

# 铁路内屏蔽数字信号电缆施工工法

(TGJGF-03·04-66)

中国铁路通信信号集团公司天津工程公司

## 一、前言

铁路内屏蔽数字信号电缆施工工法为电缆的同频同缆传输提供了可靠的施工工艺保证。

本工法在京广线波罗坑—连江口计轴加环线自闭改造工程中研究开发,在北京、石家庄枢纽自动闭塞改造工程(北京西—黄村段)、京沪自闭改造工程(天津枢纽—静海段)中成功应用,取得了工期短、质量高的效果,为铁路第五次大提速提供了质量保障。

## 二、工法特点

采用研制的专用工具施工;采用免维护地中电缆的接续工艺和屏蔽四线组的内屏蔽层连接工艺,保证铁路内屏蔽数字信号电缆在使用周期内电气特性和机械性能的可靠性。

## 三、应用范围

适用于采用铁路内屏蔽数字信号电缆的铁路新建或既有线技术改造信号工程。

## 四、工艺原理及关键技术

细化单盘测试工艺,确保信号工程使用合格电缆。采用免维护地中电缆接续工艺和屏蔽四线组的内屏蔽层连接工艺,保证电缆接续后的电气特性和机械性能不低于原电缆。

在电缆成端处采用U型屏蔽连接夹及压接套管,完成钢带和铝护套、金属内屏蔽层的屏蔽引出和接地,提高电缆传输的抗干扰性能;采用冷封技术,对电缆终端进行密封处理,保证电缆的绝缘特性。

关键技术:铁路内屏蔽数字信号电缆的单盘测试、内屏蔽四线组的屏蔽层连接以及电缆成端的制作技术。

## 五、施工工艺

### (一)工艺流程(见图1)

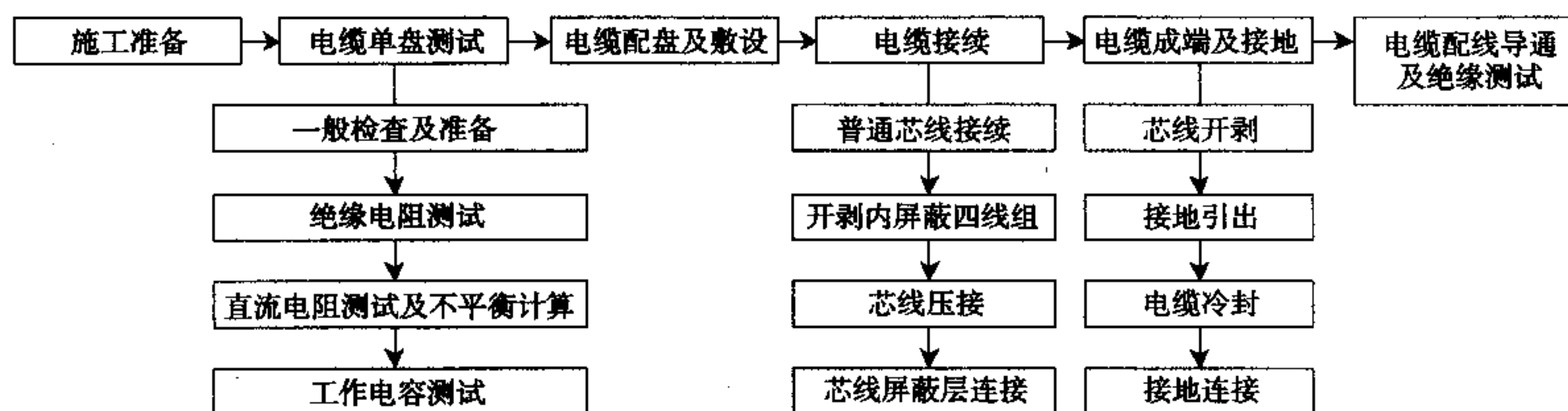


图1 工艺流程

### (二)工艺操作

#### 1. 准备工作

审核设计图纸,现场复测,做好开工前的物资、机具、仪器、仪表准备、对所用的各种机具设备及仪器仪表进行安全检查和计量。

#### 2. 电缆单盘测试

铁路内屏蔽数字信号电缆分为 A、B 两种类型, A 型中有屏蔽四线组和普通四线组两种; B 型为屏蔽四线组。屏蔽四线组的测试项目: 绝缘电阻、导线直流电阻、线对不平衡电阻、工作电容。普通四线组、对绞组及单芯线的测试项目: 绝缘电阻、导线直流电阻。测试标准见表 1, 测试步骤及方法如下:

表 1 铁路内屏蔽数字信号电缆单盘测试标准

序号	项 目	单 位	标 准
1	绝缘电阻(所有芯线间,芯线对屏蔽层及金属护套间)	MΩ·km	≥10000
2	直流电阻(20℃时,芯线直径 φ1.0mm)	Ω/km	≤23.5
3	线对不平衡电阻(20℃时)	%	≤1
4	屏蔽四线组工作电容(0.8~1.0kHz)	nF/km	27±2

(1)对到货电缆进行编号;检查外观是否有机机械损伤;用气压表测量电缆气压值并与电缆出厂的气压值比较,判断电缆护套是否密封;开剥电缆,确认电缆端别,并作标记。

(2)单盘测试采用高阻计测量绝缘电阻,测试时按图 2 连接好电缆和高阻计,进行单根芯线对其他芯线及金属护套层的绝缘电阻测试,将测完的芯线与待测试芯线分开,依次测量并填写测试记录。

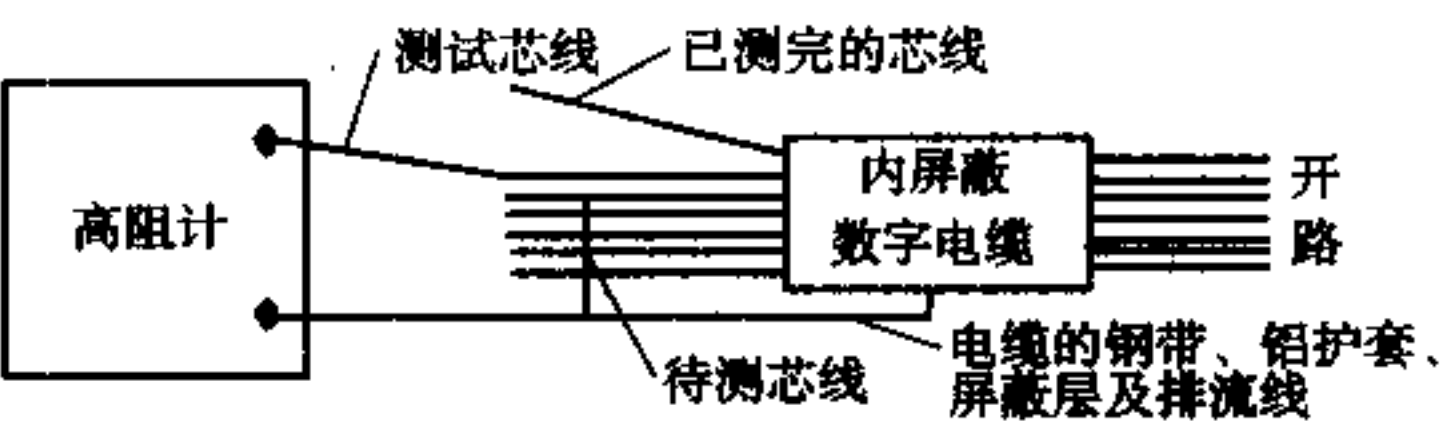


图 2 绝缘电阻测试方法

(3)采用直流电桥测试电缆的直流电阻,测试方法如图 3 所示。

在测试导线直流电阻过程中,将测试值换算成 20℃ 时电阻值,换算公式如下:

$$R_{20} = \frac{R_x}{1 + a_{20}(t - 20)} \cdot \frac{1000}{L}$$

式中  $R_{20}$ ——20℃ 时每公里长度电阻值(Ω/km);

$L$ ——电缆长度(km);

$t$ ——测量时的环境温度(℃);

$a_{20}$ ——电阻温度系数(1/℃,取 0.00393);

$R_x$ ——实测电阻值(Ω)。

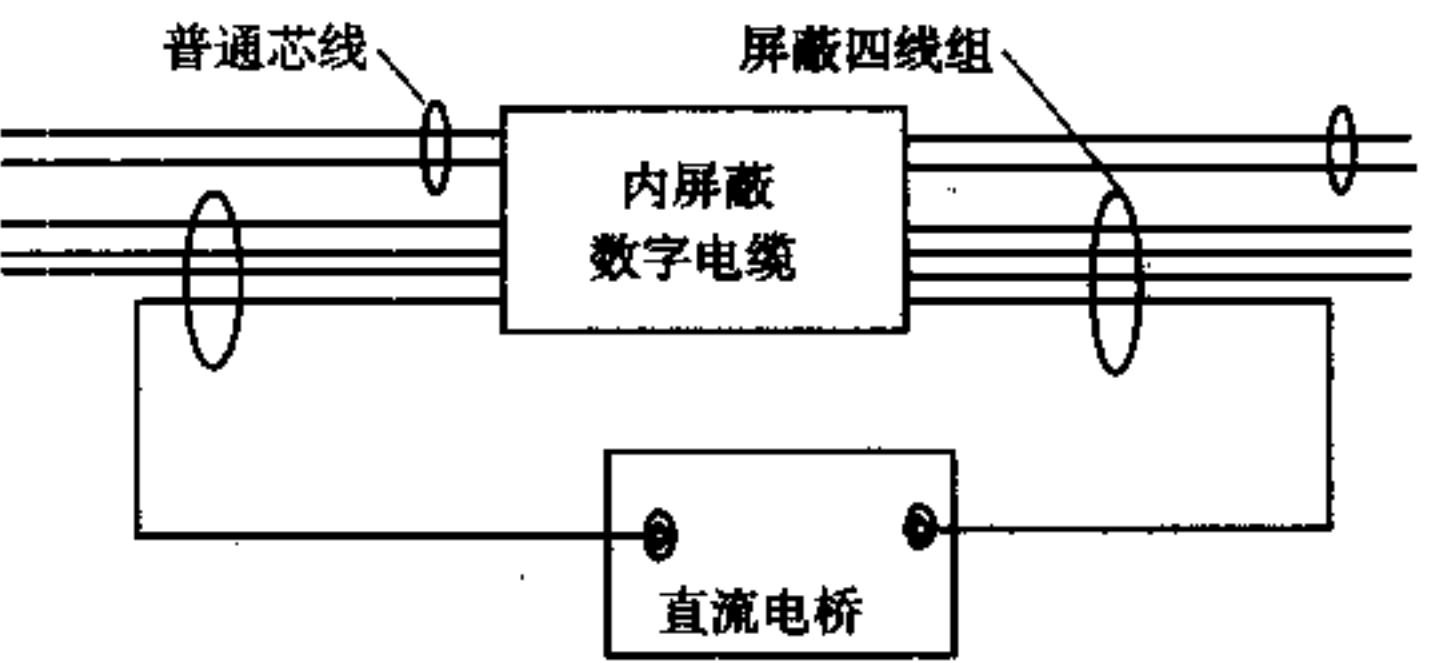


图 3 直流电阻测试方法

(4)线对不平衡电阻计算

根据下式计算出线对的不平衡电阻,填写测试记录。

$$\text{线对不平衡电阻} = \frac{R_{20}(H) - R_{20}(B)}{R_{20}(H) + R_{20}(B)}$$

式中  $R_{20}(H)$ ——20℃ 时线对中芯线直流电阻值;

$R_{20}(B)$ ——20℃ 时线对中另一芯线直流电阻值。

(5)工作电容测试

工作电容是指回线两导体之间的电容,测试方法见图 4,将电缆测试端的钢带、铝护套、全部屏蔽层及排流线连接到仪表的接地端,另一端的芯线全部开路,屏蔽四线组的线对与电容测试仪的测试端子连接,测试电容值并填写测试记录。

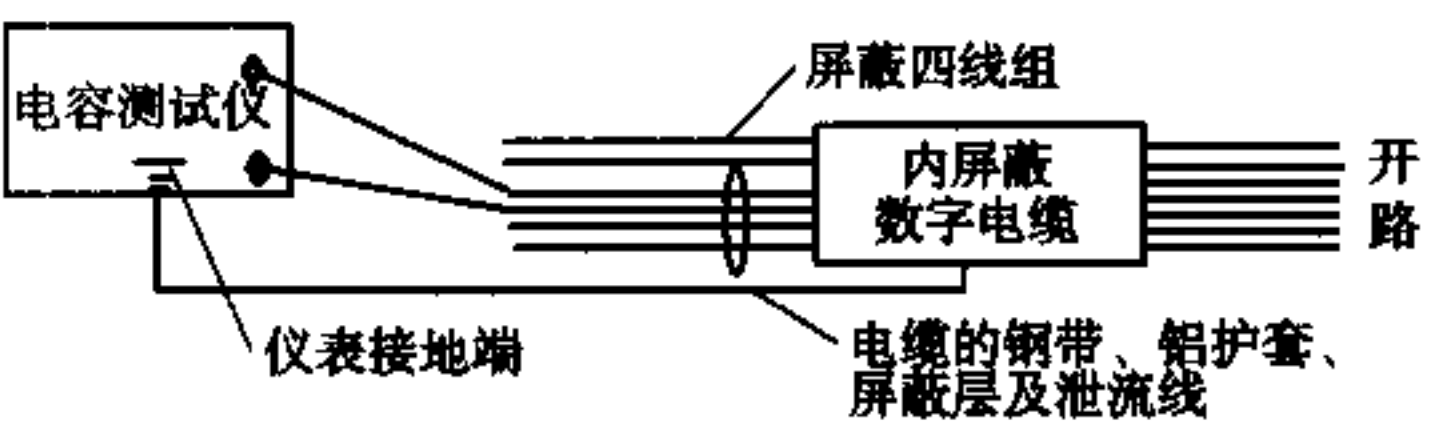


图 4 电缆工作电容测试方法

3. 电缆配盘及敷设

与普通信号电缆相同。

4. 电缆接续

铁路内屏蔽数字信号电缆的接续装置采用免维护地中接头盒,接续操作如下。

(1)开剥内屏蔽四线组

距铝护套切口 50mm 处将屏蔽四线组的屏蔽层剪断,保留芯线长度 185mm。除去屏蔽层端口 30mm 范围内的绝缘层,再剥开屏蔽层纵缝,将内衬管套入芯线,置于芯线与屏蔽层间。将屏蔽压接管放置在屏蔽层外端,将小屏蔽网穿入屏蔽线组的一端。

## (2) 芯线压接

将芯线绝缘层剥除 6~8mm 露出裸铜线。将一个方向的全部电缆芯线用接线端子压接,用同样方法将对应的另一端电缆芯线压接。全部芯线压接完成后,检查核对压接的线组线对,确保芯线接续正确。

## (3) 芯线屏蔽层连接

将小屏蔽网沿接续完的芯线恢复成直线状,两端分别与屏蔽层搭接 15mm。将内衬管移到屏蔽层切断口处,使屏蔽层覆盖内衬管。内衬管的端口探出屏蔽层切断口 1mm。将小屏蔽网套入屏蔽压接管,将屏蔽压接管移到与内衬管对应位置,用屏蔽层专用压接钳在屏蔽压接管处压接,完成四线组的屏蔽层连接。接续后,进行电缆绝缘测试。

铁路内屏蔽数字信号电缆接续工艺除屏蔽四线组外,其它与普通信号电缆接续相同。

## 5. 电缆成端及接地

芯线开剥时根据不同的配线要求,开剥长度不同。为避免配线时芯线混乱,开剥时注意保持电缆芯组的自然排序。

接地引出采用冗余方式。钢带和铝护套分别用 U 型屏蔽连接夹固定牢固,按环接方式引出屏蔽连接线。屏蔽四线组的屏蔽层用  $1.5\text{mm}^2$  的扁平铜网环连后引出。

电缆冷封时电缆的(室内)成端密封灌注封灌胶;胶面应高出金属屏蔽层 20mm 以上。箱盒成端灌注冷封胶。

接地连接时将电缆的接地引出线压接  $2.5\text{mm}^2 \phi 6$  舌型接线片后与指定的接地端子固定。

## 6. 电缆配线导通及绝缘测试

铁路内屏蔽数字信号电缆配线导通及绝缘测试与普通信号电缆基本相同,可参照施工。

## 六、机具设备(见表 2)

表 2 机具设备

序号	名称	规格	单位	数量	主要用途
1	高阻计		台	1	测试绝缘电阻
2	直流电桥		台	1	测试直流电阻
3	电容耦合测试仪		台	1	测试工作电容
4	兆欧表		块	1	测试绝缘电阻
5	万用表		块	4	导通及一般测量
6	气压表		个	1	检测单盘气压
7	芯线压接钳	VS. JJI	把	2	电缆接续专用
8	芯线压接钳	VS. JZI	把	2	电缆配线专用
9	屏蔽压接钳	自制	把	2	四线组专用
10	棘轮扳手		把	1	
11	小工具	信号常用	套	1	
12	汽车吊		辆	2	吊运电缆
13	电缆支架		副	2	敷设电缆

## 七、劳动组织(见表 3)

根据工程实际数量和进度要求,合理配置人员,其中电缆接续和电缆成端制作人员必须经过工艺操作培训,持证上岗。

表 3 劳动组织

序号	工作项目	人数	对人员要求
1	电缆单盘测试	2~3	技术人员 1 名,信号工 1~2 名
2	电缆配盘及敷设	50~60	技术人员 2 名,信号工 10 名,辅助工 38~48 名
3	电缆接续	2~3	技术人员 1 名,信号工 1~2 名
4	电缆成端及接地	2~3	技术人员 1 名,信号工 1~2 名
5	电缆配线导通及绝缘测试	2~3	技术人员 1 名,信号工 1~2 名



## 八、质量控制

本工法执行下列规范和标准:《铁路信号施工规范》(TB10206—99),《铁路信号工程施工质量验收标准》(TB10419—2003),《ZPW-2000 系列无绝缘轨道电路施工技术标准(暂行)》。

采取以下质量控制措施:

1. 严格按照 ISO9001:2000 质量保证体系建立质量体系,编制程序文件进行质量控制。
2. 施工操作人员必须经过工艺操作培训,考试合格后持证上岗。
3. 测试仪表必须计量合格,测试时要求操作熟练,方法正确。
4. 电缆测试,符合铁路内屏蔽数字信号电缆单盘测试项目标准要求。
5. 敷设电缆时,确保电缆 A、B 端对接,电缆的弯曲半径大于电缆外径的 15 倍。
6. 加强电缆防护材料质量管理,严格进货渠道,防护管、防护槽等有强度试验合格证。
7. 电缆截断后,应及时封端,避免潮气进入电缆影响电缆绝缘。

施工中加强质量检查:

1. 坚持电缆“三检”制度,加强施工全程随工检查。
2. 严把单盘测试关,确保电缆质量。
3. 全过程检查、监督电缆接续质量,电缆接续前后进行测试。
4. 电缆施工完毕后,进行综合电气性能测试。

## 九、安全措施

严格执行部颁《铁路工程施工安全技术规程》(TB10401.2—2003 J260—2003)并遵守以下事项:

1. 在大桥上、隧道内及铁路边敷设电缆时,必须做好安全防护工作,确保人身、行车及设备安全。
2. 开挖或掏挖过道时应及时回填夯实,确保行车安全。
3. 严禁在雨天、雾天等环境条件不允许的情况下进行电缆的成端、接续工作。
4. 严禁将电缆盘放倒进行电缆敷设,避免造成电缆小弯而破坏电缆的机械结构。
5. 运输和敷设电缆时,避免损伤电缆,有专人统一指挥。
6. 对施工人员进行安全教育,施工前按不同的岗位和工作内容进行安全交底。
7. 开挖电缆沟前进行电缆地下管线探测及电缆沟画线,确保既有地下设施安全。

## 十、技术经济分析

本工法在北京、石家庄枢纽(北京西—黄村段)和京沪枢纽(天津枢纽—静海段)ZPW-2000A 无绝缘移频自闭改造工程中得到成功应用,整个电缆工程保证了 ZPW-2000A 所有信息的可靠传输,使 ZPW-2000A 设备的功能充分发挥,确保了机车信号的连续接收,为铁路第五次大提速提供了质量保障,取得了较好的经济效益和显著的社会效益。

## 十一、工程实例

### (一)北京、石家庄枢纽自动闭塞改造工程(北京西—黄村段)

北京、石家庄枢纽自动闭塞改造工程(北京西—黄村段)采用 ZPW-2000A 无绝缘轨道电路设备,配套采用铁路内屏蔽数字信号电缆,北京西—黄村段包括广安门、李营、黄村三站站内电码化及北京西—广安门—李营—黄村区间四显示自动闭塞,运用本工法,自 2003 年 11 月开工,2003 年 12 月完成电缆及室外安装工程,2004 年 4 月 16 日顺利开通投入使用。

### (二)第五次提速京沪自闭改造工程(天津枢纽—静海段)

第五次提速京沪自闭改造工程(天津枢纽—静海段)采用 ZPW-2000A 无绝缘轨道电路设备,配套采用铁路内屏蔽数字信号电缆,工程包括天津枢纽—静海区间 72 正线公里四显示自动闭塞和 10 个站站内电码化,运用本工法,自 2004 年 1 月 5 日开工,2004 年 2 月 2 日完成电缆工程,2004 年 4 月 12 日开通投入使用。

执笔:齐进宽 刘圣革 何爱国 李志文