): 52- 56.

DING Qianling. The reasons explorision for Gravity retaining wall damaged embankment [J] . Subgrade Engineering, 1990 (4): 52- 56.

[ 8] 李彦武, 黄土地区公路路基病害分析与防治对策[ D] . 西安: 长安大学, 2001.  
LI Yanwu. The Diseases analysis and Control Measures of Subgrade in the Loess Area. Master' s thesis, 2001.

( 上接第 40 页)

YE Qunshan, YUE Hongbo, WU Shaopeng, et al. Dynamic Modulus and Fatigue Properties of Polyester Fiber Reinforced Asphalt Concrete [ J] . Journal of Wuhan University of Technology, 2007, 29 ( 9): 5- 8.

[ 9] MILLIYON F W. Performance Study of G-Fix in Porous Asphalt

Concrete Using a 2D Finite Element Model [ D] . Delft: Delft University of Technology, 2006.

[ 10] SHENOY A. Model fitting the Master Curve of the Dynamic Shear Rheometer Data to Extract a Rut controlling Term for Asphalt Pavements [ J] . Journal of Testing and Evaluation, 2002, 30 ( 2): 95- 112.

( 上接第 45 页)

SHI Fangzhi, HE Zhenhua, LV Weiming, et al. Design Method and Laboratory Research of Foamed Bitumen Mixture [ J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21 ( 10): 1- 3.

[ 8] Asphalt Institute Asphalt Cold mix Recycling [ M] . 2nd ed. Lexington, KY: Asphalt Institute, 1986.

[ 9] 谭忆秋, 董泽蛟, 曹丽萍, 等. 应用 Superpave 体积设计法设计冷再生沥青混合料 [ J] . 公路交通科技, 2005, 22 ( 3): 31- 34.

TAN Yiqiu, DONG Zejiao, CAO Liping, et al. Designing Cold

recycled Asphalt Mixtures with Superpave Volumetric Design Method [ J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 ( 3): 31- 34.

[ 10] CROSS S A. Determination of Ndesign for CIR Mixtures Using the Superpave Gytratory Compactor [ R] . Lawrence, Kansas: KU Center for Research, Inc. , 2002: 52- 57.

[ 11] THOMAS T, KADRMAS A. Performance related Tests and Specifications for Cold In place Recycling: Lab and Field Experience [ C/ CD] //The Transportation Research Board 2003 Annual Meeting Washington, D. C. TRB, USA. : 2002.

《公路交通科技》编辑部投稿系统及流程介绍

本刊已正式启用稿件远程处理系统, 同时开通网站, 网址为 [www.gltkj.com](http://www.gltkj.com)。该系统包括在线投稿系统、作者在线查稿系统、专家在线审稿系统、编委在线审稿系统、主编办公系统、远程编辑系统六个子系统, 通过网上投稿、网上查稿、网上审稿, 实现了作者、编辑、审稿专家的一体化在线协作处理, 从而构建成为一个协作化、网络化、角色化的编辑稿件业务处理平台。对于广大作者而言, 该系统最大的优点是支持在线投稿、查稿。

作者投稿请直接登录 [www.gltkj.com](http://www.gltkj.com), 点击“作者在线投稿”, 进行注册后, 即可通过用户名、密码登陆系统进行投稿。投稿成功后, 系统自动发送回执邮件。作者可随时点击“在线查稿”, 使用注册的用户名和口令登录查稿系统, 即可获知所投稿件的处理进展、审稿意见等; 有关稿件处理的最终结果也将直接发送到作者的电子信箱中, 不再另行通知。

声明: 我编辑部未与其他任何论文写作机构合作, 且只接受网络在线投稿。作者如有任何问题请与编辑部联系。

联系电话: 010- 62079198- 801 传真: 010- 62058207 E- mail: [editor@rioh.cn](mailto:editor@rioh.cn)