

水泥路面加宽拼接缝水泥注浆补强效果的检测与评价

袁卫锁

(郑州市交通规划勘察设计研究院, 河南 郑州 450006)

摘要:依托水泥路面改扩建复合式路面注浆处理加宽拼接缝的实际工程,委托3家注浆专业公司分别对200 m注浆试验段,制定3种不同的注浆方案对加宽拼接缝处进行注浆处理,并利用落锤式弯沉仪、地质雷达、路面钻芯、现场路面结构开槽等方式对路面补强效果进行了检测。通过对比分析试验段注浆前后动态弯沉和雷达反射检测结果、现场钻芯取样和路面开挖现场情况,分别对3种水泥注浆方案处理水泥路面加宽拼接缝的效果进行评价,结果显示:水泥注浆处理水泥路面加宽拼接缝可在一定扩散半径内,在局部松散、空洞区中产生一定效果,短期内能快速有效提高路面承载能力,路面雷达可以作为评价路面加宽拼接缝水泥注浆效果的一种检测工具。

关键词:水泥路面改扩建;水泥注浆;拼接缝;补强效果

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

在水泥路面的“四改八”改扩建施工中,为缩短工程周期,减小工程规模,最大限度体现改扩建工程充分利用老路的特点,路面双侧加宽拼接中往往是完全利用现有加铺后的老路超车道、行车道及硬路肩路面。但老路的硬路肩范围内路基含水量偏大和强度低、在老路边坡开挖台阶施工中出现边坡滑塌、路面加宽拼接位置的压实强度不够,出现了老路面结构层承载力偏弱、基层边缘局部脱空、新建路面拼接处压实不足等现象,进而导致新旧路面拼接处出现差异沉降,过早出现反射裂缝、沉陷等路面病害。

目前,对上述问题一般都采用水泥注浆的方式解决,水泥注浆效果的检测评价,主要是采用弯沉法对比注浆前后的弯沉值进行评价^[1-3]。一些研究人员也提出了其他的方法,陈忠^[4]、俞先江^[5]等利用地质雷达探测路面结构内部存在的如脱空、不密实、富水、基层损坏、面层离析等各类病害;曾胜等^[6]采用威斯特卡德板角弯沉理论,以落锤式弯沉仪(FWD)实测弯沉盆与路面结构层模量关系为基础,提出了板底脱空注浆有效性评价的脱空定性评价指标、脱空区充填率定量评价指标、不均匀支撑定性评价指标及其计算方法,结果显示:提出的判定方法与实际较符合,但该方法需进行复杂理论计算,一般工程研究人员难以掌握;王复明等^[7]针对半刚性基层高聚物效果的评价,在落锤式弯沉仪检测的基础上,建立基层性能劣化的弯沉盆指数评价方法,但该方法仅采用落锤弯沉仪进行评价,受制于检测点数,对部分未处置到位置可能出现漏检的现象;林

有贵等^[8]采用地质雷达法、极小偏移距高频弹性波法、反射波法和瞬态面波法等对注浆加固前后的基层进行检测评价,结果显示:地质雷达法可以实现对路面注浆加固效果的定性描述,其他两种方法可以进行一定程度的定量描述,该研究主要针对沥青路面基层注浆效果进行评价。

以上研究显示,目前对路面注浆效果评价主要采用弯沉法,其他方法则应用较少,针对改扩建拼接处注浆效果的评价则未见相关研究,改扩建水泥路面拼接处位于重车车道,该位置的质量直接影响整个路面工程的质量,因此该文采用落锤式弯沉仪、地质雷达、路面钻芯、现场路面结构开槽等方式对路面补强效果进行检测和评价,为全路段加宽拼接缝处补强方法的决策和后续同结构类型路面的改扩建工程提供科学依据。

1 检测内容及方法

该文主要检测内容是实施3种不同水泥注浆方案后,加宽拼接缝处路面弯沉变化、路面结构层脱空程度变化和水泥浆扩散有效范围。

1.1 注浆前后动态弯沉对比

路面加宽拼接缝位置存在压实不足及空隙时,路面承载力会较弱,弯沉较大,水泥注浆对路面加宽拼接缝处进行补强后会提高路面承载能力。由于路面为水泥混凝土路面结构,对贝克曼梁弯沉反应不敏感,此次检测设备选择JGFWD-200全自动拖车式落锤弯沉

仪,因测试场地限制,此次弯沉点的布设在新路上距拼接缝 25 cm 处,沿纵向每 10 m 布设一点,在注浆前后同一位置分别检测。

1.2 注浆前后路面结构层脱空程度对比

检测设备采用 CU II 型路面雷达,使用 800 MHz 屏蔽天线。分别在注浆前、后进行雷达探测,前后两次探测在相同的测线位置、采用相同的雷达采集参数进行数据采集。测线布置如图 1 所示,分别在加宽拼接缝处、拼接缝左(旧路)和右(新路)各 0.25 m、1.00 m 处共布置 5 条测线,各测线测点号与里程桩号相对应。

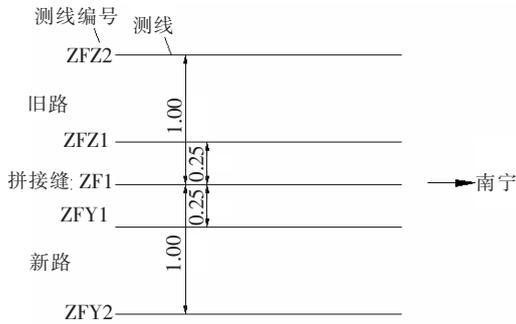


图 1 雷达检测测线位置(单位:m)

1.3 注浆前后浆液扩散情况对比

对注浆段落分别抽取约 6 个芯样,取芯位置位于两个注浆孔位置的中间,在拼接缝处和旧路上距拼接缝 25 cm 处交替取芯,以观察注浆液填充空隙情况和注浆液扩散情况。

1.4 现场开槽

现场对注浆位置进行开槽,直接观察注浆效果,开挖位置位于两个注浆孔之间,如图 2 所示。

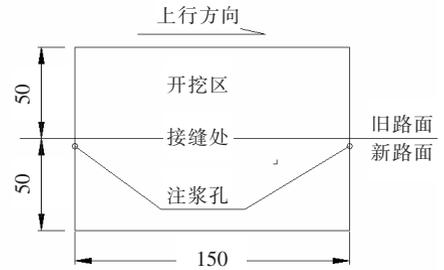


图 2 路面开挖位置示意图(单位:cm)

2 注浆工艺与施工控制

为更全面深入研究水泥注浆方案对路面拼宽接缝处补强效果,委托 3 家注浆专业公司 A、B、C 分别选择 200 m 试验段独立开展水泥注浆施工,A 公司施工桩号:K1444+900~K1445+100 上行;B 公司施工桩号:K1445+100~K1445+300 上行;C 公司施工桩号:K1445+300~K1445+500 上行,3 家注浆专业公司所采取的注浆工艺及施工控制要点如表 1 所示。

3 检测数据分析

3.1 弯沉检测数据分析

3 家公司试验段的水泥注浆前后路面弯沉值检测情况如图 3 所示。假定 K1444+900 位于弯沉图桩号 0;K1445+100 位于弯沉图桩号 200;K1445+300 位于弯沉图桩号 400。

表 1 3 家公司注浆工艺及施工控制对比

项目	A 公司	B 公司	C 公司
注浆布孔位置	旧混凝土板距新旧混凝土板接缝处 20 cm 处,孔间距有 1.0 m、1.5 m、1.8 m。孔径 $\phi 51$ mm,钻孔深度 75 cm,穿透至路床	新混凝土板距新旧混凝土板接缝处 10 cm 处,每隔 1.5 m 布孔一处。孔径 $\phi 40$ mm,钻孔深度 75 cm,穿透至路床	旧混凝土板距新旧混凝土板接缝处 30 cm 处,每隔 1.5 m 布孔一处。孔径不小于 $\phi 30$ mm,钻孔深度 70 cm,穿透至路床
注浆材料	广州石井牌 P. O42.5R 普通硅酸盐水泥,配比为水泥:二级以上粉煤灰:膨胀剂:早强减水剂:水=1:0.2:0.002:0.05:0.45	华润红水河 P. O42.5 普通硅酸盐水泥,配合比为 5 袋水泥(50 kg/袋):1 袋砂子(50 kg/袋),水灰比 0.7~0.9,水泥浆液流动性较好	八鲤 P. O32.5M 普通硅酸盐水泥, MX2000+MX2001 外加剂,配比为水:水泥:添加剂=0.4:1:0.006。制得水泥浆液有较好的流动性
施工控制	注浆压力控制在 1 MPa 左右,单孔压注,平均 2 min/孔,平均压注量为水泥 50 kg/孔。控制相邻孔冒浆或压力达 1.5~2 MPa 时结束,用木塞堵孔	注浆压力控制在 1 MPa 左右,旁边孔冒浆为压好,并用木塞堵孔,无板面变化控制	注浆压力控制在 1 MPa 左右,单孔压注,平均 5 min/孔,平均压注量为水泥 50 kg/孔。控制为相邻孔冒浆或压力达到 1.5~2 MPa 时结束,木塞堵孔

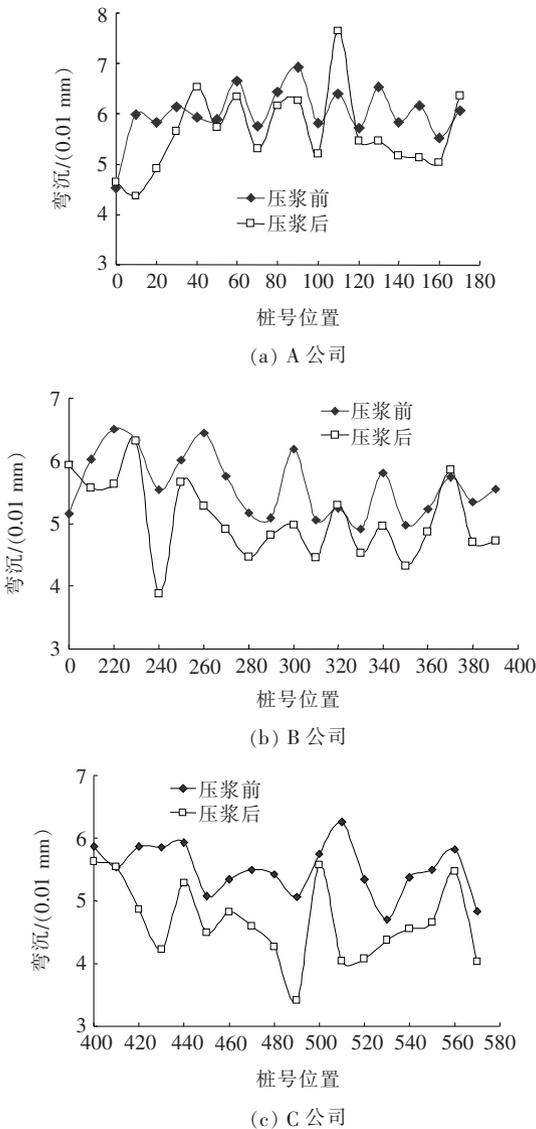


图 3 试验段弯沉对比

分析图 3 可知:A 公司试验段,剔除奇异值后,注浆前平均弯沉值 5.99(0.01 mm),注浆后平均弯沉值 5.45(0.01 mm),注浆后比注浆前降低 9.0%;B 公司试验段,剔除奇异值后,注浆前平均弯沉值 5.62(0.01 mm),注浆后平均弯沉值 4.96(0.01 mm),注浆后比注浆前降低 11.7%;C 公司试验段,未出现奇异值点,注浆前平均弯沉值 5.50(0.01 mm),注浆后平均弯沉值 4.66(0.01 mm),注浆后比注浆前降低 15.3%,可见试验段在水泥注浆后,路面拼宽接缝处弯沉值普遍降低,说明水泥注浆后路面拼宽接缝处的承载能力提高明显。

3.2 雷达检测脱空分析

分别在加宽拼接缝左(旧路)和右(新路)各 0.25 m、1.00 m、加宽拼接缝处共布置 5 条雷达检测线,通

过专业软件进行信号处理后,其中加宽拼接缝处、加宽拼接缝左(旧路)0.25 m、1.00 m 的注浆前后雷达检测剖面对比见图 4~6。

由图 4~6 可知:新旧路面拼接缝处、新旧路面拼接缝左 0.25 m 的旧路:注浆之前雷达剖面波形紊乱、同相轴错断、多次强发射在异常区段中,注浆后局部区段反射信号变弱,界面反射同相轴连续性有所增强。新旧路面拼接缝左 1.00 m 的旧路:注浆前后,雷达探测反射信号的同相轴反射连续性、均匀性、雷达反射信号强度无变化或变化小,注浆处理产生的效果不明显。

3.3 注浆后钻芯取样分析

(1) A 公司试验段:K1444+910、K1444+970、K1445+000、K1445+030 处二灰土基层取出芯样均呈松散状态,K1444+940 二灰土基层取出芯样呈部分完整状态;K1445+060 处级配碎石层芯样有明显的水泥浆填充现象。

(2) B 公司试验段:K1445+120、K1445+180、K1445+210 处二灰土基层取出芯样呈较完整状态,K1445+150、K1445+270 基层取出芯样呈松散状态,此 5 处芯样均未见明显的水泥浆填充现象;K1445+240 级配碎石层芯样有明显的水泥浆填充现象。

(3) C 公司试验段:K1445+365、K1445+425 处二灰土基层取出芯样呈较完整状态,K1445+335、K1445+395、K1445+455 三处基层取出芯样呈松散状态,以上芯样均未见明显的水泥浆填充现象。

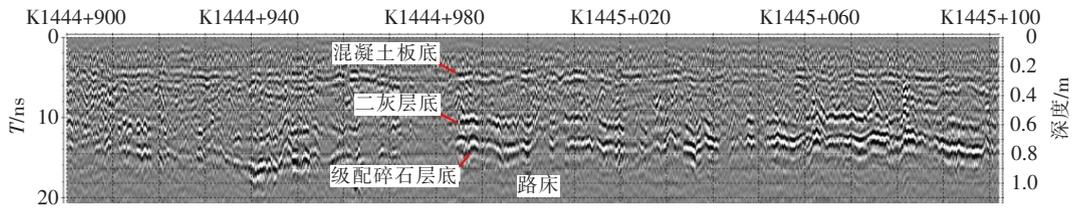
观察基层状况发现:基层大部分呈完整或部分完整状态,但取出的芯样却完全呈松散状态,说明芯样基层呈松散状态主要是由于二灰基层强度较弱,取芯过程中造成基层破碎。

3.4 注浆后路面结构层开槽分析

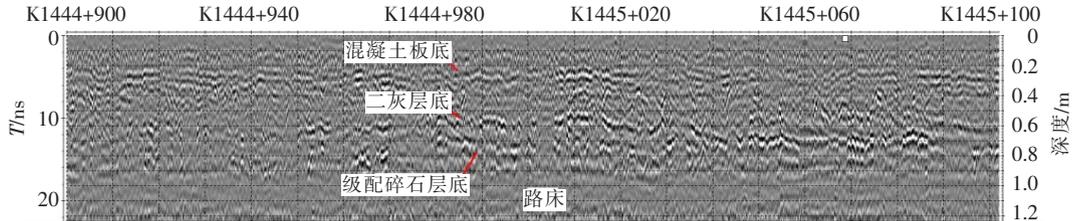
为了能直观反映水泥注浆效果,分别选取 K1445+027 右幅(A 公司)、K1445+255 右幅(B 公司)、K1445+400 右幅(C 公司)3 处注浆段进行路面开挖,其中 K1445+027 为填方路段,K1445+255、K1445+400 为挖方路段,开挖位置位于两个注浆孔之间。

(1) K1445+027 处(A 公司)路面开挖情况:注浆孔正好位于新旧路面基层交界位置。2 个注浆孔旁基层位置都发现有水泥浆扩散情况,扩散范围至槽身长边的位置,扩散范围 30 cm;1 个注浆孔的级配碎石层有水泥浆扩散情况,水泥浆扩散宽度 25 cm,另外 1 个注浆孔未发现水泥浆扩散情况。

(2) K1445+255 处(B 公司)路面开挖情况:注浆孔位置位于旧路(基层)一侧距路面基层交界位置 45

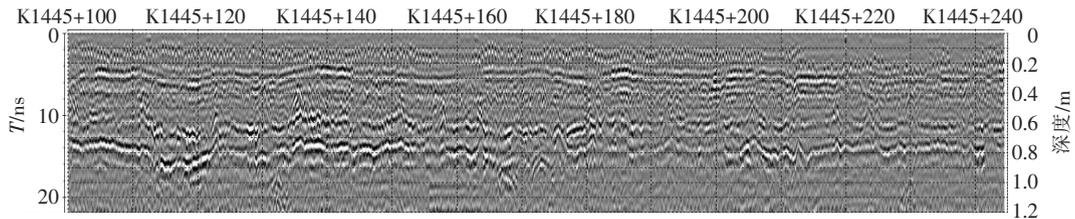


(a) ZF1 测线(路面拼接缝处)K1444+900~K1445+100 段灌浆处理前雷达检测结果

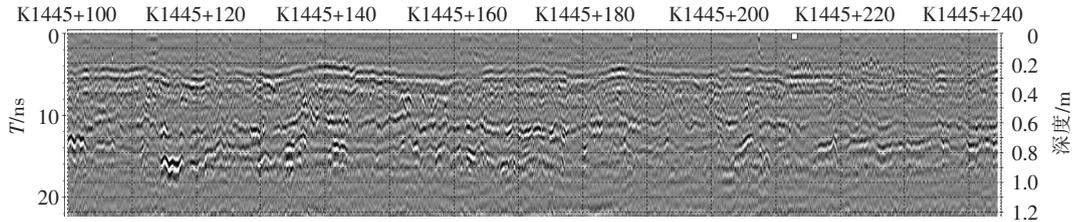


(b) ZF1 测线(路面拼接缝处)K1444+900~K1445+100 段灌浆处理后雷达检测结果

图 4 新旧路接缝处注浆前、后雷达检测剖面图($v=0.11$ m/ns)

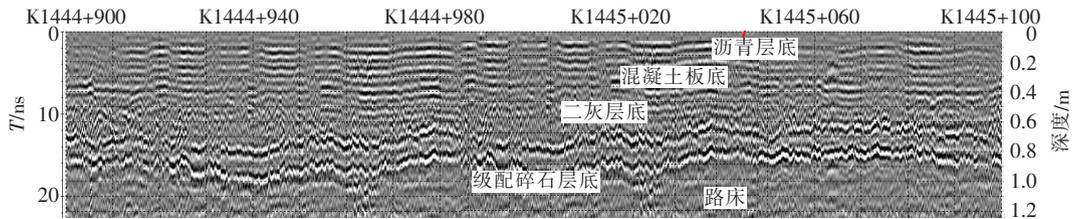


(a) ZFZ1 测线(路面拼接缝左 0.25 m)K1445+100~K1445+300 段灌浆处理前雷达检测结果

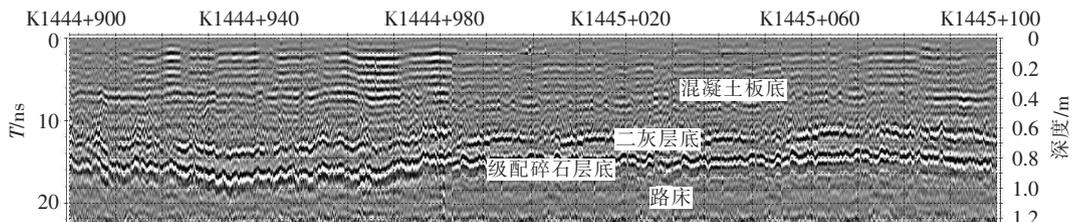


(b) ZFZ1 测线(路面拼接缝左 0.25 m)K1445+100~K1445+300 段灌浆处理后雷达检测结果

图 5 新旧路接缝距左 25 cm 处(旧路上)注浆前、后雷达检测剖面图($v=0.11$ m/ns)



(a) ZF2 测线(路面拼接缝处)K1444+900~K1445+100 段灌浆处理前雷达检测结果



(b) ZF2 测线(路面拼接缝处)K1444+900~K1445+100 段灌浆处理后雷达检测结果

图 6 新旧路接缝距左 100 cm 处(旧路上)注浆前、后雷达检测剖面图($v=0.11$ m/ns)

cm。路面二灰基层顶面有水泥浆扩散情况,水泥浆面积约占开挖面积的 1/5,注浆孔旁基层及级配碎石层位置均发现水泥浆。

(3) K1445+400 处(C 公司)路面开挖情况:注浆孔位置位于旧路(基层)一侧距路面基层交界位置 >50 cm[开挖新路(水泥路面)一侧 50 cm 未见新旧路面基层交界位置],2 个注浆孔旁基层位置都发现水泥浆扩散情况,扩散范围达到两侧开挖宽度 50 cm;注浆孔旁级配碎石层位置 1 个注浆孔有水泥浆扩散情况,水泥浆位于级配碎石层下半部,水泥浆扩散宽度 30 cm,另外 1 个注浆孔未发现水泥浆扩散情况。

4 水泥注浆效果评价

(1) 弯沉检测效果评价

通过对比水泥注浆试验段注浆前、后的弯沉值,3 个试验路段弯沉值均明显降低,A、B、C 公司弯沉值分别降低 9%、11.7%、15.3%,说明水泥注浆后路面拼接缝处的路面承载能力普遍有所提高。由于路面弯沉受到路面各结构层温度、湿度状况影响较大,注浆后的路面承载能力还有待进一步跟踪观测。

(2) 雷达检测效果评价

由雷达检测的图像信号分析可知,3 家公司的试验段分别在加宽拼接缝处、加宽拼接缝左(旧路)0.25 m、1.00 m 处的注浆前后雷达检测剖面图对比变化规律基本一致,可见在一定范围内,水泥注浆对路面拼接缝处的空洞、松散具有填充密实的效果。

(3) 钻芯检测效果评价

由钻芯芯样可知:在所取的 18 个芯样中,仅有 2 个芯样可看到明显的水泥浆填充现象,而钻芯孔一般距注浆孔 60~75 cm,说明水泥浆很难扩散到距注浆孔 60 cm 以外处。

(4) 路面开槽效果评价

通过 3 处路面结构开挖后观察可知:1 处(填方路段)注浆孔位置位于新旧路面基层交界位置,2 处(挖方路段)注浆孔位置位于旧路面基层一侧。6 个注浆孔位置旁路面基层处均发现水泥浆扩散情况;6 个注浆孔位置旁级配碎石层处,有 4 个注浆孔有水泥浆扩

散情况(扩散宽度 25 cm、30 cm),其余 2 个注浆孔均未发现水泥浆扩散情况。

5 结论

(1) 水泥注浆能有效降低水泥路面加宽拼接缝处的弯沉值,注浆后平均降低 12%,可见水泥注浆在短期内能快速有效提高路面承载能力。

(2) 通过对雷达检测剖面图、现场钻芯和路面结构层开挖分析可知,水泥注浆处理水泥路面加宽拼接缝在一定扩散半径内,在局部松散、空洞区中产生了一定效果。

(3) 钻芯取样及路面开挖后的观察结果和路面雷达检测剖面图基本一致,说明路面雷达可以作为评价路面加宽拼接缝水泥注浆效果的一种检测工具。

参考文献:

- [1] 程俊夕,周茗如.聚合物注浆技术在某二级公路水泥混凝土路面脱空病害治理中的应用[J].公路工程,2010,23(6):7-15.
- [2] 林有贵,栗晖,易强,等.在役沥青路面基层地聚物注浆补强技术研究[J].中外公路,2020,40(2):46-52.
- [3] 齐月华.基于落锤式弯沉仪(FWD)评定刚性路面脱空状况[D].郑州:郑州大学,2007.
- [4] 陈忠.探地雷达技术在检测路面内部质量中的应用研究[J].中外公路,2017,37(2):64-66.
- [5] 俞先江,马圣昊,王正,等.探地雷达技术在国省干线公路早期病害防治中的应用[J].公路,2015,60(8):255-259.
- [6] 曾胜,赵健,邹金锋,等.水泥混凝土路面板底脱空注浆的有效性检验指标[J].中国公路学报,2010,23(6):7-15.
- [7] 王复明,李文辉,郭成超,等.基于高聚物渗透注浆的半刚性基层路面承载性能恢复研究[J].北京交通大学学报,2019,43(3):1-7.
- [8] 林有贵,周德存,易强.路面基层注浆加固质量评价的无损检测方法应用研究[J].西部交通科技,2021(2):7-12.
- [9] 交通运输部公路科学研究院.公路路面基层施工技术细则:JTG/T F20-2015[S].北京:人民交通出版社,2015.
- [10] 交通运输部公路科学研究院.公路工程无机结合料稳定材料试验规程:JTG E51-2009[S].北京:人民交通出版社,2009.