

文章编号: 0451—0712(2005)12—0187—04

中图分类号: U416. 26

文献标识码: B

旧水泥混凝土路面的碎石化技术综述

柳正华¹, 谈至明²

(1. 浙江省宁波市公路管理局 宁波市 315040; 2. 同济大学教育部道路和交通工程重点实验室 上海市 200092)

摘 要: 介绍了旧水泥混凝土路面碎石化技术的分类, 目前国内常用的碎石化设备及其技术特点; 讨论了路面碎石化质量的控制方法和评价指标; 最后, 从水泥混凝土碎块尺寸、处理后的旧路面整体均匀性、影响深度, 以及环境影响和价格等 5 个方面考察了不同碎石化方式的适用性。

关键词: 道路工程; 水泥混凝土路面; 碎石化; 加铺层; 综述

旧水泥混凝土路面上加铺沥青混凝土层(俗称“白改黑”)是恢复路面的使用性能和增强其承载能力的有效措施, 其技术难点是防止和延缓旧水泥混凝土路面接、裂缝反射到面层而导致加铺层的结构损坏。当旧水泥混凝土路面结构损坏较严重时, 旧路面的预处理(更换断板, 修补裂缝, 磨平错台, 灌浆填封板底脱空等)变得十分昂贵且效果不佳, 宜采用碎石化技术以消除旧水泥混凝土路面的板体性, 以及由旧路面结构破损所带来的路面结构整体刚度的不均匀性, 以保证新罩面结构有一均匀稳定的承重层。然后, 视交通需要和处理后旧水泥混凝土路面的状况重建路面结构。

近几年, 我国的旧水泥混凝土路面碎石化技术发展较快, 多种先进的碎石化设备被引入, 工程实践大量增加, 积累不少宝贵经验, 但也有不少的教训。

1 碎石化技术的类型

旧水泥混凝土路面碎石化有 3 大类: 打裂压稳、打碎压稳和集料化。

1.1 打裂压稳

打裂压稳是指在旧水泥混凝土路面上施加高能

量低频冲击外力, 使旧水泥混凝土路面板开裂而丧失板体性; 随后, 用压实机械进行碾压, 从而形成稳定均匀的结构层。高能量低频冲击外力的作用使旧水泥混凝土路面板裂缝不规则且较细微, 因此, 开裂的旧水泥混凝土路面层仍有较高的整体刚性, 但均匀性稍差, 如直接加铺薄层沥青混凝土, 仍有出现反射裂缝的可能。打裂压稳工艺的代表性机械有冲击式压路机、钺刀式冲击破碎机 2 种。

1.2 打碎压稳

打碎压稳是指采用落锤而低频振动等方式使旧水泥混凝土路面碎裂; 进而, 用专用压实机械碾压形成下粗上细的碎石结构层。打碎压稳工艺形成的结构层均匀性优于打裂压稳工艺形成的结构层的均匀性, 但整体刚度明显低于后者。打碎压稳工艺的代表性机械有多锤头冲击破碎机、共振式破碎机等。

1.3 集料化

集料化是一种最彻底的重建手段, 是将旧水泥混凝土路面再生为集料; 然后, 再用于修筑基层、底基层或垫层。集料化再生利用技术的主要工艺分为 3 个过程。

(1) 路面破碎和清运。

收稿日期: 2005—06—15

system to solve waterlogging, designing cement concrete pavement to solve ruts and cracks, optimizing the design of roadbase structure to solve non-uniform settlement, changing the positions of bridge expansion joints and joint fillers, and compacting and widening the benches at the demarcation plane of cut and fill to solve early failure at particular situations of pavemnets.

Key words: expressway in mountain area; bituminous concrete pavement; early failure; harness

先将旧水泥混凝土路面破碎、挖掘、装运至集料处理场。

(2) 集料加工。

① 清筛粘附在水泥混凝土碎块上的基层材料和泥土。

② 一级破碎：一般采用颚式破碎机(反击式破碎机扬尘大)将水泥混凝土块破碎为粒径为 152 mm 以下的碎块，并利用电磁铁剔除原路面板内的钢筋。

③ 二级破碎：将粒径大于 76 mm 的碎块循环破碎，并吸走残余钢筋。

④ 分筛：在一级破碎和二级破碎过程中，根据集料粒径的要求安装双筛网筛分机，对小于 76 mm 粒径的再生集料进行过筛分级。

(3) 再生集料的利用。

再生集料主要用于修筑基层(贫混凝土、水泥处治料料基层的骨料)、底基层(级配碎石、水泥处治砂砾)和垫层(砂砾)等。

2 碎石化设备及其技术特点

近几年，随着我国旧水泥混凝土路面重建需求的增长，旧水泥混凝土路面现场碎石化技术得到了很快的发展，多种先进设备被引入，其中较常用的碎石化设备有如下几种。

2.1 简易碎石化设备及其技术特点

前几年，我国旧水泥混凝土路面的破碎大多采用小型打桩机，或安装在拖拉机牵引拖车上的落锤进行。对水泥混凝土的破碎力大小通过改变落锤内进油量从而控制落锤高度来调节，或通过控制牵引车的前移速度来调整。

这些简易破碎机械的效率较低，噪声大，破碎后的水泥混凝土块大小均匀性差。从工程质量和工作效率来看，均难以适应大面积水泥混凝土路面重建需求。

2.2 冲击压路机及其技术特点

目前水泥混凝土路面重建中，打裂压稳是采用最多的旧水泥混凝土路面处理方式，其代表性机械为冲击压路机。它是通过 3 角或 5 角形轮的滚动对旧水泥混凝土路面板形成间歇而周期性的冲击作用，从而使其破裂。

冲击压路机具有低频高能量和大振幅的特点，其工作频率在 2 Hz 左右，振幅在 0.1~0.22 m，最大冲击力达 200 t 以上，是静压力的 10 倍，冲击能量在 15~25 kJ 左右，其冲击影响深度较静压大 3~5 倍，

较振动压路机大 2~3 倍。因此，冲击压路机除了打裂旧水泥混凝土路面之外，能有效地消除旧水泥混凝土路面板的脱空，并起到加固地基的作用。据各地的使用经验，在要求旧水泥混凝土路面板分裂为 0.60 m 以下块状的要求下，冲击遍数在 20~25 遍之间。冲击压路机的破碎效率约为每台班 2~3 km×车道数。

冲击压路机形成的水泥混凝土路面板裂缝是不规则的和微细的，一般情况下，需要洒水后才能用肉眼观察到。

2.3 多锤头破碎机及其技术特点

多锤头破碎机(Multiple Head Breaker，以下简称 MHB 机)属打碎压稳类机械，是轮胎自行式设备，其后部有 2 排重锤，锤重 454~545 kg，前后每对重锤有一套单独的液压提升系统为动力，在破碎旧水泥混凝土路面时，重锤按一定规律下落，重锤每次下落可产生 1.38~11.1 kJ 的冲击能量。

MHB 机的旧水泥混凝土路面破碎效率较高，每台班约为 2 km×车道。MHB 机破碎的旧水泥混凝土粒径可通过控制落锤的高度调节，一般可控制在 75~300 mm 之间，呈上细下粗形态。

MHB 机不具有冲击压路机的碾压功能，与之配套的压实机具为 Z 形(Z-grid)压路机。Z 形压路机为钢轮上加了斜向 Z 字波纹凸出条的钢轮压路机，它在碾压粒径不太均匀的水泥混凝土碎块时，Z 形波纹凸出条可保证水泥混凝土颗粒不至于向外挤出，从而确保碾压效果和表面的平整。

2.4 共振式破碎机及其技术特点

共振式破碎机属打碎压稳类机械，其工作原理是由凸轮转动产生的偏心力在机械与水泥混凝土路面接触处产生高频低幅的振动，这种高频低幅振动能量大部分被水泥混凝土板吸收，从而造成水泥混凝土的解体碎裂。美国 Resonant Machines, Inc. 公司生产的共振式破碎机 PB4，下方悬挂一 3.8 m 长、0.5~0.55 m 宽、0.16 m 厚的振动钢梁，钢梁与配有偏心块的轴相连，在偏心轴转动时，钢梁以 44 Hz 的频率振动，最大振幅 10 mm 左右。

PB4 破碎水泥混凝土路面的效果很好，随着路面深度的增加，振动能量下降，因此，路面的破碎程度也呈上细下粗形态，水泥混凝土碎块的最大粒径可控制在 200 mm。PB4 的路面破碎效率也较高，每台班约为 1.6 km×车道数。

2.5 路面铣刨机及其技术特点

路面铣刨机原为矿山机械,用于露天矿的挖掘,近几年才用于旧路面的重建之中。美国 Trencor 公司的 RoadMiner 系列的路面铣刨机,一次最大铣刨宽度为 4.1 m,最大铣刨深度为 1.5 m,可用于大面积的水泥混凝土、沥青混凝土路面结构层的重建,铣刨速度视用户的集料粒径要求决定。

路面铣刨机将铣刨范围内(宽、深)旧路面结构层铣刨后置于旁侧,这些已经颗粒化的松散材料可在现场再生利用或集中至集料场再生利用。

2.6 铡式破碎机及技术特点

铡式破碎机也属打裂压稳类设备,20 世纪 80 年代它在英国首先得到应用,它利用重达 5~7 t 的铡刀下落形成的线状冲击力冲切旧水泥混凝土路面板,从而使旧水泥混凝土路面出现断裂。铡刀的宽度 2.0~2.5 m,刀头厚 4 mm 左右,铡刀的提升由液压装置控制,提升高度可调,以使路面板出现裂缝为宜,铡刀的落距则根据对破裂块的尺寸的要求而定,一般为 0.4~0.6 m。

与冲击压路机形成的路面板不规则微细裂缝相比,铡式破碎机形成的路面横向裂缝是规则的和明显的,而纵向裂缝则与冲击压路机的相似。

3 碎石化质量控制和效果评定

将旧水泥混凝土路面碎石化的目的是消除旧水泥混凝土路面的板体性,以及由路面结构破损所带来的路面结构整体刚度的不均匀性,以保证新罩面结构有一均匀稳定的承重层,否则,旧水泥混凝土路面的接、裂缝将很快反射至罩面层,从而造成罩面层的结构破坏。

水泥混凝土路面的板体性主要表现在:

- (1)路面板的收缩与膨胀均以板块为单位进行,从而造成接、裂缝的张开和闭合运动;
- (2)车辆荷载作用下的路面板各点的弯沉不尽相同,板角弯沉较板中弯沉大数倍;
- (3)接、裂缝两侧的弯沉有明显差异。

旧路面接、裂缝的张开和闭合运动,主要是由温、湿度的变化引起的,当接、裂缝张开时,接、裂缝上部的罩面结构处于撕拉的状态下,若罩面结构的抗拉强度不足,就会出现张开型裂缝。旧路面各点弯沉的不均匀性,会使罩面层的弯拉应力增加和罩面层与旧路面的层间产生过大的拉剪应力,造成层间分离和结构拉裂或剪断。接、裂缝两侧的弯沉差对罩面层结构的危害最大,它使罩面层结构内产生很大

的剪切力,以及使罩面层与旧路面的界面处遭受撕拉作用,而且,由于这种弯沉差是呈现波动特性,车辆驶过一次,这种弯沉差将重复多次。

旧水泥混凝土路面的结构破损,如,板体断裂、板底脱空、错台、接缝破损等病害,均会加剧上述 3 种现象,使罩面层结构很容易被破坏。因此,碎石化的质量控制应围绕消除和控制上述 3 种现象为目标,因此,相应的质量指标为:

- (1)破碎后水泥混凝土块的最大尺寸;
- (2)接、裂缝两侧的弯沉差;
- (3)处治后的旧路面弯沉的离散程度。

由温、湿度的变化引起的旧路面板接、裂缝的张开量,与水泥混凝土板块的平面尺寸成正比,控制破碎后水泥混凝土块的最大尺寸,能有效地减小接、裂缝张开量,消除由此引起的反射裂缝的产生。破碎后水泥混凝土块的最大尺寸宜控制在 0.6~0.8 m 以下。

接、裂缝两侧的弯沉差应彻底消除,接、裂缝两侧弯沉差主要取决于接、裂缝间的嵌锁作用和板底脱空状况。因此,在旧水泥混凝土路面碎石化过程中,首先,应保证破碎后水泥混凝土块的最大尺寸不超标,因为如果接、裂缝张开,则它们的嵌锁作用会很快大幅度降低,甚至消失;其次,应确保彻底消除板底脱空现象;再次,是充分压稳水泥混凝土碎块层。

在压稳水泥混凝土碎块后,需进行弯沉检测,以检验旧水泥混凝土路面碎石化的整体刚度和均匀性,如其整体刚度较大,均匀性良好,则可直接罩铺沥青混凝土面层,否则,需加设基层,或对旧水泥混凝土路面做进一步的处治。

4 不同碎石化方式的适用性

旧水泥混凝土路面不同碎石化方式的适用性,从水泥混凝土碎块尺寸、处理的整体均匀性、影响深度、环境影响和价格等 5 个方面来考察。

表 1 为从上述 5 个方面考察不同碎石化方式的排序表,其中,碎块尺寸和均匀性按有利于罩面层结构进行排序,即碎块尺寸按小到大,均匀性按好到差,影响深度按深到浅排序。但必须指出的是,影响深度大对罩面层结构是有利的,但对于路面结构下的涵洞、管线等结构物是不利的,例如,冲击压路机对浅埋涵洞、管线的破坏性限制了它在城市道路,以及水网地基低路堤道路中的应用;环境影响按小到排序,主要是噪声、振动和扬尘,其中,振动波对路边房屋、道路挡墙的不利影响在采用冲击压路机和

铡式破碎机时应予以足够的重视,路面铣刨机的碎石化过程扬尘较大,且需要较大的堆料场,但考虑到它能有效地再生利用,故排序靠前;价格按低到高排列。

表 1 不同碎石化方式的适用性排序表

机械类型	碎石化类型	碎块尺寸	均匀性	影响深度	环境影响	价格
简易碎石化设备	集料化	5	6	5	6	3
冲击压路机	打裂压稳	6	5	1	5	1
铡式破碎机	打裂压稳	4	4	2	4	2
多锤头破碎机	打碎压稳	3	3	3	3	4
共振式破碎机	打碎压稳	2	2	4	1	5
路面铣刨机	集料化	1	1	/	2	6

当路基较差,基层强度不足,板底脱空严重,且沿线桥涵较少,紧靠道路房屋(距路基小于 10 m)较少的场合,宜采用打裂压稳类的冲击压路机工艺,其价格最低,每平方米的价格不超过 10 元人民币,铡式破碎机的影响深度和对路旁房屋振动影响较冲击压路机小一些,但对板底脱空整治和路基加固的效果不如冲击压路机。

打碎压稳类的多锤头破碎机和共振式破碎机工艺的影响深度和对环境不利影响较打裂压稳的小一些,但打碎压稳处理后旧水泥混凝土碎块层的均匀性明显优于打裂压稳处理后旧水泥混凝土碎块层的均匀性,打碎压稳工艺单位造价也高于后者,每平方米的价格估计在 20 元人民币左右;另外,它对路基的加固作用较小,因此,它较适用于路基强度良好,涵洞和管线中等埋深以下(>0.8 m)的场合。

5 结语

旧水泥混凝土路面的碎石化有打裂压稳、打碎压稳和集料化 3 大类。打裂压稳形成旧水泥混凝土路面板裂缝不规则且较细微,开裂的旧水泥混凝土路面层仍有较高的整体刚性,但均匀性稍差。打碎压稳形成的结构层均匀性优于打裂压稳工艺形成的结构层的均匀性,但整体刚度低于前者。集料化是一种彻底的重建手段,但成本较高,适用于路面标高受到严格限制的场合。

旧水泥混凝土路面碎石化的质量评价指标建议采用:破碎后水泥混凝土块的最大尺寸;接缝两侧的弯沉差;处治后的旧路面弯沉的离散程度。

从水泥混凝土碎块尺寸、处理后的整体均匀性、影响深度、环境影响和价格等 5 个方面考察了几种

常用的碎石化方式的适用性,给出了它们的排序。

参考文献:

[1] 美国国家科学研究院.王瞰,查旭东,韩春华,译. 水泥混凝土公路技术实践与展望[M]. 北京:人民交通出版社,2000.

[2] 刘荣,孙江,黄晓明. 旧混凝土路面破碎后表面弯沉和回弹模量[J]. 华东公路,2003,(6).

[3] 张玉宏,王松根,李昶. 国外水泥混凝土路面碎石化技术简介[J]. 公路,2003,(9).

[4] 苏纪开,苏卫国,汪益敏. 旧水泥混凝土路面修复工程中冲击压实技术初探[A]. 中国公路学会 2000 学术交流论文集[C]. 北京:中国公路杂志社, 2000.

[5] 潘炬坤. 国外水泥混凝土路面改造的铡裂压实技术 [A]. 2004 年道路工程学术交流会议论文集[C]. 北京:人民交通出版社,2004.

[6] 范小响,甄燕山,赵静. 水泥混凝土路面破碎稳固施工工艺与质量控制[A]. 2004 年道路工程学术交流会议论文集[C]. 北京:人民交通出版社,2004.

[7] John P Donahue. Missouri Guide for Pavement Rehabilitation [R]. RI00 — 008, Research, Development and Technology MoDOT,2002. 11.

[8] Thompson, M R, et al. HMA Overlay Construction with One Pass/lane-Width with PCCP Rubblization[J]. Asphalt Paving Technology, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologist, 1997,66.

[9] 刘荣,刘效尧,孙江,等. 冲击碾压混凝土路面的破碎尺度[J]. 公路交通科技,2004,(4).

[10] 苏卫国,卢辉.冲击压实后旧水泥混凝土路面作为垫层及其回弹模量的试验研究[J]. 公路,2004,(11).

[11] 李昶,张玉宏,张健. 冲击压实与 MHB 类设备对水泥混凝土路面破碎效果的对比[J]. 公路交通科技, 2004,(11).

文章编号: 0451-0712(2005)12-0191-04

中图分类号: X171.4

文献标识码: B

舟山市大陆连岛接线公路边坡景观处理方案的探讨

王芬芳

(浙江省舟山连岛工程建设指挥部 舟山市 316000)

摘 要: 根据连岛工程陆岛连接的环境特点,着重探讨连岛工程景观设计中的边坡处理方案。并针对已有的设计方案提出一些具体实施的建议。

关键词: 生态环境; 恢复性景观; 海岛绿化

舟山市是我国唯一的群岛型地级市,享有“千岛之城”的美誉。该市位于东经121°30′~123°25′,北纬29°32′~31°14′,处于我国东南沿海,长江、钱塘江、甬江入海口。气候相对于中国东南部区域具有四季分明、风大雾多、淡水缺乏等特点,近年常有连续的旱季出现,旱季雨季分明,属亚热带季风气候,但受海洋性气候影响明显,夏季多台风。

舟山大陆连岛工程是一项连接舟山本岛和里钓岛、富翅岛、册子岛、金塘岛4个岛屿,于宁波镇海登陆,全长近50 km的特大交通基础设施建设项目。它的建设,既是打破陆岛隔阻的交通现状,实现舟山社

会经济跨越式发展的需要;同时,也是进一步提升舟山“中国优秀旅游城市”整体形象的必然要求。连岛工程5座大桥形式不一,各具特色,本身就具有强烈的景观效应;而绵延20多km的接线公路,蜿蜒起伏于4个孤悬于大海之中的海岛之间,路线曲折,形成了鲜明的海岛接线公路特色,颇具魅力。若能在景观建设中科学规划、悉心设计、精心实施,就有可能把连岛工程打造成一条美仑美奂的绿色通道(图1)。

连岛一期工程是舟山市大陆连岛工程的一部分,起于舟山本岛岑港庄鸡山嘴,经过里钓、富翅两岛,终于册子岛桃夭门岭,全长6 841 m。包括岑港大

收稿日期: 2005-07-20



A Review on Rubblization Techniques for Existing Cement Concrete Pavements

LIU Zheng-hua¹, TAN Zhi-ming²

(1. Ningbo Municipal Highway Administration of Zhejiang Province, Ningbo 315040, China;
2. Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The classification of rubblization techniques for existing cement concrete pavements are introduced, the technical features of rubblization equipment commonly used at present in China are outlined, and the control methods, evaluation indices for pavements rubblization quality discussed. Therefore, on the basis of the five aspects of size of broken concrete blocks, uniformity of treated pavements, affecting depths, environmental impact and cost, the applicability of different rubblization means is presented.

Key words: road engineering; cement concrete pavement; rubblization; overlay; review