

文章编号: 1674—8247(2023)04—0074—05

DOI: 10. 12098/j. issn. 1674 - 8247. 2023. 04. 014

400 km/h 高速铁路车站两端最小曲线半径 与超高匹配关系研究

寇峻瑜 余浩伟 谢毅 林晓龙

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:结合我国现行高速铁路规范,依据旅客舒适度控制指标研究 400 km/h 高速铁路车站两端平面曲线半径与超高的匹配关系。研究表明:按单一高速列车或高低速列车共线要求确定最小曲线半径时,推荐、良好和一般舒适度条件对应的临界速度分别为 290 km/h、254 km/h 和 227 km/h,低于临界速度应选择高低速列车共线运行模式,此时过超高允许值、欠超高之和允许值是影响最小曲线半径取值的关键因素,其中过超高允许值占主导。根据 CR400“复兴号”动车组的 V-S 曲线,为满足曲线半径不大于 12 000 m 的要求,车站两端最小曲线半径宜按良好和一般舒适度标准进行衡量,以保证设计超高同时满足高速列车欠超高和低速列车过超高要求。

关键词:400 km/h 高速铁路;最小曲线半径;高低速列车;设计超高;过超高;欠超高

中图分类号:U211

文献标志码:A

74

A Study on Matching Relation between the Minimum Radius of Curve and Superelevation at Both Ends of a 400 km/h High-speed Railway Station

KOU Junyu YU Haowei XIE Yi LIN Xiaolong

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

Abstract: This paper studies the matching relation between the radius of horizontal curve and superelevation at both ends of a 400 km/h high-speed railway station according to the control index of passenger comfort on the basis of the current high-speed railway specifications in China. The results show that when determining the minimum radius of curve according to the requirements of a single high-speed train or high and low-speed trains on the same line, the critical speeds corresponding to recommended, good and general comfort conditions are 290 km/h, 254 km/h, and 227 km/h respectively, and the operation mode of high and low-speed trains on the same line shall be selected when the speed is lower than the critical speed. At this time, the allowable value of surplus superelevation, the allowable value of the sum of deficient and surplus superelevations are the key factors affecting the minimum radius of the curve, among which the allowable value of surplus superelevation is dominant. According to the V-S curve of CR400 “Fuxing” electric multiple-unit, in order to meet the requirement that the curve radius shall not be more than 12 000 m, the minimum curve radius at both ends of the station should be measured according to the standard of good and general comfort, so as to ensure that the designed superelevation

收稿日期:2020-09-22

作者简介:寇峻瑜(1992-),男,工程师。

基金项目:中国国家铁路集团有限公司科技开发计划项目(P2021J003),中铁二院工程集团有限责任公司科技开发计划项目(KSNQ202051)

引文格式:寇峻瑜,余浩伟,谢毅,等. 400 km/h 高速铁路车站两端最小曲线半径与超高匹配关系研究[J]. 高速铁路技术,2023,14(4):74-78.

KOU Junyu, YU Haowei, XIE Yi, et al. A Study on Matching Relation between the Minimum Radius of Curve and Superelevation at Both Ends of a 400 km/h High-speed Railway Station [J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(4):74-78.

can meet the requirements of deficient superelevation for a high-speed train and surplus superelevation for a low-speed train.

Key words: 400 km/h high-speed railway; minimum curve radius; high and low-speed trains; design superelevation; surplus superelevation; deficient superelevation

飞速发展的高速铁路,已成为中国一张最闪亮的“名片”,截至2020年底,我国高速铁路营业总里程已超过3.79万km,约占全球高速铁路总里程的70%,稳居世界第一。目前,我国350 km/h的高速铁路线网已成规模,相关技术已趋成熟^[1]。2019年9月中共中央、国务院发布的《交通强国建设纲要》明确提出合理统筹安排400 km/h高速轮轨(含可变轨距)客运列车系统的技术储备研发,更高等级速度的轨道交通已上升到国家层面,将成为未来客运交通发展的主要方向^[2]。

铁路车站作为高速铁路枢纽系统的核心,是铁路运输的基本单元,是办理客货运业务和技术作业的重要基地^[3]。高速铁路车站一般设在直线上,困难条件下应设在不小于其设计速度容许的最小曲线半径上^[4-5]。按技术作业性质来分,高速铁路车站可分为始发站和中间站,通过中间站的列车包括进站停车的停站列车和过站不停车的越行列车。鉴于停站列车与越行列车速差较大,车站两端通常需设置较大的曲线半径以满足列车运营及旅客舒适度要求,但高速铁路车站多位于城区或城市附近^[6],受到周边大量建筑物的限制,为减少拆迁量和降低工程投资,应选取较小的曲线半径。因此,高速铁路车站两端最小曲线半径的选择是线路选线的研究重点之一,选取合适的半径对列车运营、旅客舒适度及工程投资等具有重要意义。

1 舒适度标准取值

高速铁路超高参数取值主要依据旅客舒适度条件进行确定,同时考虑轨道安装、制造、养护维修等因素,综合确定最小平曲线半径,并满足工程设计经济合理的要求。

1.1 各类超高参数取值

(1)最大设计超高允许值 h

考虑到列车在曲线上停车时的安全、稳定及旅客舒适度要求, h 应在一定范围内取值。根据中国铁道科学研究院集团有限公司1980年的试验研究,当列车停在超高为200 mm及以上的曲线上时,部分旅客站立不稳,行走困难且会产生头晕不适。我国TB 10621-2014《高速铁路设计规范》规定 h 采用175 mm,国外高速铁路最大超高一般为170~200 mm。其中,有砟和无砟轨道最大设计超高值分别为170 mm

和175 mm。实设超高与最大设计超高之差一般为0~30 mm。

(2)欠超高允许值 h_q 、过超高允许值 h_g

目前,国内外尚缺乏实际运营的400 km/h高速铁路线路的超高研究,现有规范中 h_q 和 h_g 的取值是参考350 km/h及以下高速铁路的实验测试结果,是否适用于400 km/h高速铁路尚不可知,现阶段暂参照规范取值,后续应结合400 km/h高速铁路实验测试进行修正。

综合京广铁路、滨州铁路、广深铁路及京津城际铁路的轨道超高测试结果,TB 10621-2014《高速铁路设计规范》中提出 h_q 、 h_g 的值如表1所示。对于低速列车共线的运营铁路,由于车辆走行条件比货物列车相对适宜,且高速列车对于旅客舒适度的控制更严格,过超高与欠超高对舒适度的影响可等同处理。在工程设计中,还应结合行车组织方案及V-S曲线合理选择欠、过超高,对于部分通过、部分停站的车站两端减加速地段,过超高取值可根据停站列车通过速度 V 再适当放宽。当160 km/h < V ≤ 200 km/h时,一般情况下过超高不大于70 mm和90 mm;当 V ≤ 160 km/h,过超高一般不大于90 mm,困难情况下不大于110 mm。

表1 欠、过超高允许值表(mm)

舒适度条件	优秀	良好	一般
欠超高允许值	40	60	90
过超高允许值	40	60	90

(3)欠过超高允许值之和 $[h_q + h_g]$ 、实设超高与欠超高允许值之和 $[h + h_q]$

在高低速列车共线运行条件下计算超高值时,通常可采用列车的均衡速度或均方根速度进行计算,但两者得出的结果会有一定偏差 Δh ,即 $[h_q + h_g] + \Delta h \leq h_q + h_g$,根据我国铁路运营的实践经验, Δh 取值20~50 mm。由此可得 $[h_q + h_g]$ 、 $[h + h_q]$ 如表2所示。当 $V \leq 160$ km/h时,过超高困难条件下不大于110 mm,此时 $[h_q + h_g]$ 可达到200 mm。

表2 欠过超高之和、实设超高与欠超高之和允许值表(mm)

舒适度条件	优秀	良好	一般
欠过超高允许值之和	100	140	180
设计超高与欠超高允许值之和	无砟轨道	210	235
	有砟轨道	200	220

1.2 曲线超高设置原则

由于停站列车和不停站列车需满足不同的旅客舒适度条件,由舒适度确定的曲线超高应按以下原则设置:

(1)一般条件下,始发车站或以停站列车为主的车站两端曲线超高设置,高速和低速列车应分别满足一般条件下的欠超高、过超高值。

(2)困难条件下,优先满足停站列车困难条件下的超高值,再考虑不停站列车困难条件下的超高值。当进出站列车超高设置达到其极限值后,若通过列车欠超高仍超出困难条件下的极限值,应适当降低通过列车速度,以达到满足超高设置的要求^[7]。

2 计算方法

2.1 理论公式

最小曲线半径是高速铁路设计的主要技术标准之一,与铁路运输模式、设计速度目标值、列车运行平稳性、旅客舒适度等紧密相关。高速铁路的运输组织模式包括不同速度等级(高速与低速)列车共线运营和单一速度等级(高速)列车运营^[8]。为保证列车在曲线上运行时的安全、稳定和旅客的舒适度,最小曲线半径既要满足单一高速列车设计速度的要求,又要满足高低速列车共线运营条件下的速差要求。

(1)最高设计速度要求的最小曲线半径

满足单一高速铁路设计速度要求的最小曲线半径为:

$$R_{\min 1}=11.8 \frac{V_{\max }^2}{\left[h+h_q\right]} \quad(1)$$

式中: V_{\max} ——设计最高速度(km/h),取400 km/h。

(2)高低速列车共线要求的最小曲线半径

满足高低速列车共线运行条件的最小曲线半径为:

$$R_{\min 2}=11.8 \frac{V_{\max }^2-V_{\min }^2}{\left[h_q+h_g\right]} \quad(2)$$

式中: V_{\max} ——设计最高速度(km/h),取400 km/h;

V_{\min} ——低速旅客列车设计速度(km/h)。

2.2 最小曲线半径

结合 $\left[h+h_q\right]$ 的取值,根据式(1)可计算得到不同列车运行速度(200~400 km/h)条件下的最小曲线半径,如图1所示。由图1可知,最小曲线半径随速度的增大而增大,并在400 km/h时达到最大。 $\left[h+h_q\right]$ 分别为210 mm、235 mm和265 mm时列车速度400 km/h对应的最小曲线半径分别为8 990 m、8 034 m和7 125 m。

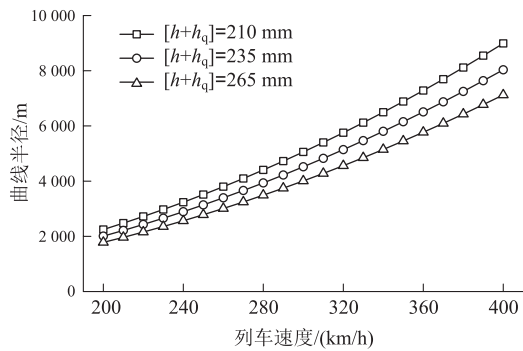


图1 单一高速列车条件下的最小曲线半径图

高低速列车共线条件下的最小曲线半径如图2所示,其中,低速列车速度取180~350 km/h, $\left[h_q+h_g\right]$ 分别取100 mm、140 mm和180 mm。图2中,虚线为单一高速铁路设计速度400 km/h条件与3种 $\left[h_q+h_g\right]$ 工况相应曲线的交点,即为速度临界点,为3种 $\left[h+h_q\right]$ 工况对应的最小曲线半径。速度高于临界速度时,最小曲线半径受单一高速铁路设计速度要求控制,当速度低于临界速度时,最小曲线半径受高低速列车共线要求控制。因此,采用推荐、良好和一般舒适度条件确定最小曲线半径时, $\left[h_q+h_g\right]$ 为100 mm、140 mm和180 m对应的临界速度分别为290 km/h、254 km/h和227 km/h。

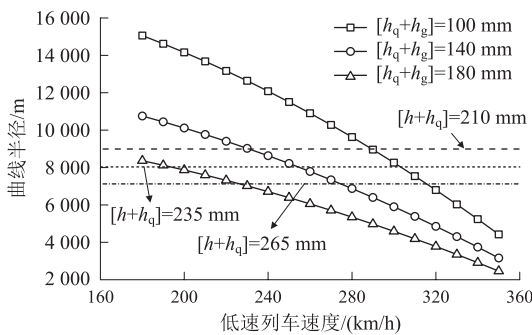


图2 高低速列车共线条件下的最小曲线半径图

3 正线最小曲线半径在车站两端的适应性

以临界速度290 km/h为例,对400 km/h与290 km/h速度列车共线运行时的欠超高、过超高、欠过超高之和、实设超高与欠超高之和进行检算,如表3所示。由表3可知,各曲线半径工况下,欠超高、过超高、欠过超高之和、实设超高与欠超高之和均未超过困难条件下的限值。当低速列车速度小于330 km/h时,若按高低速列车共线模式进行计算,仅400 km/h条件下

存在欠超高,此时设计超高与欠超高之和为 400 km/h 对应的均衡超高。因此,欠超高、设计超高与欠超高之和均未超过限值,表明速度在 290 km/h 及以下时,这两个因素不是主要控制条件。400 km/h 列车与多种低速列车共线运行时,不同曲线半径下的过超高、欠过超高之和如图 3、图 4 所示。

表 3 400 km/h 与 290 km/h 列车共线时设计超高及超高检算表

曲线半径/ m	均衡超高/ mm		设计超高/ mm	400 km/h 欠超高/ mm	设计超高 与欠超高 之和/mm	过超 高/mm	欠过超 高之和/ mm
	400	290					
12 000	157	83	150	7	157	67	75
11 000	172	90	160	12	172	70	81
10 000	189	99	170	19	189	71	90
9 500	199	104	175	24	199	71	94
9 000	210	110	175	35	210	65	100
8 500	222	117	175	47	222	58	105
8 000	236	124	175	61	236	51	112
7 500	252	132	175	77	252	43	119

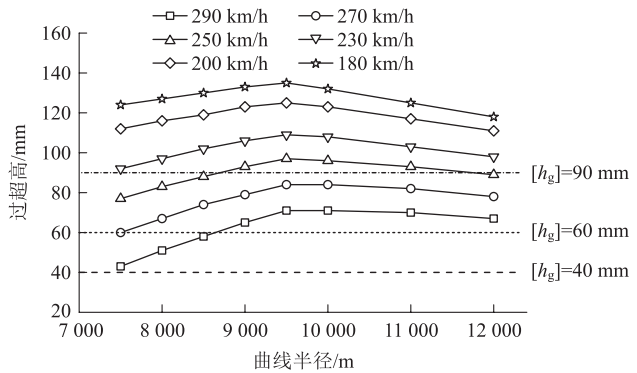


图 3 不同低速、曲线半径条件下的过超高变化曲线图

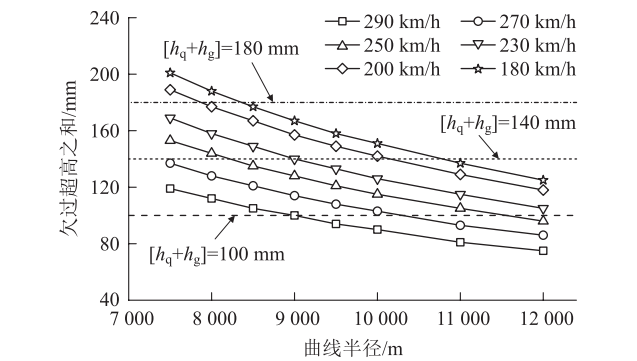


图 4 不同低速、曲线半径条件下的欠过超高之和图

由图 3 中不同低速、曲线半径条件下过超高的变化曲线可知,各工况下,随着曲线半径的增大,过超高先增大后减小,且均在半径 9 500 m 时达到最大,此时设计超高取最大值 175 mm。当低速列车速度高于 260 km/h 时,不同曲线半径下的过超高均未超过困难条件下的

允许值;当低速列车速度低于 233 km/h 时,所有曲线半径下的过超高均已超过困难条件下的允许值;当低速列车速度在 233 ~ 260 km/h 范围时,部分曲线半径下的过超超限。因此,当高速列车速度为 400 km/h,最小曲线半径应结合通过列车速度进行确定,低速列车速度不应低于约 233 km/h。当低速列车速度小于 233 km/h 时,若仍按高低速列车共线模式确定最小曲线半径,低速列车通过时产生的过大过超高将加大内轨磨耗。

由图 4 中不同低速、曲线半径条件下欠过超高之和的变化曲线可知,各速度工况下的欠过超高之和均随曲线半径的增大而递减。当低速列车速度高于 214 km/h 时,不同曲线半径下的欠过超高之和均未超过困难条件下的欠过超高之和允许值。当低速列车速度低于 214 km/h 时,仅少部分曲线条件下的欠过超高之和超限(低速列车速度为 200 km/h 通过曲线半径为 7 500 m 曲线和低速列车速度为 180 km/h 通过曲线半径为 7 500 m、8 000 m 曲线)。

过超高、欠过超高之和允许值,可进一步计算得出正线最小曲线半径适应的低速列车通过速度,高速列车速度按 400 km/h 的计算结果如表 4 所示。由表 4 可知,同一曲线半径下,低速列车通过速度受过超高的限制比欠过超高之和更严格,过超高允许值是决定因素,这与图 3、图 4 中的分析结论一致。当正线最小曲线半径为 7 500 m 时,与 400 km/h 高速列车适应的低速列车通过速度最低为 233 km/h,这与图 2 困难舒适度条件下的临界速度基本吻合。

表 4 正线最小曲线适应的低速列车通过速度表(km/h)

曲线半径/m	过超高限制			欠过超高之和限制			综合取值		
	优秀	良好	一般	优秀	良好	一般	优秀	良好	一般
12 000	335	303	248	242	< 180	< 180	335	303	248
11 000	335	306	256	259	< 180	< 180	335	306	256
10 000	332	306	261	275	204	< 180	332	306	261
9 500	330	305	262	282	218	< 180	330	305	262
9 000	321	297	255	290	231	< 180	321	297	255
8 500	—	288	248	—	244	< 180	—	288	248
8 000	—	—	241	—	—	195	—	—	241
7 500	—	—	233	—	—	214	—	—	233

4 车站两端平面曲线参数

高速铁路车站两端曲线半径应根据运输组织模式合理确定。对于全部列车均停站的车站,列车运行工况相当于单速度等级,两端选取的较小曲线半径应

与实际行车速度相适应,避免采用较高标准造成车站布置困难或工程投资增加。对于以通过列车为主的车站,在保证通过列车不限速的情况下,结合车站两端曲线距车站的距离,分析停站列车与通过列车的速差,合理选用曲线半径,以同时满足高低速列车的舒适度要求。

以 CR400“复兴号”动车组为例,初始制动速度 400 km/h,取京沪高速铁路某站进出站曲线进行仿真计算,得出进出站两端曲线半径的选用原则。根据 V-S 曲线得出距站中心不同距离的停站列车速度,如表 5

所示。停站列车行驶至距站中心一定距离时,进站制动减速时的速度高于出站加速时的速度。因此研究车站两端高低速列车匹配的曲线参数时,考虑最不利情况,低速列车速度应采用出站加速时的速度。根据不同舒适度条件下欠过超高之和的允许值,计算得到停站车与 400 km/h 速差的最小曲线半径,进一步得出良好和一般条件下的半径取值。当低速列车速度小于 160 km/h 时,欠过超高之和允许值按 200 mm 考虑,当低速列车速度大于 160 km/h 时,欠过超高之和允许值按 180 mm 考虑。

表 5 列车进出站距站中心距离与最小曲线半径表

距站中心距离/ km	运行速度/(km/h)		停站车与设计速度 400/km/h 速差要求的曲线半径/m			半径取值/m	
	进站减速	出站加速	$[h_q + h_g] = 140\text{ mm}$	$[h_q + h_g] = 180\text{ mm}$	$[h_q + h_g] = 200\text{ mm}$	良好	一般
1.0	146	109	12 484	9 710	8 739	10 000	9 000
1.25	163	122	12 231	9 513	8 562	10 000	9 000
1.5	178	132	12 017	9 347	8 412	9 500	8 500
2.0	203	149	11 614	9 033	8 130	9 500	8 500
3.0	242	174	10 934	8 504	—	11 000	8 500
4.0	270	196	10 248	7 971	—	11 000	8 000
5.0	296	209	9 804	7 625	—	10 000	8 000
6.0	317	224	9 257	7 200	—	9 500	7 500
7.0	335	238	8 711	6 776	—	9 000	7 500
8.0	351	249	8 260	6 424	—	8 500	7 500

由表 5 可知,高低速列车速差越大,最小曲线半径越大。若半径取值按优秀条件考虑,距站中心较近时的最小曲线半径已超过正线允许的最大曲线半径,必然会影响线路选线,增大车站两端的工程量和投资。当停站列车出站启动运行至距站中心 6.0 km 时,其速度达到 224 km/h,按一般条件计算得出的最小曲线半径小于 7 500 m,此时最小曲线半径应以单一高速列车舒适度条件为控制指标,采用 7 500 m。

高速列车对行车平稳性及旅客舒适度的要求更

高,且停站列车速度较低,则实设超高应优先满足不停站列车的需求,并适当选取高速通过列车对应的超高值,详细计算结果如表 6 所示。表 6 实设超高选定标准为:不停站列车对应的欠超高和停站列车对应的过超高均处于良好或一般舒适度范围,且超高取值均不大于 175 mm。当距站中心 3.0 km 处的列车速度为 174 km/h 时,若最小曲线半径取 8 500 m,设置超高取 133 mm,则低速列车过超高达到 91 mm,大于过超高允许值,则可增大半径至 9 000 m 并重新设置超高。

表 6 曲线实设超高、欠超高和过超高计算表

距站中心距离/ km	速度/(km/h)		半径取值/m		均衡超高/mm		实设超高 /mm	高速车欠超高 /mm	低速车过超高 /mm
	停站车	过站车	良好	一般	停站车	过站车			
1.0	109	400	10 000	9 000	188.8/209.8	14.0/15.6	120/125	68.8/84.8	106.0/109.4
1.25	122	400	10 000	9 000	188.8/209.8	17.6/19.5	120/125	68.8/84.8	102.4/105.5
1.5	132	400	9 500	8 500	198.7/222.1	21.6/24.2	125/134	73.7/88.1	103.4/109.8
2.0	149	400	9 500	8 500	198.7/222.1	27.6/30.8	130/135	68.7/87.1	102.4/104.2
3.0	174	400	11 000	8 500	171.6/222.1	32.5/42.0	115/133	56.6/89.1	82.5/91.0
4.0	196	400	11 000	8 000	171.6/236.0	41.2/56.7	120/146	51.6/90.0	78.8/89.3
5.0	209	400	10 000	8 000	188.8/236.0	51.5/64.4	130/150	58.8/86.0	78.5/85.6
6.0	224	400	9 500	7 500	198.7/251.7	62.3/78.9	140/165	58.7/86.7	77.7/86.1
7.0	238	400	9 000	7 500	209.8/251.7	74.3/89.1	150/175	59.8/76.7	75.7/85.9
8.0	249	400	8 500	7 500	222.1/251.7	86.1/97.5	165/175	57.1/76.7	78.9/77.5

参考文献:

- [1] 工程地质手册(第五版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2020.
Engineering Geology Handbook (5th Edition) [M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2020.
- [2] TB 10038-2022 铁路工程特殊岩土勘察规程[S].
TB 10038-2022 Code for Special Soil and Rock Investigation of Railway Engineering [S].
- [3] 王世军,王剑锋,孙茂黎. 杂填土地基地质问题与处理措施研究[J]. 科技创新导报, 2009, 6(17): 33.
WANG Shijun, WANG Jianfeng, SUN Maoli. Study on Foundation Geological Problems and Treatment Measures of Miscellaneous Fill Site [J]. Science and Technology Innovation Herald, 2009, 6(17): 33.
- [4] 陈宝玉,左辉,王建权. 建筑垃圾土工程特性研究[J]. 水科学与工程技术, 2008(6): 65-67.
CHEN Baoyu, ZUO Hui, WANG Jianquan. Study on Engineering Characteristics of Construction Waste Soil [J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2008(6): 65-67.
- [5] 杨定国,吴瑞潜,王秋苹. 杂填土地基的评价与利用[J]. 绍兴文理学院学报, 2005, 25(2): 68-71.
YANG Dingguo, WU Ruiqian, WANG Qiuping. Evaluation and Utilization of Miscellaneous Soil-filling Foundation [J]. Journal of Shaoxing University (Natural Science), 2005, 25(2): 68-71.
- [6] TB 10001-2016 铁路路基设计规范[S].
TB 10001-2016 Code for Design of Railway Earth Structure [S].
- [7] 张莲香,骆朝选,孙付坤,等. 填土的岩土工程勘察及评价[J]. 地下水, 2006, 28(3): 93-94.
ZHANG Lianxiang, LUO Chaoxuan, SUN Fukun, et al. Geotechnical Engineering Investigation and Evaluation of Fill [J]. Ground Water, 2006, 28(3): 93-94.
- [8] TB 10106-2023 铁路工程地基处理技术规程[S].
TB 10106-2023 Technical Code for Ground Treatment of Railway Engineering [S].
- [9] 庞应刚. 胶济客运专线非饱和土强夯地基现场试验研究[J]. 高速铁路技术, 2011, 2(2): 14-17.
PANG Yinggang. Field Testing Study on the Dynamic Consolidation Unsaturated Soil Foundation of the Qingdao-Jinan Passenger Dedicated Line [J]. High Speed Railway Technology, 2011, 2(2): 14-17.

(上接第78页)

5 结论

结合我国现行高速铁路规范,得出了主要结论如下:

(1)按推荐、良好和一般舒适度条件确定400 km/h高速铁路最小曲线半径时,对应临界速度分别为290 km/h、254 km/h和227 km/h,高于临界速度,采用单一高速列车运行模式,低于临界速度采用高低速列车共线运行模式。

(2)高速列车速度为400 km/h且最小曲线半径按高低速列车共线条件进行确定时,过超高和欠超高之和允许值是决定性因素,且主要受限于过超高允许值。

(3)结合CR 400动车组高速列车V-S曲线,在车站两端设置曲线时,最小曲线半径应按良好和一般舒适度标准进行考虑,设计超高可同时满足高速列车欠超高和低速列车过超高要求。

(4)本文相关研究成果可为400 km/h高速铁路车站两端曲线半径与超高设计提供一定参考。

参考文献:

- [1] 徐银光,李艳. 成渝中线400 km/h轮轨动车组技术指标研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(3): 7-11.
XU Yinguang, LI Yan. Research on Technical Indexes of 400 km/h Wheel-rail EMU for Chengdu-Chongqing Middle Line [J]. High
- Speed Railway Technology, 2020, 11(3): 7-11.
- [2] 谢毅,寇峻瑜,姜梅,等. 中国铁路发展概况与技术展望[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(1): 11-16.
XIE Yi, KOU Junyu, JIANG Mei, et al. Development and Technical Prospect of China Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(1): 11-16.
- [3] 张晓东. 铁道工程[M]. 北京:中国铁道出版社, 2019.
ZHANG Xiaodong. Railway Engineering [M]. Beijing: China Railway Publishing, 2019.
- [4] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].
TB 10621-2014 Code for Design of High Speed Railway [S].
- [5] TB 10098-2017 铁路线路设计规范[S].
TB 10098-2017 Code for Design of Railway Line [S].
- [6] 敖云碧,陈刚,周覃龙. 我国高速铁路车站选址理念研究[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(4): 28-32.
AO Yunbi, CHEN Gang, ZHOU Qinlong. Research on Site Selection Concept of High-speed Railway Station in China [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 28-32.
- [7] 邹凯. 高速铁路邻近车站曲线最小半径研究[J]. 铁道标准设计, 2017, 61(5): 35-39.
ZOU Kai. Study on Minimum Radius of Curves Adjacent to High-speed Railway Station [J]. Railway Standard Design, 2017, 61(5): 35-39.
- [8] 梁晨,司道林,徐玉坡. 时速400/380 km高速铁路最小曲线半径取值研究[J]. 铁道建筑, 2016, 56(1): 63-66.
LIANG Chen, SI Daolin, XU Yupu. Research of Minimum Curve Radius Value for High Speed Railway at 400/380 km/h [J]. Railway Engineering, 2016, 56(1): 63-66.