

既有线提速小半径曲线平面改造方法研究

蔡君君

(铁道第三勘察设计院集团有限公司 天津 300142)

摘要:为了满足铁路运能增加和现代经济快速发展的需求,新建铁路的同时对既有线铁路的提速改造也是非常必要的,而平面改造中小半径曲线已成为既有线提速的一个瓶颈问题。以“哈尔滨至漠河铁路扩能改造工程”加格达奇至塔河段的方案研究为例,讨论了关于既有线提速改造的设计原则及思路;结合该区段工程的设计改造过程,根据铁路的平面既有现状及特点,重点介绍了平面改造中小半径曲线的改造方法。结果表明:改造完成后的铁路平面条件能很好地满足该区段的提速要求,取得了良好的效果,为今后既有铁路提速改造提供了一定的参考。

关键词:既有线提速改造;设计原则;小半径曲线;平面改造措施

中图分类号:U212.33 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2011)04-0082-05

近年来,随着铁路运输越来越体现出运量大、运输稳定等优越性,客、货运量的急剧膨胀,既有铁路能力越来越难以满足现代经济发展的要求,这就给我国铁路运能提出了更高的要求。为了解决运输能力不足的问题,大部分铁路扩能改造主要是通过对既有线的改造或者增建二线的方法来实现的。随着铁路修建技术的日益进步,我国新设计的铁路技术标准要求更高,这就使得对既有线的扩能提速改造也是非常必要的。

既有线铁路提速扩能改造主要有改建限速的小半径曲线,改善平面的连接状况,改建线路的坡度,绕避或整治地质灾害路段,车站的设置等方法。结合“哈尔滨至漠河铁路扩能改造工程”加格达奇至塔河段的方案研究,讨论关于既有线提速改造中小半径曲线平面改造方法的相关问题。

1 工程概述

加格达奇到塔河段铁路隶属于嫩林线的中段,嫩林线贯穿黑龙江省西北部和内蒙古自治区东北隅,该线从嫩江站起,向北经大杨树、加格达奇、林海、塔河、樟岭,至漠河县站。线路所经地区为大兴安岭原始森林地带,是国家主要木材产地之一。嫩林铁路于1972年完成修建。对本线路进行扩能改造有助于黑龙江省西北部地区煤炭、木材等资源的利用,促进沿线地区经济发展,并保障我国对俄口岸集疏运通道的畅达。

该段线路长为259.515 km,既有线为单线,共有曲线214个,共计约119.21 km,占线路长的45.94%。此段既有线小半径曲线较多,最小曲线半径为395 m,线路平面条件较差,平面需要进行改造。

2 既有线提速设计原则及思路

在进行提速改造工程设计工作之前,必须全面系统地研究和制定科学合理的设计改造原则、相关设计参数及主要技术标准,这是进行提速工程设计的前提条件和技术保证。制定标准时应符合安全适用、技术先进、标准适当、经济合理的要求,综合考虑站前、站后各专业的要求。

既有线提速改造的主要原则为^[1-2]:在保证运输安全、满足运输需要的前提下,尽量利用既有条件,防止大拆大改;对于危及行车安全的病害地段及受平面、纵断面限制而不能满足运输要求的地段,必须改

收稿日期:2011-10-09

作者简介:蔡君君 男 1985年出生 助理工程师

建;困难条件下,为减少改建工程,可采用《铁路线路设计规范》中有关改建既有线的技术标准,不必强求与新建铁路标准一致,但改线地段一般采用新建铁路标准。困难条件下,如按规范中标准进行改建来改大半径曲线引起巨大工程时,可经技术经济比选合理的改建方案,以节约工程投资。

2.1 合理确定提速区段及速度目标值

根据经济和社会发展的需要,必须根据线路具体的技术条件和客流量大小合理确定全线的提速区段以及速度目标值。速度目标值应根据线路在路网中的地位、既有线的条件、沿线地形地质条件、改建工程量、与其他运输方式的竞争力以及投资效益等因素进行综合考虑^[3]。

根据本区段运量水平及在路网中的地位和作用,加格达奇至漠河段按国铁 II 级进行扩能改造设计,加格达奇至塔河区段单线扩能改造后可以满足运量需求,提速至 120 km/h,其他局部由于隧道改建困难等原因保持现状 90 km/h。

2.2 线路平面与纵断面的改造设计

影响既有提速的线路因素^[4-6]主要有平面条件(曲线半径、缓和曲线长度、夹直线及圆曲线长度和复线间线间距)、纵断面条件(限制坡度、坡段长度及竖曲线等)、车站的设置及轨道、路基和桥梁等线路设备。其中,受工程投资、既有线路状况等影响,一般提速改造中少动线路纵断面,因此,既有提速,主要从平面线形条件及线路设备等方面入手,在进行平面线形改造时,主要探讨曲线改造。

根据本区段速度目标值的推荐研究意见,参照线路规范本路段旅客列车速度对应的最小曲线半径为 800 m,个别地段由于涉及隧道改建困难保留既有的 600 m 半径曲线。因此,本段需要改造的小半径曲线个数为 87 个,约 49.9 km,占本段线路长度的 19.2%,改造工程量较大。

2.3 综合考虑施工过渡的影响^[7]

在既有线的改造过程中,由于中断行车、列车慢行以及施工运料的运输等,影响了线路的通过能力和行车速度,造成了施工改造对运营的干扰。因此,在设计中应当充分考虑施工与运营的干扰问题并采取必要的措施。首先应当考虑施工的难易程度,尽量减少改建线与既有线的交叉,增建第二线时宜尽量减少与既有线的换侧。改建线与既有平面连接时,连接处的设计高程应尽量稍稍大于既有线的高程,以便能尽快接通正线,减少有干扰的作业时间。此外,施工时应尽量做好施工组织设计,一般情况下,尽量先施工新建线,再改建既有线,既有线的改建工作安排在新建线接通后进行。

3 线路平面改造技术措施

在既有提速工程线路改造中,曲线改造是一个很重要的组成部分。因为曲线限制了行车速度,只有增大曲线半径,才能提高列车速度。而在提速曲线改造中,涉及较多的是小半径曲线和反向曲线,并且反向曲线两端的切线还常常不平行,这也是曲线改造的一个难点。

既有提速技术改造采用什么样的设计方案和技术措施,直接影响改造规模、工程投资、施工过渡难易、对既有行车干扰的大小以及提速技术经济效果,根据以往提速工程实践经验和理论分析^[7-10],既有提速改造技术措施主要有以下几种,并在本区段提速改造研究中得到了很好的利用。

3.1 单个曲线改造

对于既有线的改造,小半径曲线改造情况是最常见的,也是山区铁路改造最多的项目。既有曲线半径和缓和曲线不再适应提速改造后所在区(路)段速度目标值,在保证两线线间距满足要求的条件下,一般情况下只是一个曲线的改动,曲线改造通常采取增大曲线半径或增加缓和曲线长度(如图 1 所示,实线为既有线,虚线为改建线,下同)。

加格达奇至塔河段改造单个小半径曲线约有 11 处,例如 K193 + 200 ~ K196 + 100 段、K329 + 400 ~ K330 + 300 段、K339 + 500 ~ K340 + 100 段、K425 + 100 ~ K428 + 000 段等,主要采用图 1 中的方法来改善平面条件。

设计时,虽然采用较长的缓和曲线可以减小超高顺坡率,能够增加旅客舒适度,但在既有曲线优化设计时,必须同时考虑缓和曲线和圆曲线的长度,缓和曲线不能太长,否则将减小圆曲线的长度,使客车

同时跨越圆弧两端的缓和曲线,影响行车平稳。

在曲线半径改造的过程中,往往还会遇到桥隧、涵洞等既有建筑物,为了不引起大的拆迁以节约投资,设计中应当考虑充分利用既有建筑物。此时可采用如图2所示改造方式,增大曲线半径的同时,保持曲线部分不动,而是使两端切线侧移。

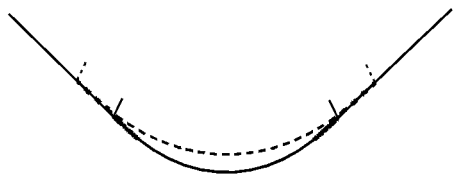


图1 增大曲线半径改造单个小半径曲线

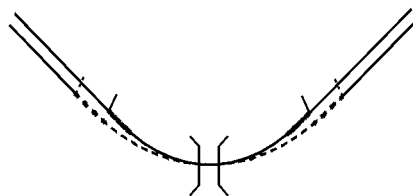


图2 固定曲线部分改造单个小半径曲线

此外,对于单个曲线,当条件允许时,还可采取将小半径曲线改为一对反向曲线(如图3)或一对同向曲线的方式来进行改造。在本段工程的改造设计时,K281+800~K282+700段就采用了该方法来进行,但是要注意留有足够的夹直线长度。

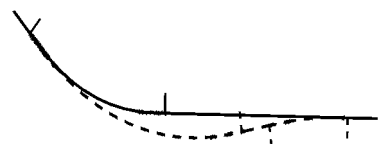


图3 设置反向曲线改造单个小半径曲线

3.2 同向曲线改造

对于同向曲线,在既有线提速改造时,往往将相邻的两个小半径曲线采用一个大半径曲线进行连接(图4),例如K396+300~K397+600段和K407+200~K408+200段;或者是通过平移切线来增加曲线半径和夹直线的长度(图5)。根据地形条件合理选择宜向内侧或者向外侧进行改建。上述方法虽然改建工程量要稍大,但能较好地改善平面条件。

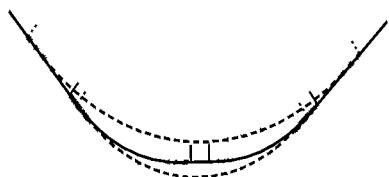


图4 同向曲线改造为单个大半径曲线

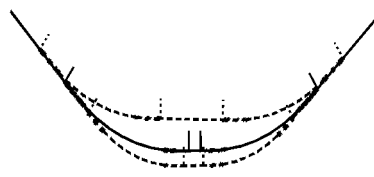


图5 增大曲线半径改造同向曲线

当既有铁路存在复曲线时,如果不是在困难条件或者没有充分技术经济依据的前提下,一般要将复曲线进行改建。复曲线的存在增加了勘测设计、施工和养护维修的困难,降低了列车平稳性和舒适度,因此,改建时尽量将复曲线改为单曲线,当改建引起巨大工程量时为了改善运营条件可采取增加中间缓和曲线等方法,在本段既有线改造工程中没有复曲线。

3.3 反向曲线改造

在既有线提速小半径曲线改造中,涉及较多的还有S曲线即反向曲线,并且反向曲线两端的切线还往往不平行,这也是曲线改造中的一个难点。优化反向曲线时,一般要使曲线半径增大、夹直线长度增长并减小曲线偏角,优化后设计曲线的圆曲线长度、夹直线长度需满足规范要求。

设计反向曲线的半径,应结合具体条件尽可能进行改造。对于反向曲线两端无车站、桥梁等限制条件的,一般采取以公切线中点(或附近)为中心扭转公切线,选配合适的曲线半径,改造工程量及线路拨移量最省为宜(图6)。此方法的缺点是对线路的运营和施工产生了干扰;对于反向曲线一端有桥梁或车站限制时,为保证桥梁或车站不改动,或者使改建工程对既有线运营尽可能不产生干扰,可以以其邻近端为固定端,平移交点并扭转公切线,选配适当的曲线半径、缓和曲线、夹直线以及距桥梁、车站咽喉区距离等(图7),例如加格达奇至塔河段改造设计时K200+100~K201+400段、K229+200~K231+100段、K244+000~K246+500段等多处采用了该方法进行改造。

3.4 多个曲线改造

在山区铁路中,由于以前投资和技术条件的限制,为了更好地适应地形条件,采用多组小半径曲线连接,这给运营、维修以及后期提速改造带来了很大的麻烦。在改建过程中,可以将曲线取直(图8)或者将

几个小半径曲线合并为大半径曲线,减少曲线个数(图9),虽然这使得改造的工程量加大,但是改建效果明显。例如本段工程中 K218 + 100 ~ K220 + 500 段、K234 + 300 ~ K237 + 400 段和 K298 + 700 ~ K300 + 000 段等处都采用了上述方法进行改造,在原有的基础上使平面条件得到了很好的改善,从而适应本段提速的速度目标值,取得了良好的效果。

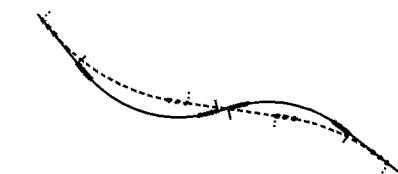


图6 扭转公切线法改造反向曲线

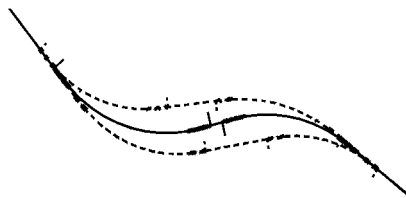


图7 平移交点法改造反向曲线



图8 取直法改造多个小半径曲线



图9 减少曲线个数改造多个小半径曲线

对于曲线密布、毗连地段,往往曲线半径、缓和曲线长、夹直线、圆曲线等平面技术参数相互关联、相互制约和影响,若多个小半径曲线路段改造困难时,一般还可以采取绕行的方式,避开不良地质区,并合理选配曲线线型,以使改造工程量最佳。

4 结语及体会

上述平面改造方法在哈漠改造工程加格达奇至塔河段方案研究中得到了充分灵活的运用,设计改造后线路平面能很好地满足时速 120 km 的要求,运量也能达到远期需求。小半径曲线改造采用多大曲线半径值和缓和曲线长度,应在满足提速速度目标值条件和安全的前提下,设计方案充分体现对既有线运营影响小、工程量小、施工方便、工期短等设计原则。

既有线提速改造是一个复杂的系统工程,就线路平面而言,在实际运用过程中,常常遇到的情况很复杂,不能单一地使用某一种方法进行改造,而是要结合纵断面改造进行综合运用,因此要结合既有线的现状,确定合理的标准参数,既要使其满足铁路运输安全、便捷、舒适,而且要结合施工过渡,不致使工程量过大,文中各种措施也为今后的提速改造工程提供了可借鉴之处。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国铁道部. GB 50090—2006 铁路线路设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2006.
- [2] 魏德勇. 浅论既有山区铁路提速[J]. 铁道工程学报, 1998(3): 12-17.
- [3] 林世金. 对既有线提速改造的思考[J]. 铁道工程学报, 2007(6): 15-18.
- [4] 肖庆彬. 山区小半径曲线既有线提速无砟轨道应用研究[D]. 成都: 西南交通大学土木工程学院, 2010.
- [5] 孙玉娟. 制约既有线提速的线路平面因素分析[J]. 铁道技术监督, 2001(12): 3-5.
- [6] 薛志明. 从线路角度看铁路既有线提速[J]. 铁道标准设计, 2002(6): 12-14.
- [7] 胡雁鹏. 结合增建复线谈既有线的改造[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(12): 221-222.
- [8] 李本. 铁路既有线提速线路技改设计原则和主要技术标准的研究[D]. 成都: 西南交通大学土木工程学院, 2003.
- [9] 何功臣. 陇海线提速工程 S 曲线改造设计方法探讨[J]. 铁道建筑, 2005(4): 77-78.
- [10] 李际胜. 铁路提速改造线路平面设计标准的应用体会[J]. 铁道建筑, 2002(9): 33-36.

Study on Plane Transformation of Small Radius Curve for Existing Railway Speed-raising

Cai Junjun

(The Third Railway Survey and Design Institute Group Corporation, Tianjin 300142, China)

Abstract: To meet the increased railway transportation capacity and the needs of rapid modern economic development, in addition to building some new railways, the transformation of the existing railways speed-raising is also necessary. The plane transformation of medium and small radius curves has become one of the bottlenecks in the speed-raising of existing lines. Taking the research program of Jiagedaqi to Tahe section in "Harbin to Mohe Railway Reconstruction Project" as an example, this article discusses the design principles and ideas for transformation of existing railway line. In combination with the engineering design process of this transformation project, according to the status quo of the existing railway and the characteristics of the plane, the discussion is focused on the reconstruction methods of small radius curve in plane transform. When the transformation is completed, the results show that the railway plane conditions can satisfy the speed-increase requirements of the Jiagedaqi to Tahe railway section, and achieves good results, which may provide reference for the speed-raising transformation of the existing railway in the future.

Key words: existing line speed-raising transformation; design principles; small-radius curve; plane transform measures

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 81 页)

参 考 文 献

- [1] 姚祖康. 道路路基和路面工程[M]. 上海: 同济大学出版社, 1994.
- [2] 王硕, 刘占辉. 非饱和重塑黄土抗剪强度影响因素的试验研究[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2010(3): 86-88.
- [3] 叶先磊, 史亚杰. ANSYS 工程分析软件应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 王勖成. 有限单元法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] Duan Shaowei, Shen Pusheng. Crack analysis of concrete road with excavation of deep foundation pit[J]. Gongcheng Lixue/Engineering Mechanics, 2004, 21(3): 40-43.

Mechanical Response and Design Method for Rehabilitation of Excavated Pavement

Zan Shihui

(The Third Engineering Company of the 12th China Railway Bureau Group, Taiyuan 030024, China)

Abstract: The existing pavement structure is damaged by the digging directly, so the force model is varied under the traffic load, but the existing calculation model is defective for the structure deformation and stress calculation under the new mode. Therefore, recognizing the pavement characteristic after the excavation and establishing the calculation model for the structure and stress calculation under the new mode is the basis for theory analysis of pavement rehabilitation. The design method and parameters of excavated pavement rehabilitation is presented based on the 3D finite element analysis.

Key words: excavated pavement rehabilitation; numerical analysis; mechanical analysis; design method

(责任编辑 刘宪福)