

薄层路面与桥面

杨东来¹ 孙祖望²

(1.广东冠粤路桥集团, 广东 广州 510665; 2.长安大学, 陕西 西安 710064)

薄层路面的应用领域

2.5 ~ 4cm 的薄层路面是一种应用广泛的路面结构层, 它通常用来作为多层结构沥青面层的磨耗层、养护维修中的薄层罩面以及桥梁铺装用的路面。

对于桥面铺装来说, 不论是调平层还是磨耗层大都是 4cm 以下的薄层路面。此外, 在水泥路面上覆盖沥青面层结构中也常用作调平层和应力吸收层之用。

中国目前的路面结构仍以半刚性基层路面为主, 长期以来沥青面层是 4 × 5 × 6cm 的 3 层式结构, 虽然近些年出现了 4 × 5 × 7cm、4 × 6 × 8cm 的结构, 但仍属于薄层路面和次薄层路面的范畴。

薄层路面的压实特点

(1) 薄层路面的铺层薄、散热快, 尤其是在气温较低和风力较大的场合下(例如桥面铺装), 混合料的热量更易失散, 因而要求压实设备能有很高的压实效率, 以便在较短的时间内将混合料压实到要求的密实度, 而采用静作用的压路机则往往达不到规定的要求。

(2) 由于铺层薄, 在承受较大的冲击力下容易导致表层集料的压碎, 特别是对以粗集料为主的嵌锁型结构的混合料(SMA、OGFC、Superpave 等)危害更大。

(3) 集料的破碎会严重破坏原有的集料级配特性。

(4) 集料的破碎面上没有沥青粘结将为日后的松散、裂缝、渗水、剥落等病害埋下隐患。

桥面铺装的压实特点

(1) 过度的振动能量会从松铺层下已压实的下承层上反射回来, 导致铺层表面振松。

(2) 对于桥面铺装来说, 强烈的振动在不同程度上会损害桥梁的结构物(特别是对于柔性桥梁)。

(3) 由于薄层路面与桥面铺装抗车辙、抗疲劳、抗水损害等方面通常有更高的要求, 因而往往会采

用一些特殊结构的混合料和改性沥青、沥青橡胶等高性能的粘结剂。这就进一步增加了混合料的压实性能差与薄层罩面和桥面铺装的碾压条件比较恶劣之间的矛盾。

(4) 薄层路面与桥面铺装的压实是压实技术的一个特殊领域, 研究薄层路面与桥面铺装的压实技术具有重大的现实意义。

薄层沥青路面压实的新技术

为了适应薄层路面压实的特殊需要, 国外在 20 世纪 90 年代先后推出了 2 种供压实薄层路面用的沥青路面压实新技术: 一种是高频振动压实技术, 另一种是振荡压实技术。

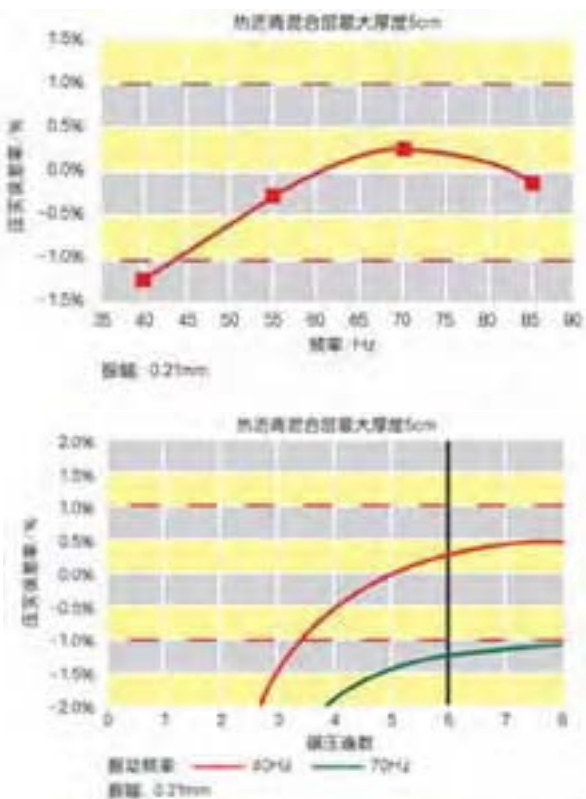


图1 混合料压实度随频率变化的曲线

铺装压实新技术

(1) 高频振动压实技术与高频压路机。

高频振动压实技术与高频压路机是解决薄层沥青路面压实问题的方案之一，它采用比现有沥青路面压路机更低振幅和更高频率的振动参数来进行压实。在现有最小振幅 0.35 ~ 0.45mm 和频率 40 ~ 45Hz 的基础上进一步减小振幅、提高频率。

高频压路机与薄层路面压实的混合料压实度随频率变化的曲线如图 1 所示。

由图 1 可以看出，在 0.21mm 的低振幅下，通过将频率提高至 70Hz 仍可达到要求的压实度。在采用高频压路机进行薄层路面压实时，在低振幅高频率的压实工况下仍应保持正常的碾压速度（见图 2）。

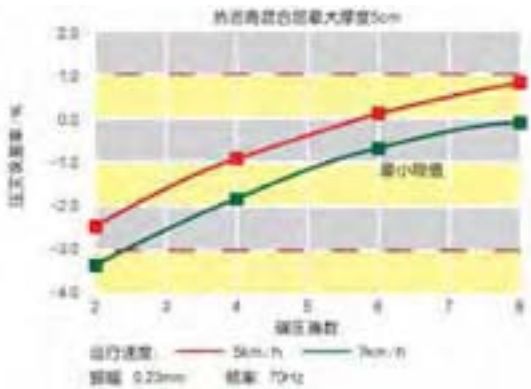
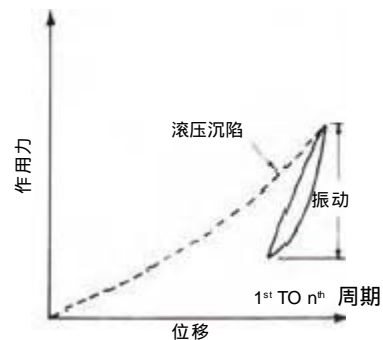


图2 低振幅与高频率压实工况下的碾压速度与压实度关系

(2) 高频振动压实原理。

图 3 解释了为什么在低振幅下提高频率能提高压实效果。从中可看到制约振动力提高的原因是滚轮脱离地面的离耦状态，这是由于施加于被压材料的振动能量过多造成的。而施加于被压材料的振动能量不仅与振幅有关而且与频率有关，前者决定了每一个振动周期输入的能量（参看图 3），后者决定了单位时间的振动次数。因此，减小振幅，而增加频率仍可获得必需的能量。



当振动着往前运动时，接近平衡的滞后作用

图3 振动力与位移之间的关系曲线

(3) 振荡压路机与振荡压实技术。

振荡压路机是在 20 世纪 80 年代初由瑞典 H.Thurner 博士发明的，经过 10 多年的发展至 90 年代被定位于薄层路面与特殊沥青混合料的压实。振荡压路机振荡压实原理见图 4，图 5 是振荡压实与振动压实的压力波传播示意图，图 6 是日本酒井的水平压路机工作原理图（日本把圆周方向的振动成分叫做水平振动）。图 7 是酒井公司的新一代振荡压路机，它由圆周方向的水平振动成

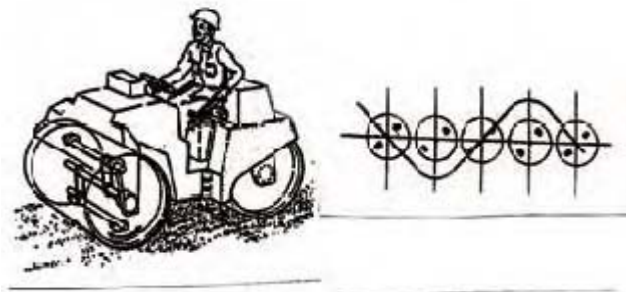


图4 振荡压路机的工作原理

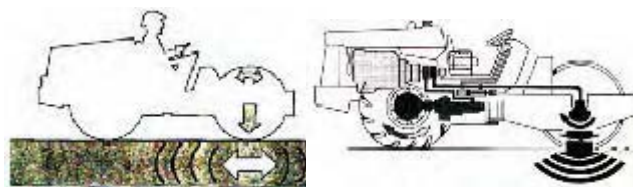


图5 振荡压实与振动压实的压力波传播示意图

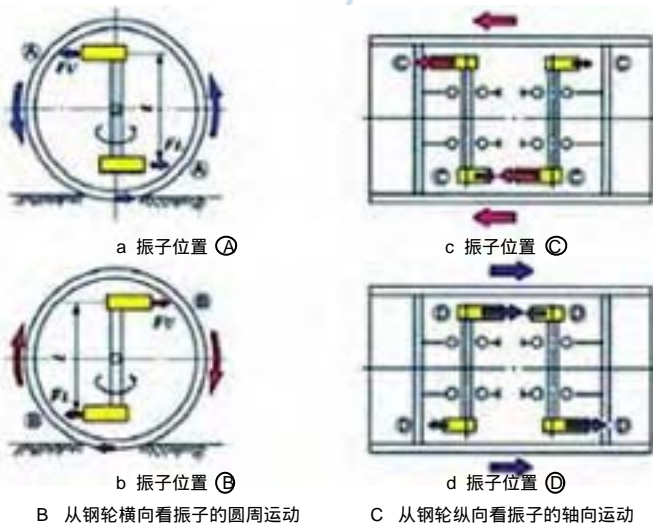


图6 水平振动压路机的工作原理图

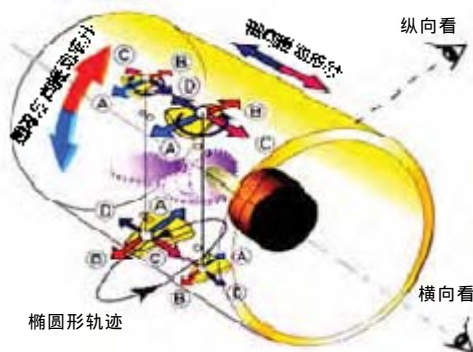
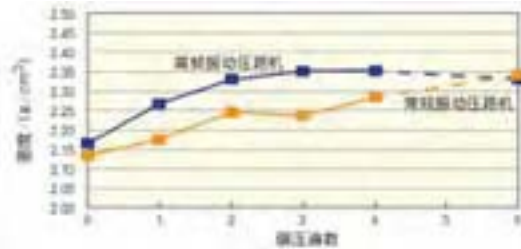
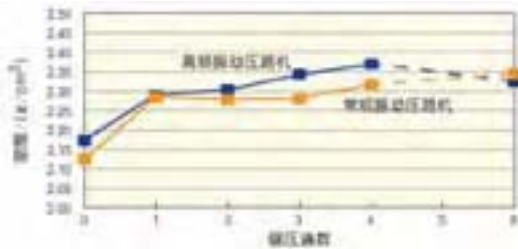


图7 水平振动力的产生原理

(SW850: $f=67\text{Hz}$; $A=0.33\text{mm}$; $v=5.83\text{km/h}$;
13t: $f=42\text{Hz}$; $A=0.41\text{mm}$; $v=5.46\text{km/h}$)

(SW850: $f=50\text{Hz}$; $A=0.55\text{mm}$; $v=4.5\text{km/h}$;
13t: $f=42\text{Hz}$; $A=0.41\text{mm}$; $v=4.9\text{km/h}$)



(SW850: $f=50\text{Hz}$; $A=0.55\text{mm}$; $v=3.4\text{km/h}$;
13t: $f=42\text{Hz}$; $A=0.41\text{mm}$; $v=3.8\text{km/h}$)

(SW850: $f=50\text{Hz}$; $A=0.55\text{mm}$; $v=3.6\text{km/h}$;
13t: $f=42\text{Hz}$; $A=0.41\text{mm}$; $v=4.5\text{km/h}$)

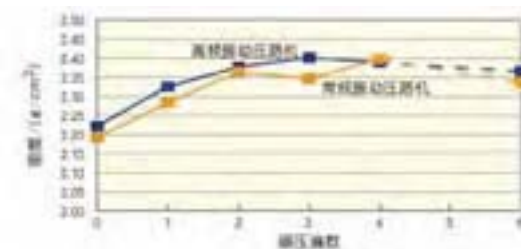
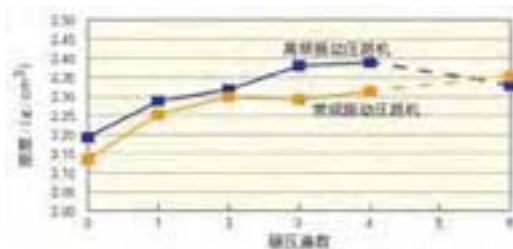


图8 SW850和13t振动压路机碾压HMA时密度随压实遍数而变化的增长图

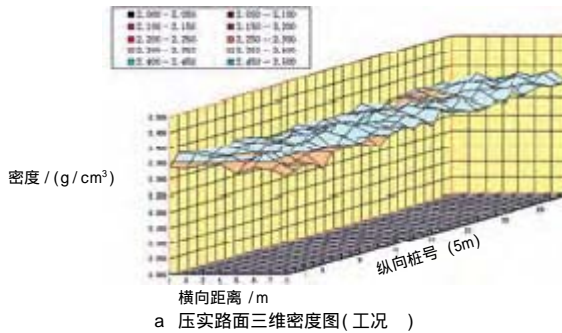
分+轴心方向的振动成分合成而成,其轨迹呈椭圆形,被称为复式水平振荡方式。

(4) 高频振动压实与振荡压实技术的试验研究。

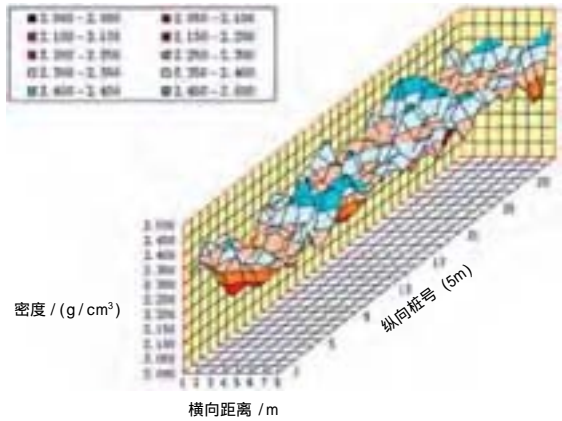
为了研究高频振动压实与振荡压实对薄层路面的作用机理和压实效果,在广东佛山市一环路上进行了大规模的现场试验研究。下文将简要介绍此项研究的某些初步结果。

图8显示了SW850高频振动压路机与常规振动压路机的振幅、频率、碾压速度和碾压遍数对压实效果的影响。从图8可以看出,高频振动压路机与常规振动压路机相比具有更高的压实效率和更好的压实效果。在图8中还可以看到,当输给沥青混合料的振动能量已经饱和时,增加碾压遍数将导致密实度下降。这是因为多余的振动能量会造成铺层表面振松。

对碾压后路面的密实度进行拉网式检测的结果进一步揭示了过度压实对铺层密实度的影响机制。图9是压实路面的三维密度图。在图中工况1是输入给被压材料的振动能量与材料吸收压实功的能力处于平衡状态的工况。此时,铺层的密实度大部分处在2.35~2.40之间,还有一部分是在2.3~2.35之间。工况2则是过度压实的工况。从图中可看到过度压实的结果并非简单地使铺层振松,而是使“松处更松,实处更实”,密实度大的可高达2.50,密实度小可小到2.20。因此,过度压实最



a 压实路面三维密度图(工况)



b 压实路面三维密度图(工况)

图9 压实路面三维密度图

为严重的后果是导致铺层密实度的不均匀性。

图 10、11、12 是高频振动压路机与振荡压路机压实效果对比试验的情况。图 10 显示了 SW850 高频振动压路机和 SW750 振荡压路机碾压 HMA 时密实度随压实遍数而变化的规律,从图中可看出,10t 重的 SW750 的压实效果与 12t 重的 SW850(在高频振动的工况下)的压实效果大体上是相当的。图 11 与图 12 是对 SW750 振荡压路机碾压的铺层路面进行密实度检测所得的三维密度图。从图 11 和图 12 中可以看到铺层压实的密度主要

(SW850: $f=67\text{Hz}$; $A=0.33\text{mm}$; $v=6.00\text{km/h}$;
SW750: $f=50\text{Hz}$; $A=0.75\text{mm}$; $v=5.97\text{km/h}$)

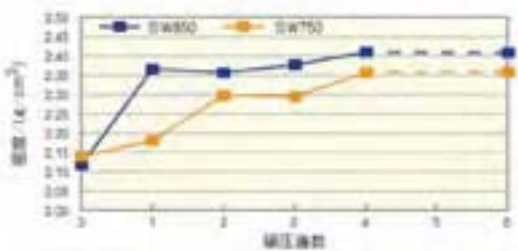


图10 SW850高频振动压路机和SW750振荡压路机碾压HMA时密实度随压实遍数而变化增长图

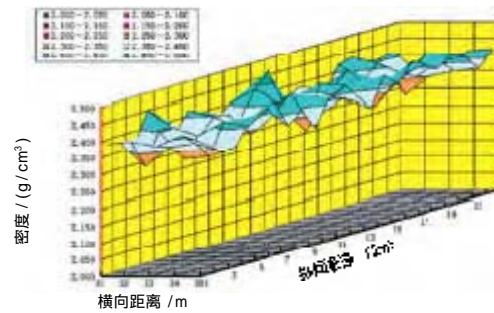


图11 SW750振荡压路机压实路面的三维密度图(工况)

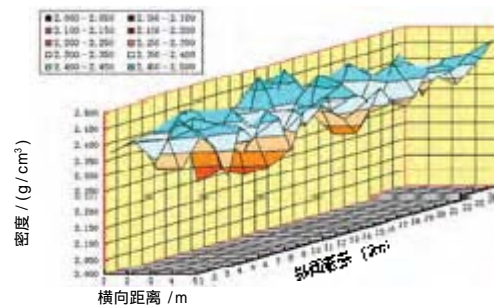


图12 SW750振荡压路机压实路面的三维密度图(工况)

集中在 $2.45 \sim 2.35\text{g/cm}^3$ 的范围内,密实度的分布是比较均匀的。由于图 11 工况 的碾压速度为 4.5km/h ,而图 12 工况 的碾压速度则为 3.67km/h ,后者的压实功要比前者大 25%,但并未出现过压的现象。由此可见,避免发生过度压实是振荡压实的一项重要优势。

结论

- (1) 薄层路面对输入的振动压实能量有着很大的敏感性;
- (2) 过度压实是导致成型路面压实度不均匀性的主要原因;
- (3) 并不是压路机的吨位愈大愈好,压实的遍数愈多愈好;
- (4) 对于一定厚度的铺层,在振幅、频率、碾压速度、碾压遍数之间有着最佳的匹配关系;
- (5) 通过试验路段来寻找这一最佳关系,对于改善铺层的压实质量有着重要意义;
- (6) 振荡压实在改善路面集料压碎和防止过度压实方面具有良好的效果;
- (7) 振荡压实在表层内压实效率高、没有振松问题、不会压碎集料、对桥梁结构的振动影响小,非常适用于薄层路面与桥面铺装的压实。