



中华人民共和国交通部资助出版
交通类学科(专业)学术著作

Method 高等级公路快速养护方法及设备

and apparatus for the instant maintenance of highway

● 李万莉 朱福民 著



人民交通出版社

U418
1



中华人民共和国交通部资助出版
交通类学科(专业)学术著作

M

ethod

高等级公路快速养护方法及设备

and apparatus for the instant maintenance of highway

● 李万莉 朱福民 著

SCJ 25/04



北方工业大学图书馆



00594567

人民交通出版社

内 容 提 要

本书研究高等级公路包括沥青混凝土路面和水泥混凝土路面快速、高效修复理论、方法及实施新理论和新方法的施工设备的研发,是机械、电子理论在交通行业的具体应用;报告近几年的最新科研成果,这些新理论和新方法试图科学地解决高等级公路营运中路面病害影响畅通的难题。

本书旨在为公路养护部门的管理干部、高等院校公路机械专业的本科生和研究生及工程机械生产企业的工程技术人员提供参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

高等级公路快速养护方法及设备/李万莉,朱福民著.
北京:人民交通出版社,2005.7
ISBN 7-114-05573-0

I.高… II.①李…②朱… III.①公路养护—方法②公路养护—机动设备 IV.U418

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第049846号

书 名: 高等级公路快速养护方法及设备

著 作 者: 李万莉 朱福民

责任编辑: 李松山

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 14.75

字 数: 228千

版 次: 2005年8月第1版

印 次: 2005年8月第1次印刷

书 号: ISBN7-114-05573-0

印 数: 0001—5000册

定 价: 25.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

最近 10 年我国的公路建设事业,特别是高等级公路建设事业进入了一个迅速发展的时期。全国的新建公路以每年 30000km 左右的速度增加,其中高速公路以年增 1000km 左右的速度发展。在建设新路的同时,我们也注意到,一些前些年才建好的公路,随着使用年限的增加,已经出现了不同程度的病害。为了提高高等级公路的营运效益、保障国民经济命脉的畅通,必须拥有科学地处理公路病害的方法和技术先进的设备。为此,我们编写了此书。

本书研究高等级公路包括沥青混凝土路面和水泥混凝土路面快速、高效修复理论、方法及实施新理论和新方法的施工设备的研发,是机械、电子理论在交通行业的具体应用;报告近几年的最新科研成果,这些新理论和新方法试图科学地解决高等级公路营运中路面病害影响畅通的难题。本书在写作过程中,力图体现三大特点:理论性、先进性和实用性。

本书由李万莉教授主编,朱福民教授、李自光教授、颜荣庆教授为副主编。全书是作者结合了近几年承担的湖南省自然科学基金项目“高等级水泥公路路面基分离检测理论研究”、交通部重点课题“高等级水泥公路高效碎切机研制”、国家 863 重大专项“基于微波能的沥青路面修复技术及设备”、湖南省重点科研项目“沥青混凝土路面微波加热再生机”等科研课题的研究成果,融多年理论教学经验,并在参阅了大量的国内外相关资料的基础上著成。在此特别对被参阅和被引用的相关文献的作者表示诚挚的谢意。

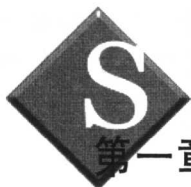
本书旨在为公路养护部门的管理干部、高等院校公路机械专业的本科生和研究生及工程机械生产企业的工程技术人员提供参考之用。

目 录

CONTENTS

第一章 概论	1
第一节 公路养护的目的	1
第二节 常见公路养护设备	3
第二章 沥青混凝土路面特性及其养护技术现状	14
第一节 沥青混凝土路面的特性	14
第二节 沥青路面破坏的原因及对策分析	15
第三节 沥青路面养护技术现状	22
第三章 沥青混凝土路面养护新方法	27
第一节 红外辐射加热修补方法	27
第二节 微波加热修复沥青混凝土路面的理论基础	32
第三节 微波场中沥青混凝土路面材料的介电特性	35
第四节 沥青混凝土路面材料微波介电参数测试	43
第五节 微波场中沥青混凝土路面加热效果测试	47
第六节 沥青混凝土路面三维有源微波加热模型	49
第七节 开口微波场数学模型的建立	50
第八节 微波加热沥青混凝土路面热力学微分方程的建立	55
第九节 微波透射沥青混凝土路面时的数值仿真	57
第十节 模拟计算结果分析	60
第十一节 沥青混凝土路面微波加热试验研究	66
第十二节 微波加热计算结果与试验结果的对比分析	71
第十三节 MWR50 型沥青混凝土路面微波加热再生机设计	78
第四章 水泥混凝土路面特性及其养护方法	89
第一节 水泥混凝土路面破坏机理及其质量监控	90
第二节 超声波检测技术	95
第三节 雷达检测技术	101
第四节 振动检测理论及检测技术	138
第五节 水泥混凝土路面修复技术	145

第五章 水泥混凝土路面射流破碎理论及实践	153
第一节 高压水射流切割技术概述	153
第二节 高压水射流冲击水泥混凝土数学模型的建立	156
第三节 高压水射流冲击水泥混凝土模型的数值计算	170
第四节 基于断裂力学的混凝土射流碎裂模型及模拟计算	194
第五节 高效碎切机的试验研究及设计	205
参考文献	224



第一章 概 论

第一节 公路养护的目的

一、公路养护的目的

根据《2002年公路水路交通行业发展统计公报》，2002年交通固定资产投资取得新突破，全国内地交通固定资产投资共完成3491.5亿元，比上年增长17.6%。其中公路建设完成3211.7亿元，占总投资额的92.0%，可见公路建设是交通固定资产投资的重点。至2002年底，全国内地公路总里程达到176.5万km，其中等级公路里程为138.29万km。路网结构进一步改善，公路技术等级和路面等级不断提高。

由此可见，斥巨资修建的公路是国家最重要的资产之一。公路建成后，随着使用时间的推移，在车轮和轴载的作用下，在风沙雨雪、日光温度等气候变化的作用下，公路的使用性能会产生不同程度的退化。为保证公路畅通，公路养护工作必须做到快速、高效，保证质量和安全。养护的目的：①防止退化，延长公路使用寿命；②使公路网保持良好的状态，减小营运者的营运费用；③通过紧急维修，保持公路安全、正常通行。

实现养路机械化对确保工程质量和减轻劳动强度及实现文明生产、提高工效、缩短施工工期、推进技术进步、提高养路工人技术水平，将起着积极和推动作用，从而提高了养护工程的经济效益和社会效益。

高等级公路的设计寿命长、施工质量高，投入使用后，短期内一般不会出现病害，经过一段时间使用后，公路路面将出现各种病害。其原因主要有：①设计时对交通量和车载质量的发展估计不足；②对超轴载质量的



车辆控制不严;③车辆磨损及交通事故;④气候及时间造成路面老化;⑤施工质量不好。

高等级公路的突出特点是交通量大、车速高,养护工作必须适应这一特点,要求养护质量高,并且快速完成,尽可能减少交通阻塞。为此,公路养护必须有行之有效的养护方法和先进、高效的养护设备。

二、公路养护工作的范围及分类

1. 日常养护

按照需要对公路的各部位(包括其附属设施)经常进行养护维修,使公路尽可能保持原有状况,保证在任何天气的情况下都能通行。主要工作范围有:

①清扫和清理行车道、路缘、水沟、排水管道、交通标志、信号、安全护栏等,以及割草、修剪树枝。

②修补行车道、路缘、附属设施及建筑物的轻微损坏部分,以及为恢复正常营运进行紧急处理。

2. 定期养护

即在公路使用寿命期内需要进行的较长期的实施项目。主要工作范围有:

①修补和改善被磨损或发生形变的行车道磨损层。

②修复路标、涵洞、附属设施及钢桥重新油漆等。

3. 临时养护

即在道路质量严重变坏时将其恢复到原始状态。主要工作范围有:

①加固和重建路面结构、修复路基和涵洞。

②防止外部因素破坏边坡稳定,如挡土墙维护、防岩石坠落、防洪、防塌方、修整树木等。

4. 改善工程

主要工作范围有:

①改善瓶颈路段。

②纠正过大的路拱,改善行车视距,改善和调整交叉路口、公路连接点、出入口,以及消除事故多发点。

③特殊路段的防噪声工作,建筑物及其他设施的扩建和改建,接连建路旁休息区。

第二节 常见公路养护设备

根据作业内容将养护机械设备分为公路养护管理系统使用设备、面层修复机械、抗滑能力恢复机械、冬季养护机械、经常养护使用机械等五大类。

为了使公路持久地保持良好状况,推迟再建时间,降低公路运输和养护的总费用,对公路养护问题应倍加重视,从投资型向养护型发展。这一趋势促使了养护政策、养护技术和养护设备的发展和提高^[1-8]。

一、公路养护管理系统使用设备

随着交通量的增加和科学技术的发展,公路养护的概念不断更新和发展,突破了只对道路结构的缺陷、病害进行养护和修补的界限。要求公路养护不但要保证在使用期内道路的各组成部分必须能够连续承担起设计赋予它的使命,而且要使公路的运输职能达到一定的水平,包括公路的高效率使用、高效的服务水平、高水平的交通安全、良好的环境条件等。近年,许多国家都在研究用有限的资金达到最好的养护目的,即研究开发以计算机为基础的公路养护管理监测系统,以便对路面现状和使用性能作出正确的评价,从而制定正确的养护对策和计划。

路面状况的监测是合理养护、修复的基础,以人工目测为基本手段,并运用路面平整度、抗滑能力、车辙深度及路面弯沉等项目的测试仪器、设备。具体如表 1-1 所示。

①人工直接目测是检查路面缺陷和所有设施病害的传统方法。目测分乘车和步行两种。乘车每天检查一次,步行每年检查 1~2 次,在雨季、台风、地震时,应随时检查。

②弯沉仪是测量路面承载能力的设备,分静态法和动态法两种。自动弯沉仪是被许多国家采用的测试设备,它是把卡车轴距加长后制成的车载式检测设备,配有数据纪录和打印输出装置,可同时测左、右两轮隙的弯沉,测试速度为 4km/h。

③路面平整度检测设备是评价路面行驶性能的设备。纵向平整度检测设备可分为反应型和断面型两类。反应型的特点是通过测汽车底盘或轴的垂直运动反应平整度的,结构简单,易于普及;断面型的代表设备有



法国的 APL 纵断面分析仪,为双轮迹拖车式,传感轮与路面接触,直接测出路面平整度。

路面的横向不平度主要是反应车辙的深度。目前,多采用直尺静态断面仪,一些国家正在研制高效的设备,基本方向是用非接触式的激光或超声波探测器来测定,或用激光断面录像带来测定。

④抗滑能力是反应行车安全性的指标,分宏观构造和微观构造两部分。宏观构造的数值范围是:水平 0.5 ~ 50mm,垂直 0 ~ 0.2mm。它影响公路安全与路面界面的排水能力。

微观构造的数值范围是:水平 0 ~ 0.5mm,垂直 0 ~ 0.2mm。直接测定时用电子显微镜,仅限于个别研究单位。公路监测时多采用摆式摩擦系数测定仪,或用抗滑阻力测试仪,主要测路面附着力的变化。

⑤桥梁检查设备。桥梁观察或检查以目测为主,并配以技术测量为依据,近距离的目测是有效的方法,对于桥梁中目测不到的部位要采用间接的方式,大多采用双目 36m、7m,由桥梁边沿起可延伸水平距离达 12 ~ 16m。

桥面下操纵的桥梁检测设备一般叫桥梁检测车,能达到的高度一般为 10 ~ 30m,水平距离可达 20m。

养护管理的检测设备

表 1-1

序号	设备名称	规格及基本性能	用途	备注
1	自动弯沉仪	测试速度:3km/h,最高行驶速度:70km/h,配数据处理装置,分辨率:±0.01mm	评价路面承载力	静态
2	横向力系数测试车(SCRIM)	测试速度:50~80km/h,配测试轮水箱、微机数据处理系统	连续测路面摩擦系数,评价抗滑能力	微观构造
3	便携式摆式仪(SRT)	BS-1型,摆值0~100	人力随时检查路面摩擦系数	微观构造
4	路面标线反光、测定仪(便携式)	点测时间10s,质量10kg,可白天测试,带标准色对比板,18V10A/电池组	调查标线反光作用变化及更新时间	

续上表

序号	设备名称	规格及基本性能	用途	备注
5	激光路面构造深度仪 ①手推仪 ②车载式	JTC 型,测试速度:3 ~ 5km/h; 显示精度: $\pm 0.1\text{mm}$; 测试范围: 20mm; 每 10mm 打印一个平均构造深度; 测试速度: 30 ~ 90km/h, 显示精度: $\pm 1.0\text{mm}$, 自动测量及数据处理	测平均构造深度, 评价抗滑能力	粗糙度对高速公路不太适用
6	颠簸累积仪 (BUMP) (车载式或拖式)	测试速度: 20 ~ 65km/h, 最少读数 1cm, 连续测量, 自动数据处理	测颠簸指数 (cm/km) 评价平整度	舒适性反应型
7	快速路形测定仪	HSP 型, 具有接触式和激光非接触式两种探头, 测试速度: 30 ~ 72km/h; 分辨率: 1mm; 磁带记录长度: 100km	测纵向、横向不平度	直接测定
8	公路巡视车	行驶速度大于 80km/h, 附小型检测仪, 如摆式仪、直尺等, 设置紧急警示标志	检查、记录公路综合状态 (一般型小汽车)	观测
9	桥梁检测车	轴载质量 2 ~ 4 人, 最大能检查厚 7m、水平距离 12 ~ 16m 的桥, 行驶速度同一般卡车, 带电视摄像记录技术装置	观测桥梁各部位	观测
10	桥探测试车	静、动态加载, 自动数据处理系统	测动、静应变, 评价承载能力	测应变
11	车辆数据测试设备	可在任何地点、时间测定车辆种类、轴载、车距等交通流量数据, 数据自动处理	测交通量参数, 监视超重车辆	
12	车辆行驶状态测试车	测量车辆行驶时间、里程、油耗、启动、停车次数等, 数据自动处理	测车辆行驶状态, 评价公路运行质量	插入车流中



二、面层修复技术及设备

面层修复的内容主要是修复或更换磨损、变形、破坏的表面层及路面补强。普遍采用的修复方法有面层更换法、罩面法、切削罩面表面处置法、再生法等。各法的特点及所用机械如下所述。

1. 面层更换法

该法的特点是把旧路面破碎清除后,再摊铺新的面层。主要使用的机械有破碎机、铣刨机、摊铺机、搅拌机、压路机等。

2. 罩面法

该法是在需要修复或补强的路面上加铺一定厚度的新面层,使用的机械设备同新建公路一样,有沥青混凝土搅拌机、洒布机、摊铺机、压路机等,其工艺流程如图 1-1 所示。

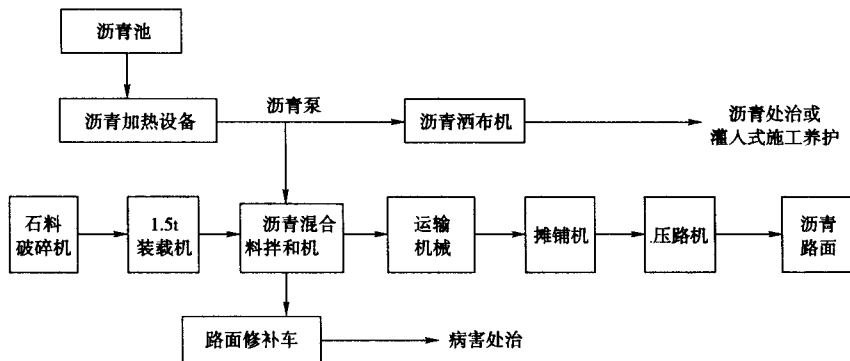


图 1-1 罩面法工艺流程图

沥青混凝土路面的大、中修和养护的主要工艺,从石料破碎到装卸、拌和、摊铺、压实,以及沥青表面处治、病害处治等均可实现机械化作业。

3. 切削罩面法

该法是更换法的变形和发展,其特点是将缺陷部分切除,用新料补铺。使用的机械主要是路面铣刨机、摊铺机、压路机、搅拌机等。

4. 再生法

再生法分厂拌再生和就地再生两种。

厂拌再生法是把从旧路面剥离下来的废料运到搅拌厂,破碎筛分后,用再生拌和机重新加热并添加必要的新料及添加剂,搅拌成新的沥青混

合料。

厂拌再生设备可分为间歇式强制搅拌机和滚筒式搅拌机两种。

滚筒式再生搅拌设备是国外盛行的再生设备,旧料再生比例可达到50%,主要机型有:内外双滚筒再生搅拌机、新旧料分开加热的双滚筒再生搅拌机、热扩散型燃烧室再生搅拌机、滚筒中间加旧料再生搅拌机、细腰式滚筒再生搅拌机等。

就地再生是用移动式路面再生机在需要修复的路面上一次通过,完成面层的翻新技术。

5. 撒铺法表面处治

表面处治的基本功能是防水,改善纹理结构,提高抗滑能力及防止老化,可用于沥青路面和水泥路面,一般用于中等或轻型交通的公路上。近年来,由橡胶或聚合物改性的沥青结合料具有较高的粘着性和良好的低温性,使得表面处治技术已经成功地应用于重交通公路和汽车专用公路上。

表面处治法使用的机械设备与贯入式路面施工机械相同,有沥青洒布机、集料摊铺机、清扫机、压路机、运料车等。

6. 沥青砂浆表面处治

沥青砂浆是沥青混合料的一种,砂浆表面处治实质上属于薄层罩面技术,主要用于改善路面老化、开裂,提高防水能力,延长路面使用寿命,对沥青路面和水泥路面都适用。

热拌砂浆的施工机械与罩面法相同。冷拌砂浆是用乳化沥青为粘结料拌制的。近十几年来,由于技术和设备的提高,稀砂浆封层得到广泛重视,并已经用在重交通(18000~48000辆/d)道路上,甚至在高速公路上用稀砂浆封层作防滑与耐磨处理。

该法的施工机械有吸式清扫机、装载机、稀砂浆封层机,其主要特点是把所需级配的集料、粉料、乳液、水等材料贮箱,以及把配料系统、搅拌机、摊铺器等装置在一辆专用的车上,工作时自动配比,搅拌出稀砂浆混合料,并按要求厚度摊铺在路面上。

7. 切削填补法

车辙是由塑性变形或带钉轮胎磨损造成的,是沥青路面的主要病害之一。车辙破坏了路面的平整度,形成雨水贮留,产生滑溜和水雾等,影响车辆行驶和安全。近年来采用切削填补法,将车辙部分切除,切宽一般



为 800mm,切深 20~50mm,然后再填上新的沥青混合料。这种方法使用的主要机械有路面加热机、铣刨机、沥青洒布机、摊铺机、压路机等。

三、抗滑能力恢复技术与设备

路面抗滑能力的恢复是公路的重要养护内容。路面抗滑能力的降低主要是由车轮的磨光、气候、泥浆污染、粉尘粘封、雨、冰等因素造成,路面施工不当也会降低抗滑力,如沥青路面的泛油、水泥路面拉毛不够等。这些因素可分为两类:一是路面结构本身抗滑力下降,二是外来物质堆积路面造成滑溜。恢复路面抗滑能力的方法和设备如下所述。

1. 切削凿毛法

该法的主要特点是用专用路面凿毛机,恢复粗糙的纹理结构。该法对水泥和沥青路面都能适用。

2. 刻槽法

该法的主要特点是用金刚石圆盘刀在路面上切槽,获得纵向或横向的线形宏观构造,槽的宽度和深度约 4mm,间距 20~25mm,此法主要用于水泥路面,对沥青路面也可采用,但耐久性差。

3. 高压喷水法

此法的特点是用一个旋转喷枪,用高压水喷扫路面,将部分表面粒剥离开,并喷扫出路外,也可用于清除粘封紧密的泥层和刹车胶痕等。

4. 石屑压入法

该法主要特点是将路面加热,然后撒石屑或黑色碎石,并及时压入路面。使用的机械均为通用的路面机械,如路面加热机、石屑撒布机、压路机、运料车等,该法适用于沥青路面。

四、冬季养护机械设备

冬季养护的内容主要是指消冰和除雪。

1. 除雪机械

除雪机械主要有旋转式除雪机、除雪卡车、推雪机、雪犁、装雪机等。

旋转式除雪机用于清除厚雪,抛雪距离一般为 10~40m,以 20m 左右居多。

除雪卡车用于清扫厚度较小的新降雪及清理路面,卡车上装有扫雪装置、前排雪板、侧向排雪板等装置,可进行多种除雪作业。

其他除雪机械多为推移式,一般是在动力机械及车辆的前边加装推雪铲刀、雪犁等。发动机功率都在 73.5kW 以上,铲刀宽度 2~4m,最大可达 6m。

2. 防滑料撒布机

喷洒和撒布化学融剂主要是消解冰雪,特别是用于 0~-5℃ 的路面混有小雪等情况,可防止路面结冰。撒布机的撒布方式有旋转型和平板型,能撒布固体盐、洒布液体盐水或防滑料,最大撒布宽度可达 14m,撒布速度可达 60km/h,撒布量和撒布宽度能准确地控制,技术发展趋势主要是提高设备的自动化程度。

五、经常养护使用设备

经常养护是指在每年内按照需要对公路的各部位,包括其附属设施经常进行维修,以使公路在任何时候都能通行。其主要工作范围有:清理行车道、路缘、水沟、排水管道、交通标志、信号、安全护栏等,修剪树枝、割草,修理路面及附属设施的轻微损坏部分,为恢复正常交通进行的紧急干预;更换已损坏附属设备,如标志、标线、护栏、排水管、照明装置、通信装置等,清除事故车及弃物。

经常养护的内容非常繁杂,使用的机械设备也是多种多样的,有些养护作业依然靠人工来完成,有些作业是使用小型机具来完成。

1. 路面清扫车

路面清扫车的功能是清除垃圾、脏物、弃物、粉尘等。这它不仅能保持路容的清洁美观,更主要的是清除污染后,恢复路面的抗滑能力,恢复标线的可见度,使行车安全得到保证,并减慢路面的磨光速度。清扫机械主要有两种形式:纯扫式和真空吸扫式。其清扫速度一般为 3.15km/h,垃圾箱容量为 2~6m³,清扫宽度 1~3.3m,行驶速度一般大于 60km/h。

2. 路面标线画线机

公路标志、标线起到警告、限制、指示和诱导作用,使车辆减少干扰、问路、绕行和错向行驶,提高路面的通行能力,并可提高驾驶员的注意力,减少驾驶员单调感,从而减少交通事故的发生,因此标线是公路经常性养护的主要内容。

画线机分为普通型和加热型两种,有手扶式、自行车式和车载式,规格有大、中、小型等配套产品。



3. 多功能养护车

多功能养护车是指用一台主机、换用不同的工作装置,完成多种作业内容的养护车型。该车应具有很高的通过能力和良好的牵引性能。机器前后均有机械、液压、气压等动力输出装置和工作机构悬挂装置,可快速更换多种工作装置,在公路养护上可以完成多种作业,如清扫、除雪、打草、剪枝、洒水、洗刷标牌护栏、钻孔、挖树、推土、装载等,还可以作牵引车使用。

4. 沥青路面修补车

修补车主要用于修补沥青路面及小面积罩面。

六、高等级公路应配备的养护设备

高等级公路应配备的养护设备如表 1-2 所示。

公路面层维修养护设备

表 1-2

序号	设备名称	规格及基本性能	用途
1	专用路面破碎机(共振式)	发动机功率 147 ~ 220kW,破碎能力 15 ~ 30cm 厚;无筋水泥面板:100 ~ 300m ² /h,20cm 厚;沥青路面 20m ² /h,破碎后最大块径小于 300mm,自行速度大于 40km/h	用于面层更换法和水泥路面罩面法中,破碎路面
2	路面切削机(冷发刨机)	切削宽度 1.5m、2m、3m;切削速度 0 ~ 30m/min,最大切削深度 200mm;带切料回收装置,自动调平装置	用于切削罩面法、旧路再生法
3	沥青旧料再生搅拌设备	再生能力为 60 ~ 80t/h 的间歇强制搅拌再生设备,旧料再生比例为 30% ~ 50%;再生能力为 100 ~ 200t/h 的滚筒式再生设备,旧料再生比例为 50% ~ 100%	面层更换法及切削罩面法旧料再生利用
4	沥青路面就地再生机组	再生重铺机,作业宽度 3 ~ 4.5m,作业深度 0 ~ 50mm,功率 182kW,带自动找平装置及加热器;接缝再生机,作业宽度 300mm,作业深度 0 ~ 40mm,带先进的加热装置,功率 20kW;冷热再生机,作业宽度 3 ~ 4.5m,作业深度 0 ~ 100mm,带自动找平装置	一个行车道或整条路面再生修复

续上表

序号	设备名称	规格及基本性能	用途
5	石屑摊铺机	摊铺机长 2~4.5m, 可调	沥青或水泥路面表面处治
6	稀浆封层机	摊铺机长 5.5~4m, 作业速度 3~5km/h, 轴载质量 10~30t, 带自动控制系统	砂浆表面处治
7	路面切削机	切削宽度 800mm, 切削深度 50mm, 带切料回收及自动找平装置	车辙修补
8	车辙摊铺机	两摊铺宽度 2mm×800mm, 摊铺密实度达 88%	车辙修补
9	路面凿毛机	工作宽度 6m, 凿击深度 0~3mm, 工作速度 80m/min, 抗滑能力恢复值 $F \geq 47$, $TD \geq 0.4$	恢复路面抗滑能力(沥青水泥)
10	化学融剂撒布机	轴载质量 3~8t, 撒布量 5~20g/m ² , 最大撒布宽度 20m, 撒布速度 40~60km/h, 要求前进液体及固体消冰剂均能适应, 带质量及宽度控制器	消除 50mm 以下薄雪或在降雪前、降雪时作消冰、防冰用
11	除雪机	除雪车速度 20~40km/h, 最大除雪宽度 3m/h, 最大除雪厚度 300mm, 行驶速度 70km/h, 前、后桥驱动, 带推雪板; 螺旋除雪机, 除雪量 500m ³ /h, 抛雪距离 20m 以上, 最大除雪厚度 1.5m, 除雪宽度 2.6m, 行驶速度 0~40km/h	清除厚度较小的新雪和清除厚雪
12	路面清扫车	清扫宽度 2~2.5m, 垃圾箱容积大于 3m ³ , 清扫速度大于 60km/h, 要求吸、扫结合, 垃圾自卸	清除垃圾、脏物及泥土浮尘
13	洒水车 (高压洗净车)	水箱容量大于 20000L, 扫刷罐宽度 2~4000mm, 高压喷头压力 20~40MPa, 行驶速度大于 60km/h, 带扫刷低压泵 1 个, 高压泵 2~4 个	清除泥浆粉尘沉积物、刹车胶痕, 路面降温, 植物浇水
14	路面标线、自动画线机	画线速度 10~80km/h, 漆罐容量 3000~4000L, 热塑料粉 4000~5000kg, 要求具有多种功能, 可画常温标线漆、加热标线漆、热熔标线漆, 具有加玻璃珠能力, 可画单线、双线、间断线, 电脑控制, 自动跟踪, 自动定向	画路面标线