

问题讨论

提高襄渝线货物列车
牵引定数的探讨

向光友

(武汉铁路局 机务处 湖北 武汉 430071)

摘 要:通过分析襄渝线机车交路现状,结合试验情况,提出了使用HXD1型电力机车牵引,提高货物列车牵引定数,以提高襄渝线运输能力。

关键词:机车交路;牵引定数;货物列车;牵引试验;HXD1型电力机车

中图分类号:U292.54

文献标识码:B

文章编号:1000-128X(2012)05-0103-04

襄渝线东起湖北襄阳,西至重庆,全长895.3 km,1968年4月开始修建,1979年12月通车,2009年10月建成襄渝二线,为双线电气化铁路,站线有效长度850 m,区间最大坡道13‰。襄渝线贯通了达成线、达万线,是入渝、入川物资运输的重要通道。优化机车交路,使用“和谐”型大功率电力机车牵引,提高货物列车牵引定数,对提高襄渝线运输能力,满足国民经济的发展需求具有非常重要的意义。

1 襄渝线货运机车交路现状

襄渝线涉及成都、西安、武汉3个铁路局,达州、胡家营2个局间分界口。襄渝线襄阳北—重庆西、成都北间长交路货物列车使用成都局HXD1C机车牵引,牵引定数3 500 t,其中,达州口图定货车46对,胡家营口图定货车49对,图定使用机车119台。成都、西安、武汉3个铁路局机车乘务员分别在达州、安康站实行跨局轮乘。

2 目前襄渝线货运机车交路存在的问题

1)受线路条件限制,货物列车牵引定数低

襄渝线地处秦岭山脉,长大坡道多,最大坡道达到13‰,武汉铁路局管内武当山—胡家营间、西安铁路局管内安康东—达州间是襄渝铁路最困难区段。受线路条件限制,襄渝线开通以来一直在武当山—胡家营间、安康东—达州间加挂补机,货物列车牵引定数仅能达到3 500 t。

襄渝二线建成后为扩大襄渝线运能创造了条件,铁道部也重点考虑了襄渝线的机车配置,2009年开始为成都局重庆机务段配属六轴7 200 kW大功率HXD1C型电力机车,用于牵引襄阳北—重庆西、成都北间长

交路货物列车,牵引定数3 500 t不变,置换SS₃型电力机车,同时,取消了襄渝线武当山—胡家营间、安康东—达州间补机。但由于HXD1C机车是六轴机车,在襄渝线13‰的坡道上粘着力不够,天气不良的情况下牵引3 500 t货车时,在武汉局管内胡家营—小花果间、西安局管内麻柳—巴山间容易发生坡停,对运输造成一定干扰。

2)胡家营口机车供应不足,影响下行开车

作为入渝、入川物资运输的重要通道,襄渝线的运输特点是下行为重车方向、上行是空车方向,日常运输组织过程中胡家营口上、下行列货物车开行列数不对等,且下行列数长期大于上行列数。目前配属HXD1C机车的成都局重庆机务段为空车方向,实际运输生产中,由于受成都、西安局调度控制,很难调整单机到武汉局,武汉局管内HXD1C机车实际保有量日均欠12台左右,造成襄阳北站长期等待胡家营口来机车开下行列车,影响襄渝线畅通。

3)襄阳北站各方向货物列车牵引定数不匹配,影响襄渝线畅通

襄阳北编组站位于汉丹、焦柳、襄渝等多条铁路干线交汇处,为路网性单向三级四场编组站,目前是亚洲最大的单向纵列式铁路编组站,是我国铁路运输八纵八横网络中的核心枢纽之一,担负着汉丹、焦柳、襄渝3条铁路干线5个方向的列车解编工作。各方向牵引机型及牵引定数为:汉丹线武汉北方向SS_{6B}型电力机车5 000 t,焦柳线郢营方向SS₆型电力机车4 500 t,焦柳线荆门方向SS_{6B}型电力机车4 500 t,襄渝线胡家营方向HXD1C型电力机车3 500 t。

受HXD1C机车牵引能力限制,襄渝线牵引定数仅为3 500 t,牵引定数远低于汉丹线和焦柳线。由于各区段牵引定数不匹配,到达襄阳北的货车必须进行解编作业,襄阳北站解编作业量大,导致襄阳北站不畅通,并因此造成襄渝线运输能力不能充分发挥,胡家营口货车图定49对,实际日均仅能开行40对左右,直接影响了入渝、入川货物运输。

3 提高襄渝线货车牵引定数的机型比选

要提高襄渝线运输能力,确保襄阳北站的畅通,需将襄渝线货物列车牵引定数提高到4 500 t(允许普超5 000 t),为此必须克服现行HXD1C机车在高坡区段粘着力不够、持续牵引功率大但启动牵引力不足的弱点,机车轴数必须大于6轴,功率大于7 200 kW,目前国内满足这2个条件的电力机车有2种机型:

一是SS_{3B}型电力机车:双机重联12轴大功率干线货运电力机车,轴重23 t,功率 $2 \times 4\,800 = 9\,600$ kW,在6‰的直线坡道上可停坡启动6 000 t货物列车,并按64 km/h的均衡速度运行,目前主要担当沪昆线货物列车牵引任务。

收稿日期:2012-06-27

二是HXD1型电力机车：干线货运8轴大功率交流传动电力机车，由2节完全相同的单端司机室4轴车通过内重联环节连挂成8轴机车，成为一完整系统，司机可在一个司机室对重联机车进行控制；装有远程重联控制系统，适合于多机分布式重载牵引。8轴机车总功率为9 600 kW，全重184 t；机车轴重按25 t计算，去掉车内配重压铁可实现机车轴重23 t的转换。目前主要用于大秦铁路，牵引运煤重载货运列车。

以上2种机型，轴重和功率均能满足襄渝线货物列车提吨需要，但考虑到SS3B型电力机车已停产且全路保有量有限，以及目前电力机车向交流传动发展的趋势，HXD1型8轴9 600 kW电力机车是提高襄渝线货物列车牵引定数的最佳选择。

HXD1机车与襄渝线目前使用的HXD1C型(6轴7 200 kW)机车的牵引性能比较见图1。

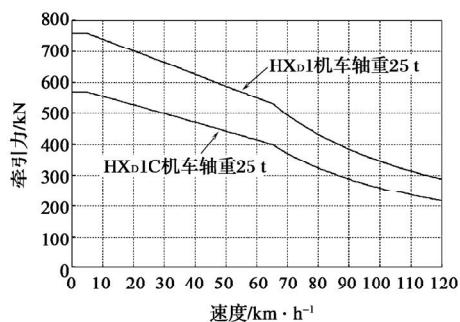


图1 HXD1机车与HXD1C机车牵引性能比较

4 HXD1型电力机车在襄渝线牵引试验情况

为了验证HXD1型电力机车在襄渝线高坡地段的牵引性能，2011年5月铁道部运输局组织在襄渝线襄阳北至达州间进行了牵引试验。试验选用HXD1型0124号机车。试验列车编组为：HXD10124+SY997745+HXD1C6032+货车49辆，车列自重1 334 t，载重3 158 t，总重4 492 t，换长64.2。具体试验情况如下。

4.1 坡道启动试验

1) 试验地点选择

选择在襄渝线3处最困难区段。其中武汉局管内下行方向：花果—小花果，K140+200，该处为坡度12.8‰、长度2 100 m上坡道，曲线半径3 000 m，此后为坡度10.3‰~12.0‰的连续5 km上坡道，花果—小花果K140坡道启车试验数据见图2。上行方向：胡家营—小花果，K156+650，该处为坡度10.4‰~12.4‰、长度2 500 m上坡道，曲线半径1 000 m，此后转入下坡道。

西安局管内下行方向：麻柳—巴山，K423+300。麻柳—巴山区间全长23.1 km，平均为10.6‰的长大上坡道，K423+300附近坡道情况为10.4‰、长度500 m，10.8‰、长度500 m，11.3‰、长度200 m，10.5‰、长度600 m，10.9‰、长度600 m，11.3‰、长度300 m，10.5‰、长度200 m，11.3‰、长度300 m连续上坡道。

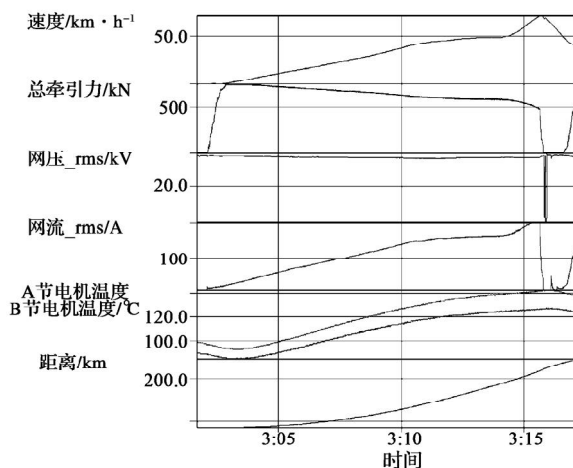


图2 花果—小花果坡道启车试验数据

2) 试验结论

在正常粘着条件下，HXD1机车牵引4 500 t货物列车能够在襄渝线限制坡道上启动。其中，K140+200处12.8‰上坡启动时机车牵引力最大发挥745 kN，启动过程中电机温升45.7℃；K156+650处12.4‰上坡启动时机车牵引力最大发挥752 kN，启动过程电机温升32℃，机车略有空转；K423+300处10.8‰上坡道启动时机车牵引最大发挥750 kN，启动过程中电机温升32.8℃。可见，坡道启动过程中机车牵引力发挥已基本达到最大(760 kN)，在粘着不良时限制坡道应避免停车并做好安全预案。

4.2 限制车站启车试验

在正常粘着条件下，HXD1机车牵引4 500 t货物列车应能够在襄渝线典型困难车站完成出站作业。各限制车站启车试验情况如下。

1) 下行方向白浪站(中心公里标K97+958)

试验列车在白浪站启动后持续加速，出站过分相时速度28.0 km/h，过分相后速度20.5 km/h，整个过分相过程中机车无牵引力作用时间56.3 s，走行距离290 m。网压恢复34 s后，给牵引手柄，牵引力逐渐恢复，此时列车速度8.3 km/h，机车牵引力逐渐增加，过分相后加速过程中HXD1机车牵引力发挥趋于稳定时最大牵引力735 kN，A、B节牵引力发挥基本一致，试验列车通过坡顶(K102)时速度39.3 km/h。启车试验数据见图3。

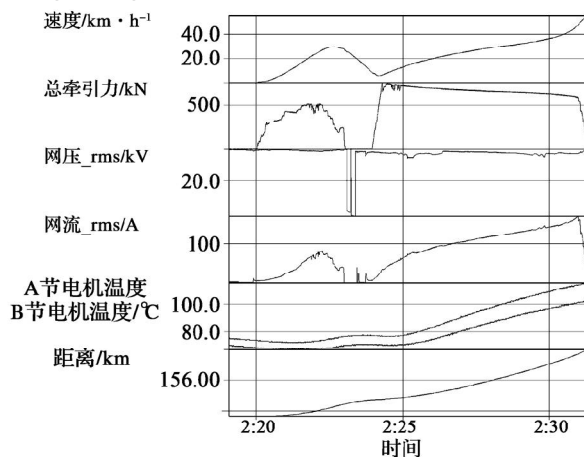


图3 白浪站下行启车试验数据

2)下行方向麻柳站(中心公里标K418+164)

试验列车于麻柳站4道启车,接触网网压28.0 kV,最大启动牵引力664 kN,列车尾部越过30 km/h道岔限速后加速,至区间K420处分相绝缘器处速度35.6 km/h时断电,通过无电区后列车速度20.7 km/h加载,速度降至最低17 km/h后持续上升。

3)上行方向新官渡站(中心公里标K439.808)启车

新官渡站正线启车,启动过程中机车最大启动牵引力达到721 kN,1 min后列车速度达到30 km/h并逐步上升,机车牵引力稳定在580 kN左右,速度升至49 km/h左右时列车运行至12.7‰坡顶,速度持平并略有下降,至区间K435处分相绝缘器处速度47 km/h时断电,过分相后速度降至34 km/h时机车牵引加载,列车最低速度32 km/h。试验过程中电机最高温度135.5℃。网压最低25.6 kV,最高28.2 kV,机车牵引力发挥正常,未见明显空转。

4)上行方向白浪站(中心公里标K97+958)启车

启动后,试验列车持续加速,速度27 km/h左右后保持,尾部过出站道岔后提手柄。启动加速过程中机车牵引力最大658 kN。启动初始电机温度92.5℃,启动过程中电机温度最高106.6℃。试验过程中最低网压27.2 kV,最高28.3 kV。启动过程中牵引力发挥基本平稳,未见明显空转。

4.3 紧急制动试验

紧急制动试验选择在襄渝线下行方向进行,进行2次,一次在平道上,一次在高坡地段。试验结果如下:

1)马棚—陈家湖间紧急制动试验结果

制动初速80.1 km/h,制动开始公里标K353.842,平直道紧急制动距离574 m,制动时间44.8 s。

2)小花果—胡家营间紧急制动试验结果

制动初速80.5 km/h,制动开始公里标K162.520,12‰~13‰高坡地段80 km/h初速紧急制动距离715 m,制动时间54.9 s。

4.4 牵引能力校核

襄渝线下行试验全程总运行时间10 h 1 min 32 s,停车时间约26 min(包括车站停车和区间试验停车),全程共41个区间,试验共取得有效区间29个,无效区间12个。有效区间中,早点区间26个,合计早点50 min 3 s,晚点区间3个,合计晚点3 min。

襄渝线上行全程总运行时间9 h 7 min 44 s,停车时间27 min 22 s。全程共37个区间,试验列车上行方向运行试验共取得有效区间31个,无效区间6个。有效区间中,早点区间30个,早点81 min 36 s,晚点区间1个,晚点42 s。

4.5 过分相性能

HXD1机车能安全通过襄渝线分相区。过分相区时机车恢复时间30 s左右,对困难地点如白浪站出站影响较多,因此,在高坡地段过分相时操作应重点关注,避

免失速过多导致途停。

4.6 全程网压监测情况

襄渝线下行方向白河东—安康区段、花楼坝—宣汉区段网压较高,安康—安康东区间出现了31 kV左右高网压。上行方向蜀河—胡家营区段网压较高,最高网压31.7 kV。

4.7 能耗情况

试验条件下,HXD1机车下行方向全程运行耗电33 244 kW·h、发电9 086 kW·h,上行方向全程运行耗电26 482 kW·h、发电10 652 kW·h。

4.8 牵引电机温度情况

HXD1机车牵引约4 500 t货物列车在襄渝线运行试验过程中,牵引电机最高温度出现在下行试验过程中巴山—官渡区间,最高温度为159.4℃,未超出《电力牵引铁路机车车辆和公路车辆用除电子变流器供电的交流电动机之外的旋转电机》(TB/T 2436—2006)的允许值。

4.9 试验结论

试验表明,8轴9 600 kW和谐电力机车在高坡区段适应性较好,能充分发挥牵引力,牵引4 500 t在困难车站和限制坡道启动及长大下坡道电阻制动均能满足运行要求,能满足提高襄渝线货物列车牵引定数需要。

5 HXD1型机车生产运用情况

HXD1型机车由南车株洲电力机车有限公司与德国西门子公司联合研发,2008年停产,目前全路保有量为220台,主要用于大秦铁路牵引运煤重载货运列车。

2012年4月16日,装用自主研发主变流器和网络控制系统的HXD1型1001、1002号机车到达环形铁道试验基地进行型式试验,7月12日开始在武汉局进行运用考核,计划10月份完成运行考核,2012年四季度批量生产。其主要技术参数为:

电流制	25 kV/50 Hz
轴式	B ₀ -B ₀
轴重	25 t
机车前后车钩中心距(整车)	35 240 mm
机车最高运营速度	120 km/h
机车最高试验速度	132 km/h
机车轮周牵引功率(持续制)	≥ 9 600 kW
机车再生制动轮周功率(持续制)	≥ 9 600 kW
机车持续牵引力	532 kN
机车启动牵引力	760 kN
牵引恒功率速度范围	65~120 km/h
机车最大再生制动力	461 kN
再生制动恒功率速度范围	75~120 km/h
功率因数	≥ 0.98
机车电传动型式	交直交(轴控)
机车总效率	≥ 0.85

6 关于襄渝线机车交路优化的探讨

将HXD1型机车配属武汉局襄阳机务段,机车交路由襄阳北贯通至达州。调整机车配属,可以解决以下问题:

- 机车配属与车流方向一致,有利于襄渝线畅通。
- 便于日常调度组织,避免由重庆西调整单机到襄阳北开车,有利于提高机车运用效率。
- 襄渝线货物列车牵引定数可以提高到4 500 t,普超5 000 t,使襄阳北站5个方向货物列车牵引定数基本一致,减少襄阳北编组站因各线牵引定数不匹配的解编作业,提高襄阳北编组站的作业效率,满足入渝、入川物资日益增长的运输需求。

襄阳北贯通至达州货物列车,预计需要使用HXD1型机车100台。

襄渝线襄阳北至安康东间货车49对,其中40对可以贯通至达州,其余9对为襄阳北—安康东间区段列

车。其中:襄阳北—达州间图定40对直通货车,按照1.6系数图定需要使用机车64台,加15%预备率后为74台。襄阳北—安康东间9对区段,按照1.0系数图定需要使用机车9台,加15%预备率后为11台。以上合计图定需要机车85台,考虑到襄渝线涉及武汉、西安、成都3个铁路局,日常调度指挥难度较大,因此,实际需要超配部分机车,按100台配备方可满足襄渝线货车开行需要。

参考文献:

- [1] 铁道部运输局装备部. 铁路机车概要[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [2] 张曙光. HXD1型电力机车[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [3] 王长明. 铁路机车运用管理[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
- [4] 孙中央. 列车牵引计算规程实用教程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.

(上接第102页)

半查找算法的时间复杂度为 $O(\log_2(n+1)-1)$,拉格朗日插值算法时间复杂度为 $O(n^2)$,因此BSLIA算法时间复杂度理论值为 $O(\log_2(n+1)+n^2-1)$ 。虽然在算法时间复杂度的理论值上BSLIA算法较经典算法高,但针对电机牵引特性表的实际应用时,BSLIA算法最多只需考虑二次插值的情况,无需考虑更高次的插值过程,且存在当电机特性表中有与电机实际转速值相同的数值时,BSLIA算法可直接取出与之相对应的电力转矩值而无需调用拉格朗日插值算法的情况,因此BSLIA算法在实际操作时较经典算法时间复杂度差不多,在能直接找到配置值时的时间复杂度甚至优于经典算法。

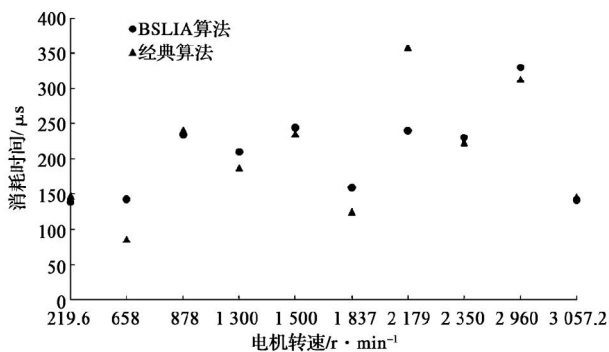


图1 牵引转矩计算时间比较

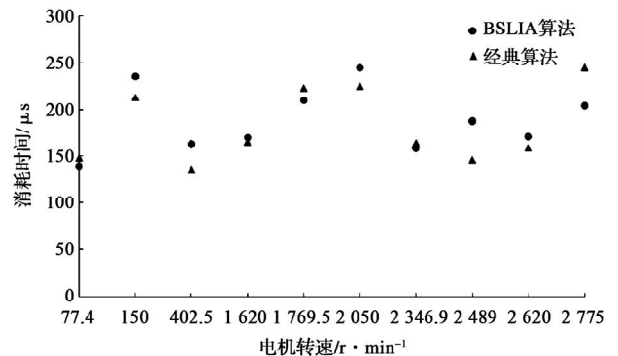


图2 制动转矩计算时间比较

3 结语

由上述仿真试验对比可知,经典算法虽具有算法实现简单、时间复杂度低的优点,但在电机转矩计算精度存在一定误差,该误差可能会对电力机车的电机控制造成不利影响。本文设计的BSLIA算法虽实现较复杂,但电机转矩计算精度较经典算法高,更有利于电力机车的电机控制,且BSLIA算法的时间复杂度也不高,完全在可接受范围之内。

参考文献:

- [1] 严蔚敏,吴伟民. 数据结构(C语言版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 218-221.
- [2] 徐士良. 数值分析与算法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 188-191.
- [3] 冯有前. 数值分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 64.