

# “普天”号摆式动车组动车的研制开发

王永良：大连机车车辆厂设计处，主管设计师，大连，116021

**摘要：**“普天”号摆式动车组动车装用12V240ZJD-1型柴油机，机车标称功率为3 250 kW，采用微机网络控制以及国际领先的径向全悬挂转向架，最高速度可达160 km/h。文章介绍了“普天”号摆式动车组动车的性能、总体布局以及结构特点。

**关键词：**摆式动车组；动力车；设计；性能

**具**有倾摆功能的列车通过曲线时由倾摆检测系统感知列车通过的速度以及剩余离心力加速度等参数，通过倾摆执行机构使车体向圆心方向预先倾斜一定角度以补偿外轨超高，在满足旅客舒适性要求条件下提高曲线运行速度。普通列车通过曲线的速度提高后，未平衡离心加速度也增加，最大可超过 $2\text{ m/s}^2$ ，约为正常曲线通过的3倍左右，这必然威胁到行车安全。而摆式列车则可通过径向转向架技术平衡高速通过曲线时的横向力，提高其运行平稳性，同时能有效降低轮轨间的磨耗。

## 1 “普天”号摆式动车组动力车

“普天”号摆式动车组为2动6拖，大连机车车辆厂研制的动力车为交-直流电传动内燃机车。动力车处于列车的首尾部，以推挽方式牵引整列车运行。动力车头部为流线形，可有效地减小高速运行时的空气阻力。动力车由微机网络控制，首尾动力车采用网络通信方式。

由于动力车用于既有线提速，故要求整车进行减重，轴重由传统设计的20.5 t降到18.5 t，以提高动力车的动力学性能及减小轮轨力。

动力车总体布局见图1。以主车架为分界线可将动力车分为上下两部分，上部为车体和各类车内设备；下部为2个完全相同的转向架组成的走行部及挂于动力车车体中部的燃油箱。

动力车上部由五道隔墙分为6个部分，从前到后依次为：司机室、电气室、传动室、动力室、冷却室和辅助室。

司机室内设有操纵台、司机座椅、电暖器、空调等设备。操纵台上布置有操纵装置和显示装置。

电气室设有电器柜，电器柜采用正压通风。采用2个功率为400 W的风机向电气室吹入经过滤的空气，使电气室处于正压环境，避免因吸入油气及灰尘而造成电器元件故障。

传动室设有主整流柜、前变速箱、启动发电机、励磁机、行车安全

设备柜、万向轴和通风机等设备。

动力室内设有柴油发电机组、机油热交换器、机油滤清器、膨胀水箱、燃油泵、电预热器、燃油粗滤器和启动机油泵等。车体左右两侧墙上设有空气滤清器、测量仪表和车体通风机。

冷却室上部为散热器呈马鞍型布置的冷却装置，其上部安装30组铜散热器和一个直径为1.8 m的冷却风扇及液压泵。下部为变速箱、风机、风泵发电机组等设备。

辅助室安装有电阻制动柜、制动系统阀类。

动力车主要技术参数见表1。

## 2 动力车主要部件及系统配置

### 2.1 12V240ZJD-1型柴油机

动力车的动力装置为12V240ZJD-1型柴油机，它是16V240ZJ型柴油机的系列产品。该柴油机广泛采用了大连机车车辆厂与英国里卡多公司技术合作的成果，使其性能指标居国内机车用柴油机领先水平。增压器采用VTC214-13增压

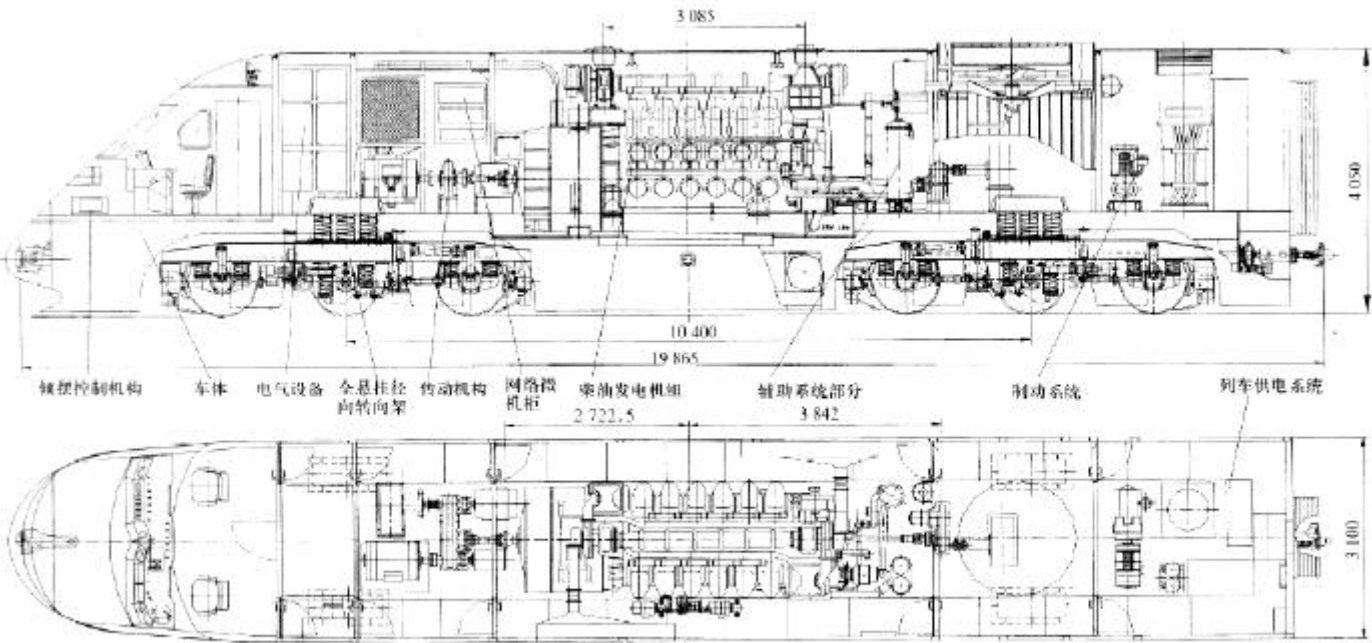


图1 “普天”号摆式动车总图

表1 动力车主要技术参数

| 项目                            | 参数                                     |
|-------------------------------|--|
| 用途                            | 干线客运                                   |
| 轨距 / mm                       | 1 435                                  |
| 限界                            | GB146.1-83 《标准轨距铁路机车车辆限界》(车限-1A,车限-1B) |
| 环境空气温度 /                      | -20 ~ 45                               |
| 标称功率 / kW                     |  |
| 双节, 不向列车供电                    | 3 250                                  |
| 双节, 向列车供电 350 kW              | 2 910                                  |
| 轴式                            | A1A - A1A                              |
| 轮径 / mm                       | 1 050                                  |
| 轴重 / t                        | 18.5 ± 3%                              |
| 动力车计算重量 / t                   | 111 ± 3%                               |
| 燃料箱容积 / L                     | 5 000                                  |
| 机油储备量 / kg                    | 900                                    |
| 冷却水储备量 / kg                   | 950                                    |
| 砂储备量 / kg                     | 200                                    |
| 通过最小曲线半径 / m                  | 125                                    |
| 车钩中心线距轨面高度 / mm               | 880 ± 10                               |
| 车钩衔接线中心线间距离 / mm              | 19 865                                 |
| 牵引齿轮传动比                       | 76 / 29                                |
| 动力车速度(半磨耗轮径1013 mm)           |  |
| 最大运用速度 / km · h <sup>-1</sup> | 160                                    |
| 持续速度 / km · h <sup>-1</sup>   | 60                                     |
| 动力车轮周牵引力(双节)                  |  |
| 起动牵引力 / kN                    | 220.83                                 |
| 持续牵引力 / kN                    | 169.5                                  |

器, 高压喷油泵、喷油器、高压油管均为进口部件, 以进一步提高柴油机的可靠性和耐久性。

该柴油机采用电子控制燃油喷射系统。取消了调速器、调控传动装置及机械控制

机构。

为了适应动力车总体要求, 将柴油机进行了降高度设计, 同时进行了减重, 使该柴油机结构更为紧凑。柴油机能参数见表2。

2.2 车体

车体为框架式侧壁承载车体, 全焊钢结构, 可承受1 470 kN纵向静压缩力。司机室采用能复合再生的环保材料PC 合金板代替原玻璃钢材料进行内部装饰。

为了提高动力车外观质量, 车体侧墙组焊采用蒙皮胀拉工艺。

表2 柴油机性能参数

| 项目                                      | 参数              |
|---|-----------------|
| UIC 标定功率 / kW                           | 2 400           |
| 最大运用功率 / kW                             | 2 000           |
| 转速 / r · min <sup>-1</sup>              | 400 ~ 1 000     |
| 气缸数及排列型式                                | 12缸, V型, 50° 夹角 |
| 燃烧方式                                    | 直接喷射, 开式燃烧室     |
| 缸径 × 行程 / mm                            | 240 × 275       |
| 压缩比                                     | 12.4            |
| 标定功率时燃油消耗率 / g · (kW · h) <sup>-1</sup> | 不大于214          |
| 标定功率时机油消耗率 / %                          | 不大于(燃油消耗率的)1.5  |

车体后端设置密封性好的折棚风挡,作为动力车与客车之间的通道。

司机室前窗玻璃采用电热安全玻璃,整体粘接到车体窗框上。

动力车后端车钩采用带旋转功能的密接式车钩;前端车钩为自动车钩。

2.3 走行部分

动力车走行部分采用2个结构相同的A1A轴式的准高速径向转向架,两转向架中心距10 400 mm。转向架构架采用高强度低合金材料,由2个侧架,1个横梁和2个端梁组成闭式结构。2个牵引电动机相对布置,采用轮对空心轴全悬挂安装方式,降低了簧下重量。设有径向转动机构,靠轮轨间蠕滑自导向,促使端轴在曲线区段呈八字形径向取位,减小轮轨冲角和横向力,可有效地提高曲线通过能力。牵引力通过低位牵引杆传递;轴箱为拉杆定位式轴箱。弹簧悬挂装置为两系弹簧悬挂,一系为轴箱螺旋弹簧加垂向液压减振器,二系采用大挠度高圆簧上下加减振垫及垂向、横向、抗蛇行减振器。车轮采用整体车轮。基础制动装置采用带有闸瓦间隙自动调整功能的单元制动器,每节动力车一、六轴设弹簧停车装置。

为了满足动力车快速运行时的制动停车距离需要,制动闸瓦采用摩擦系数较大的粉末冶金瓦。该闸瓦具有散

热性能好,环境适应能力强,摩擦系数稳定的特点。动力车在160 km/h速度运行时,单机紧急制动停车距离不超过1 600 m。转向架主要性能参数见表3。

2.4 电气部分

2.4.1 电传动装置

主传动采用交-直流电传动。主发电机发出的三相交流电经主整流柜整流成直流电后,送给4个全并联的牵引电动机。

牵引发电机为JF210E型主、副三相交流发电机,兼有列车供电功能,主发电机与供电发电机同轴一体。牵引电动机型号为ZD-106A。主整流柜的硅元件采用与DF<sub>40</sub>型机车相同的元件,主整流装置型号GTF-5070/1250A。电阻制动可满足柴油机自负荷试验。

2.4.2 控制系统

动力车采用微机控制,其主要功能有:动力车运行状态控制;柴油机转速与功率控制;辅助发电恒压控制;电阻制动与空气制动控制;动力车系统运行参数显示;动力车系统故障记录与报警;列车供电恒压控制等。司机控制手柄采用12档位。

2.4.3 列车供电系统

动力车设置有列车供电系统,以满足客车用电。首尾动力车均可向列车提供600 V直流电源,每单节动力车最大供电功率为300 kW,采用列车集中供电,客车分散逆变方式。首尾动力车分两路向列车供电。微机控制系统还可以根据列车用电情况实现供电功率和牵引功率的相互转移。需要说明的是,由于副发电机散热及控制要求,副发电机工作的最低转速为680 r/min,所以在柴油机惰转情况下,只要列车进行供电,微机系统便会自动将柴油机转速升至680 r/min。

2.4.4 列车倾摆控制系统

列车倾摆控制通过安装在机车上的2个双向陀螺角速率敏感器和3个冗余的加速度传感器,得到精确可靠的列车过弯道时的横向剩余离心力加速度值,由微机完成传感器信号处理,发出倾摆指令,通过列车网络控制系统依次向各节客车中的计算机发出倾摆指令,并由各客车内的倾摆系统完成倾摆动作的执行。

2.4.5 网络控制系统

摆式动车组网络由WTB列车总线和MVB车辆总线两级总线组成,每个动力车和客车均设置网络结点,具有牵引控制、工况显示、动车组倾摆控制、制动控制、列车状态检测及故障显示等功能。系统采用模块化硬件,总线上重要信息可以共享。

2.4.6 控制及照明电路

控制及照明电路采用110 V直流电源。柴油机起动前由蓄电池供电,起机后由辅助发电机供电。

2.4.7 其它

装用阀控密封式铅酸蓄电池,避免了原铅酸蓄电池容易漏液而污染环境的问题,用来满足柴油机起动和辅助用电的需要。动力车设有SJ-94型通用式机车信号,LKJ-2000型列车运行监控装置,无线调度电台,并设有首尾动力车之间的联系电话。可实现2节动力车牵引、制动(包括电阻制动)、撒砂等作用同步操纵。动力车设有可调光的头灯,司机室内设可调照明灯,车内各室和底架下方设有足够的照明设备。

电气部分主要性能参数见表4。

2.5 辅助系统

2.5.1 冷却水系统

动力车冷却水系统采用和DF<sub>4</sub>系列机车类似的高温水和中冷水2个独立的循环系统。高温水系统采用高温

表3 转向架主要性能参数

| 项目      | 参数       |
|---------|----------|
| 轴距/mm   | 1 900    |
| 轮径/mm   | 1 050    |
| 基础制动装置  |          |
| 单元制动装置数 | 每轮一个     |
| 制动倍率    | 4.47/2.7 |
| 动力车制动率  |          |
| 常用制动    | 0.44     |
| 紧急制动    | 0.5      |
| 弹簧停车制动率 | 0.11     |



表4 电气部分主要性能参数

| 项目                            | 参数              |
|-------------------------------|-----------------|
| 主发电机                          |                 |
| 额定容量 /kVA                     | 2 200           |
| 额定电流 /A                       | 2 640/1 650(AC) |
| 额定电压 /V                       | 481/770(AC)     |
| 额定转速 / r·min <sup>-1</sup>    | 1 000           |
| 额定频率 /Hz                      | 150             |
| 最大电流 /A                       | 3 590(AC)       |
| 励磁方式                          | 他励              |
| 绝缘等级                          | H / H           |
| 冷却方式                          | 径向自通风           |
| 工作制                           | 连续              |
| 副发电机                          |                 |
| 额定容量 / kVA                    | 350             |
| 额定电压 / V                      | 600 ( DC )      |
| 励磁方式                          | 他励              |
| 冷却方式                          | 径向自通风           |
| 工作制                           | 连续              |
| 主整流装置                         |                 |
| 整流电路                          | 三相桥式            |
| 冷却方式                          | 强迫风冷            |
| 牵引电动机                         |                 |
| 额定功率 /kW                      | 600             |
| 额定电压 /V                       | 760             |
| 额定电流 /A                       | 845             |
| 额定转速 / r·min <sup>-1</sup>    | 1 150           |
| 额定效率 /%                       | 94              |
| 最高电压 /V                       | 980             |
| 最大电流 /A                       | 1 260           |
| 最小恒功率电流/A                     | 655             |
| 最大恒功率转速 / r·min <sup>-1</sup> | 2 260           |
| 最大转速 / r·min <sup>-1</sup>    | 2 450           |
| 励磁方式                          | 串励              |
| 工作制                           | 连续              |
| 通风方式                          | 强迫通风            |
| 绝缘等级                          | H / H           |
| 电阻制动装置                        |                 |
| 电阻制动轮周功率 /kW                  | 1 700           |
| 制动电阻值 /                       | 1               |
| 最大允许使用温度 /                    | 600             |
| 最大制动电流 /A                     | 680             |
| 最大励磁电流 /A                     | 740             |

加压冷却、闭式循环，可有效地提高冷却装置的散热能力。冷却装置共采用30组散热器。散热器采用机械胀管式铜散热器。

柴油机冷却水系统采用高低温两路独立的循环系统。高温水系统采用闭式加压冷却方式，高温水出

口水温最高控制在98。

冷却风扇为直径1.8 m的轴流风扇，由静液压马达驱动。

2.5.2 机油系统

动力车的机油系统与DF<sub>4</sub>系列机车机油系统原理相同。启动机油泵电机组、机油滤清器、机油热交换器等部件，均采用大连机车车辆厂批量生产的产品。

2.5.3 燃油系统

动力车的燃油系统原理与DF<sub>4</sub>系列机车燃油系统原理相同，系统压力提高后，燃油输送泵采用进口产品，仍采用110 V(DC)电机。

2.5.4 通风及空气滤清系统

(1)柴油机进气滤清系统。滤清器由三级滤清元件组成，第一级为波纹状滤网，第二级为多旋流管惯性滤清器，第三级为金属骨架纸质滤清器。

(2)牵引电动机通风及空气滤清。前转向架的牵引电动机通风机，从设在电气室侧墙上的通风窗吸入外界空气。外界空气先经过主整流柜中的热管元件后，再进入牵引电动机通风道，给前转向架的2个牵引电动机通风冷却。后转向架的牵引电动机通风机布置在冷却室内冷却装置的下方，从冷却室两侧百页窗吸入空气，通过车体底架上的风道对牵引电动机进行冷却。

2.6 空气制动系统

空气制动系统采用微机控制直通式电空制动系统。风源系统中设有风源净化装置。空气压缩机采用TSA-230D型螺杆式空压机。具有双管供风装置。总风缸容积1 000 L，制动管定压600 kPa。设防滑器。

3 摆式列车的应用前景

摆式列车的作用是提高列车曲线通过的速度。我国铁路有相当一部分或受地形限制或由于修建年代较早，技术标准较低，曲线多且半径小，典型的如成渝、成昆、贵昆、焦济线以及金温线等。仅以成渝线为例，该线全长504 km，有曲线761处，最小曲线半径285 m，曲线半径在600 m以下的曲线长度占总长的68%。在目前以及今后一段时间内，我国在这些线路上进行大幅度改造的可能性很小，而这部分铁路对当地的经济的发展又有着举足轻重的作用。在这些线路上，摆式列车能发挥其优势，根据理论分析结合国外实际应用证明，摆式列车可以提高曲线通过速度30%以上。

责任编辑 冒一平

收稿日期 2003-10-13