

文章编号: 1674—8247(2018)05—0079—05

渝利铁路黄草山滑坡治理设计

张志强

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:文章以渝利铁路黄草山滑坡治理工程为研究对象,介绍了滑坡体的地形地貌、地质构造、地层岩性、气象和水文;采用传递系数法的计算方法,对黄草山滑坡进行了稳定分析,得出在路基和隧道通过的地段对滑坡的稳定性不利;采用抗滑桩、锚索桩板墙、排水等综合工程措施对滑坡体进行治理。观测资料显示,治理后的滑坡处于稳定状态,确保了渝利铁路的安全运营。抗滑桩结合抗滑桩、抗滑桩结合锚索桩板墙的双排桩的处理滑坡是一种创新,存在充分的可行性和足够安全性,可供类似工程参考。

关键词:铁路; 滑坡; 稳定性; 治理工程措施

中图分类号: U216.41⁺9.1 文献标志码: A

Design of Landslide Treatment of the Huangcaoshan Mountain on Chongqing-Lichuan Railway

ZHANG Zhiqiang

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Taking Huangcaoshan mountain landslide treatment project of Chongqing-Lichuan railway as an example, the landform, geological structure, stratum lithology, meteorology and hydrology of landslide body are introduced. Stability analysis is taken for the Huangcaoshan mountain landslide by transfer coefficient method. It is unfavorable for the stability of the landslide in the section of the subgrade and tunnel. The anti-slide piles, cable-anchored slab-pile wall, drainage and other comprehensive engineering measures of landslide control can achieve good results. The observation data show that the landslide after the treatment is in a stable state, which ensures the safe operation of the Chongqing-Lichuan railway. The methods of dealing with landslides with anti-sliding piles combined with anti-sliding piles and anti-sliding piles combined with cable-anchored slab-pile wall are innovations that have sufficient feasibility and safety, which can provide reference for similar engineering.

Key words: railway; landslide; stability; treatment engineering measures

滑坡是工程中常见的地质灾害,通常由堆积体组成,在内外营力作用下容易产生失稳破坏,属于典型的不良工程地质。本文以黄草山滑坡的治理为例,对滑坡的稳定进行分析,采取综合工程措施治理滑坡体,保证了本段路基的稳定、安全。

1 工程概况

1.1 工程简介

黄草山滑坡主体位于渝利铁路黄草山隧道进口前后,小里程端为张家湾双线特大桥,大里程端为黄草山

收稿日期: 2018-03-16

作者简介: 张志强(1967-),男,工程师。

引文格式: 张志强. 渝利铁路黄草山滑坡治理设计[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(5): 79-83.

ZHANG Zhiqiang. Design of Landslide Treatment of the Huangcaoshan Mountain on Chongqing-Lichuan Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(5): 79-83.

隧道;滑坡分为1号、2号滑坡,滑波平面示意如图1 线铁路^[1]。
所示。渝利铁路路基面宽13.2 m,线间距4.4 m,为双

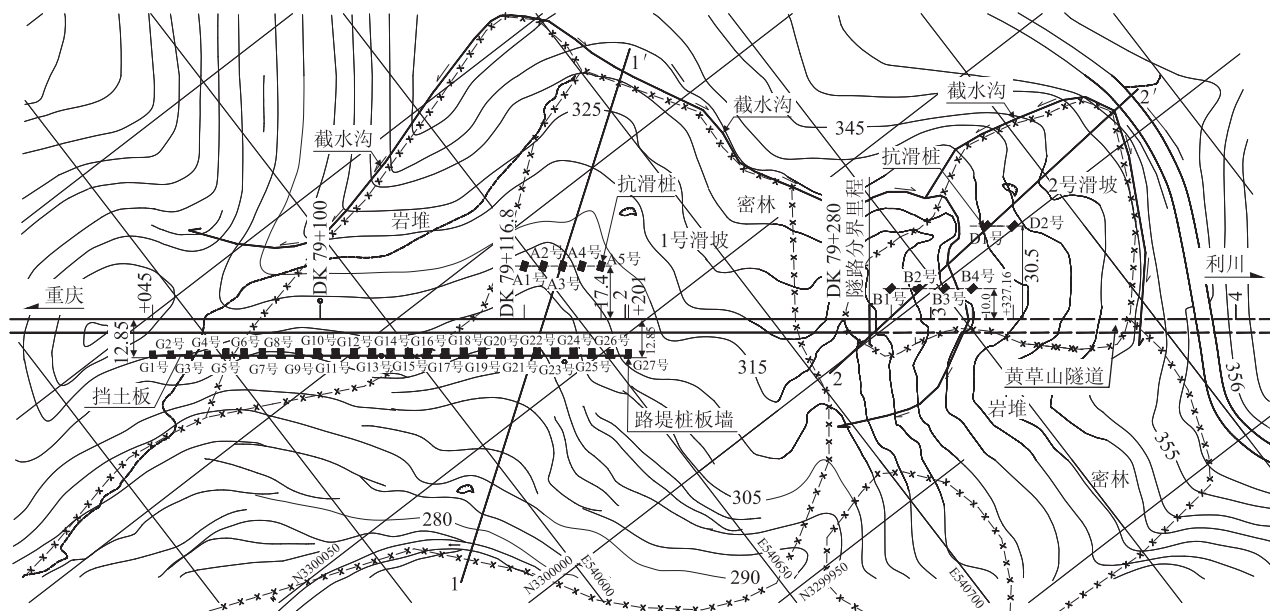


图1 滑坡治理平面示意图

1.2 地形地貌

滑坡体位于丘陵地貌,东北高,西南低,高程270~380 m,总体平均坡度约25°,局部较陡,斜坡地带多辟为旱地和树林。

1号滑坡分布于DK 79+150~DK 79+247段,呈不规则扇形,滑坡主轴方向S35°W,长约140 m,前缘最宽处约260 m,其主轴与线路的夹角为72.42°。

2号滑坡分布于DK 79+268~DK 79+365段,滑坡主轴向S5°W,主轴长约120 m,宽约70 m,呈一小圈椅状地貌,滑坡前缘抵沟,后缘见小平台,其主轴与线路的夹角为42.62°。

1.3 地质构造

段内地层为单斜地层,岩层稳定,岩层倾向45°~52°,倾角45°~49°。本段地质构造简单,无断层破碎带,经对泥岩、页岩调查,泥岩、页岩中多见网状风化裂隙。

本段地震动峰值加速度为0.05 g,地震动反应谱特征周期为0.35 s。

1.4 地层岩性

根据钻孔揭示,滑坡体区及附近地层上覆第四系坡残积(Q_4^{dl+el})层粉质黏土、崩坡积(Q_4^{dl+col})层块石土、滑坡堆积(Q_4^{del})层粉质黏土、块石土,下伏侏罗系下统珍珠冲组(J_1z)泥岩、页岩夹砂岩及三叠系上统须家河组上段(T_3xj^2)砂岩。

1.5 气象和水文

滑坡体区属亚热带湿润气候区,多年平均气温

17.7°,多年降雨量1 162.8 mm,最大降雨量1 451.8 mm,最小降雨量836.4 mm,多集中在5~9月,可达全年降雨量的68%。

滑坡体区地表水不发育。地下水有第四系孔隙水及基岩裂隙水两类。因覆土多为黏性土,透水性及富水性均较差,孔隙水不发育,在块石土中有少量孔隙水。段内基岩以泥岩为主,隔水性较好,基岩裂隙水不发育,水量甚微。

据DK 79+280左13 m取地下水分析,属 $HCO_3^- \cdot SO_4^{2-} - Ca^{2+} \cdot Mg^{2+}$ 型水,水中PH值对钢筋混凝土结构的侵蚀作用等级为H1。

2 滑坡的成因和危害

滑坡的物质来源主要由后缘斜坡风化剥蚀,即滑坡体主要由后缘砂岩和泥岩、页岩夹砂岩的崩坡积物组成。

由于地表水的下渗、冲刷以及差异风化作用,滑坡体后缘形成斜坡。边坡在空气、降水、风化、地震、裂隙的共同作用下,将岩体切割成不规则的块体结构,悬靠在斜坡上形成危岩。由于泥岩、页岩夹砂岩和砂岩的差异风化作用,在其接触带形成风化槽,随风化槽凹进深度的增加及泥岩、页岩的塑性变形^[2],变形加剧。在内外因素的作用下,危岩失稳,产生坍塌,边坡后退。如此循环往复,边坡不断后退,崩积物不断增多,不断的累加堆积,形成现在的滑坡体^[3]。滑坡地段存在贯

通的软弱带^[4]。

从滑坡体成因可知,滑坡体主要为松散崩坡积体和滑坡堆积体,稳定性差异易受外界因素影响,线路以路基方式通过本段,对滑坡体构成不利影响。

若滑坡体失稳将严重威胁滑坡体区居民的生命财产安全,给当地的自然、生态环境造成严重破坏。并对路基造成破坏,严重威胁到渝利铁路的行车安全。

3 滑坡的稳定性分析和评价

3.1 计算参数的选取

根据现场容重实验统计和室内实验,综合确定计算时,滑坡体粉质黏土天然重度取 19 kN/m³,饱和重度取 19.5 kN/m³,块石土天然重度取 21 kN/m³,饱和重度取 21.5 kN/m³,路基填料天然重度取20 kN/m³,饱和重度取 20.5 kN/m³。主轴断面 1-1'滑面的力学指标:粘聚力取 10 kPa,破裂角取 11.5°;主轴断面 2-2'滑面的力学指标:粘聚力取 10 kPa,破裂角取 13°。

3.2 计算工况

- (1)工况 I :天然状态;
- (2)工况 II :暴雨状态;
- (3)工况 III :天然状态 + 路堤填筑完成 + 有荷载;
- (4)工况 IV :暴雨状态 + 路堤填筑完成 + 有荷载。

3.3 计算剖面 and 结果

根据滑坡体区的变形特征,选择 1-1'、2-2'进行滑坡体稳定性计算。1-1'、2-2'主轴断面如图 2、图 3 所示。坡体坡面地形及滑带简化成折线,取滑坡体单位宽度为 1 m,采用基于极限平衡理论的折线型滑带的传递系数法进行计算^[5]。稳定系数计算结果如表 1 所示。

表 1 滑坡体稳定系数计算结果表

剖面	工况 I	工况 II	工况 III	工况 IV
1-1'	0.96	0.95	0.9	0.9
2-2'	1.08	1.07	-	-

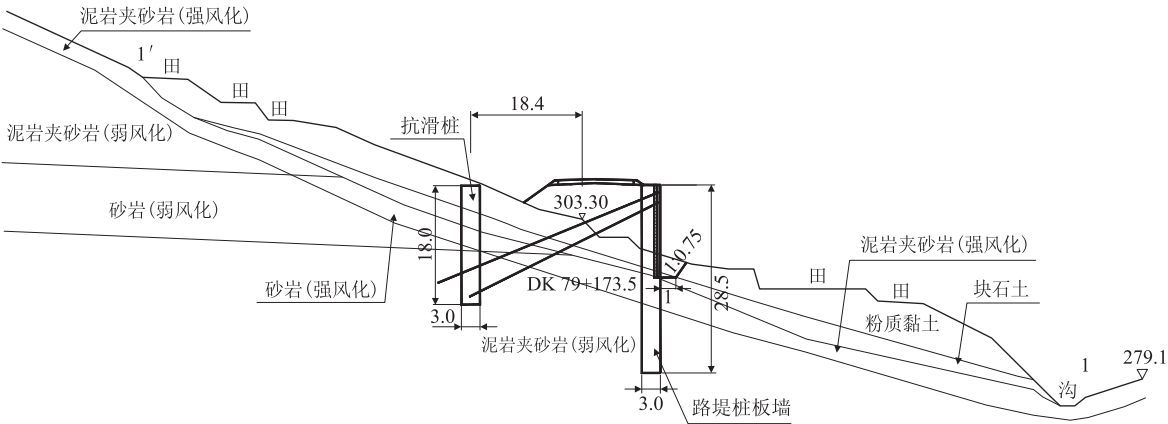


图 2 1 号滑坡 1-1 主轴断面 (m)

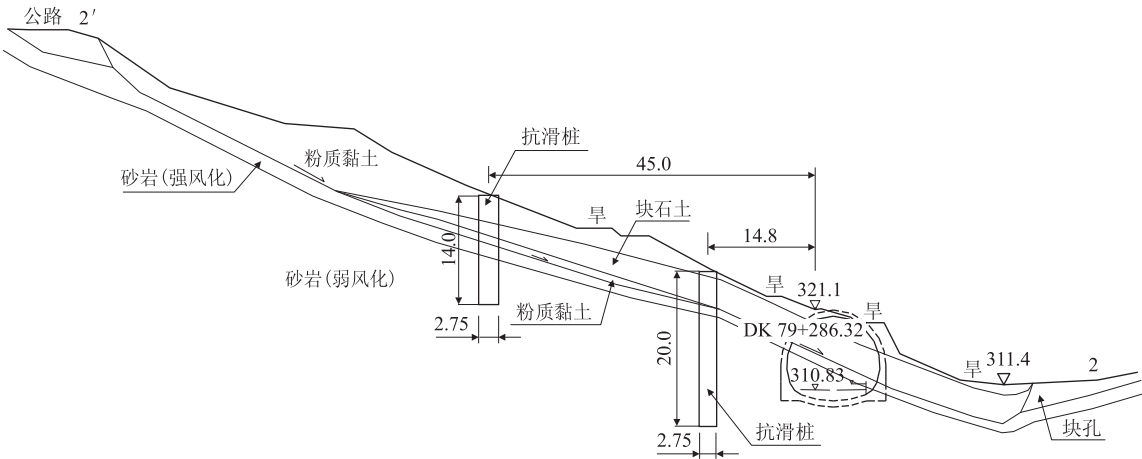


图 3 2 号滑坡 2-2 主轴断面 (m)

3.4 稳定性评价

根据 TB 10025-2006《铁路路基支挡结构设计规范》的要求,验算稳定性时,铁路安全系数 1.05 ~ 1.25,视工程的重要性、外界条件对滑坡的影响、滑坡的性质和规模、滑动的后果及治理的难易等因素综合考虑^[6]。表1表明,在工况 I 条件下,1号新滑坡处于蠕滑阶段,由于线路以填方方式从滑坡中部通过,因此必须对滑坡进行治理。2号新滑坡处于基本稳定-稳定状态,线路以挖方方式从滑坡中下部通过,因此必须对滑坡进行治理^[7]。

4 滑坡的治理

采用抗滑桩、锚索桩板墙支挡体系,结合地表排水体系对滑坡体进行综合治理^[8-9]。其治理工程措施如下:

(1) 左侧主要工程措施

DK 79+166.8~DK 79+192.0,长 25.2 m;DK 79+287.13~DK 79+313.71,长 26.58 m;DK 79+318.3~DK 79+327.16,长 8.86 m;于线路左侧分别设置一排抗滑桩。桩号分别为 A1 号~A5 号,B1 号~B4 号,D1 号~D2 号;桩中心连线平行于线路中心线;DK 79+166.8~DK 79+192.0 段桩长边方向平行于 1-1' 主轴方向,DK 79+287.13~DK 79+313.71 段、DK 79+318.3~DK 79+327.16 段桩长边方向平行于 2-2' 主轴方向;DK 79+166.8~DK 79+192.0 段桩中心距线路左线中心距离为 17.4 m,DK 79+287.13~DK 79+313.71 段、DK 79+318.3~DK 79+327.16 段分别为 10.0 m、30.5 m;抗滑桩垂直于主轴方向桩间距均为 6.0 m,桩截面均为矩形截面,桩截面尺寸分别为 1.5 m×2.25 m、1.75 m×2.75 m、1.75 m×3.0 m、2.0 m×2.75 m、2.0 m×3.0 m,桩长 16.5~25 m,共设置 11 根桩。

(2) 右侧主要工程措施

DK 79+044.25~DK 79+201.75 段长 157.5 m。右侧设置路肩桩板墙,桩板墙外边缘应布置在一条直线上,距线路左线中心距离为 12.85 m,共设桩 27 根,其中 G1 号~G5 号桩、G25 号~G27 号桩为锚固桩,G6 号~G24 号桩为锚索桩。挂板范围桩截面为 T 形截面,挂板以下桩截面为矩形截面,桩的截面尺寸为 1.5 m×2.0 m~2.0 m×3.0 m,桩长 11.0~28.5 m,桩间距(中~中)为 6 m。

DK 79+045.25~DK 79+201.75 段采用内置式挡土板,置于桩翼缘后,挡土板为矩形板,板宽 50 cm,

厚 0.30~0.38 m,其长度为相应标准板中部截去与标准板长度的差值。挡土板采用 C30 钢筋混凝土浇筑,最大挂板高度 14.5 m,板后设一层复合排水网加 0.1 m 厚砂夹卵石作为反滤层。

G6 号~G24 号桩为锚索桩,第一排锚索孔距桩顶 1.0 m,下倾角为 18°,第二排距桩顶 2.0 m,下倾角为 21°,距离桩顶 3 m 处设预留锚索孔,锚索孔和预留锚索孔位置预埋 Φ150 mm PVC 管。锚索均为 6 束拉力型锚索,每孔锚索均用 6 束 Φ15.2 mm 高强度低松弛全喷涂环氧树脂型的无黏结钢绞线制做。锚索长度由锚固段、自由段和张拉段组成,锚固段长度均为 10.0 m,锚索总长度为 24.5~41.0 m。全孔范围采用 M35 抗侵蚀水泥砂浆灌注,注浆压力为 0.6~0.8 MPa,锚孔直径均为 130 mm。

(3) 桩身均采用 C30 混凝土灌注,锁口、护壁均采用 C20 混凝土灌注。

(4) 滑坡体区地表水径流较好,受大气降水补给,夏季降雨集中,这是滑坡体形成和变形破坏的一个主要因素,因此于滑坡周界、埡顶设置截水沟,引排滑坡范围内地表水,截水沟尺寸为 0.6 m×0.6 m,壁厚 0.08 m,内外侧坡率为 1:1。

5 结束语

渝利铁路于 2013 年 12 月建成通车,观测资料显示,治理后的黄草山滑坡处于稳定状态,未对渝利铁路的安全运营造成不良影响。

本文采用传递系数法,对黄草山滑坡进行了稳定分析,得出结论如下:

(1) 黄草山滑坡处于基本稳定-稳定状态、蠕滑阶段;

(2) 根据工程实际情况须对黄草山滑坡进行治理;

(3) 黄草山滑坡的治理进一步验证了传递系数法和双排桩(抗滑桩结合抗滑桩、抗滑桩结合锚索桩板墙)处理滑坡的可行性和安全性;该处理方式是一种创新,可供类似工程参考。

参考文献:

- [1] TB 10001-2016 铁路路基设计规范[S].
TB 10001-2016 Code for Design of Railway Earth Structure[S].
- [2] 常兴菊. 岩堆形成机理及其路基稳定措施研究[J]. 交通科技, 2011, 37(4): 63-65.
CHANG Xingju. Study of the Formation Mechanism of Rock Heap and the Subgrade Stabilization Measures [J]. Transportation Science

& Technology, 2011, 37(4): 63 – 65.

[3] 陈丽. 渝湘高速公路铁碛坝大桥深厚岩堆体整治工程措施研究[J]. 路基工程, 2014, 32(1): 210 – 213.

CHEN Li. Study on Engineering Treatment Measures for Deep Accumulation of Rock Mass at Tieqiba Bridge on Chongqing – Changsha Highway [J]. Subgrade Engineering, 2014, 32 (1): 210 – 213.

[4] 卿三惠, 黄润秋. 工程滑坡形成机理及防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16(3): 1 – 4.

QING Sanhui, HUANG Runqiu. Formation Mechanism of Engineering Landslide and Control Counter measures [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2005, 16(3): 1 – 4.

[5] 铁道部第一勘测设计院. 铁路工程设计技术手册: 路基(修订版)[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992.

First Survey and Design Institute of the Ministry of Railway. Railway Engineering Design Handbook; Subgrade (Revision) [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1992.

[6] TB 10025 – 2006 铁路路基支挡结构设计规范[S].

TB 10025 – 2006 Code for Design of Retaining Structures of Railway Subgrade[S].

[7] 王婷灏. 岩堆稳定性评价及其处治措施[J]. 科技资讯, 2007, 5(29): 237 – 238.

WANG Tinghao. Evaluation and Treatment Measures of Rock Pile Stability [J]. Science & Technology Information, 2007, 5(29): 237 – 238.

[8] 魏永幸. 内昆线岩堆地段路基问题及其对策[J]. 路基工程, 2000, 28(3): 16 – 18.

WEI Yongxing. The Subgrade Problems and Countermeasures of Rock Masses of Neijiang-Kunming Railway [J]. Subgrade Engineering, 2000, 28(3): 16 – 18.

[9] 贺钢, 蒋楚生. 新建广大铁路某工点滑坡加固治理[J]. 高速铁路技术, 2016, 7(3): 72 – 76.

HE Gang, JIANG Chusheng. Reinforcement and Treatment of Landslide at Some Work Site of New Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2016, 7(3): 72 – 76.

(编辑: 赵立红 白雪)



(上接第 52 页)

素控制。依据大桥工程技术特点, 考虑运输架设、经济性和后期养护的因素, 主梁采用钢主梁与预制混凝土桥面板共同受力的结合梁; 基于景观造型的需要, 桥塔呈 H 形, 桥塔上横梁采用钢箱结构; 斜拉索与桥塔锚固采用了整体钢锚箱, 合理解决了斜拉索索力大情况下索塔锚固难题; 斜拉索与主梁锚固采用锚拉板构造, 传力明确, 构造简单, 便于后期维修和养护; 为跨越编组站, 主梁施工采用了大跨度多点顶推法施工。

参考文献:

[1] 严国敏. 现代斜拉桥[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1995.

YAN Guomin. Modern Cable-stayed Bridge [M]. Chendu: Southwest Jiaotong University Press, 1995.

[2] 刘宇, 许艳林. 海南文昌清澜大桥总体设计[J]. 中国市政工程, 2015, 37(2): 30 – 32.

LIU Yu, XU Yanlin. General Design of Qinglan Bridge in Wenchang Hainan [J]. China Municipal Engineering, 2015, 37(2): 30 – 32.

[3] 刘士林, 王似舜. 斜拉桥设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.

LIU Shilin, WANG Sishun. Design of Cable-stayed Bridge [M]. Beijing: China Communications Press, 2006.

[4] 刘明虎, 孙鹏, 胡广瑞, 等. 港珠澳大桥青州航道桥“中国结”形钢剪刀撑设计与施工[J]. 桥梁建设, 2016, 46(1): 81 – 87.

LIU Minghu, SUN Peng, HU Guangrui, et al. Design and Construction of “Chinese Knot” Style Steel Cross Bracing for Pylon of Qingzhou Ship Channel Bridge of Hong Kong – Zhuhai – Macao Bridge [J]. Bridge Construction, 2016, 46(1): 81 – 87.

[5] 侯文崎, 叶梅新. 结合梁斜拉桥锚拉板结构研究[J]. 钢结构,

2002, 17(2): 23 – 27.

HOU Wenqi, YE Meixin. Study of Tensile Anchor Plate Structure of Composite Cable-Stayed Bridge [J]. Steel Construction, 2002, 17(2): 23 – 27.

[6] 苏庆田, 秦飞. 斜拉桥钢锚箱组合索塔水平受力性能简化分析模型[J]. 工程力学, 2011, 28(S1): 172 – 177.

SU Qingtian, QIN Fei. Simplified Analysis Model for Horizontal Mechanical Behavior of Composite Cable-pylon with Steel-anchor-box in Cable – stayed Bridges [J]. Engineering Mechanics, 2011, 28(S1): 172 – 177.

[7] 雍晓刚, 张昕昱, 史淑艳. 青银高速济南黄河桥钢锚箱制作技术[J]. 钢结构, 2009, 24(5): 71 – 73.

YONG Xiaogang, ZHANG Xinyu, SHI Shuyan. Fabrication Technology of Jinan Yellow River Bridge Anchor Box in Qingdao-Yinchuan Expressway [J]. Steel Construction, 2009, 24 (5): 71 – 73.

[8] 杨庆琪. 跨越多层立交大跨径、宽截面钢箱梁整体式顶推施工技术[J]. 世界桥梁, 2015, 43(4): 20 – 24.

YANG Qingqi. Integrated Incremental Launching Construction Technique for Long-Span Broad Cross Section Steel Box Beam across Multilayered Interchange [J]. World Bridges, 2015, 43 (4): 20 – 24.

[9] 方继, 丁仕洪, 张时利, 等. 济南黄河公铁两用桥带加劲弦顶推施工技术[J]. 桥梁建设, 2016, 46(6): 112 – 117.

FANG Ji, DING Shihong, ZHANG Shili, et al. Construction Techniques for Incremental Launching of Jinan Huanghe River Rail-cum-Road Bridge with Stiffening Chords [J]. Bridge Construction, 2016, 46(6): 112 – 117.

(编辑: 赵立红 白雪)