

# Analysis on the Application of Local Cooling Regeneration Technology of Sulfate Resistant Cement

Lei Qu<sup>1</sup> Zhongyan Chen<sup>2</sup> Sanyuan Lu<sup>3</sup> Jian Xu<sup>4</sup> Longzhen Tan<sup>4</sup>

1. Xinjiang Production and Construction Corps Highway Science and Technology Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

2. Transportation Development Center, Sixth Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Wujiaqu, Xinjiang, 831300, China

3. Shihezi Highway Maintenance Department, Shihezi, Xinjiang, 832100, China

4. School of Civil Engineering, Xi'an University of Construction Science and Technology, Xi'an, Shaanxi, 710055, China

## Abstract

Based on the technical development and application of highway disease treatment in Xinjiang, this paper analyzes the technical advantages of sulfate resistant cement in situ cold recycling technology in Xinjiang highway engineering construction. Based on the specific road disease sections in Xinjiang, the cold regeneration technology of sulfate resistant cement in situ is discussed and studied. It is pointed out that this technology has great advantages in both highway performance and economic benefits.

## Keywords

sulfate-resistant cement; cold regeneration technology; highway performance; economic benefits

# 抗硫酸盐水泥就地冷再生技术应用前景分析

屈磊<sup>1</sup> 陈忠燕<sup>2</sup> 陆三元<sup>3</sup> 许健<sup>4</sup> 谭龙贞<sup>4</sup>

1. 新疆生产建设兵团公路科学技术有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

2. 新疆生产建设兵团第六师交通运输事业发展中心, 中国·新疆 五家渠 831300

3. 石河子公路养护处, 中国·新疆 石河子 832100

4. 西安建筑科技大学土木工程学院, 中国·陕西 西安 710055

## 摘要

论文基于新疆地区公路病害治理的技术发展和应用状况, 分析抗硫酸盐水泥就地冷再生技术在新疆公路工程施工的技术优势。并以新疆地区具体的公路病害路段为试验工程为依托, 对抗硫酸盐水泥就地冷再生技术进行了探讨研究, 指出该技术在公路性能和经济效益两方面均具有很大的优势。

## 关键词

抗硫酸盐水泥; 冷再生技术; 公路性能; 经济效益

## 1 引言

冷再生技术有良好的施工效果和经济效益, 可适用于所有等级公路的维修和改造, 该技术的应用在中国内地不断推广, 但在新疆地区该技术的推广尚未普及。新疆地区的盐碱土面积大, 抗硫酸盐水泥加冷再生技术可有效解决新疆地区公路维修和改造的问题。

## 2 抗硫酸盐水泥就地冷再生技术

### 2.1 就地冷再生技术优点

就地冷再生技术与传统技术相比具有施工和成本两大

优势。施工优势主要有: 适用于大多数的路面结构; 可以消除各种裂缝; 工期短, 对交通影响小, 干扰少; 天气条件影响小; 施工效率高且质量好等。成本优势主要表现为: 旧料可以得到充分利用, 节省材料; 降低施工成本, 保护环境资源等。

新疆是中国盐碱土分布范围最广且面积最大的省区, 含盐量高达 3%~15%。盐渍土路基承载力低, 腐蚀性大, 采用换填、铺设土工布和土工格栅等方法处理, 虽然取得一定效果, 由于新疆气候昼夜温差大以及盐渍土含盐量高, 垦区路段仍出现有翻浆现象, 致使公路病害治理难度加大, 养护成本逐年上升。而采用抗硫酸盐水泥和就地冷再生技术相结合方式来处理公路翻浆病害, 这一方法施工工艺简单方便, 节约工程成本, 能够相对较好地解决新疆公路翻浆病害问题<sup>[1]</sup>。

【作者简介】屈磊(1980—), 男, 中国新疆乌鲁木齐人, 硕士, 高级工程师, 从事道路与桥梁建设、养护工程以及相关技术应用等研究。

就地冷再生技术成本低并且节能环保,抗硫酸盐水泥成本比普通水泥成本要高,因此二者可以结合互补,既起到节能环保的作用,又可以从根本上解决盐渍土病害问题。如果采用常规施工方式利用抗硫酸盐水泥施工,虽然可以从根本上解决盐渍土病害问题,但成本高污染大,与国家节能减排、保障环境、节省资源的原则相反。因此,选用就地冷再生施工技术,并结合提高路基高度,改善路面结构的方法,利用抗硫酸盐水泥来处理盐渍土病害,可以起到一举两得的效果。

## 2.2 抗硫酸盐水泥就地冷再生技术工程应用

2015年,九师使用了水泥就地冷再生技术,成功试验后,2016—2018年连续使用,广泛应用于大修项目及通连公路的建设项目,将师通连公路原有的级配垫层升级为水稳层。通过2~3年的运行,冷再生技术的效果逐步显现,跟同时期新建的农村公路相比,伸缩裂缝明显减少,路面无变形、无车辙。特别是2018年9月,通过南北疆公路预防性养护现场观摩,局领导和各师对冷再生技术给予了充分肯定和高度赞扬。图1所示为抗硫酸盐水泥就地冷再生施工技术流程图。

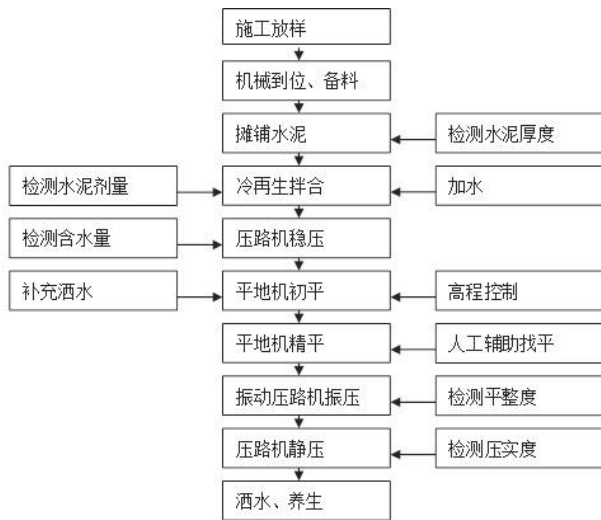


图1 抗硫酸盐水泥就地冷再生施工技术流程图

## 3 工程处置效果评估分析

### 3.1 评价指标

公路性能指标大多从路面损坏状况、行驶质量和结构承载力三方面评价。路面损坏状况是指路面在经过使用之后,公路依然能够保持完整水平的能力,该指标可反映路面不同的损坏情况。路面行驶质量是指路面在满足车辆正常情况下,具有的安稳和高效的行驶能力,能够直接反映出路面的使用性能和公路服务性能;路面结构承载力是指路面在达到使用年限之前还可以正常使用的年限<sup>[2]</sup>。

由于新疆盐渍土地区早晚温差大的特殊气候环境和盐渍土分布范围广的使用环境,导致其除了会发生一般地区的公路病害外,还会产生由于盐渍土的存在所引起的一些特殊的公路病害。因此只从上述三个方面描述公路的性能指标不足以反映新疆公路。本试验段通过对该公路的破损、平整度和路基的信息调查及数据处理,绘制公路技术状况综合指标图,以公路技术状况指数MQI为综合指标对公路性能进行评价,如图2所示。该公路性能评价过程为:①对路面破损调查计算路面破损率DR,进一步得到路面损坏状况指数PCI;②对平整度调查计算平整度系数IRI,进一步得到路面行驶质量指数RQI;③人工对路基调查得到路基技术状况指数SCI;④最后以PCI和RQI分析得到路面行驶质量指数RQI,再结合SCI进行路面技术状况综合分析。

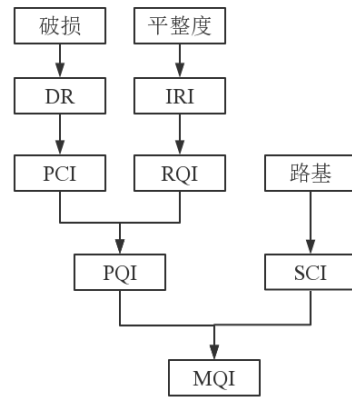


图2 路面技术状况综合指标图

### 3.2 应用效果分析

新疆兵团垦区公路为本实验的依托路段,以K13+000~K17+000的4公里试验路段和K17+000~K21+000的4公里普通路段为研究对象(试验路段采用抗硫酸盐水泥就地冷再生技术,普通路段采用普通水泥就地冷再生技术)。

#### 3.2.1 路面破损率

根据各分项路段路面破损情况的统计,从路面破损情况得出路面损坏状况指数,如表1和图3所示。

通过对试验路段和普通路段路面破损率的检测得出,使用了抗硫酸盐水泥的试验路段比使用普通硅酸盐水泥的普通路段破损率要低,因而路面损坏状况指数要高。但是在试验路段和普通路段的衔接处,试验路段(K16+000~K17+000)的破损率明显增加。其原因主要是由于普通硅酸盐水泥的实体性能要比抗硫酸盐水泥低,从而引起了破损率的增加,说明抗硫酸盐水泥比普通硅酸盐水泥更适合处理盐渍土公路病害。

表 1 路面破损率

路段	路线	破损率 DR( % )	PCI
试验路段	K13+000~K14+000	1.3781	82.88
	K14+000~K15+000	1.5509	82.03
	K15+000~K16+000	1.7593	81.07
	K16+000~K17+000	2.3939	78.51
普通路段	K17+000~K18+000	4.5163	72.08
	K18+000~K19+000	4.8136	71.34
	K19+000~K20+000	4.9623	70.98
	K20+000~K21+000	3.2060	75.98

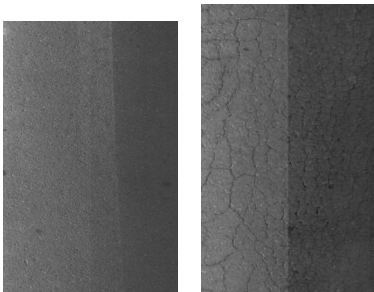


图 3 试验路段（左）与普通路段（右）路面破损对比

3.2.2 路面平整度

根据各分项路段路面平整度的情况统计，运用路面平整度可以推断路面行驶质量指数，如表 2 和图 4 所示。

表 2 路面平整度

路段	路线	平整度 IRI	RQI
试验路段	K13+000~K14+000	2.83	91.28
	K14+000~K15+000	2.78	91.49
	K15+000~K16+000	2.45	92.86
	K16+000~K17+000	3.09	90.20
普通路段	K17+000~K18+000	3.86	85.18
	K18+000~K19+000	3.90	84.94
	K19+000~K20+000	3.80	85.64
	K20+000~K21+000	4.60	78.94

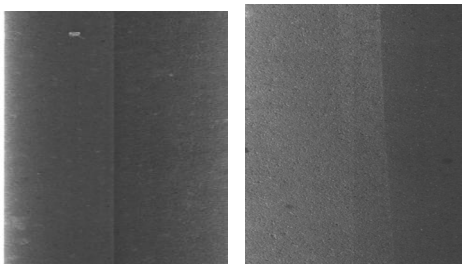


图 4 试验路段（左）与普通路段（右）平整度对比

通过分析试验路段和普通路段的平整度检测结果，可以看出使用抗硫酸盐水泥试验路段的平整度相比于使用普

通水泥的普通路段的平整度要低，路面行驶质量要高，但是在两路段衔接处的一部分路段，试验路段的平整度变化明显，行驶质量也有所降低，趋于普通路段的平整度和行驶质量。由此，抗硫酸盐水泥的使用对路面平整度和行驶质量的提升具有显著效果，比普通硅酸盐水泥的实际使用性能要好。

3.2.3 路面使用性能指数

路面使用性能指标可分为路面损坏状况和路面行驶质量两部分，如表 3 所示。

通过对比试验路段和普通路段的路面使用性能指数及其分项指数，可以看出相比普通水泥处理的普通路段，试验路段的优良路率要高；同时，试验路段的次差路率要低。路面损坏状况中，试验路段的损坏状况要比普通路段低，行驶质量也要比普通路段要高<sup>[3]</sup>。

表 3 路面使用性能

路段类型	评价指标	优良路率( % )	次差路率( % )
试验路段	PQI	60.58	14.47
	PCI	81.12	8.63
	RQI	91.46	3.25
普通路段	PQI	51.35	18.36
	PCI	72.67	15.56
	RQI	85.05	5.68

3.2.4 公路技术状况指数

公路技术状况指数可分为路面使用性能指数和路基技术状况指数两项，以下是试验路段和普通路段各项指标的优良、次差路率，如表 4 所示。

对比试验路段和普通路段的公路技术状况指数及其分项指数表可以得出，用抗硫酸盐水泥处理的试验路段整体状况要比采用普通水泥处理的普通路段整体状况要好得多，且 SCI 的优良路率达到了百分之百。除去路基技术状况指标外，采用抗硫酸盐水泥的试验路段，其余两项指标的优良路率要比采用普通水泥的普通路段的优良路率要高；其余两项指标的次差路率，试验路段要比普通路段要低。

表 4 公路技术状况指数

路段类型	评价指标	优良路率( % )	次差路率( % )
试验路段	MQI	82.35	4.25
	PQI	60.58	14.47
	SCI	100	0
普通路段	MQI	72.96	7.69
	PQI	51.35	18.36
	SCI	100	0

4 经济效益

就地冷再生技术的原材料大部分采用旧路面材料和破损路基材料，循环利用废旧沥青混合料和半刚性材料。这一过程中不仅减少了废料外运的费用成本，而且有效地节约了

砂石等资源，大量减少了新材料的用量成本，在节约资源保护环境的同时提高了经济效益。

以长度为 1km、路面宽度为 7m 的就地冷再生基层与传统的水稳基层施工方案为例，进行对比分析。常规基层施工综合造价约每平方米 44.3 元，而厚 20cm 水泥就地冷再生基层造价为每平方米 24.5 元，如表 5 所示。采用沥青路面就地冷再生技术，每平方米节省造价 19.8 元。

根据《兵团十四五公路养护规划》，“十四五”期间，兵团大中修养护折合路面宽度 7m，20cm 厚水泥稳定砂砾基层，总里程 3 万公里，可节省公路工程造价： $19.8 \times 7000 \times 30000 = 41.58$  亿元。且与以往的传统工艺相比较，采用抗硫酸盐水泥冷再生工艺处理翻浆路段能从路面深层次对道路病害进行处理，与其他方案相比取得较好效果<sup>[4]</sup>。

表 5 冷再生与常规基层施工经济效益对比

序号	工程细目	冷再生基层施工			常规基层施工		
		工程数量 (m <sup>2</sup> )	平方米单价	合价 (元)	工程数量 (m <sup>2</sup> )	平方米单价	合价 (元)
1	设备费	7000	10	70000	7000	8.5	59500
2	材料费	7000	12.3	86100	7000	30	210000
3	人工配合费	7000	1.5	10500	7000	0.6	4200
4	养生	7000	0.7	4900	7000	0.7	4900
5	挖除沥青混凝土路面	/	/	/	7000	4.5	31500
6	基层每平方米综合价	/	24.5	/	/	44.3	/
7	总计费用	/	/	171500	/	/	310100

5 结语

抗硫酸盐水泥就地冷再生技术对于新疆公路盐渍土病害的治理有着很大的施工优势和经济优势。试验路段的平整度、破损率、路面使用性能和公路技术状况比普通路段均有明显的提升，施工效果良好利于推广。由于原材料大多采用旧路面和破损路基材料，不仅减少了资源浪费，而且避免了沥青混合料的堆放和废物的外运，并且从根源上消除了石料开采过程中造成的水土流失等自然破坏，具有可观的经济效益。

参考文献

[1] 林育军.水泥就地冷再生技术在公路施工中的应用[J].交通世界,2021(26):85-86.

[2] 赵国庆.水泥稳定就地冷再生基层施工质量影响因素及监控研究[D].西安:长安大学,2021.

[3] 王铮.水泥就地冷再生基层施工技术研究[J].交通世界,2020(35):69-70.

[4] 木沙·如孜.水稳砂砾沥青路面就地冷再生材料性能试验研究[J].公路交通科技(应用技术版),2020,16(8):83-85.