

## 绪 论

截止到 2018 年年末,全国公路总里程  $4.85 \times 10^6$  km,比上年增加  $7.31 \times 10^4$  km。公路密度  $50.48$  km/100 km<sup>2</sup>,增加  $0.76$  km/100 km<sup>2</sup>。公路养护里程  $4.76 \times 10^6$  km,占公路总里程 98.2%。

2018 年年末全国四级及以上等级公路里程  $4.47 \times 10^6$  km,比上年增加  $1.27 \times 10^5$  km,占公路总里程 92.1%,提高 1.3 个百分点。二级及以上等级公路里程  $6.48 \times 10^5$  km,增加  $2.56 \times 10^4$  km,占公路总里程 13.4%,提高 0.3 个百分点。高速公路里程  $1.43 \times 10^5$  km,增加  $0.61 \times 10^4$  km;高速公路车道里程  $6.33 \times 10^5$  km,增加  $2.90 \times 10^4$  km。国家高速公路里程  $1.06 \times 10^5$  km,增加  $0.33 \times 10^4$  km。

2018 年年末国道里程  $3.63 \times 10^5$  km,省道里程  $3.72 \times 10^5$  km。农村公路里程  $4.04 \times 10^6$  km,其中县道里程  $5.50 \times 10^5$  km,乡道里程  $1.17 \times 10^6$  km,村道里程  $2.32 \times 10^6$  km。

为加强和保证公路为车辆提供安全、经济、舒适、高速运营的环境,目前公路养护已成为我国公路建设的一个主要任务。公路养护,这个古老的行业在我国已进入新的发展阶段。相信在不久的将来,我国的公路养护管理水平也将为世界所感叹和瞩目。

## 任务 1 公路技术状况的影响因素及评价

### 0.1.1 车辆荷载对公路技术状况的影响

公路是国家经济发展和现代化建设的重要基础设施,是为汽车运输服务的线形工程结构物。公路在竣工并交付使用后,在反复的行车荷载作用和自然因素的影响下,特别是随着交通量和轴载的不断增加,以及部分筑路材料性质的衰变,加上在设计、施工中留下的某些缺陷,导致公路的使用功能逐渐下降。

作用于公路上的车辆荷载及作用主要有如下几点。

(1)垂直荷载。行驶的车辆通过车轮传递给路面的垂直压力,其大小主要取决于车辆的类型和轴载。

(2)水平荷载。由于车辆的启动、制动、变速、转向以及克服各种行车阻力而作用于路面的水平力称为水平荷载。其大小除与车辆的行驶状况和轮胎性质有关外,还与路面的类型及其干湿状况有关,水平荷载最大时可达车轮垂直荷载的 0.7~0.8 倍。

(3)冲击荷载。汽车行驶时自身产生的振动以及路面不平整使车辆产生颠簸,这些作用

都对路面产生动压力,其值与车速、路面平整度和车辆的减振性能有关。车速越高、路面的平整度越差,对路面产生的动压力就越大。车辆垂直动压力与其静压力的比值,称为动荷系数。在较平整的路面上,当车速不超过 50 km/h 时,动荷系数一般不超过 1.3;在车速高、平整度差的路面上,动荷系数可能接近甚至超过 2.0。

(4)真空荷载。车辆行驶时,在车轮的后方与路面之间暂时形成真空,产生了对路面结构具有破坏作用的真空吸力,对于中、低级砂石路面,这种吸力往往会导致路面集料松动,致使路面结构逐步发生破坏。

### 1. 垂直荷载分析

在车轮垂直荷载的作用下,路基将产生压缩和弯曲。柔性路面因其材料的黏弹性质不仅会产生弹性变形,还会伴随加载时间产生滞后弹性变形和不可恢复的塑性变形。在多次加载和卸载的过程中,如果压力不超过一定的限度,则不可恢复的变形将逐渐变小,而弹性变形将增加,使路面的密实度增加;但当压力超过一定限度时,就会发生很大的不可恢复的塑性变形。在多次重复荷载的作用下,路面会因竖向塑性变形的累积而逐渐产生沉降。对于采用黏土做结合料的碎石、砾石路面在雨季潮湿状态下,以及沥青路面在夏季高温时,此种变形的表现尤为明显。高等级公路的沥青路面,由于渠化交通的作用可产生车辙。

对于水泥混凝土、沥青混凝土以及半刚性等整体材料的路面,在车轮垂直荷载的作用下将产生弯拉变形。当荷载应力超过材料的疲劳强度时,路面将产生疲劳而开裂破坏。重复作用的荷载次数越多,材料可以随疲劳作用的强度越小,两者成双对数的线性反比关系,用式(0-1)表示为

$$N = K(1/\sigma)^n \quad (0-1)$$

式中, $N$  为荷载重复作用的次数; $\sigma$  为材料的疲劳强度(MPa); $K, n$  为决定于试验条件和材料特性的试验常数。

### 2. 水平荷载分析

行车产生的水平力主要作用在路面的上层,因引起路表面发生变形而影响其平整度。

水平力对路面的影响,首先表现在对路面的磨损上。路面的磨损主要是由于车辆在行驶过程中车轮产生滑移而造成的。强烈的路面磨损发生在车辆的制动路段上,如公路的下坡段、小半径平曲线和交叉口进口段以及通过居民点和交通稠密的路段上;在曲线上,因车辆横向滑移也可使路面产生磨损。在不平整的公路上,由于行驶的车轮轮胎表面通过的距离比车轮中心通过的距离要“加长”,以及因振动在车辆向上颠簸时使车辆的压力减小,都将引起车轮滑移而对路面产生磨损。

除了行车的作用使路面受磨损外,大气因素(如雨水冲刷和风蚀)也是重要的影响因素,同时磨损在很大程度上还与路面的类型及材料的性质有关。石料越耐磨,路面磨损越小。在相同的条件下,碎石、砾石等中、低级路面的磨损量最大,水泥混凝土路面较小,沥青路面则最小,而采用石油沥青可比煤沥青减小磨损约达 2/3。

路面磨损不仅使路面材料受到损失,厚度变薄,而且由于外露石料表面被磨光,使得路面的摩擦系数衰减,从而影响行车安全。

在车轮垂直力与水平力的综合作用下,路面将产生较大的剪应力。当剪应力超过面层与基层层间接触的抗剪强度或面层材料的抗剪强度时,路面面层将沿基层顶面产生滑移或面层材料本身产生剪切变形,使路面表面形成拥包甚至波浪。前者多产生于沥青面层厚度

较薄、层间结合不良的路段,后者多产生在面层厚度较厚,或厚度虽薄但层间结合良好的以级配砾石铺筑的路面或沥青路面上。这类路面材料的强度除由粒料颗粒间的摩阻力提供外,在很大程度上还依赖于结合料的黏结力。因为黏结力易受水温条件变化的影响,使材料的抗剪强度下降,从而导致路面的失稳变形。在我国的西北、内蒙古等干旱地区或南方多雨地区的级配砾石路面上出现的搓板,以及一些沥青混凝土路面,特别是当细料和沥青含量偏多或沥青稠度过低时,在夏季高温季节常产生拥包、波浪变形,其原因就在于此。

车轮的水平力还可使路面的表面粒料产生拉脱,这种情况多发生于黏结力较弱的碎石、砾石和沥青碎石路面中,如图 0-1 所示。路面在受到水平力的作用后,碎石被迫绕着支点  $O$  转动,在动力的重复作用下,逐渐松动而被拉脱,进而逐渐扩大以至形成坑槽。在雨天泥泞时,沾带黏土的车轮行驶在碎石、砾石路面上,也可使其表面粒料产生拉脱。

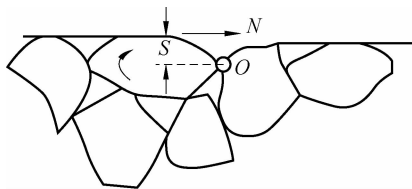


图 0-1 行驶车轮的水平力使路表面碎石产生拉脱

按碎石嵌挤原则铺筑的碎石路面和沥青碎石路面,由于其强度主要由碎石之间的嵌挤力和内摩阻力构成,受水温条件的影响较小,因而通常很少出现上述这类变形病害。

### 3. 冲击荷载与真空荷载分析

路面之所以会出现有规律的波浪变形,即通常所称的搓板现象,与汽车系统重复地产生一定频率的振动和冲击有关。在汽车的这种动力作用下,轮胎对路面的水平推移、磨耗及真空吸力等作用也具有相应的规律性,从而使路面产生有规律的波浪变形而形成搓板。特别是路面的不平整,将使汽车的振动与冲击作用加剧,水平推移与真空吸力作用也随之增大,从而加速了路面搓板的形成与发展。路面搓板在中、低级的砂石路面上较为普遍,它与公路上行驶的汽车的速率和发动机的工作状况有关,波长多在 0.75 m 左右。

汽车所产生的冲击、振动的能量大部分都消耗在轮胎和弹簧的变形上,部分作用于路面,使路面产生周期的振动运动,并在路面中产生周期性的快速变向应力。动力作用对路面的影响与路面的刚度有关,路面的刚性愈强,对路面的破坏性就愈大。路面的振动,可能产生对路面强度有危险的应力,使水泥混凝土路面出现裂纹,碎石路面的密实度降低,潮湿的路基土在受到振动后引起湿度的重分布而危害路面,并使路基土挤入粒料垫层而影响其功能。沥青路面由于具有较大的吸振能力,因而振动对它的影响较小,实际上它起到了减振器的作用。

当汽车产生周期性动力作用的频率与路面的固有振动频率接近时,路面将因发生振幅和加速度很大的共振而遭到破坏。产生共振时汽车的临界速率为

$$v_c = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{\frac{kg}{p}} \quad (0-2)$$

式中,  $v_c$  为临界速率(m/s);  $\lambda$  为路面变形的波浪长度(m);  $k$  为轮胎刚性模量(kN/m);  $g$  为重力加速度,取  $9.81 \text{ m/s}^2$ ;  $p$  为轮胎荷载(kN)。

上述作用在路面上的动荷载,其作用力大小与车轮着地长度、车速、交通量大小、路面的

平整度和结构类型密切相关。

### 0.1.2 自然因素对路面的影响

自然因素对路面的影响主要有温度、湿度、风力和雨雪、空气污染、地震力等,此外,阳光对沥青路面技术性质的变化也有着重要的影响。

#### 1. 温度的影响

暴露于大气中的路面,直接受着大气温度的影响。路面温度随一年四季和昼夜气温的周期性变化而变化,并沿路面的厚度方向产生温度梯度。通常,路面的最高温度和最低温度分别出现于每年的7月份和1月份。根据观测资料可知,由于路面对太阳辐射热的吸收作用,沥青路面的最高温度可比气温高出 $23^{\circ}\text{C}$ ,水泥混凝土路面的最高温度可比气温高出 $14^{\circ}\text{C}$ 左右。我国上海地区根据气温变化,对上述两类路面的最高温度进行了实测回归,并得出如下公式。

水泥混凝土路面

$$T_{\max} = 8.67 + 0.728T_{14}^a + 0.027Q \quad (0-3)$$

沥青混凝土路面

$$T_{\max} = 8.67 + 0.847T_{14}^a + 0.124Q \quad (0-4)$$

式中, $T_{\max}$ 为路面最高温度( $^{\circ}\text{C}$ ); $T_{14}^a$ 为14:00时的气温( $^{\circ}\text{C}$ ); $Q$ 为太阳日单位面积上的辐射热 $[\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{d})]$ 。

《美国战略公路研究计划》规定:对于沥青路面,采用路表下20 mm处一年中连续7 d最高温度的平均值 $T_{20\text{mm}}$ 。作为路面的高温设计温度,并以纬度( $L_{\text{at}}$ )为参数,建立了 $T_{20\text{mm}}$ 与气温 $T_{\text{air}}$ 的关系式。

$$T_{20\text{mm}} = (T_{\text{air}} - 0.0618/L_{\text{at}}^2 + 0.0098/L_{\text{at}} + 42.2) \times 0.9545 - 17.78$$

式中, $T_{20\text{mm}}$ 为位于路表面20 mm深处的高路面设计温度( $^{\circ}\text{C}$ ); $T_{\text{air}}$ 为连续7 d平均最高气温( $^{\circ}\text{C}$ ); $L_{\text{at}}$ 为项目的地理纬度( $^{\circ}$ )。

冬季的最低温度发生在路表,并等于最低气温。

采用无机结合料半刚性基层,可因其干缩和温缩产生的裂缝,而使沥青面层出现反射裂缝。发生路面反射裂缝的现象,除与半刚性基层材料的收缩性能有关外,还与面层的厚度和采用的沥青性能有关。通常,半刚性基层采用水泥、石灰和粉煤灰等混合稳定的材料比单纯采用石灰材料收缩性小;稳定粒料、粒料土比细粒土的收缩性要小,同时,含水量、密实度和稳定剂用量对收缩也有较大影响。

温度的变化同样会引起水泥混凝土路面板的胀缩变形。当变形受阻时,板内将产生胀缩应力和翘曲应力。由于水泥混凝土是一种拉伸能力很小的脆性材料,为了减小其温度应力,避免板自然开裂,需把板体划成一定尺寸的板块,并修筑各种接缝。当板块尺寸设置不当或接缝构筑质量不合要求时,板体也会产生断裂,并引起各种接缝的损坏。

若拌制的水泥混凝土混合料的水分过大,或在施工养生期水分散失过快时,也会引起混凝土板的过大收缩和翘曲,使板的表面产生发状裂纹,以致早期发生断裂。

#### 2. 湿度的影响

水对路基路面的作用主要来自大气的降水和蒸发、地面水的渗透以及地下水的影响。当路基内出现温度差时,在温差作用下的水还会以液态或气态的方式从热处向冷处移动和积聚,从而改变路基的湿度状态。

公路路基和路面的物理力学性能随着水温状况的变化而变化。当路基受到严重的水浸湿时,其强度和稳定性会迅速下降,将导致路基失稳,引起坍方、滑坡等病害。对于土基承受荷载较大的柔性路面,常因承载能力不足,路面在车轮荷载的作用下产生沉陷,有时在沉陷两侧还伴有隆起现象;严重时,在沉陷底部及两侧受拉区发生裂纹,逐步形成纵裂,并逐渐发展成网裂。

对于水泥混凝土路面,则可因土基出现较大的变形,特别是不均匀的变形,而使混凝土板产生过大的荷载应力,导致断裂。

在北方冰冻地区,在有地下水作用的情况下,冬季会使路基产生不均匀冻胀,路面被抬高,以致产生冻胀裂缝,严重时拱起可达几十厘米;在春融季节则产生翻浆,在行车作用下路面发软,出现裂缝和冒泥现象,以至路面结构遭到全部的破坏,使交通中断。

在非冰冻地区,中、低级粒料路面在雨季、潮湿季节的强度和稳定性最低,路面容易遭到破坏;在干燥季节,路面尘土飞扬,磨耗严重,影响行车视线并污染周围环境。

沥青路面虽可防止雨水渗透,但也阻止了路基中水分的蒸发,在昼夜温差的作用下,路基中的水分以气态水形式凝聚于紧挨面层下的基层上部,改变了基层原有的湿度状况。当基层采用水稳性不良的材料时,会导致路面发生早期破坏。

沥青路面在浸水的情况下,可使其体积松胀,并削弱沥青与集料之间的黏附性,从而降低沥青混合料的物理力学性能。水对黏附性的影响,主要决定于沥青的性质和集料的黏附性,同时也与集料的吸水性能有关。通常,煤沥青比石油沥青有更好的黏附性,碱性矿料比酸性矿料有更好的黏附性。根据试验,对于国产的石油沥青,其黏附性的大小,按产地不同,一般有如下规律:克拉玛依沥青、单家沥青、辽河沥青>欢喜岭沥青>茂名沥青>兰炼沥青>胜利沥青。各种岩性矿料的黏附性顺序为:石灰岩→安山岩→玄武岩→片麻岩→砂岩→花岗岩→石英岩。当水中含有溶盐时,会使沥青产生乳化作用,从而加剧沥青的熔蚀作用。

水泥混凝土路面的接缝渗入雨水后使基础软化,在频繁的轮载作用下,路面会出现错台、脱空、唧泥等现象,并导致板边产生横向裂缝。

沥青路面在冬季低温时强度虽然很高,但变形能力则因黏附性的增大而显著下降。当气温下降时,路面收缩因受到基层的约束而产生累积温度应力,当其超过沥青混合料的抗拉强度时,将使路面产生一定间距的横向裂缝,水分浸入裂缝后,基层和土基的承载力将下降而使裂缝边角产生折断碎裂。影响低温缩裂的主要因素有:一是沥青混合料的性质,包括沥青的性质和用量、集料的级配;二是当地的气候条件,包括降温速率、延续时间、最低气温和每次降温的间隔时间等。此外,路面的老化程度、结构条件与路基土种类对低温缩裂也有一定的影响。

### 3. 其他因素的影响

在阳光、温度、空气等大气因素的作用下,沥青路面会出现老化,使沥青丧失黏塑性,路面变得脆硬、干涩、暗淡而无光泽,抗磨性能降低,在行车荷载的作用下相继出现松散、裂缝以致大片龟裂。日照越强烈,气温越高,空气越干燥和不流通,则路面老化的速度越快;沥青中不饱和和烃及芳香烃越多,混合料空隙越大,以及矿料中含有钼、铁等盐类时,路面越易老化。

由上述可知,公路在使用过程中所受的行车和自然因素的作用是十分复杂的,往往并非单一因素的作用,而是多种因素的综合作用。在这些因素的作用下,导致公路发生各种病害和损坏现象。因此,在进行公路的养护与维修时,首先应运用基本知识分析损坏的原因,并区别是属于功能性的损坏或是结构性的损坏,以及损坏是发展性的还是非发展性的,然后才

能制定有效可行的养护措施。

### 0.1.3 公路技术状况的评价

公路技术状况评价包括路面、路基、桥隧构造物和沿线设施四部分内容。评价指标如图 0-2 所示,各指标值域均为 0~100。

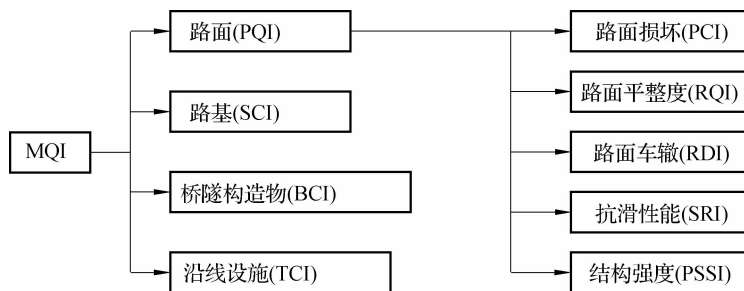


图 0-2 公路技术状况评价指标

图中各代号说明如下。

- (1)MQI:公路技术状况指数(maintenance quality indicator)。
- (2)PQI:路面使用性能指数(pavement quality or performance index),具体评价内容见项目 2。
- (3)SCI:路基技术状况指数(subgrade condition index),具体计算方法见项目 1。
- (4)BCI:桥隧构造物技术状况指数(bridge,tunnel and culvert condition index),具体评价内容见项目 4。
- (5)TCI:沿线设施技术状况指数(traffic-facility condition index)。
- (6)PCI:路面损坏状况指数(pavement surface condition index),具体评价内容和计算方法见项目 2 和项目 3。
- (7)RQI:路面行驶质量指数(riding quality index),具体评价内容和计算方法见项目 2 和项目 3。
- (8)RDI:路面车辙深度指数(rutting depth index),具体评价内容和计算方法见项目 2。
- (9)SRI:路面抗滑性能指数(skidding resistance index),具体评价内容和计算方法见项目 2 和项目 3。
- (10)PSSI:路面结构强度指数(pavement structure strength index),具体评价内容和计算方法见项目 2。

## 任务 2 公路养护工作的任务及其工程分类

### 0.2.1 公路养护的任务与分类

#### 1. 公路养护的任务

公路是国家现代化建设的重要基础设施。根据我国经济和社会发展对交通运输的要

求,建立起适合中国国情的现代化综合运输体系,以缓解我国交通运输紧张的新局面,公路交通建设最关键的两方面是:①加快高等级公路的建设,提高路网技术水平;②切实加强对建成公路的养护管理,改善路网结构,保障交通畅通。由此可见,一手抓建设、一手抓养护,建养并重、协调发展是确保公路事业稳步发展的重要措施。公路越是发展,就越需要加强养护,因此,应当采用先进的技术加快公路养护现代化的步伐。

公路养护与管理的目的,就是运用先进的技术和科学的管理方法合理地分配和使用养护资金,通过养护与维修使公路在设计使用年限内保持完好状态,并有计划地改善公路的技术指标,以提高公路的服务质量,最大限度地发挥公路的运输经济效益。公路养护管理的任务具体包括以下内容。

(1)进行路况及管理设施的调查,通过管理数据库建立公路及设施的综合评价体系。

(2)根据公路及设施的运营状况,制订可行的养护计划和规划,实施有针对性的及时养护,保证公路健全的服务功能。

(3)不断探索新的养护技术与管理措施,积极采用新技术、新材料、新工艺、新设备,以最经济的方式达到最佳的养护效果。

(4)努力推行并建立合理、高效的机械化养护方式,不断提高机械配备率和机械作业占有率,保证公路养护的速度与质量。

(5)建设一支能适应公路现代化养护的管理队伍,变被动养护为主动养护,变静态养护为动态养护,达到养护的高标准、高质量、高效率、高机动性。

## 2. 公路养护的分类

公路养护工程按其工程性质、规模大小及技术复杂程度的不同,各国有不同的分类方法。我国的公路养护分为小修保养工程、中修工程、大修工程和改建工程四类,其划分原则如下。

(1)小修保养工程。对管养范围内的公路及其沿线设施经常进行维护保养和修补其微损坏部分,使之经常保持完好状态。通常是由养路道(渡)班(站)在年度小修保养定额经费内,按月(旬)安排计划进行小修保养。

(2)中修工程。对公路及其公路设施的损坏和局部损坏进行定期的修理加固,以恢复原状的小型工程项目。它通常是由基层公路管理机构按年(季)安排计划并组织实施的。

(3)大修工程。对公路及其工程设施的较大损坏部分进行周期性的综合修理,以全面恢复到原设计标准,或在原技术等级范围内进行局部改善,或个别增建设施以逐步提高公路通行能力的工程项目。它通常是由基层公路管理机构或在其上级机构的帮助下根据批准的年度计划和工程预算来组织实施的。

(4)改建工程。对于不适应交通量和轴重需要的公路及其工程设施,分期逐段提高技术等级,或通过改善显著提高其通行能力的较大工程项目。它通常是由省级公路管理机构,或地(市)级公路管理机构根据批准的计划和设计预算来组织实施或招标完成的。

具体的公路养护工程分类见表 0-1。对于当年发生的较大水毁等自然灾害的抢修和修复工程,可另列为公路水毁工程专项办理。对当年不能修复的项目,则转入下一年度的中修、大修或改善工程计划。

表 0-1 公路养护工程的分类

工程项目	小修保养工程	中修工程	大修工程	改建工程
路基	<p>保养:</p> <p>(1)整理路肩、边坡,修剪路肩、分隔带草木,清除杂物,保持路容整洁;</p> <p>(2)疏通边沟,保持排水系统畅通;</p> <p>(3)清除挡土墙、护坡滋生的有碍设施功能发挥的杂草,修理伸缩缝,疏通泄水孔及松动石块;</p> <p>(4)路缘带的修理。</p> <p>小修:</p> <p>(1)小段开挖边沟、截水沟或分期铺砌边沟;</p> <p>(2)清除零星塌方,填补路基缺口,轻微沉陷翻浆的处理;</p> <p>(3)桥头接线或桥头、涵顶跳车的处理;</p> <p>(4)修理挡土墙、护坡、护坡道、泄水槽、护栏和防冰雪设施等局部损坏;</p> <p>(5)局部加固路肩</p>	<p>(1)局部加宽、加高路基,或改善个别急弯、陡坡的视距;</p> <p>(2)全面修理、接长或个别添建挡土墙、护坡、护坡道、泄水槽、护栏及铺砌边沟;</p> <p>(3)清除较大塌方,大面积翻浆、沉陷处理;</p> <p>(4)整段开挖边沟、截水沟或铺砌边沟;</p> <p>(5)过水路面的处理;</p> <p>(6)平交道口的改善;</p> <p>(7)整段加固路肩</p>	<p>(1)在原路技术等级内整段改善线形;</p> <p>(2)拆除、重建或增建较大挡土墙、护坡等防护工程;</p> <p>(3)大塌方的清除及善后处理</p>	<p>整段加宽路基,改善公路线形,提高技术等级</p>
路面	<p>保养:</p> <p>(1)清除路面泥土、杂物,保持路面整洁;</p> <p>(2)排除路面积水、积雪、积冰、积砂,铺防滑料、灭尘剂或压实积雪,维持交通;</p> <p>(3)砂土路面刮平,修车辙;</p> <p>(4)碎(砾)石路面匀扫面砂,添加面砂,洒水润湿,刮平波浪,修补磨耗层;</p> <p>(5)处理沥青路面的泛油、拥包、裂缝、松散等病害;</p> <p>(6)水泥混凝土路面日常清缝、灌缝及堵塞裂缝;</p> <p>(7)路缘石的修理和刷白。</p> <p>小修:</p> <p>(1)局部处理砂石路的翻浆变形,添加稳定剂;</p> <p>(2)碎(砾)石路面修补坑槽、沉降,整段修理磨耗层或扫浆铺砂;</p> <p>(3)桥头、涵顶跳车的处理;</p> <p>(4)沥青路面修补坑槽、沉陷,处理波浪、局部龟裂、啃边等病害;</p> <p>(5)水泥混凝土路面板块的局部修理</p>	<p>(1)砂土路面处理翻浆,调整横坡;</p> <p>(2)碎(砾)石路面局部路段加宽、加厚,调整路拱加铺磨耗层,处理严重病害;</p> <p>(3)沥青路面整段封层罩面;</p> <p>(4)沥青路面严重病害的处理;</p> <p>(5)水泥混凝土路面严重病害的处理;</p> <p>(6)水泥混凝土路面接缝材料的整段更换;</p> <p>(7)整段安装、更换路缘石;</p> <p>(8)桥头搭板或过渡路面的整修</p>	<p>(1)整段用稳定材料改善土路;</p> <p>(2)整段加宽、加厚或翻修重铺碎(砾)石路面;</p> <p>(3)翻修或补强重铺高级、次高级路面;</p> <p>(4)补强、重铺或加宽高级、次高级路面</p>	<p>(1)整线整段提高公路技术等级,铺筑高级、次高级路面;</p> <p>(2)新铺碎(砾)石路面;</p> <p>(3)水泥混凝土路面病害处理后,补强或改造为沥青混凝土路面</p>



续表

工程项目	小修养护工程	中修工程	大修工程	改建工程
桥梁 涵洞隧道	<p>保养:</p> <p>(1)清除污泥、积雪、积冰、杂物,保持桥面的清洁;</p> <p>(2)疏通涵管,疏导桥下河槽;</p> <p>(3)伸缩缝养护,泄水孔疏通,钢支座加润滑油,栏杆油漆;</p> <p>(4)桥涵的日常养护;</p> <p>(5)保持隧道内及洞口清洁。</p> <p>小修:</p> <p>(1)局部修理、更换桥栏杆和修理泄水孔、伸缩缝、支座和桥面的局部轻微损坏;</p> <p>(2)修补墩、台及河床铺底和防护工程的微小损坏;</p> <p>(3)涵洞进出口铺砌的加固修理;</p> <p>(4)通道的局部维修和疏通修理排水沟;</p> <p>(5)清除隧道洞口碎落岩石和修理圯工接缝,处理渗漏水</p>	<p>(1)修理、更换木桥的较大损坏构件及防腐;</p> <p>(2)修理更换中小桥支座、伸缩缝及个别构件;</p> <p>(3)大中型钢桥的全面油漆防锈和各部件的检修;</p> <p>(4)永久性桥墩、台侧墙及桥面的修理和小型桥面的加宽;</p> <p>(5)重建、增建、接长涵洞;</p> <p>(6)桥梁河床铺底或调治构造物的修复和加固;</p> <p>(7)隧道工程局部防护加固;</p> <p>(8)通道的修理与加固;</p> <p>(9)排水设施的更换;</p> <p>(10)各类排水泵站的修理</p>	<p>(1)在原技术等级内加宽、加高、加固大中型桥梁;</p> <p>(2)改建、增建小型桥梁和技术性简单的中桥;</p> <p>(3)增建、改建较大的河床铺底和永久性调治构造物;</p> <p>(4)吊桥、斜拉桥的修理与个别索的调整更换;</p> <p>(5)大桥桥面铺装的更换;</p> <p>(6)大桥支座、伸缩缝的修理更换;</p> <p>(7)通道改建;</p> <p>(8)隧道的通风和照明排水设施的大修或更新;</p> <p>(9)隧道的较大防护、加固工程</p>	<p>(1)提高公路技术等级,加宽、加高大中型桥梁;</p> <p>(2)改建、增建小型立体交叉桥;</p> <p>(3)增建公路通道;</p> <p>(4)新建渡口的公路接线、码头引线;</p> <p>(5)新建短隧道工程</p>
沿线设施	<p>保养:</p> <p>标志牌、里程碑、百米桩、界牌、轮廓标等埋置、维护或定期清洗。</p> <p>小修:</p> <p>(1)护栏、隔离栅、轮廓标、标志牌、里程碑、百米桩、防雪栏栅等修理、油漆或部分添置更换;</p> <p>(2)路面标线的局部补画</p>	<p>(1)全线新设或更换永久性标志牌、里程碑、百米桩、轮廓标、界牌等;</p> <p>(2)护栏、隔离栅、防雪栏栅的全面修理更换;</p> <p>(3)整段路面标线的画设;</p> <p>(4)通信、监控设施的维修</p>	<p>(1)护栏、隔离栅、防雪栏栅的增设;</p> <p>(2)通信、监控设施的更新</p>	<p>(1)整段增设防护栏、隔离栅等;</p> <p>(2)整段增设通信、监控设施</p>
绿化	<p>保养:</p> <p>(1)行道树、花草的抚育、抹芽、修剪、治虫、施肥;</p> <p>(2)苗圃内幼苗的抚育、灭虫、施肥、除草。</p> <p>小修:</p> <p>(1)行道树、花草缺株的补植;</p> <p>(2)行道树冬季刷白</p>	<p>更新、新植行道树、花草,开辟苗圃等</p>	—	—

## 0.2.2 公路养护的技术政策及发展

### 1. 公路养护的技术政策

我国现阶段公路养护工作的方针是“全面规划,加强养护,积极改善,重点发展,科学管理,保证畅通”和“普及与提高相结合,以提高为主”。因此,各级公路管理机构都应把公路的养护和技术改造作为首要任务。

根据公路建设工作总方针的要求,公路养护应贯彻“预防为主,防治结合”的方针,加强预防性养护,保持公路及其沿线设施良好的技术状况。公路养护工作应切实贯彻“科技兴交,科学养路”的方针,大力推广和应用先进的养护技术、机械装备与科学的管理方法,消除导致公路损毁的因素,增强公路设施的耐久性,提高公路抗御灾害的能力。

基于上述方针,公路养护的技术政策可归纳为以下几点。

(1)因地制宜、就地取材,尽量选用当地的天然材料和工业废渣,充分利用原有工程材料和原有工程设施,以降低养护成本。

(2)应用和推广先进的养护技术与科学的管理方法,改善养护生产手段,提高养护技术水平。

(3)重视综合治理,保护生态平衡、路旁景观和文物古迹,防止环境污染,注意少占农田。

(4)全面贯彻、执行《公路桥梁养护管理工作制度》,加强桥梁的检查、维修、加固和改善,逐步消灭危桥。

(5)公路的改建和提高应符合国家有关公路技术改造的方针、政策和现行《公路工程技术标准》(JTJ B01—2014)的规定,施工时应注重社会效益,保障公路畅通。

(6)养好路面是养路工作的中心环节,是质量考核的首要对象。

在采取公路养护工程的技术措施时,应遵循下列原则。

(1)认真开展路况调查,分析公路技术状况,针对病害产生的原因和后果,采取有效、先进、经济的技术措施。

(2)加强养护工程的前期工作以及各种材料试验和施工质量的检验与监理,确保工程质量。

(3)推广路面、桥梁管理系统,逐步建立公路数据库,实行病害监控、决策科学化,让有限的资金发挥最大的经济效益。

(4)推广GBM工程(实施具有中国特色的公路标准化、美化建设工程的简称),实施公路的科学养护与规范化管理,研究、推广先进合理的公路养护作业形式。

(5)认真搞好公路交通情况的调查工作,积极开发、采用自动化观测和计算机处理技术为公路规划、设计、养护、管理、科研和社会各方面提供全面、准确、连续、可靠的交通情况信息资料。

(6)提高养护机械化水平,管好、用好现有的养护机具设备,积极引进、改造、研制新型养护机械。

(7)加强对交通设施(包括标志、标线、通信、监控等)、收费设施、服务管理等设施的设置、维护、更新工作,保障公路应有的服务水平。

### 2. 公路养护的现状与发展

目前,随着我国高速公路通车里程的快速增长以及道路服务年限的增加,我国公路已进

入建设与养护并重的时期,即大部分公路已普遍进入缺陷责任期后的正常维修养护期。同时,随着工作量的增加和技术含量的提高,社会对公路行车的安全性和舒适性要求也越来越高。为此,需要加强公路的养护管理,及时掌握各种病害的状况和成因,正确选择和使用养护维修技术和方法,适时地进行养护与维修,以确保提供安全、快速、经济、舒适的现代化交通条件。

公路养护势必成为大规模建设后接踵而来的热门产业。如何进行公路养护工程管理?如何对公路养护工程进行有效管理,降低养护费用,延长路面和结构的使用寿命,以及提高高速公路的服务水平?这些既是所有公路养护业内人士关心的问题,也是需要探讨的课题。

过去,公路养护工程并没有真正意义上的设计,而是由业主和施工单位根据路况或病害调查结果自行确定养护方案和工艺。为了能有效地控制施工质量及造价,近年来许多养护项目引入了养护设计,它为养护项目招投标提供了一个计算标价的基础,同时为施工提供了一个图纸依据。但由于公路养护设计开展的时间较短,设计单位积累的设计经验不足,不能正确预见隐蔽的病害,加之养护工程不同于普通新建公路工程,养护工程的内容多、涉及面广、工程小而杂、技术多样,许多技术措施需要因地制宜,因而使得养护设计往往与实际病害状况相去甚远,无法完全按照预先的设计进行施工。由于公路养护工程很难有一个真正意义上的图纸,因此设计在很大程度上仅起到一个指导作用。

公路的业主单位为了适应公路新技术的发展和运用,确保工程质量,引入了科研院所和高校作为养护工程的技术咨询单位,开展诸如新材料、新工艺应用的联合课题研究,新技术的推广应用等工作。技术咨询队伍队伍的引入加快了养护新技术推广应用的步伐,为公路养护技术水平的提高提供了技术保障。

公路养护不仅需要理论依据,而且需要进行路况及桥梁、隧道、边坡的病害及安全隐患的调查,以确保安全运营,为此,公路的业主单位还引入了专业的检测机构对道路和结构物的状况进行跟踪监测。检测主要是查清道路和结构物病害的原因、破损程度、承载能力、抗灾能力,确定道路和结构物的技术状况,为适时养护提供第一手资料,同时也为设计提供可靠依据。鉴于国家对桥梁、隧道等结构物安全的高度重视,随着安全隐患排查治理工作的持续深入开展,结构物检测服务的市场会越来越大,并将长期保持。

近年来,公路养护技术得到了飞速发展,随着各种新技术、新工艺、新材料的不断涌现,公路养护已经不是传统意义上的公路养护,而成为一个大量应用新技术的新兴行业。

目前,由于许多企业对公路养护这个新兴行业还存在认识误区,以为凭借以前新建公路项目的经验就可以满足公路养护市场的需要,因此往往投入不足,使得公路养护工程的质量与实际需要存在较大差距。其实公路养护在许多方面具有其独有的技术和管理方法,要想做好养护工程还需要进行必要的学习和锻炼。在进行公路养护时出现的问题有:施工单位的施工质量达不到要求;监理单位对养护工程监理存在方式方法的不适应;设计单位对高速公路养护不熟悉,设计的图纸无法使用;技术咨询单位对养护工程的难度估计不足,造成新技术无法进行推广和实际使用效果达不到最初的预期。

因此,要想真正做好公路养护仅仅停留在过去的一些经验上是完全不够的,更需要探索适应公路养护要求的管理模式、技术标准和成套技术,从而推动我国的公路养护步入“畅通主导、服务需求、安全至上、创新引领”的可持续发展轨道。

 思考与练习

1. 公路养护的目的是什么？
2. 公路养护的任务是什么？
3. 叙述公路养护的分类和内容。
4. 试述公路养护的技术政策。
5. 叙述我国公路养护的现状和发展方向。

# 项目 1

## 公路路基的养护

### 工程引例

#### 1. 概况

长石公路是宽度为 12 m 的二级公路,随着地区经济的发展,该条公路的交通量增长较快,且重车较多,车辆超载现象也比较严重,路面破损严重,强度等级较差,裂缝、车辙、龟裂、沥青层老化等现象较为普遍,部分路段已经影响到行车安全;同时因为连日的降雨,造成多处桥梁构造物发生倾斜、垮塌,公路路基产生滑坡和泥石流等地质灾害,道路沿线设施也发生不同程度的损坏。为尽快恢复长石公路的畅通,提高长石公路的通行能力和服务质量,让灾区得到尽快的重建,避免进一步发生道路水毁灾害危及公路的行车安全,造成不可估量的损失,应尽快对长石公路进行维修。

#### 2. 自然状况

长石公路地处季节性冰冻地区,由于季节性冰冻和寒冷的气候特征与公路工程的关系非常密切,在季节性冻土地区修建的公路及其他构造物经常由于土的冻胀与环境之间的相互作用产生破坏,在一些水文地质状态不良地带,其工程破坏现象更为严重。因此,通过对已建成通车公路的病害进行调查分析,找出病害原因以及影响因素就显得尤为重要。

该公路项目位于长白山与松辽平原过渡地带,属于季风区中温带半湿润地区。气候特点是大陆性明显,四季基本分明;春季干燥、多风、升温快;夏季湿热、多雨;秋季温和、凉爽、降温快;冬季漫长、寒冷、降雪少。一年中 7 月份的平均气温最高,为 23.3℃;1 月份的平均气温最低,为-16.3℃;全年平均气温为 5.3℃。

#### 3. 路基病害的调查结果

根据公路的实际情况对公路进行调查,其中路基病害的调查结果见表 1-1。

表 1-1 路基病害的调查结果

桩号	位置	尺寸/m	破损类型	建议处理方式
K25+100~K33+100	左	970	滑坡	减重,打抗滑桩,排水
K20+000~K35+700	左	4 000	翻浆	清除路面,重填路基、路面结构,处理排水
K20+700~K25+900	—	3 000	沉陷	换填,重铺路面结构,排水
K35+080~K40+380	右	300×3	崩坍	清除,修筑挡墙,排水
K0+000~K40+500	右	100×12	路基冲刷	重修路基,砌筑挡墙,排水

### 任务要求

根据交通调查和路面破损调查情况进行路面状况评价,完成路面养护的工程设计及施工方案的编写工作。

## 任务 1 公路路基的养护与维修

### 1.1.1 概述

路基是公路的重要组成部分,是路面的基础,与路面共同承受车辆荷载。路基的强度和稳定性是保证路面结构与使用功能完好的基本条件。为了保证路基处于正常使用状态,必须采取有效措施对其进行修复或加固,以防止发生过大的变形和其他病害,尽可能保证路基良好的技术状况。

#### 1. 路基维护的基本原则与目的

##### 1) 路基维护的基本原则

坚持“以防为主,防治结合,积极改善,保障畅通”的原则,以经常性、预防性维护为主,以修补性维护为辅;先重点、后一般,对危及道路通行安全及对公路设施会造成严重损坏的,应优先考虑。在保证道路正常功能的情况下,绿化、美化道路环境。

##### 2) 路基维护的目的

保持或恢复路基各部分的原有状态和技术标准,确保路基处于正常使用状态;对原来达不到技术要求的部分进行改善提高,弥补路基缺陷,完善和提高路基使用功能。

#### 2. 路基养护的工作内容和基本要求

路基和路面是道路工程的主要结构物,而路基的强度和稳定性是保证路面结构稳定、路用性能良好的基本条件。因此,为了保证公路的正常使用寿命,必须对路基进行合理的养护和维修,使之经常处于良好状态,避免发生严重的病害。

##### 1) 路基养护的工作内容

为了保证路基的坚实和稳定,保证排水性能良好,使各部分尺寸和坡度符合规定,及时消除不稳定因素,并尽可能地提高路基的技术状况,必须对路基进行及时的、经常的养护、维修与改善,路基养护工作的主要内容包括以下几点。

##### (1) 维修、加固路肩及边坡。

(2) 疏通、改善、铺砌排水系统。对边沟、截水沟、排水沟以及暗沟(管)等排水设施,应及时排除堵塞,疏导水流,保持水流畅通,并结合地形、地质、纵坡、流速等情况综合考虑铺砌加固。

##### (3) 维护、修理各种防护构造物及透水路堤,管理保护好公路两旁的用地。

##### (4) 清除塌方、积雪,处理塌陷,检查险情,预防水毁。

(5) 观察、预防、处理滑坡,翻浆,泥石流,崩塌,塌方及其他路基病害,及时检查各种路基的险情并向上级报告,加强对水毁的预防与治理。

(6)有计划地局部加宽、加高路基,改善急弯、陡坡和视距,以逐步提高公路的技术标准和服务水平。

在上述养护工作中,要特别注意保持路基排水系统处于完好状态,因为水是造成多种病害的重要因素;应及时总结治理路基失稳的成功和失败的经验,针对具体路段制定出具体、切合实际的、有效的预防和维修措施,使日常养护、维修工作系统化、规范化,以逐步提高管养水平。

## 2)路基养护的基本要求

路基养护的基本要求是通过日常的和定期的检查,发现问题、分析原因,采取适当的养护及修理措施。路基养护的基本要求见表 1-2。

表 1-2 路基养护的基本要求

项 目	基本要求	说 明
路肩	①横坡适度,边缘顺直;②表面平整、清洁、无杂物;③保持无车辙、坑槽、沉陷、缺口	—
边坡	①边坡稳定;②平顺无冲沟;③坡度符合规定	—
排水系统	①保持无杂草、无淤泥;②纵坡适度,水流畅通;③进、出口良好	包括边沟、截水沟、排水沟及暗沟等
防护构造物	①保持构造物完整无损;②砌体伸缩缝填料良好;③泄水孔无堵塞	包括挡墙、护坡及防冲刷、防雪、防砂设施等
路基病害	①对翻浆路段应及时处理,并尽快修复;②对塌方、滑坡、水毁、泥石流、沉陷等做好防护、抢修工作,尽量缩短阻车时间	—

## 1.1.2 路基技术状况的评价

《公路技术状况评定标准》(JTG 5210—2018)将路基损坏分为 8 类。

### 1. 路肩损坏

沥青路面路肩损坏分类应符合表 1-3 的规定,水泥混凝土路面路肩损坏分类应符合表 1-4 的规定。所有损坏军营按面积计算,累计面积不足  $1 \text{ m}^2$  应按  $1 \text{ m}^2$  计算。损坏程序应按以下标准判断:

(1)轻度应包括表 1-3 和表 1-4 规定的所有轻度和中度损坏。

(2)重度应包括表 1-3 和表 1-4 规定的所有重度损坏。

表 1-3 沥青路面损坏类型、权重及换算系数

类型	损坏名称	损坏程度	计量单位/ $\text{m}^2$	权重(人工调查)	换算系数( $w_i$ )(自动检测)
1	龟裂	轻	面积	0.6	1.0
2		中		0.8	
3		重		1.0	
4	块状裂缝	轻	面积	0.6	0.8
5		重		0.8	
6	纵向裂缝	轻	长度 $\times 0.2 \text{ m}$	0.6	2.0
7		重		1.0	

续表

类型	损坏名称	损坏程度	计量单位/m <sup>2</sup>	权重(人工调查)	换算系数( $w_1$ )(自动检测)
8	横向裂缝	轻	长度×0.2 m	0.6	2.0
9		重		1.0	
10	沉陷	轻	面积	0.6	1.0
11		重		1.0	
12	车辙	轻	长度×0.4 m	0.6	—
13		重		1.0	
14	波浪拥包	轻	面积	0.6	1.0
15		重		1.0	
16	坑槽	轻	面积	0.8	1.0
17		重		1.0	
18	松散	轻	面积	0.6	1.0
19		重		1.0	
20	泛油	—	面积	0.2	0.2
21	修补	—	面积或长度×0.2 m	0.1	0.1(0.2)

注1:人工调查时,应将条状修补的调查长度(m)乘以影响宽度(0.2 m)换算成面积。

注2:自动检测时,块状修补的换算系数 $w_1$ 为0.1,条状修补的换算系数 $w_1$ 为0.2。

表 1-4 水泥混凝土路面损坏类型、权重及换算系数

类型	损坏名称	损坏程度	计量单位/m <sup>2</sup>	权重(人工调查)	换算系数( $w_1$ )(自动检测)
1	破碎板	轻	面积	0.8	1.0
2		重		1.0	
3	裂缝	轻	长度×1.0 m	0.6	10
4		中		0.8	
5		重		1.0	
6	板角断裂	轻	面积	0.6	1.0
7		中		0.8	
8		重		1.0	
9	错台	轻	长度×1.0 m	0.6	10
10		重		1.0	
11	拱起	—	面积	1.0	1.0
12	边角剥落	轻	长度×1.0 m	0.6	10
13		中		0.8	
14		重		1.0	
15	接缝料损坏	轻	长度×1.0 m	0.4	6
16		重		0.6	
17	坑洞	—	面积	1.0	1.0



续表

类型	损坏名称	损坏程度	计量单位/m <sup>2</sup>	权重(人工调查)	换算系数( $w_1$ )(自动检测)
18	唧泥	—	长度×1.0 m	1.0	10
19	露骨	—	面积	0.3	0.3
20	修补	—	面积或长度×0.2 m	0.1	0.1(0.2)

注1:人工调查时,应将条状修补的调查长度(m)乘以影响宽度(0.2 m)换算成面积。

注2:自动检测时,块状修补的换算系数 $w_1$ 为0.1,条状修补的换算系数 $w_1$ 为0.2。

## 2. 边坡坍塌

边坡坍塌应为路堤、路堑边坡表面松散及破碎引起的边坡坡面局部坍塌,按处计算。损坏程度应按以下标准判断:

- (1)轻度应为边坡坍塌长度小于或等于5 m。
- (2)中度应为边坡坍塌长度在5~10 m之间。
- (3)重度应为边坡坍塌长度大于10 m。

## 3. 水毁冲沟

水毁冲沟应为雨水冲刷形成的冲沟,按处计算。损坏程度应按以下标准判断:

- (1)轻度应为冲沟深度小于或等于20 cm。
- (2)中度应为冲沟深度在20~50 cm之间。
- (3)重度应为冲沟深度大于50 cm。

## 4. 路基构造物

路基构造物损坏应为挡墙等圯工体出现的表面、局部和结构等损坏,按处计算。损坏程度应按以下标准判断:

- (1)轻度应为勾缝损坏、沉降缝损坏、表面损坏、钢筋外露和锈蚀等,每10 m计1处,不足10 m按1处计算。
- (2)中度应为局部基础淘空、墙体脱空、轻度裂缝、鼓肚、下沉等,每10 m计1处,不足10 m按1处计算。
- (3)重度应为整体开裂、倾斜、滑移、倒塌等。

## 5. 路缘石

路缘石缺损应为路缘石缺失或损坏,按长度(m)计算。

## 6. 路基沉降

路基沉降应为深度大于30 mm的沉降,按处计算。损坏程度应按以下标准判断:

- (1)轻度应为路基沉降长度小于5 m。
- (2)中度应为路基沉降长度在5~10 m之间。
- (3)重度应为路基沉降长度大于10 m。

## 7. 排水不畅

排水不畅应为路基边沟、排水沟、截水沟等排水系统淤塞,按处计算。损坏程度应按以下标准判断:

- (1)轻度应为边沟、排水沟、截水沟等排水系统存在杂物、垃圾,每10 m计1处,不足

10 m按 1 处计算。

(2)中度应为边沟、排水沟和截水沟等排水系统全截面堵塞,出现衬砌剥落、破损、圪工体破裂、管道损坏等,每 10 m 计 1 处,不足 10 m 按 1 处计算。

(3)重度应为路基排水系统与外部排水系统不连通。

### 1.1.3 路基的日常养护与维修

#### 1. 路肩的日常养护与维修

路肩是指位于行车道外缘至路基边缘,具有一定宽度的带状部分(包括硬路肩与土路肩),以保证车行道的功能和临时停车使用,并作为路面的横向支承。

路肩具有 5 项功能:①保护路面;②停放临时发生故障、事故的车辆;③提供侧向余宽、显示行车道外侧边缘、引导视线、增加行车的安全舒适性;④增加挖方弯道地段的视距;⑤为设置交通安全设施(标志、防护栅等)或埋设地下管线及为养护作业提供场地。

造成路肩病害的主要因素是水的作用,因此,路肩养护与维修工作的重点就是减少或消除水对路肩的危害。

##### 1) 养护要求

(1)路肩应保持干净、清洁、无杂物。

(2)路肩横坡应平整顺适,硬路肩应与路面横坡相同;土或植草的路肩应比路面横坡大 1%~2%,以利排水;路肩外缘应整齐成线。

(3)路肩的宽度应符合《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)的规定。

(4)路肩上严禁种植农作物和堆放任何杂物。

对于养护材料,应在公路路肩以外设置堆料台。堆料台的设置间距以 200~500 m 为宜。

对大、中修及改善工程所需的砂石材料,如确因用地困难而必须堆放在路肩上时,应做到不在两边同时堆放,而是选择在较宽的路段顺一边堆放,但不得堆放在桥头引道、弯道内侧及陡坡等处。料堆内边离路面边缘应至少保持 30 cm,堆料的长度不大于 10 m,相邻堆料之间的距离不小于 1 m,以利排水。

(5)路肩应经常保持平整坚实,对出现的坑槽、车辙、缺口应及时修补;对雨水天的积水应及时排出,并分析原因进行处理;也可结合实施 GBM 工程,用石块、水泥混凝土预制块铺砌(或现浇)宽度不小于 20 cm 的路肩边缘带(护肩带),从而既保护路肩,又美化路容。

##### 2) 日常养护作业

(1)路肩清扫。路肩清扫包括机械清扫和人工清扫。进行路面清扫、保洁时,必须同时对硬路肩进行清扫和保洁;雨后路肩如有积水,应及时排除。

车辆在高速公路上行驶时,若出现故障,要停在紧急停车带内进行检查和处理。特别是重型车辆,当它停下来使用千斤顶进行处理时,常常要给停车带的沥青路面留下难以恢复的千斤顶坑迹;同时,在修车过程中,个别车辆在停车带内漏下的柴油会侵蚀沥青混凝土路面,造成停车带沥青路面松散。日积月累,随着时间的推移,这些被腐蚀的地方就会发展成坑槽。这种情况的长期存在,既影响停车安全,又影响路肩的排水功能,并且会使路面水渗入基层或底层,进而影响路基。

所以,要及时地对停车带上的坑迹和腐蚀处进行处理,确保路肩表面平整、横坡适度、边缘顺直。这些坑迹和腐蚀处的处理,既可参照沥青路面坑槽处理办法进行,也可在修补路面

坑槽时一起进行。

(2) 护栏、路肩边缘的杂草修剪、清理。应经常进行护栏、路肩边缘的杂草修剪、清理工作,主要清理路面与硬路肩接缝、硬路肩与土路肩接缝、硬路肩与桥台搭板接缝之间的杂草。杂草清理后应及时用 M7.5 砂浆或沥青灌缝料予以灌注,防止雨水渗入。

(3) 路肩与路面边缘裂缝的修补。清理裂缝,保持裂缝干净无杂物,并用 M7.5 砂浆或沥青灌缝料进行灌注,防止雨水渗入。

(4) 硬路肩病害的维修。硬路肩如出现沉陷、缺口、车辙、坑槽、横坡不够等病害,应尽快组织维修。高速公路的路肩应根据设计要求铺沥青混凝土或水泥混凝土面层,并铺砌路肩边缘带,此时路肩的养护工作将转变成同类型路面的养护工作。

(5) 路肩水的处理。路肩松软,多因水的作用,所以路肩养护与维修工作的重点就是减少或消除水对路肩的危害。路面范围的地表水通过路肩排出,因此,必须经常保持路肩的横坡平整顺适。高速公路的路肩与路面横坡相同。当路肩过高妨碍路面排水时,应将其铣刨整平,达到规定要求。

对于因路肩湿软而经常发生“啃边”病害的路段,可在路肩内缘铺设排水盲沟,以及时排除由路肩下渗的积水。盲沟的构造可采用无纺布包裹双壁波纹管的形式,这种盲沟施工便捷、造价低廉。

陡坡路段的路肩易被暴雨冲成纵横沟槽,甚至冲坏路堤边坡,为此,可采取下列防护措施。

① 设置截水明槽。自纵坡坡顶起,每隔 15~20 m 在两侧交叉设置宽度为 30~50 cm 的斜向截水明槽,并用碎(砾)石填平,同时在路肩边缘处设置高为 10 cm、顶宽为 10 cm、底宽为 20 cm 的拦水土埂,在每条截水明槽处留一淌水缺口,其下边的边坡用草皮或砌石加固,使雨水集中在截水明槽内排出,如图 1-1 所示。

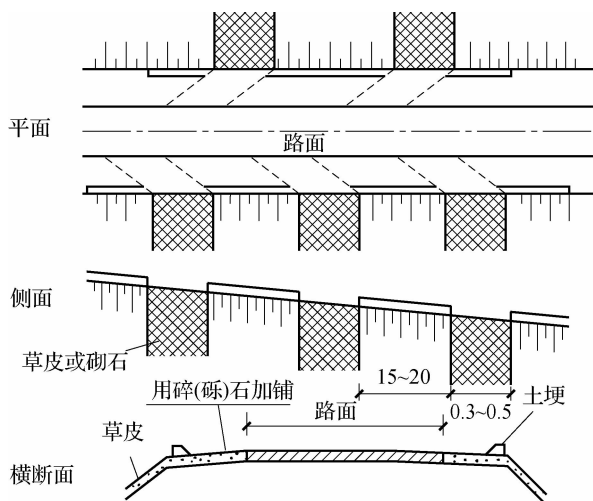


图 1-1 路肩截水明槽(单位:m)

② 用粒料加固土路肩或有计划地铺筑硬路肩。

③ 在陡坡路段的路肩和边坡的全部范围内人工植草。

(6)路肩的硬化。对实施 GBM 工程的公路的路肩应根据设计要求进行硬化,并砌筑路肩边缘带。

对铺筑硬路肩有困难的路线或路段,可种植草皮或利用天然草来加固路肩。种植草皮应选择适宜于当地土质、易于成活和生长的草种,草种成活生长后应定期进行维护和修剪,草高不得超过规定值(15 cm),并随时清除杂草和草丛中积存的泥沙杂物,以利排水,保持路容美观。

### 2. 边坡的日常养护与维修

边坡指为保证路基稳定,在路基两侧做成的具有一定坡度的坡面。

边坡包括路堑边坡和路堤边坡,其主要作用是保证路基稳定、行车安全及景观的舒适。

边坡坡度对边坡的稳定十分重要,确保路基边坡保持一个合理的坡度是路基设计和养护的重要内容之一。

边坡坡度的大小取决于边坡的土质、岩石的性质及水文地质条件等自然因素和边坡的高度。在陡坡或填挖较大的路段,边坡的稳定不仅影响土石方工程量的大小和施工的难易程度,而且是保证路基整体稳定性的关键因素。

影响路堤边坡坡度的因素有填料种类、边坡高度以及路堤的类型。影响路堑边坡稳定的因素较为复杂,除了路堑深度和坡体土石的性质之外,地质构造特征、岩石的风化和破碎程度、土层的成因类型、地面水和地下水的影响、坡面的朝向以及当地的气候条件等都会影响路堑边坡的稳定性。对土质(包括粗粒土)路堑边坡,则应考虑边坡高度、土的密实程度、地下水和地面水的情况、土的成因及生成时代等因素。

#### 1) 养护要求

(1)边坡坡面应保持平顺、坚实、无裂缝。

(2)经常注意观察路堑高边坡,发现问题及时处理。

(3)及时清理边坡滑塌部分,避免堵塞路面、边沟。

(4)对边坡加固的各种设施,应经常检查、维护,以保证其完整性良好。

(5)严禁在边坡上及路堤坡脚、护坡顶上挖土取料、种植农作物或修建其他建筑物。

(6)当土质边坡出现裂缝时,可用密实性土填塞捣实,以防表层水渗入路基体内。如出现潜流涌水,可开沟截断水源,将潜水引向路基外排出。

(7)对路堤边坡进行处理时,应先将原坡面挖成阶梯形,然后分层填筑夯实,并应与原坡面衔接平顺。

#### 2) 日常养护作业

(1)边坡的清理和修整。

①边坡清理工作,包括清理边坡的可视垃圾、路堑边坡上倾倒的高大树木等。

②边坡垃圾的清理工作应经常进行。清理的垃圾应集中收集并运往指定的地点,禁止焚烧。

③路堑边坡上的高大树木因雨水冲刷、台风等原因倒在路面上,影响行车安全,故应根据实际情况及时砍伐,砍伐时可只砍伐树干,保留树根;如因折倒或砍伐而在边坡上形成空洞,应及时培土夯实并植草。

④高出路堑边坡的土体利用人工铲平,并与周围的边坡坡度协调,铲平后喷撒草籽或铺草皮进行绿化。

(2)边坡裂缝的修补。

①当路基上的边坡、碎落台、坡顶、坡脚等出现宽度小于0.5 cm的裂缝时,应及时用土进行填塞,填塞时应采用钢钎等细长工具分次进行。

②当路基上的边坡、碎落台、坡顶、坡脚等出现的裂缝宽度超过0.5 cm时,应及时进行处理,以防雨水渗入。处理时先沿裂缝挖宽、挖深,宽度以人工、机械操作方便为限,深度以挖到看不见裂缝为止。如裂缝较深,则应至少挖深1.0 m,开挖的沟槽两侧须坚实、平整。回填时须采用黏土分层夯实,每层的松铺厚度不超过25 cm,并在顶部做成鱼背形。

### 3. 排水设施的日常养护与维修

路基排水的主要作用是将路基范围内的土基湿度降低到一定限度以内,保持路基常年处于干燥状态,确保路面具有足够的强度和稳定性。

路基排水设施分为地面排水设施和地下排水设施。地面排水设施通常有边沟、截水沟、排水沟、跌水及急流槽、拦水带等;地下排水设施有明沟、暗沟、盲沟、管式渗沟、洞式渗沟及防水隔离层等。

路基排水系统能否正常工作,直接影响路基的稳定性。因此,加强对各排水设施的日常养护与维修,确保其功能完好、排水顺畅是路基稳定的关键环节。同时要根据实际使用情况不断改善路基的排水条件。

#### 1) 养护要求

(1)各种排水设施应设置合理、功能完好。

(2)在汛前,应对各种排水设施进行全面的检查和疏浚,对发现的病害及时进行维修。雨天必须上路巡查,及时排除堵塞,保持水流通畅,以防止水流集中而冲坏路基。

(3)当下暴雨时,应专门对新建公路的排水设施进行检查,检查进、出水口是否平顺,排水是否畅顺,有无冲刷,排水设施是否完善,功能能否满足要求等。

(4)暴雨后,应对排水设施重点检查,如有冲刷、损坏,应及时修复加固;如有堵塞应立即清除。

(5)排水设施的进、出水口应保持畅通完好。

(6)拦水带的设置应合理,以保证路面雨水及时排出;对出水口设置不合理或排水不畅的拦水带,应及时进行改造。

#### 2) 日常养护作业

(1)地表排水设施的清理和疏通养护。

①每年应安排在雨季前对地表排水设施进行一次全面清理,雨季后对堵塞、淤塞的地表排水设施进行一次清理,将清理的淤泥、杂草运至指定的地点进行堆放,如在水沟边缘堆放时,应距离水沟边缘1.0 m以外,且不能影响排水及景观功能,并保证四周码放整齐、表面平整,每隔1~2 m留50~100 cm的间隙。对清理的垃圾物品应集中后运往指定的地点堆放,严禁抛撒或现场焚烧垃圾物品,以免造成环境污染,影响安全行车或造成火灾。

②进行地面排水设施清理时,应对松动的石块进行固定,并安排处理。

③对土质边沟,应经常保持设计断面,满足排水要求,并要特别注意排水口的设置和排水畅通。沟底应保持不小于0.5%的纵坡,对平原地区排水有困难的路段,不宜小于0.2%。

边沟内不能种庄稼,更不能利用边沟做排灌渠道。边沟外边坡也应保持一定的坡度,以防坍塌,阻塞边沟。

(2) 地下排水设施的清理和疏通养护。

① 每年应安排对地下排水设施进行一次全面的清理和疏通。

② 在清理、疏通地下排水设施时,应对沟口的杂草进行清除。当沟口堵塞时,可用水进行冲洗或剔除较小颗粒的砂石,补充大颗粒碎(砾)石,以保持空隙,便于排水。

(3) 中央分隔带排水设施的清理和疏通。

① 应经常进行检查,雨季前应进行清理,雨季应加强巡查,如发现损坏,应及时进行修补。

② 如排水不及时、位置设置不当,则应根据情况进行改善或另行修建。

(4) 排水设施的悬空处理。

① 排水设施由于冲刷、基础沉降等原因造成排水设施出现悬空,如不及时处理,会造成排水设施的损坏。

② 处理时应先将冲刷面清理成规则断面,以便于机械或人工施工;如果悬空深度较高,则应分段进行清理和回填,必要时须采取临时支撑。

③ 清理完成后,用黏土分层回填夯实,对沟底不能垂直夯实的部分可从侧面分层夯实。夯实时避免振动过大或直接对排水设施造成冲击。回填完成后,应使流水坡面与水沟连接平顺,排水顺畅,并及时补种、绿化以防止水土流失。

(5) 拦水带的日常养护。

① 拦水带的出水口应经常保持平顺,对出水口处的泥沙、杂草应及时清理。对拦水带的裂缝、变形、损坏应及时进行维修。拦水带的出水口与急流槽相接处,如出现裂缝,应及时用水泥砂浆封堵。

② 如出水口附近坡度不顺,雨後经常积水,应对出水口进行维修。如因路肩原因造成积水或出水口设置不当,则应对路肩进行维修,如重新布置出水口,同时设置急流槽。

在养护工作中,要针对现有排水系统不完善的部分逐步进行改进和完善,充分发挥各种排水设施的功能。对有积水的边沟,应将水引至附近低洼处;对疏松土质的沟渠,须结合地形、地质、纵坡、流速等实际情况综合考虑,进行加固。

### 4. 防护工程的日常养护与维修

路基防护与加固工程,按其作用的不同可分为坡面防护、冲刷防护和支挡结构物防护三类。

#### 1) 养护要求

(1) 防护工程主要是指用于防止路基被冲刷和风化,起隔离作用的设施;加固工程是指为防止路基或山体因重力作用而滑塌,主要起支撑作用的支挡结构物。在日常检查和定期检查过程中,应根据防护工程与加固工程的特点进行检查。

(2) 在反常气候、地震或重型车辆通过等特殊情况后,应及时进行检查,对发现的裂缝、断缝、倾斜、鼓肚、滑动、下沉或表面风化、泄水孔堵塞、墙后积水、周围地基错台、空隙等情况应查明原因,并观察其发展情况,采取相应的处理、加固等措施。

(3) 对检查和处理加固等情况,应做好记录,建立技术档案。

#### 2) 日常养护作业

(1) 种草、铺草皮和植树等植物的日常养护。

①灌溉。灌溉可以改善植物的生长环境,补充植物的水分,是草正常生长的保证。鉴于草在生长季节内,草与环境处于不断地变化之中,不同地区、不同植物存在着差异,水又是调节土壤湿度和改善小气候的重要环节,因此浇灌不能按照某个固定的模式实施,而是应根据气候、植物特性等技术要点进行。

②施肥。草坪施肥的种类主要是氮肥,它能促进草坪叶色嫩绿、生长繁茂,同时减少开花结籽。寒季型草种的追肥时间最好是早春和秋季,第一次在返青后,第二次在仲春;天气转热后应停止施肥;秋季施肥可于9月、10月进行。暖季型草种的施肥时间是晚春,在生长季节一般应每月或每两个月施肥一次。

③修剪。修剪是草坪和低矮灌木养护的重点,修剪能控制它们的高度,去除衰弱的垫层(由衰老死亡叶片长期累积而成的软绵层),促进分蘖,增加叶片密度,抑制杂草生长,使草坪保持美观。一般的草坪和低矮灌木一年最少修剪4次。修剪时保留的高度越低,要求修剪的次数就越多,草的叶片密度与覆盖度也将随修剪次数的增加而增加,因此,应根据草的修剪高度进行有规律的修剪,当草达到规定高度的1.5~2倍时,就要进行修剪。

④除杂草。杂草的入侵会严重影响植物的质量,使植物失去均匀、整齐的外观,同时杂草争水、争肥、争夺阳光,造成植物长势减弱,因而除杂草是植物养护的重要一环。除杂草最根本的方法是合理的水肥管理,促进目标草的长势,增强与杂草的竞争能力,并通过多次修剪抑制杂草的生长。一旦发生杂草侵害,除采用人工“挑除”外,也可用化学除草剂进行清除。

⑤病虫害防治。及时做好病虫害的防治工作,以预防为主,精心管养,使植物增强抗病虫害能力,经常检查,早发现、早治理。采取综合防治、化学防治、物理人工防治和生物防治等方法防止病虫害的蔓延和对植物生长的影响。尽量采用生物防治的办法,以减少对环境的污染。用化学方法进行防治时,一般在晚上进行;药物、用量及对环境的影响,要符合环保的有关要求和标准。最严重的病虫害危害率应控制在5%以下。

⑥垃圾清理。绿化养护作业人员应每天至少对草坪内飘落或撒落的纸屑、塑料袋、果皮、落叶等进行一次彻底清理;在绿化作业当天收工前,应对绿化修剪物等进行清理。

#### (2) 框格防护。

①当出现裂缝、断裂等病害时应及时维修。对局部悬空、边缘冲沟应及时填补,并根据冲刷情况完善排水设施。

②对框格内出现的冲沟进行填补后,再进行绿化。

#### (3) 抹面与捶面的养护。

①抹面或捶面出现裂缝、开裂或脱落后,应及时灌浆修补或清除损坏部分后重新抹面或捶面。

②抹面或捶面工程的周边与未防护坡面的衔接处应严格封闭。

③抹面或捶面防护的泄水孔、伸缩缝的功能应完好,如有损坏应及时维修。

#### (4) 勾缝与灌浆。

①清除松动填料,将缝内冲洗干净。

②缝宽不大时,可用1:4或1:5(质量比)的水泥砂浆捣插密实,有条件时可采用压浆机灌注。

③缝宽大且深时,宜用水泥混凝土灌注,可按体积比为 1 : 3 : 6 或 1 : 4 : 5 配料,灌注捣实。

(5)干砌片石、浆砌片(块)石、混凝土预制块护坡。

①应经常检查勾缝有无脱落,沉降缝、泄水孔的功能是否完好,如有损坏应及时修复。

②砌石是否有风化、松动、开裂等情况,如有损坏应及时维修。

③坡顶如有水渗入护坡后面,应及时采用封水措施,防止护坡滑塌。

(6)挡土墙的养护。挡土墙是用来支撑天然边坡或人工填土边坡以保持土体稳定的建筑物。在公路工程中,它广泛应用于支撑路堤或路堑边坡、隧道洞口、桥梁及河流岸壁等。

①对挡土墙除了要进行日常检查外,还应在每年的春秋两季各进行一次定期检查。另外在反常气候、地震或重车通过等异常情况下,应进行特种检查,对发现的裂缝、断缝、倾斜、鼓肚、滑动、下沉,或表面风化、泄水孔不通、墙后积水、周围地基错台或空隙等情况应查明原因,并观察其发展情况,采取合理的修理加固措施。

②圻工或混凝土挡土墙的裂缝、断缝,如已停止发展,则应立即进行修理、加固。其方法是将裂缝缝隙凿毛,用水泥砂浆填塞。对混凝土挡土墙的裂缝可采用环氧树脂胶结。

③挡土墙的泄水孔应保持畅通,如有堵塞,应加以疏通。如疏通困难,则应针对地下水的情况增设泄水孔,或加做墙后排水设施,严防因墙后积水而引起土压力增加,挤倒、挤裂墙身。墙后回填土必须分层夯实。

④砖、石、混凝土或钢筋混凝土挡土墙的表面如出现风化剥落,则应将风化表层铲除,喷涂水泥砂浆保护层,防止剥落风化。

(7)丁坝与顺坝的养护。

①严禁在坝的上、下游河流 200 m 范围内采砂、采石,以免引起河床冲刷,造成基底悬空。

②定期检查坝与连接地层及其他防护设施的嵌接情况,如有变形、损坏时应及时维修。

③坝体如有勾缝脱落、石块松动、撞击损坏等,应及时维修。

3)防护工程常见的养护作业注意点

(1)防护工程的坡面清理。防护与加固工程的坡面应经常保持清洁,除专门种植的攀岩植物外,应对坡面的杂草、垃圾进行经常的清理。清理时不能对已种植的攀岩植物造成损害,并对清理所造成的孔洞用水泥砂浆进行填塞。清理杂草、垃圾时,应做好安全防护措施,并将清理的杂草、垃圾集中收集并运至指定的地点。

(2)伸缩缝、沉降缝的处理。防护工程的伸缩缝、沉降缝应整齐垂直,上下贯通,嵌缝材料牢固不脱落。如防护工程的沉降缝上下不贯通引起周边片石松动,则应及时进行沉降缝的清理使之贯通。如嵌缝材料部分脱落,则应及时用填缝材料(沥青麻絮、沥青木板或聚合物合成材料等)予以修补。对防护工程的伸缩缝、沉降缝的日常保养应做好安全防护工作。

(3)周围地基错台、空隙的修复。当发现墙体由于沉降与周围地基错台或墙体不均匀沉降导致错台,墙体基础由于冲刷形成空隙时,应立即进行填塞、修补。修复时应整理修复部位,开挖成规则断面,便于机械或人工操作,回填时应分层夯实。回填完成后,应根据现场情况选择绿化或水泥砂浆抹面。

(4)小范围处理防护塌方、空洞。当路基防护工程因边坡坍塌、水流冲刷等造成小范围



的塌方、空洞等时,应分析原因及时进行处理。处理时先对塌方、空洞等部位进行清理,并将清理的废弃物运到指定的地点进行堆放。如利用原有的片石,则须清洗干净,整齐堆放。当坡面需要回填时,可根据坡面缺损的情况选择用防护材料回填或用土回填。采用土回填时,应先开挖台阶,分层回填夯实,然后采用与原防护工程相同的材料、形式对塌方、空洞部位进行修复,要求新、老结构应结合紧密,坡面协调一致。

(5)防护工程裂缝的处理。浆砌或混凝土防护工程出现裂缝或断缝后,应加强观察,当裂缝停止发展时应立即进行处理。处理时,先将裂缝的缝隙凿毛,清除裂缝中的杂物,然后用高强度等级的水泥砂浆(在水泥砂浆中可加入适量的膨胀剂)从下向上填塞充实,填塞完成后进行养生。

### 5. 弯道、陡坡的日常养护与维修

#### 1) 弯道的养护与维修

公路的弯道是根据路线通过的地形条件,按一定的半径修筑起来的圆弧线,为了行车的顺畅,在养护和维修方面必须做到以下 3 点。

(1)经常保持原有的弯度,保持边缘以及设计的超高加宽标准。

(2)高路堤和路线经过河流、坑塘、深沟的弯道,应在路肩边缘设立护栏等安全设施,并保持其完好无缺,以便行车安全。

(3)对弯道内侧有碍行车视距的树木、料堆、建筑物应予以清除。

#### 2) 陡坡的养护与维修

陡坡常见于山岭、重丘区,平原较少,陡坡养护和维修的好坏与车辆的行驶效率关系很大,必须做到以下 3 点。

(1)保持坡道符合规定的坡度,坡面平顺。

(2)雨水顺坡道下流时,容易冲坏坡道的路面、路肩,故应及时填铺修理。

(3)冬季要及时扫除陡坡上的积雪,在高寒地区不易扫除时,可暂把积雪压实,并撒铺防滑材料。南方的雨季,坡道行车易打滑,应以细粒料养护防滑,以保证行车安全。

## 1.1.4 路基典型病害的防治

路基的各种病害及破损都是由路基的强度和稳定性不足引起的。影响路基强度和稳定性的因素有两个方面:一是自然因素与地质条件,其中最主要的影响因素是温度和湿度;二是人为因素,包括设计、施工和养护。路基工程一经完成,路基的质量主要取决于路基的养护水平。

(1)路基病害的共同原因。路基病害的原因是多方面的,各种病害既有各自的特点,又往往具有共同的原因,主要可归纳为以下 3 个方面。

①不良的工程地质与水文地质条件。如地质构造复杂,岩层走向及倾角不利,岩性松软,风化严重,土质差,地下水位较高以及其他特殊不良地质等。

②设计不合理。如断面尺寸不符合要求,包括边坡值不当、挖填布置不符合要求、路基低于临界高度,以及排水、防护与加固不妥等。

③施工不符合规定。如填筑顺序不当,土基压实不足,盲目采用大型爆破及不按设计要求进行施工,工程质量不符合标准等。

(2)路基病害处置的一般措施。路基病害的防治,应贯彻“预防为主,综合治理”的原则。

因为病害一旦出现,路基的稳定性就开始丧失,而自然因素却是每时每刻都对路基产生影响的,这就势必加剧病害的扩大与发展,形成恶性循环。了解清楚发生病害的原因是治理病害的起点,而同一病害在不同的时间、地点发生时,其原因往往不尽相同。因此,深入现场,综合分析,才能因地制宜地采取根治的措施。

①调查路线所经过地区的自然地理条件,如气候、水文、工程地质、水文地质等,尤其要了解它们的变化规律,为防治路基病害提供第一手资料。

②认真选线,精心设计,严格施工,杜绝发生路基病害的人为因素,也是预防病害的积极措施。

③充分注意路基排水,在各种路基病害中都有水这个不利因素的作用。水的作用越强烈,病害越严重,因此,治水是防治路基病害的关键。在公路的设计、施工和养护工作中,路基排水均应放在重要的位置,在自然地理条件较差的地段更应予以高度重视。

④加强养护、及时治理,以预防或减轻路基病害,并能及早发现病害征兆,有利于及时采取治理措施。

⑤综合分析、积极根治。由于路基病害的原因是多方面的,因此,除了做好路基工程自身的病害防治外,还应考虑各种外部因素的影响,如绿化、农田水利建设、土地开发等,只有这样才能达到根治路基病害的目的。

下面从路基沉陷、边坡病害等方面来阐述路基常见的各种病害现象的形成原因及防治措施。

### 1. 路基沉陷的防治

路基沉陷是指路基表面在垂直方向上产生较大的沉落。路基沉陷有两种:路堤的沉落和地基的沉陷。

#### 1)产生的原因

(1)路堤的沉落。由于路堤填料选择不当,填筑方法不合理,压实度不足,在荷载、水和温度的综合作用下发生堤身沉陷。

(2)地基的沉陷。原地面为软弱土层,如泥沼、流沙或垃圾堆积等,填筑前未经换土、地基处理或压实不足,产生地基下沉,侧面剪裂凸起,引起路堤下陷。

#### 2)防治方法

(1)注意选用良好的填料,严禁使用腐殖土或有草根的土块;应分层填筑、分层夯实,并及时排除流向路基的地面水或处理好地下水。

(2)填石路堤从下而上,应用由大到小的石块进行填筑,并用石渣或石屑填充隙。

(3)当原地面为软弱土层,路堤高度较低且可中断行车时,应挖除软弱土并换上良好的填料,然后按原高度填平夯实;当路基高度较高,且又不能中断行车时,可采用打沙桩、混凝土桩或松木桩等方法。

#### 3)处理方法

路基由于施工和工程完工后在自然环境的影响与重复荷载的作用下,产生了整体或局部的下滑和边坡坍塌,从而影响了公路的正常使用,降低了公路的使用等级。对填方路基出现的这种严重病害,必须采取行之有效的处理方法,以保证路基处于正常的使用状态。下面介绍几种处置措施,供处理病害时参考。

(1)换填土层法。适用于填筑土质不符合要求,路基出现下沉但面积不大且深度不深的

情况。此法是将原路基出现病害部分的土挖去,换以强度大、稳定性好的沙砾、卵石、碎石、石灰土、素土等回填,并分层压实,压实度要求以高出原路基压实度1~2个百分点为宜。回填时,及时排除流向路基的地面水或处理好地下水。挖补面积要扩大,且逐层挖成台阶状,由下往上,逐层填筑。

(2)反压护道法。当路堤下沉、两侧或路堤下坡一侧隆起时,可在路堤两侧或一侧做适当高度与宽度的护道,在护道的重力作用下,使路堤两侧或单侧有隆起的趋势得以平衡,保证路堤的稳定。

(3)粉喷桩法。对于10 m以内路基下沉病害的处理,采用粉喷桩加固技术是较为理想的一种方法。粉喷桩处理软基土是通过专门的机械将粉体固化剂喷出后在地基深处与软土强制搅拌,利用固化剂和软土之间发生的一系列物理、化学反应在原地基中形成强度、刚度较大的桩体;同时也使桩周围土体的性质得到改善,桩体与桩间土体形成复合地基共同承担外荷载。

使用粉喷桩加固路基时应认真调查研究路基病害的情况,认真做好粉喷桩施工设计(包括桩径、桩距、固化剂掺入量、桩的强度等),施工中严格掌握固化剂掺入量、龄期,土样含水率,混合料搅拌的均匀性。施工中着重抓好以下两个环节。

①严格按照粉喷桩施工规范施工,严格掌握钻机的就位、钻进、停钻、提升、停喷、重复的工艺流程。

②做好桩的质量控制。粉喷桩处理软土地基属于隐蔽工程,且通常是昼夜连续施工,所以必须做好粉喷桩的质量控制,内容包括桩距、桩位的检查,逐桩控制喷粉量、桩长等。

(4)灌浆法。灌浆法是利用液压、气压或电化学原理,通过注浆管将浆液均匀地注入地层中,浆液以充填、渗透和挤密等方式占据土粒间或岩石裂缝中的空间,经人工控制一定时间后,浆液将原松散的土粒或裂缝胶结成一个整体,形成一个结构新、强度大、防水性能高和化学稳定性良好的“结晶体”。灌浆法已在煤炭、水电、冶金、建筑、交通和铁路等部门被广泛使用,并取得了良好的效果。高填方路基是山区高速公路的一大特点,而填料多取自路基附近的挖方段,但当填料及压实较难达到规范要求时,将会影响路基的稳定性,继而影响行车安全。用灌浆法使水泥浆液在适当的压力下充分填充路基孔隙,形成新的“结晶体”,这对于提高路基的强度将起到很好的作用。

①布孔原则及方法应根据路基的强度要求,并结合固结灌浆的特点、路基变形等因素考虑,遵循既要充分发挥灌浆孔的效率,又能保证浆液留在路基有效范围以内的原则。布孔时还应视路基的实际情况而定,若为全幅灌浆,则应采用等距离梅花形方格网布孔,中间孔较浅,边缘孔较深,孔间距以2 m为宜。

②钻孔必须是干法钻孔,钻进时绝对不允许加水,因此,应尽量选用小型潜孔钻机成孔,其优点是进度快、易搬动、操作简单、钻孔成本低。

a. 注浆花管。注浆花管应根据钻机钻孔的孔径与孔深而定,并根据简单易行的方法选用。一般来说,注浆结束后注浆花管很难拔出,如果强行拔出,则会破坏路基。因此,注浆结束后,应将注浆花管作为非预应力锚杆留在路基内,这样不仅可以起到骨架的作用,而且对于提高路基的强度也有很大的好处,对高填路堤边坡效果更佳。

b. 灌浆施工。灌浆施工主要包括控制灌浆的压力、浆液浓度、灌浆量、灌浆程序等内容。如何选择与控制灌浆压力和浆液浓度等因素,是灌浆施工中首要解决的问题。灌浆压力是

保证灌浆质量的重要因素之一。如果压力小,浆液流不到预计的范围内,则扩散半径小,易形成空白区;如果压力过大,则会破坏路基的原结构,抬升路面或冲垮边坡,还会使浆液沿路基的薄弱部位冲出路基,达不到灌浆的目的。因此,在大范围灌注前应做试验,根据注浆段的路基类型,结合单孔注浆量选择合适的注浆压力。浆液浓度通常采用水灰比 1:1 较为合适。在密实度较好的黏土路基中,可适当增大水量,使稀浆更容易充分地进入黏土路基中。

## 2. 滑坡的防治

### 1) 产生的原因

产生滑坡病害的原因很多,主要有地质和水文两方面的原因。

#### (1) 地质因素。

①山坡表层为渗水的土或破碎岩层,下层为不透水的土或岩层,且层理向路基倾斜。在这种情况下,当有地面水渗入或有地下水活动时,就可使表层土或岩层滑动造成滑坡。

②山坡岩层软硬交错,且其软弱面向路基倾斜,由于风化程度不同或地下水侵蚀等原因,使岩层可能沿某一软弱面向下滑动。

③边坡较陡,上部有堆积物或松散层,或上边坡为岩层交错的断开地带,在自重或外界因素的影响下容易产生滑坡。

#### (2) 水文因素。

①边坡上有灌溉渠道或水田,没有进行适当处理,渗漏严重或有大量雨水渗入滑坡体内,使土体潮湿软化,增加土体重量,降低土的强度,促进滑坡的产生。

②地下水是引起滑坡的主要条件之一,地下水量增加,浸湿滑坡面,降低了滑坡面的抗滑能力,从而加速滑坡的形成。

③截水沟漏水或设置不合理。例如,在渗水性强的边坡上设置截水沟,沟内没有铺设防水层,当地面水集中流入天沟时,水分会大量渗入土体内部,以致产生滑坡。

④沿溪路堤受河水水位涨落或河水冲刷滑坡坡脚的影响,支撑力减弱,导致坡体下滑。

### 2) 防治措施

公路滑坡大多产生于路基挖方段,因为修路破坏了自然平衡状态。所以,防治滑坡除应以排水疏导为主外,还应有必要的支挡建筑物。

(1)地面排水。滑坡体以外的地面水,应予拦截引离;滑坡体上的地面水要注意防渗,并尽快汇集引出。各种地面排水措施的适用条件以及布置、设计与施工原则见表 1-5。

表 1-5 滑坡的地面排水措施

名称	适用条件	布置及设计施工原则
环形截水沟	滑体外	截水沟应设在滑坡可能发展的边界 5 m 以外,根据需要可以设置数条分段拦截地表水,向一侧或两侧的自然沟系排出。在坡度陡于 1:1 的山坡上,常采用陡坡排水槽来拦截山坡上方的坡面径流。沟槽断面以满足排泄滑坡坡面径流为准,如土质渗水性强,则应采用黏性土、石灰三合土或浆砌片石铺砌防渗层

续表

名称	适用条件	布置及设计施工原则
树状排水系统	滑体内	结合地形条件,充分利用自然沟系作为排水工程的渠道,汇集并旁引坡面径流于滑坡体外排出,排水沟的布置应尽量避免横切滑体,主沟宜与滑移方向一致。支沟与主沟斜交 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。如土质松软,可将土夯成沟形,上铺黏性土或石灰三合土加固。通过裂缝处,可采用搭叠式木质水槽或陶管、混凝土槽、钢筋混凝土槽,以防山坡变形拉断水沟,使坡面水集中下渗
明沟与渗沟相配合的引水工程	滑体内的泉水或湿地	目的在于排除山坡上层滞水和疏干边坡土体含水,埋入地下部分类似集水渗沟,露出地面部分是排水明沟
平整夯实自然山坡坡面	滑体内	如山坡土质疏松,则坡面水易于阻滞下渗,故应对坡面进行整平夯实;堵塞裂缝,防止坡面径流汇集下渗
绿化工程(植物、铺种草皮)	山坡滑体内	绿化工程是配合表面排水的一项有效措施,特别是对渗水严重的黏性土滑坡和浅层滑坡效果显著。在滑坡面种植灌木及阔叶果树,可疏干滑坡体内的水分,其根系起加固坡面土层的作用。铺种草皮可滞缓坡面径流流速,防止冲刷,减少下渗,避免坡面泥土淤塞沟槽

(2) 地下排水。在排除滑坡地下水的工程措施中应用较多的是各式渗沟。

① 支撑渗沟。支撑渗沟用以支撑不稳定的滑坡体,兼起排除和疏干滑坡体内地下水的作用,适用深度(高度)为  $2\sim 10$  m。

支撑渗沟有主干和分支两种。主干平行于滑动方向,布置在地下水露头处或由土中水形成坍塌的地方,支沟应根据坡面汇水情况合理布置,可与滑坡的移动方向成  $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$  交角,并可伸展到滑坡范围以外,以起挡截地下水的作用,如图 1-2 和图 1-3 所示。

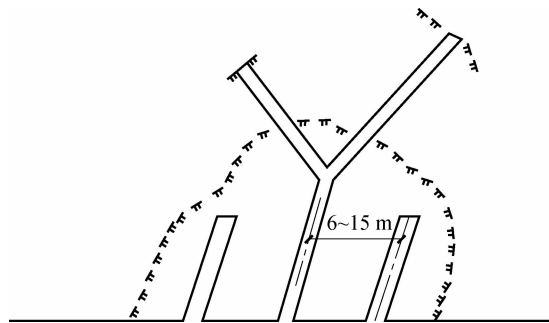


图 1-2 支撑渗沟的平面布置

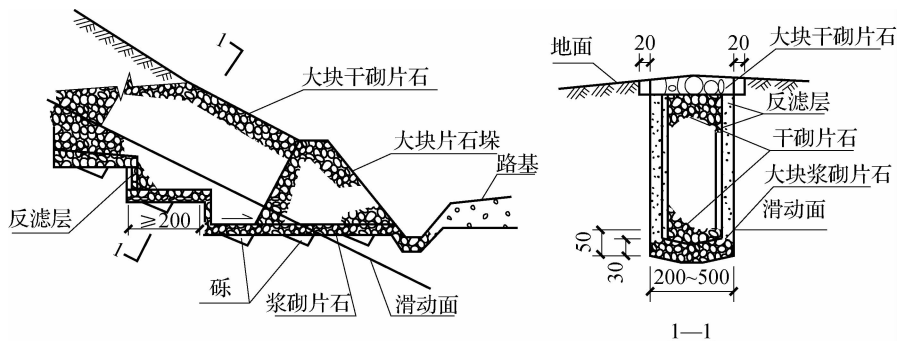


图 1-3 支撑渗沟的结构(单位:cm)

②边坡渗沟。当滑坡前缘的路基边坡有地下水均匀分布或坡面大片潮湿时,可修建边坡渗沟,以疏干和支撑边坡;同时,也能起到截阻坡面径流和减轻坡面冲刷的作用。

边坡渗沟的平面形状有垂直的、分支的及拱形的。其中,分支渗沟的主沟主要起支撑作用,而支沟则起疏干作用。分支渗沟可以互相连接成网状布置,如图 1-4 所示。

③截水渗沟。当有丰富的深层地下水进入滑坡体时,可在垂直于地下水流的方向上设置截水渗沟,以拦截地下水并排出滑坡体外,如图 1-5 所示。

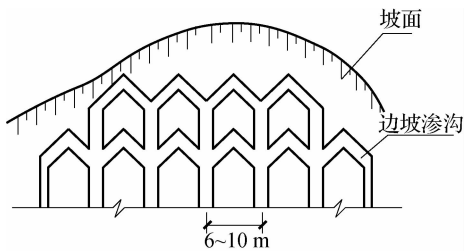


图 1-4 网状边坡渗沟

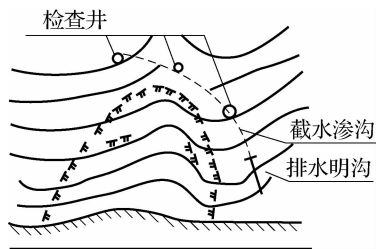


图 1-5 截水渗沟的平面布置

(3)减重。减重就是在滑坡体后缘挖除一定数量滑坡体面使滑坡稳定下来。这种措施适用于推动式滑坡,一般滑动面不深、滑床上陡下缓、滑坡后壁或两侧有岩层外露或土体稳定不可能再发展的滑坡。减重主要是减小滑体的下滑力,不能改变其下滑趋势,所以减重常与其他整治措施配合使用。

(4)支挡工程。支挡工程分为如下几类。

①抗滑垛。抗滑垛一般用于滑体不大、自然坡度平缓、滑动面位于路基附近或坡脚下部较浅处的滑坡。抗滑垛是主要依靠片石垛的自重,以增加抗滑力的一种简易抗滑措施。片石垛可用片石干砌或石笼堆成。图 1-6 所示为用于路堤滑坡的干砌片石抗滑垛。

②抗滑挡土墙。在滑坡下部修建抗滑挡土墙,是整治滑坡常用的有效措施之一。对于大型滑坡,抗滑挡土墙常作为排水、减重等综合措施的一部分;对中、小型滑坡,抗滑挡土墙常与支撑渗沟联合使用。其优点是山体破坏少、稳定滑坡的收效快。

抗滑挡土墙一般多采用重力式结构,其尺寸应经计算确定。

③抗滑桩。抗滑桩是一种用桩的支撑作用稳定滑坡的有效抗滑措施,一般适用于非塑性体层和中厚度滑坡前缘,以及使用重力式支撑建筑物圯工量过大、施工困难的场合。

抗滑桩按制作材料分,有混凝土桩、钢筋混凝土桩;按施工方法分,有打入法、钻孔法、挖孔法等。

图 1-7 所示为浅路堑边坡滑坡用混凝土桩使滑体稳定的示例。

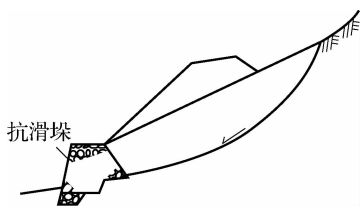


图 1-6 干砌片石抗滑垛

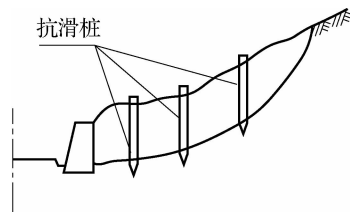


图 1-7 混凝土桩使滑体稳定的示例

(5)种植。滑坡区应种植草皮或灌木覆盖,因植物根系既可固结土壤,防止水土流失,又能吸收大量水分,起到稳定边坡的作用。

(6)改线。在采用上述办法难以奏效或很不经济时,应进行局部改线,避开危险地段。

### 3. 崩塌的防治

崩塌是岩体突然而猛烈地从陡峻的斜坡上崩离翻滚跳跃而下的现象。崩塌可发生在高峻的自然山坡上,也可发生在高陡的人工路堑边坡上。发生崩塌的物体一般为岩石,但某些土坡也会发生崩塌。

崩塌的规模有大有小,由于岩体风化、破碎比较严重,边坡上经常发生小块岩石的坠落,这种现象称为碎落;一些较大岩块的零星崩落称为落石,规模巨大的崩塌也称山崩。

崩塌与滑坡的明显区别是:崩塌发生急促,破坏体散开,并有倾倒、翻滚现象;而滑坡体一般总是沿着固定滑动面(或带)整体地、缓慢地向下滑动。

公路路堑开挖过深、边坡过陡,或由于切坡使软弱结构面暴露,都会使边坡上的岩体失去支撑,在水流冲刷或地震的作用下发生崩塌。

防治崩塌的措施主要有如下几种。

(1)对路基上方的危岩应及时检查、清除,特别在雨季前要细致检查。如有威胁行车安全的路段,可根据地形和岩层情况,采用嵌补、支顶的方法予以加固。

(2)在小型崩塌或落石地段,应尽量采用全部清除的办法;如由于基岩破坏严重,崩塌、落石的物质来源丰富,则宜修建落石平台、落石槽等拦截结构物。

(3)由于存在软弱结构面而易引起崩塌的高边坡,可根据情况采取支挡墙或支护墙等措施,以支撑边坡,并防止软弱结构面地张开或扩大。

(4)对边坡坡脚因受河水冲刷而易形成崩塌者,河岸要做防护工程。

(5)在可能发生崩塌的地段,必须做好地面排水设施。

## 1.1.5 路基防护与支挡工程的养护

### 1. 坡面防护工程的养护

#### 1) 植物防护

植物防护的方法有种草、铺草皮和植树。采用植物覆盖的方法对坡面进行防护,工序简单,效果较好。它可以减缓地面水流的速度,调节表层水温状况,植物根系深入土层,在一定程度上对表层土起到固结作用。植物防护适用于具有适宜植物生长的土质边坡。

(1)种草。对土质路堤、路堑有利于草类生长的边坡,或河面较宽、主流固定、流速小、路线与水流接近平行、路堤边坡段受季节性浸水或轻微冲刷、土质适于草类生长的,均可种草。坡面上的土质如不宜于种草时,可铺一层5~10 cm厚的种植土,然后再种草。经常浸水或长期浸水的路堤边坡,不宜采用种草防护的方法。当边坡上的防护种草已扎根时,可以允许暂时性的、缓慢流水(0.4~0.6 m/s)的短时冲刷。

(2)铺草皮。当坡度不陡于1:1.5,且浸水时水流速度在0.6 m/s以下时,可用平铺草皮护坡;当坡度陡于1:1.5,且浸水时水流速度在1.5 m/s以下时,可用叠铺草皮护坡。

铺草皮前,应将边坡表层土挖松整平。在不适于草类生长的土质边坡上,应先铺一层6~10 cm厚的种植土,然后再铺设。铺草皮的工作宜在春、秋两季或雨季进行,不宜在冬季

施工。如在气候干燥的季节铺草皮,则在草皮铺设完成后,应及时浇水至草皮扎根为止。当边坡有地下水出露时,应注意使铺设的草皮不阻塞地下水的出口,以免影响边坡稳定。

(3)植树。在路基斜坡上和沿河堤之外的河漫滩上植树,能加固路基和河岸,并使水流速度降低,防止和减少水流对路基或河岸的冲刷。林带不仅可以防风、防沙和防雪,还可以美化路容,调节气候。

植树的形式,既可以是带状或条形的,也可以是连续的,即将树种满整个防护区域。选择树种时,宜选用适合当地土质、气候、生长迅速、根系发达、枝叶茂盛、成活率高的乔木类或不怕水淹的灌木类。植树的时间,宜在春、秋两季或雨季进行,如在干燥季节植树,要经常浇水,直至树成活为止,并应检查其成活的情况,如有缺株需及时补种。

### 2)坡面处置

对常受自然条件的影响发生剥落而破坏的易风化的软质岩石或破碎岩石路堑边坡,用植物防护有困难时,可选用抹面、喷浆、勾缝、灌浆、嵌补和锚固等方法进行处置,以保证路基的稳定。

(1)抹面。抹面防护适用于易风化但表面较完整、尚未剥落的岩石边坡,选用混合材料涂抹坡面,可防止表层岩石风化的进一步发展。但必须注意,抹面仅起到防护层的作用,不能承受荷载,故边坡必须是稳定的。施工时要注意:抹面前,对被处置坡面进行清理,并将坡面上的坑洼用小石块嵌补填平,然后用水洒湿坡面,使灰浆与坡面结合良好;抹面应均匀,待灰浆稍干即进行夯拍,直至表面出浆为止,并应进行洒水养护。

(2)喷浆。喷浆(喷射混凝土)适用于边坡易风化、裂隙和节理发育、坡面平整的岩石路堑边坡,且边坡较干燥、无流水侵入的地方。对于高而陡的边坡,当需大面积防护时,采用此类方法更为经济。

喷浆防护边坡常用机械喷护法,将配制好的砂浆(混凝土)使用喷射机(或水泥枪)喷射于坡面上,由于喷射产生了一定的压力,从而提高了保护层与坡面间的黏聚力及保护层的强度。喷射混凝土的厚度不宜小于 80 mm,应根据厚度分 2~3 层喷射。喷浆厚度不宜小于 50 mm,施工作业前应通过试喷,选择合适的水灰比,以保证喷射坡面的质量。喷浆水灰比过小时,灰体表面灰暗,出现干裂,回弹量大,粉尘飞扬;水灰比过大时,灰体表面起皱、拉毛、滑动,甚至流淌;水灰比合适时,灰体呈黏糊状,表面光滑平整,回弹量小。喷浆施工严禁在结冰季节或大雨中进行。

(3)勾缝。勾缝适用于较坚硬的、不易风化的、节理裂缝多而细的岩石路堑边坡,用以防止雨水沿裂缝浸入岩层内部造成病害。

(4)灌浆。灌浆适用于较坚硬的、裂缝较大且较深的岩石路堑边坡,借砂浆的黏结力把裂开的岩石黏结为一体,维护边坡的稳定。

(5)嵌补。嵌补防护可用浆砌石块或水泥混凝土嵌补,适用于补平岩石坡面中较深的局部凹坑,以防坡面继续破损碎落,维护边坡的稳定。

(6)锚固。锚固防护适用于岩石边坡的层理或构造面倾向于路基,并有可能顺层面下滑的情况。这种方法是垂直于岩石坡面钻洞,将钢筋直穿至稳定基岩内,然后向洞内灌入水泥砂浆,使钢筋串联岩层,阻止岩层下滑。

### 3)护面墙

护面墙适用于边坡较陡(边坡坡度为 1:0.3~1:1)的情况,在软质岩层节理裂缝较发



育、易于风化的路堑边坡上设置。护面墙一般不承受墙后土体的侧压力,所防护的岩面边坡应无滑动或坍塌现象,路堑应符合边坡稳定的要求。护面墙的厚度随边坡轮廓而变化,其底厚要稍大于顶宽,并应设伸缩缝与泄水孔。顶部需用厚土夯实或砂浆抹平,以防水浸入。

## 2. 冲刷防护工程的养护

沿河路基与桥头引道直接受到水流的冲刷和淘空,为了维护路基的坚固、稳定,必须采取措施予以防护。冲刷防护有两种类型:一种是直接防护,以加固岸坡为主要措施;另一种为间接防护,以改变水流方向、降低流速为主要措施。

直接防护,除植物防护、坡面防护外,还有砌石、抛石、石笼、浸水挡土墙等防护方法。间接防护,包括各种导流与调治构造物,如丁坝、顺坝及拦河坝等,也可以将河沟改道,引导水流排至路基以外。

### 1) 砌石护坡

砌石护坡主要有干砌片石、浆砌片石、钢筋混凝土预制挂板等。

### 2) 抛石防护

抛石防护主要用于防护水下部分的边坡和坡脚,避免或减少水流对护坡的冲刷及淘刷,也可用于防止河床冲刷,对于经常浸水且水较深地段的路基边坡防护及洪水季节防洪抢险更为常用。为了在洪水退降后使路基本身迅速干燥,不使路基土被淘刷冲走,应在抛石垛后设置反滤层。抛石的粒径大小与水流速度、水深、浪高及边坡坡度有关,抛石的粒径及质量以不被水冲走和淘刷为宜。

### 3) 石笼防护

石笼防护用于防护河岸或路边坡,同时也可作为加陡边坡、减少路基占地宽度,以及加固河床、减少淘刷的措施。在缺少大块石料时,用较小石块(5~20 cm)填塞于铁丝笼或竹木笼内,一般可用于流速为4~5 m/s的水流中,体积大的可抵抗5~6 m/s的流速。有漂石冲击的河流不宜采用石笼防护,因铁丝易被磨坏。只有在水流含有大量泥沙及基底地质良好的条件下,才宜采用石笼防护。当用于防止冲刷淘底时,一般在河底上将石笼平铺并与坡脚线垂直,同时固定坡脚处的尾端,靠河中心一端不必固定,以便淘底时向下沉落。当石笼用以防止岸坡受冲刷时,可用垒码或平铺于坡面的形式。

## 3. 支挡建筑物的养护

挡土墙是用来支撑天然边坡或人工填土边坡以保持土体稳定的建筑物。在公路工程中,它广泛应用于支撑路堤或路堑边坡、隧道洞口、桥梁台后填方及河流岸壁等。

在进行挡土墙的维护时,除应经常检查其有无损坏外,还应在每年的春、秋两季各进行一次定期检查,在北方冰冻严重的地区尤应注意,主要检查挡土墙在冰冻融化后墙身及基础的变化情况,以及在冰冻前所采取的防护措施的效果。另外,在反常气候、地震或重型车辆通过等特殊情况下,应进行及时检查,发现裂缝、断裂、倾斜、鼓肚、滑动、下沉或表面风化、泄水孔堵塞、墙后积水、周围地基错台、空隙等情况,应查明原因,并观察其发展情况,采取相应的修理、加固等措施。对检查和修理加固的情况,应做好工作记录,设立技术档案备查。

圯工或混凝土挡土墙发生裂缝、断裂并且已停止发展的,可将缝隙凿毛、清除碎渣和杂物,然后用水泥砂浆堵塞。水泥混凝土或钢筋混凝土挡土墙的裂缝也可用环氧树脂黏合。当挡土墙发生倾斜、鼓肚、滑动或下沉时,可选用下列加固措施。

(1)锚固法。锚固法适用于水泥混凝土或钢筋混凝土挡土墙。采用高强钢筋做锚杆,穿入预先钻好的孔内,灌入水泥砂浆,固定锚杆,待砂浆达到一定强度后对锚杆进行张拉,并固紧锚头,以此来分担土压力,如图 1-8 所示。

(2)套墙加固法。用混凝土在原墙外侧加宽基础、加厚墙身,如图 1-9 所示。

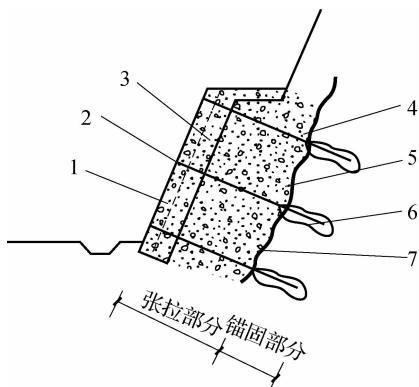


图 1-8 锚固法

1—现浇混凝土; 2—锚头; 3—原墙体; 4—预应力钢筋;  
5—墙后填土; 6—灌入水泥砂浆; 7—锚固岩基的推算线

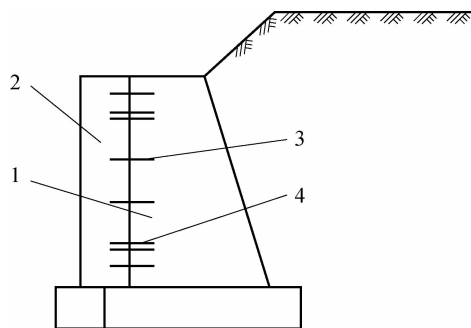


图 1-9 套墙加固法

1—原挡墙; 2—套墙; 3—钢筋锚栓;  
4—连接石桩

施工时,先挖除一部分墙后填土,减小土压力,同时要注意新旧基础和墙身的结合。可先凿毛旧基础和旧墙身,必要时设置钢筋锚栓或石桩,以增强连接。墙后回填土必须分层填筑并夯实。

(3)支撑墙加固法。在挡土墙外侧,每隔一定的间距增建支撑墙。支撑墙的基础埋置深度、尺寸和间距应通过计算确定,如图 1-10 所示。

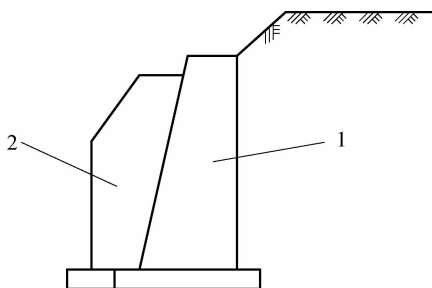


图 1-10 支撑墙加固法

1—原挡土墙; 2—支撑墙

(4)拆除重建。当原挡土墙损坏严重,采用以上加固方法不能达到设计强度要求时,应考虑将损坏部分拆除重建。为防止不均匀沉降,新、旧挡土墙之间应设置沉降缝,并应注意新、旧挡土墙接头协调。

挡土墙的泄水孔应保持畅通,如有堵塞,应及时疏通;疏通困难时,应视墙后地下水情况选择适当位置增设泄水孔,或在墙背后沿挡土墙增设墙后排水设施,一般可通过增设盲沟将水引出路基,以防止因墙后积水而引起土压力的增加或冻胀的发生。

当挡土墙的表面出现风化剥落时,应将风化表层凿除,露出新茬,再喷涂水泥砂浆保护

层。当风化剥落严重时,应将风化部分拆除重砌。

对于锚杆式及加筋土挡土墙,如发现有墙身变形、倾斜或肋柱、挡板损坏、断裂等情况,应及时修理、加固或更换。对暴露的锚头、螺母、垫圈应定期涂刷防锈漆,锚头、螺母如有松动、脱落应及时紧固和补充。

对于浸水挡土墙,除平时经常检查其是否损坏外,还应在洪水期前后进行详细的观察和检查。汛前检查的目的是确定其作用、效果和是否完整稳定,能否承受洪水的袭击和是否需采取防护、加固措施;汛后检查的目的是观察其有否损坏,如有损坏,应及时修理和加固。

当浸水挡土墙受洪水冲刷出现基础被淘空,但未危及挡土墙本身的情况时,可采用抛石加固或用块(片)石将淘空部分塞实并灌浆的方法。当挡土墙本身出现损坏时,如松动、下沉、倒塌、开裂等,应按原样进行修复。

#### 4. 路基各部分的加固

##### 1) 路肩的加固和改善

(1)路肩一般采用种植草皮加固,如果为了防止雨中会车时的泥泞陷车,则可用粒料加固,即用砾石、风化石、炉渣、碎砖等(按就地取材原则选用)粒料掺拌于黏土中,铺筑加固层,其厚度不小于 15 cm。铺筑时应尽量采用挖槽铺压;也可在雨后路肩湿软时,直接将粒料(不加黏土)撒铺到路肩上,并进行碾压,分期将粒料铺压进路肩土中加固。使用此法时应注意路肩与路面交界处保持平顺,并保持适当的横坡度。有的路肩加固层与路面同厚,几乎是拓宽了路面,这对于提高公路的使用质量和通过能力有很大的作用。

(2)公路和乡村道路交叉处,应进行粒料加固,也可用砖块、石块或条石等在顺大车道路的路肩上,铺一定宽度的行车道。

(3)在坡度较大的坡道上,雨水顺坡而下,流速较大,易把路肩冲成顺路向的沟槽,此时应从坡顶至坡脚每隔 10~20 m,在路肩上挖出向下倾斜的浅沟,填以碎(砾)石,并掺土夯实,以防冲刷,并利于排水。同时在路肩边缘再修起小土埂(高度为 5~10 cm,宽度为 10~15 cm),每遇斜沟填石处留一出水口,在出水口处的边坡上种草皮加固,使雨水分别集中到各出水口,安全地排出。

##### 2) 边坡的加固和改善

路基边坡的加固方法有以下几种。

(1)如果边坡时常坍塌,则可予以刷坡;如果路堤很高,则也可以在边坡的半腰上修护坡道。

(2)当边坡表面易被雨水等冲刷损坏时,可在坡面种草皮、棉柳和荆条等灌木。铺草有全铺或网格两种铺法。灌木应栽在路肩边缘 50 cm 以下(以免妨碍行车视线),株距和行距应因地制宜,一般为 1 m,并应栽成“品”字形。

(3)河岸边的路基边坡,因经常受到水流的冲刷,故要进行加固。一般可在坡脚栽柳树、芦苇等来保护坡脚,或在常被水淹没的边坡上,铺砌护坡。

##### 3) 边沟的加固和改善

(1)山岭或丘陵区的边沟,有的段落沟底纵坡陡、水流急,常因沟底及边坡脚被冲刷而导致边坡坍塌,所以这些地段的边沟必须加固。一般可以采用以下 3 种加固方法。

①草皮加固边沟。即在沟底和高水位以下的沟壁全铺草皮,以防冲刷。此法仅适用于水流不太急的情况。

②设置拦水坝缓和流速,防止冲刷。即根据沟底纵坡的大小,每隔一定距离设置一个石砌拦水坝,在坝的上游填铺一层片石。

③在流速较大的边沟,以用砖、石加固边沟为宜。其做法为先在底下铺厚度为 10 cm 左右的砾石垫层,上面再铺厚度为 20 cm 的砖、石层。

(2)对于边沟和附近河流、湖塘底接头的地方,如沟底比河塘底高很多时,可在沟与河塘底接头的地方修“台阶式跌水”,平原地区可用砖(石)修“水簸箕”。

### 4)急弯陡坡的改善

路线上的急弯和陡坡,对行车安全和行驶速度的影响最大,故应根据轻重缓急通过逐步放大急弯的平曲线半径予以改善。对于曲折严重的连续弯道,亦应尽早地进行裁弯取直;对陡坡路段,可适当降低坡度。降坡施工时,应注意先降半边路基,另半边维持通车。

### 5)路基的加宽与加高

随着交通量的发展,当原路基的宽度不能适应需要时,应按需要的公路等级标准予以加宽。加宽时应先将老路基边坡挖成台阶,而后用与原路基相同的土壤夯填。

对常被洪水淹没的低洼路段,需要加高。施工时,应先把老路表面拉毛,并洒水润湿,再分层填土压实。

## 1.1.6 排水设施的养护

水是造成路基及沿线设施发生病害以致破坏的一项重要因素。对路基有危害的水,分为地表水与地下水两大类。

地表水主要是由降水(包括雨水、雪水)形成的地面径流及大小河沟、溪水等,这是路基排水的主要方面,也是对路基造成危害的主要水源。同时,路面上的水如不能及时排出,会给行车带来很大的安全隐患。

地下水包括上层滞水、潜水及层间水等。暴雨径流、冰雪融水、上层滞水、潜水、泉水及路旁积水,它们均能软化、冲刷甚至毁坏路基,造成路基边坡滑塌、道路翻浆等病害。在公路养护过程中,要想保持路基排水设施的完好无缺,则应根据实际情况补充完善排水设施,并与沿线桥涵配合形成良好的排水系统,以保证路基的强度及边坡的稳定。

路基排水的主要作用是将路基范围内的土基湿度降低到一定限度以内,保持路基常年处于干燥状态,确保路面具有足够的强度和稳定性。路基排水设施分为地面排水设施和地下排水设施。

路基排水系统能否正常工作直接影响路基的稳定性,因此,必须对排水设施进行经常性的、预防性的养护和维修,确保其功能完好、排水顺畅。同时,应根据实际使用情况不断改善路基的排水条件。

对各种排水设施,在春融前,特别是汛期前,应进行全面的检查和疏通。雨天必须上路巡查,及时排除堵塞,保持水流畅通,防止水流集中冲坏路基。暴雨后应重点检查,如有冲刷、损坏时需及时修复加固;如有堵塞时应及时清除。

### 1. 地面排水设施的构造与养护

#### 1)边沟

边沟设置在挖方路基的路肩外侧,或低路堤的坡脚外侧,主要用来汇集和排除路基范围内与流向路基的少量地面水。

边沟的养护措施有如下几个。

(1)当沟底纵坡大于 $3\% \sim 4\%$ 时,沟底应用片石铺砌加固。

(2)在冰冻较轻地区也可用三合土或四合土加固边沟。中、重冻地区的高等级公路不宜用矩形暗沟式边沟。土质边沟地面和侧面宜采用浆砌体铺筑。

(3)凡是路线通过乡镇的,沟底宜尽量用片石铺砌加固或采用预制钢筋混凝土边沟。

#### 2)截水沟

截水沟一般设置在挖方路基边坡坡顶以外,或山坡路堤上方适当的地点,用以拦截路基上方流向路基的地面径流,防止冲刷与侵蚀挖方边坡和路堤坡脚,减轻边沟水流的泄水负担,保护挖方边坡和填方边坡不受水流的冲刷。

对截水沟的维护,主要是在春融前,特别是汛前,应仔细、全面地进行检查和疏浚;大雨中应及时排除堵塞物,疏导水流,保持水流畅通,防止水流集中冲坏路基;暴雨后,应重点检查截水沟,如有冲刷和损坏,必须及时修补加固。

#### 3)排水沟

排水沟在平丘区且当原有地面的沟渠蜿蜒曲折,影响路基稳定时,或为了减少涵洞数量,用于合并沟渠时设置。其作用是将路基范围内的各种水源的水流,引至路基范围以外的指定地点。排水沟不宜过长,以免流量过大造成漫流。

排水沟的维护工作,主要是在雨季加强检查、疏浚沟中的堵塞物,保持水流畅通,防止水流集中而冲坏路基;大雨后,应重点检查有危险的地点,如有被冲刷、损坏的现象,应及时修理或加固。

#### 4)跌水与急流槽

一般在重丘、山岭地区,地形险峻、排水沟渠纵坡较陡、水流急、冲刷力强的地段,为接引水流、降低流速、消减能量,以防止水流对路基及桥涵造成冲刷,多采用跌水或急流槽。

跌水和急流槽的维护工作,主要是在大雨前进行仔细、全面的检查,防止出现因多方面原因而阻塞水流的情况,如发现问题应及时疏通,以确保暴雨时能畅通无阻;大雨后也要重点检查一些地方,如发现被水冲刷及损坏的地方,应该组织人员及时修复。

## 2. 地下排水设施的构造与养护

具有截断、降低、汇集或排除路基范围内的地下水功能的结构物称为地下排水结构物。其作用是减少地下水对路基的影响,保证路基的强度与稳定性。公路上常用的地下排水结构物有暗沟、渗沟、渗井等。

#### 1)暗沟

暗沟是设在地面以下引导水流的沟渠,用以把路基范围内的泉水或地下集中水流排到路基范围以外,无渗水和汇水的作用。

对暗沟的维护,主要是经常进行检查,如发现堵塞、淤积等现象时,应及时进行清除和冲洗,尤其是雨季,应保证流水畅通无阻。

#### 2)渗沟

渗沟是在地面以下汇集流向路基的地下水,通过沟底通道将水排至路基范围以外。渗沟可分为盲沟、管式渗沟、洞式渗沟三种形式。

(1)如在检查中发现沟口长草、堵塞,应及时清理和冲洗,确保渗沟的畅通。

(2)如发现碎(砾)石层淤塞而不通时,应及时组织人员进行翻修,并剔出其中颗粒较小

的砂石,保证其翻修质量。

(3)如认为渗沟所在位置不妥,不能将地下水全部排至路基外时,则应根据具体情况另行修建渗沟。

### 3) 渗井

渗井是将离地面不深处含水层中的地下水汇集起来,通过不透水层中的竖井流入下层透水层中以疏干路基。

对于渗井的维护,应经常检查路基周围有无渗漏现象,仔细检查渗井内有无淤泥并及时排除。如发现渗井的位置不妥时,可以考虑改修渗井。

## 3. 排水设施的增设与加固

排水沟渠的增设与加固措施,应结合当地的地形、地质、纵坡和流速条件,因地制宜,就地取材,且应简便易行,经济实用。

### 1) 增设排水设施

排水设施的破坏会引起土质松软、强度降低、边坡坍塌、堤身沉陷或滑动以及产生冻害等,也会对沿线结构物造成极大的危害。在维护过程中,要及时发现,及时进行修复加固或改移重建。

#### (1) 增设边沟。

①边沟应按图纸规定施工,并应符合现场的地质、地形条件;边沟和涵洞的接合处应与涵洞洞口建筑配合,以保证水流可以通畅地进入涵洞。

②在进行平曲线处的边沟施工时,沟底纵坡应与曲线前后沟底纵坡平顺衔接,不允许曲线内侧有积水或外溢现象发生。曲线外侧的边沟应适当加深,其增加值等于超高值,但曲线在坡顶时可不加深边沟。

③边沟的尺寸应符合规定。对于土质地段,当沟底纵坡大于3%时,边沟必须采取加固措施。采用干砌片石对边沟进行铺砌时,应选用有平整面的片石,各砌缝要用小石子嵌紧;采用浆砌片石铺砌时,砌缝砂浆应饱满,沟身不漏水;若沟底采用抹面时,抹面应平整压光。

#### (2) 增设截水沟。

①截水沟应按规定施工。截水沟的位置:在无弃土的情况下,截水沟的边缘离开挖方路基坡顶的距离视土质而定,以不影响边坡稳定为原则。如系一般土质,则至少应离开坡顶5 m。截水沟挖出的土,应及时平整夯实,使沟两侧形成平顺的斜面。

当路基上方有弃土堆时,截水沟应离开弃土堆坡脚1~5 m,弃土堆坡脚离开路基挖方坡顶不应小于10 m,弃土堆顶部应设2%的坡度倾向截水沟的横坡。

②山坡上路堤的截水沟距离路堤坡脚至少2 m,并用挖截水沟的土填于路堤与截水沟之间,修筑向沟倾斜坡度为2%的护坡道或土台,使路堤内侧的地面水流入截水沟中排出。

③当截水沟的长度超过250 m时,应选择适当的地点设出水口,将水引至山坡侧的自然沟中或桥涵进水口;截水沟必须有牢靠的出水口,必要时需设置排水沟、跌水或急流槽;截水沟的出水口必须与其他排水设施平顺衔接。

④为防止水流下渗和冲刷,应对截水沟进行严密的防渗和加固处理。对地质不良地段和土质松软、透水性较大或裂隙较多的岩石路段,以及沟底纵坡较大的土质截水沟和截水沟的出水口等,均应采取加固措施防止渗漏和冲刷沟底及沟壁。

## (3) 增设排水沟。

①排水沟的线形要求平顺,尽可能采用直线,转弯处宜做成弧形,其半径不宜小于 10 m。排水沟的长度应根据实际需要而定,通常不宜超过 500 m。

②排水沟沿路线布设时,应离路基尽可能远一些,距路基坡脚不宜小于 3~4 m。

③当排水沟、截水沟、边沟因纵坡过大导致水流速度大于沟底、沟壁土的容许冲刷流速时,应采取边沟表面加固措施。

## (4) 增设跌水与急流槽。

①跌水与急流槽必须采用浆砌圬工结构。跌水的台阶高度可根据地形、地质等条件决定,多级台阶的各级高度可以不同,其高度和长度之比应与原地面的坡度相适应。

②急流槽的纵坡应按规定进行施工,一般不宜超过 1:1.5,同时应与天然地面坡度相配合。对于较长的急流槽,槽底可设几个纵坡,一般是上段较陡,向下逐渐放缓。

③当急流槽较长时,应分段砌筑,每段不宜超过 10 m,接头用防水材料填塞,要求密实无空隙。

④急流槽的砌筑应使自然水流与涵洞进、出口之间形成一个过渡段,基础应嵌入地面以下,其底部应按图纸要求砌筑抗滑平台并设置端护墙。路堤边坡急流槽的修筑应能为水流入排水沟提供一个顺畅通道,路缘石开口及流水进入路堤边坡急流槽的过渡段应连接圆顺,采用喇叭口接入。

⑤在边沟、急流槽接入涵洞的进口处应加设消力池,当急流槽水流量大且流速较大时,为防止溅水上路基,宜在急流槽下部槽口上加设盖板。

## 2) 排水设施的加固

## (1) 土沟表面夯实。

## ①适用范围。

a. 一般适用于土质边沟和排水沟,不适用于顶截水沟或顶排水沟。

b. 沟内的平均流速不大于 0.8 m/s。

c. 沟底纵坡不大于表 1-6 所列数值。

表 1-6 沟底纵坡

边坡坡率	1:1		
断面尺寸/m×m	0.4×0.4	0.4×0.6	0.6×0.6
纵坡/%	1.5	0.7	0.6

## ②施工。

a. 开挖水沟时,沟底及沟壁部分均少挖 0.05 m。

b. 将沟底、沟壁夯拍密实,使土的干密度不小于 1.66 kg/m<sup>3</sup>,土层厚度不小于 0.05 m。

c. 沟渠开挖时,应随开挖随夯实,以免土中水分消失,不易夯拍坚实。

d. 施工中如发现沟底、沟壁有洞穴,应用原土补填夯实。

## (2) 用三合土或四合土捶面的方法加固。

## ①适用范围。

a. 一般适用于无冻害及无地下水段的水沟。

b. 沟内的平均流速为 1.0~2.5 m/s。

- c. 在常有流水的水沟表面,可加抹 1 cm 厚的 M7.5 水泥砂浆。
- d. 混合土的厚度为 0.1~0.25 m,视沟内平均流速或沟底纵坡大小而定。

②材料的配合比。

- a. 三合土。水泥:砂:炉渣=1:5:1.5(质量比)。无炉渣地区可使用石灰:黄土:砂石=1:3.3:2.3(体积比)的配合比。
- b. 四合土。水泥:石灰:砂:炉渣=1:3:6:2.4(质量比)。
- c. 水泥可采用低强度等级的;炉渣需用高温烧化且含碳量不超过 5%,其粒径不超过 5 mm。

③施工。

- a. 施工前两周将石灰水化,使用前 1~3 d 将黄土或炉渣掺入拌匀,使用前将卵(碎)石或水泥与砂反复拌和均匀。
- b. 沟渠开挖后趁土质潮湿时立即加固。如土质干燥,则宜洒水湿润后再加固。
- c. 沟渠铺混合土后,应先拍打提浆,然后抹水泥砂浆保护层;待稍干后,用大卵石将表面压紧磨光;最后用麻袋或草席覆盖,并洒水养生 3~5 d。
- d. 施工季节以春、秋季为宜,不宜在冬季,以免混合土尚未干燥即发生冻胀。
- e. 养护时如发现裂缝或表面剥落现象,应及时修补。

(3)单层干砌片石加固。

①适用范围。

- a. 一般用于无防渗要求的沟渠加固地段。
- b. 对一般土夹砂卵石、软石,风化严重的岩石沟渠,当其纵坡在 5%以上、流速在 2 m/s 以上时,必须加固。对于沙土质地段,纵坡大于 1%,即须加固。
- c. 当沟内的平均流速为 2.0~3.5 m/s 时,干砌片石的尺寸可采用 0.15~0.25 m;当流速在 4 m/s 以上时,应采用急流槽或加设跌水。
- d. 当沟壁、沟底为细粒土时,应加设卵石、(碎)砾石垫层,其厚度按平均流速大小及土质情况,在 0.10~0.15 m 的范围内选用。

②施工。

- a. 垫层石料以粒径为 5~50 mm 者占 90%(质量比)以上为宜。
- b. 片石间的空隙应用碎石填塞紧密,片石的大面应砌向表面,以减少表面的粗糙程度。

(4)单层浆砌卵石加固。

①适用范围。

- a. 一般用于无严格防渗要求,且容许流速  $v$  为 2.0~2.5 m/s 的防冲沟渠加固地段。
- b. 所用卵石的直径与容许流速的大致关系,见表 1-7。

表 1-7 卵石的直径与容许流速

卵石直径/m	0.15	0.20
$v/(m \cdot s^{-1})$	2.0	2.5

- c. 当沟壁、沟底为细颗粒时,需加设砾石垫层。其厚度视容许流速及土质情况而定,见表 1-8。



表 1-8 砾石垫层厚度

$v/(m \cdot s^{-1})$	一般细粒土/m	黏土/m
<2.5	0.10	0.10
2.5~3.0	0.15	0.10

## ②施工。

- a. 垫层可采用平均粒径为 2~4 mm 的干净沙砾,其含土量应在 5% 以下。
- b. 一般应先砌沟底,后砌沟壁。砌底时应选用好的较大的卵石,坡脚两侧尤应特别注意选料砌牢。砌筑可自下而上逐步选用较小的卵石,最上一层则用较长卵石平放封顶压牢。
- c. 所有卵石均应浆砌,大头朝下,每行卵石须大小均匀,两排之间保持错缝。
- d. 卵石下部及卵石之间的空隙,均应用小石子填塞紧密。

## (5) 浆砌片石加固。

## ①适用范围。

- a. 一般用于沟内水流速度较大且防渗要求较高的地方。
- b. 在有地下水及冻害地段,沟壁及沟底外侧应加设反滤层(或垫层),并在沟壁上预留泄水孔。

## ②施工。

- a. 沟渠开挖后应整平夯拍,如土质干燥应洒水湿润,遇有洞穴应堵塞夯实。
- b. 水泥砂浆随砌随拌,砌筑完成后注意养生。

## (6) 混凝土预制板加固。

## ①适用范围。

- a. 一般在缺乏砂、石的地段,用混凝土预制板施工较为方便。
- b. 填方地段采用混凝土预制板,比安装模板现浇混凝土更为合适。
- c. 垫层可用沙砾材料,或用 8% 石灰剂量的石灰土,拍打坚实平整。
- d. 混凝土预制板的板厚为 5~10 cm,无冻胀破坏地区可采用 4~8 cm。
- e. 混凝土预制板一般采用 C15 混凝土制成。
- f. 流量与衬砌厚度的关系见表 1-9(供参考)。

表 1-9 流量与衬砌厚度的关系

基础及其他条件	流量/( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	板厚/cm	说明
沙砾石、砾石、风化石、无浮托力	<2	5~6	3~4 cm 厚的混凝土衬砌渠道,一般采用压力喷射施工,需要沙砾垫层
	>2	4~10	
密实的沙砾土、沙砾挖方渠道、无浮托力	<2	5~6	需要砾石垫层
	>2	4~10	
黄土、普通土、冲积土、细砂粒的填土渠道	<2	5~6	需要垫层和排水设备,黏性土地段需采取防冻措施。无冻胀,不加垫层
	>2	4~10	

## ②伸缩缝。

- a. 基于温度变化引起的混凝土板的伸缩以及基础不均匀沉陷等,需设置伸缩缝。纵向缝一般设在边坡与沟底连接处;当沟底宽度超过 6~8 m 时,可在渠底中部设置纵缝。
- b. 混凝土预制板采用 M5 水泥砂浆砌缝时,横向缝间距与现浇混凝土板相同,其参考值见表 1-10。

表 1-10 横向缝间距

加固板厚度/cm	横向缝间距/m	加固板厚度/cm	横向缝间距/m
5~7	2.5~3.5	≤10	4.0~5.0
8~9	3.5~4.0	—	—

c. 采用预制板加固时,沟底与边坡的伸缩缝间距须一致。

d. 伸缩缝的宽度取决于伸缩缝间距、湿度变幅、干缩系数、线膨胀系数、填料伸缩性能、黏结力、施工要求等,一般采用 1~4 cm。

e. 伸缩缝填料的性能是决定衬砌效果和寿命的主要因素,要求:高温不流淌,低温不冻裂、剥落,伸胀时不挤出,收缩时不裂缝,黏结力强;负温下仍能黏着不脱离,耐久性好。目前采用的填料有沥青混合物、聚氯乙烯胶泥和沥青油毡板等。

### ③防冻胀措施。

在地下水水位高、天气寒冷、有冻胀影响的地区,为避免加固板影响沟渠混凝土板的平整度,沙砾垫层的厚度可按最大冻深的 70% 考虑。

### ④施工与养护中的注意事项。

a. 加固板的接缝除按照操作规程进行选料和施工外,在沟渠的使用中应密切注意接缝料,如有脱落或裂隙,应随时修补,修补时应将原接缝料清理干净。

b. 混凝土板损坏后,应及时更换。

## 1.1.7 路基翻浆的防治

春融期间,由于土基含水过多,强度急剧下降,再加上重复行车的作用,路基发生的弹簧、鼓包、裂缝、冒浆、车辙等现象,称为翻浆。

### 1. 翻浆的发展过程及其影响因素

#### 1) 翻浆的发展过程

秋季,由于降水或灌溉的影响,地面水下渗、地下水位升高,使路基水分增多,为冬季水分积聚提供了必要条件。

冬季,气温下降,路基上部的土开始冻结,此时,土孔隙内的自由水在 0℃ 时首先冻结,形成冰晶体。当温度继续下降时,与冰晶体接触的土颗粒表面的薄膜水(弱结合水在 -10℃ ~ -0.1℃ 时冻结)受冰的结晶力的作用,移动到冰晶体上面冻结。因此,该部分土粒表面的水膜变薄,破坏了原来的吸附平衡状态,产生了剩余分子引力,从而将吸取邻近土粒的薄膜水。

同时,当水膜变薄时,薄膜水内的离子浓度增加,产生渗透压力差。在土粒分子引力和渗透压力差的共同作用下,薄膜水就从水膜较厚处向水膜较薄处移动,并逐层向下传递。在温度为 -3℃ (-5℃) ~ 0℃ 的条件下,当未冻区有充足的水源供给时,水分会发生连续移动,使路基上部大量聚冰。

如果冻结线在某一深度的停留时间较长,则水分有充分的聚结时间,当水源供给充足时,便在冻结线附近形成聚冰层。它通常只出现在路基上部的某一深度范围内,一般有 5~30 cm 厚。聚冰层可能有一层或多层。凡聚冰层所在之处即是路基土含水量最大之处。

尤其在沥青路面上,因为路面材料的导热系数远大于路肩土,所以路面下的土首先冻结,于是不单是路基下部的的水分,连同路肩、边坡下尚未冻结的土中的水分都向路面下已冻

结区的土中聚集。因而,路面下聚集的水分特别多,加速了聚冰层的形成。

春季化冻时,由于路面结构层的吸热和导温性较强,路面下的路基土先于路肩下的融化,于是路基下残余未化的冻土形成凹槽,使化冻后的水分难以排出,而路基上部处于过湿状态。当融化至聚冰层时,路基湿度更大,有时甚至超过液限。这样,路基在化冻过程中的强度显著降低,以至丧失承载能力,在行车荷载的作用下发生弹簧、开裂、鼓包、车辙,严重时泥浆外冒,路面大面积破坏,形成翻浆。

## 2)影响翻浆的因素

影响公路翻浆的主要因素有:土质、温度、水、路面、行车荷载、人为因素等,其中土质、温度、水是形成翻浆的三个自然因素。

(1)土质。粉性土是最容易翻浆的土,这种土的毛细水上升较高,在负温度的作用下水分聚流严重,而且土中的水分增多时强度降低的幅度大而快,容易丧失稳定性。粉性土的毛细水上升虽高,但上升速度慢,因此,只有在水源供给充足,并且在土基冻结速度缓慢的情况下,才能形成比较严重的翻浆。当粉性土和黏性土含有大量腐殖质和易溶盐时,则更易形成翻浆。沙土在一般情况下不会发生翻浆,这种土毛细水上升高度小,在冻结过程中水分聚流现象很弱,同时,这种土即使含有大量水分,也能保持一定的强度。

(2)温度。一定的冻结深度和一定的冷量(冬季各月负气温的总和)是形成翻浆的重要条件。在同样的冻结深度和冷量的条件下,冬季负气温作用的特点和冻结速度的大小对翻浆形成的影响也是很大的。例如,当初冻的时候气温较高或冷暖交替出现时,温度在 $0^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ( $-5^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ )停留时间较长,冻结线长期停留在路面下较浅处,就会使大量水分聚流到距路面很近的地方,产生严重的翻浆。反之,如果冬季一开始就很冷,冻结线很快下降到距路面较深的地方,则土基上部因聚冰少就不易出现翻浆。除此之外,春天气温的特点和化冻速度对翻浆也是有影响的,如春季化冻时,天气骤暖,土基急速融化,则会加重翻浆的程度。

(3)水。翻浆的过程,就是水在路基土中转移、变化的过程。路基附近的地表积水及浅的地下水能提供充足的水源,是形成翻浆的重要条件。秋雨及灌溉会使路基土的含水量增加,使地下水位升高,加剧翻浆的程度。

(4)路面。路面的结构与类型对翻浆也有一定的影响,如在比较潮湿的土基上铺筑沥青路面后,由于沥青面层的透气性较差,路基土中的水分不能通畅地从表面蒸发,而使水分滞积于土基顶部与基层,导致路面失稳变形,以至出现翻浆。

(5)行车荷载。公路翻浆是通过行车荷载的作用形成和暴露出来的,当其他条件相同时,在翻浆季节,交通量越大,车辆轴载越重,则翻浆越严重。

(6)人为因素。出现下列情况时,都将加剧翻浆的形成。

①设计时对翻浆的因素考虑不周。路基设计高度不够,特别是低洼地带,路线没有避开不利的水文地质地带,缺乏防治翻浆的措施,以及路面结构不当、厚度偏薄等。

②施工质量有问题。填筑方案不合理,不同土质填料混杂填筑,或采用大量的粉质土、腐殖土、盐渍土、大块冻土等劣质填料,或分层填筑时压实度不足。

③养护不当。排水设施堵塞,路拱有反向坡,路面、路肩积水,对翻浆估计不足,且无适当的抢防措施。

## 2.翻浆的分类和分级

根据导致路基翻浆发生的水类来源的不同,可将翻浆分为5种类型,见表1-11。

表 1-11 翻浆分类

翻浆类型	导致翻浆的水类来源
①地下水类	受地下水的影响,土基经常处于潮湿状态,导致翻浆。地下水包括上层滞水、潜水、层间水、裂隙水、泉水、管道漏水等。其中,潜水多见于平原区;层间水、裂隙水、泉水多见于山区
②地表水类	受地表水的影响,土基潮湿,导致翻浆。地表水主要指季节性积水,也包括因路基、路面排水不良而造成的路旁积水和路面积水
③土体水类	因施工遇雨或用过湿的土填筑路堤,造成土基的原始含水量过大,在负湿度的作用下使上部含水量显著增加,导致翻浆
④气态水类	在冬季强烈的温差作用下,土中水主要以气态形式向上运动,聚积于土基顶部和路面结构层内,导致翻浆
⑤混合水类	受地下水、地表水、土体水或气态水等两种以上水类综合作用产生的翻浆。此类翻浆需根据水源主次定名

根据翻浆高峰时期路面变形破坏程度,将翻浆分为 3 个等级,见表 1-12。

表 1-12 翻浆分级

翻浆类型	路面变形破坏程度
轻	路面龟裂、湿润,车辆行驶时有轻微弹簧
中	大片裂纹、路面松散、局部鼓包、车辙较浅
重	严重变形、翻浆冒泥、车辙很深

### 3. 翻浆的防治措施

防治翻浆的基本途径是:防止地面水、地下水或其他水分在冻结前或冻结过程中进入路基上部,可将聚冰层中的水分及时排除或暂时蓄积在透水性好的路面结构层中;改善土基及路面结构;采用综合措施防治。具体内容见表 1-13。

表 1-13 各种防治翻浆的措施

编号	措施种类	适用翻浆类型	适用地区或条件	使用说明
1	路基排水	①②⑤	平原、丘陵、山区	适用于一切新、旧道路
2	提高路基	①②⑤	平原、洼地、平地	新、旧路均可用,必要时也可与 3、4、5、6、7、9 类措施组合使用
3	沙砾垫层	①②③⑤	产沙砾地区	新、旧路均可用,主要做垫层或与 2、4 类措施组合使用
4	石灰土结构	①②③④⑤	缺少砂石地区	新、旧路均可用,做基层或垫层与 3、5 类措施组合使用
5	煤渣石灰土结构	①②③④⑤	缺少砂石地区,煤渣供应有保证	新、旧路均可用,做基层或垫层,或与第 4 类措施组合使用
6	透水性隔离层	①⑤	产砂石地区	适用于新路
7	不透水隔离层	①②④⑤	沥青、油毡纸、塑料薄膜供应有保证	多用于新路
8	盲沟	①⑤	坡腰或横向地下水露出地面,地下水位高的地段	新、旧路均可使用
9	换土	①②③⑤	产沙砾或水稳性好的材料地区	适用于新、旧路
10	无纺布土工膜	①②④⑤	平原区、丘陵区、山区	适用于新、旧路,可与 1~9 类中的任何一类措施组合使用

注:表中“①、②、③、④、⑤”指表 1-11 中的翻浆类型。

## 1) 做好路基排水, 提高路基

良好的路基排水可以防止地面水或地下水浸入路基, 使路基土体保持干燥, 从而减轻冻结时水分聚流的来源, 这是预防和处理地表水类与地下水类翻浆的首要措施。

提高路基是一种效果显著、简便易行、比较经济的常用措施。增大路基边缘至地下水或地面水位间的距离, 使路基上部土层保持干燥, 在冻结过程中不致因过分聚冰而失稳。

在重冰冻地区及粉性土地段, 在提高路基时还要与其他措施配合使用。

## 2) 铺设隔离层

隔离层设在路基顶面下 0.5~0.8 m 处, 其目的在于阻断毛细水的上升通道, 保持上部土基干燥, 防止翻浆发生。当地下水位或地面水位较高, 又不宜提高路基时, 可铺设隔离层。隔离层按使用材料可分为以下两类。

(1) 透水性隔离层。透水性隔离层采用碎石、砾石、粗砂或炉渣等做成。其厚度一般为 10~20 cm。为了防止淤塞, 应在隔离层的上面和下面铺设 1~2 cm 的泥炭、草皮或炉渣、石屑、针刺无纺布等透水性材料的防淤层。隔离层底部应高出地面水 20 cm 以上, 并向路基两侧做成 3%~4% 的横坡。和边坡接头的地方, 要用大块碎(砾)石铺进 50 cm, 如图 1-11 所示。

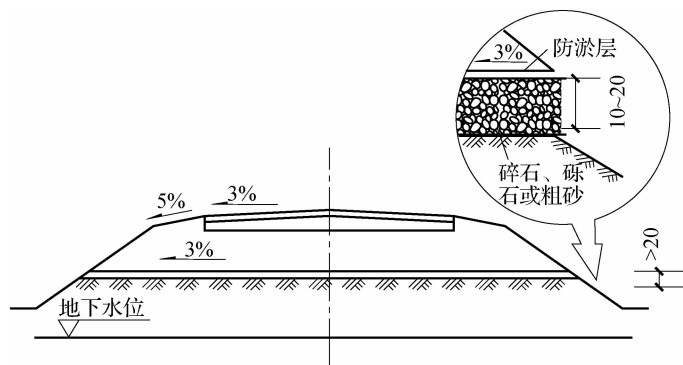


图 1-11 粗粒料透水隔离层(单位:cm)

(2) 不透水隔离层。不透水隔离层分不封闭式和封闭式两种。前者适用于一般路段, 用以隔断毛细水; 后者适用于地面排水有困难或地下水位高的路段, 用以隔断毛细水和横向渗水。

不透水隔离层所用的材料如下。

- ① 直接喷洒厚度为 2~5 mm 的沥青。
- ② 沥青含量为 8%~10% 的沥青土或沥青含量为 6%~8% 的沥青砂, 厚度一般为 2.5~3 cm。

③ 2~3 层油毡或塑料薄膜(在盐渍土地区不能使用)。

④ 复合土工膜, 一布一膜或两布一膜。

隔离层的适用条件及注意事项如下。

① 隔离层对新、旧路线翻浆均可采用, 特别适用于新线。

② 不透水隔离层适用于不透水路基中, 在透水路面下只能设透水隔离层。

## 3) 设置路肩盲沟或排水渗沟

(1) 路肩盲沟。为及时排除春融期间路基中的自由水, 达到疏干路基上部土体的目的,

可在路肩上设置横向盲沟。其适合于路基土透水性较好的地下水类翻浆路段。

盲沟布置时应与路中心线垂直。当路段纵坡大于1%时,则宜与路中心线成 $60^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 的交角(顺下坡方向),两边交错排列,一般5~6 m设置一道,深度为20~40 cm,宽度为40 cm左右。盲沟应用渗水性良好的碎(砾)石填充,沟底宜做成4%~5%的坡度。盲沟的出水口应高出边沟水面30 cm,出口按一般盲沟处理。

(2)排水渗沟。为了降低路基的地下水位,可在边沟下设置盲沟或有管渗沟。为了拦截并排除流向路基的层间水,可采用截水渗沟。

近年来,开发了一种新型的加筋软式透水管。透水管内经磷酸防腐处理并涂敷PVC的高强度弹簧硬钢丝,在钢圈外紧接纺织三层高强尼龙和特殊纤维制成的滤布和透水层。这种透水管坚固耐用、施工方便,尤其适于复杂地形使用,替代传统的盲沟和渗沟施工可取得较好的效果。

#### 4)换土

对因土质不良造成翻浆的路段,可在路基上部换填水稳定性好、冰冻稳定性好、强度高的粗颗粒土,以提高土的强度和稳定性。

一般可根据地区情况、道路等级、行车要求、换填材料等因素确定换土厚度。一般在路基土层换填40~60 cm厚的砂性土,路基即可基本稳定。

#### 5)改善路面结构层

(1)铺设砂(砾)垫层。砂(砾)垫层是用沙砾、粗砂或中砂做成的垫层。它具有较大的空隙,能隔断毛细水的上升;化冻时能蓄水、排水;冻融过程中体积变化小,可减小路面的冻胀和沉陷。它还具有一定的强度,能将荷载进一步扩散,从而减小路基的应力和应变。

(2)铺设水泥稳定类、石灰稳定类或石灰工业废渣类基(垫)层,以增强路面的板体性、水稳性和冻稳定性,提高路面的力学强度,起到减缓和防止路基冻胀与翻浆的作用。但在重冰冻地区的潮湿路段,不宜直接采用石灰土,须与其他措施配合使用,如在石灰土下铺设砂垫层等。

(3)设置防冻层。高级和次高级路面结构层的总厚度,除了满足强度要求外,还应满足防冻层的厚度要求,以避免路基内出现较厚的聚冰带,从而防止产生导致路面开裂的不均匀冻胀。防冻层的厚度可分别按相应路面设计规范的有关规定确定。

#### 6)砂桩

砂桩是排除路基土体水分、防治翻浆的一种方法,过去在我国各地采用较多。近10多年来,随着公路事业的迅速发展,黑色路面大大增加,防治翻浆的方法相应地采用石灰土、砂垫层等较多,而砂桩用得较少,但在防治砂石路面翻浆时仍多采用此法。

砂桩要等全部化冻时水分才能向下排出,故在重冰冻翻浆地段(下部尚未化冻,上部已积存了大量水分)使用砂桩会影响排水效果。因此,砂桩适用于防治轻冰冻地区地下水类的翻浆。

#### 7)改线

当上述各种方法都不合适时,在可能的情况下可采用改线的方法,即将路线改至邻近的水文地质和土壤条件较好的地带去。对于新建公路,在勘测选线时,必须注意沿线的水文地质情况,尽量避免通过易于翻浆的地段,如不可避免时,在设计时应提出根治措施,彻底处理好翻浆。

#### 4. 道路翻浆的养护

翻浆现象是一年四季都在发生变化的。秋季,水分开始聚积;冬季,水分在路基中重分布;春季,水分使路基上部过分潮湿;夏季,水分蒸发、下渗,路基处于干燥状态。因此,在各个季节里,应根据各自不同的现象,采取适当的养护措施,加强预防性的防治工作,以防止或减轻翻浆病害的发生。

##### 1) 秋季养护

秋季养护的主要工作是排水,尽量防止水分进入路基,保持路基处于干燥状态,以减少冬季冻结过程中由于温差作用向路面下土层聚流的水分,因此,秋季养护要做好下列工作。

(1)随时整修路面、路肩、边坡。路面应维护好路拱和平整度,及时处理裂纹、松散、车辙、坑槽、搓板、纵向冲沟等病害,避免积水。路肩应保持规定的排水横坡,尤其应在雨后夯压密实,保持路肩坚实平整。边坡要保持规定坡度,要拍压密实,防止冲刷和坍塌阻塞边沟,造成积水。

(2)修整地面排水设施,保证地面排水通畅。

(3)检查地下排水设施,保证地下水能及时排出。

##### 2) 冬季养护

冬季养护的主要工作是采取措施减轻路基水分在温差作用下向路基上层聚积的程度,同时要防止水分渗入路基。因此,冬季养护要做好下列工作。

(1)及时清除翻浆路段的积雪。

(2)经常上路检查,及时修补路面出现的裂缝、坑槽等,及时排除融化雪水。

(3)在往年发现有翻浆而尚未根治的路段以及发现翻浆苗头的路段,应在翻浆前做好准备工作,包括准备好抢防的用料。

##### 3) 春季养护

春季是翻浆的暴露时期,在天气转暖的情况下翻浆发展很快,养护的主要工作是抢防。

当路面出现潮湿斑点、松散、龟裂时,表明翻浆已开始出现,对鼓包、车辙或大片裂缝,行车颠簸,路基发软等现象,应采取以下抢防措施。

(1)在两边路肩上,每隔3~5 m交错开挖横沟,沟宽一般为30~40 cm,沟深按解冻情况逐渐加深,直到路面底层以下,沟的外口应高于边沟沟底。

(2)对路面坑洼严重的路段,除横向外,还应顺路面边线加修纵向小盲沟或渗水井。井的大小以直径不超过40 cm为宜,井与井的间距应根据实际情况确定,沟或渗水井的深度应至路面底层以下。如交通量不大,则也可挖成明沟。

(3)在条件许可的情况下,应尽量绕道行车或限制重车通过,避免因行车碾压加剧路面的破坏。

(4)在交通量较小的县乡公路上,可以先用木料、树枝等做成柴排铺在翻浆路段上,然后上面再铺上碎石、沙土,以临时维持翻浆期间的通车,防止将路面压坏。

##### 4) 夏季养护

夏季是翻浆的恢复期,养护的主要工作是修复翻浆破坏的路基、路面,采取根治翻浆的措施。

首先要查明翻浆的原因,对损坏路段的长度、起讫时间、气温变化、表面特征、养护情况等进行调查分析,作出记录,确定治理方法和措施。

## 任务 2 特殊地区的路基养护

### 1.2.1 黄土地区的路基养护

黄土是在干燥气候条件下形成的具有多孔性并有垂直节理的黄色粉性土。黄土具有湿陷性,即受水浸湿后会产生较大的沉陷,属低液限黏土, $w_L < 40\%$ 。其主要特征为:颜色以黄色为主,有灰黄、褐黄等色;含有大量粉粒(粉粒含量一般大于 55%);具有肉眼可见的大孔隙,孔隙比一般为 1;富含碳酸钙成分及其结核;无层理,导致黄土地区的路基容易产生各种特有的工程地质问题和病害。

黄土是一种分布较广的特殊土,在我国的分布面积约有  $6.4 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,广泛分布于黄河中游的河南西部,山西、陕西和甘肃大部分地区,以及青海、宁夏、内蒙古的部分地区,其中以黄土高原的黄土分布最为集中。这些地区的黄土分布厚度大,地层全面而连续,发育亦较典型。此外,在河北、山东、新疆以及东北三省亦有分布。

黄土因沉积地质时代的不同,在性质上有很大的差别。黄土可分为新黄土、老黄土和红色黄土三类,见表 1-14。

表 1-14 黄土的工程类型

分类名称	地层名称	地质符号	地质年代	按成因划分类型
新黄土	马兰黄土 2	$Q_{IV}$	全新世(近代)	(1)风积; (2)冲积或洪积; (3)坡积
	马兰黄土 1	$Q_{III}$	晚更新世(新第四纪)	
老黄土	离石黄土上部	$Q_{III}$	早更新世(新第四纪)	不分
	离石黄土下部	$Q_{II}$		
红色黄土	午城黄土	$Q_I$	早更新世(新第四纪)	

#### 1. 黄土地区路基的常见病害

黄土具有疏松、湿陷、遇水崩解、膨胀等特性。常见的病害有如下几种。

- (1)路堤沉陷。
- (2)路缘石周围渗水。
- (3)路肩和边坡在多次干湿循环后,出现裂缝、小块剥落、小型塌方、沟槽、陷穴、滑塌或在地下水及地面水的综合作用下形成泥石流,使路肩、边坡受到破坏。
- (4)边沟被水冲深、蚀宽,导致路肩、边坡脚受到破坏。

#### 2. 黄土地区路基的加固措施

(1)当公路通过纵向、横向沟壑时,对边坡病害的治理可采取下列措施。

- ①对沟壑边坡的疏松土层,可采用挖台阶的办法予以清除。台阶宽度不小于 1 m,如图 1-12 所示。



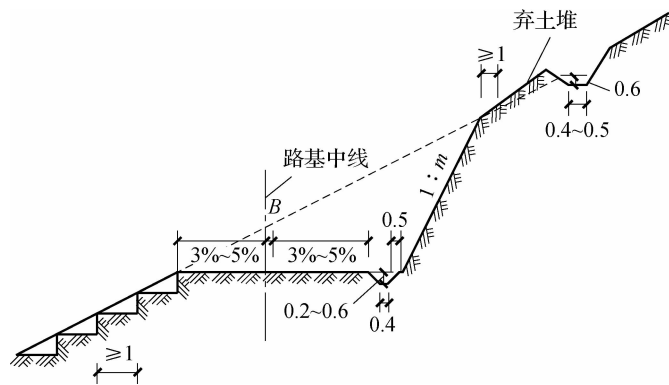


图 1-12 边坡疏松土层的清除(尺寸单位:m)

②对疏松的坡面,要拍打密实或用轻碾自坡顶沿坡面碾实;如坡度缓于 1:1,且雨量适宜草类生长的,可用种草、铺草皮等方法加固。

③对雨量较小、冲刷不严重的坡面,可采用黏土掺拌杂草进行抹面,并每隔 30~40 cm 打入木楔,增强草泥与坡面的结合。

④在雨雪量较大的地区,应用石灰、黄土、细砂三合土或加炉渣的四合土进行抹面加固。

⑤高路堤边坡的防护加固方法:一是植物护坡,选用根系发达、茎干低矮、枝叶旺盛、生长力强、多年生植物;二是葵花拱式浆砌铺块,材料可采用混凝土块或块片石等,在上面播种草籽和种植小灌木,如图 1-13 所示。



图 1-13 葵花拱式浆砌边坡

(2)对路基出现的陷穴,要查清水的来源、水量、发展情况等,先做好导水或排水设施,将水排除到路基以外,然后灌沙、灌泥浆填塞或挖开填塞孔道后再回填夯实。

(3)因地表水侵蚀而使路肩上出现坑凹时,可采取下列措施。

①用沙、土混合料改善表层。

②路肩硬化采用无机结合料稳定类半刚性基层、沥青表面处置层,或其他硬化结构。

③路肩未硬化地段,为防止地表水渗入路面底层中,每隔 20~30 cm 设盲沟一处。盲沟口与边坡急流槽相接,盲沟与盲沟之间铺设塑料薄膜防水层,如图 1-14 所示。

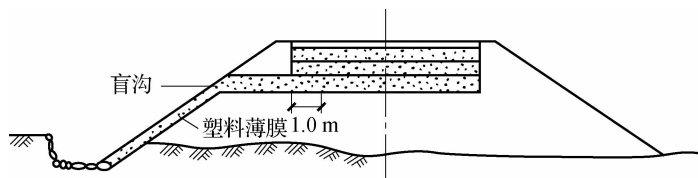


图 1-14 路肩未硬化地段

(4)在高路堤(大于 12 m)地段,为防止路基下沉,应在垫层下铺设塑料薄膜防水层(塑料薄膜的厚度不小于 0.14 mm),并设置盲沟。路面采用水泥混凝土预制块铺砌。

(5)通过沟壑时,如未设置防护工程,则应先在上游一侧路基边坡的底部铺设塑料薄膜或其他隔水材料,然后在隔水层上铺砌浆砌片石坡脚,铺砌高度  $h$  高于常水位 20~50 cm,如图 1-15 所示。

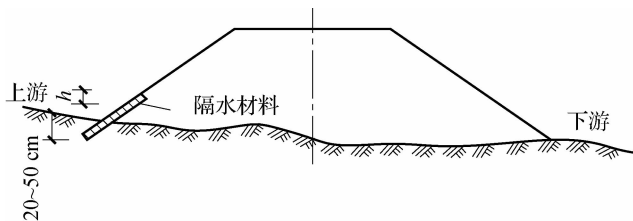


图 1-15 坡脚铺设塑料薄膜及片石铺砌

(6)设置拦水埂及急流槽,按《公路养护技术规范》(JTG H10—2009)的规定办理。

### 1.2.2 膨胀土地地区的路基养护

膨胀土中的黏粒成分主要由亲水性矿物组成,是具有显著的吸水膨胀和失水收缩开裂两种变形特性的黏性土。膨胀土的分布十分广泛,在世界五大洲中的 40 多个国家都有分布。在我国的广西、云南、湖北、安徽、四川、河南、山东等 20 多个省(区)180 多个市县已发现了膨胀土的分布。

影响膨胀土胀缩特性的内在因素,主要是矿物成分及微观结构两方面。试验证明,膨胀土中含有大量的活性黏土矿物,如蒙脱石和伊利石,尤其是蒙脱石,其比表面积大,在低含水率时对水有巨大的吸力,土中蒙脱石含量的多少直接决定着土的胀缩性质的大小。除了矿物成分因素外,这些矿物成分在空间上的连接状态也影响其胀缩性质。经过对大量不同地点的膨胀土扫描电镜分析得知,面-面连接的叠聚体是膨胀土的一种普遍的结构形式,这种结构比团粒结构具有更大的吸水膨胀和失水收缩的能力。

影响膨胀土胀缩特性的外界因素则是水对膨胀土的作用,或者更确切地说,水分的迁移是控制土胀缩特性的关键外在因素。因为只有土中存在着可能产生水分迁移的梯度和进行水分迁移的途径,才有可能引起土的膨胀或收缩。

在自然条件下,膨胀土一般呈黄、褐、棕及灰绿、灰白等颜色,土体发育有各种特定形态的裂隙,常见光滑面和擦痕,裂缝随气候变化张开和闭合,并具有反复胀缩的特性;膨胀土多出现于二级及二级以上的阶地、山前丘陵和盆地边缘,一般地形平缓、无明显自然陡坎、具有典型的垄岗式地貌。

膨胀土对公路工程的危害形式是多样的,而且变形破坏具有多次反复性。膨胀土地区的路基边坡常大量出现塌方、滑坡,有“逢堑必滑,无堤不塌”之说。我国过去修建的公路一般等级较低,由膨胀土引起的工程问题不太突出。然而,随着近年来兴建的高等级公路越来越多,不少的膨胀土地区都遇到了严重的路基病害,造成了重大的经济损失。因此,在有条件时不要轻易使用规范规定的自由膨胀率为 40% 以下的弱膨胀土,以减少疑似质量病害的发生。

## 1. 膨胀土地区的路基病害

### 1) 路堑病害

(1)剥落。剥落是路堑边坡表层受物理风化作用,使土块碎裂成细粒状、鳞片状,在重力作用下沿坡面滚落的现象。

(2)冲蚀。冲蚀是坡面松散土层在降雨或地表径流集中水流的冲刷和侵蚀作用下,沿坡面形成沟状冲蚀的现象。冲蚀沟深一般为0.1~0.5 m,深者可达1.0 m。冲蚀的发展使边坡变得支离破碎。冲蚀主要发生在雨季,特别是大雨或暴雨季节。冲蚀既会破坏坡面的完整性,也不利于植物的生长。

(3)泥石流。泥石流是坡面松散土粒与坡脚剥落的堆积物在雨季被水流裹带搬运形成的。一般在膨胀土长大坡面、风化剥落严重且地表径流集中处最易形成泥石流。泥石流常造成边沟或涵洞的堵塞,严重者可冲毁路基、淹埋路面。

(4)溜塌。边坡表层强风化层内的土体,因吸水过饱和,在重力与渗透压力的作用下,沿坡面向下产生塑流状塌移的现象,称为溜塌。溜塌是膨胀土边坡表层最普遍的一种病害,常发生在雨季,并较降雨稍有滞后,可在边坡的任何部位发生,与边坡坡度无关。溜塌上方有弧形小坎,无明显裂缝与滑面,塌体移动距离较短,且很快自行稳定于坡面。溜塌的厚度受强风化层控制,大多在1.0 m以内,最厚不超过1.5 m。

(5)坍塌。边坡浅层膨胀土体在湿胀干缩效应与内化作用的影响下,由于裂隙切割以及水的作用,土体强度衰减,丧失稳定,沿一定滑面整体滑移并伴有局部坍塌的现象,称为坍塌。坍塌常发生在雨季,并较降雨稍有滞后。滑面清晰且有擦痕,滑体裂隙密布,多在坡脚或软弱的夹层处滑出,破裂面上陡下缓,滑面含水富集,明显高于滑体。坍塌若继续发展,可牵引形成滑坡。坍塌的厚度一般在风化作用层内,多为1.0~3.0 m。

(6)滑坡。滑坡具有弧形外貌,有明显的滑床,滑床后壁陡直,前缘比较平缓,主要受裂隙控制。滑坡多以牵引式出现,具叠瓦状,成群发生;滑体呈纵长式,有的滑坡从坡脚可一直牵引到边坡顶部,有很大的破坏性。滑体的厚度大多具有浅层性,一般为1.0~3.0 m,多数小于6.0 m,与大气风化作用层的深度密切相关。膨胀土滑坡主要与土的类型和土体结构关系密切,与边坡高度和坡度并无明显关系。因此,试图以放缓边坡来防治滑坡几乎是徒劳的,必须采取其他有效的防护加固措施。

### 2) 路堤病害

(1)沉陷。膨胀土初期的结构强度较高,在施工时不易被粉碎,亦不易被压实。在路堤填筑后,由于大气物理风化作用和湿胀干缩效应,土块崩解,在上部路面、路基自重与汽车荷载的作用下,路堤易产生不均匀下沉,如伴随有软化挤出则可产生很大的沉陷量。路堤越高,沉陷量越大,沉陷越普遍,尤以桥头填土的不均匀下沉更为严重。不均匀下沉会导致路面的平整度下降,严重时可使路面变形破坏,甚至屡修屡坏。

(2)纵裂。路肩部位常因机械碾压不到,造成填土达不到要求的密实度,因而后期沉陷相对较大。同时因路肩临空,对大气物理作用特别敏感,干湿交替频繁,肩部土体失水收缩远大于堤身,故在路肩顺路线方向常产生纵向开裂,形成长达数十米甚至上百米的裂缝。缝宽为2~4 cm,大多距外缘0.5~1.0 m。

(3)坍塌。路堤肩部土体压实不够,又处于两面临空部位,易受风化影响使强度衰减,当有雨水渗入时,特别是当有路肩纵向裂缝时,容易产生坍塌。塌壁高多在1 m以内,严重者

大于 1 m。

(4)溜塌。与路堑边坡表层溜塌相似,但路堤边坡溜塌多与边坡表面压实不够有关。溜塌多发生在路堤的坡腰或坡脚附近。

(5)坍塌。膨胀土路堤填筑后,边坡表层与内部填土的初期强度基本一致。但是随着通车时间的延续,路堤经受几个雨湿季节的反复收缩与膨胀作用后,表层填土风化加剧,裂隙发展,当有水渗入时,膨胀软化,强度降低,导致边坡坍塌的发生。

(6)滑坡。路堤滑坡与填筑膨胀土的类别、性质、填筑质量以及基底条件等有关。若用灰白色强膨胀土填筑堤身,则会形成人为的软弱面(带);填筑质量差,土块未按要求打碎;基底有水或淤泥未清除,处理不彻底;边坡防护工程施工不及时;边坡表层破坏未及时整治等,这些因素都有可能产生滑坡。因此,膨胀土路堤有从堤身滑动的,也有从基底滑动的。

### 2. 膨胀土路基的养护要点

#### 1) 保持排水良好

完善路基排水设施对于膨胀土路基的稳定具有特殊、重要的意义。如能防水保湿,则可消除膨胀土湿胀干缩的有害影响。为此,应注意以下几点。

(1)对所有排水设施均应进行日常养护,以使危害路基稳定的地面水、地下水能顺畅排走;防止积水浸泡路基,地下水浸入路基。

(2)对所有地面排水沟渠,特别是近路沟渠,均应铺砌和加固,以防冲、防渗;如有砂浆脱落应及时进行养护。

(3)边沟应较一般地区适当加宽、加深。在路堑边沟外侧应设平台,以保护坡脚免遭水浸,并防止剥落物堵塞边沟。

(4)堑顶设截水沟,以防水流冲蚀坡面和渗入坡体。堑顶截水沟应距堑缘 10~15 m。截水沟纵坡宜以岗脊为顶点向两侧排水。

(5)对台阶式高边坡,应在每一级平台内侧设截水沟,以拦截并排除上部坡面水,并宜在截水沟与坡脚之间设一定宽度的平台,以利坡脚稳定。

#### 2) 路面采用不透水面层

一般公路应尽可能采用柔软的面层和较厚的粒料基层;高速公路宜采用厚层石灰土底基层。

#### 3) 路基面横坡尽可能大一些

路肩尽可能宽一些,最少不小于 2.0~2.5 m,横坡要尽可能大一些。路肩全宽用与路面基层相同的结构层铺砌,并铺设较薄的不透水面层或做防渗处置。

#### 4) 路基压实

国外修筑膨胀土路基时通常遵循“较高含水率、较低密度”的原则,即在比轻型压实标准最佳含水率略高的含水率下压实到较低的干密度。国内一些公路部门在进行公路养护时,综合考虑路基的强度要求、压缩变形、胀缩变形、施工可能性等因素,认为压实含水率的控制以平衡含水率为基础,建议取 $(0.8\sim 0.9)\omega_p$ ,或稠度为 1.1~1.3 时的含水率压实,压实度不低于轻型压实标准的 95%。

#### 5) 土基加固

如不得已需用膨胀土填筑土基时,则应采用石灰、水泥等无机结合料对膨胀土进行改良

和加固,以使土基稳固。所用剂量视膨胀土性质与改良、加固要求而定,使用石灰时一般以4%~6%为宜。所需厚度视膨胀土性质、公路等级与当地气候条件而定,对一般公路,可用30~50 cm;对高速公路,则宜使土基处置层与路面总厚度之和不小于100~150 cm。

### 1.2.3 沙漠地区的路基养护

我国沙漠地区主要分布在北方干旱、半干旱地区。由于这些地方的气候比较干燥,雨量稀少,风沙大,故地表植被均较稀疏、低矮,边坡或路肩容易被风蚀,或整个路基被风积沙掩埋等。因此,应备足防护材料,做好路基的防护工作。

我国沙漠分布区气候干旱、降水稀少,年降水量自东向西递减,东部沙区年降水量可达250~500 mm,内蒙古中部及宁夏一带沙区为150~250 mm,阿拉善地区及新疆的沙区均在150 mm以下,其中塔克拉玛干沙漠的东部及中部还不到25 mm。沙漠地区全年的日照时间一般为2 500~3 000 h,无霜期一般为2 880~3 120 h;10℃以上活动积温,除内蒙古东部的一些沙区外,一般多为3 000℃~5 000℃。气温变化很大,年均温差为30℃~50℃,日温差变化更为显著。风季风速可达5~6级,风沙日数为20~100 d,个别地区可占全年的1/3。

#### 1. 风沙对公路路基的危害

沙漠地区虽然雨量稀少,但一般降水均为暴雨,易造成水毁病害;我国的沙漠地区大多同时有盐渍土分布,路基往往也遭受盐胀等病害的威胁;高纬度沙漠地区因低温,路基易发生冻胀翻浆病害。风沙对公路的主要危害是沙埋和风蚀。

##### 1) 沙埋

(1)沙埋的原因。公路沙埋主要有两种情况,其一是由于风沙流通过路基时,由于风速减弱,导致沙粒沉落、堆积,掩埋路基;其二是由于沙丘移动上路而掩埋路基。

##### (2)沙埋的类型。

①片状沙埋。片状沙埋的面积较大,形成也较迅速,主要发生在风沙流活动的地区;初期积沙较薄,通过养护尚能维持通车,如沙源丰富,积沙日益增厚,则会阻断交通。

②舌状沙埋。在流动沙丘地区,当路线横切沙丘走向时,或在风沙流活动地区,当路基上风侧有障碍物时,均可形成舌状沙埋。舌状沙埋形成迅速、厚度较大,一场大风即可使交通中断。

③堆状沙埋。堆状沙埋主要发生在流动、半流动沙丘地区,沙丘前移上路,造成大量沙子的堆积。堆状沙埋的发展需要一定的时间,能够预测,可以预防,但一经形成,因积沙量大,危害严重,处理起来比较困难。

##### 2) 风蚀

在风沙的直接冲击下,路基上的沙粒或土颗粒被风吹走,出现路基削低、淘空和坍塌等现象,从而造成路基宽度和高度的减小。风蚀的程度与风力、风向、路基形式、填料组成及防护措施等有关。

(1)路堤。当主导风向与路基处于正交时,迎风侧路肩及边坡上部风蚀较严重,背风侧较轻。当主导风向平行路基时,两侧路肩及边坡上部均易遭受风蚀。

(2)路堑。路堑边坡的风蚀一般均较严重,风蚀程度则随路线与主导风向的交角而有所不同。当风向与路线平行时,两侧坡面多被风蚀成条沟状;当风向与路线正交时,迎风坡面的局部地方则易被淘空呈犬牙状。

## 2. 沙漠地区路基的防护措施

“固、阻、输、导,综合治理”是沙漠地区筑路的基本方针。公路养护也应遵循此方针。当公路两侧所设置的沙障、石笼、风力加速堤或用黏土沙砾覆盖的设施、防沙栅栏及为防沙设置的一切设施有被淹埋、倾倒、损坏和失效的情况发生时,应及时拔高、扶正或修复补充;及时修理、填补卵(片)石护坡或草格防沙设施的塌落、破坏以及边坡上出现的风蚀、空洞、坍塌。对无防护措施的边坡,根据使用情况增做护坡,以保持路基完好。

植树造林能起到固沙、防沙,保护公路的作用。因此,对公路两侧现有的植物应加强管理和维护,并有计划地种植防沙植物,使它们沿公路形成防护林带,并做到勤检查、勤浇灌、勤培土、勤修整,保证植被的完整与繁衍。路肩上严禁堆置任何材料或杂物,以免造成沙丘。对公路上的积沙,应及时清除并运到路基下风侧 20 m 以外的地形宽阔处,摊撒平顺,严禁随意放置。

### 1) 固沙

固沙的措施:一是采用各种材料作为覆盖物,将沙质表土与风的作用隔离;二是设置各式沙障,达到降低地表风速、减少风沙流活动的目的。

(1)覆盖物固沙。利用柴草、土类和沙砾石等材料覆盖于沙面上以起到隔离风与沙面的作用。

(2)沙障固沙。用柴草、黏土、树枝等材料设置成沙障,以减小地表风速,削弱风沙流活动能力,并阻挡部分外来流沙。工程中可根据不同情况,选用下列沙障。

①草方格沙障。在流动沙丘上,将麦草等扎成 1~2 m 见方的草方格(方格的一边必须与主风向垂直)。这种半隐蔽式沙障,防沙效果良好,如图 1-16 所示。



图 1-16 固沙

②黏土沙障。用黏土碎块在沙丘上堆砌成小土埂。它不但设置简便、耐用,且固沙与保水性能较好。

③草把子沙障。将芦苇绑扎成束,铺设于流动沙丘上,将束径的 1/2 埋入沙中,以增加地面的粗糙度来阻止沙丘的移动。

④树枝条高立式沙障。用树枝条或芦苇按行列式或格状插入沙内。其外露高度要在 1 m 以上,以削弱风沙活动的的能力,并阻挡部分路外流沙侵入。

### 2) 阻沙

利用各种材料,在迎风路侧的适当距离和位置上设置若干人工障碍物,以降低近地面的风速,减弱风沙流的作用,使沙粒沉积在一定的范围内,以减少和抑制沙丘前移,从而减轻或

防止对公路产生危害。阻沙工程可采取下列措施。

(1)高立式防沙栅栏。高立式防沙栅栏主要用灌木枝条、玉米、高粱或芦苇等高秆植物制作而成。一种形式是将植物秆成行栽入沙内 30~50 cm 深,外露 1 m 以上形成防风篱笆;另一种形式是将植物秆枝编成 1.5 m×2.0 m 的笆块,固定于桩上,如图 1-17 所示。

由于防风篱笆的排列和笆块编织孔径的不同,造成的风阻作用和透风程度有明显的差别。紧密不透风的篱笆降低风速的有效距离是其高度的 15~20 倍,迎风侧的积沙宽度是篱笆高度的 2~3 倍,背风侧的积沙宽度为篱笆高度的 5 倍左右。当篱笆的孔隙率为 50%时,其迎风侧积沙甚少,背风侧的积沙宽度为篱笆高度的 12~14 倍。因此,从防风阻沙的作用来看,直立式防沙栅栏以紧密结构为宜。

(2)挡沙墙(堤)。挡沙墙(堤)是直接利用就地沙土或沙砾修筑的紧密不透风的挡沙结构。其高度一般为 2~2.5 m,两侧边坡为 1:1.5~1:2。采用就地沙土修筑时,应用土或沙砾进行表面封固,如图 1-18 所示。

挡沙墙(堤)的阻沙量  $V$  与墙高  $h$  及主风向与路线的交角  $\alpha$  的关系如下。

$$V=4.5h^2 \sin \alpha \quad (1-2)$$



图 1-17 高立式防沙栅栏



图 1-18 挡沙墙(堤)

(3)为提高阻沙效果,可采取栅栏与挡沙墙(堤)结合的形式。阻沙设施设置的道数及近路的一道距路基边缘的最近间距,应根据沙源数量、年风沙流量、风向与路线交角等因素进行综合考虑。一般阻沙设施距路基边缘的最小距离不小于 150 m;多道防沙设施之间的距离不应小于设施高度的 15~20 倍。

### 3)输(导)沙

借助人造构造物或人为地改变地形,以加大地面风速,使公路两侧的防护范围成为非堆积搬运地带,达到防沙的目的。具体可采取下列措施。

(1)修筑路旁平整带。将路基两侧 20~50 m 内的一切突出物整平,并用固沙材料封固。有取土坑的,可将坑修成弧形的浅槽,如图 1-19 所示。

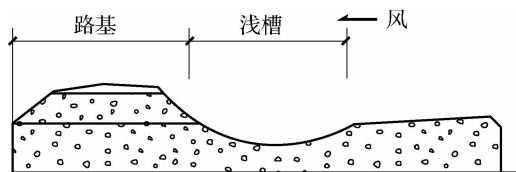


图 1-19 设有浅槽的路基输沙

(2) 设下导风板(又称为聚风板)。下导风板由立柱、横撑木及栅板组成,其板面高度与下口高度之比以  $1:0.7$  为宜,如图 1-20 所示。下导风板主要适用于风向单一,沙丘分布稀疏,移动快的低矮沙丘、沙垄造成的局部严重沙害。下导风板的设置长度应超过需防护沙害路段的长度,以免板端的绕流作用使两端出现舌状积沙。

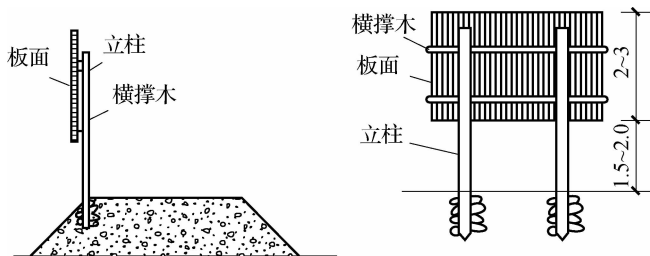


图 1-20 直立式下导风栅板的结构和设置部位(单位:m)

(3) 设有浅槽与风力堤的输沙法。在沙源较丰富的流动沙丘地区,为防治沙丘前移对路基造成的危害,应在路基迎风侧设置浅槽与风力堤,借助浅槽特有的气流升力和与风力堤的综合作用,加大风速,达到公路的输沙目的。如图 1-21 所示,风力堤顶与路基同高; $L/H$  值控制在  $10\sim 20$ ,各变化点均应做成流线型浅槽与风力堤,采取固沙措施进行封固。

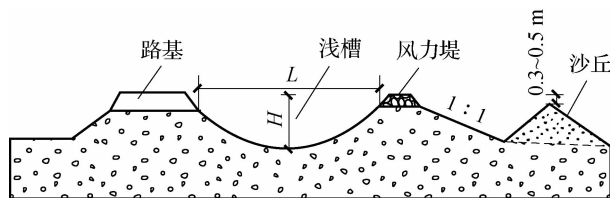


图 1-21 设有浅槽与风力堤的路基输沙

(4) 将路堤做成输沙断面。路堤高度低于  $30\text{ cm}$ ,边坡坡度采用  $1:3$ ;路堤高度大于  $30\text{ cm}$ 。当风向与路线成锐角相交时,边坡度采用  $1:6$ 。路肩边缘均应做成流线型。

(5) 路线与沙垄延长线锐角相交时,可在上风侧  $30\sim 40\text{ m}$  处设置大体与路线平行、尾部稍向外摆的沙障或导沙堤,将风沙流的角度做微小的调整,以便将风沙流导出路外。

由于沙害情况比较复杂,且影响因素诸多,各种工程设施如设置不当,容易造成更严重的沙害。因此,在设置防沙工程设施时,应先进行小规模试验,并及时总结经验,再逐步推广应用。

#### 1.2.4 多年冻土地地区的路基养护

在年平均气温低于  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  的情况下,地下形成一层能长期保持冻结状态的土,这种土叫多年冻土。在我国的兴安岭和青藏高原的高寒地区分布有成片的多年冻土,天山、阿尔泰山及祁连山等地也有零星分布。低温地带的多年冻土往往含有大量水分或夹有冰层,并有一些不良的地质现象,导致路基产生病害。路基主要病害如下。

- (1) 路堑边坡坍塌。
- (2) 路基底发生不均匀沉降。
- (3) 由于水分向路基上部集聚而引起冻胀、翻浆。



(4)路基底的冰丘、冰堆往往使路基鼓胀,引起路基、路面的开裂与变形,而融化后,又会发生不均匀沉陷。因此,多年冻土地地区的路基养护应遵循“保护冻土”的原则,做到“宜填不宜挖”,尽量避免扰动冻土。

### 1. 采取的措施

对多年冻土地地区的路基养护可以采取以下措施。

#### 1) 维护路基

(1)在多年冻土地地区填土路基坡脚 20 m 范围内不得破坏原地貌。

(2)多年冻土地地区的地面水无法下渗,容易形成地表潮湿或积水,故应将积水引向路基以外排出,避免危害路基。

(3)疏浚边沟、排水沟,防止破坏冻层。若冻土发生融化,则会发生边坡坍塌。养路所用的土或砂石材料,宜在路堤坡脚或路堑坡顶 20 m 以内采集,防止破坏冰土,影响路基稳定;采集时,应分点采集。

#### 2) 采取导温措施

(1)基床保温措施。在基底铺设隔温层,既可以补偿路堤基底的表层植被及泥炭因压缩变薄及压实而导致的热传导性能增加,亦可减少填土蓄热对基底的散热影响,起到保温效果。关于隔温材料的种类,国外有采用泡沫塑料隔热板材的,但其造价较高,而我国东北大、小兴安岭地表生长的塔头草及泥炭层是良好的保温材料,可就地取材,造价低且施工简便,一般铺设厚度为 0.4~0.6 m,上铺 0.2 m 厚的黏土层作为保护层。当用夯填泥炭、草皮或夯填黏土、草皮铺砌坡面时,边坡坡度一般为 1:1.5~1:2.0;当用叠砌草皮、反扣塔头铺砌坡面时,边坡坡度一般为 1:1.0~1:1.5。基底铺设泥炭层的多年冻土路堤在基底泥炭隔温层及两侧设置的保温护道的共同作用下,基底人为上限上升明显。更换底层土为一定厚度的保温材料,如炉渣等,可以调整路基冻结深度,减少路基上冻土的水分聚流现象,同时炉渣具有吸收薄膜水和较好排水的性能,可以保证融化期路基的干燥。炉渣保温层的厚度可通过冻渗理论计算,一般不少于 0.4 m。

(2)导温盲沟。导温盲沟也称冷暖盲沟,是一种由炉渣横向暖沟与卵石纵向冷沟联合组成的导温方案。其原理是通过先在轨道下基床间设置的横向暖沟使土基冻结滞后,再在路基两侧设置纵向冷沟。由于其填料的温度传导系数大且通风良好,使得其周围的路基土先行冻结,因而,路基土中的水分必然向冷沟附近的冷却区聚集。春融时,冷沟附近的冻土及冻体先行融化,土中的水由纵向盲沟排出。这样,整个基床土将分期融冻、分期冻结,路基湿度将大大降低,提高了路基的整体承载力。实践中曾采用包裹有土工布的 40~200 mm 洗净的卵石代替反滤层,效果较好。

(3)设置保温护道。多年冻土路堤的另一个保温措施是设置保温护道,用以减少及削弱因热传导作用而引起的对多年冻土的影响,防止向阳坡侧人为上限的下降和缓和坡侧人为上限的破坏。以黏性土填筑的保温护道可以阻挡和减少路堤坡脚处地表水渗入基底,防止基底冻土融化,保证路堤稳定。护道材料宜根据“就地取材、方便施工”的原则,并结合防水综合选择,采用泥炭草皮或细粒土均可。在需要加强防水的地段以土护道为宜。

(4)土工布、EPS 导温垫床。土工布具有隔离、渗滤、排水、加固和强化土体的作用,在整治一般翻浆中已得到广泛应用。EPS(聚苯乙烯塑料)是一种新型防冻土聚合材料,呈泡沫状,经可发性聚苯乙烯存储、预发泡、成熟处理及模制过程加工而成。试验证明,密度为 45 kg/m<sup>3</sup>

的 EPS 材料,吸水率小、含气量高、导热系数小,在受水浸湿时仍有较好的隔热效果,且能满足动荷载为 200 kPa 的强度和变形要求,近几年已在寒冷地区整治路基冻害中多处使用。实践证明,采用密度为  $45 \text{ kg/m}^3$ 、外形尺寸(厚 $\times$ 长 $\times$ 宽)为  $5 \text{ cm}\times 150 \text{ cm}\times 75 \text{ cm}$  的 EPS 板,效果良好。

### 3) 提高路堤,保证路堤的最小高度

在多年冻土上修筑路堤,只要满足最小高度(遵循“保护冻土”原则设计路堤时,能使基底人为上限维持在原天然上限位置的最小高度)并采取综合的保温措施后,一般人为上限最终均能较天然上限有所上升,或保持在天然上限的位置。因此,为了保持路堤稳定,防止基底人为上限的下降,需要确定路堤的最小高度。

确定路堤的最小高度,需要考虑多种因素。它既与区域气候密切相关,又与填料类别、地表下泥炭层厚度及以下的冻土介质特性和采取的保温措施有关,但最主要因素是区域气候。

### 4) 治理路堑段

对细颗粒土和多年冻土地段的路堑,由于开挖引起冻土融化,黏性土呈可塑状态,砂性土呈潮湿状态,这种情况一般不会影响基底稳定,可不用换填,只需适当地加深黏性土基底的边沟及加大其纵坡。为防止冻土融化而发生边坡滑坍,路堑边坡应适当放缓至  $1:1.5\sim 1:2.0$ ,或考虑用草皮加固。对于富冰冻土地段的路堑,除放缓边坡外,基底尚应换填不小于  $0.5 \text{ m}$  厚度的渗水性土。

在路堑的坡顶避免设置截水沟,宜修挡水墙并与坡顶距离不小于  $6.0 \text{ m}$ 。对冰冻土及地下冰地段的路堑,为避免冻土融化发生边坡滑坍及基底松软,应采取边坡保温及基底换填的措施。

### 5) 治理涎流冰等冰害路段

涎流冰是指在寒冷气候条件下,地下水或地面水漫溢到地面或路面上,自下而上逐层冻结,形成涎流冰,东北地区常称为“冰湖”。《公路养护技术规范》(JTG H10—2009)规定:对有涎流冰产生的路段,应适当提高路基高度,保持路基高于涎流冰最大壅冰高度加  $0.5 \text{ m}$ 。具体可参考以下措施。

(1) 因受地形或纵坡限制,不能提高路基时,可在临水一侧路外缘点,或在路侧溪流初结冰后,从中凿开一道沟,用树枝杂草覆盖加铺土或雪保温,使水沿水沟流动,避免溢流上路;也可将溪流改至远离公路的地方通过。

(2) 将路基上侧的泉水,夹层、透水层的渗水,从保温暗沟导流出路外。若含水层尚有未冻结的下层含水层,可将上层水导入下层含水层中排出。

(3) 当路基处于有涎流冰的山坡时,可在路基上侧边沟外增设聚冰坑和挡冰墙;也可在公路边沟外侧上方  $1.0\sim 1.5 \text{ m}$  处开挖与路线平行的深沟,以截断活动层泉流,使冬季涎流冰聚集在离公路较远处,保证公路不受涎流冰的影响。

(4) 根据涎流冰的数量,在公路外侧修筑储水池,使涎流冰不上路。

### 6) 保护地表植被及泥炭层

地表多被活的地被植物及泥炭层所覆盖,这些活的地被植物及泥炭层是多年冻土良好的保温层。因为植物介于大气层和地层之间,积极参与两者之间的热量交换,对土的冻结和融化均有很大影响。尤其在夏季时,植物能遮挡太阳的强热辐射,减弱地表的受热程度,减

少进入土中的热量,减缓和减少冻土的融化速度与深度。在冬季时,植被使土中的热量不易散发,降低疾患土的冷却速度。植物根系有保持一定水分的能力,若为苔藓及泥炭,则吸水能力更强。大量的水分蒸发会消耗很多热量,使相当一部分太阳辐射热进入不到冻土中。同时植物在进行光合作用时,也要吸收太阳内能供其生长发育的能量。由此可见,天然植被起着非常重要的作用。

## 2. 施工注意事项

(1) 遵循“保护冻土”原则设计的路堑及部分换填的路堤,其施工期宜安排在冻结期。如在融化期施工,则应采用分段快速施工的方法,以免冻层暴露时间过久,发生破坏。

(2) 多年冻土地区的地表水无法下渗,容易形成地表潮湿或积水,这不但会影响路基的稳定,还会影响施工质量与工效。因此,施工前必须做好排水工作。

(3) 在开挖排水沟或取土坑时,必须注意防止由于冻土融化而产生的边坡坍塌及影响路基稳定的现象发生。一般不宜开挖过深,以免造成地下水露出,冬季形成冰锥,危害路基。

(4) 路基的防护与加固应考虑保温。对于需保护的冻土,其上均须及时设置足够厚度的保温层,以免在施工过程中引起多年冻土的融化。

(5) 草皮护坡铺砌应上下错缝,彼此互相嵌紧。块与块之间的缝隙用土或碎草皮填塞严密(严禁用石块塞缝),使草皮连成一个整体,以利于坡面草皮成活和防止空气对流,加速保温层的稳定。

## 3. 养护措施

针对冻土地区路基病害的不同情况,可以采取以下措施。

(1) 多年冻土地区的路基养护,应遵循“保护冻土”的原则,做到“宜填不宜挖”。除满足不同地区、气候、水文、土质等路基填筑的最小高度外,另加 50 cm 保护层。路基填方高度不宜小于 1 m。

(2) 养护材料尽量选用沙砾等非冻胀材料,不应选用黏土、重黏土之类毛细作用强、冻胀性大的养护材料。

(3) 加强排水,防止地表积水,保持路基干燥,减少水隔,做到最大限度地保护冻土。应完善路基侧向保护和纵、横向排水系统,一切地表径流应分段截流,通过桥涵排出路基下方坡脚 20 m 以外。路基坡脚 20 m 以外不得破坏地貌,不得挖除原有草皮;取土坑应设在路基坡脚 20 m 外;路基上侧 20 m 外应开挖截水沟,防止雨水、雪水沿路基坡脚长流或向低处汇集,导致地表水下渗、路基下冻土层上限下降。疏浚边沟、排水沟时,应防止破坏冻层,导致冻土融化,产生边坡坍塌。

(4) 受地形限制,路基填筑高度不够时,应铺筑保温隔离层。保温材料可采用泥炭、炉渣、碎砖等,防止热融对冻土的破坏。

(5) 防护构造物应选用耐冻融性材料。选用防水、干硬性砂浆和混凝土时,在冰冻深度范围内,其强度等级应提高一级。

(6) 涎流冰的治理宜采用的方法是:将路基上侧的泉水及夹层和透水层的渗水,从保温暗沟(或导管)导流出路基外。如含水层下有不冻结的下层含水层,则可将上层水引入下层含水层中排出。

(7) 提高溪旁路基的高度,使其高于涎流冰面 60 cm 以上。因受地形或纵坡限制不能提

高路基时,可在临水一侧路外筑堤埂或从中部凿开一道水沟,用树枝杂草覆盖加铺土保温,使水流沿水沟流动,避免溢流上路。如地形许可,可将溪流改至远离公路处通过。

### 1.2.5 盐渍土、盐湖地区的路基养护

当地表 1 m 内含有容易溶解的盐类超过 0.3% 时,则该地表土为盐渍土,土中易溶盐大多为氯化盐、硫酸盐、碳酸盐等。我国西北、东北等气候干旱地区及沿海平原地区分布着大面积的盐渍土,其含盐量通常是 5%~20%,有的高达 60%~70%。由于土中含有易溶盐,使土的物理、力学性质发生了变化,因此,导致了許多路基病害的发生。

#### 1. 盐渍土的分类与分布

##### 1) 盐渍土的分类

按盐渍土的形成条件分类,可分为以下 3 类。

(1) 盐土。以含有氯化盐及硫酸盐为主的盐渍土称为盐土。盐土通常是在矿化了的地下水水位很高的低地内形成的,盐分由于毛细管作用,经过蒸发而聚集在土的表层。在海滨,由于海水浸渍也可形成盐土。盐土也在草原和荒漠中的洼地内形成,因为带有盐分的地表水流入洼地,经过蒸发而形成盐土。在干旱季节,盐土表面常有盐霜或盐壳出现。

(2) 碱土。碱土的特点是在表土层中含有少量的碳酸钠和碳酸氢钠,不含或仅含微量的其他易溶盐类,黏土胶体部分为吸附性钠离子所饱和。碱土通常具有明显的层次,表层为层状结构的淋溶层,下层为柱状结构的沉淀层。深度为 40~60 cm 的土层内含有的易溶盐最多,同时也聚积有碳酸钙和石膏。碱土可由盐土因地下水位降低而形成,或由于地表水的渗入多于土中水的蒸发而形成。

(3) 胶碱土(龟裂黏土)。胶碱土生成于荒漠或半荒漠地形低洼处,大部分是黏性土或粉性土,表面平坦,不长植物。胶碱土干燥时非常坚硬,干裂成多角形;潮湿时立即膨胀,裂缝挤紧,成为不透水层,非常泥泞。在胶碱土的整个剖面内,易溶盐的含量均较少,盐类被淋溶至 0.5 m 以下的地层内,而表层往往只含有吸附性的钠离子。

##### 2) 盐渍土的分布

盐渍土在我国的分布面积较广,占全国可利用土地面积的 4.88%,在新疆、青海、甘肃、内蒙古、宁夏等省(区)分布较多,在陕西、辽宁、吉林、黑龙江、河北、河南、山东、江苏等省也有分布。其中,新疆盐渍土的面积最大,占可利用土地面积的 19.25%,占全国盐渍土面积的 36.8%,其含盐量通常为 5%~20%,有的甚至高达 60%~70%。按地理分布区域来看,我国的盐渍土可分为 2 个大区(沿海盐渍土区和内陆盐渍土区)和 3 个亚区(沿海盐渍土亚区、半干旱与干旱盐渍土亚区、过干盐渍土亚区)。

#### 2. 盐渍土路基的主要病害

盐渍土路基发生病害主要是由于盐渍土中的盐分在土中的活动造成的。在干旱季节和干旱地区,盐类的胶结和吸湿保湿作用有利于路基的稳定。但当温度下降,或空气相对湿度增加,或受水浸时,就会导致道路产生湿(溶)陷、盐胀、冻胀、翻浆等病害现象。

##### 1) 湿(溶)陷

湿(溶)陷是氯化物盐渍土地区道路的主要病害之一。它是由于道路盐渍土地基或结构层在淡水的作用下,盐分被溶解并被水分带走,导致土体强度逐渐丧失。在荷载或自重的作

用下,盐渍土地基或结构层出现沉陷、孔洞等破坏,并逐渐反映至面层,有的盐渍土地地区的路面由于湿陷会产生溶洞、坍塌等路基病害,给行车带来安全隐患。

#### 2) 盐胀

路基土盐胀的形成是土体内硫酸钠迁移聚积、结晶体膨胀和土体膨胀三个过程的综合结果。土体毛细水上升、水汽蒸发和低温作用促使盐水向上迁聚,是形成盐胀的基本条件。在寒冷季节,土中硫酸钠的溶解度急剧降低,多余的硫酸钠在吸收了10个水分子后不断析出,形成芒硝结晶体,从而使路基土的体积增大。盐胀的反复作用,使得路基土体的结构遭到破坏,引起路基整体强度和稳定性的下降,产生不均匀沉陷;造成路面不平、鼓包、开裂,这是盐渍土地地区公路最突出的病害;路基边坡及路肩表层,在昼夜温度变化所引起的盐胀的反复作用下,会变得疏松、多孔,易遭风蚀,并易陷车。

#### 3) 冻胀

当氯化盐渍土的含盐量在一定范围内时,由于冰点降低、水分聚流时间加长,会加重冻胀;但当含盐量增多时,由于冰点降低得过多,路基将不冻结或减少冻结,从而不产生冻胀或只产生轻冻胀。硫酸盐渍土和氯化盐渍土对冻胀具有类似的作用,但冰点的降低不如氯化盐渍土多,因此,其影响不如氯化盐渍土显著。因碳酸盐渍土的透水性差,故可减轻冻胀。

#### 4) 翻浆

盐渍土地地区既具有一般公路翻浆的共性,又具有自己的特点。在干燥状态时,盐类呈晶体,地基土有较高的强度,但盐类浸水易溶解,呈液态后土的强度快速降低,强度损失可能超过50%,压缩性增大。含盐量越多,土的液塑限越低,可在较小的含水率时达到液性状态,抗剪强度降低到近于零。

氯化盐渍土有明显的保湿性,可使土长期处于潮湿、饱水的状态,易产生“液化”现象。当含盐量在一定范围内时,不仅可加重冻胀,也可加重翻浆,这主要是因为氯化盐渍土不仅聚冰多,而且液限、塑限低,蒸发缓慢;当含盐量更多时,因其不冻结或减少冻结而不翻浆或减轻翻浆。

硫酸盐渍土在降低冰点方面的作用与氯化盐渍土类似,故也可加重翻浆,但不如氯化盐渍土显著。春融时,结晶硫酸钠脱水可起到加重翻浆的作用。

碳酸盐渍土由于透水性差,既可减轻冻胀,也可减轻翻浆。

### 3. 盐渍土地地区的路基养护要点

盐渍土在干旱季节和干旱地区,因盐类的胶结和吸湿作用而有利于路基稳定。但一旦受到雨水、冰雪融化的淋溶,含水量将急增,会出现湿化坍塌、溶陷、路基发软的情况,致使强度降低,丧失稳定,甚至失去承载力。由于盐渍土的含盐类型、含盐量及含硝量以及其他因素的不同,故对路基的破坏各异,因此,应针对产生病害的原因,采取相应的措施进行处置。

对盐渍土地地区路基病害的防治主要应采取完善排水、加固结构、去除盐分等措施。

#### 1) 完善排水

排水沟要保持0.5%~1.0%的纵坡。在低矮平坦、排水困难的地段,应加宽、加深边沟或在边沟外增设横向排水沟,其间距不宜大于500m,沟底应有向外倾斜2%~3%的横坡。

加宽、加深边沟的弃土,可堆筑在边沟外缘,形成护堤,以保持路基不被水淹;还可采用水分隔断措施,隔断毛细水的上升,防止水分和盐分进入路基上部,从而避免路基或路面遭

受破坏;还可采用提高路基及设置隔离层的措施。

(1)提高路基。有些盐渍土地基的地下水位较高,路堤除了有再盐渍化的问题外,还有冻融和翻浆的危险,为了使路基不受冻害和再盐化的影响,应控制路堤高度至不再盐化的最小高度,该高度可以根据试验确定,一般为丰水期地下水位高加 0.5 m。

①路基边缘高出地面的最小高度。在过干与过早、半干地区,在排除地面水困难的情况下,强盐渍土与过盐渍土的路基边缘高出地面的最小高度,可参考表 1-15。

表 1-15 盐渍土路基边缘高出地面的最小高度

单位:m

路基土类别	路基边缘高出地面最小高度	
	Ⅵ、Ⅶ自然区	Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ自然区
中砂、细砂	0.3~0.4	0.5~0.7
砂性土	0.4~0.5	0.7~0.8
黏性土	0.5~0.7	0.8~0.9
粉性土	0.7~1.0	0.9~1.3

②路基边缘高出地下水位的最小高度。在干旱与半干旱地区,盐渍土路基高出地下水位的最小高度可参考表 1-15。各地区也可根据当地经验,将路基边缘高出地下水位的最小高度适当降低,具体数值参见表 1-16。

表 1-16 盐渍土路基边缘高出地下水位的最小高度

单位:m

路基土类别	路基边缘高出地下水位最小高度	
	弱盐渍土及中盐渍土	强盐渍土
中砂、细砂	1.0~1.2	1.1~1.3
砂性土	1.3~1.7	1.4~1.8
黏性土	1.8~2.3	2.0~2.5
粉性土	2.1~2.6	2.3~2.8

③为保证路基有效宽度,当路基容易遭受雨水冲刷、淋溶和松胀时,在取土容易、不占用农田的地方,强盐渍土及过盐渍土(含盐量大于 8%)的路基宽度可按标准路基宽度增加 0.5~1.0 m。

④盐渍土路基的边坡坡度,根据盐渍土的类别和盐渍化程度,可参考表 1-17 确定。

表 1-17 盐渍土路基的边坡坡度

土的类别	路 基	
	弱盐渍土及中盐渍土	强盐渍土
黏性土	1 : 1.50	1 : (1.50~1.75)
砂性土	1 : 1.50	1 : (1.50~2.00)

遭受水淹的路堤的边坡应采用 1 : (2~3)的坡度,路基边缘的高度应不低于设计水位以上 0.5 m;若为长期浸水,则还需满足表 1-16 的规定。

(2)采用不透水材料。对道路翻浆或盐胀病害进行处置时,近年来有不少地区采用不透水材料,将其铺于路基下部或中部,以完全隔断地下水上升到路基上部,保持干燥持力层的

稳定。具体做法是:不透水材料加 3 cm 厚的沥青砂胶、防水土工布(涂沥青无纺布)、聚乙烯防渗膜(18 mm 厚)、涂膜编织袋等。此外,采用土工布割断毛细水和地下渗水也是行之有效的方法。土工布可以为单层,也可以为双层。用于盐渍土地区的土工布还应具有对硫酸盐、氯化盐等盐类的长期抗腐蚀性,割断毛细水上升的土工布,一般设置在路基和垫层之间,双层时应设置在路基和垫层之间以及路基和路面结构面层之间。此外,在路基和垫层之间设置一定厚度的滤水层也是行之有效的方法。

#### 2) 加固结构

结构加固的方法有很多,如强夯法、浸水预溶加强夯法、半刚性基层、挤密桩加固地基等方法。有些地区,除了对地基进行加固外,还应对路肩和边坡进行加固。

(1) 路肩加固。在过盐渍土的地区,要对高速公路的路肩进行加固。具体加固方法有以下 3 种。

① 用粗粒渗水材料在当地土内封闭路肩表层。

② 用沥青材料封闭路肩。

③ 就地取材,用 15 cm 厚的盐壳加固。

(2) 边坡加固。对边坡经受雨水或化雪冲融后出现的沟槽、溶洞、松散等,可采用盐壳平铺或黏土掺沙砾铺上拍紧的方法,防止疏松。为了防止边坡水土流失,应结合当地的植物生长情况,种植一些耐盐性的树木或草本植物(如红杨、甘草、白茨之类)以增强边坡的稳定。

对硫酸盐渍土路基,根据需要宜将卵石、砾石、黏土、废砖头或盐壳平铺在路堤边坡上,以防因边坡疏松、风蚀和人畜踩踏而被破坏。

#### 3) 去除盐分

盐分是导致盐渍土具有盐胀、湿陷、腐蚀和加重翻浆等特性的根源,因而,如果能去除盐分,或者把有害的盐分转化为无害或者危害较小的盐分,则同样可以达到处置盐渍土道路路基病害的目的。

去除盐分的方法包括换填法、浸水预溶法、化学处理法等,其中化学处理法使用掺加剂效果明显的有  $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{CaCl}_2$  两种。由于施工较复杂,费用也较高,因此,化学处理法在公路上目前尚处于试验阶段。

#### 4) 治理措施

秋末冬初季节或春融时期,由于雨水及融雪水较多,路基容易出现坍塌、溶陷,因此,可采取下列防护及治理措施。

(1) 加密排水沟,使沟底保持 0.5%~1.0% 的纵坡;对于路基填土低、排水困难的路段,应加宽、加深边沟或在边沟外增设横向排水沟,其间距不宜大于 500 m,沟底应有向外倾斜 2%~3% 的横坡,如图 1-22 所示。

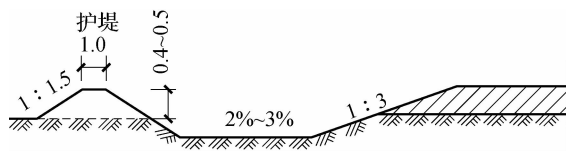


图 1-22 加大排水沟及护堤(单位:m)

(2) 换填厚度为 30~50 cm 的风积沙或矿料,以保持正常通车。

(3)打石灰桩或砂桩,深度达冰冻线以下,梅花状排列。

## 1.2.6 泥石流地区的路基养护

山岭地区,暴雨或融雪水夹带大量土、石等固体物质汇入沟谷,形成突然的、短暂的、间歇的破坏性水流,称为泥石流。按其物质组成和运动特性可分为黏性泥石流、稀性泥石流和泥流三种。

泥石流是在坡面土体疏松、植被稀少、边坡陡峻( $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ )、细沟微谷发育的条件下,由大强度暴雨或融雪水的作用而形成的。

泥石流对路基的危害主要是通过堵塞、淤埋、冲刷、撞击等造成;也可以通过压缩、堵塞河道使水位上升,以致淹没上游沿河路基,或迫使主河槽改道、冲刷,造成间接水毁。我国的泥石流主要分布在西北、西南及华北山区,在华南、台湾及海南岛等地的山区也有零星分布。对于泥石流病害,应通过访问、测绘、观测等获得的第一手资料,掌握其活动规律,采取综合治理措施,具体如下。

### 1. 治土措施

(1)植树造林,封山育林。对淤泥、流石的山坡,特别是在分水岭、山坡、洪积扇上及沟谷内,在春、秋两季应大量地进行植树造林活动。

(2)平整山坡,填充勾缝;修筑土埂以控制水土流失,防止滑坡发生。

### 2. 跨越措施

(1)桥梁适用于跨越流通区的泥石流或者洪积扇区的稳定自然沟槽。设计时应结合地形、地质、沟床冲淤情况、河槽宽度、泥石流的泛滥边界、泥浪高度、流量、发展趋势等,采用合理的跨度及形式。

(2)隧道适用于路线穿过规模大、危害严重的大型或多条泥石流沟。

### 3. 排导措施

#### 1)排导沟

排导沟适用于有排沙地形条件的路段。排导沟的出口应与主河道衔接,出口标高应高出主河道20年一遇的洪水水位。排导沟的纵坡宜与地面坡一致。排导沟的横断面应根据流量计算确定,应对排导沟进行防护。

#### 2)渡槽

渡槽适用于排泄流量小于 $30\text{ m}^3/\text{s}$ 的泥石流,且地形条件应能满足渡槽设计纵坡及行车净空要求,路基下方有停淤场地。

渡槽应与原沟顺直平滑衔接,纵坡不小于原沟纵坡,出口应满足排泄泥石流的需要。渡槽的设计荷载按泥石流满载计算,并考虑冲击力,冲击系数可取1.3。

#### 3)导流堤

当在堆积扇的某一区间内需要控制泥石流的走向或限制其影响范围时,可设置导流堤以防止泥石流直接冲击路堤或壅塞桥涵。

导流堤的高度应为设计使用年限内的淤积厚度与泥石流的沟深之和;在泥石流可能受阻或弯道处还应加上冲起高度和弯道高度。



#### 4. 拦截措施

##### 1) 拦挡坝

拦挡坝适用于沟谷的中上游或下游没有排泥沙或停淤的地形条件且必须控制上游产泥沙的河道,以及流域内泥沙量大,沟内崩塌、滑坡较多的河段。拦挡坝坝体的位置应根据设坝目的,结合沟谷地形及基础的地质条件综合考虑确定,并注意坝的两端与岸坡的衔接和基础埋置深度。坝体的最大高度不宜超过 5 m,坝顶宜采用平顶式。当两端岸坡有冲刷可能时,宜采用凹形。

##### 2) 格栅坝

格栅坝适用于拦截流量较小、大石块含量少的小型泥石流。格栅坝的格栅间隔按拦截大石块、排除细颗粒的要求布置,其过水断面应满足下游安全泄洪的要求。坝的宽度应与沟槽相同,坝基应设在坚实的地基上。

### 1.2.7 泥沼、软土地带的路基养护

软土是指以水下沉积的饱水的软弱黏性土或淤泥为主的地层,有时也夹有少量的腐泥或炭层。

根据软土的孔隙比及有机质含量,并结合其他指标可将其划分为软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土及泥炭五种类型。习惯上常把淤泥、淤泥质土、软黏性土总称为软土,而把有机质含量很高的泥炭、泥炭质土总称为泥沼。

泥沼比软土具有更大的压缩性,但它的渗透性强,受荷后能够迅速固结。软土和泥沼沉积物都具有天然含水率大、孔隙比大、压缩性高和强度低的特点,在其上修建公路时,容易产生路堤失稳或沉降过大等问题。

我国东北的大小兴安岭、长白山、三江平原、松辽平原等地及青藏高原和西北地区的湖盆洼地、高寒山地均分布有泥沼;在内陆湖塘盆地、江河湖海沿岸和山河洼地则分布有近代沉积的软土。泥沼、软土地带的路基多因地面低洼、降雨充足,故地下水位高、含水饱和、透水性小、压缩性大、抗剪强度低,在填土荷载和行车荷载的作用下,容易因路基基底土被压缩而产生较大的沉降,基底土被挤压塑流,向两侧或下坡一侧隆起,使路堤下陷、滑动以及冰冻膨胀而产生弹簧、翻浆等病害。

#### 1. 主要病害

软土及泥沼地基对高等级公路的危害主要体现在以下几个方面。

##### 1) 对路基的影响

(1) 过大的工程竣工后沉降会导致路堤整体变差,易发生剪切变形破坏,高路堤尤为危险。

(2) 在路堤横断面上过大的工程竣工后不均匀沉降会导致路拱变形,结构层开裂,路面出现错台、裂缝、坑洞、翻浆等问题,影响道路的正常通行,容易造成堵车、滑溜、撞尾翻车等事故。

##### 2) 对路面的影响

工程竣工后不均匀沉降引起的路面裂缝,尤其是混凝土路面断板、裂缝,极大地缩短了维修周期。

### 3)对排水的影响

路堤底面沿横向产生盆形沉降曲线,使横坡变缓,影响排水,雨水容易渗入路基。

### 4)对结构物的影响

(1)台下软基的不均匀沉降增加了桥台承受的水平推力,严重的可能导致桥台错位或断裂。

(2)过大的不均匀沉降导致通水管涵(节)错位,过水断面减小,降低了管涵的通水能力。

### 5)对行车的影响

(1)在桥路连接处的频繁加减速影响了交通的迅速流动,降低了单位时间内的交通量;小型结构物及桥头至桥梁引道间的工后沉降差过大会造成跳车,危及行车安全。

(2)桥头路堤差异沉降引起汽车的冲击荷载,加速了桥头路面及桥梁伸缩缝的破坏。

(3)高低不平的路面增加了车辆的损耗和废气的排放,降低了运营效率和空气质量。

显然,高等级公路软土地基的沉降问题不仅会破坏乘车的舒适性及行车的平顺性,而且使车辆无法快速地行驶,达不到快速、安全、舒适的目的。此外,太大的工后沉降意味着太高的公路维修养护费用。因此,软土及泥沼地基沉降问题是影响建成公路路面质量、行车速度、使用寿命、工程造价的关键性问题,务必引起高度重视。

## 2. 防治措施

对泥沼、软土地区路基产生的病害,可采取下列方法处置。

### 1)降低水位

当在路基两侧开挖沟渠的工程量不大时,可加深路堤两侧边沟,以降低水位,促进路基土渗透固结,达到稳固路基的效果。

### 2)置换法

对软土路基沉降等病害可采用换填土层法,即将路基一定深度范围内的湿软土层挖去,换以强度较大的砂、碎(砾)石、灰土或素土,以及其他性能稳定、无侵蚀性的土类,并予以压实,填至路基标高。

### 3)抛石挤淤

抛石挤淤为强迫换土的一种形式,适用于软土液性指数大、厚度小于3~4 m、排水困难、片石能沉达下卧硬层者。抛石挤淤宜采用不易风化的、直径一般不小于30 cm的大片(块)石,具体做法是:先将病害路段路堤挖到软土层,抛石自路堤中部开始,逐步向两侧展开,使淤泥挤出,在片(块)石抛至一定高度后(一般应露出淹没水面),用压路机碾压,然后在其上铺设反滤层,再填土至路基原有高度。

### 4)挡墙、木排桩反压护道法

当路堤下沉、两侧或路堤下坡一侧隆起时,可在路堤两侧或一侧填筑适当高度与宽度的护道,在护道的重力作用下使路堤下的淤泥或泥炭向两侧(或单侧)被挤出隆起的趋势得以平衡,保证路堤稳定。

### 5)侧向压缩

在路堤坡脚处修筑块(片)石挡土墙、板桩、木排桩、钢筋混凝土桩、片石齿墙等纵向结构,限制基底软土的侧向挤出,从而保证基底的稳定。

### 6)挤密法

在软土路基中采用冲击或振动等方法造成一定直径的钻孔,在孔中灌以砂、石、灰土或

石灰等材料,捣实而成直径较大的桩体,利用横向挤紧作用使路基土粒彼此靠紧,孔隙减少,而且孔被填满和压紧,形成桩体。

桩体具有较高的承载能力,群桩的面积约占松散土加固面积的20%,以致桩和原土组成复合地基,达到加固的作用。

砂桩与石灰桩的布置与尺寸如下。

(1)砂桩。砂桩的一般直径为20~30 cm,桩的间距为桩径的3~5倍,桩长一般直通地下水水位,按等距离梅花形布置,纵横方向均不少于3排;顶部应设有厚度为30~40 cm的沙砾垫层,并连成一片;砂桩的灌填材料为中砂、粗砂,含泥量不大于3%,灌砂必须分层夯实。

(2)生石灰桩。生石灰桩的布置及尺寸与砂桩相同,孔中以生石灰掺粗砂混合体积比为(1~2):1灌入,并分层夯实,桩顶用黏土夯实封闭。石灰桩施工的基本要求是:①生石灰必须密封储存,最好选用新鲜块灰;②灰块必须粉碎至一定要求。

#### 7)土工布法

土工布在高压下具有较大的孔隙率,透水性能好,有较强的垂直、水平排水能力,很高的抗拉强度及隔水作用。土工布能提高路基的整体强度,重新分布土基压力,增强路基的稳定性。

目前,合成纤维已具有较高的化学稳定性,已能制出不霉、不烂、耐酸、耐碱和良好耐热性、抗冻性能好的土工布。土工布的厚度一般为0.5~5.0 mm,每平方米的质量一般多在500 g以下;孔隙率有的可达90%;透水性在垂直方向可达 $3 \times 10^{-3}$  m/s左右,在水平方向可达 $6 \times 10^{-3}$  m/s;抗拉强度可达200~250 kPa;破坏强度一般为200~800 kPa;延伸率为50%~80%;能耐70℃~240℃的高温,在-70℃时不破损,恢复到常温时仍能保持其原有性能。

#### 8)塑料排水板法

塑料排水板法是一种利用塑料板排水,以达到加固软土地基和防止公路翻浆等效果的新型防治方法。塑料排水板法可以代替常用的砂井法,应用插板机将塑料排水板插入土中,然后在上部加载预压,土中的水即可沿塑料通道溢出,使地基得以加固。排水板具有一定的强度和延伸度,适应地基变形的能力强,材料截面尺寸不大,插放时对路基扰动小,并能保持排水板条竖立,施工效率高,材料质量小,运输方便,插板质量也容易被控制和检查。

塑料排水板的设计,可采用砂井地基的固结理论和设计方法。此时,将塑料板换算成相应直径的砂井。设换算直径为 $D$ ,塑料板的宽度为 $b$ ,厚度为 $\delta$ ,则

$$D = \alpha \frac{2(b + \delta)}{\pi} \quad (1-3)$$

式中, $\alpha$ 为换算系数,考虑到塑料排水板的截面并非圆形,其渗透系数和砂井也有所不同而采取的换算系数。

对 $b=100$  mm, $\delta=3\sim 4$  mm的标准型塑料板,取 $\alpha=0.75$ ,求得 $D=50$  mm。可把这种塑料板换算成直径为50 mm的砂井来进行计算。理想的塑料板井,不考虑排水井用的水头损失,此时相当于 $D=66$  mm,实际排水效果约相当于直径为700 mm的排水砂井。

路堤两侧边坡应栽植柳、枫杨等亲水性好、根系发达的树木,以增强路基抵抗冲刷和侵蚀的能力。



## 一、填空题

1. 路基维护的目的是保持或恢复路基各部分\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,确保路基处于\_\_\_\_\_状态;对原来达不到技术要求的部分进行\_\_\_\_\_,弥补\_\_\_\_\_,完善和提高路基\_\_\_\_\_功能。
2. 造成路肩病害的主要因素是\_\_\_\_\_,因此路肩养护与维修工作的重点就是\_\_\_\_\_对路肩的危害。
3. 路基排水的主要作用是将路基范围内的土基\_\_\_\_\_降低到一定限度以内,保持路基常年处于\_\_\_\_\_状态,确保路面具有足够的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 路基排水设施分为地面排水设施和地下排水设施。地面排水设施通常有\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_等;地下排水设施有\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_等。
5. 路基沉陷的处理方法有\_\_\_\_\_法、\_\_\_\_\_法、\_\_\_\_\_法、\_\_\_\_\_法。
6. 翻浆是\_\_\_\_\_地区,\_\_\_\_\_时路基或路面基层含水率过大,强度急剧降低,在行车作用下造成\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_等的现象。
7. 路基工程翻浆分为五类,包括\_\_\_\_\_水类、\_\_\_\_\_水类、\_\_\_\_\_水类、\_\_\_\_\_水类、\_\_\_\_\_水类。
8. 影响公路翻浆的主要因素有\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_等。其中,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_是形成翻浆的三个自然因素。
9. 挡土墙发生倾斜、鼓肚、滑动或下沉时,可选用的加固措施有:\_\_\_\_\_法、\_\_\_\_\_法、\_\_\_\_\_法。
10. 黄土指的是在\_\_\_\_\_条件下形成的具有\_\_\_\_\_性并有\_\_\_\_\_的黄色粉性土,湿陷性黄土受水浸湿后会产生较大的\_\_\_\_\_。
11. 多年冻土地区路基主要病害有\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_。
12. 对盐渍土地区路基病害的防治主要采取\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_等措施。
13. 软土是指以水下沉积的饱水的\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_为主的地层,有时也夹有少量的腐泥或泥炭层。

## 二、简答题

1. 试述路基养护工作的内容。
2. 路基的日常养护包括哪些内容?
3. 排水设施的养护有哪些要求?
4. 试述挡土墙的加固措施。
5. 试述翻浆的发生过程。
6. 防治翻浆的措施有哪些?
7. 防治崩塌的措施有哪些?
8. 试述防治泥石流的措施。
9. 试述多年冻土地区路基病害的防治措施。

## 项目 2

# 沥青路面的养护与维修

### 工程引例

本工程为××至××高速公路连接线,路线长度为 7.493 km,路基的宽度为 7 m,设计行车速度为 40 km/h,建成后的通车时间为 3 年。由于交通量的激增,加之受到各种自然因素的作用,公路目前的使用状况不佳,各部分结构都出现了破损。因此,需要针对该状况进行相应的养护与维修,使之能够达到设计要求,保证车辆在运行过程中的安全、经济、舒适和高速。经调查,需进行养护工程设计并提出可行的施工组织方案。

#### 1. 路基

##### 1) 设计依据

按照《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)、《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)、《公路路基施工技术规范》(JTG F10—2006)和有关规范、规程设计。

##### 2) 路基横断面布置及加宽、超高方案

该段公路旧路的设计路基宽度为 7.0 m,行车道宽度为  $2 \times 2.5$  m,土路肩宽度为  $2 \times 1.0$  m;行车道横坡为 2%,土路肩横坡为 3%。路基加宽采用 3 类加宽值,超高采用绕路基中线旋转方式。设计高程为路基中心高程。

##### 3) 路基设计

全路段填方高度小于 8 m,路基左、右两侧的边坡坡率均为 1:1.5。路基挖方高度小于 8 m,土质挖方边坡坡率采用 1:1。

##### 4) 路基、路面排水系统及防护工程设计

排水设计应遵循“因地制宜,全面规划,综合治理,讲求实效,充分利用地形和自然水系”的原则,地表水主要采用自然排水方式。

#### 2. 路面

##### 1) 设计原则

根据本项目的使用功能及沿线气候、水文、土质等自然条件,同时结合吉林省已建二级公路的成功路面设计经验和国内路面设计新理念,综合进行路面结构设计,遵循“因地制宜、合理选材、方便施工、利于养护、节约投资”等原则,确定技术先进,经济合理,安全可靠,有利于机械化、工厂化施工的路面结构方案。

2) 设计依据

设计依据如下。

(1) 自然区划。本段属于公路自然区划 II 3(平原微丘区),路基为干燥类型。全线土基以粉土质砂和旧路为主。

(2) 技术标准。沥青混凝土路面设计以双轮组单轴载 100 kN 为标准轴载,沥青混凝土路面的设计使用年限为 12 年。

3) 现有公路状况

现有公路状况主要体现在以下几个方面。

(1) 原路面结构。原路面结构为 3 cm 沥青碎石和 20 cm 石灰土基层。路基宽度为 7 m,路面宽度为 5 m,土路肩宽度为 2×1 m。

(2) 旧路病害。大广高速公路及哈达山引水工程的施工,使得道路上的载重车辆增加,路基路面因受到重复重车荷载作用而出现破坏,其原有路面结构出现破损,道路全线结构严重破坏,全线出现网裂和龟裂(见图 2-1),部分路段出现翻浆(见图 2-2),路面结构完全被破坏。



图 2-1 网裂和龟裂



图 2-2 翻浆

(3) 建议路面结构。

主线行车道:总厚度为 44 cm。

表面层:4 cm 细粒式沥青混凝土(AC-13)。

基层:20 cm 水泥稳定沙砾(水泥:沙砾=5:95)。

底基层:20 cm 石灰稳定土(石灰含量为 10%)。

3. 路面破损调查记录

路面破损调查记录见表 2-1。

表 2-1 路面破损调查记录

桩号	位置	尺寸/m	面积/m <sup>2</sup>	破坏类型	现场处理意见
K10+785~K10+787	右半幅	3.0×2.0	6.00	坑槽	清除面层,加铺 4 cm 沥青混凝土
K10+928	局部	1.0×1.0	1.00	坑槽	清除面层,加铺 4 cm 沥青混凝土
K10+967	局部	1.5×2.0	3.00	坑槽	清除面层,加铺 4 cm 沥青混凝土
K10+910~K1+000	右半幅	3.0×90.0	270.00	网裂	清除面层,加铺 4 cm 沥青混凝土
K11+000~K1+040	右半幅	3.0×40.0	120.00	网裂	清除面层,加铺 4 cm 沥青混凝土

续表

桩号	位置	尺寸/m	面积/m <sup>2</sup>	破坏类型	现场处理意见
K12+237	局部	1.5×2.0	3.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K13+509	局部	2.0×4.0	8.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K13+513	局部	1.5×6.0	9.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K14+604	局部	3.0×5.0	15.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K14+615	局部	1.0×8.0	8.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K16+700	局部	1.5×4.0	6.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K16+730	局部	1.5×8.0	12.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K18+768	局部	2.0×8.0	16.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
K19+929	局部	1.0×4.0	4.00	坑槽	清除面层,加铺4cm沥青混凝土
小计			481.00	—	—

### 任务要求

根据交通调查和路面破损调查,进行路面状况评价,完成沥青路面养护的工程设计及施工方案的编写工作。

## 任务1 沥青路面状况的调查及评价

近年来,随着道路交通量的日益增大,车辆的大型化及严重超载,使得公路路面面临着严峻的考验,许多高等级公路的沥青路面在建成通车后不久,由于不适应交通快速发展的需要,而出现了较为严重的早期破损现象。路面的破损对车辆的行驶速度、荷载能力、机械磨损、燃油消耗、行车舒适性、交通安全以及环境保护都会造成较大的影响,因此,路面的养护与维修就成为保证其服务质量和使用寿命的重要手段。对路面应进行预防性的、经常性的、及时性的、周期性的保养与维修,使其能够保持平整完好、横坡适度、排水畅通,具有足够的强度和抗滑性能。同时,对路面进行养护时应避免对高速公路和沿线设施造成污染,应做到干净、整洁,达到高等级公路路面养护的质量标准,以适应交通运输的发展需求。

### 2.1.1 沥青路面养护的要求与内容

#### 1. 养护的质量要求

1) 沥青路面技术状况应满足下列要求

(1) 公路网级沥青路面技术状况直属(PQI)应满足表 2-2 的要求。公路网级沥青路面技术状况指数(PQI)不满足表 2-2 的要求时,应合理安排养护计划,并采取综合养护措施,达到沥青路面技术状况要求。

表 2-2 公路网级沥青路面技术状况

路况指标	高速公路	一级及二级公路	三级及四级公路
PQI	$\geq 90$	$\geq 85$	$\geq 80$

(2) 每个基本单元沥青路面技术状况指数(PQI)及其分项指标应满足表 2-3 的要求。每个基本单元沥青路面技术状况指数(PQI)及其分项指标不满足表 2-3 的要求时,应安排日常维修、养护工程或改扩建工程,恢复沥青路面技术状况。

表 2-3 每个基本单元沥青路面技术状况

路况指标	高速公路	一级及二级公路	三级及四级公路
PQI	$\geq 80$	$\geq 75$	$\geq 70$
PCI	$\geq 80$	$\geq 75$	$\geq 70$
RQI	$\geq 80$	$\geq 75$	$\geq 70$
RDI	$\geq 75$	$\geq 70$	—
SRI	$\geq 75$	$\geq 70$	—

(3) 对于不满足表 2-3 中的要求但未实施养护的路段,或已列入养护工程和改扩建工程计划的路段,在工程实施前应采取维持性养护措施,保持沥青路面基本通行要求,并及时实施养护工程或改扩建工程。

#### 2) 沥青路面日常养护质量要求

(1) 沥青路面保持干净、整洁,及时清除杂物、积水。

(2) 及时发现并处理裂缝、坑槽、松散、沉陷、车辙等病害,与原路面接合的界面顺直、紧密、耐久,达到平整、美观等效果。

(3) 路缘石保持线条直顺、顶面平整、无缺失,具有良好的视线诱导与挡水引流效果。

(4) 路面障碍及时清理或报告,并做好沥青路面日常巡查、病害处治和障碍清理记录。

沥青路面养护工程检验评定标准应符合公路养护工程质量检验评定的有关规定。

### 2. 预防养护

(1) 贯彻预防性养护理念,每年应对符合条件的沥青路面实施一定里程或比例的预防养护。

(2) 应根据公路等级、使用年限、路面技术状况、交通量大小及组成、气候条件等因素,合理确定沥青路面预防养护时机。

(3) 在预防养护时机确定的基础上,应设定预防养护目标,经过养护设计与方案比选,采取合适的预防养护措施。

(4) 沥青路面预防养护措施可选用封层、超薄罩面、薄层罩面等,其铺筑厚度应小于 4 cm。

(5) 沥青路面实施预防养护工程应满足下列要求:

- ① 封闭路面表面细小裂缝与裂隙,提高路面的防水性能。
- ② 防止路面表面松散,延缓沥青路面的老化。
- ③ 提供表面磨耗层,提高路面的耐磨性能。



④保持或提高路面的抗滑性能。

⑤改善沥青路面表现效果。

### 3. 修复养护

(1) 沥青路面修复养护工程应按年度养护计划实施。

(2) 应根据公路等级、路面技术状况、交通量大小、预期寿命等因素,合理确定沥青路面修复养护目标。

(3) 在修复养护目标确定的基础上,应根据沥青路面主导损坏类型、交通量大小及组成、气候与地质条件、施工可行性、技术经济性等因素,经过养护设计与方案比选,采取罩面、结构性补强等修复养护措施。

(4) 沥青路面实施修复养护工程应满足下列要求:

①有效处治原路面或下承层的各类病害,并对病害处治进行动态设计。

②保证与原路面或下承层、新旧界面的黏结防水及其搭接平顺。

③工程实施后,路面技术状况各项指标接近或达到原路面设计标准。

### 4. 应急养护

(1) 遵循“快速反应、有效抢险、及时处治、保障安全”的原则,应制定沥青路面应急抢险预案,建立应急抢险工作机制,合理配备应急抢险队伍、设备、物资等。

(2) 对影响通行安全的突发性沥青路面损毁,应启动应急预案,及时开展应急抢通、保通和抢修工作,安排灾后修复养护工程。

(3) 实施沥青路面应急养护时,应设置交通安全设施,需中断交通的应合理采取分流措施。

### 5. 养护材料的要求

#### 1) 基本要求

沥青路面的养护维修材料主要有道路石油沥青、乳化石油沥青、液体石油沥青、改性沥青等沥青材料,各种规格的粗细集料、填料等砂石材料,以及由这些材料组成的混合料。这些材料必须具有足够的强度、耐久性和稳定性,以承受车辆的作用和抵抗自然环境的影响。对各种维修养护材料都应进行必要的试验,不符合要求的,不得使用。

#### 2) 技术要求

沥青路面养护维修材料的技术要求应符合《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017)和《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的规定。材料试验应遵照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)、《公路工程岩石试验规程》(JTG E41—2005)和《公路工程集料试验规程》(JTG E42—2005)的规定执行。

### 6. 养护机械的配备

#### 1) 机械配备

沥青路面的养护维修应根据实际要求配备各种机械设备。《公路养护技术规范》(JTG H10—2009)规定的机械设备的种类及规格见表 2-4。

表 2-4 公路养护每 100 km 机械配备参考

项 目	机械设备名称	规 格	沥青路面拥有量		说 明
			高速公路	其他公路	
日常 养护 机械	路面清扫车	清扫宽度 2~3 m	1~2	1~2	或真空吸扫车,按需配备
	多功能洒水车	5 000~10 000 L	1~3	1~2	能洒水、浇树、喷药、清洗标志等
	割灌除草机	30 cm <sup>2</sup> /s, ≥1.8 kW	2~4	2~4	背携式
	绿篱机	—	2~4	2~4	绿化修剪
	油锯	—	2~4	2~4	绿化修剪
	高枝剪	—	—	0.5	高大树木修剪
	防撞护栏清洗机	—	1~2	1~2	—
	多功能养护机	≥26 kW	1	1	可换装挖掘、挖护坑、挖沟等养护作业常用的 10 多种装置,按需配置
	公路巡查车	3~6 辆	2	2	—
交通安全 设施维修 机械	路面画线机(车)	线宽 80~300 mm	1~2	1~2	热熔或冷喷式,按需配置
	路面除线机	线宽 80~300 mm	1~2	1~2	按需配置
	高空作业车	举升高度 10~12 m	1	0.5	构造物、沿线设施、行道树用
	护栏打桩机	打桩力 ≥20 kN	1	1	安装护栏立柱,按需配置
	护栏拔桩机	—	1	1	拔护栏立柱,按需配置
	护栏板校正机	—	0.5	0.5	按需配置
除雪 清方 排障 抢险 机械	除雪撒布机(车)	除雪宽度 1.5~3.5 m 撒布宽度 ≥6 m 撒布量 ≥50 g/m <sup>2</sup>	1~2	1~2	推雪除冰,撒防结防滑剂,按需配置
	装载机(或推土机)	斗容量 3~5 t	1~2	1~2	清塌方、推雪用,按需配置
	挖掘机	斗容量 ≥0.8 m <sup>3</sup>	0.5	0.5	按需配置
	道路清障车	起吊 5 t,拖力 20 t	1	0.5	—
	事故抢险车	—	1	0.5	—
	移动标志车	—	2~3	1~2	施工安全标志移动
	移动式现场照明设施	照明范围 ≥200 m	1~2	1~2	夜间抢险及施工,按需配置
	水泵	扬程 ≥25 m,吸程 ≥6 m	1~3	1~3	排水抗洪
路面 养护 维修 机械	路面破碎机	—	2~3	2~3	液压或气压破碎装置
	路面切割机	—	2~3	2~3	规范化修补切割
	吹风机	—	2~3	2~3	坑洞及伸缩缝清理
	路面铣刨机	宽度 0.5~2 m	1	0.5	按需配置
	沥青洒布机	500~2 000 L	—	1~2	—
	沥青洒布车	≥2 000 L	1	1	—
	稀浆封层车	厚度 3~12 mm	0.5	0.5	用于路面预防性养护,按需配置

续表

项 目	机械设备名称	规 格	沥青路面拥有量		说 明
			高速公路	其他公路	
路面 养护 维修 机械	沥青路面综合养 护车	汽车底盘	1~2	1	具有路面破碎、沥青洒布、 拌和、压实等功能
	沥青路面加热机	加热面积 0.5~2 m <sup>2</sup>	2~3	1~2	路面热铣或铲油包, 按需 配置
	沥青路面热再生修 补车	加热面积 0.5~4 m <sup>2</sup>	1	—	按需配置
	沥青路面就地热再 生机组	—	0.1	—	按需配置
	沥青料就地冷再 生机	—	0.1	—	按需配置
	沥青混凝土摊铺机	摊铺宽度 4.5~9 m	1~2	1	—
	清缝机	—	1	1	裂缝清理
	灌缝机	—	1	1	裂缝填充与修补
	路缘石成形机	250 mm×250 mm	0.5	0.5	按需配置
石屑撒布机(车)	宽度 1~3 m	0.5	0.5	按需配置	

#### 2) 沥青路面改建工程所需机械

沥青路面改建工程所需机械可参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的有关规定配备。

#### 3) 路面状况调查设备

路面状况调查设备见表 2-5。

表 2-5 路面状况调查设备

调查内容	调查设备	说 明
路面破损状况	直尺等直观调查设备	可配备路况摄影车
路面结构强度	贝克曼梁弯沉仪及弯沉车	可配备自动弯沉仪或落锤式弯沉仪
路面平整度	路面平整度仪或 3 m 直尺	—
路面抗滑能力	摩擦系数仪	可配备横向力系数仪
路面车辙深度	路面车辙测试仪	—

#### 4) 机械保养

养护机械应配备具有上岗证书的技术工人, 并注意做好机械的保养维修工作, 确保安全使用, 提高机械设备的完好率和使用率。

## 2.1.2 沥青路面常见病害的类型与分级

### 1. 病害的定义

公路养护质量是指公路工程设施竣工验收交付使用后所保持的质量状况和服务水平。它包含公路设计、施工所形成的内在质量状况和公路养护中保持、提高原有技术状况的程度, 因而, 养护质量检查评定是对公路客观的、全面的考核。

为及时准确地评定路面出现的病害和确认病害的类型, 对沥青路面的损坏进行了如下规定。

(1)坑槽。路面破坏成坑洼深度大于 2 cm,面积在 0.04 m<sup>2</sup> 以上。如小面积坑槽较多又相距很近(20 cm 以内),应合在一起丈量。

(2)松散。路面结合料失去黏结力、集料松动,面积在 0.1 m<sup>2</sup> 以上。

(3)拥包。路面局部隆起,高度在 1.5 cm 以上。

(4)翻浆。路面、路基湿软,出现弹簧、破裂、冒泥浆现象。

(5)沉陷。路面、路基有竖向变形,路面下凹,深度在 3 cm 以上。

(6)脱皮。路面面层层状脱落,面积在 0.1 m<sup>2</sup> 以上。

(7)啃边。路面边缘破碎脱落,宽度在 10 cm 以上,数量按单侧长度累加乘以平均宽度。

(8)泛油。高温季节沥青被挤出,表面形成薄油层,行车产生痕迹。

(9)车辙。路面上沿行车痕迹产生纵向带状凹槽,深度在 1.5 cm 以上,数量按实有长度乘以变形部位的平均宽度。

(10)龟裂。缝宽在 3 cm 以上,且多数缝距在 10 cm 以内,面积在 1 m<sup>2</sup> 以上的块状不规则裂缝。

(11)网裂。缝宽在 1 mm 以上或缝距在 40 cm 以下,面积在 1 m<sup>2</sup> 以上的网状裂缝。路面上出现的长度在 1 m 以上、缝宽在 1 mm 以上的单条裂缝或深度在 5 mm 以上的划痕也被纳入网裂病害中,其数量按单缝累计长度乘以 0.2 m 计。

(12)波浪与搓板。路面纵向产生连续起伏,有似搓板状峰谷、高差大于 1.5 cm 的变形。

(13)横坡不适。路面横坡小于 1%或大于 3%,或中线偏移,以及应设超高而无超高或出现反超高的。

(14)平整度差。用 3 m 直尺沿路面纵向每 100 m 至少量三次。尺底间隙:沥青表面处治路面为 1.2 cm 以上,沥青贯入式路面为 1.0 cm 以上,沥青混凝土及沥青碎石路面为 0.8 cm 以上的,按整尺(3 m)长度计算病害。也可用连续式平整度仪检测的均方差值与规定标准值比较,大于标准值按病害计。同一横断面内只量最严重的一处。

## 2. 沥青路面破损分类分级

沥青路面各类破损类型及其严重程度描述见表 2-6。

表 2-6 沥青路面破损分类分级

破损类型	分 级	外观描述	分级指标	计量单位	
裂 缝 类	龟 裂	轻	初期龟裂,缝细、无散落,裂区无变形	块度:20~50 cm	m <sup>2</sup>
		中	裂块明显,缝较宽,无散落、轻散落或轻度变形	块度:<20 cm	
		重	裂块破碎,缝宽,散落重,变形明显,急待修理	块度:<20 cm	
	不规则裂缝	轻	缝细,无散落或轻微散落,块度大	块度:>100 cm	m <sup>2</sup>
		重	缝宽,散落,裂块小	块度:50~100 cm	
	纵 裂	轻	缝壁无散落或轻微散落,无或少支缝	缝宽:≤5 mm	m <sup>2</sup> (长度×0.2 m)
重		缝壁散落重,支缝多	缝宽:>5 mm		
横 裂	轻	缝壁无散落或轻微散落,无或少支缝	缝宽:≤5 mm	m <sup>2</sup> (长度×0.2 m)	
	重	缝壁散落重,支缝多	缝宽:>5 mm		

续表

破损类型		分 级	外观描述	分级指标	计量单位
松散类	坑槽	轻	坑浅,面积较小(<1 m <sup>2</sup> )	坑深:≤25 mm	m <sup>2</sup>
		重	坑深,面积较大(>1 m <sup>2</sup> )	坑深:>25 mm	
	松散	轻	细集料散失,路面磨损,路表粗麻	—	m <sup>2</sup>
		重	细集料散失,多量微坑,表面剥落	—	
变形类	深陷	轻	深度浅,行车无明显不适感	深度:≤25 mm	m <sup>2</sup>
		重	深度深,行车明显颠簸不适	深度:>25 mm	
	车辙	轻	变形较浅	深度:≤25 mm	m <sup>2</sup> (长度× 0.2 m)
		重	变形较深	深度:>25 mm	
	波浪、拥包	轻	波峰波谷高差小	高差:≤25 mm	m <sup>2</sup>
		重	波峰波谷高差大	高差:>25 mm	
表面 破损类	泛油	路表呈现沥青膜,发亮,镜面,有轮印		—	m <sup>2</sup>
	修补损坏面积	因破损或病害而采取修复措施进行处置,路表外观上已修补的部分与未修补部分明显不同		—	m <sup>2</sup>

### 2.1.3 沥青路面路况的调查与评定

#### 1. 路面破损状况调查

对高等级公路的路面破损,在范围不够大的情况下调查人员可用直尺、病害数据采集仪进行实地量测,必要时可拍摄照片或录像;当病害范围较广时,宜组织专业技术人员采用高速路面摄影车等高效测试设备进行调查。

调查时间需根据路面病害类型确定,但调查次数一年应不少于一次。对于强度不足或疲劳引起的荷载性裂缝(龟裂),宜在春季或雨季最不利季节之后进行;对于因温度收缩等引起的非荷载性裂缝(块裂及横向裂缝)宜在冬季以后调查,当然为了便于观测裂缝,最佳时机宜选择在雨后(或预先洒水)路表已干燥但尚有水迹时;对车辙、拥包、波浪等热稳性变形宜在夏季观测;对松散类破损宜在雨季观测。根据需要也可在定期的或规定的同一时间内进行调查。

调查时,除应量测破损面积以及裂缝的长度、宽度或块度外,还需量测车辙、坑槽、沉陷的深度以及波浪、拥包的最大间隔和错台量的大小等,以确定各种破损的严重程度等级。各类破损长度或面积的量测,应准确至0.1 m。调查结果应按破损类型及其严重程度记入记录表,并按路段将调查结果进行汇总。路段长度可为100~500 m。

对路面的损坏状况宜采用自动化的快速检测方法进行检测,当条件不具备时,可人工检测。采用快速检测设备检测路面损坏时,应纵向连续检测,横向检测宽度不得小于车道宽度的70%。检测设备应能够分辨1 mm以上的路面裂缝,检测结果宜采用计算机自动识别,识别准确率应达到90%以上。

采用人工方法调查时,调查范围应包括所有的行车道,并应按规范规定的损坏类型实地调查。有条件的地区,可借助便携式路况数据采集仪进行现场调查、汇总、计算与评定。紧急停车带按路肩处理。路面损坏检测数据应以100 m(人工检测)或10 m(快速检测)为单位长期保存。

## 2. 路面强度调查

路面强度调查主要用于评价路面结构的承载能力,从而确定路面的剩余寿命,即在达到预定的破损状况之前路面还能使用的年数或能承受标准轴载的作用次数。依据剩余寿命的长短,可以判断出路面结构的完好程度及其损坏的速度,从而制定必要的养护措施。

路面强度的调查指标为路面的弯沉值。过去我国测定路面强度多采用贝克曼梁式弯沉仪,目前高等级公路的路面强度提倡采用自动弯沉仪(如加拿大 Dynaflect 测量车)进行检测。路面的弯沉应在不利季节测定,并注意温度修正;若在非不利季节测定,则应按各地的季节影响系数进行修正。

实验表明,半刚性基层沥青路面承载能力的变化过程可分为3个阶段。路面竣工后的前1~2年为第一阶段,在这一阶段,由于交通荷载的压密作用和半刚性基层材料的强度增长特性,路面弯沉逐渐减小,大约在路面竣工后的第二年达到最小值。路面竣工后2~4年为第二阶段。在这一阶段,路面弯沉迅速增大,因为,一方面半刚性基层的强度增长已十分缓慢,并逐渐趋于相对稳定状态;另一方面由于交通荷载的重复作用以及大气因素的作用,加之沥青混凝土因材料和施工不匀而导致的强度非均匀性等因素的影响,结构内部的微观缺陷因局部的应力集中而不断扩展,并逐渐形成小范围的局部破损,从而导致结构的整体刚度下降。路面竣工3~4年以后直至达到极限破坏状态为第三阶段,在这一阶段路面因各种复杂因素产生的局部强度不足的问题已充分暴露,积蓄于内部缺陷附近区域的高密度能量已通过缺陷的扩展而转移,并自动实现整个系统的能量平衡,从而使得结构内部损伤的进一步发展得到控制,路面结构的整体刚度重新达到一种新的、较低水平的相对稳定,路表弯沉进入了一个比较稳定的缓慢变化阶段,即所谓的结构疲劳破坏的稳定发展阶段,并一直延续到结构出现疲劳破坏。

若将路面竣工后第一年不利条件的路面弯沉(即设计弯沉  $L_r$ )取为1,则将其后每年标准状态下的弯沉值  $L_c$  与  $L_r$  的比值定义为相对弯沉,即  $L_c/L_r$ 。图2-3所示为半刚性基层沥青路面的相对弯沉值与不同年份的关系曲线。

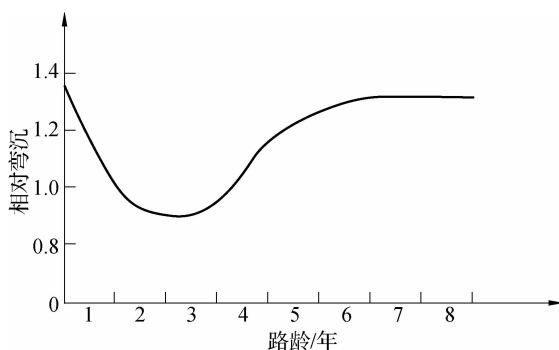


图 2-3 相对弯沉变化曲线

路面结构强度宜采用自动检测设备进行检测。自动检测时,宜采用具有可靠数据标定关系的自动化检测设备,检测结果应能换算成我国相关技术规范规定的回弹弯沉值。自动检测设备必须定期标定,每年至少标定一次。标定的相关系数不得小于0.95。弯沉检测数据应以20 m为单位长期保存。

采用贝克曼梁检测时,检测数量应不小于 20 点/(km·车道)。抽样检测时,检测范围可控制在养护里程的 20%以内。

### 3. 路面平整度调查

路面平整度是反映路面在行驶质量方面所提供服务能力的重要指标。路面平整度宜采用快速检测设备,可结合路面损坏和车辙一并检测。单独检测路面平整度时,宜采用高精度的断面类检测设备。路面平整度检测设备必须定期标定,每年至少标定一次,标定的相关系数应大于 0.95。条件不具备的三、四级公路,路面平整度可采用 3 m 直尺人工检测,检测结果按表 2-7 评定。

表 2-7 路面平整度人工评定标准

技术等级	优	良	中	次	差
路面行驶质量指数 (RQI)	≥90	≥80, <90	≥70, <80	≥60, <70	<60
3 m 直尺	≤10	>10, ≤12	>12, ≤15	>15, ≤18	>18
颠簸程度	无颠簸, 行车平稳	有轻微颠簸, 行车尚平稳	有明显颠簸, 行车不平稳	严重颠簸, 行车很不平稳	非常颠簸, 非常不平稳

路面平整度的检测一般有 3 m 直尺、连续式平整度仪、颠簸累积仪和纵断面量测方法。由于颠簸累积仪检测快速,故适宜在进行路网平整度全面调查时采用。小范围的抽样调查,可采用连续式平整度仪或 3 m 直尺检测。高等级公路平整度调查每年至少要进行一次,每次都要安排在基本相同的时段内进行。

在同一路段上采用不同仪器进行检测会得出不同的平整度指标数值,所以国际上采用纵断面量测法,量测的结果称为国际平整度指标(international roughness index, IRI)。

采用 3 m 直尺以其量测距离路表面的最大间隙作为路面的平整度,单位为 mm。检测点可采取随机取样或每 100 m 连续量测 10 次,即 1 km 共测 100 次,然后按式(2-1)计算路段现有的平整度。

$$d = d_1 + Z_a \delta \quad (2-1)$$

式中,  $d$  为评定路段的路面平整度(mm);  $d_1$  为用 3 m 直尺测定路面最大间隙的平均值(mm),  $d_1 = \sum d_i / n$ ,  $d_i$  为 3 m 直尺每次测定的路面最大间隙(mm),  $n$  为检测点数;  $Z_a$  为

与保证率有关的系数;  $\delta$  为 3 m 直尺测定的标准差(mm),  $\delta = \sqrt{\frac{\sum (d_i - d_1)^2}{n - 1}}$ 。

采用连续式平整度仪测定路面平整度,以其量测路面的不平整度的标准差  $\delta$  表示,单位为 mm,其原理与 3 m 直尺连续测定的平整度基本相同。由于平整度计算值的标准差  $\delta$  与计算区间的长度有关,因此,为了便于分析比较,我国规定计算区间的长度统一取为 100 m。目前我国的连续式平整度仪大多有自动计算功能,可以自动打印输出测定路段的标准差和振幅大于某一定值(如 3 mm、5 mm、8 mm、10 mm)的超差次数。当采用人工计算时,可根据平整度仪记录的曲线,以 100 m 为一个计算区间,每隔一定距离(人工采集取 1.5 m,自动采集为 0.1 m)采集路面凹凸偏差位移值,按式(2-1)中的标准差公式计算标准差,取各计算标准差的平均值作为评定路段的平整度。

连续式平整度仪测定时的行驶速度一般以 5 km/h 为宜,最大不得超过 12 km/h,并保持匀速。对于坑槽较多、破损严重的路面,不宜采用。

颠簸累积仪有车载式和拖式两种。车载式颠簸累积仪的平整度采用车辆通过路面时后轴与车厢之间的单向位移累积值  $VBI$  表示,单位为  $cm/km$ ,测定值可以自动显示和打印输出。由于车速对车辆的颠簸影响很大,因而测定值与车速有关。为此,规定标准测试车速为  $(32\pm 3) km/h$ ;标准的计算区间长度为  $100 m$ ,根据要求也可为  $200 m$ 、 $500 m$  或  $1000 m$ 。同时,测定车的性能和轮胎气压应符合规定的要求。对于坑槽较多、破损严重的路面不宜采用。

$IRI$  是目前国际上公认的衡量路面行驶舒适性指数 (riding comfort index,  $RCI$ ) 或行驶质量指数 ( $RQI$ ) 的指标,由精密水平仪测定路段上每隔  $0.25 m$  测点的标高后通过计算确定,单位为  $m/km$ 。

当采用其他设备测定时,可通过标定进行回归分析,以建立与国际平整度指数相关的关系,换算成国际平整度指数。以车载式颠簸累积仪为例,其测定值与国际平整度指数之间的相关关系见式(2-2)。

$$IRI = a + bVBI_v \quad (2-2)$$

式中,  $IRI$  为国际平整度指数 ( $cm/km$ );  $VBI_v$  为测试车速为  $v$  ( $km/h$ ) 时颠簸累积仪测得的颠簸累积值 ( $cm/km$ );  $a$ 、 $b$  为回归系数。

进行标定时,应选择  $5\sim 6$  段不同平整度的路段,每段平整度应均匀,长度一般为  $250\sim 300 m$ ,取  $3\sim 5$  次测定值的平均值进行回归分析。

应用其他设备,同样可按上述方法建立与国际平整度指数或相互指标之间换算的相关关系。路面平整度检测数据应以  $100 m$  (人工检测) 或  $20 m$  (快速检测) 为单位长期保存。

### 4. 路面抗滑性能调查

路面所具有的抗滑能力是公路行车安全性能评价的主要指标,其调查指标为轮胎与路面的摩擦因数。路面在使用过程中,因车轮的不断磨损,路表面的抗滑能力因集料被磨光而逐渐下降,当抗滑能力下降到不安全状态时,便需采取措施予以恢复。表面特性包括路表面细构造和粗构造,影响路面抗滑性能的因素有路面表面特性、路面潮湿程度和行车速度等。

路表面的细构造是指集料表面的粗糙度,它随车轮的反复磨耗而逐渐磨光,通常用石料磨光值 (polished stone value,  $PSV$ ) 表征其抗磨光的性能。在低速行车时,路表面的细构造对路表的抗滑能力起决定作用;在高速行车时,对抗滑能力起决定作用的却是粗构造。粗构造是由路表外露集料构成的,其功能是使路表面的水迅速排除,以免形成水膜。粗构造由构造深度来表征。

路面的抗滑能力可采用不同的方法测定,通常采用摆式摩擦系数测定仪和横向力系数 (side-way force coefficient,  $SFC$ ) 测定仪。高速公路宜采用横向力系数测定仪,一般在每年的春、秋两季进行抗滑能力的测定。

路面抗滑性能宜采用基于横向力系数的路面抗滑性能检测设备或其他具有可靠数据标定关系的自动化检测设备。检测设备必须定期标定,每年至少标定一次。路面抗滑性能检测数据 (横向力系数) 应以  $20 m$  为单位长期保存。

### 5. 路面车辙检测

路面车辙宜采用快速检测设备,可结合路面损坏和路面平整度一并检测。路面车辙检测设备必须定期标定,每年至少标定一次。根据断面数据计算路面车辙深度 (rutting depth,  $RD$ ),计算结果应以  $10 m$  为单位长期保存。



根据《公路技术状况评定标准》(JTG 5210—2018)的规定,公路技术状况检测与调查频率见表 2-8。

表 2-8 公路技术状况检测与调查频率

检测与调查内容		沥青路面		水泥混凝土路面	
		高速、一级公路	二、三、四级公路	高速、一级公路	二、三、四级公路
路面 PQI	路面损坏	1 年 1 次	1 年 1 次	1 年 1 次	1 年 1 次
	路面平整度	1 年 1 次	1 年 1 次	1 年 1 次	1 年 1 次
	路面车辙	1 年 1 次			
	路面跳车	1 年 1 次		1 年 1 次	
	路面磨耗	1 年 1 次		1 年 1 次	
	路面抗滑性能	2 年 1 次		2 年 1 次	
	路面结构强度	抽样检测	抽样检测		
路基 SCI		1 年 1 次			
桥隧构造物 BCI		按现行标准规范的有关规定执行			
沿线设施 TCI		1 年 1 次			

注:路面结构强度为抽样检测指标,抽样检测的路线或路段应按路面养护管理需要确定,最低抽样比例不得低于公路网列养里程的 20%。

### 2.1.4 路面现有使用质量的评价及其养护对策

公路技术状况评定以 1 000 m 路段长度为基本评定单元。公路技术状况数据按上行方向(桩号递增方向)和下行方向(桩号递减方向)分别检测。二、三、四级公路可不分上、下行。当采用快速检测方法检测路面使用性能、评定所需数据时,每个检测方向至少检测一个主要行车道。

#### 1. 路面现有使用质量的评价

路面现有使用质量评价的内容包括路面破损状况、行驶质量、路面车辙、抗滑性能、结构强度等。

##### 1) 路面破损状况

(1) 路面损坏状况指数(PCI)。路面破损状况采用路面损坏状况指数(PCI)进行评价,路面损坏状况指数(PCI)应按式(2-3)和式(2-4)计算得出。

$$PCI = 100 - a_0 DR a_1 \quad (2-3)$$

$$DR = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{i_0} \omega_i A_i}{A} \quad (2-4)$$

式中,  $DR$  为路面损坏率(%);  $a_0$  为模型参数,沥青路面采用 15.00,水泥混凝土路面采用 10.66;  $a_1$  为模型参数,沥青路面采用 0.412,水泥混凝土路面采用 0.461;  $A_i$  为第  $i$  类路面损坏的累计面积( $m^2$ );  $A$  为路面检测或调查面积( $m^2$ );  $\omega_i$  为第  $i$  类路面损坏的权重或换算系数,沥青路面按表 2-9 取值,水泥混凝土路面按表 2-10 取值;  $i$  为路面损坏类型,包括损坏程度(轻、中、重);  $i_0$  为损坏类型总数,沥青路面取 21,水泥混凝土路面取 20。

表 2-9 沥青路面损坏类型和权重

类型( <i>i</i> )	损坏名称	损坏程度	计量单位/m <sup>2</sup>	权重( <i>w<sub>i</sub></i> )(人工调查)
1	龟裂	轻	面积	0.6
2		中		0.8
3		重		1.0
4	块状裂缝	轻	面积	0.6
5		重		0.8
6	纵向裂缝	轻	长度×0.2 m	0.6
7		重		1.0
8	横向裂缝	轻	长度×0.2 m	0.6
9		重		1.0
10	沉陷	轻	面积	0.6
11		重		1.0
12	车辙	轻	长度×0.4 m	0.6
13		重		1.0
14	波浪拥包	轻	面积	0.6
15		重		1.0
16	坑槽	轻	面积	0.8
17		重		1.0
18	松散	轻	面积	0.6
19		重		1.0
20	泛油		面积	0.2
21	修补		面积或长度×0.2 m	0.1

表 2-10 水泥混凝土路面损坏类型和权重

类型( <i>i</i> )	损坏名称	损坏程度	计量单位/m <sup>2</sup>	权重( <i>w<sub>i</sub></i> )(人工调查)
1	破碎板	轻	面积	0.8
2		重		1.0
3	裂缝	轻	长度×1.0 m	0.6
4		中		0.8
5		重		1.0
6	板角断裂	轻	面积	0.6
7		中		0.8
8		重		1.0
9	错台	轻	长度×1.0 m	0.6
10		重		1.0

续表

类型(i)	损坏名称	损坏程度	计量单位/m <sup>2</sup>	权重(w <sub>i</sub> )(人工调查)
11	拱起		面积	1.0
12	边角剥落	轻	长度×1.0 m	0.6
13		中		0.8
14		重		1.0
15	接缝料损坏	轻	长度×1.0 m	0.4
16		重		0.6
17	坑洞		面积	1.0
18	唧泥		长度×1.0 m	1.0
19	露骨		面积	0.3
20	修补		面积或长度×0.2 m	0.1

(2)路面破损状况评价标准。根据路面破损情况,将路面分为优、良、中、次、差五个等级。评价标准见表 2-11,PCI 与 DR 的对应关系见表 2-12。

表 2-11 路面破损状况评价标准

评定等级	优	良	中	次	差
PCI	≥90	≥80,<90	≥70,<80	≥60,<70	<60

表 2-12 PCI 与 DR 的对应关系

PCI	90	80	70	60
DR(沥青路面)	0.4	2.0	5.5	11.0

## 2) 路面行驶质量

(1)路面行驶质量指数(RQI)。路面平整度用 RQI 评价,按式(2-5)计算。

$$RQI = \frac{100}{1 + \alpha_0 e^{\alpha_1 IRI}} \quad (2-5)$$

式中,IRI 为国际平整度指数(m/km); $\alpha_0$  为模型参数,高速公路和一级公路采用 0.026,其他等级公路采用 0.018 5; $\alpha_1$  为模型参数,高速公路和一级公路采用 0.65,其他等级公路采用 0.58。

(2)路面行驶质量评价标准参见表 2-7,RQI 与 IRI 的对应关系参见表 2-13。

表 2-13 RQI 与 IRI 的对应关系

RQI	90	80	70	60
IRI(高速公路、一级公路)	2.3	3.5	4.3	5.0
IRI(其他等级公路)	3.0	4.5	5.4	6.2

## 3) 路面车辙

(1)路面车辙深度指数(RDI)。路面车辙用 RDI 评价,按式(2-6)计算。

$$RDI = \begin{cases} 100 - \alpha_0 RD & (RD \leq RD_a) \\ 60 - \alpha_1 (RD - RD_a) & (RD_a < RD \leq RD_b) \\ 0 & (RD > RD_b) \end{cases} \quad (2-6)$$

式中,  $RD$  为车辙深度(mm);  $RD_a$  为车辙深度参数, 采用 10.0;  $RD_b$  为车辙深度限值, 采用 40.0;  $\alpha_0$  为模型参数, 采用 1.0;  $\alpha_1$  为模型参数, 采用 3.0。

(2) 路面车辙状况评价标准, 参见表 2-14,  $RDI$  与  $RD$  的对应关系参见表 2-15。

表 2-14 路面车辙状况评价标准

评定等级	优	良	中	次	差
$RDI$	$\geq 90$	$\geq 80, < 90$	$\geq 70, < 80$	$\geq 60, < 70$	$< 60$

表 2-15  $RDI$  与  $RD$  的对应关系

$RDI$	90	80	70	60	0
$RD$	5	10	15	20	35

#### 4) 路面抗滑性能

(1) 路面抗滑性能指数(SRI)。路面抗滑性能用 SRI 评价, 按式(2-7)计算。

$$SRI = \frac{100 - SRI_{\min}}{1 + \alpha_0 e^{\alpha_1 SFC}} + SRI_{\min} \quad (2-7)$$

式中,  $SFC$  为横向力系数;  $SRI_{\min}$  为标定参数, 采用 35.0;  $\alpha_0$  为模型参数, 采用 28.6;  $\alpha_1$  为模型参数, 采用 -0.015。

(2) 路面抗滑性能评价标准, 参见表 2-16,  $SRI$  与  $SFC$  的对应关系参见表 2-17。

表 2-16 路面抗滑性能评价标准

评定等级	优	良	中	次	差
$SRI$	$\geq 90$	$\geq 80, < 90$	$\geq 70, < 80$	$\geq 60, < 70$	$< 60$

表 2-17  $SRI$  与  $SFC$  的对应关系

$SRI$	90	80	70	60
$SFC$	48	40	33.5	27.5

#### 5) 路面结构强度

(1) 路面结构强度指数(PSSI)。路面结构强度用 PSSI 评价, 按式(2-8)和式(2-9)计算。

$$PSSI = \frac{100}{1 + \alpha_0 e^{\alpha_1 SSR}} \quad (2-8)$$

$$SSR = \frac{l_R}{l_0} \quad (2-9)$$

式中,  $SSR$  为路面结构强度系数(Pavement Structure Strength Ratio), 为路面容许弯沉与路面实测代表弯沉之比;  $l_R$  为路面容许弯沉(mm);  $l_0$  为实路面测代表弯沉(mm);  $\alpha_0$  为模型参数, 采用 15.71;  $\alpha_1$  为模型参数, 采用 -5.19。

(2) 路面结构强度评价标准, 参见表 2-18。

表 2-18 路面结构强度评价标准

评定等级	优		良		中		次		差	
	高速公路、一级公路	其他等级公路	高速公路、一级公路	其他等级公路	高速公路、一级公路	其他等级公路	高速公路、一级公路	其他等级公路	高速公路、一级公路	其他等级公路
SSI	$\geq 1.0$	$\geq 0.83$	$< 1.0 \sim \geq 0.83$	$< 0.83 \sim \geq 0.66$	$< 0.83 \sim \geq 0.66$	$< 0.66 \sim \geq 0.5$	$< 0.66 \sim \geq 0.5$	$< 0.5 \sim \geq 0.3$	$< 0.5$	$< 0.3$

## 6) 路面的综合评价

路面状况综合评定采用路面使用性能指标(PQI)。沥青路面使用性能评价包含路面损坏状况、平整度、车辙、抗滑性能和结构强度五项技术内容。其中,路面结构强度为抽样评定指标,单独计算与评定,评定范围根据路面大中修养护需求、路基的地质条件等自行确定。

各项评价内容所用的指标及其关系如图 2-4 所示。

(1)路面的使用性能指标(PQI)。PQI 用分项加权计算得出,其数值范围为 0~100,值越大,路况越好。

$$PQI = \omega_{PCI}PCI + \omega_{RQI}RQI + \omega_{RDI}RDI + \omega_{SRI}SRI \quad (2-10)$$

式中, $\omega_{PCI}$ 为路面损坏 PCI 在 PQI 中的权重,按表 2-19 取值; $\omega_{RQI}$ 为平整度 RQI 在 PQI 中的权重,按表 2-19 取值; $\omega_{RDI}$ 为车辙 RDI 在 PQI 中的权重,按表 2-19 取值; $\omega_{SRI}$ 为抗滑性能 SRI 在 PQI 中的权重,按表 2-19 取值。

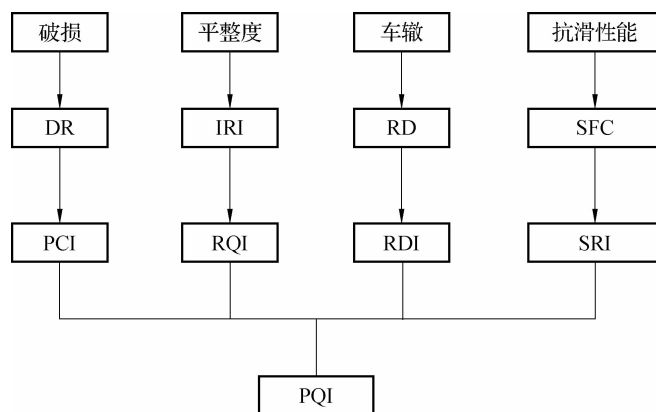


图 2-4 评价指标关系

表 2-19 PQI 分项指标权重

路面类型	权重	高速公路、一级公路	二、三、四级公路
沥青路面	$\omega_{PCI}$	0.35	0.60
	$\omega_{RQI}$	0.40	0.40
	$\omega_{RDI}$	0.15	—
	$\omega_{SRI}$	0.10	—

(2)路面综合评价的评价标准见表 2-20。

表 2-20 路面综合评价的评价标准

评价指标	等 级				
	优	良	中	次	差
PQI	$\geq 85$	$\geq 70 \sim < 85$	$\geq 55 \sim < 70$	$\geq 40 \sim < 55$	$< 40$

## 2. 养护维修对策

沥青路面的养护对策应根据公路等级、交通量及分项路况评价结果确定。分项路况评价指标包括：路面强度、行驶质量、路面破损状况和抗滑性能等方面。路面综合评价指标仅用于对路面质量的总体评价。

公路养护管理部门可根据公路等级、交通量、分项路况的评价结果，结合养护资金情况，采取如下维修养护对策。

(1) 对于项目级路面的维修养护，宜用分项路况评价指标的结果作为制定对策方案的依据。对于网级路面的管理，宜采用综合评价指标的结果作为制订养护计划和决策资源分配的依据。

(2) 维修养护对策包括：小修保养、中修罩面、大修补强、路面的改建和恢复，以及因自然灾害造成的破坏应进行的专项工程等。

(3) 根据公路等级、交通量、分项路况的评价结果及自然灾害等特殊情况，可制定如下维修养护对策。

① 小修保养对策。在满足强度要求的前提下，当高速公路及一级公路的路面损坏状况指数(PCI)评价为优、良，路面行驶质量指数(RQI)也评为优、良；或者二级及二级以下公路的路面损坏状况指数(PCI)评价为优、良、中时，路面行驶质量指数(RQI)也评为优、良、中的路段，以日常养护为主，并对局部破损进行小修。

② 中修罩面对策。对高速公路及一级公路路面损坏状况指数(PCI)评价为中，或路面行驶质量指数(RQI)也评价为中的路段；对于其他等级公路，路面损坏状况指数(PCI)评价为次、差，或路面行驶质量指数(RQI)也评价为次、差，但强度满足要求的路段，宜安排中修罩面等措施改善路面的平整度。

③ 大修补强对策。对于强度不满足要求的路段(路面结构强度指数为中等以下时)，应采取大修补强措施，以提高其承载能力。

④ 抗滑处理。高速公路及一级公路的抗滑能力不足( $SFC < 40$ )的路段，或二级及二级以下公路抗滑能力不足( $SFC < 35.5$ )的路段，应采取加铺罩面层等措施提高路表面的抗滑能力。

⑤ 改建对策。当路面不适应现有交通量或载重的需要时，应提高现有路面的等级，或通过加宽等措施提高道路的通行能力。

⑥ 专项养护。因自然灾害致使路面遭受严重的损坏，可申请专款对路面进行修复。

(4) 大、中修及改建工程的路面结构类型和厚度，可根据公路等级、交通量、当地经济条件和已有经验通过设计确定，具体要求应符合有关规定。对于专项工程，采取的维修养护对策应符合相关规范的技术规定。

(5) 结合路面管理系统的使用，公路养护管理部门应根据路况评价结果和所选择的养护维修对策，以及养护资金的情况，统筹安排路段的养护优先次序，重点考虑交通量大、等级较高、破损较严重路段的养护维修工作，制订好各年的养护工作计划。

## 任务2 沥青路面的日常养护

沥青路面经一段时间的使用后,在行车荷载和自然因素的作用下,可能会出现各种损坏现象。因此,应及时进行养护和维修,以保证路面的强度和使用性能保持良好的状态,确保行车安全和畅通,延长道路的使用年限。延迟养护可能会加重路面的破损程度,使路用性能变差,维修费用增加,故延迟养护是非常不可取的。

### 2.2.1 一般公路沥青路面的日常养护

#### 1. 沥青路面初期养护规定

(1) 热拌沥青混合料路面的初期养护。

① 摊铺、压实后的热拌沥青混合料路面,待摊铺层自然冷却、混合料表面温度低于 $50^{\circ}\text{C}$ 后方可开放交通。

② 纵横向施工接缝是沥青路面的薄弱环节,应加强初期养护,随时用 $3\text{ m}$ 直尺查找暴露出来的轻微不平,铲高补低,经拉毛后,用混合料垫平、压实。

(2) 沥青贯入式路面的初期养护。

① 路面竣工后,开放交通时,行驶车辆限速在 $15\text{ km/h}$ 以下,根据表面成型情况,逐步提高到 $20\text{ km/h}$ 。

② 设专人指挥交通或设置临时路标,按先两边后中间的要求控制车辆的行驶,以达到全面压实的效果。

③ 应随时将行车驱散的嵌缝料回扫、扫匀、压实,以形成平整密实的上封层。当路面泛油后,要及时补撒与施工最后一层矿料相同的嵌缝料,同时控制行车碾压。

(3) 沥青表面处置路面的初期养护。

① 层铺法施工的沥青表面处置路面的初期养护与沥青贯入式路面的要求基本相同。

② 拌和法施工的沥青表面处置路面的初期养护与热拌沥青混合料的要求基本相同。

(4) 乳化沥青路面的初期养护。乳化沥青路面的初期稳定性差,压实后的路面应做好初期养护,设专人管理,按实际破乳情况,封闭交通 $2\sim 6\text{ h}$ ;在未破乳的路段上,严禁一切车辆、人、畜通过;开放交通初期,应控制车速不超过 $20\text{ km/h}$ ,并不得制动和掉头。当有损坏时应及时修补。

#### 2. 沥青路面日常养护规定

(1) 加强路况巡查,及时发现病害,研究分析病害产生的原因,并有针对性地及时对病害进行维修处理。

(2) 路面清扫应按下列规定进行。

① 巡查过程中,发现路面上有杂物,应及时清扫,保持路面整洁。

② 路面的日常清扫,应根据实际情况,采用机械或人工的方法进行。高速公路和一级公路应以机械清扫为主,其他等级公路可采用机械和人工相结合的方式清扫。

③二级和二级以上公路路面的清扫作业频率宜不少于1次/天,其他等级公路可根据路面污染程度、交通量大小及其组成、气候及环境等因素而定,但不宜少于1次/周,路面分隔带内的杂物清理宜不少于1次/月。长隧道内和大型桥梁的清扫频率应适当增加。

④清扫时,应防止产生扬尘而污染环境,危及行车安全,并及时清除和处理路面油类或化工类等玷污物。

(3)雨后路面积水应及时排除。

(4)在春融期,特别是汛期,应对排水设施进行全面检查并疏通。

(5)冬季降雪天气应及时除雪除冰,并采取必要的路面防滑措施。

(6)加强经常性和预防性的日常养护,以保障路面及沿线设施良好的技术状况。

(7)严禁履带车和铁轮车在沥青路面上直接行驶,如必须行驶,应采取相应措施。

### 3. 沥青路面季节性预防养护规定

沥青路面对气温比较敏感,应根据各地不同季节的气候特点、水和温度的变化规律,按照“预防为主,防治结合”的原则,结合本地区的成功经验,针对如下所列不同季节病害根源,因地制宜,采取有效的技术措施,做好预防性季节性保养工作。

(1)春季。应做好沥青路面温缩裂缝和其他裂缝的灌缝维修,采用低温春雨期养护材料和春融翻浆防治器材及时、快速地修补坑槽、松散和翻浆等病害。

(2)夏季。夏季气温较高,是沥青路面养护工作施工的有利季节,应抓住高温期处置泛油,铲除拥包、波浪,及时修复冬寒春雨期临时维修的破损,恢复路面使用质量。

(3)秋季。秋季气温逐渐降低,东南沿海地区易遭台风暴雨袭击,东北、西北地区将受北方冷空气活动的影响,沥青路面的维修必须密切关注天气预报,抓紧完成养护工程年度计划项目,适时做好冬季病害的预防性保养维修。

(4)冬季。继续做好冬季病害的防治,做好防雪、防冰、防滑、疏阻、抢险及养路材料采备等工作。

## 2.2.2 高速公路沥青路面的日常养护

### 1. 一般规定

(1)对高速公路沥青路面应进行经常性、及时性和预防性的日常养护,以保证路面经常处于良好的技术状态,确保在大交通量和各种条件下,为行驶车辆提供快速、畅通、安全、舒适、经济的行车环境。

(2)高速公路路面的日常养护,一般在大交通量和高速运行的开放条件下进行,工作程序应符合以下要求。

①建立完善的巡视检查制度和技术检测系统,建立完整的信息网络。及时、准确地掌握路面状况及相关信息,科学地、客观地评价路面使用质量,有依据、有计划、有针对性地安排养护项目。

②树立高度的交通服务意识和安全意识,在路面养护作业中,应满足正常行车的需要,尽量避免完全封闭交通。

③严格按照有关技术规范和标准进行养护作业,宜采取机械化养护作业方式,迅速、优质、高效地处理各类路面损害和障碍,确保运行质量。



④不断探索和应用新材料、新设备、新技术、新工艺,提高养护作业的时效性、机动性、安全性和可靠性。

(3)对于高速公路沥青路面上出现的各类病害,必须及时、快速地处理。当发现直接危及正常交通和行车安全的病害时,应立即修复或采取临时过渡措施,再按规范的有关要求修复。

(4)高速公路沥青路面一般以 50 km 左右为一个养护单元,日常养护的机械设备配置,除必要的手用工具及检测用具外,应以中、轻型常用设备为主。大型养护设备、大型排障机具和技术检测仪器设备,应根据实际需要配置,也可以同一线路或相近线路的若干养护单元统一配货、协调使用。

(5)高速公路沥青路面的日常养护,应根据实际需要建立适当的材料储备,并组织可靠的养护材料供应网络,以确保路面养护作业正常进行。

(6)在高速公路上进行路面养护作业的人员,必须事前接受专门的安全教育和养护作业规程的培训。

## 2. 巡查和检测

巡查和检测需要注意以下几项内容。

(1)高速公路沥青路面的日常养护中,应坚持执行巡视检查制度,及时发现路面及其附属设施的损坏情况和可能影响交通的路障,以便养护部门及时、合理地安排维修和清理,尽快恢复路面的正常使用状态。

①巡视检查分为日常巡查、定期巡查、特殊巡查和专项巡查,各类巡查的内容、频率、方法和装备见表 2-21。

表 2-21 各类巡查的内容、频率、方法和装备

巡查种类	巡查内容	巡查频率	巡查方法	巡查装备
日常巡查	检查沥青路面及附属设施的完好程度,发现各类病害及可能诱发病害的因素,发现可能妨碍交通的路障	每天一次,双向全程	车行为主,人工观测、目测及手工计量,并辅以摄影或摄像	有明显标志、装备黄色警示灯的巡查车,摄影或摄像器材,卷尺及检查锤等工具
定期巡查	检查各个养护单元中包括沥青路面在内的全部养护项目	每月一次,双向全程	步行检查路段不少于双向 1 km,其余车行。定性与定量观测检查相结合,重要情况应予摄影或摄像	同日常巡查,参加人员较多时可再配备一辆普通车辆,但在行驶途中应位于巡查车的前方
特殊巡查	主要是在暴雨、台风、大雾、严重冰冻及其他可能危及沥青路面正常状态或妨碍高速公路正常交通的灾害性气候时进行的巡查,包括防汛防台巡查、雾天巡查、冰雪天巡查等	在灾害天气到来之前进行预防性巡查;在灾害性天气中进行应急性巡查;在灾害性天气过后进行补救性巡查	车行为主,巡查车速适当降低,发现异常情况应立即向应急抢险指挥中心报告	巡查车同上,并应配备可靠的通信设备和摄影、摄像器材,夜间巡查时还应配备有效的照明设备

续表

巡查种类	巡查内容	巡查频率	巡查方法	巡查装备
专项巡查	对某些数量较多且危害较大的路面病害,或路面状况发生异常变化的特殊路段进行较为细致的检查	根据实际需要决定	车行与步行结合,定位、定量观测,重要情况应予摄影或摄像	同日常巡查,并备以与检查内容相适应的测量仪器

②巡查作业中,巡查人员应强化自身保护意识,按规定穿着安全标志服。巡查车速一般控制在 40~50 km/h,并按规定开启黄色警示灯。如遇到需要停车检查的情况,应停在紧急停车带上。如果必须停在行车道上时,应开启巡查车的危险报警闪光灯,并采取必要的安全措施,巡查人员应在巡查车的前方迅速完成检查或测量作业。

③巡查作业中应由专人记录巡查情况,巡查结束后应尽快整理、汇总巡查记录,并通知有关部门采取相应的养护措施。

(2)高速公路路面的日常养护中,应注意采集、利用气象信息和交通信息等相关信息。

①应由专人每天记录当地的天气预报和实际天气情况。在多风、多雨、多雾、多雪、多冰冻季节,应随时注意天气的变化,必要时应与当地的气象台、站取得并保持联系,随时获取最新的气象信息,以便及时采取相应措施。

②应按规定进行交通量调查。

(3)高速公路沥青路面应进行路面破损、强度、平整度和抗滑性能检测,以及必要的专项技术检测。

(4)对各项巡视检查、专项检查和技术检测的结果,均应进行及时的整理和初步分析,并输入公路路面管理系统,由该系统每年一次对路面的技术状况和使用品质进行综合评价,作为制订下一年度养护工作计划的依据。当在各类巡查或专项检测中发现沥青路面某一方面的技术状况和使用品质明显下降时,应及时通过公路路面管理系统作出阶段性评价,以便及时采取相应的养护对策。

(5)对修建于软土地基的高速公路沥青路面应定期进行路面高程测量。测点的布设根据实际情况确定,沉降量较大的路段可适当加密。测量精度为 0.01 m,测量频率为:年沉降量大于 0.01 m 的测点,每季度观测一次;年沉降量不大于 0.01 m 的测点,每半年观测一次;连续三年观测的年沉降量不大于 0.03 m 的测点,每年观测一次。

(6)当桥头引道的不均匀沉降出现下列情况时,应及时予以修复。

①与桥台的连接部位沿桥台靠背产生错台,且最大高差达 2 cm 以上。

②台后接近桥台部位的纵向坡度差超过 5‰。

### 3. 清扫和排水

清扫和排水需要注意以下几个方面。

(1)对尘土、落叶、杂物等造成的路面污染,应进行日常清扫,保持高速公路良好的运行环境。

①日常清扫应以机械作业为主,机械清扫沿路面右侧或左侧进行,并应尽量避免在中间行车道进行清扫作业及变换车道进行清扫作业。对清扫机械无法扫及的路面死角,应进行人工辅助清扫。

②日常清扫的作业频率应根据路面污染程度而定,一般为每日一次全程清扫,节假日可适当增加清扫次数。清扫作业一般在日间进行,清扫时间尽量避免交通流高峰时段。

③为了防止清扫路面时产生扬尘而污染环境,危及行车安全,清扫机械必须配备洒水装置,机械清扫作业时应根据路面的扬尘程度确定适当的洒水量。在进行机械清扫作业之前,作业人员应检查道路清扫车的机械状态和清扫工作装置的完好程度,并按清扫作业量的需要加水,以确保机械清扫作业正常进行。

④路面清扫后的垃圾不得随意倾倒,应运至指定地点或垃圾场妥善处理。

⑤桥面、隧道内沥青路面及收费广场的日常清扫作业频率应根据路面污染程度确定,尤其是收费广场,不应有纸屑等垃圾,应适当加大隧道内沥青路面及收费广场的清扫频率。

(2)除了定期的日常清扫作业外,还应根据路面污染的特殊情况,及时进行不定期的特殊清扫保洁作业。

①当发现路面上有妨碍正常交通的杂物时,应立即清除,以确保行车安全。

②当意外事件、事故等因素造成路面污染时,应及时清扫,以保持路面整洁。

③当沥青路面被油类物质或化学物品污染时,应先撒沙、撒木屑或用化学中和剂处理,然后进行清扫,必要时再用水冲洗干净。

(3)高速公路沥青路面应保持排水畅通,路面无积水。

①应经常对中央分隔带集水井、横向排水管、路侧拦水缘石及泄水槽、桥面泄水孔等路面排水系统进行清理和疏通,发现损坏部位应及时修复。

②应经常检查沥青路面的排水情况,检查时间一般以在雨间或雨后1~2 h为宜。发现路面明显积水的部位,应分析原因,分别采取下列不同措施。

a. 对虽未破损,但造成雨后明显积水的行车道路路面局部沉陷部位,应及时清扫并予以整平。

b. 对设置有路侧拦水带及泄水槽的路段,如因拦水带开口及泄水通道的位置不妥而造成路面积水时,应及时调整。

c. 对因横坡不适而造成积水的路段,应采取临时措施,尽量减少行车道部位的积水,并在罩面及翻修工程中彻底调整解决。

③对高速公路沥青路面应加强雨季排水,及时处理路面水毁部位,减轻水害损失。在雨季到来之前,应对全部路面排水系统及路堤边沟、涵管、泵站、集水井、沉淀池等所有排水设施进行全面检查和疏通,修复损坏部位,处理水毁隐患,清除路肩和边坡上较高的草,确保雨季排水畅通。

#### 4. 排障和清理

(1)为了及时处理并尽量减轻因不可抗拒因素和突发事件所造成的损害,高速公路管理机构应建立完善的应急抢险体制。该体制的基本功能如图2-5所示。

高速公路的应急抢险指挥中心应由同级管理机构负责人担任指挥,并配备专职值班人员,实行全天候不间断的值班,随时掌握、分析各类有关信息,做好各种应急抢险准备工作,一旦发生险情,快速作出反应,指挥应急抢险工作。

因不可抗拒因素或突发事件致使高速公路交通完全中断时,应急抢险指挥中心应全力组织人员、设备,迅速排除路障,恢复交通,必要时可请求当地政府和当地驻军支援。

(2)高速公路管理机构,应配备排障救援作业队,并对排障救援作业人员进行业务培训,

主要内容为交通安全和法制教育、排障设施及专业工具的使用、交通控制设施的设置、消防和各种危险品的排除、医疗急救,以及其他有关业务知识。

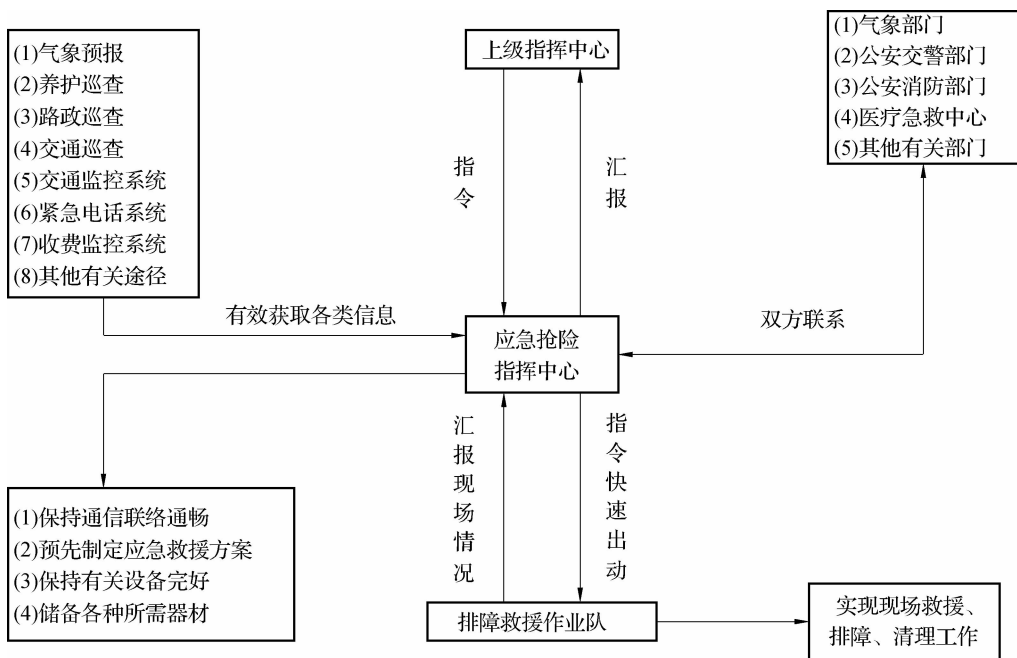


图 2-5 应急抢险及功能框图

高速公路排障救援作业队的常用设备有排障车、汽车起重机、巡逻指挥车、车载式可变情报板等,配置数量及规格根据实际需要确定。其中,排障车和巡逻指挥车应配置可与应急抢险指挥中心有效沟通的通信设备。大型排障、抢险作业中所需的其他设备,可由应急抢险指挥中心负责调集。

(3)排障、救援现场作业程序。

①排障救援作业队接到指令后,应快速赶赴现场,实施现场交通控制,并立即将现场的具体情况向指挥中心汇报。

②有人员伤亡时,应首先进行现场处置,并尽快将伤员送往就近医院。

③按有关规定设置排障作业区,必要时可请求指挥中心临时封闭区段交通。应尽快将排障作业现场的闲杂人员疏散到安全地带。

④实施排障作业,清除妨碍交通的路障。

⑤在车辆失火等紧急情况下,除用消防设备外,上述程序应同时快速进行。

⑥对交通事故车辆,应在公安交警进行现场勘测后,牵引(装运)至指定地点,等待进一步处理。

⑦对故障抛锚车辆,在有条件的情况下,应先牵引至紧急停车带,为其提供简易维修服务;对经简单维修后仍不能行驶的故障车,应尽快牵引(装运)离开高速公路。

⑧排障作业结束后,应先按有关规定尽快清理现场,然后撤除作业区,恢复正常交通。当发现沥青路面及附属设施受到损害时,应通过指挥中心通知有关部门尽快按规定予以修复。

## 5. 除雪和防冻

### 1) 除雪和防冻的准备

(1) 常年降雪地区的除雪和防冻是高速公路沥青路面冬季养护的重点,应根据当地历年气象记录资料、气象预测资料、路面结构、沿线条件等,事先制订切合实际情况的除雪和防冻工作计划,制定适用于各种不同气温、降雪量和积雪深度条件下的除雪和防冻作业规程。

(2) 在严寒降雪季节到来之前,应按计划做好下列准备工作。

① 落实除雪和防冻工作的指挥体系与作业人员,并组织必要的业务培训。

② 维修、保养除雪和防冻作业机械,使其保持完好的状态。

③ 按实际要求储备防冻、防滑材料和除雪、防冻作业工具。

④ 对路面、路肩、桥梁伸缩缝等予以整修,以便使除雪机械充分发挥作用。

⑤ 对可变限速板、可变情报板等道路交通监控设施进行检查、维修,使其保持完好状态,以便降雪时有效实施交通控制。

(3) 在严寒降雪季节到来后,应随时监测气象变化情况,一旦降温、降雪,立即按计划部署相应的除雪和防冻作业,特别注意桥面、坡道、弯道、匝道、收费广场等重点区段,尽量减轻积雪和冰冻对行车安全造成的危害,缩短交通中断的时间,尽快恢复高速公路的正常交通。

### 2) 下雪中的除雪作业

路面除雪应以机械作业为主,人工作业为辅。在条件允许的情况下,应尽量采取这种方法除雪,必要时应反复进行,以便及时清除路面积雪,保障交通安全。

(1) 当路面积雪厚度超过 1 cm 时,即可开始除雪作业,主要是用多功能扫雪车或推雪铲推除车道上的积雪。推雪铲铲刀走向与正常行车方向相同,行驶速度为 30~50 km/h,当风向等条件影响驾驶员视线时,可进行适当调整。

(2) 当气温高于 0℃ 时,一般以铲为主,还可使用淡水融雪以增强铲雪效果,但时间一般控制在 10:00~14:00,对洒水除雪路段的积雪必须清除干净。

(3) 当气温低于 0℃ 时,在大、中型桥面,桥头引道纵坡大于 2.5% 的路段以及平面曲线半径小于 500 m 的匝道范围内,应撒盐、盐砂混合料或盐水等防冻防滑材料。待雪停后,应将残留在路面上的防冻防滑材料与积雪一并清除干净。所用的盐必须采用细盐(粉状或细粒状),盐的撒布量为 30 kg/1 000 m<sup>2</sup>。盐砂混合料中盐砂的质量百分比为 1:500(即 1 m<sup>3</sup> 沙中掺盐 30 kg),盐砂混合料的撒布量为 1 m<sup>3</sup>/1 000 m<sup>2</sup>。盐水中的水盐质量百分比为 10:1,盐水的喷洒量为 100 kg/1 000 m<sup>2</sup>。

(4) 在除雪过程中,要注重人机配合。主线路段以机械作业为主,人工配合;匝道段则以人工为主。在机械作业后,由人工清除所有残留积雪。另外,需特别注意不要损坏路面交通设施。

(5) 下雪中的除雪作业,应从路面左侧向右侧依次进行。对紧急停车带上的积雪,可待雪停后一并清除。除雪作业路段必须实施交通控制,可利用车载式可变情报板在除雪作业机械后 30~50 m 处指挥车辆减速绕行,具体按有关规定执行。

### 3) 降雪量较大的除雪作业

当降雪量较大,难以在降雪过程中清除全部积雪时,应在雪停后尽快清除路面全部积雪。

(1) 对主线路面积雪采用两辆多功能扫地车或推雪铲同步进行,前后铲道搭接 10~

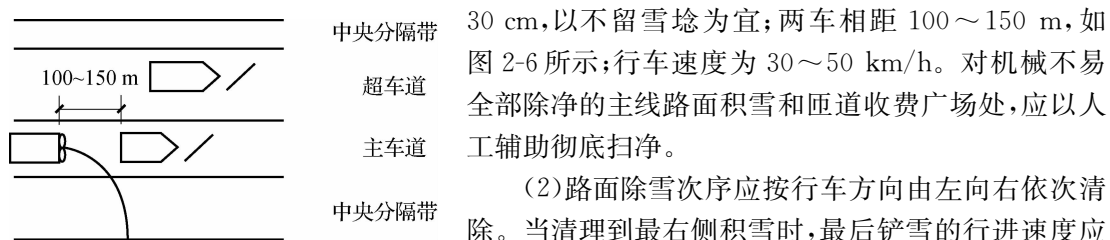


图 2-6 扫雪车扫雪布置

30 cm,以不留雪堆为宜;两车相距 100~150 m,如图 2-6 所示;行车速度为 30~50 km/h。对机械不易全部除净的主线路面积雪和匝道收费广场处,应以人工辅助彻底扫净。

(2)路面除雪次序应按行车方向由左向右依次清除。当清理到最右侧积雪时,最后铲雪的行进速度应适当加快,以便把积雪推入道路边坡,使路面上无积雪,防止积雪昼化夜冻,影响行车安全。

(3)在有中央绿化分隔带的路段,可将超车道的积雪推入绿化带,存雪量以积雪融化不流入路面为宜。但如雪量较大时,应将路面积雪向路肩方向推除。

#### 4) 防冻防滑措施

当路面上的压实雪、融化的雪水、未及时排除的雨水可能形成冰冻层时,应及时采取防冻防滑措施。盐、砂、融雪剂等防冻防滑料的撒布时间及频率,宜与除雪作业同步。

必须实行统一指挥,并配备可靠的通信联络设备,协调全部作业人员和作业机具按安全操作规程有秩序地进行除雪和防冻作业,同时指挥、落实与作业形式相适应的交通控制措施,以确保除雪和防冻工作的顺利进行。

#### 5) 作业现场的指挥协调

除雪和防冻作业需根据天气变化不分昼夜地快速进行,尽量减轻积雪和冰冻对沥青路面和正常交通造成的损害。必要时,可给除雪机械配备两名以上的操作人员轮流操作,以保证除雪和防冻作业的速度。

## 任务 3 沥青路面常见病害的维修

沥青路面经过一段时间的使用后,在行车荷载和自然因素的作用下可能会出现各种损坏现象。一般把沥青路面的病害分为裂缝类、松散类、变形类、其他破损四大类 11 种病害。这些病害极大地影响了道路车辆的通行能力,因此,应根据病害产生的原因,有针对性地采取措施进行维修,确保行车安全和畅通,延长道路使用年限。

### 2.3.1 裂缝类病害的维修

沥青路面的裂缝形式各种各样,按其表现形式的不同,有龟裂、横裂、纵裂、块裂、放射裂缝、不规则裂缝等多种类型。

#### 1. 病害形成原因分析

龟裂主要是由路面的整体强度不足而引起的。其原因可能是路面结构设计不合理,路基压实度不足,路面材料配比不当或未拌和均匀等,也可能是由于路面出现横向或纵向裂缝后未及时封填,致使水分渗入下层,尤其在融雪期间冻融交加,加剧了路面的破损。沥青在施工以及长期使用过程中的老化,也是导致沥青面层形成龟裂的原因之一。

横裂按其成因不同,可分为荷载性裂缝和非荷载性裂缝两大类。荷载性裂缝是由于路面设计不当和施工质量低劣,或由于车辆严重超载,致使沥青面层或半刚性基层内产生的拉应力超过其疲劳强度而产生的裂缝。非荷载性裂缝是横向裂缝的主要形式,它有两种情况,

即沥青面层温度收缩性裂缝和基层反射性裂缝。这种病害比较普遍,主要是由沥青面层的温度变化而引发的。

纵裂通常是由路基、基层沉降,或施工接缝质量或结构承载力不足引起的。由路基、基层沉降引起的纵缝通常是断断续续、绵延很长的。由沥青面层分幅摊铺、施工搭接引起的纵缝是长且直的。而由结构承载力不足引起的纵缝多出现在路面边缘,是由于路基湿软造成承载力不足而产生的。

## 2. 表现形式

(1)龟裂。龟裂在路面上表现为相互交错的小网格裂缝,因其形状类似乌龟贝壳而被称为龟裂。龟裂是一种主结构损坏形式。龟裂的情形如图 2-7 所示。

(2)横裂。横向裂缝与道路中线近于垂直,有的还伴有少量支缝。最初多出现于路面两侧,逐渐发展形成贯通路幅的横缝。横向裂缝情形如图 2-8 所示。



图 2-7 龟裂



图 2-8 横向裂缝

(3)纵裂。纵向裂缝是与道路中线大致平行的长直裂缝,有时伴有少量支缝。纵向裂缝情形如图 2-9 所示。

(4)块裂。块状裂缝表现为纵向和横向裂缝的交错而使路面分裂成近似成直角的多边形大块。块状裂缝情形如图 2-10 所示。



图 2-9 纵向裂缝



图 2-10 块状裂缝

## 3. 处理措施

(1)在高温季节全部或大部分愈合的轻微裂缝,可不加处理。

(2)在高温季节不能愈合的轻微裂缝,可采用以下方法之一进行处置。

①先将有关裂缝的路段清扫干净,并均匀喷洒少量沥青(在低温、潮湿季节宜喷洒乳化沥青),再匀撒一层粒径为 2~5 mm 的干燥洁净石屑或粗砂,最后用轻型压路机将矿料压入

路面。

②沿裂缝涂刷少量稠度较低的沥青。

(3)由于路面基层温缩和干缩而造成的纵向或横向的裂缝,应按裂缝的宽度分别予以处置。

①缝宽在 5 mm 以内。

a. 清除缝中杂物及尘土。

b. 将稠度较低的热沥青(缝内潮湿时应采用乳化沥青)灌入缝内,灌入深度约为缝深的 2/3。

c. 填入干净的石屑或粗砂,并捣实。

d. 将溢出缝外的沥青及石屑、砂清除。

②缝宽在 5 mm 以上。

a. 除去已松动的裂缝边缘。

b. 将热拌沥青混合料填入缝中,捣实。缝内潮湿时应用乳化沥青混合料。

(4)当因沥青性能不好、路面龄期较长或油层老化等原因出现大面积裂缝(包括网裂),但基层强度尚好时,可通过技术经济比较选用下列维修方法。

①乳化沥青稀浆封层,封层厚度宜为 3~6 mm。

②加铺沥青混合料上封层,或先铺设土工合成材料后,再在其上加铺沥青混合料上封层。

③改性沥青薄层罩面。

(5)由于土基、基层强度不足或路基翻浆等引起的严重龟裂,应先处置好基层后再重做面层。

## 2.3.2 松散类病害的维修

### 1. 麻面与松散的维修

#### 1) 形成原因

麻面与松散产生的原因主要是使用的沥青稠度偏低、用量偏少、黏结力差,或沥青加热时温度过高,与矿料黏附力不足;矿料级配偏粗、过湿,嵌缝料尺寸不规格,或在低温、雨季施工等,均可使粒料脱落形成松散或麻面。基层或土基湿软变形,也可导致麻面与松散。松散情形如图 2-11 所示。



图 2-11 松散

#### 2) 处理措施

(1)基层稳定,仅面层出现麻面或松散时按下列要求进行处置。

①路面因嵌缝料散失出现轻微麻面,可在高温季节撒适当的嵌缝料,并用扫帚扫匀,使嵌缝料填充到石料的空隙中,对于轻微麻面也可用稀浆封层处置。

②小面积麻面可用棕刷在麻面部位涂刷稠度较高的沥青,再撒铺矿料。

③大面积麻面应喷洒稠度较高的沥青,并撒适当粒径的嵌缝料,应使麻面部分中部的嵌缝料稍厚,周围与原路面接口要稍薄,定型要整齐,并碾压成型。