

DONGCHEZU JIANCE YU  
GUZHANG ZHENDUAN JISHU



高速铁路新技术系列教材 机车车辆

# 动车组检测与 故障诊断技术

郭世明 编著



西南交通大学出版社  
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高速铁路新技术系列教材（机车车辆）

# 动车组检测与故障诊断技术

郭世明 编著

西南交通大学出版社

·成都·

(辞书) 林德明主编 西南交通大学

-----  
**图书在版编目 (C I P) 数据**

动车组检测与故障诊断技术 / 郭世明编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2008.9  
(高速铁路新技术系列教材. 机车车辆类)  
ISBN 978-7-5643-0093-7

I. 动… II. 郭… III. ①动车—故障检测②动车—故障诊断 IV. U266

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 151746 号  
-----

高速铁路新技术系列教材 (机车车辆)

**动车组检测与故障诊断技术**

郭世明 编著

\*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 23.625

字数: 588 千字

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0093-7

定价: 39.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

西南交通大学出版社

· 渝 ·

# 前 言

当前我国铁路已开始了第六次大规模提速，这次大提速的特点是投入了大量的新技术装备，其中我国研制的高速动车组已正式投入运营，它们是我国铁路引进技术、消化吸收和再创新的丰硕成果。高速动车组的投入运营，使铁路客运速度达到了 200 km/h，今后的客运速度还将进一步提高，这标志着我国已经进入高速铁路国家的行列。

高速铁路涉及很多高新技术问题，作为铁路运输装备的高速动车组就是这些高新技术的综合和具体体现。它涉及车体技术、转向架技术、制动技术、牵引传动技术、自动控制技术、网络与信息技术、故障诊断技术等。

动车组的故障诊断技术是一门新兴学科，它涉及人工智能、传感器技术、信号处理技术、计算机技术等多学科。故障诊断技术是保障动车组安全运行的关键技术之一，它可对动车组故障的发展作出早期预报，对出现故障的原因作出判断、提出对策建议，从而避免或减少事故的发生。

本书共分 9 章，第 1 章介绍动车组的发展及故障诊断系统的作用与功能；第 2 章介绍动车组的构成及列车监控与诊断系统；第三章介绍检测技术的基本概念及信号的放大、处理与变换；第四章介绍常用传感器的原理、参数及应用；第五章介绍故障诊断的一般方法和智能诊断方法；第六章介绍列车通信网络技术；第七章介绍动车组走行部的故障检测与诊断；第八章介绍动车组牵引传动系统的检测与故障诊断；第九章介绍动车组的检修制度和检修基地。

在本书编写的过程中，作者参考和引用了部分国内外同行的资料和文献，在此不一一详述，谨向这些资料和文献的作者表示衷心的感谢！

本书可作为电气工程与自动化专业高年级本科生和研究生的教材，也可供有关工程技术人员参考。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不妥之处，敬请大家批评指正。

作 者

2008 年 9 月

# 目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 动车组概述	1
1.2 动车组检测与故障诊断系统概述	4
复习思考题	8
第 2 章 动车组及其列车监控与故障诊断系统	9
2.1 动车组的分类及动力配置方式	9
2.2 动车组的技术参数	12
2.3 动车组的结构	15
2.4 动车组的列车监控与故障诊断系统	21
复习思考题	43
第 3 章 检测技术	44
3.1 检测概述	44
3.2 误差的概念	46
3.3 检测系统的性能指标	48
3.4 检测信号的放大	56
3.5 检测信号的滤波	69
3.6 检测信号的分析	78
3.7 检测信号的变换	82
3.8 检测系统的抗干扰技术	98
复习思考题	112
第 4 章 传感器技术	113
4.1 传感器概述	113
4.2 温度传感器	116
4.3 湿度传感器	132
4.4 压力传感器	142
4.5 转速传感器	155
4.6 加速度传感器	160
4.7 电压/电流传感器	167
复习思考题	174

<b>第 5 章 故障诊断技术</b> .....	175
5.1 故障及故障诊断概述 .....	175
5.2 故障的振动诊断方法 .....	187
5.3 故障的声学诊断方法 .....	195
5.4 故障诊断的专家系统方法 .....	204
5.5 故障诊断的故障树方法 .....	213
5.6 故障诊断的信息融合技术 .....	224
复习思考题 .....	236
<b>第 6 章 列车通信网络技术</b> .....	237
6.1 概 述 .....	237
6.2 TCN 网络 .....	241
6.3 LonWorks 网络 .....	257
6.4 CAN 总线 .....	270
6.5 RS-485 总线 .....	284
6.6 WorldFIP 现场总线 .....	287
复习思考题 .....	292
<b>第 7 章 动车组走行部的检测与故障诊断</b> .....	293
7.1 动车组走行部的构成 .....	293
7.2 滚动轴承的检测与故障诊断 .....	294
7.3 齿轮的检测与故障诊断 .....	304
7.4 轮对的检测与故障诊断 .....	314
复习思考题 .....	325
<b>第 8 章 动车组牵引传动系统的检测与故障诊断</b> .....	326
8.1 动车组牵引传动系统简介 .....	326
8.2 受电弓的检测与故障诊断 .....	330
8.3 牵引变压器的检测与故障诊断 .....	335
8.4 牵引变流器的检测与故障诊断 .....	343
8.5 牵引电机的检测与故障诊断 .....	350
复习思考题 .....	354
<b>第 9 章 动车组的检修</b> .....	355
9.1 概 述 .....	355
9.2 动车组的检修制度 .....	359
9.3 动车组的检修基地 .....	365
复习思考题 .....	369
<b>参考文献</b> .....	370



# 第1章 绪论

## 1.1 动车组概述

### 1.1.1 动车组的定义与特点

由两辆或两辆以上带动力的车辆和客车固定编组在一起的列车称为动车组。动车组具有如下特点:

① 动车组是成组存在的,是由两辆或两辆以上的车辆组成在一起的列车。这一特点与车辆相仿,与机车不同。

② 动车组是由带动力的车辆和不带动力的客车组成的,带动力的车辆称为动力车或动车,不带动力的客车称为拖车或随车。动车组带动力的特点与机车相仿,与车辆不同。

③ 动车组是铁路客运的一种新方式,绝大多数的动车组用于客运,如今只有个别的国家(例如日本)尝试将动车组用于货运。

④ 动车组以固定编组进行运营,运行时不能解编;往返运行不需要更换车头,只需改变操纵端。某些动车组允许多列重联。某些国家(例如德国)在动车组日常检修时也不解体,以减少列车停时,提高动车组的利用率。

⑤ 世界上已运营的动车组绝大多数采用电力牵引的电动车组,这主要是由于能源、环保、效率和高速的需要。

### 1.1.2 动车组的发展及应用

目前世界上拥有自主开发并已成功运用动车组的国家有日本、法国、德国和意大利,其共同之处在于列车各部件大量运用高新技术,同时又各具特色,即根据本国的运用条件和传统经验,特别是在转向架结构、车体轻量化、流线型外形、列车动力配置及构成形式、电传动及控制技术、列车信息网络等方面都具有各自的特点。其他正在发展高速铁路技术的国家和地区,如西班牙、比利时、荷兰、韩国等,都是建立在引进这些国家的成熟技术的基础上而发展起来的。

#### 1. 日本新干线动车组的发展及应用

日本的东海道新干线于1959年开工建设,于1964年10月1日东京奥运会开幕前夕开通。该线路的成功运营,开创了世界上高速铁路的新纪元。第一列0系新干线列车以210 km/h的最高运行速度投入运用,使东京一大阪间列车运行时间由7 h缩短至3 h 10 min。东海道新干线建成并成功运行,在日本产生了良好的社会效益和经济利益,对世界铁路的发展产生了重大影响。1985年,日本东北、上越新干线相继开通,200系、100系新干线列车分别以240 km/h和210 km/h的最高运行速度投入运用,100系列车在1986年与0系列车一同达到220 km/h。

1987年之后,新干线网络不断扩大。为了适应不同线路的运营条件,提高运行速度,降低对环境的影响,日本持续不断地开发研制不同系列的新干线动车组,使日本高速铁路技术飞速发展。1992年,300系列车在东海道新干线投入运行,最高速度达到270 km/h。该车通过采用铝合金车体、轻量化转向架和交流传动技术,使轴重大幅度降低,同时,运行速度及动力学性能得到较大提高。

随后,日本又开发了具有更好的空气动力学性能,采用半主动减振技术的500系(最高试验速度为350.4 km/h,运行速度为300 km/h)、采用IGBT变流技术的700系(最高运行速度为285 km/h)、采用双层车体的E4系(运行速度为240 km/h)和Star21、700系等型号的新干线列车,并一直保持自开通运行以来无重大事故的良好记录。

2002年12月1日,东北新干线盛冈—八户新建标准新干线开通运营,东日本公司采用E2系1000型动车组,每列车由10辆编组(8M2T)。E2系1000型动车组最高设计速度达到315 km/h,最高运行速度达到275 km/h。我国从日本引进并联合设计生产的200 km/h动车组的原型即为该型动车组。

## 2. 法国TGV动车组的发展及应用

自1967年起,法国国营铁路开始着手研究高速运输。首先是尝试将航空用燃气涡轮发动机用于铁路动车组。1969年11月,法国成功研制了第一代ETG型燃气轮动车组,最高试验速度达到248 km/h。此后,通过进一步提高燃气轮动车组质量,又研制出第二代ETG型燃气轮动车组,最高试验速度为260 km/h。为了配合在巴黎—里昂建设高速铁路,还研制了第三代TGV-001型燃气轮动车组,5节编组,1972年,其最高试验速度达到381 km/h。然而,1973年中东战争引起第一次世界石油危机后,法国开始将动车组技术核心转向电力牵引,并率先在欧洲实行将速度、环保意识、充分利用能源、高新技术以及经济可靠性综合考虑的技术方针。1973年,法国研制出第一列Z7001电动车组,在1975年,其最高试验速度达到309 km/h。自1976年开始,法国开始着手研究交—直传动的TGV-PSE动车组,并在1981年9月投入运用。此后,法国先后研制了交—直—交传动的TGV-A、TGV-R、TGV-2N、TGV-TMST、西班牙AVE、TGV-PBKA、TGV-K等动车组,新型动力分散动车组AGV也已研制成功,并投入试验运行。其中,TGV-A 325号车组于1990年5月在大西洋线创造了515.3 km/h轮轨系统高速行车的世界纪录,并一直保持至今。

## 3. 德国ICE动车组的发展及应用

早在1970年,原联邦德国政府技术研究部就开始组织对未来长途运输系统新技术的研究。在发展高速铁路采用磁悬浮技术还是轮轨技术的问题上,德国经过了旷日持久的讨论,由于联邦铁路在市场竞争中亏损越来越大,而法国TGV动车组的成功运营也刺激着素以高技术著称的德国,故原联邦德国政府加快了发展高速铁路的步伐。

1982年5月13日,原联邦德国铁路成立董事会,决定修建高速铁路,并于1982年7月动工。1982年8月,联邦铁路投资1200万马克,研制ICE(Inter City Express)试验型城际快车。1985年,2动3拖的ICE/V试验型高速电动车组试制成功,同年,其最高试验速度达到317 km/h。1988年5月,ICE/V型试验列车在汉诺威—维尔茨堡间创造了406 km/h的当时动车组最高速度纪录。



在 ICE/V 的基础上, 1985 年 12 月, 联邦铁路确定了 ICE 设计任务书, 1986 年开始试制 ICE1 型动车组, 1990 年 7 月试制完成并于 1991 年 6 月 2 日以 280 km/h 的速度正式投入运行。

1991 年, 民主德国、联邦德国统一后, 德国政府决定修建柏林—汉诺威的高速铁路, 同时开始了第二代 ICE 动车组——ICE2 的开发。1996 年, 该型动车组投入运用。

德国铁路于 1995 年开始动工修建科隆—法兰克福的高速铁路, 由于该线路最高运行速度提高到 300 km/h, 线路最大坡度达到 40‰, 既有的 ICE1、ICE2 型列车已经不能满足运行需要, 为此, 德国铁路于 1994 年向工业界订购了 50 列 ICE3 型动力分散电动车组。1997 年, ICE3 型电动车组投入运行。

为了在既有线路实现列车运行速度的提高, 德国铁路还开发了 ICT 型摆式动车组。目前, 运行速度达到 350 km/h 的 ICE21 型高速电动车组正在研制中。

#### 4. 其他国家动车组的发展及应用

除了上面所说的日本、法国和德国拥有高速铁路以外, 由于高速铁路具有的良好的经济促进作用, 世界各国都纷纷研究高速铁路技术, 先后发展了一系列的动车组, 例如西班牙、意大利、瑞典、韩国、比利时、荷兰、英国和美国等。其中主要有意大利、瑞典和西班牙三个国家, 他们各自的动车组均具有各自的特色。

##### (1) 意大利

意大利铁路早在 20 世纪 50 年代的 Settebello 电动车组上就获得了最高速度达 200 km/h 的运行经验, 在 20 世纪 80 年代初规划建设高速铁路网的同时着手研制动车组。

1989 年春, ETRX500 型试验列车在罗马—佛罗伦萨试验时速度达到 316 km/h。随后, 意大利又开发了“预生产型” ETRY500 列车, 经试验后于 1991 年投入运行。随后, 正式生产的 ETR500 试验列车于 1995 年开始供货并投入运用。

同时, 由于意大利铁路曲线多, 为适应这些线路还开发了车体可倾摆式列车。Fiat 公司在 1967 年就开始对摆式车体的理论和系统进行研究, 1974 年试制成第一代摆式动车组 ETR401, 并于 1976 年开始试用。鉴于 ETR401 在运用中的良好效果, 随后, 第二代 ETR450 和第三代 ETR460、ETR470、ETR480 摆式列车相继研制成功并投入运用。

##### (2) 瑞典

和意大利一样, 瑞典铁路的线路状况也不十分理想, 因此, 瑞典铁路主要通过采用摆式列车实现高速化。瑞典铁路的主要特点是弯道多、曲线半径小。鉴于其铁路线路现状, 瑞典国营铁路 (SJ) 和 ABB 公司经过多年的研究实验, 研制成功了 X2000 型摆式列车, 并于 1990 年投入运用。此后, 瑞典还研制了 XZ、XCE 等型号的摆式列车。

##### (3) 西班牙

西班牙在马德里—塞维利亚的高速铁路主要采用 AVE 动车组和由 S252 型电力机车牵引的 Talgo 摆式列车进行商业化运行, 其 AVE 动车组主要是从德、法两国购置的。

第二次世界大战后, 西班牙开始着手研制 Talgo 列车, 1950 年, 由美国车辆及铸造公司制造的 Talgo 列车投入运行。1998 年 4 月, 西班牙铁路与德国 ADtranz、Siemens 及西班牙 Talgo 公司签订了合同, 研究开发 Talgo350 摆式列车, 样车于 2000 年底研制完成, 并于 2001 年 2 月 24 日达到 359 km/h 的最高试验速度。

## 1.2 动车组检测与故障诊断系统概述

列车故障诊断是识别列车运行状态的科学,它研究的是列车运行状态在诊断信息中的反映,其研究内容包括对列车运行现状的识别诊断、对其运行过程的监测以及对其运行发展趋势的预测3个方面。由于高速动车组发生故障会带来严重的后果,因此必须在事故发生以前,利用先进的装备较早发现和预防事故发生。动车组检测与故障诊断系统对于高速动车组的安全运行起着重要的作用。

### 1.2.1 动车组故障诊断系统的作用

#### 1. 提高动车组运行的可靠性和安全性

现代动车组是一种技术先进、结构复杂的技术装备,采用了大量的现代电子元件和装备,进行着复杂的信息处理,因此要求这些装备具有较高的可靠性。这种可靠性一方面通过电子装备的可靠性来保证;另一方面则由检测与故障诊断系统来提供。检测与故障诊断系统可以迅速地识别和提示运行中发生的故障,采取措施及时地排除故障,从而保证动车组可靠运行,并提高了列车运营的安全性。

#### 2. 为动车组维修提供重要的依据

现代动车组的检测与故障诊断系统不但能够在运行中向乘务员提供列车的运行状况、故障级别,提出排除故障措施的建议,而且还能在运行中将这些情况及时地向维修基地传送,在列车进入维修基地以前(例如提前1h)做好维修计划,准备好需要更换的配件,从而大大缩短了维修停时,提高了动车组的可用性。

#### 3. 可检测、显示、记录、存储和分析数据

故障诊断系统在动车组运行中检测出故障,并将故障状况、故障等级以及应该采取的措施建议显示在显示屏上,帮助司机处理故障;同时,还就运行中发生的故障情况记录下来,其中包括故障时间、位置,故障发生时有关参数的当前值及其变化情况,并存储下来,供地面系统进一步分析。

#### 4. 为动车组的改进和发展提供依据

故障诊断系统所积累的大量数据,不但成为维修的重要依据,而且通过对这些数据的综合分析,还能对动车组的综合性能和各主要零部件的可靠性进行评估,为动车组的改进和发展提供重要依据。

### 1.2.2 动车组故障诊断系统的功能

动车组故障诊断的目的是提高运行的安全性和可用性(完好率、利用率),优化运营管理,便于运用维修。为此,故障诊断系统具有如下主要功能。

## 1. 故障检测

故障检测是通过采取一定的手段（例如安装传感器），获取各个主要部件和系统工作状态的信息，从而确认它们的工作是否正常，能否完成应有的功能。检测功能的完成主要依赖于各类传感器的工作。对于已有的列车来说，检测的效能主要取决于传感器本身的可靠性和测点的布置；而对于新造的列车来说，应该在设计时充分考虑装备的测试性，使其满足前述的测试性要求。

## 2. 故障识别

故障识别是根据检测信息，判断出所测部件和系统是否存在故障，故障的严重程度。一般来说，对于故障严重程度可以分为两类：普通故障和紧急故障。普通故障是局部的、不至于影响列车安全运行的故障，或通过采取措施（例如切除某一功能）后仍能维持正常运行的故障；紧急故障则是列车不能维持正常运行，必须立即停止运行或者必须采取降级措施后方可继续运行的故障。

故障识别具有很强的实时性，要求配备功能较强的计算机和软件，以便能够及时有效地进行运算和推理判断。

## 3. 故障定位

故障定位即确定故障发生的部位。理想的情况是确定出故障发生在哪些元器件上，但是由于动车组的元器件数量极大，因此将任一故障都确定到元器件级有相当的困难。一般将故障定位到可更换单元（现场可更换单元 LRU 和车间可更换单元 SRU）或相应模块上，以利于维修。

## 4. 故障显示

在故障检测、故障识别和故障定位以后，还需要将故障显示在显示屏上，应尽量显示出发生了什么样的故障、严重程度如何、发生在什么部位、其功能范围包括哪些，给乘务员以提示，提示在这种故障情况下的运行方式，并提出排除故障的维修措施建议。特别是在紧急情况下，指示司机所应采取的紧急制动过程。

## 5. 故障记录、存储与传输

在故障检测、故障识别和故障定位以后，除了显示故障以外，还需将故障数据记录和存储起来，以便利用存储的故障数据进行分析处理，对动车组的维修作出决策，或者为动车组的改进与发展提供依据。

现代动车组采用诊断维修时，必须将运行中发生的故障信息实时传输给动车段，使动车段提前做好准备，列车入库后马上按照制订好的维修计划进行维修，极大地缩短了维修停时，提高了动车组的利用率。

## 6. 整备作业和定期维修中的检验

故障诊断系统还担负着自动化整备作业中的检验任务。例如出库检查，即在动车组发车前的停车状态检测，包括车载微机的自诊断；关键部件，诸如制动系统、车门开关装置和受电弓等的试验，以检验其功能是否良好。在检修基地进行定期检修时，将车载装备与其他设备相连，以进行检测诊断。

### 1.2.3 动车组故障诊断系统的构成

动车组的故障诊断系统包括两个部分，即车载故障诊断系统和地面故障诊断系统。

#### 1. 地面故障诊断系统

由于车载故障诊断系统一方面受空间的限制，不可能配置大型计算机系统；另一方面受实时条件的限制，不可能进行大量的逻辑推理和运算。因此，需要在地面上设置故障诊断系统，以弥补车载系统的不足，从而能够较好地完成动车组故障诊断系统所有的各项任务。

地面故障诊断系统往往和维修信息系统合并为一个系统，它实质上是一个完善的大型计算机系统。它的主要功能有：

① 通过与列车的信息传输与交换，直接得知列车的运行状态，并通过自身的软件系统对信息进行处理与分析，对故障进行实时诊断，给司机以警示和指令。

② 也可以通过数据转储设备，将列车运行中记录下来的数据转储入地面系统，可进一步处理和分析，从而做出动车组设计、制造、运用和维修方面的重要决策。

③ 地面故障诊断系统还包括外部诊断项目，主要有：轮对故障诊断、轴温红外线监测和润滑油的光谱和铁谱诊断等。

④ 列车进入动车段和维修基地期间，所有的检测数据都输入该系统，由计算机系统做出诊断，以便对动车组进行经济、有效的维修。

#### 2. 车载故障诊断系统

动车组故障诊断系统主要是指车载故障诊断系统。车载故障诊断系统是一套安装在列车的实时运行诊断系统，实质上是一个分布式计算机测控系统。

车载故障诊断系统分为三个层次：列车诊断中心、车辆诊断装置和设备诊断单元。其间用通信网络连接，构成整个诊断系统，如图 1.1 所示。

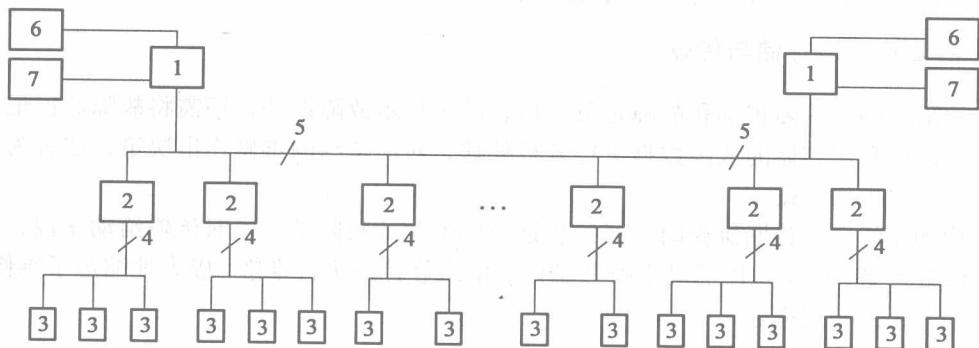


图 1.1 诊断系统分布结构图

1—列车诊断中心；2—车辆诊断装置；3—设备诊断单元；4—车辆通信总线；  
5—列车通信总线；6—显示装置；7—人机接口

#### (1) 列车诊断中心

列车诊断中心是整个列车的主诊断装置，用于全列车技术状态的分析和诊断。它通过列

车总线获取各节车辆的工作状态和故障情况,然后进行处理分析,作出判断,并将诊断结果进行记录和向乘务员显示,在故障情况下还应向乘务员提示有关处理对策。

列车诊断中心配备有显示终端,并具有人机对话功能。乘务员可以与中心在终端上“对话”。列车诊断中心还具备无线通信功能,以便与地面调度中心通话和交换信息。

列车诊断中心一般设在动力车上,如果前后动力车均设有列车诊断中心,则应以前动力车为主,成为整个列车的控制中心,后面的动力车诊断系统则成为车辆诊断装置。

### (2) 车辆诊断装置

车辆诊断装置包括动力车和拖车的诊断装置,它们是车载诊断系统的一个子站。每个车辆诊断装置通过车辆总线搜集本节车辆的数据和各个部件的诊断结果,并进行分析、记录。车辆诊断装置根据本节车内各个功能部件或子系统的工作状态,得出本节车的当前状况,如果确认为故障状况,则还需进行故障识别,并记录备案,并通过通信网络送往列车诊断中心。

车辆诊断装置在结构上是完全独立的,它只与列车诊断中心和部件诊断单元发生联系,并具有简单的显示与报警功能。

### (3) 设备诊断单元

设备诊断单元是直接面向监测对象的功能层次,它可以直接面对一个部件、一个功能模块或一个子系统进行监测诊断。诊断结果和建议传输给车辆诊断装置,同时将有关数据如实记录下来,在适当时机可由转储设备取出,以备进一步分析应用。

设备诊断单元在功能上与相应的部件模块或子系统是互相独立的,但在结构上可以在一个功能块内,也可以是一块单独的插件板。

动车组车载故障诊断系统的监测诊断项目主要包括:供电诊断;牵引传动装置诊断;制动装置故障诊断;转向架故障诊断;车门故障诊断;防滑装置故障诊断;轴箱温度监测;空调装置故障诊断;司机工作状态监测;旅客安全防护,等等。

## 1.2.4 动车组故障诊断的内容

高速动车组车载故障诊断系统的监测诊断项目主要包括:供电诊断;牵引传动装置诊断,制动装置故障诊断,转向架故障诊断,车门故障诊断,防滑装置故障诊断,轴箱温度监测,空调装置故障诊断,司机工作状态监测,旅客安全防护等。

总的来说,按照动车组故障诊断的项目内容,可把动车组故障诊断分为外部诊断和内部诊断。

### 1. 外部诊断

外部诊断是应用现场的检测装置,在需要时与被测设备连接进行检测诊断。外部诊断装置可以是地面固定装备,也可以是随车检测装置。目前越来越多地采用便携式电脑及有关装置。

对动车组进行的外部诊断主要有:

① 轮对诊断。检测诊断车轮踏面上的横向裂纹、车轮型面误差和磨损状况以及车轮不圆度和擦伤。

② 轴温探测。通过红外线轴温探测系统,利用车轴发生热切以前轴温急剧上升的原理来预报车轴的事故。

③ 润滑油分析。利用润滑油光谱分析和铁谱分析来判断各摩擦零部件的磨损状况和诊断润滑系统的有关故障。

## 2. 内部诊断

内部诊断是使用固定安装在机车车辆上的检测诊断装置,对主要零部件的工作状况进行连续监测,作出实时通报。例如,德国铁路 ICE 动车组就有一个完善的内部诊断系统。对动车组进行的内部诊断主要包括:

- ① 对所有电子控制的范围,包括制动机的故障进行检测。
- ② 通过显示屏给机车司机和列车乘务员以排除故障的提示。
- ③ 按照优先等级和故障意义及时间长短来划分故障等级。
- ④ 输入人们发现的其他故障。
- ⑤ 通过履历存储、试验曲线、过程参数值的查询和外部决策软件给维修提供帮助。

## 复习思考题

- 1.1 简述动车组的特点。
- 1.2 简述动车组故障诊断系统的作用。
- 1.3 简述动车组地面故障诊断系统的主要功能。
- 1.4 简述动车组车载故障诊断系统的组成。
- 1.5 动车组的外部诊断和内部诊断采用的手段有哪些不同?
- 1.6 动车组常用的外部诊断功能有哪些?



## 第2章 动车组及其列车监控与故障诊断系统

### 2.1 动车组的分类及动力配置方式

#### 2.1.1 动车组的分类

动车组的分类方法很多,常用的分类方法主要有以下几种。

##### 1. 按速度等级分类

###### (1) 准高速动车组

最高运行速度为 160~200 km/h。

###### (2) 高速动车组

最高运行速度为 200~400 km/h。

###### (3) 超高速动车组

最高运行速度为 400 km/h 以上。

##### 2. 按牵引动力类型分类

###### (1) 高速电动车组

从高速铁路发展状况看来,80%以上的高速动车组都是采用电力牵引。尽管电力牵引具有较大的初始投资,但电力牵引具有牵引功率大、轴重轻、经济性好、利于环保等优点。

###### (2) 高速内燃动车组

内燃牵引高速动车组由于其投资少、见效快、经济性好等优点,常常用于尚未电气化的高速铁路区段,或者作为发展高速铁路建设的一种过渡牵引形式。

###### (3) 磁悬浮动车组

磁悬浮列车是一种全新的交通运输工具,它与传统的列车有着截然不同的特点。它是利用电磁系统产生的吸引力和排斥力将列车托起,使整个列车悬浮在轨道上,并利用电磁力进行导向,利用直线电机将电能直接转换为推进力,推动列车高速前进。磁悬浮列车由于轮轨不接触,没有轮轨摩擦阻力,因而适合于超高速运行,速度可达 500 km/h 以上;而且具有安全性好、污染小、利于环保、占地面积小、运行平稳、舒适性好等优点,因而具有非常好的发展前景。目前,由于磁悬浮系统与现有的轮轨系统不兼容、投资费用较高等缺点,尚处于进一步试验、试运营和积累经验的阶段。

##### 3. 按动力配置方式分类

###### (1) 动力集中型高速动车组

动力集中型动车组是将动力装置集中安装于动车组的一端或两端的动力车上,仅有动力车的轮对受电机驱动。将电气设备和动力装置集中安装在动力车上,由动力车牵引列车,动力车只牵引不载客,拖车只载客不牵引。

###### (2) 动力分散型高速动车组

动力分散型动车组是将由电机驱动的动力轮对分散布置在所有或多组轮对上,同时将主要

电气设备吊挂在车辆下部,也可以将动力装置吊挂在车辆下部。动车组的全部车辆都可以载客。

#### 4. 按转向架连接方式分类

##### (1) 独立式高速动车组

独立式动车组即为传统的车辆与转向架的连接方式,每节车辆的车体都置于两台转向架上,车辆与车辆之间用密封式车钩相连接,列车解体后车辆可独立行走。

##### (2) 铰接式高速动车组

铰接式动车组是将车辆的车体之间用弹性铰相连接,并放置在一个共用的转向架上,因此每节车辆不能从列车上分解下来独立行走。

#### 5. 按动力配置和转向架连接组合方式分类

按照动力配置和转向架连接组合方式,可以将高速动车组分为 4 种类型,如图 2.1 所示。这 4 种类型的高速动车组各有其优缺点,都能满足运行速度为 300 km/h 以上的要求。各个国家根据自身的情况和动车组的使用条件来选择适用的类型。例如德国的 ICE1、ICE2 型动车组采用独立式动力集中型 [见图 2.1 (a)]; 法国 TGV 型和西班牙的 TALGO-350 型动车组采用铰接式动力集中型 [见图 2.1 (b)]; 日本新干线和德国 ICE3 型动车组采用独立式动力分散型 [见图 2.1 (c)]; 法国 AGV 型动车组采用铰接式动力分散型 [见图 2.1 (d)]。

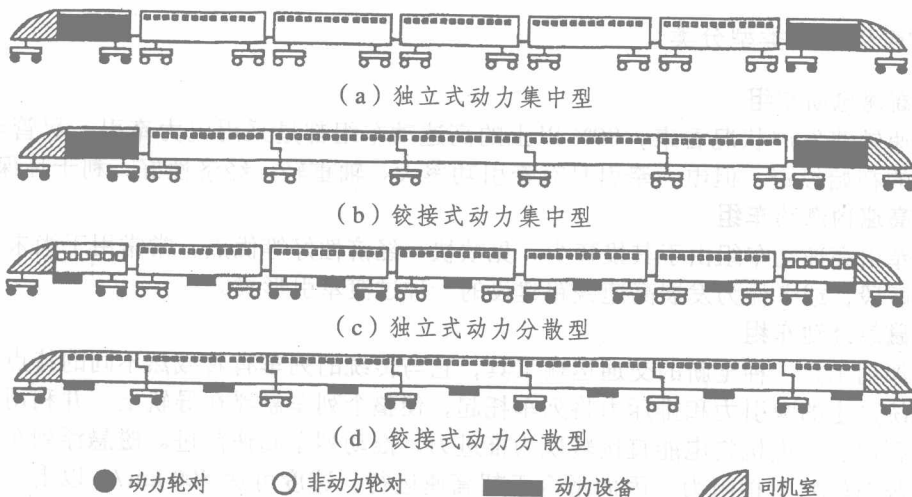


图 2.1 高速列车按照动力配置和转向架连接方式分类的示意图

### 2.1.2 动车组的动力配置方式

如前所述,高速动车组的动力配置方式有两种,即动力集中型和动力分散型。两种形式的发展都有其自身的历史原因和发展过程。

#### 1. 动力集中型

动力集中型高速动车组首先是从欧洲开始发展起来的,是传统的机车牵引列车的延伸和发展,这对于欧洲铁路货运比重较大、客货混跑的状况是十分有利的。欧洲各国凭借其先进的技术,开发动力集中型高速动车组并且获得成功。

动力集中型高速动车组的牵引力是由集中在动力车的动力轮对提供的,因此必须注意两个问题:一个是动力轴的轴重必须足够大,以能够提供所需的牵引力,否则动力车轮将产生空转,丧失牵引力,不但使电机的功率得不到发挥,反而会损伤车轮和钢轨;另一个问题是动力轴的轴重又不能过大,否则在高速运行时会产生过大的轮轨力,损坏钢轨和线路。为此,欧洲高速铁路网在有关技术规程中规定:高速列车的最大轴重不得超过 166.7 kN;黏着系数低速启动时为 0.2, 100 km/h 时为 0.17, 200 km/h 时为 0.13, 300 km/h 时为 0.09。

### (1) 动力集中型动车组的优点

① 可灵活编组,便于管理。因为它与传统的机车牵引列车相似,因此可以按照习惯对车辆进行编组,便于运用和维修管理。

② 便于监测和维修保养。因为故障率较高的机械和电气设备集中在动力车中,因而工作环境较清洁,监测和维修保养也比较方便。

③ 车厢内振动小、噪声低。由于机械和电气设备都集中在动力车中,与载客拖车相隔离,因此载客车厢内振动小、噪声低、舒适性好。

④ 牵引动力车可以摘挂,能够使列车由高速线进入既有线,甚至可更换内燃机车,使列车直接进入非电气化铁路区段。

### (2) 动力集中型动车组的缺点

① 载容量相对减少。由于动力车不能载客,因此相对减少了载容量。

② 轴重相对较重。由于动力车集中了全部的动力装置,还有其他的电气和机械设备,因此减轻质量比较困难,造成轴重较重。

③ 黏着与高速的矛盾难以协调。高速列车的动力车为了牵引整个列车,必须产生足够大的黏着牵引力,因此动力车的轴重不能太轻,而高速又要求列车轴重尽量轻,两者矛盾难以协调。

④ 制动性能相对欠佳。动力车的制动能力受到黏着的限制,需要拖车分担部分制动功率,因此列车的制动性能欠佳。

## 2. 动力分散型

动力分散型高速动车组是从日本发展起来的,是传统的城市轨道交通列车的延伸和发展。日本的铁路以客运为主,干线轨道交通与城市轨道交通相互融合,使这种动力分散型的动车组得到了充分的发挥。

随着高速动车组运行速度的提高(300 km/h 以上),动力分散型配置方式的优越性更加明显,某些传统采用动力集中型高速动车组的国家(例如德国)也转而改用动力分散型。

### (1) 动力分散型动车组的优点

① 载容量相对较多。由于动力装置分散在各个车辆中,因此不存在动力车不载客的问题,各个车辆均能载客,从而增加了列车的载容量。

② 最大轴重较轻。由于动力装置和牵引电机的质量和功率分散在各节车辆上,因此高速列车最大轴重较轻,簧下质量更小,有利于解决高速列车动力学和轮轨磨损维修的问题。

③ 黏着与高速的矛盾容易协调。由于牵引力分散在各个动力轮对上,重量也分散在各节车辆上,因此高速列车大牵引力与轴重限制、黏着与高速之间的矛盾容易协调。

④ 具有较好的制动性能。由于制动力由各个车辆分担,可以充分地利用动力制动,因此列车具有较好的制动性能。再生制动功率提高,还可以节省能源,提高经济性。