

文章编号: 1674—8247(2019)05—0077—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.05.016

大张高速铁路跨越活动断裂带选线设计探讨

苏 勇

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 300142)

摘 要:活动断裂带是目前高速铁路设计中常见的不良地质,是铁路工程稳定性的隐患之一。大同至张家口高速铁路沿线区域分布多条活动断裂带,文章对可能有影响的活动断裂带进行研究。首先研究了绕避与穿越方案,综合比选推荐穿越方案;然后对不同位置(东线、中线、西线)穿越方案以及不同型式(隧道或路基)穿越方案等多方案进行经济技术比较,综合比选推荐隧道穿越活动断裂方案;最后提出采用隧道穿越活动断裂时的相关抗震、减震措施,可为类似工程提供借鉴。

关键词:高速铁路; 活动断裂; 选线

中图分类号:U 212.34 **文献标志码:**A

Discussion on Line Selection Design of Datong-Zhangjiakou High-speed Railway Crossing Active Fault Zone

SU Yong

(China Railway Design Corporation, Tianjin 300142, China)

Abstract: Active fault zone is a common bad geological condition in the design of high-speed railway at present, and it is one of the hidden dangers affecting the stability of railway engineering. There are many active fault zones along the Datong-Zhangjiakou high-speed railway. In this paper, the active fault zones which may affect the high-speed railway have been studied. Firstly, after comprehensive comparison of the schemes bypassing and passing through the active zones, the scheme passing through the active fault zone is recommended. Then, through the economic and technological comparison of the passing-through schemes at different locations (east, middle and west routes) and with different types (tunnels or subgrade), the scheme that the tunnel passes through active faults is recommended. Finally, the relevant seismic and seismic mitigation measures for tunnel passing through active faults are put forward, which can be used for reference in similar projects.

Key words: high-speed railway; active faults; route selection

我国是多地震国家,断裂结构纵横交错,分布广泛。铁路工程中经常遇到,成为工程稳定性的隐患。断裂带分为活动断裂带与非活动断裂带两大类,活动断裂带是指晚更新世(1~12 万年)以来曾经活动,未

来仍可能活动的断裂带,与地震的发生具有密切的关系。

大同至张家口高速铁路东接京都“北大门”张家口,西连晋北“煤都”大同,呈东西向连结了晋北和冀

收稿日期:2018-06-30

作者简介:苏勇(1970-),男,高级工程师。

引文格式:苏勇. 大张高速铁路跨越活动断裂带选线设计探讨[J]. 高速铁路技术, 2019, 10(5): 77-81.

SU Yong. Discussion on Line Selection Design of Datong-Zhangjiakou High-speed Railway Crossing Active Fault Zone [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(5): 77-81.

北地区,是晋北与北京、河北省交流的快速客运通道及华北北部地区铁路快速客运网主要客运干线,设计速度 250 km/h,线路长度 141.3 km,全线控制性工程为长 13.4 km 的大梁山隧道。

根据区域地质资料及《地震安全性评价报告》,本区位于 I 级构造单元中朝准地台的 3 个 II 级构造单元内蒙地轴、山西台隆与燕山台褶带的交接处,位于汾渭断陷带的北段。汾渭断陷带的主要活动断裂大部分为新生代断陷盆地的边界断裂,它们控制了盆地的形成和发展,同时也决定着整个断陷带的构造变形和其地震活动,主要由张家口断陷、大同断陷组成。

影响本线的主要断裂为怀安镇盆地南缘断裂、天镇-阳高盆地北缘断裂和恒山北麓断裂。

1 活动断裂带线路选线思路

活动性断裂带地区选线设计应根据活动断裂带的分布、埋深、类型、性质、交叉关系等,原则上尽量避免,无法避开时应采用大角度穿越,从断裂影响范围小的地带通过,避开断裂交汇带。线路穿越活动断裂带应降低拉坡,尽量采用路基通过隧道、桥梁应尽量避免活动断裂带影响范围。尽量在断裂带宽度较窄的地段以简易工程大角度通过,尽量不设难以修复的大型建筑物。且除断裂带以外,还应考虑线路接轨条件、运输组织、节省投资等。

2 活动断裂带线路方案比较

阳高-天镇盆地北缘断裂为云门山山前断裂的东段,长约 58 km,断裂总体走向北东,倾向南东,倾角 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$,正断层。云门山山前断裂西起大同镇川堡,向东经阳高孙仁堡、天镇榆林口、瓦窑口、夏家沟,止于一倾坡一带,全长约 90 km,大致以采凉山东麓断裂为界,分为东西两段。

阳高-天镇盆地北缘断裂两侧地貌反差明显,北部山区强烈抬升,南侧盆地下降,盆岭相对高差 500 ~ 700 m。该断裂是一条全新世活动断裂,断裂活动最强烈的时期在晚更新世晚期,全新世以来的活动相对减弱。

阳高-天镇盆地北缘断裂位于大梁山南麓山前,盆地与山地的交界地带,与线路相交,对铁路有一定影响。

2.1 穿越断裂方案

在怀安至天镇段,断裂带在大梁山山麓南缘范围内有两处不连续的构造,将断裂带分为 3 段,结合阳

高-天镇盆地北缘断裂的具体位置、宽度等条件,由西至东研究了 3 个穿越断裂带的方案,平面布置示意图 1 所示。

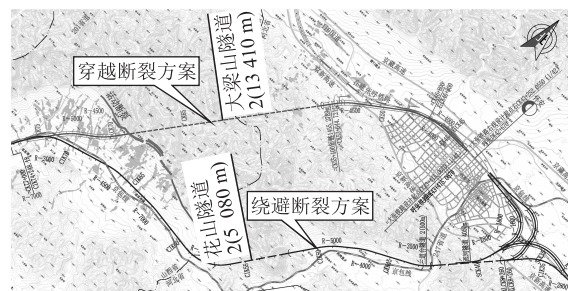


图1 线路穿越活动断裂带方案示意图

2.2 绕避断裂方案

根据阳高-天镇盆地北缘断裂带的走向及位置,结合大梁山山脉的情况及接轨呼张铁路的走向,研究绕避断裂带方案,平面示意如图 2 所示。

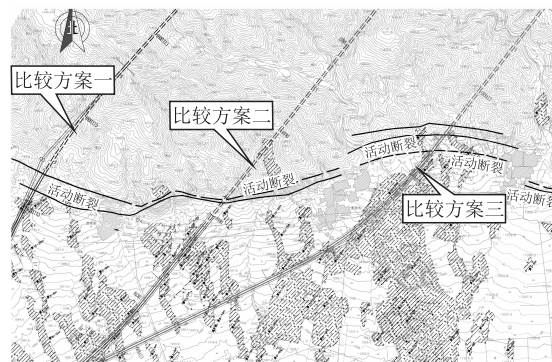


图2 线路绕避活动断裂带方案示意图

绕避方案由 CK 77 + 000 引出,跨越京包铁路后折向东与既有京包铁路并通道,线位绕避活动断裂南侧,依次跨既有京包铁路、247 省道及京新高速公路,至 CIK 31 + 600 自东端引入张呼铁路怀安站。正线总长度 42.65 km,北京、呼和浩特方向联络线共计 15.3 km。

2.3 绕避断裂与穿越断裂方案对比

绕避断裂方案在工程风险和实施难度上具有一定优势,但与穿越断裂方案相比,主要有以下方面的劣势:

① 工程技术及经济方面

绕避断裂方案正线长度 42.65 km,较穿越断裂方案长 10.5 km;且增加联络线 15.3 km,工程投资增加约 18.2 亿元。工程投资较大,且线路绕行较远,线形差。

② 与张呼铁路怀安站接轨方面

张呼铁路怀安站为在建工程,已预留本线从该站西咽喉引入的条件;绕避断裂方案只能接入张呼铁路怀安站东咽喉,对呼张铁路在建工程造成影响,并产生废弃工程。

③运输组织方面

绕避断裂方案不经过怀安站,北京 - 大同方向列车在怀安县境内为通过列车,怀安旅客乘车不便;呼和 - 大同方向列车虽经过怀安站,但绕行长度较穿越断裂方案长约 10 km。

结合远期旅客列车开行方案,北京 - 大同为客流主要交流方向,列车对数远大于呼和 - 大同方向,绕避断裂方案难以兼顾怀安旅客乘车,在运输组织方面远差于穿越断裂方案。

综上分析,虽然绕避断裂方案在工程实施难度及风险性上较穿越断裂方案有一定优势,但该方案在运输组织、工程投资及与在建张呼铁路怀安站接轨方面,均具有较大的劣势,故不采用该方案。

(1)穿越断裂各方案简介

①方案一:西方案

方案基本位于该段航空线的西侧,断裂范围 CⅢK 68 + 650 ~ CⅢK 68 + 821,宽度约 171 m。采用路基半填半挖形式穿越断裂范围,方案起迄里程为 CⅢK 46 + 800 ~ CⅢK 75 + 000,线路长度 26.894 km,隧道长度 13.535 km,桥隧比 93.1%。其中隧道南出口桥梁最大高度为 70 m,桥高超过 50 m 段落约 3.86 km。

②方案二:中方案

方案基本位于该段航空线附近,断裂范围 CK 68 + 810 ~ CK 68 + 975,宽度约 165 m,采用隧道形式穿越断裂范围,方案起迄里程为 CK 46 + 800 ~ CK 75 + 000,线路长度 26.74 km,隧道长度 13.395 km,桥隧比 96.28%。其中隧道南出口桥梁最大高度为 20 m。

③方案三:东方案

方案位于该段航空线东侧,断裂范围 CIVK 65 + 404 ~ CIVK 65 + 696,宽度约 292 m。采用路基填方形式穿越断裂范围。方案起迄里程为 CIVK 46 + 800 ~ CIVK 75 + 000,线路长度 26.92 km,隧道长度 12.8 km,桥隧比 94.6%。其中隧道南出口桥梁最大高度为 74.5 m,桥高超过 50 m 段落约 2.65 km。

(2)方案优缺点分析

3 个方案优缺点对比分析如表 1 所示。

表 1 穿越活动断裂带方案优缺点分析表

项目名称	西方案	中方案	东方案
线路长度/km	26.894	26.740	26.920
桥梁长度/km	11.500	12.654	12.667
隧道长度/km	13.535	13.395	12.800
路基长度/km	1.859	0.996	1.453
桥隧比	93.09%	96.28%	94.60%
工程投资/万元	364 766.7	360 912.9	362 291.5
优点	①桥隧比相对较低 ②与断裂交叉角度相对较好	①线位最为短直 ②穿越活动断裂的较窄地段 ③工程投资最省 ④隧道出口桥梁高度较低	①隧道进口围岩条件相对较好 ②隧道长度最短
缺点	①穿越活动断裂的宽度相对较长 ②隧道长度最长 ③桥梁最大高度为 70 m,桥高超过 50 m 段落约 3.86 km ④投资最高	以隧道型式穿越活动断裂带,需采用断面扩挖、结构加强、围岩加固措施	①穿越活动断裂的宽度最大 ②桥梁最大高度为 75 m,桥高超过 50 m 段落约 2.65 km ③投资较高

从表 1 可以看出,方案二线位从活动断裂的较窄地段以隧道方案快速通过,通过断裂后,线路纵断面跨越京包铁路范围内桥梁高度最低,且工程投资最省,隧道穿越活动断裂带采用断面扩挖、结构加强、围岩加固等措施可有效提高抗震性,降低工程风险,故穿越活动断裂带方案推荐方案二。

2.4 路基穿越断裂与隧道穿越断裂方案比较

(1)隧道穿越断裂方案

根据大梁山越岭隧道前后的地势走向、起伏,确定大梁山隧道进出口位置。由于断裂平面位置的地面标高较高,采用隧道方案穿越断裂。隧道 CK 68 + 810 ~ CK 68 + 975 段通过 F11 正断层,该断层总体走向 NW,产状 186°∠65°,断距大于 15 m,断层宽 3 m,破碎带宽约 200 m。节理裂隙发育,断层带内岩石破碎,断层泥,碎裂角砾岩发育,并伴有高岭土蚀变及褐铁矿化。胶结一般,导水性中等。工程地震安全性评价判释为全新世活动断裂带。

隧道抗震措施主要有断面扩挖、结构加强、围岩加固等,通过该断层拟采取以下措施:

①隧道预留断面净空:隧道内轮廓结构断面考虑预留净空 30 cm,采用加宽有砟断面,断面内轮廓如图 3 所示。

②隧道支护措施加强:根据 GB 50111 - 2006《铁

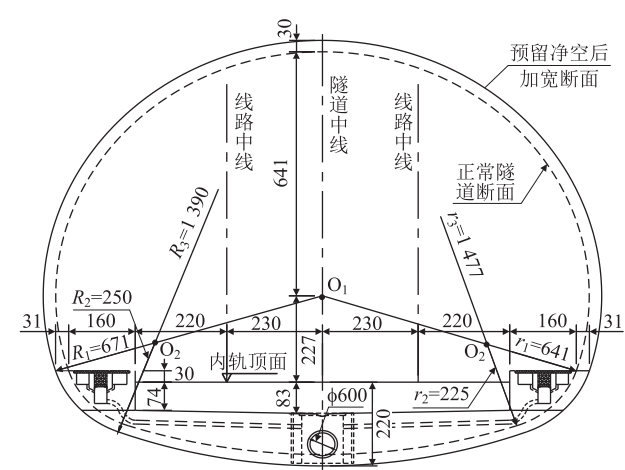


图 3 活动断裂带隧道预留净空加宽有砟断面图 (cm)

路工程抗震设计》要求,隧道通过断层破碎带段加强衬砌,衬砌支护参数如表 2 所示。

③隧道抗震设防加密变形缝:根据 TB 10621 -

表 2 活动断裂带隧道复合式衬砌参数表

衬砌类型	初期支护									二次衬砌				预留变形量/cm	
	喷射混凝土厚度/cm	钢筋网			系统锚杆			格栅、钢架			拱墙厚度/cm	仰拱厚度/cm	钢筋直径/mm		
		部位	直径/mm	网眼尺寸/cm	部位	长度/m	环、纵间距/m	规格	部位	间距/m			主筋		纵筋
V _d	全环	拱墙	φ8	20×20	拱墙	4	1.2×1.0	I25a	全环	0.6	60°	70°	25	18	20~25

2014《高速铁路设计规范》要求,隧道抗震设防段应设置变形缝,变形缝间距不宜大于 20 m。隧道内每隔两板衬砌台车(16~20 m)设置 1 道变形缝,变形缝与施工缝统一设置。水沟电缆槽变形缝与衬砌变形缝对齐。

④隧道施工前,应进行超前地质预报,探明断层破碎带宽度、岩性、水文等地质情况,采用超前帷幕注浆进行围岩加固,改善衬砌与围岩的密切程度,减少结构自振的影响,提高抗震性能。同时加强活动断裂带监测和预警,预防地震灾害的发生。

(2)路基穿越断裂方案

线路平面位置同隧道穿越断裂方案,抬高纵断面标高,以路基形式穿越断裂。由于线路纵断面标高在隧道出口处抬高约 32 m,隧道出口至大里程端,桥梁平均高度由 20 m 增加为 50 m,桥梁工程增加较大。线路纵断面如图 4 所示。

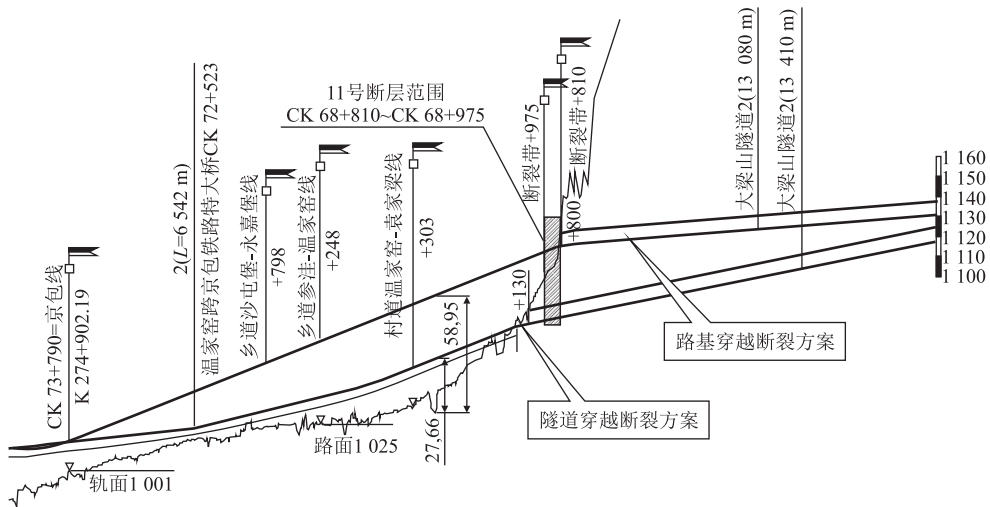


图 4 隧道穿越断裂与路基穿越断裂方面纵断面示意图

(3)方案优缺点对比

两方案优缺点对比分析如表 3 所示。综上分析,隧道穿越断裂方案虽然工程风险性、稳定性相对较差,但桥梁高度较低,隧道纵坡较大有利于排水,且工程投资较少,故推荐隧道穿越断裂方案。

3 结论

做好高速铁路跨越活动断裂带选线设计十分重

要,是做好后续设计的前提。高速铁路跨越活动断裂带选线首先应根据区域地质资料及《地震安全性评价报告》进行活动断裂的确认鉴定判识工作,判定活动断裂带的分布、埋深、类型、性质及与线位的交叉关系等。原则上线路选线应尽量避免活动断裂,无法避开时应采用大角度穿越,从断裂影响范围小的地带通过,避开断裂交汇带。线路穿越活动断裂带应降低纵坡,尽量采用易修复的路基通过,隧道、桥梁应尽量避免活

表 3 路基、隧道穿越活动断裂带方案优缺点		
项目	隧道穿越断裂方案	路基穿越断裂方案
线路长度/km	11.6	11.6
桥梁长度/km	4.6	5.3
隧道长度/km	6.4	6.1
桥隧比/%	94.66	98.36
工程投资/万元	141 021.3	145 230.4
优点	①隧道出口段落跨越京包铁路桥梁高度低,工程简单 ②隧道纵坡较大有利于排水 ③估算投资约节省 4 209.1 万元	路基工程穿越断裂,工程风险、稳定性相对较好,运营维护及维修较简单
缺点	①采用隧道工程穿越断裂带,工程风险性、稳定性相对较差 ②隧道与断裂交叉处需设置有砟轨道,养护维修较为不便	①隧道出口段跨越京包铁路桥梁较高,施工难度相对较大 ②隧道纵坡较小,不利于排水 ③投资增加约 4 209.1 万元

注:比较范围 CK 62+700~CK 74+300

动断裂影响范围,穿越活动断裂带时应采用有砟轨道。经比选无法避开隧道时,应采用断面扩挖、结构加强、围岩加固、监测预警等措施,提高隧道抗震性,降低工程风险,确保工程安全。

参考文献：

[1] 铁道第三勘察设计院集团有限公司. 大同至张家口铁路客运专线可行性研究报告[R]. 天津:铁道第三勘察设计院集团有限公司,2015.
The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation. The Feasibility Study Report of Datong-Zhangjiakou Passenger Dedicated Line [R]. Tianjin: The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, 2015.

[2] 北京美辰建筑抗震工程有限公司. 新建大同至张家口铁路工程场地地震安全性评价报告[R]. 北京:北京美辰建筑抗震工程有限公司,2015.

Beijing Meichen Architectural Seismic Engineering Co., Ltd. Earthquake Safety Evaluation Report of New Datong-Zhangjiakou Railway Engineering Site [R]. Beijing: Beijing Meichen Architectural Seismic Engineering Co.,Ltd., 2015.

[3] 何振宇. 活动断裂带铁路选线问题初探 [J]. 铁道工程学报, 1987,4(3):195-203.
HE Zhenning. Preliminary investigation on Route Selection of Railway in Active Fault Zone [J]. Journal of Railway Engineering Society, 1987, 4 (3): 195-203.

[4] 毛斌. 关于活动性断裂区域铁路设计探讨 [J]. 铁路经济研究, 2010,18(2):15-17.
MAO Bin. Discussion on Design of Railway in Active Fault Zones [J]. Railway Economics Research, 2010,18 (2): 15-17.

[5] 袁炳祥,谌文武,梁收运,等. 青藏铁路沿线活动断裂带对地质选线的影响 [J]. 西北地震学报,2009,31(2):121-125.
YUAN Bingxiang, SHEN Wenwu, LIANG Shouyun, et al. The Influence of Active Fault Zones along Qinghai-Tibet Railway on Geological Route Selection [J]. Northwest Seismological Journal, 2009, 31 (2): 121-125.

[6] 许丁予. 高铁隧道工程穿越汶川地震断裂带抗错动机理与设计参数研究 [D]. 北京:北京交通大学,2015.
XU Dingyu. Anti-breaking Mechanism and Design Parameters Research on High-speed Railway Tunnel Engineering through the Wenchuan Seismic Fracture Zone [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2015.

[7] 赵明华. 隧道穿越活动断裂带施工技术[J]. 城市道桥与防洪, 2017,34(7):175-177.
ZHAO Minghua. Construction Technology of Tunnelling through Active Fault Zone [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2017, 34 (7): 175-177.

[8] 沈建明. 客运专线铁路跨越断裂带有关问题探讨[J]. 铁路工程学报,2011,28(10):30-37.
SHEN Jianming. Study on Relevant Issue on Passenger Dedicated Railway Crossing Fault Zone [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2011, 28 (10): 30-37.

(编辑:车晓娟 张红英)