

文章编号:1006 - 2106(2014)02 - 0096 - 07

和谐系列货运电力机车牵引质量研究*

张雪才**

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:研究目的:随着我国铁路机车设备的发展,尤其是新型大功率交流传动电力机车“和谐”系列机车的成功引进和生产,该系列机车相对目前运营中的“韶山”系列机车而言,其牵引特性有了较大的改善,机车功率、计算牵引力、计算速度明显提高,但是受粘着力的影响,其实际牵引质量均小于理论计算值。为此,本文拟结合新型大功率交流传动电力机车的牵引特性以及现行《列车牵引计算规程》(TB/T 1407—1998)的有关规定,分析研究和諧系列大功率货运电力机车的牵引质量并据此对《列车牵引计算规程》修编提出建议。

研究结论:(1)和谐系列电力机车牵引特性明显改善;(2)在沿用现行《牵规》中计算粘着系数的计算公式情况下,和谐系列货运电力机车在计算速度时的计算粘着牵引力小于计算牵引力;(3)按计算粘着牵引力计算的牵引质量小于按计算牵引力计算的牵引质量,而且不同型号电力机车的其差值不同,同型电力机车的其差值则随着限值坡度的增大而减小;(4)这对今后《牵规》的修编以及和谐系列电力机车牵引质量的合理确定具有参考意义。

关键词:电力机车; 牵引质量; 研究
中图分类号:U264 **文献标识码:**A

Research on the Tractive Tonnage to “Hexie” Series of Freight Electric Locomotive

ZHANG Xue - cai

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

Abstract; Research purposes: With the development of railway locomotive equipment in China, especially introduction and production of new - type high - power AC driving electric locomotive - HXD locomotive. For " Shaoshan " locomotive in the operation at present, this serie of locomotive has a great improvement in tractive characteristics, locomotive power, calculating traction force and calculating speed, but under the influence of adhesion, all tractive tonnages are less than theoretical calculating value. Therefore, in this paper, it is planned to analyze the tractive tonnage of HXD freight electric locomotive and give some suggestions for revision of " Calculation Regulations on Railway Train Traction " combined with tractive characteristics of new - type high - power AC driving electric locomotive and relevant regulations in the current " Calculation Regulations on Railway Train Traction " (TB/T 1407 - 1998).

Research conclusions: (1) HXD electric locomotive has obvious improvement in tractive characteristics; (2) If using adhesion coefficient calculation formula in the current " Calculation Regulations on Railway Train Traction ", calculating adhesion traction force of HXD freight electric locomotive is less than calculation traction force when calculating the speed; (3) The tractive tonnage calculated according to calculating adhesion traction force is less than that calculated according to calculating traction force, and the difference between different types of electric locomotives is not same and the difference of same type of electric locomotive decreases with the increase of limited slope; (4) The above study may provide some references for revision of " Calculation Regulations on Railway Train Traction " and reasonable

* 收稿日期:2013 - 12 - 02
** 作者简介:张雪才,1966 年出生,男,教授级高级工程师,现任中铁二院工程集团有限责任公司副总经理。

determination of tractive tonnage of HXD electric locomotive.
Key words: electric locomotive; tractive tonnage; study

众所周知,牵引质量是铁路主要技术标准中的重要技术指标之一,牵引质量与限制坡度、机车类型、到发线有效长度等指标相关联。尤其在其他技术指标相对确定的情况下,牵引质量的大小将直接影响单线铁路足坡地段选线的车站分布,并对线路走向方案产生较大影响。

据调查,限制坡度采用 18‰双机加力坡的宜万铁路,目前货物列车采用 HXD1C 机车(7 200 kW)双机牵引,理论计算的列车牵引质量约 3 300 t,但是现场试验表明:当采用 HXD1C 机车双机牵引 3 000 t 时,货物列车在 18‰的上坡上无法启动,牵引 3 200 t 时,列车直接下滑,因此通过现场试验后实际货物列车牵引质量采用 2 800 t。宝成铁路宝鸡南站至秦岭站越岭段,线路长度约 45 km,实设坡度在 24 ~ 30‰之间(加算坡度局部达到了 33‰,但是坡长都较短,较少有几公里的连续大坡度出现),货物列车在上坡地段采用一台 SS4 电力机车在前面牵引,尾部采用两台 HXD3

电力机车推送,理论计算的列车牵引质量约 3 700 t,但是实际运营货物列车的牵引质量采用 3 500 t;下坡地段,考虑制动因素采用两台 HXD3 电力机车在前面牵引,尾部采用一台 SS4 电力机车推送,货物列车的牵引质量为 2 600 t。由此看来,有必要对和谐系列电力机车的牵引特性进行研究,合理确定采用和谐电力机车牵引货物列车的牵引质量。限于作者水平,旨在抛砖引玉,供探讨。

1 和谐系列电力机车的牵引特性分析

1.1 和谐系列电力机车简介

和谐系列货运电力机车是我国引进消化技术,并国产化的新一代交流传动货运机车。分为每轴 1 200 kW 的和谐 1、2、3 型(1、2 型为八轴,3 型为六轴),以及六轴,每轴 1 600 kW 的和谐 1B、2B、3B 两代大功率机车。设计最高时速均为 120 km/h。其主要技术参数如表 1 所示。

表 1 和谐系列货运电力机车主要技术参数表

机型	HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
用途	干线货运	干线货运	干线货运	干线货运	干线货运	干线货运
传动方式	交-直-交	交-直-交	交-直-交	交-直-交	交-直-交	交-直-交
轴式	2(Bo-Bo)	2(Bo-Bo)	Co-Co	Co-Co	Co-Co	Co-Co
机车重量/t	200	200	150	150	150	150
轴重/t	25	25	25	25	25	25
持续功率/kW	9 600	10 000	7 200	9 600	9 600	9 600
最高运行速度/(km/h)	120	120	120	120	120	120
计算速度/(km/h)	65	65	65	81.9	76	70
持续牵引力/kN	532	554	400	422	454.7	493.7
起动牵引力/kN	760	760	570	570	584	570
电制动方式	再生制动	再生制动	再生制动	再生制动	再生制动	再生制动

1.2 和谐系列电力机车牵引特性分析

对比我国过去常用的交-直传动电力机车(主要

技术参数如表 2 所示),可以看出和谐系列货运电力机车具有如下牵引特性。

表 2 我国过去常用的交-直传动电力机车主要技术参数表

机型	SS1	SS3	SS4	6K	8G
用途	干线货运	干线货运	干线货运	干线货运	干线货运
传动方式	交-直	交-直	交-直	交-直	交-直
轴式	Co-Co	Co-Co	2(Bo-Bo)	Bo-Bo-Bo	2(Bo-Bo)
机车重量/t	138	138	184	138	184
轴重/t	23	23	23	23	23
持续功率/kW	3 780	4 350	6 400	4 800	6 400
最高运行速度/(km/h)	95	100	100	100	100
计算速度/(km/h)	43	48	51.5	48	50
持续牵引力/kN	301.2	317.8	431.6	360	455
起动牵引力/kN	487.3	470	649.8	512.8	627
电制动方式	电阻制动	电阻制动	电阻制动	电阻制动	电阻制动

1.2.1 传动方式改变

和谐系列货运电力机车采用了交-直-交的交流传动方式。

1.2.2 轴重增加

和谐系列货运电力机车轴重均为 25 t,过去常用的韶山系列货运电力机车 SS1、SS3、SS4 型车以及 6K、8G 型货运电力机车的轴重均为 23 t。

1.2.3 机车功率明显提升

表中和谐系列货运电力机车,除 HXD3 持续功率为 7 200 kW 外,其余型号的和谐货运电力机车的持续功率均为 9 600 kW 及以上。韶山系列货运电力机车中 SS1、SS3、SS4 型电力机车的持续功率分别为 3 780 kW、4 350 kW、6 400 kW,6K、8G 型货运电力机车的持续功率分别为 4 800 kW、6 400 kW。

1.2.4 运行速度明显提高

1.2.4.1 最高运行速度

和谐系列货运电力机车的最高运行速度均达到 120 km/h,韶山系列货运电力机车中 SS1、SS3、SS4 型电力机车的最高运行速度分别为 95 km/h、100 km/h、100 km/h,6K、8G 型货运电力机车的最高运行速度均为 100 km/h。

1.2.4.2 计算速度(持续速度,下同)

和谐系列货运电力机车的计算速度均达到 65 km/h 及以上,其中,HXD1、HXD2、HXD3 型电力机车的计算速度均为 65 km/h,HXD1B 型电力机车的计算速度为最高达到了 81.9 km/h。韶山系列货运电力机车中 SS1、SS3、SS4 型电力机车的计算速度分别为 43 km/h、48 km/h、51.5 km/h,6K、8G 型货运电力机车的计算速度分别为 48 km/h、50 km/h。

1.2.5 计算牵引力(持续牵引力,下同)、计算起动牵引力增大

1.2.5.1 计算牵引力

和谐系列货运电力机车 HXD1、HXD2、HXD3、HXD1B、HXD2B、HXD3B 型车的计算牵引力分别为 532 kN、554 kN、400 kN、422 kN、454.7 kN、493.7 kN;韶山系列货运电力机车中 SS1、SS3、SS4 型电力机车的计算牵引力分别为 301.2 kN、317.8 kN、431.6 kN,6K、8G 型货运电力机车的计算牵引力分别为 360 kN、455 kN。相同轴式情况下,和谐电力机车的计算牵引力提高了 16.9% 及以上。

1.2.5.2 计算起动牵引力

和谐系列货运电力机车 HXD1、HXD2、HXD3、HXD1B、HXD2B、HXD3B 型车的计算起动牵引力分别为 760 kN、760 kN、570 kN、570 kN、584 kN、570 kN;韶山系列货运电力机车中 SS1、SS3、SS4 型电力机车的计

算起动牵引力分别为 487.3 kN、470 kN、649.8 kN,6K、8G 型货运电力机车的计算起动牵引力分别为 512.8 kN、627 kN。相同轴式情况下,和谐电力机车的计算起动牵引力提高了 17.0% 及以上。

2 电力机车粘着牵引力计算与分析

从前述和谐系列电力机车与我国过去常用的交-直传动电力机车的牵引特性对比分析可以看出,和谐系列电力机车牵引特性明显改善,不仅最高运行速度和计算速度明显提高,而且在相同轴式情况下机车的计算牵引力提高了 16.9% 及以上、计算起动牵引力提高了 17.0% 及以上。按照牵引质量计算公式,在机车重量变化不大(相同轴式车)、列车运行工况基本相同的情况下,采用和谐电力机车其牵引质量也应相应提高。但是,根据调查的宜万铁路和宝成铁路宝鸡南站至秦岭站越岭段的现场实际情况,由于受到机车粘着力的限制,按照和谐电力机车理论计算牵引质量满轴牵引时列车不能正常运行、甚至不能起动,实际运营中均通过试验降低了列车的计算牵引质量,实际牵引质量均小于理论计算值。因此,有必要对和谐系列电力机车和过去常用电力机车两种不同类型电力机车的粘着牵引力进行对比分析。

根据现行的《列车牵引计算规程》(以下简称《牵规》),电力机车的计算粘着系数分国产各型电力机车、6K 型电力机车和 8G 型电力机车有三种计算公式。各型电力机车计算粘着系数 μ_j 的计算公式分别为:

国产各型电力机车计算粘着系数: $\mu_j = 0.24 + 12 / (100 + 8v)$

6K 型电力机车计算粘着系数: $\mu_j = 0.189 + 8.68 / (44 + v)$

8G 型电力机车计算粘着系数: $\mu_j = 0.28 + 4 / (50 + 6v) - 0.0006v$

鉴于目前尚未公布和谐电力机车计算粘着系数的计算公式,暂考虑沿用现行《牵规》中“国产各型电力机车”的计算公式。

粘着牵引力 F_μ 计算公式为: $F_\mu = P_\mu \cdot \mu_j \cdot g$ (式中 P_μ 为机车粘着质量, g 为重力加速度)。

2.1 和谐系列电力机车粘着牵引力分析

2.1.1 粘着牵引力计算

根据电力机车计算粘着系数(和谐系列电力机车计算粘着系数公式暂按现行《牵规》中的国产电力机车公式计算)、粘着牵引力计算公式,分别计算和谐系列电力机车计算速度时的粘着牵引力(计算粘着牵引力)和起动时的粘着牵引力如表 3 所示。

表3 和谐系列电力机车粘着牵引力计算值

机 型	HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
计算速度时的粘着牵引力/kN	508.8	508.8	381.6	376.5	378.1	379.9
起动时的粘着牵引力/kN	706.3	706.3	529.7	529.7	529.7	529.7

2.1.2 计算粘着牵引力与计算牵引力的对比分析

对比表3和表1可以看出,和谐系列电力机车计算速度时的粘着牵引力均小于计算牵引力,其中HXD3B型车的差值最大为113.8 kN;计算速度时的粘着牵引力与计算牵引力的比值K1为0.769~0.956

(如表4所示),其中HXD3B型车的比值最小为0.769。起动时的粘着牵引力均小于起动牵引力,其中HXD2B型车的差值最大为54.3 kN;起动时的粘着牵引力与起动牵引力的比值K2为0.907~0.929(如表4所示),其中HXD2B型车的比值最小为0.907。

表4 和谐系列电力机车粘着牵引力与牵引力的比值

机 型		HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
比值	K1	0.956	0.918	0.954	0.892	0.832	0.769
	K2	0.929	0.929	0.929	0.929	0.907	0.929

由此表明,在沿用现行《牵规》中“国产各型电力机车”计算粘着系数的计算公式情况下,和谐系列货运电力机车在计算速度时的计算粘着牵引力小于计算牵引力,应受粘着力限制。因此,此时用于牵引质量计算的机车牵引力应采用计算粘着牵引力,如仍按计算牵引力计算则会造成牵引质量“虚高”。

2.2 我国过去常用电力机车粘着牵引力分析

2.1.1 粘着牵引力计算

同前,根据电力机车计算粘着系数、粘着牵引力计算公式,分别计算我国过去常用电力机车计算速度时的粘着牵引力和起动时的粘着牵引力如表5所示。

表5 我国过去常用电力机车粘着牵引力计算值

机 型	SS1	SS3	SS4	6K	8G
计算速度时的粘着牵引力/kN	361.5	358.5	475.5	383.6	471.9
起动时的粘着牵引力/kN	487.4	487.4	649.8	522.9	649.8

2.1.2 计算粘着牵引力与计算牵引力的对比分析

对比表5和表2可以看出,我国过去常用电力机车计算速度时的粘着牵引力均大于计算牵引力,其中SS1型车的差值最大为60.3 kN;计算速度时的粘着牵引力与计算牵引力的比值K1为1.037~1.2(详见表6),其中SS1型车的比值最大为1.2。起动时的粘着牵引力也均不小于起动牵引力,其中8G型车的差值最大为22.8 kN;起动时的粘着牵引力与起动牵引力的比值K2为1.0~1.037(如表6所示),其中SS3型车的比值最大为1.037。

表6 我国过去常用电力机车粘着牵引力计算值

机 型		SS1	SS3	SS4	6K	8G
比值	K1	1.200	1.128	1.102	1.066	1.037
	K2	1.000	1.037	1.000	1.020	1.036

由此表明,按照现行《牵规》中“国产各型电力机车”计算粘着系数的计算公式,我国过去常用的货运电力机车在计算速度时的计算粘着牵引力均大于计算牵引力,不受粘着力限制。因此,用于牵引质量计算的机车牵引力采用计算牵引力(持续牵引力)是合理的。

3 和谐系列货运电力机车牵引质量计算及分析

3.1 和谐系列货运电力机车牵引质量计算

如前所述,在沿用现行《牵规》中“国产各型电力机车”计算粘着系数的计算公式情况下,和谐系列货运电力机车在计算速度时的计算粘着牵引力小于计算牵引力,如仍按机车的计算牵引力(持续牵引力)计算列车牵引质量,则会造成计算牵引质量“虚高”。因此,在此情况下,对于和谐系列货运电力机车应考虑粘着力的限制,采用计算速度时的计算粘着牵引力来计算牵引质量。

《牵规》中牵引质量计算公式为:

$$G=(F_j-P(\omega_0'+i_x)\cdot g\cdot 10^{-3})/((\omega_0''+i_x)\cdot g\cdot 10^{-3})$$

(1)

式中 G——牵引质量;

F_j ——计算牵引力;

P ——机车质量;

ω_0' ——机车单位基本阻力;

ω_0'' ——货车运行单位基本阻力;

i_x ——限制坡度(因限制坡道的斜坡倾斜角较小,限制坡道上列车的单位附加阻力

$$\omega_x=\sin(\arctg(i_x))\approx i_x;$$

g ——重力加速度。

根据前述分析,在沿用现行《牵规》中“国产各型

电力机车”计算粘着系数的计算公式情况下,和谐系列货运电力机车受粘着力限制 $F_{\mu} < F_j$,故其牵引质量计算公式应按下式计算:

$$G' = (F_{\mu} - P(\omega_0' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}) / ((\omega_0'' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}) \tag{2}$$

式中 F_{μ} ——计算速度时的计算粘着牵引力。

3.1.1 机车单位基本阻力计算

根据和谐系列货运电力机车单位基本阻力的计算公式,计算其在计算速度时的机车单位基本阻力如表 7 所示。

和谐系列货运电力机车单位基本阻力的计算公式(式中 v ——计算速度):

3.1.1.1 HXD1、HXD2 型车

$$\omega_0' = 1.44 + 0.009\,9v + 0.000\,298v^2 \tag{3}$$

3.1.1.2 HXD3 型车

$$\omega_0' = 1.4 + 0.003\,8v + 0.000\,348v^2 \tag{4}$$

3.1.1.3 HXD1B、HXD2B、HXD3B 型车

$$\omega_0' = 1.44 + 0.003\,8v + 0.000\,348v^2 \tag{5}$$

表 7 和谐系列货运电力机车单位基本阻力

机 型	HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
机车单位基本阻力/(N/kN)	3.342 6	3.342 6	3.117 3	4.085 5	3.738 8	3.411 2

3.1.2 货车运行单位基本阻力计算

结合目前货物列车的运营编组情况,货物列车的车列编组按:空车 20%、重车 80% 混编考虑,且重车中,按滚动轴承货车占 80%、滑动轴承货车占 20% 考虑。据此,按照《牵规》中货车运行单位基本阻力计算公式,在对应机车计算速度时计算货车运行单位基本阻力如表 8 所示。

《牵规》中货车运行单位基本阻力计算公式为:

3.1.2.1 滚动轴承货车(重车)

$$\omega_0'' = 0.92 + 0.004\,8v + 0.000\,125v^2 \tag{6}$$

3.1.2.2 滑动轴承货车(重车)

$$\omega_0'' = 1.07 + 0.001\,1v + 0.000\,236v^2 \tag{7}$$

3.1.2.3 空货车

$$\omega_0'' = 2.23 + 0.005\,3v + 0.000\,675v^2 \tag{8}$$

表 8 货车运行单位基本阻力

车列编组		滚轴重车	滑轴重车	空货车	20% 空车 + 64% 滚重车 + 16% 滑重车混编车列
单位基本阻力(N/kN)	$v - 65\text{ km/h}$	1.760 1	2.138 6	5.426 4	2.553 9
	$v - 81.9\text{ km/h}$	2.151 6	2.743 1	7.191 7	3.254 3
	$v - 76\text{ km/h}$	2.006 8	2.516 7	6.531 6	2.993 3
	$v - 70\text{ km/h}$	1.868 5	2.303 4	5.908 5	2.746 1

3.1.3 牵引质量计算

根据表 3 中各型和和谐货运电力机车在计算速度时的计算粘着牵引力、表 7 中机车单位基本阻力以及表 8 中货车(混编车列)运行单位基本阻力,按照前述牵引质量计算公式计算各型和和谐货运电力机车在不同限制坡道上的牵引质量如表 9 和表 10 所示。

3.1.3.1 按计算牵引力计算

$$G = (F_j - P(\omega_0' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}) / [(\omega_0'' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}] \tag{9}$$

表 9 按计算牵引力计算的各种和谐货运电力机车牵引质量

机型		HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
牵引质量 /t	6‰	6 121	6 383	4 606	4 484	4 991	5 592
	8‰	4 923	5 135	3 705	3 661	4 056	4 523
	10‰	4 107	4 285	3 091	3 086	3 408	3 790
	12‰	3 515	3 669	2 645	2 661	2 933	3 256
	18‰	2 430	2 539	1 829	1 868	2 052	2 271
	24‰	1 836	1 920	1 382	1 423	1 562	1 727
	30‰	1 461	1 529	1 099	1 139	1 251	1 383
	33‰	1 320	1 383	994	1 033	1 134	1 255

3.1.3.2 按计算粘着牵引力计算

$$G' = (F_{\mu} - P(\omega_0' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}) / ((\omega_0'' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}) \tag{10}$$

表 10 按计算粘着牵引力计算的各种和谐货运电力机车牵引质量

机 型		HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
牵引 质量 /t	6‰	5 844	5 844	4 387	3 983	4 123	4 266
	8‰	4 699	4 699	3 527	3 249	3 345	3 444
	10‰	3 918	3 918	2 941	2 736	2 807	2 880
	12‰	3 352	3 352	2 516	2 357	2 413	2 469
	18‰	2 315	2 315	1 738	1 649	1 680	1 711
	24‰	1 747	1 747	1 311	1 253	1 273	1 294
	30‰	1 388	1 388	1 042	1 000	1 014	1 029
	33‰	1 254	1 254	941	905	917	930

3.2 和谐系列货运电力机车牵引质量分析

对比表 9 和表 10 可以看出,对于和谐系列货运电力机车,其机车粘着系数按照与现行《牵规》中国产各型电力机车相同计算公式计算的情况下,按照计算粘着牵引力计算的牵引质量均小于按计算牵引力计算的

牵引质量,两者的差值($G' - G$)如表 11 所示、两者的比值(G'/G)如表 12 所示。

3.2.1 按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的差值

表 11 按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的差值($G' - G$)

机型		HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
牵引质量/t	6‰	-277	-539	-219	-501	-868	-1 326
	8‰	-224	-436	-178	-412	-711	-1 079
	10‰	-189	-367	-150	-350	-601	-910
	12‰	-163	-317	-129	-304	-520	-787
	18‰	-115	-224	-91	-219	-372	-560
	24‰	-89	-173	-71	-170	-289	-433
	30‰	-73	-141	-57	-139	-237	-354
	33‰	-66	-129	-53	-128	-217	-325

从表 11 可以看出,和谐系列货运电力机车在粘着系数按照与现行《牵规》中“国产各型电力机车”相同计算公式计算的情况下:

(1)按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的差值($G' - G$)均为负值;

(2)不同型号的电力机车按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的差值不同,同型电力机车的其差值($G' - G$)则随着限值坡度的增大而减小;

(3)表中所列 6 种和谐系列货运电力机车中,相同限值坡度情况下,HXD3 型电力机车按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的差值($G' - G$)最小(在 6‰的坡道上相差 219 t,在 33‰的坡道上相差 53 t);HXD3B 型电力机车按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的差值($G' - G$)最大(在 6‰的坡道上相差 1 326 t,在 33‰的坡道上相差 325 t)。

3.2.2 按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的比值

表 12 按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的比值(G'/G)

机型		HXD1	HXD2	HXD3	HXD1B	HXD2B	HXD3B
牵引质量/t	6‰	0.955	0.916	0.952	0.888	0.826	0.763
	8‰	0.954	0.915	0.952	0.887	0.825	0.761
	10‰	0.954	0.914	0.951	0.886	0.824	0.760
	12‰	0.954	0.914	0.951	0.886	0.823	0.758
	18‰	0.953	0.912	0.950	0.883	0.819	0.753
	24‰	0.952	0.910	0.949	0.880	0.815	0.749
	30‰	0.950	0.908	0.948	0.878	0.810	0.744
	33‰	0.95	0.907	0.947	0.876	0.809	0.741

从表 12 可以看出,和谐系列货运电力机车在粘着

系数按照与现行《牵规》中“国产各型电力机车”相同计算公式计算的情况下:

(1)对比表 4,按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的比值(G'/G)均小于在计算速度时计算粘着牵引力与计算牵引力的比值(F_{μ}/F_j),且比值均小于 1,即 $F_{\mu} < F_j$ 、 $G' < G$;

(2)不同型号的电力机车按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的比值不同,同型电力机车的其比值(G'/G)则随着限值坡度的增大而减小;

(3)表中所列 6 种和谐系列货运电力机车中,相同限值坡度情况下,HXD1 型电力机车按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的比值(G'/G)最大(在 6‰的坡道上的比值为 0.955,在 33‰的坡道上的比值为 0.95);HXD3B 型电力机车按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量的比值(G'/G)最小(在 6‰的坡道上的比值为 0.763,在 33‰的坡道上的比值为 0.741)。

4 建议

(1)针对我国和谐系列各型货运电力机车,开展相关计算粘着系数的参数测试,并据以总结分析、归纳出相应的计算粘着系数计算公式,并将相关成果纳入《牵规》的修编。

(2)《牵规》修编时,宜考虑增加关于牵引质量计算的条件。即,当计算牵引力小于计算粘着牵引力时,牵引质量按公式(11)计算;当计算牵引力大于计算粘着牵引力时,牵引质量按公式(12)计算。

牵引质量计算公式:

$$G = (F_j - P(\omega_0' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}) / [(\omega_0'' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}]$$

(11)

式中 F_j ——计算牵引力。

牵引质量计算公式(12):

$$G = (F_{\mu} - P(\omega_0' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}) / [(\omega_0'' + i_x) \cdot g \cdot 10^{-3}]$$

(12)

式中 F_{μ} ——计算速度时的计算粘着牵引力。

(3)为更有效发挥和谐系列货运电力机车牵引功率和牵引力大、计算速度和最高运行速度高的牵引特性,在保证安全和使用功能的前提下,针对提高机车计算粘着系数,就机车车轮的材质、轮径、踏面形式及其斜率等开展综合试验研究。

5 结论

和谐系列电力机车与我国过去常用的交-直传动电力机车的牵引特性相比,和谐系列电力机车牵引特性明显改善,不仅牵引功率、最高运行速度和计算速度

明显提高,而且在相同轴式情况下机车的计算牵引力提高了16.9%及以上、计算起动牵引力提高了17.0%及以上。

我国过去常用的货运电力机车在计算速度时的计算粘着牵引力均大于计算牵引力,不受粘着力限制。因此,用于牵引质量计算的机车牵引力采用计算牵引力(持续牵引力)是合理的。在沿用现行《牵规》中“国产各型电力机车”计算粘着系数的计算公式情况下,和谐系列货运电力机车在计算速度时的计算粘着牵引力小于计算牵引力,应受粘着力限制。因此,此时用于牵引质量计算的机车牵引力应采用计算粘着牵引力,如仍按计算牵引力计算则会造成牵引质量“虚高”。

和谐系列货运电力机车的粘着系数按照与现行《牵规》中“国产各型电力机车”相同计算公式计算的情况下,文中所列HXD1、HXD2、HXD3、HXD1B、HXD2B、HXD3B六种和谐系列货运电力机车按计算粘着牵引力、计算牵引力分别计算的牵引质量(G' 、 G):

(1)差值均为负值,而且不同型号电力机车的其差值不同,同型电力机车的其差值则随着限值坡度的增大而减小。在相同限值坡度情况下,HXD3型车的其差值最小(在6‰的坡道上相差219 t,在33‰的坡道上相差53 t);HXD3B型车的其差值最大(在6‰的坡道上相差1 326 t,在33‰的坡道上相差325 t)。

(2)比值均小于1,而且不同型号电力机车的其比值不同,同型电力机车的其比值则随着限值坡度的增大而减小。在相同限值坡度情况下,HXD1型车的其比值最大(在6‰的坡道上的比值为0.955,在33‰的坡道上的比值为0.95);HXD3B型车的其比值最小(在6‰的坡道上的比值为0.763,在33‰的坡道上的比值为0.741)。

参考文献:

- [1] TB/T 1407—1998,列车牵引计算规程[S].
TB/T 1407—1998, Train Traction Calculation Procedures[S].

(编辑 赵立兰)

(上接第26页 From P.26)

几何形状层面上进行初步拉通。随着项目的推进和认识不断深入,专业间的不断磨合,以及规则、标准的逐步制订和完善,再加载物理属性信息和分析计算功能,即实现各专业这个阶段在真实场景协同设计平台上统一摆放的是Revit格式的三维模型。

4 结论

带状大范围工程设计三维真实感场景技术的研究成功,开辟了一个全新的铁路工程设计应用BIM技术途径。使用航空遥感影像数据和地形数据,由计算机生成与现场一致的三维真实场景模型;将各专业的工程三维模型按照里程坐标集成在一个带状连续的三维真实场景中,实现铁路工程BIM方式下的协同设计。本文提出的铁路工程设计BIM技术开发与应用的解决方案,对铁道工程设计单位开展BIM工作具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 中铁第一勘察设计院集团有限公司.基于真实感场景的线路协同设计平台研究报告[R].西安:中铁第一勘察设计院集团有限公司,2013.
China Railway First Survey and Design Institute Group

Co. Ltd. The Research Report of Collaborative Design Platform based on Realistic Scene [R]. Xi'an: China Railway First Survey and Design Institute Group Co. Ltd, 2013.

- [2] 柳世辉.铁路各设计阶段数字选线平台的应用[J].铁道工程学报,2013(4):14-17.

Liu Shihui. Application of Digital Alignment Platform for Different Railway Design Stages [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2013(4):14-17.

- [3] 卢春房.铁路建设项目标准化管理[M].北京:中国铁道出版社,2013.

Lu Chunfang. Standardized Management of Railway Construction Project [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2013.

- [4] 中国勘察设计协会,欧特克软件(中国)有限公司. Autodesk BIM实施计划-实用的BIM实施框架[M].北京:中国建筑工业出版社,2010.

Chinese Survey and Design Association, Autodesk Software (China) Co. Ltd. Autodesk BIM Implementation Plan - Practical Implementation Framework of BIM [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.

(编辑 赵立兰)

和谐系列货运电力机车牵引质量研究

作者: 张雪才, ZHANG Xue-cai
作者单位: 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都, 610031
刊名: 铁道工程学报 ISTIC PKU
英文刊名: Journal of Railway Engineering Society
年, 卷(期): 2014(2)

参考文献(1条)

1. [列车牵引计算规程](#)

引用本文格式: 张雪才. ZHANG Xue-cai 和谐系列货运电力机车牵引质量研究[期刊论文]-铁道工程学报 2014(2)