

文章编号: 1674—8247(2017)06—0093—06

西南艰险山区铁路桥梁防冲刷设计

刘发明 游励晖

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:文章对西南艰险山区铁路顺河(江)、跨河(江)桥梁的冲刷计算和桥位选择等方面的问题进行了总结,为山区铁路桥梁设计如何进行冲刷计算和桥位选择提供了一些经验。山区铁路顺河(江)桥梁墩台一般宜设置在受洪水影响较小、流速较低的河滩或河岸附近,不宜设置在水流速度较大的主流处。山区跨河(江)桥梁的桥位布置一般宜选择在河道顺直、河床稳定、水面较窄、水流平稳、水流流向在高低水位时变化不大的河段;不宜选择在急弯、沙洲、分岔、两河交汇或河床采沙取石严重等处。

关键词:山区河流;铁路桥梁;冲刷计算;设计

中图分类号:U442.3+2 **文献标志码:**A

Scour Prevention Design of Railway Bridge in Southwest Dangerous Mountainous Area

LIU Faming YOU Lihui

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

Abstract: A series of crucial issues related to the scour calculation and bridge location selection for the railway bridges that go alongside the river and cross the river in southwestern dangerous mountainous regions are concluded in this paper, which gives valuable experiences for the scour calculation and bridge location selection design for the railway bridges in mountainous regions. According to the research in this paper, the riffle area or the area close to the river bank which will be less influenced by the flood is the recommended location for the piers and abutments of bridges that will go alongside the river. In addition, for the bridges that will cross the river, the straight reach section with stable river bed and flow, narrow main channel, and stable flow direction during the water level variation period is a better location than the river section with sharp curves, sandbank cay towheads, bifurcates, river junctions or quarry pits.

Key words: rivers in mountainous regions; railway bridge; scour calculation; design

在我国西南艰险山区铁路桥梁勘测设计工作中,常常会遇到顺河(江)、跨河(江)桥梁的设置问题,对顺河(江)地段的桥位选择、桥高设计,以及跨河(江)桥梁对线位方案的要求和桥梁跨度设计,往往是铁路选线设计中必须认真研究和严肃对待的问题,稍有疏忽或处理不当,就会出现严重的桥梁冲刷病害,给铁路运营带来极大的危害,而目前高速铁路越来越普遍,线

路的平顺要求越来越高,由线路走向、地质因素决定桥位的情况也越来越多,因此更应重视由于桥位不当造成的桥梁水害。

桥梁建设过程中,不可避免地会不同程度破坏河床的天然结构,降低天然河床的抗冲刷能力;桥梁建成后,由于桥墩、桥台阻水,导致河道过流断面束窄而引起水流运动路线受到影响、流速增加,桥墩周围水流流

收稿日期:2017-06-08

作者简介:刘发明(1964-),男,高级工程师。

引文格式:刘发明,游励晖. 西南艰险山区铁路桥梁防冲刷设计[J]. 高速铁路技术,2017,8(6):93-98.

LIU Faming, YOU Lihui. Scour Prevention Design of Railway Bridge in Southwest Dangerous Mountainous Area [J]. High Speed Railway Technology, 2017, 8(6): 93-98.

态急剧变化产生局部涡流,使得水沙条件与河床形态重新调整。有采沙取石现象或增设水利工程设施的河道,由于受人类采沙取石活动或增设水利工程设施的干扰,破坏了天然河床的整体结构或改变了水流通道的形状,会导致河床的冲刷形态发生较大的改变;尤其是在桥梁下游采沙取石,降低了河床侵蚀基准面,更易引起河床发生较大的冲刷下切病害。

按冲刷形态分类,桥梁冲刷可分为三类:①因桥墩、桥台导致河道过流断面束窄,局部流速增加而引起的河床普遍下切,称为一般冲刷。②因桥墩周围局部水流流态急剧变化产生涡流,引起的桥墩周边冲刷称为局部冲刷。③因河流自身演变、采沙取石或增设水利工程设施等人类活动干扰,引起较长河段的河床下切冲刷称为整体冲刷。

一般情况下,由于桥梁都建设在稳定的天然河段上,理论假定建桥前河床已达到了天然的冲淤平衡状态,因此在桥梁设计中,不考虑河道整体冲刷(或天然冲刷),桥墩附近的最大冲刷深度为一般冲刷与局部冲刷深度之和。若桥梁上下游不远范围存在采沙取石或增设水利工程设施等人类活动的河段,应特别注重河段整体冲刷对桥梁安全的影响。

1 顺河(江)桥梁

1.1 顺河(江)桥梁水文勘测

山区顺河(江)桥梁水文勘测时,应在尽可能地搜集完善拟建桥梁工程河段的各场历史洪水资料基础上,总结洪水发生的规律,考虑弯曲河段的水流横向超高影响,详细推求出各种设计频率洪水位,作为确定线路平面位置和纵断面高程设计的依据;同时还应根据顺河(江)桥梁位置推求出各种设计洪水情况下的桥梁设计流速,作为桥梁基础抵御水流冲刷的设计依据。

1.2 顺河(江)桥位选择

山区顺河(江)桥梁墩位一般应选择在受洪水影响较小,流速较低的河滩边或河岸附近,而不应选择在流速较大的主流附近。由于河道的凸岸侧一般为河道的淤积区,流速相对较小,远离主流,在这些区域设置适当的顺河桥梁,对河道泄洪影响较小;而河道的凹岸侧是其泄洪的主要过流断面,一般为产生较大冲刷的不稳定区,受主流影响大,在这些区域设置桥梁,还会因上下游桥墩对水流的相互影响,加剧水流的紊乱,易发生较大的桥梁冲刷,增大安全隐患。故桥梁宜从河道的凸岸侧通过,不宜从冲刷严重、水流紊乱或岸坡不太稳定的凹岸侧通过。

山区河流的峡谷河段,由于河道弯曲、河床陡峻、

易有突岩或大孤石等位于水流中央,流速较大,且支流汇口多,水流紊乱,因此一般应避免在这些地段设置顺河(江)桥梁,以免发生严重的桥梁冲刷;必须设置时,宜以大跨跨越水域。

在山区顺河(江)铁路选线中,应进行顺河(江)桥位、桥式、墩型等的方案比选,充分考虑顺河(江)桥位处的河道水流对桥墩基础产生的局部冲刷影响,确保桥梁建成后的运营安全。

1.3 顺河(江)桥梁冲刷计算

在TB 10017-99《铁路工程水文勘测设计规范》中顺河(江)桥梁冲刷没有明确的计算方法,一般情况下,此类桥梁墩位侵占河道的行洪断面不大,建桥后桥下的一般冲刷很小,计算主要应考虑墩周的局部冲刷。对于山区稳定河流,在桥梁冲刷计算中,可根据桥位处水流的设计流速、设计水深和河床质颗粒直径等资料,参照《铁路工程水文勘测设计规范》中相应的桥墩基础局部冲刷计算公式进行。

非黏性土河床的桥墩局部冲刷公式:

$$\text{当 } v \leq v_0, h_b = K_\zeta K_\eta B_1^{0.6} (v - v'_0) \quad (1)$$

$$\text{当 } v > v_0, h_b = K_\zeta K_\eta B_1^{0.6} (v - v'_0) \left(\frac{v - v_0}{v_0 - v'_0} \right)^n \quad (2)$$

式中: h_b ——桥墩局部冲刷坑深度(m);

K_ζ ——墩形系数;

K_η ——河床颗粒的影响系数;

B_1 ——桥墩计算宽度(m);

v ——一般冲刷后墩前行近流速(m/s);

v'_0 ——墩前始冲流速(m/s)

v_0 ——河床泥沙起动流速(m/s);

n ——指数。

黏性土河床的桥墩局部冲刷公式:

$$\text{当 } \frac{h_p}{B_1} \geq 2.5, h_b = 0.83 K_\zeta B_1^{0.6} I_L^{1.25} v \quad (3)$$

$$\text{当 } \frac{h_p}{B_1} < 2.5, h_b = 0.55 K_\zeta B_1^{0.6} h_p^{0.1} I_L^{1.0} v \quad (4)$$

式中: I_L ——冲刷范围内黏性土样的液性指数;

其余符号意义同前。

由于顺河(江)桥梁存在下游桥墩受上游桥墩阻水影响,下游桥墩的墩周水流更加紊乱,下游桥墩的墩周冲刷深度一般会比理论计算值大,桥梁设计应视具体情况,可增加10%~20%的安全值。

顺河(江)桥梁冲刷计算时,应特别注意桥位附近河道的平面形状。位于凸岸段的顺河(江)桥梁,虽然远离主流,若存在桥位处的设计水深较大,凸岸河滩的覆盖层较厚,河床质粒径较小的情况,则应认真研究出

现大洪水时,凸岸河滩的覆盖层有可能发生起底冲刷的现象。

2 跨河(江)桥梁

2.1 跨河(江)桥位选择的重要性

跨越山区河流的桥位选择,是整个选线工作中相当重要的部分。选择出适当、合理的跨河(江)位置,确定好桥位线路是非常重要而又复杂的问题,它直接影响到河滩引桥的长度,跨河(江)桥梁的设计方案,桥梁墩台基础的类型及其埋置深度,导流建筑物的设置和工程费用等。若桥位选择不当,会增加很大的后期养护维修费用,甚至使桥梁或防护工程遭到冲刷破坏,致使行车中断。

2.2 跨河(江)桥位选择原则及案例分析

2.2.1 桥位选择原则

(1)山区跨河(江)桥梁的桥位布置一般宜选择在河床稳定,河道顺直,水面较窄,水流流向在高低水位时变化较小的稳定河段;不宜选择在急弯、沙洲、分岔及两河交汇处,因为这些区域流向不定、水流紊乱,容易产生回流,严重者将会导致桥渡建筑物被冲毁。亦不宜选择在有较大河漫滩的开阔河段通过,若必须在这种河段设桥,河漫滩处应尽量以桥梁工程跨越。

(2)山区跨河(江)桥梁的桥头路堤最好能贴近无水浸泡的岸边,使其不造成兜弯,以免主流河水注存其中,形成水袋产生三角回流,浸泡冲刷桥台锥体或台后路堤,造成水害。

(3)桥址处线路中线应尽量与洪水流向正交,以免在桥头形成水袋而产生回流,威胁线桥安全。为调整水流流向,有条件时,可在桥址附近的河岸边设置导流建筑物,而导流建筑物的布置位置与结构形式,应根据具体的地形和地质条件决定。

(4)由于山区河流地形陡峻,水深流急,因此桥孔不宜压缩,桥位宜选择在河谷较窄处,以缩短桥长。但有时为了避免桥墩基础施工困难,桥位也可选择在河谷开阔、水深较浅、流速较缓,便于施工的地段。

(5)在山区稳定河段,桥位不宜选择在河流硬弯处,更不宜在受洪水剧烈冲刷的河流硬弯处设置高大桥台,否则教训深刻。

(6)山区增建二线桥梁或在既有桥附近新建桥梁时,桥位宜选择在两桥水流干扰范围以外。若确实不能避开时,对新建桥梁位于既有桥梁上游者,要特别注意既有桥梁桥前壅水对新建桥梁桥下净高的影响,以及新建桥梁可能加剧下游既有桥梁的冲刷;对新建桥梁位于既有桥梁下游者,要注意新建桥梁桥前壅水对

既有桥梁桥下净高的影响,以及因既有桥梁桥下流速增大,加剧新建桥梁桥下的冲刷。

2.2.2 案例分析

(1)案例一

略阳电厂专用线嘉陵江大桥,桥梁从嘉陵江河道硬弯处跨过,且与河流斜交 35° ,桥跨为5孔32 m简支梁,桥台为T台,如图1所示。桥孔布置与河道宽度基本相适应,略阳车站端台身高达21 m,为使锥体不侵入河槽,设置了10 m高的锥体坡脚挡墙。1978年8月,洪水使桥台锥体坡脚挡墙基础被冲空发生溜坍,当时处置采用20根直径1.5 m的钻孔桩顺锥体坡脚进行加固,坡面采用浆砌片石恢复。1981年8月洪水又将锥体坡脚钻孔桩与原锥体坡脚挡墙间的砂卵石淘刷一空,使锥体的浆砌片石坡面断裂坍塌。

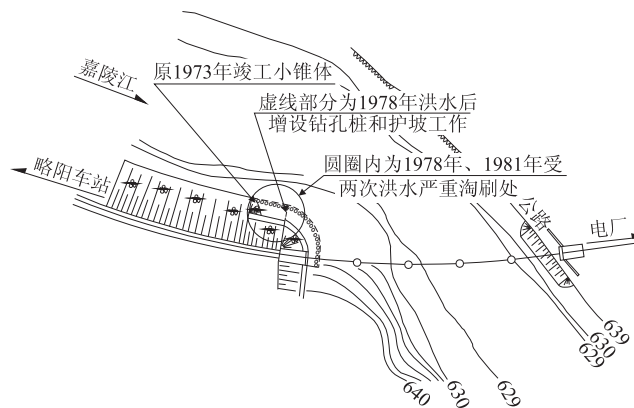


图1 略阳电厂专用线嘉陵江大桥平面示意图

由此可见,山区跨河桥梁设置在河道硬弯处,要高度重视河流弯道冲刷的影响;若为了减少拆迁、线路顺直,或受前后地形、工程地质控制,尤其是山区高速铁路选线困难等条件限制,当桥位不能移动时,则宜加长桥孔,避免采用高桥台、大锥体,这样既有利于减少桥梁使用期间的养护维修,也有利于运营期间桥梁的使用安全。

(2)案例二

阳平关嘉陵江公路大桥,桥址处河流主槽靠左岸,主槽宽约200 m;右岸侧为河漫滩,河漫滩宽约300 m,桥梁为3 m×65 m双肋式石拱桥,仅设置在左岸侧主槽处,全长246.07 m;右岸侧宽约300 m的河漫滩采用路堤,并在右岸侧河漫滩的桥台上游设置梨形导流堤,堤长约50 m;下游设置直段导流堤,堤长约30 m,如图2所示。1981年8月22日洪水,将右岸侧桥台上游的梨形导流堤全部冲毁,右岸侧桥台上游的锥体也被冲跨,台尾处长约20 m,宽约2 m的桥头路堤也出现坍塌。



图2 阳平关嘉陵江公路大桥照片

(3) 案例三

广旺嘉陵江铁路大桥,位于广元嘉陵江公路大桥下游 30 m,桥式为 1 m×24 m 混凝土梁+3 m×56 m 下承式钢桁梁+5 m×24 m 混凝土梁,如图 3 所示。1981 年 8 月 22 日洪水,水位距公路大桥梁底 2.28 m,距铁路大桥梁底 3.065 m。公路大桥与铁路大桥桥孔

布置与河宽基本相适应,而墩台阻水所形成的壅水在公路大桥前比铁路大桥严重,使得公路大桥处洪水流速相对较缓,过公路大桥后流速产生急剧的变化,加上铁路大桥桥墩阻水和墩前冲高,加剧了水流的紊乱程度,被洪水漂浮下来的大油罐勉强通过公路大桥后,受铁路大桥墩前水流冲高和旋涡状水流影响,导致大油罐冲击铁路大桥钢梁下弦杆的事故,造成铁路桥第 3 孔 56 m 钢桁梁上游侧下弦杆被撞伤,局部变形 150 mm。本场洪水重现期在桥位河段相当于 33 年一遇,若洪水重现期达到 100 年一遇时,预计情况更加严重。由于公路大桥与铁路大桥相隔仅 30 m,除加剧水流紊乱、壅高外,还引起了桥址处河床断面普遍发生冲刷下切的现象,据广元工务段历年实测资料比较,1959 年 12 月铁路大桥设计时的桥址断面,深槽在右岸第一孔钢梁下,1965 年测量基本未变,1981 年 12 月测量已摆动到右岸第三孔钢梁下。根据 1965 年测量的断面与 1981 年测量的断面比较,普遍冲刷下切深 1.0~2.0 m,最大冲刷下切深达 3.0 m。

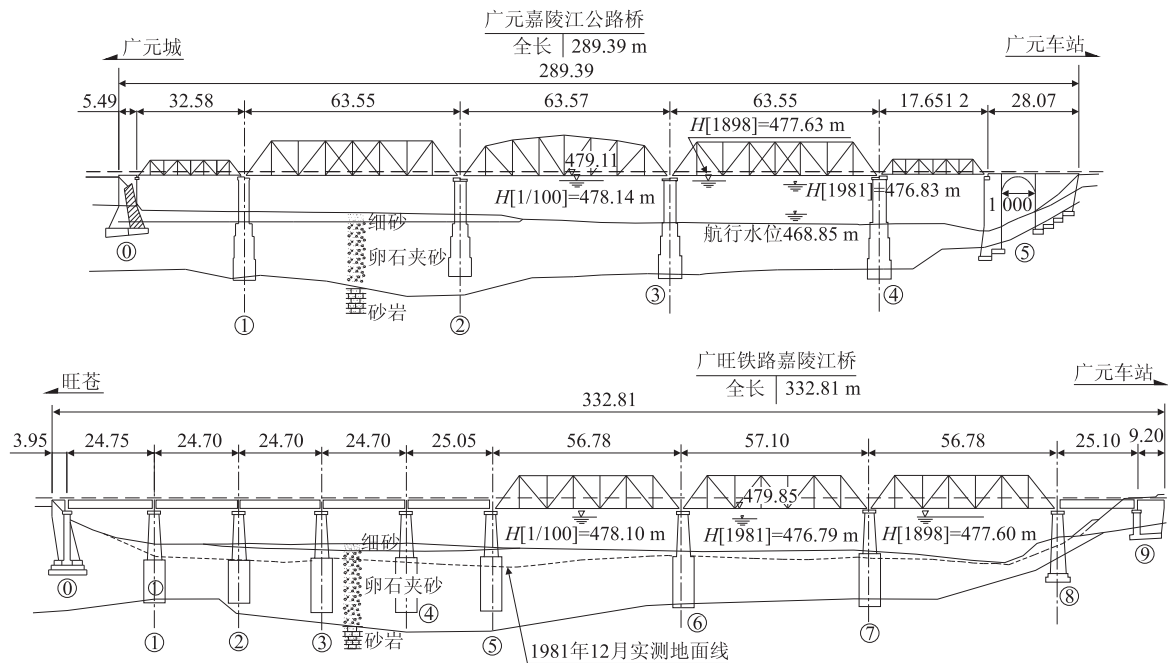


图3 广旺嘉陵江铁路大桥及公路大桥示意图(m)

由此可见,位于山区河流的并行桥梁,当两桥距离较小时,由于水流相互干扰,容易造成桥下壅水和冲刷加剧,在桥下净空较小时容易引起大型漂浮物撞伤桥梁的情况。

2.3 跨河(江)桥梁冲刷计算

在跨越山区稳定河流的顺直河段桥梁冲刷计算时,若桥梁的设计流量、流速和水位推算合理,桥位处的河床质颗粒直径选取适当,一般按照《铁路工程水

文勘测设计规范》中相应的桥梁一般冲刷和局部冲刷计算公式进行即可。

(1) 非黏性土河床的桥下一般冲刷公式:

①河槽部分

$$h_p = \left[\frac{A \frac{Q_c}{B_c} \left(\frac{h_{mc}}{h_c} \right)^{\frac{5}{3}}}{E d_c^{\frac{1}{6}}} \right]^{\frac{3}{5}} \tag{5}$$

式中: h_p ——桥下一般冲刷后的最大水深(m);

A ——单宽流量集中系数;

Q_c ——桥下河槽部分通过的设计流量(m^3/s);

B_c ——桥下河槽部分桥孔过水净宽(m);

h_{mc} ——桥下河槽部分最大水深(m);

\bar{h}_c ——桥下河槽部分平均水深(m);

E ——与汛期含沙量有关的系数;

\bar{d}_c ——河床土平均粒径(mm)。

②河滩部分

$$h_p = \left[\frac{A_t \frac{Q_t}{B_t} \left(\frac{h_{mt}}{h_t} \right)^{\frac{5}{3}}}{v_{H_1}} \right]^{\frac{5}{6}} \quad (6)$$

式中: A_t ——河滩流量非均匀分配系数;

Q_t ——桥下河滩部分通过的设计流量(m^3/s);

B_t ——桥下河滩部分桥孔过水净宽(m);

h_{mt} ——桥下河滩最大水深(m);

h_t ——桥下河滩平均水深(m);

v_{H_1} ——河滩水深1 m时非黏性土不冲流速(m/s)。

其余符号意义同前。

(2)黏性土河床的桥下一般冲刷公式:

①河槽部分

$$h_p = \left[\frac{A \frac{Q_c}{B_c} \left(\frac{h_{mc}}{h_c} \right)^{\frac{5}{3}}}{0.33 \left(\frac{1}{I_L} \right)} \right]^{\frac{5}{8}} \quad (7)$$

式中: A ——单宽流量集中系数;

I_L ——冲刷范围内黏性土样的液性指数;

其余符号意义同前。

②河滩部分

$$h_p = \left[\frac{\frac{Q_t}{B_t} \left(\frac{h_{mt}}{h_t} \right)^{\frac{5}{3}}}{0.33 \left(\frac{1}{I_L} \right)} \right]^{\frac{6}{7}} \quad (8)$$

式中符号意义同前。

桥墩局部冲刷计算同“顺河(江)桥梁冲刷计算公式”。

跨越山区弯曲河段的桥梁,在进行桥梁设计的冲刷计算时,要特别注意位于河道凹岸附近桥梁墩台的冲刷问题。位于河道凹岸附近的水流受离心力影响,流速较河道的平均流速大,水位也较河道的平均水位高,因此冲刷也更严重。

跨越有采沙取石河段的桥梁,在进行桥梁设计的冲刷计算时,不仅要考虑桥梁建成后桥下发生一般冲

刷和墩周出现局部冲刷的影响,还应特别注重由于采沙取石引起河段整体冲刷下切对桥梁结构安全的影响。如2013年7月成兰铁路沿线发生特大暴雨,使采沙取石严重的成兰铁路石亭江双线特大桥和成绵复线高速公路石亭江大桥附近河道的河床发生严重的整体冲刷下切,引起原来埋于河床内的承台或桩基外露7~10 m。

对于山区砂卵石河床,在水流的长期冲刷作用下,河床上一层的细颗粒物不断被水流带走,粗颗粒物逐渐沉积覆盖在河床上层,在河床上层形成一层比较抗冲刷的较大粒径的粗化保护层。若有大面积的采沙取石活动,使河床上层长期形成的粗化保护层被破坏,河床质结构的密实度受到损伤,引起河道推移质输沙率发生突变,并且还有可能导致河漫滩水流归槽,而出现严重的河道整体冲刷下切现象。

河段整体冲刷下切深度的计算,应在进行长河段纵横断面及水下地形测量工作的基础上,结合河段采沙取石对河床结构的影响勘测资料,根据变化后的河床质抗冲能力大小,选取合适的河道不冲流速参数,结合下游的侵蚀基准面,推求出长河段的理论冲淤平衡坡率,据此推算出桥址处的设计整体冲刷深度。

对于河上建筑物较多或地形复杂的采沙取石河道,整体冲刷深度计算还应结合物理模型试验等多种方法,尽量使理论计算值与实际冲刷深更加接近,才能确保设计的桥梁在后期运营中安全渡汛。

3 结束语

山区顺河(江)、跨河(江)铁路桥位选择是一个极其复杂的课题,由于山区河流水情复杂,水文特征各异,洪水变化无常,水流速度快,冲刷能力强,加之复杂的地形、地质条件,往往使线路方案的选择受到很大的制约。一个合理桥位的选择,需要综合考虑众多因素的影响,比选其利弊,避重就轻,才能选择一个经济、合理的桥位方案。

参考文献:

- [1] 铁道部第三勘测设计院. 铁路工程设计技术手册:桥渡水文[M]. 北京:中国铁道出版社,1993.
Third Survey and Design Institute, MOR. Technical Manual for Railway Engineering and Design: Bridge Hydrology[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1993.
- [2] 铁道部第二勘测设计院. 山区铁路桥梁水害的防治——从宝成铁路略(阳)广(元)段水害中对铁路桥梁勘测设计的认识[Z]. 成都:铁道部第二勘测设计院,1982.
China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. The Preliminary Opinions to the Flood Hazard to Bridges at Mountainous Regions——

The Knowledge Acquired from Flood Hazard to the Bridges of the Section Between Lueyang and Guanyuan of Baoji – Chengdu Railway [Z]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co. ,Ltd. , 1982.

[3] TB 10017 – 99 铁路水文工程勘测设计规范[S].

TB 10017 – 99 Code for Survey and Design on Hydrology of Railway Engineering[S].

[4] 高冬光. 公路桥涵设计手册——桥位设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.

GAO Dongguang. Design Manual for Highway Bridge and Culvert——Bridge Location Design[M]. Beijing: China Communications Press, 2001.

[5] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建高速铁路勘察细则[Z]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2010.

China Railway Eryuan Engineering Group Co. ,Ltd. Detailed Rules of Newly-Constructed High-speed Railway Survey[Z]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co. ,Ltd. , 2010.

[6] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建铁路勘察细则[Z]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2010.

China Railway Eryuan Engineering Group Co. ,Ltd. Detailed Rules of Newly-Constructed Railway Survey [Z]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co. ,Ltd. , 2010.

[7] 中铁二院工程集团有限责任公司. 改建铁路勘察细则[Z]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2010.

China Railway Eryuan Engineering Group Co. ,Ltd. Detailed Rules of Reconstructed Railway Survey[Z]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co. ,Ltd. , 2010.

[8] 游励晖, 陈思孝. 西南山区铁路桥梁设计的几点思考[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(5): 78 – 82.

YOU Lihui, CHEN Sixiao. Thoughts on Design of Railway Bridge in Southwest Mountain Aear [J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(5): 78 – 82.

(编辑: 赵立红 苏玲梅)

(上接第 92 页)

3 结束语

铁路选线设计是铁路的一项多专业综合性的总体设计工作。为使线路方案更加经济合理, 应注意以下几个方面:

(1) 重视地质选线, 合理选择线路方案, 尽量绕避各种不良地质, 确保工程安全可靠。

(2) 运输组织是影响接轨方案选择的重要因素, 在工程投资相当的情况下, 应选择运输便捷、效率高的接轨方案。

(3) 在铁路设计过程中要合理利用土地, 要坚持较少占用农田、耕地原则, 尽量使用荒地和劣质地。

(4) 充分考虑设计线路对于沿线环境的影响, 采取各种措施尽量使铁路对环境的影响程度降到最低。

参考文献:

[1] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建铁路大理至临沧线可行性研究总说明书[Z]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2014.

China Railway Eryuan Engineering Group Co. , Ltd. The General Specification of Feasibility Study of Dali—Lincang Railway [Z]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co. , Ltd. , 2014.

[2] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建铁路大理至临沧线初步设计总说明书[Z]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2015.

China Railway Eryuan Engineering Group Co. , Ltd. The General Specification of Preliminary Design of Dali—Lincang Railway [Z].

Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co. , Ltd. , 2015.

[3] 朱颖. 铁路选线理念的创新与实践[J]. 铁道工程学报, 2009, 26(6): 1 – 5.

ZHUYing. Innovation And Practice of Railway Route Selection[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2009, 26(6): 1 – 5.

[4] 毛斌, 陈光, 尹业斌. 新建铁路接轨方案的研究论证思路[J]. 中国铁路, 2016, 37(5): 57 – 60.

MAO Bin, CHEN Guang, YIN Yebin. Research And Demonstration of New Railway Connection Scheme [J]. China Railway, 2016, 37(5): 57 – 60.

[5] 林世金. 线路设计方案常见问题剖析[J]. 高速铁路技术, 2012, 3(6): 48 – 51.

LIN Shijin. Analysis of Common Problems In Circuit Design [J]. High Speed Railway Technology, 2012, 3(6): 48 – 51.

[6] 乐重. 铁路综合选线原则思考[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(3): 54 – 58.

LE Zhong. Thoughts About Principle For Integrated Railway Route Selection[J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(3): 54 – 58.

[7] 陈亮. 新建贵阳至广州铁路选线设计理念[J]. 高速铁路技术, 2012, 3(6): 30 – 32.

CHEN Liang. Concepts of Route Selection and Design for New Guiyang-Guangzhou Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2012, 3(6): 30 – 32.

[8] 潘国强. 铁路选线的制约因素和对策研究[J]. 中国铁路, 2008, 29(3): 35 – 38.

PAN Guoqiang. Research on Restriction Factors and Countermeasures of Railway Route Selection [J]. China Railway, 2008, 29(3): 35 – 38.

(编辑: 苏玲梅)