

研
究
开
发

GCD-1000 型轨道车用电传动系统研究

李何方

(襄阳南车电机技术有限公司 技术中心,湖北 襄阳 441047)



摘 要: 阐明了电传动轨道车的优点,通过对轨道车主要技术参数及电传动系统结构进行分析,提出电传动系统设计方案。

关键词: GCD-1000 型轨道车; 电传动; 牵引特性

中图分类号: U216.61

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2012)05-0047-03

作者简介: 李何方 (1971-), 男, 工程师, 现从事牵引电机及特种电机技术的研究开发。

Study of Electric Drive System for GCD-1000 Rail Car

LI He-fang

(Technology Center, Xiangyang CSR Electric Machinery Co.,Ltd., Xiangyang, Hubei 441047, China)

Abstract: The advantages of electric drive rail car were illustrated. By analyzing the technical parameters and the electric drive system configurations of rail car, electric drive system design was provided.

Key words: GCD-1000 rail car; electric drive; tractive characteristic

0 引言

传统轨道车传动系统多采用“液力传动”或“机械传动”模式,即柴油机驱动液压泵或柴油机驱动变速箱、万向轴,这种传动方式,效率低、检修维护工作量大、维护不方便、调速性能差、静液压管路易泄漏、不适合重载等。电传动系统在内燃机车已有成熟运用及运行经验,因此设计开发电传动轨道车,更好地服务于钢铁、矿山、冶金等工矿企业的铁路专用线,已近在眉睫。

1 轨道车技术规范

1.1 运用条件

环境温度	-25~45℃
环境相对湿度	≤95%
海拔高度	不超过1 500 m
环境条件	在雨雾天气等恶劣环境中能正常运行

1.2 轨道车主要技术数据

用途	动力牵引
传动方式	交-直电传动

轨距	1 435 mm
轮径	915 mm/880 mm (半磨耗)
齿轮传动比	$i=3.727$
限界	轨道车限界
机车整备质量	84 t
转向架中心距	9 600 mm
轴重	21 t
转向架轴距	2 400 mm
最高恒功车速	70 km/h
机车构造速度	100 km/h
机车持续速度	23 km/h (半磨耗)
启动牵引力	135 kN
持续牵引力	100 kN
最小通过曲线半径	100 m
机车外形尺寸(长×宽×高)	20 500 mm×3 286 mm×4 720 mm

1.3 柴油机额定参数

GCD-1000型轨道车选用美国CAT3508B型柴油机作为动力源。

柴油机额定参数如下:

型号 CAT3508B

装车功率

992 kW(1 350 hp)

额定转速

1 800 r/min

2 电传动系统设计

2.1 电传动系统工作原理

目前机车电传动方式有交-直电传动及交-直-交电传动2种。交-直电传动系统运用在客货运输中时间较长,技术成熟,采用交-直电传动系统可减少开发周期、降低开发成本。因此GCD-1000型轨道车采用交-直流电传动方式,其主要电气设备是由牵引发发电机、牵引电动机、硅整流装置、启动发电机等组成,具体的电传动系统框图见图1。

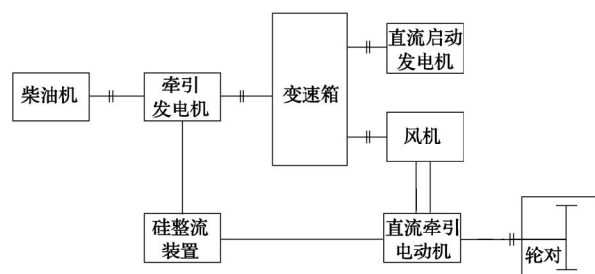


图1 交-直电传动系统框图

如图1所示,牵引发发电机转子的一端通过弹性联轴节紧固在柴油机飞轮端面上,传递柴油机的输出功率,柴油机与主发电机安装在机车底架上,形成柴油发电机组。柴油机启动后,带动牵引发发电机运行,当牵引发发电机的励磁绕组通过励磁电流时,牵引发发电机发出三相交流电,通过调节发电机的励磁电流,即可调节对应于每一柴油机转速下的发电机的输出电压。牵引发发电机转子的另一端采用弹性柱销联轴节与启动变速箱相连,以驱动直流启动发电机和通风机。

整流柜置于通风机上部,硅整流装置将牵引发发电机所发出的三相交流电整流成脉动直流,给牵引电动机供电。

牵引电动机通过万向轴与轨道车的轮对相连,万向轴一方面改变了力矩的传递方向,另一方面将牵引电动机的输出转矩传递给轮对,从而驱动轨道车在钢轨上运行。

直流启动发电机存在2种工况,一种是启动工况,由蓄电池给电机的串励绕组及电枢绕组供电,此时电机作串励直流电动机运行,电动机通过变速箱带动牵引发发电机及柴油机旋转,当柴油机的转速达到点火转速时,柴油机开始点火运行;另一种是发电工况,柴油机启动后,通过控制电路,电机改为他励直流发电机运行,向蓄电池充电并给轨道车上的其他电器提供110 V直流电源。

通风机进风口通过通风管道与整流柜相连,通风机出风口通过通风管道与牵引电动机相连。当通风机运转时,冷却风从整流柜进入,对大功率整流元件进行冷却,然后通过风道及通风机,对牵引电动机进行

强迫通风冷却。

2.2 电传动系统的结构与性能

电传动系统中牵引发发电机装配在车体的动力室内,硅整流装置、启动发电机、通风机等装配在车体的电气室内,而牵引电动机则装配在车体底架下面。电传动系统具体布置见图2。

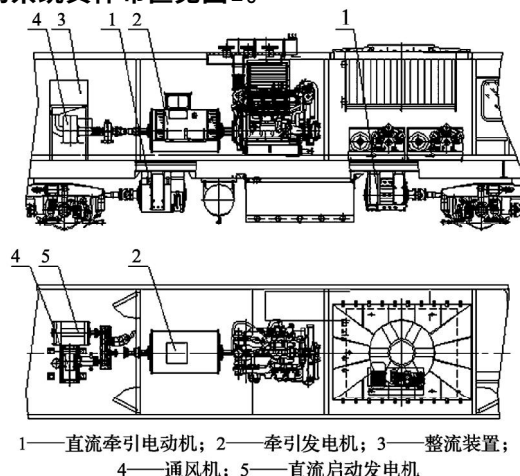


图2 轨道车电传动系统布置图

2.2.1 机车粘着牵引力的计算

计算粘着系数经验公式:

$$\mu_j = 0.25 + 8 / (100 + 20V) \quad (1)$$

式中: V ——机车速度, km/h。

机车粘着牵引力公式:

$$F_\mu = 1\,000 P_\mu \cdot \mu_j \text{ (kg)} \quad (2)$$

式中: P_μ ——机车粘着重量, t。

由公式(1),计算粘着系数为0.264,由公式(2),计算机车粘着牵引力为217 kN,由此可见轨道车最大轮周牵引力不大于217 kN。

2.2.2 牵引发发电机

根据柴油机及牵引电动机的额定参数,考虑到柴油机额定转速较高(1 800 r/min),选择隐极无刷励磁同步发电机作为牵引发发电机。牵引发发电机为双轴伸结构,其轴伸的一端通过弹性联轴节与柴油机飞轮联接,共同安装于机车底架上,组成柴油发电机组,传递柴油机的输出转矩;轴伸的另一端采用弹性柱销联轴节与启动变速箱相连,以驱动启动电机和通风机。

柴油机启动后,当牵引发发电机的励磁绕组通过励磁电流时,牵引发发电机即可发出三相交流电。

牵引发发电机的主要参数如下:

额定容量	1 000 kVA
额定电压	720/374 V
额定电流	802/1 544 A
额定转速	1 800 r/min
效率	0.93
极数	6
电机电压相数	3
额定功率因数	$\cos\varphi = 0.85$

绝缘等级	F/F
冷却方式	自扇冷却
工作制	S1
励磁电压	≤100 V
励磁电流	≤4 A

2.2.3 整流装置

整流装置安装在风机上方，通过风管与通风机联接，作为通风机进风口，通风机运转时，冷却风从整流元件之间流过，将整流元件的热量带走。

牵引发电机发出的三相交流电通过硅整流装置整流成脉动直流电，供给牵引电动机。

整流装置的主要技术参数如下：

额定输入电压	770 V
额定输入电流	2 000 A
额定直流输出电压	1 000 V
额定直流输出电流	2 555 A
主电路联结方式	三相桥式整流

硅整流柜输出功率公式：

$$P_F = (N_e - P_{fj}) \cdot \eta_F \cdot \eta_{Si} \tag{3}$$

式中： N_e ——柴油机装车功率；

P_{fj} ——轨道车辅助功率，取 106.6 kW(145 hp)；

η_F ——发电机效率；

η_{Si} ——硅整流柜效率，取 0.99。

由公式 (3) 求得整流柜输出功率为 816 kW，计算硅整流柜外特性如表 1。

表1 硅整流柜外特性

输出电流 /A	842	1 020	1 360	1 682	2 400
输出电压 /V	970	800	600	485	340

2.2.4 牵引电动机

轨道车采用 2 台直流牵引电动机作动力牵引，每台牵引电动机均采用“体悬挂式”，即牵引电动机轴向顺机车方向悬挂于机车车体底架下面两侧的侧梁上，使牵引电动机与机车构架成为一个整体，牵引电动机质量成为簧上质量，来自轮对的振动经过二系弹簧减振后，对电机的冲击已大大减弱，改善了电机的使用环境，同时也避免轨道车的限界要求的局限性。

牵引发电机发出的三相交流电经整流装置整流后供给 2 台直流牵引电动机，牵引电动机的轴伸上装有法兰盘、联接万向轴，把牵引电动机输出的扭矩传递到轨道车轮对上，驱动轨道车运行。

2 台直流牵引电动机采用并联的联接方式，牵引电动机工作时为满磁场，由于采用调压调速，而且无削磁电阻及削磁控制电路，因此控制环节更为简单。

根据轨道车主要技术数据，设计牵引电动机的性能参数如下：

型号	ZD109G
额定功率	380 kW
额定电压	485 V

额定电流	842 A
额定转速	535 r/min
最高电压	970 V
最大电流	1 200 A
最大恒功转速	1 610 r/min
最大转速	2 250 r/min
工作制	连续制
励磁方式	串励
通风方式	强迫通风
冷却风量	110 m ³ /min

计算牵引电动机牵引特性如表 2。

表2 牵引电动机牵引特性

电压 /V	970	800	600	485	340
电流 /A	421	510	681	842	1200
转速 /r · min ⁻¹	1 611	1 162	736	535	298
转矩 /N · m	2 251	3 118	4 923	6 771	12 160

2.2.5 通风机

通风机通过尼龙绳与变速箱相连。柴油机运转时，经由牵引发电机带动变速箱，通风机由变速箱经尼龙绳驱动旋转。

通风机的进风口通过风管连接整流装置，出风口通过风管连接到牵引电动机。风机工作时，靠旋转叶轮，带走空气，形成一定负压，大气从风机进风口进入风机中，叶片旋转使空气逐渐升压至出风口排出。通风机高速旋转时产生的风量对整流装置及牵引电动机进行冷却。

通风机参数如下：

型式	前向叶片离心式
功率	35 kW
传动方式	机械传动
转速	2 600 r/min
风量	330 m ³ /min
转向	从进风口端看为顺时针

2.2.6 直流启动发电机

直流启动发电机通过法兰盘与变速箱相连，直流启动发电机在轨道车上有 2 种运行工况，分别是启动工况和发电工况。

启动工况时，96 V 的蓄电池组给直流启动发电机的串励绕组供电，此时电机作直流电动机使用，电机通过变速箱、主发电机带动柴油机，当柴油机达到点火转速后，柴油机启动完成。柴油机正常运转时，通过控制电路使启动发电机变成他励发电机，调节他励绕组上的励磁电流，使其发出恒定的 110 V 的直流电，向蓄电池充电，同时向空压机组等辅助设备供电。

启动发电机参数：

型号	ZQF412
通风方式	自通风

(下转第 86 页)

家对系统存在问题制定的几种整改方案等暴露出的问题,给运营人员如下启示:

①能通过人为设计让设备自身具有保护措施,一定通过设计让设备自身进行保护,而不是通过规章制度来规范。例如2号线车辆停放制动起初的设计,通过编制停放制动施加/缓解的操作说明书以及制定相关措施可以防止司机带停放制动走车,但人毕竟会存在失误。改造后,将停放制动设计作为列车启动联锁的一个条件,然后编制停放制动施加/缓解的说明书,这样当司机由于某些原因未按要求操作时,导致的结果是不能正常施加/缓解停放制动,但此时系统自身进行启动联锁保护,这样系统对人为因素导致的操作失误进行了弥补。

②在今后对车辆进行技术改选时,应该对问题分

析透彻、考虑周全,而不能治标不治本或顾此失彼,导致技术改造只处理了一些表面问题,但带来更大的隐患。

参考文献:

- [1] 齐俊岩. 北京地铁车辆的停放制动 [J]. 现代城市轨道交通, 2001(1).
- [2] 刘进华, 胡宇峰. 机车单元制动器技术标准的探讨 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2003(3).
- [3] 韩晓辉, 田继森, 等. 带有停放制动的制动单元力的作用原理及运用分析 [J]. 铁道机车车辆, 2003(5).
- [4] 谢启明, 王俊勇. BFC F型踏面制动单元原理分析 [J]. 机车电传动, 2010(3): 30-32.
- [5] 刘进华, 彭海清. 铁道机车的停放制动系统 [J]. 电力机车城轨车辆, 2003(5).

(上接第49页)

绝缘等级(定子/转子) F/H
转向 从传动端看为顺时针

1) 发电工况参数

额定功率 80 kW
额定电压 110 V
额定电流 728 A
额定转速 1 051~2 728 r/min
励磁方式 他励
励磁电流 ≤ 8 A
励磁电压 96 V
工作制 80 kW 5 min, 30 kW 5 min

2) 启动工况参数

励磁方式 串励
最大启动电流 1 900 A

启动电流为1 900 A时,电磁转矩 $\geq 2\ 842\ \text{N}\cdot\text{m}$;在48DG420-96 V蓄电池启动下,转速为324 r/min时,电磁转矩 $\geq 1\ 088\ \text{N}\cdot\text{m}$ 。

启动时间: 每次 $\leq 15\ \text{s}$, 允许连续启动6次, 相邻两次应间隔至少15 s。

3 轨道车牵引特性

计算得出轨道车牵引特性如表3。

表3 轨道车牵引特性

电机转速 / $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	1 611	1 162	736	535	298
车速 / $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	71.7	51.7	32.7	23.8	13.2
机车牵引力 / kN	37.1	51.4	81.3	111.8	200.7

轨道车具体牵引曲线见图3。

4 结语

GCD-1000型电传动轨道车电传动系统于2010年8

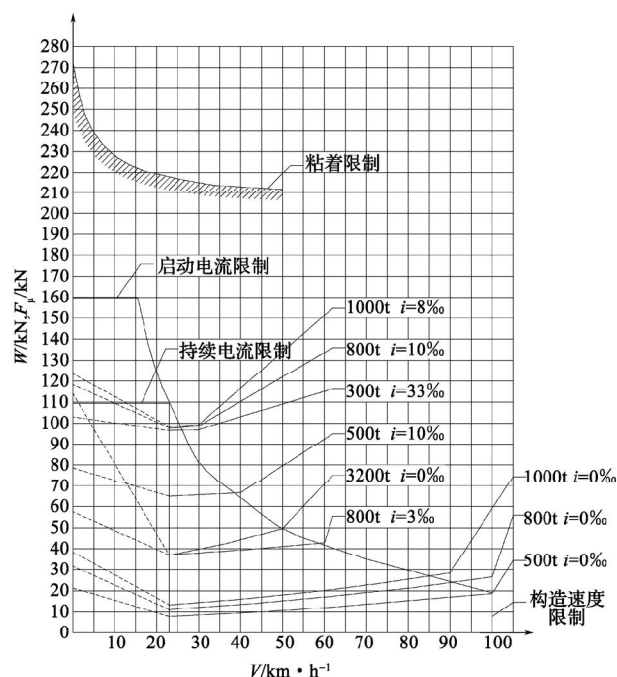


图3 牵引性能曲线和阻力曲线

月完成设计,至2011年3月16日成功试制出2套并交付轨道车整车厂家装车调试,于2011年4月23日完成水阻试验,同年4月底完成路试。

试验表明,轨道车电传动系统符合设计规范,完全满足客户要求,现整车已交付最终用户使用,反映良好。

参考文献:

- [1] 刘达德, 等. 东风₄型内燃机车结构和原理 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1986.
- [2] TB/T 1407—1998, 列车牵引计算规程 [S]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [3] 陈世坤. 电机设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.