

文章编号: 1005—0523(2004)02—0001—05

既有线提速工程中曲线改造的研究

范钦爱

(南昌铁路局 南昌 330002)

摘要:我国铁路自 1996 年至 2004 年进行了五次提速. 本文结合五次提速工程中曲线的改造实践, 就曲线改造方案的合理确定进行了探讨.

关 键 词:既有线; 提速; 曲线改造
中图分类号: O326 **文献标识码:** A

0 引 言

我国铁路自 1996 年提速以来, 运输能力得到显著提高. 2004 年中国铁路又将进行第五次大面积提速. 较前四次提速不同, 前四次提速是在既有平面作较小改动, 通过大量更换提速道岔实现提速, 因此前四次提速虽然提速区段的长度有 13 000 多公里, 但真正列车运行速度在 140 km/h 以上的区段长度不足 1 000 km, 而第五次提速, 虽然更换提速道岔数量不多, 但大量的工程是改造曲线, 因此, 第五次提速不但使提速区段长度的长度增加到 16 000 多公里, 而且时速 160 公里及以上提速线路资源增加到 6 400 多公里. 本文结合五次提速工程中曲线的改造实践, 就曲线改造方案的合理确定进行了探讨.

2 改造曲线的确定

线路容许速度为

$$v_{\max} \leq \sqrt{\frac{(h_{\max} + hc)R}{11.8}} \quad (1)$$

式中: $v_{\max}$ —线路容许速度(km/h)
 $h_{\max}$ —最大允许超高, 双线为 150 mm

h_c —未被平衡欠超高, 一般采用 90 mm, 困难条件下采用 110 mm

R —曲线半径(m)
未被平衡欠超高计算公式为^[7]

$$h + hc = 11.8 \frac{v^2}{R} \quad (2)$$

式中: h —曲线应设超高(mm); v —线路容许速度(mm).

顺坡率

$$i = h/l \quad (3)$$

式中: i —顺坡率, 一般不大于 $1/10 v_{\max}$, 困难条件下不大于 $1/8 v_{\max}$

h —曲线超高(m)
 l —缓和曲线长度

需改造曲线的传统确定程序是: 首先根据区段曲线情况, 按式(1)计算曲线容许速度, 然后根据大部分曲线的容许最高速度确定区段允许速度. 对既有曲线按式(1)和式(2)验证是否符合区段容许速度, 如果不符合则确定为需改造曲线. 对需改造曲线再进行方案设计和投资估算, 投资过大的曲线必须采取限速措施. 实践证明: 这样的程序不但容易造成投资浪费, 而且个别关键曲线得不到改造, 影响提速资源的利用. 例如: 京九线新县(K1026+784)至酒店(K1036+473)段, 区段容许速度 130 km/h, 在

收稿日期: 2004—02—18

作者简介: 范钦爱(1963—), 男, 江苏镇江人, 高级工程师.

K1031+457 至 K1034+367 不到 3 公里长度范围内, 有 2 处 $R=1\,000\text{ m}$, 1 处 $R=800\text{ m}$ 和 1 处 $R=700\text{ m}$ 的曲线, 具体里程和曲线要素见表 1. $R=800\text{ m}$ 和 $R=700\text{ m}$ 两处曲线由于前后线路夹直线长度和

偏角大等因素影响, 改造投资大, 实际实施过程采用保留两处 $R=800\text{ m}$ 和 $R=700\text{ m}$ 的曲线, 改造两处 $R=1\,000\text{ m}$ 的曲线, 共发生投资 43.9 万元.

在用式(1)和式(2)验证时, 不同时采用困难条件.

表 1 里程和曲线要素

起点里程	终点里程	既有线情况			曲线改拨后情况				限速
		半径 m	缓长 m	曲线全长 m	半径 M	缓长 m	曲线全长 m	拨道长度 m	
1 031.457	1 031.762	1 000	100	305.17	1 100	140	365.7	365.69	130
1 031.870	1 032.205	800	90	335			不改造		115
1 033.093	1 033.708	700	125	615			不改造		115
1 033.818	1 034.367	1 000	100	549.23	1 000	130	579.2	579.23	130

以下对该两曲线改造的必要性进行分析:

1) 按式(1)计算, $h_{\max}$ 采用 150 mm, h_c 采用 90 mm, 得到 $v_{\max}=142.6\text{ km/h}$, 满足区段容许速度 130 km/h 的需要;

2) 按式(2)计算: v 采用 130 km/h, h_c 采用 110 mm, 得应设超高为 89.42 mm, 取整 90 mm, 按式(3)计算曲线超高顺坡率 i 为 0.9‰, 大于 0.769‰的 $1/10 v_{\max}$ 要求; 如 h_c 采用 90 mm, 得应设超高为 109.42 mm, 取整 110 mm, 按式(3)计算曲线超高顺坡率 i 为 1.1‰, 大于 0.961‰的 $1/8 v_{\max}$ 要求; 理论上该 2 处曲线必须改造.

3) 再作进一步分析, 机务部门根据牵引机车类型, 牵引车辆情况和线路条件进行了列车牵引计算, 由于在下行 K1031.87—1032.205 和 K1033.093—1033.708 两处 $R=800\text{ m}$ 和 $R=700\text{ m}$ 曲线上, 列车均限速 115 km/h, 因此在 K1031.457—1031.762 曲线和 K1033.818—1034.367 曲线上, 牵引计算出的列车通过速度均不大于 115 km/h; 同样, 由于在上行 K1031.87—1032.205 和 K1033.093—1033.708 两处 $R=800\text{ m}$ 和 $R=700\text{ m}$ 曲线上, 列车均限速 115 km/h, 在上行 K1034.367—1033.818 曲线和 K1031.762—1031.457 曲线上, 牵引计算出的列车通过速度分别为不大于 110 km/h 和 120 km/h, 取牵引计算最高值 120 km/h, 实际超高按 90 mm 设置, 用式(2)计算, 未被平衡欠超高为 79.92 mm, 小于一般采用 90 mm 的标准, 曲线超高顺坡率 i 为 0.9‰又小于 0.961‰的 $1/8 v_{\max}$ 要求, 因此实际未被平衡欠超高和顺坡率没有同时采用困难条件.

分析的结论是: 在 $R=800\text{ m}$ 和 $R=700\text{ m}$ 两个曲线确定为不需要改造时, 前后 2 处 $R=1\,000\text{ m}$ 的曲线, 根据既有曲线的技术要素, 不需要进行增大半径和延长缓和曲线长度的改造, 只需进行超高调

整就可满足列车运行需要.

根据以上分析, 既有线提速方案研究时, 需改造曲线确定的程序应为:

1) 按式(1)计算曲线容许速度, $h_{\max}$ 采用允许最大超高, 双线 150 mm, h_c 采用困难条件 110 mm, 即 $v_{\max} \leq 4.69 \sqrt{R}$.

2) 将曲线及其他限速因素(桥隧路基等)全部合成绘制线路容许速度图, 对个别影响区段容许速度的曲线(即速度图中的谷底曲线)进行改造可行性分析, 并根据可行性分析结果调整线路容许速度图, 最后根据列车加速走行距离一般应大于 5.0 公里^[1]的要求, 将小于 5 公里区段长范围内各曲线的不同容许速度合并为一个速度, 以确定区段允许速度, 绘制线路区段容许速度图.

3) 机务部门根据工务提供的线路区段容许速度图进行列车牵引计算.

4) 根据列车牵引计算图上列车通过曲线的实际速度, 按式(3)计算出应设超高 h , 用式(2)进行验证, 对不符合区段容许速度的曲线确定为需改造曲线.

5) 对需改造曲线进行改造可行性分析, 对无法改造的曲线进行限速, 重新进行牵引计算, 再按牵引计算图中曲线的通过速度进行验证, 最终确定需改造曲线.

3 曲线技术改造方案的比选

确定了需改造曲线后, 同时也明确了改造曲线的目标速度值. 下面的问题是如何使既有曲线改造成满足速度目标的曲线. 由式(1)可知, 影响曲线通过速度的主要因素是曲线半径. 但是通过式(2)分析发现, 即使曲线半径满足了速度要求, 如果缓和曲线长度不足, 曲线的超高无法在缓和曲线长度范

围内按规定的顺坡递减,也会影响曲线通过速度.因此,既有线提速曲线改造,除需对半径不满足速度要求的曲线进行改造之外,还需对缓和曲线长度不足的曲线,进行技术改造.

曲线半径不满足速度要求,增大曲线半径适应速度需要的改造方案在既有线提速工程中大量得到采用,本文不再叙述.曲线半径满足速度需要,但缓和曲线长度不满足超高顺坡要求时,除可简单采用延长缓和曲线长度的方法改造外,还可采用增大曲线半径,降低曲线超高,不延长缓和曲线长度的方法进行改造.以下重点对该类曲线的改造方案进行分析.

既有线改造除个别工作量极大需绕行外,大部分曲线的技术改造是通过线路拨移来改变曲线要素,满足速度需要.合理的改造方案,除了需满足速度要求以外,还应体现在改造后运营成本的降低,改造工程投资的节省和改造施工方便等方面.一般情况下,当线路拨移后,轨枕新位置的垂直投影面如在原道床范围内(一般不大于 600 mm,如原路肩较宽,可不大于 800 mm),可以认为轨道在原路基上,拨移工作对既有线的影 响最小,工程费用也较小.如拨移量超过 800 mm,那么路基工程量和施工对既有线的影 响与拨移量的关系不大,主要看征地等控制工程的造价.如何以较小的工程投资,较少对既有线的影 响,较大改善线路运行条件,是既有线提速改造技术方案比选的关键技术.因此,拨移量和拨移长度是改造工程一个主要指标.

表 2 京九线新祺周~南昌北段里程和曲线要素

	起点里程	终点里程	行别	既有情况			速度	hc=110		hc=90—	
				半径	转角	缓长		计算超高	计算缓长	计算超高	计算缓长
				m	度	m		mm	m	mm	m
1	1 415.610	1 416.003	上	970	19.0 446	70	130	95	130	115	120
2	1 425.111	1 425.358	上	1 100	10.17	50	130	70	90	90	100
3	1 422.814	1 423.088	下	1 005	12.1154	60	130	90	120	110	120

注:hc=110 mm 时,计算缓和曲线长度按 1/10 v_{max}顺坡;hc=90 mm 时,计算缓和曲线长度按 1/8 v_{max}顺坡.

上述三条曲线均为半径满足 130 km/h 速度运行需要,而缓和曲线长度不符合曲线超高顺坡要求.另外,根据表 2 分析可知,在允许速度 130 km/h 条件下,当超高设置值大于 90 mm 时,欠超高采用 90 mm,缓和曲线超高递减按 1/8 v_{max}验算所计算采用的缓和曲线长度可较短;而当超高设置值小于 90 mm 时,欠超高采用 110 mm,缓和曲线超高递减按 1/10 v_{max}验算所计算采用的缓和曲线长度可较短.

比选流程图如下:编制 CB 计算机程序进行

当曲线转角不变,半径和缓和曲线长度发生变化时,曲线的最大拨移量发生在圆曲线中点,如图 1 所示.

其理论拨移量为:

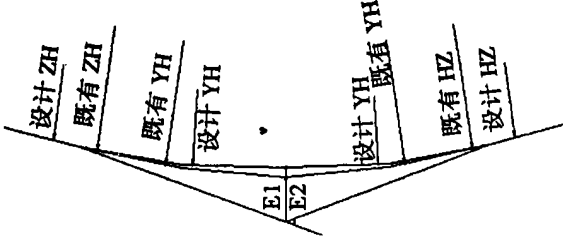


图 1 曲线改造拨移情况

$$\angle E=E2-E1$$
 (4)

$$\text{外矢距 } E=(R+p)\sec \frac{\alpha}{2}-R$$
 (5)

R—曲线半径

α—曲线转角

$$P=\frac{l^2}{24R}$$

l—缓和曲线长度

E2、E1 分别为设计曲线和原曲线的外矢距
拨移长度等于曲线长度,其计算公式为:

$$L=\frac{\pi R\alpha}{180}+l$$
 (6)

以京九线新祺周~南昌北之间的几个曲线改造为例,进行方案比选.曲线要素见表 2.

计算.

以表 2 曲线为例,计算结果如表 3.

通过分析可知,对序号 1 曲线,显然方案 1 工作量最小,应优先选用.

对序号 2 曲线,方案 1 虽然拨移量最小,但如果拨移没有其他建筑物限制,采用方案 2 工程费用基本不增加,而线路由于半径增大,超高降低,货物列车通过时的过超高降低,今后的运营条件将有一定的改善,运营成本可以降低,因此,有条件时,应选

用方案 2.

对序号 3 曲线, 方案 1 拨移量最小, 方案 2 拨移

量较方案 1 虽然增加不大, 但拨移量大于 600 mm, 要根据建筑物限制和路基工作量的费用进行比选.

表 3 拨移量和拨移长度计算结果

曲线 序号	方案序号	设置半径 m	设置缓长 m	设置超高 mm	拨移量 mm	改动曲线长 m
序号 1 曲线	原曲线	970	70			
	方案 1	970	120	115	414	442.4
	方案 2	1 100	90	70	1 914	455
	方案 3	1 200	70	55	3 172	469
序号 2 曲线	原曲线	1 100	50			
	方案 1	1 100	90	70	213	285.2
	方案 2	1 200	80	60	523	293
	方案 3	1 400	50	35	1 165	298
序号 3 曲线	原曲线	1 005	60			
	方案 1	1 005	120	90	450	332
	方案 2	1 100	90	70	690	343
	方案 3	1 300	60	45	1 617	334

方案比选计算机程序流程图

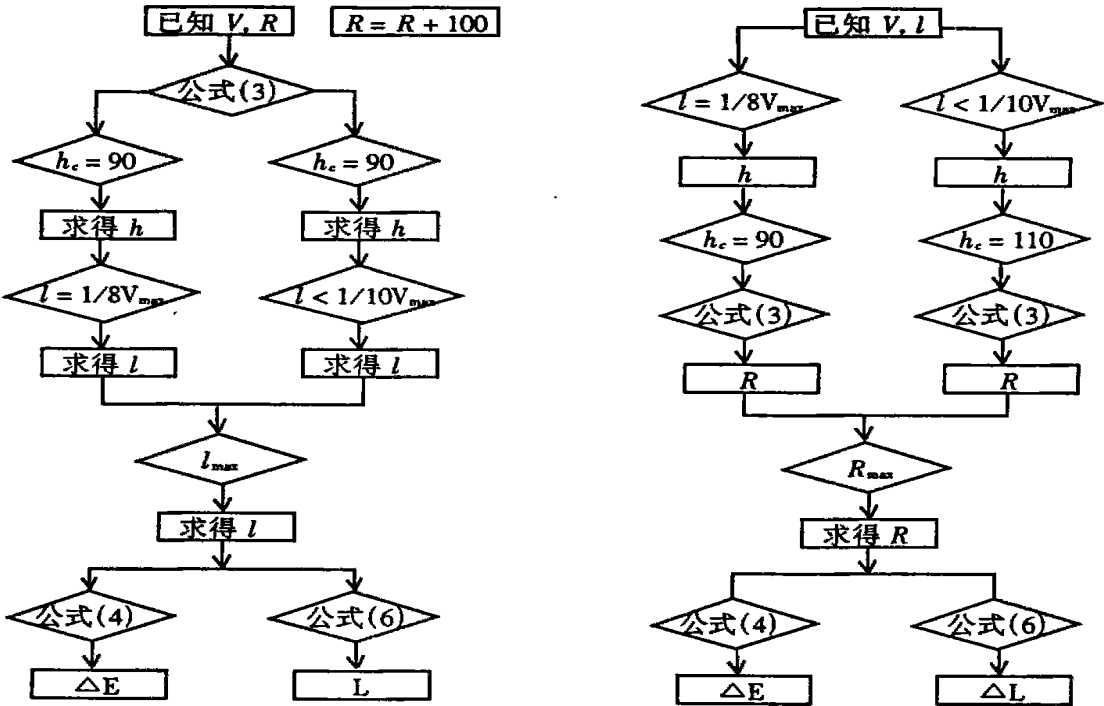


图 2 方案比选计算程序流程图

从上述分析可知, 当曲线转角小于 10 度时, 增大曲线半径与延长缓和曲线长度引起的工程量基本相当, 但是, 增大曲线半径可以降低曲线超高设置, 减小钢轨磨损, 降低日常运营成本, 应优先采用.

4 从既有线提速成功看新线设计存在的理念问题

中国知网 2003 年南昌局京九线提速工程中, 共对 98 个

曲线进行了拨移改造, 其中 36 个曲线进行了增大半径的改造, 62 个曲线进行了缓和曲线延长改造, 共投资 5 763.58 万元. 南昌局管内京九线大部分是 1996 年新建的, 从第五次提速改造的结果证明, 新线建设时是可以一次达到目前的改造标准的; 而且从这次改造的工程量分析, 线路拨移在 2 m 以内的有 42 处 84 个曲线, 路基加宽不到 38.7 延长公里, 线路拨移在 2~5.5 m 范围内的, 有 5 处 10 个曲线, 延长不足 5.4 延长公里, 仅有 3 处 6 个曲线拨移量在 15~25 m 范围, 延长 6.7 km, 没有一处需新建桥

梁,因此如当时新建时按这次改造的标准修建,其路基、轨道、通讯信号等均不会增加投资,而且,曲线半径增大,还能使线路长度缩短,节省费用.既有线提速成功的实践对今后新线设计提出了以下新的理念:

- 1) 线路设计除了必须满足需要的能力以外,还应引入旅客列车运行速度这一需求.
- 2) 线路设计中的平纵断面应以长远期作为设计年度,标准宜高不宜低,上部轨道结构可根据需要的能力合理选配.
- 3) 小半径曲线的采用,应限制为只能个别采用,并且必须集中在一个或几个相连的区间内,
- 4) 在审查设计方案时,应进行机车牵引计算,

根据机车牵引计算图进行线路平纵断面的方案比选.

参考文献:

- [1] 胡叙洪.既有铁路提速改造线路方案研究[J].中国铁道科学.2003,(2)23—26.
- [2] 铁道部科学研究院.三大干线客货列车提速试验总结及提速装备技术条件研究论证报告[C].1996.
- [3] 既有线提速技术条件(试行)[S].铁道部,2002.
- [4] 铁路线路设计规范(CB50090—99)[S].1999.
- [5] 宁明哲,唐进锋,潘自立.既有线提速时缓和曲线长度的最优化算法[J].山西建筑,2003,(4)65—68.
- [6] 铁路线路维修规则[S].铁道部,2001.

Determination of Reasonable Curve Transforming Scheme in Speed-raising Projects of Existing Railway Line

FAN Qin-ai

(Nanchang Railway Bureau, Nanchang 330013, China)

Abstract:From 1996 to 2004, five speed-raising projects have been implemented in the railway department. Based on the curve transforming practice in the five speed-raising projects, this paper investigates the reasonable way of how to determine the curve transforming scheme.

Key Words:the existing railway line; speed-raising; curve transforming