

文章编号: 1674—8247(2018)05—0088—05

西成客运专线陕西段路基设计回顾

朱 莹

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘 要:西成客运专线路基占比较少,但由于山区高速铁路地形、地质情况复杂,路基设计具有一定的特殊性。本文分析了西成客运专线路基工程的主要特点,并提出了阿房宫车站垃圾坑、山区短路基、弱膨胀岩顺层高路堑边坡等设计重难点的处理方式。同时,也重新反思了隧道弃碴利用、风化岩的特性、防护栅栏设置等方面考虑不足的问题,可为同类项目提供借鉴。

关键词:短路基; 风化岩; 隧道弃碴利用; 防护栅栏

中图分类号: U213.1

文献标志码: A

Review on the Design of Subgrade in Shanxi Section of Xi'an to Chengdu Passenger Dedicated Line

ZHU Ying

(China Railway First Survey & Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: Even the proportion of subgrade design in Xi'an to Chengdu high-speed railway is relatively small, but due to the complex terrain and geological conditions in the mountains, the design of subgrade is special. In this paper, the main characteristics of subgrade in Xi'an to Chengdu Passenger Dedicated Line are analyzed, and the key and difficult design points, like garbage pits of Epanggong station, short-length subgrades in the mountains, weak expansive bedding high-cut slope, are put forward. Meanwhile, some problems which are lack of consideration, like the utilization of the digging rocks of tunnel, features of weathered rocks, the setting of protective fence, are reflected, which could provide references for similar projects.

Key words: short-length subgrade; weathered rock; utilization of the digging rocks of tunnel; protective fence

1 地形地貌及路基工程特点

1.1 地形地貌

西成客运专线陕西段自西安至宁强,从北向南经过 4 个地貌单元,即渭河盆地、秦岭山地、汉中盆地、大巴山地平面示意如图 1 所示。

渭河盆地海拔 400 ~ 600 m,地形平缓、开阔,地层以黏质黄土、粉质黏土、粉、细砂为主;秦岭在渭河盆地

南侧拔地而起,海拔 1 500 ~ 3 700 m,北坡陡峻,南坡较缓;汉中盆地海拔 500 ~ 600 m,地形平缓,地层主要有膨胀土、粉质黏土、细圆砾土、粗圆砾土等;大巴山为汉江与嘉陵江的分水岭,地势南陡北缓,大部分地区海拔 600 ~ 1 000 m,地层主要有膨胀土、粉质黏土、页岩等。

1.2 路基工程特点

西安 - 成都客运专线陕西段线路长 342.936 km,

收稿日期: 2018-05-21

作者简介: 朱莹(1968-),女,高级工程师。

引文格式: 朱莹. 西成客专陕西段路基设计回顾[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(5): 88 - 92.

ZHU Ying. Review on the Design of Subgrade in Shanxi Section of Xi'an to Chengdu Passenger Dedicated Line [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(5): 88 - 92.

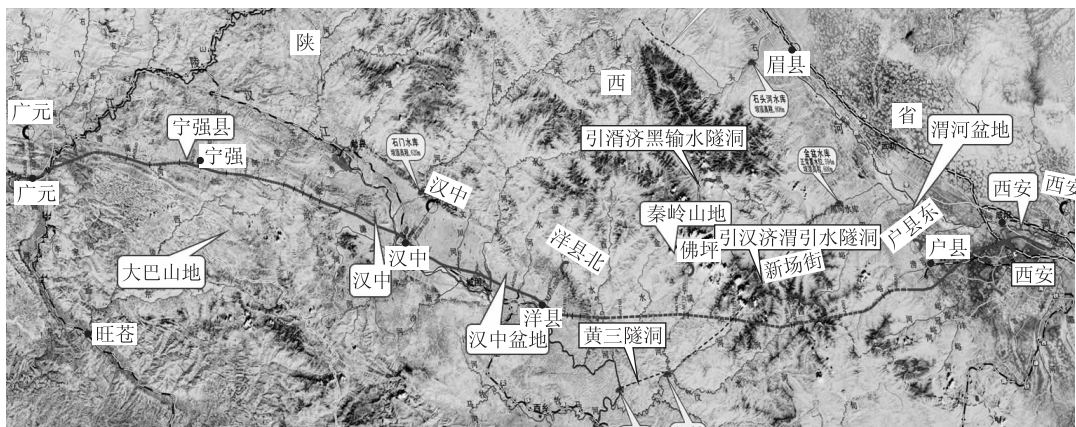


图 1 西成客运专线陕西段平面示意图

路基(含站场)长 22.926 km,仅占线路总长度的 6.69%,其中区间路基长 10.568 km,有 6 座路基车站。路基工程按时速 250 km 铺设无砟轨道标准设计,路基主要特点如下:

(1) 两大盆地地形平缓,有 5 座车站,83.7% 的路基分布在此,且以路堤为主。路基工程主要是路堤边坡防护和针对松软土的地基处理,路基填料来源困难。渭河盆地的松软土以黏质黄土、粉质黏土、粉细砂为主,厚度大,地基处理措施相对复杂,汉中盆地的松软土以膨胀土为主,厚度不大,地基处理工程量相对较小。

(2) 两大山地以桥隧工程为主, 秦岭南坡和大巴山地分布有路基, 段落短、工点多, 工程类型以短路基地基处理和路堑边坡挡护为主。

(3)大巴山区页岩多具有弱膨胀性,且多有顺层,路堑边坡较高,为设计和施工安全的控制点。

2 设计难点

2.1 阿房宫车站垃圾坑

阿房宫车站位于渭河盆地,地层上部以粉细砂为主。由于地处西安市郊,建设环境复杂,无序采沙和随意倾倒垃圾现象较难控制,在车站正线处出现3处垃圾坑,深度10~16 m,面积4 300~21 000 m²。车站共有7条股道,其中4条为无砟轨道,路基填土高度6~8 m,,垃圾坑范围路基沉降控制成为设计难点。

若将垃圾挖除,需清运垃圾量约 $36 \times 10^4 \text{ m}^3$,堆放场地寻找困难,运距超过 50 km,对城市空气、环境影响及居民日常生活干扰较大。同时,路基回填土厚 21 ~ 24 m,受征地拆迁影响,剩余工期较紧,后期沉降

控制困难。经多方案技术、经济比较和论证,最终采用强夯+桩板结构措施。先采用强夯对垃圾坑进行原位处理,减少其沉降,然后在地表设置桩板结构^[1]。桩长38~52 m,桩径1.25 m,横向间距4~6 m,板厚1 m,宽度最大78 m,并在处理工程两端设置了渐变段。工程实施完成至运营期间,沉降观测未出现异常。

2.2 山区短路基

西成客运专线由于地形条件特殊,线路虽多次优化,桥隧之间的短路基仍然相对较多。小于 150 m 的短路基共有 965 m/12 处,占区间路基工点数的 52%,占区间路基总长度的 9.1%。其中小于 60 m 的 7 处,60~100 m 的 1 处,100~150 m 的 4 处。

为解决短路基地形变化大、基础刚度差异大、施工场地小、不均匀沉降较难控制等问题^[2], 勘测阶段减小了断面测量间距以控制地形、地层变化; 可研、初设阶段, 针对不同的长度类型 ($\leq 20\text{ m}$ 、 $20 \sim 60\text{ m}$ 、 $60 \sim 150\text{ m}$)、相邻不同的工程形式 (桥、隧)、不同的地层制定相应的设计原则; 施工图阶段, 针对每处短路基的具体情况制定相应的工程措施, 对路基填料、过渡形式、基础结构进行横断面、纵断面设计, 并对施工工序和注意事项详细说明。

因设计针对性强,短路基施工顺利,变更较少,差异沉降较小,从动态验收至开通运营,未出现异常现象。

2.3 弱膨胀岩顺层高路堑边坡

大巴山区页岩^[3]顺层较发育,岩层产状 N50°~80°E,真倾角 35°~60°,与线路夹角 5°~30°,且具有弱膨胀性,影响路堑边坡长度约 2.9 km,左侧开挖均

存在顺层问题,最大边坡高度约45 m。

考虑陕西段隧道比重已达55%,且路堑地段地势相对较缓,页岩又具有弱膨胀性等特点,采取了放坡开挖的设计思路:降低和减少支挡工程,桩板墙顶高于轨面一般不超过5 m,减少对旅客的压抑感;放缓边坡坡率、降低分级高度,开阔视野,降低施工风险。路堑边坡坡率一般采用1:1.5~1:1.75,分级高度6~10 m;增加绿化面积,边坡采用锚索(杆)框架梁和骨架护坡防护,其内铺空心砖,进行草灌结合绿化,宁强车站展开式深路堑边坡如图2所示。



图2 宁强车站展开式深路堑边坡

与常规深路堑设计理念不同,采用缓坡展开式路堑形式虽增加了土方和用地,但减少了支挡工程量,增加了边坡稳定性、施工安全性和绿色防护面积,以绿色为主的缓坡路堑与自然环境也更为协调。12处深路堑施工中,除有2处路堑因开挖后未及时防护,在强降雨后边坡出现局部溜坍外,其余地段施工顺利。

3 设计反思

西成客运专线经过四年的勘察设计和五年的施工建设,已于2017年11月开通运营,回顾九年的建设历程,发现由于地域、地形的特殊性,一些看起来经济、合理的设计原则在实际实施中并不经济、易行,设计较为忽视的附属工程可能承担运营安全保障的重大责任。

3.1 路基填料利用隧道弃砭问题

四大地貌单元导致路基填挖分布极不均衡,两大平原地区路堤集中,地形平坦,农业发达,且汉江流域为湿地保护区,填料获取非常困难。在勘察、设计阶段,对填料进行了专项调查研究,最终确定渭河平原的路基填料主要选用秦岭北坡的隧道弃砭,运距12~43 km;汉中盆地除部分C组填料利用隧道弃砭以外,其余填料均采用价购方式。

自开工以后,利用隧道弃砭做填料段均不同程度

出现问题,存在问题主要有:弃砭供给矛盾突出、临时用地不足、运输道路阻工严重、跨标段利用协调困难等。

利用隧道弃砭作为填料,尤其是填料缺乏地区,无论从经济还是从环保角度都是最合理的方案^[4],但是在设计阶段一定要注意以下几点:

(1)设计弃砭临时占地面积时,一定要在系统分析施工工期、跨标段使用等因素的基础上综合确定。

(2)邻近城市周边的路基在考虑利用隧道作为填料时,应充分考虑地方不可控因素的影响,增加干扰费、降低利用率。

(3)弃砭利用率应充分考虑施工场地及便道修建、建材利用、施工损耗、岩性变化等因素,软硬岩交错的隧道应分析硬质岩分布情况,综合确定是否利用隧道弃砭及利用率。

(4)加强运输道路的调查,必要时与工经专业协商,增加临时便道工程费用。

3.2 对风化页岩的认识问题

大巴山区路基基底以页岩为主,其主要成份为高岭土、云母、石英等,变余结构,薄层构造,页理面含有铁锰质斑点,岩芯呈短柱状和碎块状,锤击易碎,如图3所示。风化层 $\sigma_0 = 300$ kPa,弱风化层, $\sigma_0 = 600$ kPa。



图3 页岩代表性岩芯照片

设计一般地段的页岩设计未采取任何地基处理措施。施工DK 318路基时,在挖除上部换填的膨胀土后,发现下部页岩风化极严重,已呈碎屑状,加之地下水软化,已不满足路基基底要求,同时斜坡地层页岩风化程度差别较大,为避免基底软硬不均,采取了挖除换填级配碎石掺水泥处理。换填深度最大达10 m,换填量近 4×10^4 m³。

设计判断岩石基底是否需要处理,往往依据岩性描述、岩石分类和承载力等信息获取的“感觉”,对其风化程度缺乏感性认识,如能依据矿物成分、结构构造、地形、地下水情况,综合分析基底岩层风化状况和对路基的影响,采用桩板结构^[1]等措施处理,不仅工程更安全可靠,投入总费用还相对较少。

3.3 过渡段、短路基设计应结合现场施工条件

由于穿越两大山区,西线客运专线陕西段短路基及桥隧过渡段路基较多,设计中根据地形及地层采取了多种过渡结构形式,取得了较好效果,但在过渡段填料选择、结构形式选择方面还应根据实际施工条件加以改进,设计原则区别对待:

(1)部分地段路基极少且短,仅1~2处,填料可能仅几百、几千方,此时不应选用级配碎石、改良土作为填料。

(2)山区高陡山包上、两端为桥的路基,在桥梁主体结构未施工完之前,路基基本无施工条件,台背过渡段宜采用混凝土,与桥台同时浇筑。

(3)位于较长隧道洞口段的路基,路基结构形式及填料要充分考虑隧道施工工期长、场地不能阻断等因素的影响,选择施工短平快、干扰小的基础结构形式。

(4)洞口外边坡挡护工程可否与隧道、工经专业结合,预留必要的施工场地位置,一次设计到位,有待商榷。

3.4 山区防护栅栏设置问题

按照规定,客运专线应采用2.2 m钢筋混凝土加0.5 m刺丝滚笼防护栅栏^[5]。钢筋混凝土防护栅栏的立柱、上下槛、栏片等构件均采用C30钢筋混凝土预制^[5],现场拼装。理论上不同的坡度,柱子、栏片的预制结构都应不同,因此预制构件很难适应山区起伏地形。同时,要达到防护高度和效果,必须要减小柱间距、增大柱高度、增加下部混凝土封底,投资必然增加较多。

根据初步设计批复意见,山区段防护栅栏采用了经济适用、安装方便的2.2 m高度钢筋混凝土立柱金属网片加0.5 m刺丝滚笼形式。但路局工务部门一致认为其使用年限短、耐久性差、易破坏等,多次提出补强意见。2017年5月铁总发布了《高速铁路反恐怖和治安防范标准(试行)》,要求大于36°坡脚地段应采用

2.2 m立柱,网片采用矩管或方钢材质。根据文件要求,对山区段防护栅栏全部拆换成钢筋混凝土预制拼装结构或钢矩管现场焊接拼装结构,栅栏下部全部增加防小动物的细密网。

防护栅栏作为附属工程在设计阶段一般不予重视,统计长度、明确形式、费用纳入概算即可。但路局工务、公安部门对其高度重视,在工程静态验收阶段提出的问题最多,认为防护栅栏是严防人及小动物进入线路、反恐、圈地的一道坚强屏障^[6],必须达到坚固、防护高度及范围足够、栅栏下部无大间隙等要求,同时要求洞顶仰坡设两道防护栅栏,便于白天检修仰坡。虽然很多要求都超过了标准、规定,但设计人员也应换位思考,重视高速铁路安全防护的重要性。

4 总结

随着高速铁路的快速发展,将有更多的“天堑变通途”。山区高速铁路出现大段路基的概率较小,分布在桥隧之间的零散路基由于地形、地层变化大,两端受桥隧结构物控制,施工条件差等因素,对设计者提出了更高要求,需要抛开模板、结合施工、开拓创新,做精细化、一对一的设计。同时,山区间的平原盆地土地属于天然珍贵资源,如何减少对自然资源的占用,与地方和谐共处,确保工程顺利实施,也是设计者应该思考的问题。

参考文献:

- [1] 付贵海,魏丽敏,邓宗伟,等. 桩筏复合结构加固高速铁路深厚软基长期性状的现场试验研究[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2017,60(8):2195-2202.
FU Guihail, WEI Limin, DENG Zongwei, et al. Field Test on Long-term Behaviors of Pile-raft Composite Structure Strengthening High-speed Railway Deep Ground[J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2017,60(8):2195-2202.
- [2] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].
TB 10621-2014 Code for Design of High Speed Railway[S].
- [3] 熊国庆,王剑,李园园,等. 大巴山地区早古生代黑色岩系岩相古地理及页岩气地质意义[J]. 古地理学报, 2017,19(6):965-986.
XIONG Guoqing, WANG Jian, LI Yuanyuan, et al. Lithofacies Palaeogeography of the Early Paleozoic Black Rock Series in Dabashan Region and their Shale-gas Geological Significance[J]. Journal of Palaeogeography, 2017,19(6):965-986.
- [3] 范其恩. 施工标段划分对隧道弃砵利用率及造价的影响分析[J]. 铁路工程造价管理, 2011,26(4):1-4.

FAN Qi'en. Analysis of Construction Section Division's Influence on Utilization Ratio and Cost of Tunnel Abandoned Ballast[J]. Railway Engineering Cost Management,2011,26(4):1-4.

[4] 通线(2012)8001(2014 局部修订版) 铁路线路防护栅栏[S]. Tong Xian(2012)8001 (partially revised in 2014) Railway Protective Fence [S].

[5] 黄一民. 铁路线路防护栅栏的设置与施工中的问题及对策[J]. 铁道建筑技术,2015,32(06):76-79.

HUANG Yimin. Setting of Railway Lines Protective Fence and the Problems and Its Countermeasures During Construction[J]. Railway Construction Technology,2015,32(06):76-79.

(编辑:赵立红 白雪)

[5] 黄一民. 铁路线路防护栅栏的设置与施工中的问题及对策[J]. 铁

(上接第 87 页)

国内单线铁路混凝土桥梁的最大跨度。本文介绍了大桥的结构设计、主要工程量指标、主要技术指标、车桥耦合动力仿真分析结论,并从施工角度出发,预先采用了设计手段降低施工风险。该桥的设计可为类似的铁路桥梁设计研究提供借鉴和思路。

参考文献:

[1] 范立础. 桥梁工程(上册)[M]. 北京:人民交通出版社,2001. FAN Lichu. Bridge Engineering (Volume 1) [M]. Beijing: China Communications Press, 2001.

[2] 马庭林,陈克坚,徐勇. 南昆铁路清水河大桥预应力连续刚构主桥施工设计[J]. 桥梁建设,1997,27(3):69-74. MA Tinglin, CHEN Kejian, XU Yong. Construction Design of the Main Bridge of the Prestressed Concrete Continuous Rigid Frame of the Qingshuihe Bridge on Nanning-Kunming Railway [J]. Bridge Construction,1997,27(3):69-74.

[3] 刘钱,向学建,杨飞. 大跨径混合梁连续刚构桥边中跨比及墩高性能研究[J]. 公路交通科技:应用技术版,2013,30(10):247-251. LIU Qian, XIANG Xuejian, YANG Fei. Study on the Mid-span

Ration and Pier Performance of Long-span Hybrid Beams with Continuous Rigid Frame [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development: Application Technology Edition. 2013, 30(10):247-251.

[4] 吴俊骅,刘汉锡,王惠队,等. 连续刚构桥主梁设计参数优化方法研究[J]. 铁道科学与工程学报,2017,14(7):1473-1480. WU Junguo,LIU Hanxi, WANG Huidui, et al. Study on Optimization Method for Design Parameters of Main Beam of Continuous Rigid Frame Bridge[J]. Journal of Railway Science and Engineering,2017, 14(7):1473-1480.

[5] 李俊龙,陈列,游励晖,等. 沪昆高速铁路高墩大跨连续刚构桥设计研究[J]. 高速铁路技术,2017,8(3):73-76. LI Junlong, CHEN Lie, YOU Lihui, et al. Research on Design of High Pier and Large Span PC Continuous Rigid Frame Bridge on Shanghai-Kunming High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology,2017,8(3):73-76.

[6] 何庭国,鄢勇. 遂渝铁路新北碕嘉陵江大桥设计[J]. 桥梁建设,2006,36(S2):26-29. HE Tingguo, YAN Yong. Design of New Beibei Jialing River Bridge on Suining-Chongqing Railway [J]. Bridge Construction,2006,36(S2):26-29.

(编辑:赵立红 白雪)