

# 浅析水泥稳定基层沥青路面裂缝原因及防治措施

赵勇

恩施州华泰交通建设有限公司

DOI:10.12238/jpm.v4i10.6288

**[摘要]** 浅析恩施州水泥稳定基层沥青路面裂缝形成的原理、状况、开裂的原因。开裂的主要因素有材料特性、车辆荷载、路基强度及其均匀性、自然因素等。采用提高路基稳定性及其强度，严格控制施工工艺、合理安排施工时间、加强养护维修，超限治理等措施对裂缝进行防治。

**[关键词]** 水泥稳定基层；裂缝原因；防治措施

## The causes and prevention measures of cement stabilized asphalt pavement

Zhao Yong

Enshi Huatai Transportation Construction Co., Ltd.

**[Abstract]** A brief analysis of the principle, condition and cracking cause of crack formation of Enshi cement stabilized base asphalt pavement. The main factors of cracking include material characteristics, vehicle load, roadbed strength and its uniformity, natural factors and so on. Improve the stability and strength of roadbed, strictly control the construction technology, reasonable construction time, strengthen maintenance and maintenance, over-limit control and other measures to prevent cracks.

**[Key words]** cement stability base, crack cause, prevention and control measures

水泥稳定基层属于半刚性基层，采用水硬性材料（又称无机结合料）稳定的各种集料，是具有一定的强度和刚度的路面基层结构。半刚性基层沥青路面具有强度和刚度较高，路面平整、行车舒适，施工工艺简单、使用周期长、养护维修方便，在恩施州易于就地取材，现阶段被广泛应用。

恩施州自 1998 年开始，路面基层全部采用了水泥稳定碎石或水泥稳定石屑。所修建的国省道及县乡道施工验收均被评为优良工程或合格工程。但尽管如此，路面裂缝的问题仍然不可避免，个别路段较为严重，已发生网裂成结构性破坏。随着公路使用期限的延长路面裂缝也在不断的增加。如对路面裂缝不及时进行有效方法的处治，公路的通行能力将会不断下降，使用寿命将会大幅度缩短，投资效益将会降低，影响到公路交通行业的形象。本文将浅析水泥稳定基层沥青路面裂缝的原因和防治措施。

### 一、裂缝形成的原理

由于水泥稳定基层属于半刚性基层，其组成材料自身固有

的特性，裂缝几乎是不可避免的，据其裂缝形成的过程，大致可分为 3 个阶段：初期收缩裂缝、中期内应力裂缝、后期荷载外力裂缝。

#### 1、初期收缩裂缝

根据实际施工经验发现，水泥稳定基层完工后一个月左右局部产生 1—3mm 的横向裂缝。初期收缩裂缝主要是由于压实后的水泥稳定基层中的水份不断蒸发和水泥水化作用使水份不断的减少，产生毛细作用、吸附作用及材料矿物晶体，凝胶体间水的作用，碳化收缩作用等，使水泥稳定基层压实体发生体积收缩，形成收缩裂缝。

#### 2、中期内应力裂缝

水泥稳定基层完工后经过雨季和旱季，中期内应力裂缝基本形成，水泥稳定基层内 90%左右的内应力得到释放和消减，原有的内应力体系被打破而重新形成新的受力体系。中期内应力裂缝产生的主要原因是：由于水泥稳定基层自身材料干缩和温差应变胀缩产生的拉应力超过水泥稳定基层自身的极限抗

拉强度,使其从强度薄弱断面处产生断裂,其特点是:横向裂缝多、纵向裂缝少、裂缝规则顺直。

### 3、后期车辆荷载外力裂缝

随着路面使用时间的延长,纵、横向裂缝不断增加,缝宽也不断增加,最终形成局部网裂,导致半刚性基层沥青路面发生早期的结构性破坏。水泥稳定基层板块不断产生断裂,在车辆荷载的作用下,发生结构性破坏,并反射到面层。后期荷载裂缝发展速度快、裂缝宽度大,裂缝呈不规则的网状结构,水泥稳定基层形成大小不等的板块,在车辆作用下翘曲晃动,下雨后沉陷唧浆。

## 二、裂缝的原因

导致半刚性基层沥青路面裂缝的因素很多,各种因素间的相互作用十分复杂。通过恩施州近两年对境内的 318 国道和 209 国道部分裂缝较严重路段大修时分析认为,导致裂缝的因素主要有材料特性、车辆荷载、路面结构设计、路基强度及其均匀性,外界自然环境的破坏等。水泥稳定基层材料的级配、粉末的含量、塑性指数、路面结构组成及其厚度、车辆荷载的大小、路基和底基层的强度及其均匀性、,地质土质、水文气象等各方面的因素均与半刚性基层沥青路面的开裂有直接关系。

### 1、材料特性

我州境内盛产石灰岩,所以大部分的水泥稳定基层材料都是采用的未筛分的级配碎石。经爆破开炸后采用碎石机加工成未筛分的级配碎石,具有取材方便、节约投资、工程进度快。但是也存在以下问题。

(1)我州前几年加工碎石的破碎设备均为简易的鳄式机械,加工生产出来的碎石超设计粒径(一般为 37.5mm)的比例大,且针、片状含量过大。在摊铺过程中容易产生离析,粗集料集中,特别是前几年我州多为人工摊铺,这种现象就尤为突出,由于材料严重离析,其结构层强度的均匀性较差,弯沉值的变异系数大,导致水泥稳定基层碾压不密实,在车辆荷载作用下发生裂缝的概率加大。粗、细集料集中造成结构层强度不均匀,粗集料集中的部位强度高、细集料集中的部位强度低,在内应力及荷载外力的作用下水泥稳定基层从强度较低处形成裂缝。

(2)粒径小于 0.075mm 的粉末偏多,粉末料不但本身含有塑性,在开采石料过程中也不可避免有少量的盖山土掺入,使塑性指数增大。材料中的粉末含量和塑性指数均会影响水泥稳定基层干缩应变,粉末过多和塑性指数过大的材料铺筑的水

泥稳定基层裂缝较多。在摊铺过程中不可避免地会出现细集料集中,在细集料集中的区域干缩系数增大,从而发生裂缝的机率增大。

(3)水泥也是产生初期收缩裂缝的主要因素。水泥稳定基层所使用的水泥均是沿线各县市水泥厂生产的 32.5 级水泥,水泥中影响收缩程度的主要因素是水泥的性质和剂量。凝结时间快,早期强度较高的水泥产生的收缩应变较大,水泥剂量过大收缩裂缝也增多。

### 2、车辆荷载作用与路面结构设计

路面是直接承受车辆荷载反复作用和各种自然因素影响的 结构层。路面设计一般是从确保工程质量、降低工程造价,施工工艺相对简单等原则出发,主要考虑承载能力、耐久性、舒适性、安全性。由于设计理论与实际存在差异,设计累计当量轴次与实际荷载也存在差异。由于受材料特性,施工质量偏差、车辆荷载超载、自然环境等其它因素的影响,导致路面结构层的实际受力大于设计理论受力,且超过标准轴载的车辆荷载对路面的破坏是存在的。随差经济迅速发展,我州境内的 318 国道和 209 国道经改善,路面行车条件大大改善和提高,其车流量也大大增加,特别是中型以上的载货车辆占的比重较大(约在 60%—75%左右),在载货车辆中,除空车外,80%的车辆有超载现象,一些重型车辆超载承载达 50%—250%不等。相关研究表明:车辆超载一倍,对路面的破坏力将增加 4—16 倍,超载对路面破坏作用以指数倍数剧增。由于上述原因,致使水泥稳定基层路面设计厚度偏薄,其承载力达不到实际荷载外力作用的要求,以及车辆超载的剧烈破坏作用,导致半刚性沥青路面发生早期结构性破坏。

### 3、路基强度及其均匀性

路基是承受路面荷载的主要结构。路基是要具有足够的整体稳定性、整体强度、水泥稳定和均匀性的。在路基施工过程中,由于对地质土质掌握不够准确,软土地段处理不彻底,路基填筑施工工艺控制不严,特别是路床下 80cm 内的路基压实度控制不到位等,都对路基的整体稳定性和整体强度有很大的影响。我州内的部分路段地质条件特别差,公路经过地段的土质有岩石,低液限粘土、高液限粘土、软基土等,所经过地带地质变化频繁,情况十分复杂。在当初路基路面改善时,一般都是当年改造完路基后就接着进行路面的施工。由于新旧路基的强度不一致,新旧路基的沉降不均匀,路基的不均匀下沉必然也会造成路面的开裂。

### 4、底基层强度及其均匀性

底基层是水泥稳定基层和路床之间的联结层，它的主要作用是吸收和分散车辆荷载下传力以及水泥稳定基层的拉应力，减轻车辆荷载对路基的作用力，排除路面渗水，隔断路基地下水毛细不上升等。所以对底基层材料要有较好的级配和均匀性，要有较高的强度，要有较好的透水性。一般情况下要使用轧制筛分的碎厂，其整体强度和均匀性才能达到要求。我州前几年使用未筛分级配石灰碎石土作路面底基层时，由于其级配的不稳定性和超粒径特性，在施工过和中容中、易造成粗细集料集中现象，粗集料集中的部位强度高，细集料集中的部位强度低，其次，当石灰碎石土底基层雨天经过行车碾压后部分路段变形翻浆，变成了泥结碎石，排水功能降低，路基强度降低，弯沉值增大，第三，由于路基强度不均匀反射，使路基强度低的部位底基层强度较低，路基强度高的部位底基层强度较高。由于以上原因，使水泥稳定基层形成相对无限连续筒支板受力体系，在车辆荷载作用下水泥稳定层发生断裂。

#### 5、自然环境

由于我州地表起伏大，地面横坡陡，造成路基填挖变化频繁，高填深挖，半挖半填地段多，横向稳定性差，高填方完工后沉降大，纵横填挖结合部容易下沉开裂。我州过地区的土质有岩石，低液限粘土，高液限粘土，低液限粉土，软基土地段，微丘区大部分经过农田，多为高液限粘土，山岭区低液限土较多，结合地区软土地段多，公路经过地带地质土质变化频繁，情况十分复杂，使路基产生不均匀下沉，路面开裂变形。农田地区地下水位较高，一般地表以下开挖 0.5-1m 即见地下水涌出。由于地下水位高，地表水丰富旱季和雨季水位变化大，路基强度受到很大影响，易产生地不均匀下沉或变形，使路面开裂变形。我州部分路段处在高山，年温差较大，日温差大，年平均气温 20，最冷月平均气温 5 度，最热月平均气温 35.3 度。频繁的大温差作用，是半刚性基层沥青路面中期内应力裂缝形成的主要原因，然后路面水渗透蚀路床，路基强度降低，水泥稳定层在车辆荷载作用下发生断裂

### 三、裂缝防治措施

半刚性基层沥青路面的裂缝防治应遵循：预防为主，及时处治的原则，在设计和施工过程中通过合理设计，提高施工工艺等办法进行有效预防，最大限度地减少裂缝产生的概率，对已发生的裂缝及时采取有效措施进行处治，控制裂缝的发展，恢复路面功能，延长路面的使用寿命，随着路用新材料的不断研制生产，新型土工材料得到广泛应用，裂缝的防治技术在不断进步，并取得良好的效果。由于受施工环境、施工条件、工

程资金等因素的影响，裂缝的防治措施也多种多样，但不论采用什么方法，都应本着因地制宜，就地取材的原则，达到技术先进，质量可靠，效果良好，施工方便，投资较省的目的。

#### 1、提高路基稳定性及其强度

路基要具有足够的整体稳定性，强度，否则将产生不均匀沉降，使路面发生开裂，因此必须采取有效措施处理好影响路基稳定性和强底的关键环节，最大限度地减小路基完工后的沉降量。

路基强度主要是在填筑过程中形成的，必须严格控制路基的填筑工艺，确保路基强度，填筑材料首选使用石、砾类土，其次迁用含砾砂低液限粘土，再次迁用低液限粘土，粉质土和有机质土不能用于填筑路基。压实度是反应路基强度的重要指标，施工中必须严格检测控制，使其达到规定值，填土层的平整度和厚度对压实度有直接的关系，施工中要插杆拉线，任意一层的平整度不应大于 2cm，松铺厚度不应大于 30cm，检测压实度试坑要打到下一层顶面，凡是检测结果达不到规定值的要加压处理，或推除生填。路床以下 80cm 是路基的关键部位，它直接承受和吸收路面的下传力，要具有足够的强度和均匀性，填方地段要采用较好的材料填筑，土质差的挖方地段要进行换填处理，确保其强度和均匀性。降低地下水位是提高路基的重要措施，当开挖路基后发现地下水渗出，不论流量大小都要进行彻底处理，对分散水源要设置纵，横向网状盲沟，对上边坡渗水宜设置盲沟，土质地段盲沟深度应低于路床 80cm，石质地段应低于路床 40cm。盲沟可采用片石或碎石，顶面用土工布覆盖，洞口修到稳定无扰动的地方，保证流水畅通。

路基的稳定性，强度，均匀性达不到要求的路段，要进行处理后再铺筑路面，以免造成半刚性基层沥青路面断裂损坏。

#### 2、合理的路面结构及其厚度

合理的路面结构组成以及合理的路面结构厚度，要通过对路弯沉值，回弹模量等强度指标进行检测评判，结合土质类型，潮湿程度，地下水位，车辆荷载等因素进行综合分析。从确保质量，方便施工，节约投资的原则出发，一般采用 3 层结构，即底基层，基层，面层，底基层采用级配碎石，基层采用筛分的级配良好水泥稳定粒料基层，面层采用沥青碎石或沥青混凝土，分上，下两层结构。在确定路面结构层厚度时要以车辆荷载和路基强度为主要依据，车辆荷载是据交通量调查的结果，如今大形车辆逐步增多，超载车辆十分普遍。重车的轴载数值和作用次数是导致路面发生结构性破坏的主要因素。因此，路面设计应考虑车辆超载数值，车辆冲击力，车辆制动力，确

保路面具有足够的承载力，避免水泥稳定基层在车辆荷载作用下产生早期结构性破坏。路面厚度增加时，承载力迅速提高，在其它条件相同的情况下，水泥稳定基层厚度从 10cm 增加到 15cm，板底拉应力减小一半，从 15cm 增加到 20cm，板底拉应力减小 30%，由此看出，增加结构层厚度是提高路面承载力的主要措施。一般情况下，路基完工后实测弯沉值和回弹模量值与设计值差异很大。因此，必须根据实测结果结合实际水文地质情况重新计算和确定实施性路面结构层厚度，即实施性路面设计，在确定实施性路面结构层厚度之前，要对路床以下 80cm 范围的土质钻探取样做平均含水量，液限及朔限试验，计算土的平均稠度，确定路基土的干湿类型，在计算水泥稳定基层厚度时，弯沉值应取大值，回弹模量应取较小值，即最不利状态值。

二级公路 3 层路面结构中的水泥稳定基层经验厚度，均匀岩石路基地段 15-20cm，一般地段 22-32cm，经常使用厚度为 26 cm。

### 3、严格控制施工工艺

半刚性沥青路面的裂缝有一部分是由于施工工艺控制不严造成的，因此在施工过程中要严格控制各分项工程的施工工艺，特别是关键环节的施工工艺。通过严格控制施工工艺，可以避免或减少裂缝的发生。

### 4、加铺沥青贯入式粘层

水泥稳定基层裂缝较多地段可铺筑沥青贯入式联结层，用于防止裂缝辐射到路表。沥青贯入式联结层孔隙率大，结构松散，应变系数较大，可以吸收和消化半刚性基层的上传应力和应变，避免或减少半刚性基层的反射裂缝。由于粘层的后期压实系数较大，如铺筑粘层后立即在其上铺筑沥青碎石层，经过一段时间的行车，平整度会下降 5%~10%；其次是粘层在半刚性基层和沥青碎石层之间形成柔性层，对路表弯沉值有影响；第三是大面积铺筑粘层增加投资较大。因此，仅适用于裂缝较集中地段。贯入层铺筑后应放车通行一段时间，使其结构

自然形成和密实度增加后再铺筑沥青碎石面层，这样可以降低后期平整度的下降率。

### 5、用土工布处理横向裂缝

用土工布进行处理的目的是防止铺筑上面层后裂缝进一步向上辐射，经过处理后的调查，90%的裂缝未反射到面层。从中分析得出：半刚性基层断裂后在温差作用下发生重复伸缩应力应变，裂缝宽度不断变化，其应变值以断口处为最大且向后逐步减小，采用土工布处理层可以吸收消化大部分伸缩应力和应力，避免或延缓裂缝辐射到上面层。

### 6、合理安排施工时间

水泥稳定基层铺筑后一个月产生初期收缩裂缝，半年基本完成中期应力裂缝，根据这一特点，施工过程中应预留两阶段裂缝时间：铺筑水泥稳定基层后预留一个月初期收缩裂缝期，铺筑上面层前预留半年中期内应力裂缝期。在铺筑上面层之前对裂缝进行一次全面处治，只要处理方法得当，90%以上的裂缝可避免反射到上面层上，从而减少因路面水下渗影响路基强度导致的裂缝加速扩展和发生早期结构性破坏，延长路面的使用期限。因此，合理安排工期是很必要的。

### 7、加强养护维修，控制超限车辆

318 国道和 209 国道发生裂缝和结构性破坏后，州公路部门针对不同情况应用各种办法对各种病害进行了处治，路表功能得到了及时恢复，取得了良好效果。在国省道上设置了车辆超限检测站，对超限车辆进行卸货后才放行等强有力的措施，大大降低了车辆超限荷载对路面的破坏。

## 四、结论

半刚性基层沥青路面在车辆荷载和自然因素的作用下，尽管开裂现象十分普遍，但是只要认真分析裂缝的形成原理和产生裂缝的原因，从工程设计到施工过程中的每一个环节，因地制宜，严格控制。做到设计合理，施工规范，质量过硬，就能避免或减少裂缝的产生，并使其具有足够的强度、刚度、稳定性、耐久性，从而延长路面的使用寿命。