

# 半干旱区厚层基质 喷附坡面植被返青对比研究

王海亮<sup>1,2</sup>, 张春禹<sup>3</sup>, 刘永兵<sup>4</sup>, 牟悦生<sup>3</sup>

(1. 武汉理工大学 武汉市 430063; 2. 内蒙古老集高速公路建设管理办公室 集宁市 010020;

3. 中国路域生态工程有限公司 北京市 100085; 4. 北京师范大学资源学院环境演变与自然灾害教育部重点实验室 北京市 100875)

**摘 要:** 半干旱区公路边坡植被重建是公路生态环境保护的难点, 坡面植被越冬率是坡面生态工程成功与否的一个重要指标。本试验研究依托丹东—拉萨高速公路(内蒙古集宁—老爷庙标段)生态护坡工程, 结果表明: 喷附时间、坡向、坡度、坡面母质、坡位、冻水浇灌以及喷附基材配比等因素, 都会影响护坡植物越冬能力, 从而通过试验提出相应的养护措施, 以改善高速公路的绿化景观效果。

**关键词:** 半干旱区; 厚层基材喷附; 植被; 越冬率

公路基础设施建设不可避免地引发道路通过地区一系列的景观、土壤结构、植物群落、气候、水土流失等生态环境问题, 因此, 公路路域生态环境的恢复与重建是公路建设过程中一个必须解决的理论与技术问题。随着高速公路建设的发展, 有关公路边坡生态恢复与重建的方式越来越多, 其中以机械喷附为代表的新型植被建植技术——厚层基质喷附在许多高速公路建设过程中被尝试应用。这种方法是 20 世纪 90 年代初从国外引进, 尤其在日本, 这种植被恢复与重建的方法应用非常广泛, 已经形成一套比较成熟的生态工程理论与技术。但是在国内, 这种新型的生态恢复与重建技术刚刚起步, 特别是在半干旱区域, 厚层基质喷附的有关植被越冬率、植被管护方面的研究很少有报道。坡面植被第二年的越冬率是坡面生态工程成功与否的一个重要指标, 也是以后坡面植被演替的基础条件, 在管护实践中具有重要意义。本研究依托丹拉高速公路集老段的工程项目, 就厚层基质喷附不同管护措施、不同基材配比、不同自然条件下的植被返青情况进行了对比试验研究, 这对我国半干旱区域厚层基材喷附技术应用与管护技术有一定理论与实践意义。

## 1 工程概况及技术简介

### 1.1 工程区域自然概况

本工程属于丹东—拉萨高速公路, 内蒙古集宁—老爷庙(K273+680~K294+401)标段, 全长约 21 km。工程项目地理位置: W113°21'~114°07', N40°26'~41°26', 平均海拔 1 300 m; 土壤以黄绵土、黑垆土、栗钙土为主; 属中温带大陆性季风半干旱气候, 多年平均气温 4.2℃, 最冷月为 1 月, 平均气温 -13.8℃, 最热月为 7 月, 平均气温 19.9℃, 无霜期 120 d 左右, 冻土深度一般在 110~140 cm, 年平均降水量为 409 mm, 年平均蒸发量为 2 036.8 mm, 年平均风速 3.7 m/s, 年平均大风日数 45 d, 年日照数为 2 874 h。

### 1.2 工程概况

本试验研究的是 2004 年 5 月至 2004 年 8 月进行的内蒙古集宁—老爷庙生态护坡工程的一期工程。施工边坡为挖掘所形成, 边坡表面为成土母质层, 母质层主要由沙粒和砾石风化物组成, 母质层硬度平均在 30 mm 以上, 大部分为砂粒和砾石, 平均直径在 3~5 cm 以上, 养分含量极差, 有机质含量不及当地自然土壤的 1/3, 氮、磷、钾含量也远远低于自然土壤, 草本植物根系基本无法发育。边坡坡度大、生长质地差, 使用常规的边坡植被建植技术很难达到恢复边坡植被的目的。

### 1.3 工程技术介绍

采用厚层基质喷附技术需先对坡面进行平整处



理,然后铺设铁丝网用锚杆锚固,保证坡面的稳定性。厚层基质喷附技术采用由人工合成的植物生长基质进行植物根系生长发育层的恢复与重建,其植生基质由有机质、高效化肥、土壤改良剂、粘结剂、渗透剂等组成,既可以保证有较高且持久的肥效,透气透水,粘性适中不脱落,又易于机械喷射和保护坡面。

物种应选择适应当地气候,耐贫瘠、耐干旱、生长迅速的物种。设计物种为禾本科:豆科=7:3,其所选择的禾本科植物有:蒙古冰草、无芒雀麦、赖草等;豆科植物有:紫花苜蓿、草木樨、沙打旺;灌木类为柠条。这种植物群落的设计是为了达到可以快速覆盖、牢固护坡、群落稳定、养护量小的边坡生态恢复目的。使用压力喷附机械将配比好的基材喷附到坡面,然后对施工坡面进行管护,通过植被生长来达到对坡面的防护,同时美化高速公路沿线的景观。

## 2 试验设计与调查方法

样方调查:2005 年 5 月在施工坡面上根据不同坡度、不同坡向、不同质地选取有代表性坡面,在每个坡面按上中下 3 个坡位固定样地进行调查,样方规格为 100 cm×100 cm;调查样本设置 3 个重复,取平均值;主要调查指标有:植被覆盖度、返青株数、越冬率、禾本科与豆科比率、平均高度、根系深度、总体越冬率等。

## 3 结果与分析

### 3.1 立地条件与越冬率

#### 3.1.1 坡向对越冬率的影响

表 1 不同坡向植被返青情况统计

喷附时间	坡向	坡度/°	土壤质地	豆科越冬率/%	禾草越冬率/%	越冬率/%	现有株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
6 月	南	48	砂砾石	27.3	68.2	54.5	456	5:1
	北	50	砂砾石	71.4	83.3	81.4	882	6:1
7 月	南	50	砂砾石	20	74.3	67.5	675	26:1
	北	50	砂砾石	14.3	87.8	77.1	925	36:1
8 月	北	50	砂砾石	14.3	93	84.4	1 352	53:1

从表 1 看出 6 月喷附的北向坡植被总体越冬率为 81.4%,南向坡为 54.5%,北向坡比南向坡的返青率高出 27%;7 月份喷附的北向坡植被总体越冬率为 77.1%,南向坡为 67.5%,北向坡比南向坡高出 9.6%,北向坡的越冬率整体大于南向坡的。从表 1

还可以看出每平米株数也是北向坡大于南向坡。其中原因主要是由于光、热、水等因子在山体开挖后的再次分配导致山体的阴阳坡小气候出现差异,一般认为南向坡太阳辐射约是北向坡的 3~5 倍,这就导致南坡的蒸发量要高于北坡,而且由于工程是在公路的两侧,风速也相对较高,这些因素无疑会加重南坡植物生境的恶劣状况,从而影响南坡植物的正常生长。干旱是影响不同坡向返青率及覆盖度差异的主要因素。鉴于南向坡与北向坡小气候的差异,用于坡面生态恢复的物种、物种配比以及预期覆盖度也应该有所不同,同时在施工管护工作中也应该有所偏重,以免导致公路两侧景观的差异过大。

#### 3.1.2 土质对返青率的影响

表 2 坡面不同土质植株返青情况统计

土质	豆科牧草越冬率/%	禾草越冬率/%	越冬率/%	现有株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
黄土	44.0	92.4	85.5	1 325	12.3:1
砂砾石	14.3	87.8	77.1	925	36:1

从表 2 中可知,在相同坡度、坡向的坡面上,坡面上各个物种的越冬率、现存株数、禾:豆等几种指标,黄土坡面要高于砂砾石坡面。黄土与砂砾石无论从养分、硬度、保水性能、结构上都有很大的差异,此工程喷附的建造基材层厚为 7 cm,无论是浅根植物如禾草还是深根植物如豆科植物,都需要向母质层继续延伸以满足其生长需求,如果母质层为黄土,植株根系能够更好地生长,植物地上部分则生长迅速而相对健康,越冬率也相应的提高;反之也成立。

#### 3.1.3 坡位对返青率的影响

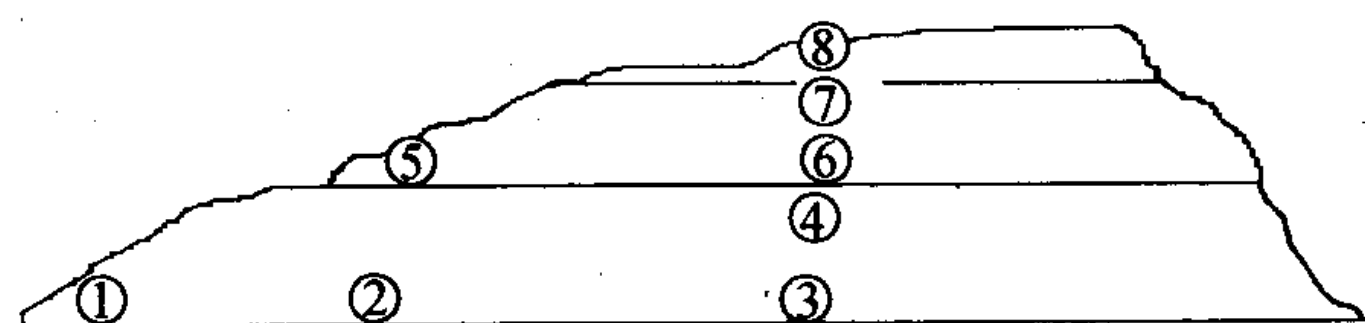


图 1 不同坡位植被返青率调查点分布

本次试验选择 6 月喷附的北坡、50°坡为试验调查坡面,从表 3 看出坡位中部调查样方点④、③、⑥、⑦各项调查指标都比坡边缘样方调查点①、②、⑤和坡上部⑧的高,说明坡位中部植株的越冬率最好、坡下部次之、坡上部及边缘最差,主要是坡面中间的植株生长受周边的小环境影响较坡面边缘小;另外在坡面边缘处于坡面角度聚变地带且受水及蓄水能力较差,加之受坡面气流影响蒸发量远大于坡面中



表 3 同一坡面不同坡位植被返青率调查

位置	豆科植物 越冬率/%	禾草越 冬率/%	越冬率/%	现有株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
①	62.5	88.1	84.0	1 052	4.7:1
②	42.9	93.5	84.2	803	9.6:1
③	97.5	71.4	93.6	1 100	7.8:1
④	88.9	97.4	95.8	1 154	4.8:1
⑤	20.0	86.7	77.1	675	26:1
⑥	37.5	95.7	87.3	1 207	15:1
⑦	83.3	97.8	94.8	1 375	4.5:1
⑧	22.2	78.9	68.1	798	15:1

部,导致坡面边缘①、⑤、⑧3个样方的平均越冬率为76.3%,现存植株841株/m<sup>2</sup>,小于坡面中间的④、⑥、⑦3个样方的平均越冬率96.4%,现存植株1 245株/m<sup>2</sup>。这样在喷附坡面后期养护过程中一定要有所偏重,对坡面的周边尤其是坡面的顶部应加大养护力度,防止坡面因局部植物长势不良而影响整个坡面植被的景观效果。

#### 3.1.4 坡度对越冬率的影响

表 4 不同坡度坡面植被返青情况统计

喷附 时间	坡向	坡度 (°)	豆科植物 越冬率/%	禾草越冬 率/%	越冬率/%	现有株数/m <sup>2</sup>
7月	北	50	14.3	87.8	77.1	925
		64	0	42.1	34	401
8月	西	47	20	95.6	69.6	1 926
		68	0	65	42.6	657

从表4可知,豆科物种越冬率在坡度大于60°时返青率为0、在坡度47°时为20%、在坡度50°时为14.3%,说明坡度越大,植被的返青率越低,主要是较陡的坡面,单位面积的受雨量要比平地少30%左右,导致植株水分缺乏,尤其是像豆科植物这样的深根物种更难生长;禾本科植物的越冬率也表明坡度越大,植株的越冬率会降低;从表中调查样方返青株数数据来看,坡度较小的样方内返青的株数较多。从坡面自然恢复的情况来看,较陡坡面单位面积存活的植株数也比较缓坡度的坡面要小。所以我们采用厚层基质喷附技术时一定要考虑坡度对于植被生态恢复的影响,尤其是在60°以上的坡面不提倡采用厚层基质喷附技术。

### 3.2 施工条件与越冬率

#### 3.2.1 基材对比对越冬率的影响

本次试验调查样地为2004年6月初在坡度为43°、成土母质为砂砾石的南向坡进行喷附的,在高

效化肥、土壤改良剂、粘结剂、渗透剂等配料合适比例的基础上,按比例加入了耕层土壤,目的是使人工配制植物着生基础——基材更加适应当地气候。从表5可以看出,禾本科物种在全部为基材的配比情况下其越冬率为73.3%,在有不同比例土的配比下其越冬率具有不同程度的提高,至少可以提高10%左右,证明基材中配比一定比例的土可以提高禾本科植物的越冬率。当基材与土的配比比例为3:1时,其第二年的越冬率可以达到最佳效果,对应的越冬率为88.9%;在全部为基材喷附时豆科植物的越冬率最低为7.7%,在基材与土的配比比例为1:1时返青率最大是25%,相差17.3%,主要是土可以适当改善基材的理化性质,有利于植株的生长,可以看出基材与土的配比率对豆科牧草的生长影响较大;从调查样方现存株数来看,掺配一定比例的土有利于提高植被越冬率及单位面积植株成活数,有利于坡面喷附植被第二年的生长。总体上配置一定比例的土对于禾本科牧草的越冬率有一定的影响,而对于豆科牧草的影响较大。

表 5 不同基材配比植被返青情况统计

基材:土	豆科植物 越冬率/%	禾本科越 冬率/%	越冬率/%	现有株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
1:1	25	87.0	77.8	526	20:1
1.7:1	20	80.8	75	974	38:1
3:1	20	88.9	78.1	627	24:1
7:1	17	80.0	72	826	32:1
1:0	7.7	73.3	53.5	577	22:1

#### 3.2.2 喷附时间对越冬率的影响

从表1中可以看出豆科物种以北坡6月喷附的第二年返青率最高为71.4%,7月、8月喷附的豆科植物越冬率都比6月喷附的低,其越冬率不超过20%,相差较大。据观察,该地区在8月20号以后喷附的豆科植物几乎不能越冬。说明若想豆科植物具有较高的越冬率,喷附时间宜早不宜晚。

禾本科植物在6月、7月、8月喷附的越冬率以南坡6月喷附的最低为68.2%,8月北坡喷附的越冬率最高为93%,其他月份喷附的介于6月至8月间。但是禾本科植物的越冬率相差不大,说明禾本科植物的越冬率与喷附时间关系不是特别大,总体越冬率比豆科植物的高,说明禾本科牧草相对豆科牧草更适合在该生境下生长。

从工程绿化角度来看,既要快速提高坡面植被覆盖度又要禾豆科物种比例接近设计比例的要求。6



月份北坡物种总体越冬率为 81.4%,现存植株数为 882 株/m<sup>2</sup>,禾:豆=6:1,较接近设计禾:豆=7:3,在这一时期进行喷附施工基本上可以解决初期禾本科与豆科植物的竞争关系,使禾:豆能够达到设计要求。加之在这一时期喷附温度较低,对坡面植物的保苗较为有利,养护工作也相对较少。所以一般认为在该地区适合的厚层基质喷附时间为 6 月。

表 6 不同喷附时间植被生长情况统计 cm

喷附时间	植株类型	草层平均高度	根系深度	备注
6 月	豆科	72	>95	越冬芽 3~5
	禾本科	75	>30	部分抽穗
7 月	豆科	20	>50	越冬芽 1~2
	禾本科	18	>25	部分抽穗
8 月	豆科	10	>13	无越冬芽
	禾本科	12	>12	无抽穗

表 6 是 2004 年 10 月进行调查的不同喷附时间植物生长情况比较,从中看出,6 月喷附的草层平均高度可以达到 72 cm 以上,7 月、8 月份喷附的草层平均高度最高为 20 cm,小于 6 月喷附的。从根系深度来看,以 6 月豆科最深为 95 cm,禾本科 6 月最深为 30 cm,其他月份逐渐减小。这主要是 6 月份喷附的物种生长期较长,体内积累的营养物质较多,植株单体的抗性就较强。第二年春季植株的分蘖能力较强,越冬率相对较高。这说明在本区域最佳的施工时间为 6 月,可以确保坡面喷附植物充分生长,种群的比例合理,利于植物第二年顺利返青。

3.3 管护措施与返青率

3.3.1 越冬防护措施对返青率的影响

表 7 不同越冬防护措施下植被返青情况统计

喷附时间	防护方法	豆科植物越冬率/%	禾草越冬率/%	越冬率/%	现有株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
6 月	遮阳网	71.4	83.3	81.4	882	6:1
	无	55.6	84.4	78.0	806	5.4:1
7 月初	遮阳网	44.4	92.4	85.5	1 325	12.6:1
	无	14.3	93.1	84.6	1 491	54:1
7 月末	遮阳网	57.1	93.3	88.5	1 150	10.5:1
	草帘+遮阳网	50	76.9	73.3	825	10:1

从表 7 中看出,对于禾本科植物有无越冬保护措施其越冬率相差不大,说明对于禾本科植物有无越冬措施对于越冬率基本上没有影响,这主要是禾本科植物分蘖点一般在地面以下,受外界气候影响较小;豆科植物以 6 月喷附的为例,有遮阳网越冬措

施的越冬率为 71.4%,无越冬措施的为 55.6%,有越冬措施可以提高越冬率 15.8%,其他月份喷附的采取了越冬措施对提高越冬率也有不同程度的影响,说明越冬措施对于豆科植物可以提高返青率。主要是豆科植物生长点露于地表,受外界气候影响较大,工程区域属典型的大陆性气候,冬季寒冷干旱降水较少,采取表面铺设遮阳网措施可以防止水分蒸发,减少了豆科植物因生长点干枯而导致死亡,这对于豆科植物第二年越冬率提高起到了较大的作用。另外,从 7 月末喷附的保墒措施来看,遮阳网对应的禾本科、豆科植物的越冬率都比草帘+遮阳网相对应的越冬率高,这说明越冬措施覆盖的厚度要适中,过厚覆盖会阻挡冬季降雪对坡面水份的补给,导致植物第二年返青率下降。

3.3.2 冻水浇灌对越冬率的影响

表 8 浇灌冻水条件下植株返青情况

冻水类型	豆科植物越冬率/%	禾草越冬率/%	越冬率/%	现存株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
有	20	86.7	77.1	787	22:1
无	10	72.7	58.1	626	24:1

在坡面基本情况相同的条件下,进行冻水浇灌越冬措施处理的植被的各个调查指标都比没有浇灌冻水的植被高,主要是该地区冬春季的大风天气较多,导致枯草期的蒸发量依然很大。在越冬前坡面植被根系层蓄留足够的水份对缓解植被根系层温度剧烈变化,防止植物越冬芽干枯发挥着重要作用,是提高越冬率的关键。一般认为在内蒙古乌兰察布地区,冻水的适宜浇灌时间在 11 月初。

3.3.3 火烧对越冬率的影响

表 9 火烧条件下植株返青情况

火烧类型	豆科植物越冬率/%	禾草越冬率/%	越冬率/%	现存株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
有	66.7	94.7	90.9	1 002	9:1
无	66.7	93.8	89.5	856	7.6:1

在坡面基本情况相同的条件下,2004 年 11 月末进行火烧坡面植被,从表 9 中调查数据发现各个指标的越冬率基本接近,只有现存植株数火烧过的略增加 146 株,禾:豆比例有所增加,说明火烧对提高植株的越冬率意义不大。但火烧除去了坡面宿存的枯草层,返青生长后坡面景观恢复较快。

3.3.4 刈割对越冬率的影响



表 10 刈割条件下植株返青情况

刈割类型	草层高度/cm	越冬率/%	现存株数/m <sup>2</sup>	禾:豆
有	20	83.2	993	16:1
无	13	84.1	1 007	14:1

在坡面基本情况相同的条件下,于2004年8月4日进行刈割处理,看出经过刈割处理的植株的越冬率为83.2%、现存株数993株/m<sup>2</sup>、禾:豆=16:1;没有经过刈割处理的植株的越冬率为84.1%、现存株数1 007株/m<sup>2</sup>、禾:豆=14:1,两组对应数据相差不大,说明刈割处理对于提高植株越冬率基本没有作用。但是经刈割处理后,减小了坡面宿存枯草层高度,返青生长后坡面景观恢复较快。

#### 4 结论与讨论

(1)在喷附坡面立地条件方面。

坡向、母质层质地、坡位及坡度等对于植株越冬率有着重要的影响。北向坡植被无论在越冬率还是每平米株数上均好于南向坡,为了达到路两侧的景观的一致,要求在厚层基质法喷附施工管护中应给予南向坡面特殊考虑;土壤质地对于浅根性禾本科植株影响不大,但是对于深根性豆科植株影响较大,从护坡效果上看质地较好坡面如土壤更为适合进行厚层基质喷附技术;一般坡度为60°以上的坡面不适宜喷附法;坡面中部植株越冬率高于坡面边缘,坡顶部越冬率最低,应该加强坡面边缘植被管护以提高植物越冬率。

(2)在施工方面。

基材配置比例、喷附时间对植株越冬率都有较大影响,试验证明基材中配比一定比例的土可以提高坡面植被的越冬率,至少越冬率可以提高18.5%,

基材与土的配比比例为3:1时返青率可以达到最佳效果;喷附时间豆科植物以6月喷附的越冬率最高为71.4%,禾本科植物越冬率与喷附时间关系不大,但是6月份喷附坡面植物当年生长充分,总体越冬率较高,禾豆现存植株比例接近设计目标。

(3)不同越冬管护措施对植株越冬率有着不同的影响,覆盖遮阳网管护措施不能提高禾本科植物越冬率,但可提高豆科植物返青率;浇灌冻水措施可以提高禾本科植物、豆科植物的越冬率;火烧与刈割不能提高植株的越冬率,但都有去除宿存枯草作用,在返青生长后能够快速恢复景观。

综上所述,影响坡面返青的因素是多方面的,有喷附时间、坡向、坡度,坡面母质、坡位、冻水以及喷附基材配比等,在实践过程中要针对主要的影响因素进行合理安排施工管护,使厚层基质喷附技术更加适应半干旱地区气候,在高速公路边坡生态恢复中发挥更大的作用。

#### 参考文献:

- [1] 山寺喜成. 恢复自然环境绿化工程概论——坡面绿化基础与模式设计[M]. 北京:中国林业出版社,1997.
- [2] JTJ/T 006—98,公路环境保护设计规范[S].
- [3] 彭少麟. 恢复生态学与植被重建[J]. 生态科学,1996, 15(2).
- [4] 周跃, David Watts. 坡面生态工程及其发展现状[J]. 生态学杂志. 1999, 18(5).
- [5] 周跃. 欧美坡面生态工程原理及应用的发展现状[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(1).
- [6] 黎明亮. 公路养护工程[M]. 北京:人民交通出版社, 2001.
- [7] 韩烈保, 田地, 牟新待. 草坪建植与管理手册[M]. 北京:中国林业出版社, 1999.

## Comparative Study on Regrowth of Thick Layer Base Material Spraying Slope Vegetation in Semiarid Areas

WANG hai-liang<sup>1,2</sup>, ZHANG chun-yu<sup>3</sup>, LIU yong-bing<sup>4</sup>, MAO yue-sheng<sup>3</sup>

(1. Wuhuan University of Technology, Wuhan 430063, China;

2. Lao-Ji Expressway Construction Administration Bureau in Inner Mongolia, Jining 010020, China;

3. China Road Ecology Engineering Ltd., Beijing 100085, China;

4. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education, College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** It is difficult for the protection of ecological environment to rebuilt the vegetation of road in the semi-arid area, the rate of living through the winter is an important index to the success of ecological



文章编号: 0451-0712(2006)05-0193-04

中图分类号: U418.68

文献标识码: B

# 高速公路山区长上坡路段车辙处理技术

梁平安<sup>1</sup>, 单 岗<sup>2</sup>, 陈 晖<sup>3</sup>, 吕伟杰<sup>3</sup>

(1. 浙江省公路局 杭州市 310009; 2. 浙江顺畅高等级公路养护有限公司 杭州市 310021;  
3. 浙江杭金衢高速公路杭绍管理处 诸暨市 311800)

**摘 要:** 根据高速公路山区长上坡路段出现日益严重的车辙, 结合杭金衢高速公路养护实施工程, 首先对山区长上坡路段进行了理论上的研究和剖析, 并运用目前的养护新材料, 在该路段进行铣刨施工, 获得了车辙处理的有关经验。

**关键词:** 长上坡路段; 车辙

## 1 杭金衢高速公路山区长上坡路段路面概况

杭金衢高速公路一期工程于 2002 年 12 月通车, 设计时速为 120 km/h, 沥青混凝土路面结构层依次为 20 cm 厚水泥稳定碎石底基层, 30~34 cm 厚水泥稳定基层, 下面层 7 cm 厚 AC-25I 普通沥青混凝土, 中面层 6 cm 厚 AC-20I 普通沥青混凝土, 上面层 4 cm 厚 AK-13A 调整型改性沥青混凝土。

杭金衢高速公路有多处山区长上坡路段, 其路面结构与普通路面一致, 特别是新岭隧道口 K46+080~K46+736(衢向)的上坡路段, 车辙发展最为严重。该路段的平均纵坡率为 3.2%, 日交通流量约 25 000 辆, 地处新岭隧道进口, 重载车多, 速度慢, 渠化交通明显。通车至 2005 年 8 月, 该路段由于车辙原因, 已前后经过 3 次病害处理, 而且“年年修, 年年坏”。2005 年 8 月, 此路段车辙病害又趋严重, 车辙最大深度为 6 cm, 同时出现了松散、网裂、拥包、坑槽等病害。雨天可见明显积水, 严重影响了行车安全和运营质量。

由于高速公路建设时没有对类似路段的长上坡

路面结构进行专门的设计, 特别是经 2003 年夏季持续近 1 个月的高温, 路面车辙迅速出现。前 3 次车辙处理方案均与原设计一致, 养护后路面寿命均不到 1 年, 再次发生严重车辙。在没有成功经验参考的基础上, 杭金衢高速公路管理部门组织专业技术人员经过全面、仔细地研究, 大胆地采用新材料、新级配、新组合, 对此上坡路段的车辙处理进行了全新的探索和尝试。

## 2 对于山区长上坡路段车辙形成原因的认识

沥青混凝土路面的车辙是在行车载荷重复作用下, 路面产生累积永久性变形的结果, 沥青混凝土路面的车辙主要因以下 3 种情况形成:

(1) 沥青混合料的进一步压密和在荷载作用下产生剪切变形;

(2) 沥青混合料在高温作用下产生的流变变形;

(3) 沥青混凝土路面各结构层产生的累积变形。

因此, 沥青混凝土路面的车辙一般与沥青混合料类型、交通荷载、温度、路面结构类型和施工质量有关。

收稿日期: 2006-03-03

project. This experiment is based on the Dandong-Lasa Expressway (Jining-Laoyemiao Section in Inner Mongolia), the results indicate that the factors of spraying time, slope direction, slope, nature of face of slope, slope location, freezing water and the rate of spray base material, can influence the rate of living through the winter of the vegetation of road. So relevant measures are advanced to arrive at improving the effect of green sight of the road.

**Key words:** semi-arid area; thick layer base material spraying; vegetation; rate of living through the winter