

铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材

DIANLIJICHESIJI

电力机车司机

主编 穆志超



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

铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教

电力机车司机

主 编 穆志超

江苏工业学院图书馆
藏书章

西南交通大学出版社

内 容 简 介

本教材以介绍SS_{4G}型和SS₉型电力机车货运、客运主型机车为主,全书共分为10章:第一章电力机车机械部分;第二章电力机车电子技术;第三章电力机车电器;第四章电力机车电机;第五章电力机车控制;第六章电力机车DK-1型电空制动机;第七章列车运行监控器;第八章牵引计算知识;第九章机车运用、保养及试验;第十章新型电力机车简介。

本书为铁路技师、高级技师技能鉴定辅导系列教材,也可作为电力机车运用、检修相关人员日常业务学习和铁路职业技术教育的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电力机车司机 / 穆志超主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2009.10

(铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材)

ISBN 978-7-5643-0457-7

I. 电… II. 穆… III. 电力机车—驾驶员—职业技能鉴定—教材 IV. U268.48

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第174536号

铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材

电力机车司机

主编 穆志超

*

责任编辑 李芳芳

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 19.375

字数: 481千字 印数: 1—3 000册

2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-0457-7

定价: 48.00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

教材编审委员会

主 任 阎 平

副主任 米志刚 彭 飞

委 员 (按姓氏笔画排序)

于治学	王军现	王秉春	王津生
王闽南	邓恩书	刘平平	刘志翔
刘宝春	刘景明	安伟玲	朱殿萍
许绍兴	许秀杰	宋金璞	张 宇
张小霜	张宏博	李 冬	李 捷
李占武	李石岩	李健全	李盛春
周 伟	姚 东	赵风云	赵寅辉
郝志义	钟 彤	夏耀宗	班大华
顾 杰	崔永侠	穆志超	戴新来

前 言

在现代企业中，高技能人才是提高企业核心竞争力、推动企业技术创新和科技成果转化的中坚力量。2003年全国人才工作会议以来，高技能人才成长的宏观环境有了显著改善，“四个不唯”的新人才观和重工作业绩及实践能力的选人用人标准得以确立，从而为高技能人才的成长疏通了道路。

目前，中国铁路建设迎来了发展的大好时机，按照铁道部和谐铁路建设的总体部署，加快推进铁路现代化建设，铁路企业更是迫切需要培养一支高水平、高技能的人才队伍。由此，铁道部制定了《铁路高技能人才工作实施办法》，为铁路高技能人才的培养、使用、培训指出了明确的方向。

为了加快铁路高技能人才的培养，认真落实铁道部《关于进一步加强铁路高技能人才工作实施意见》的精神，在北京铁路局的大力支持下，由北京铁路工人技师协会牵头，会同北京局各业务部门，组织了机、车、工、电、辆等方面的技术人员、技师、高级技师，针对生产现场的需要，根据人力资源和社会保障部颁布的国家职业标准，编纂了《铁路技师、高级技师职业技能鉴定辅导系列教材》。该系列教材涉及54个铁路特有工种及相关通用工种，全套教材共计55册。这是一套汇集了铁路运输各系统、各工种培训工作精华，集理论研讨、工作实践和事例分析于一体的系列工作丛书，该丛书必将对构建学习型企业、加强高技能人才队伍建设起到积极的推动作用。

由北京铁路局和北京铁路工人技师协会组织策划、西南交通大学出版社出版的这套丛书，与《铁路职业技能鉴定参考丛书》相辅相成，适用于铁路行业技师、高级技师考评和职业技能鉴定的培训，也能满足广大职工进一步学习铁路职业技能知识、提高职业技能水平的需要。衷心希望广大职工能够学好、用好这套教材，为铁路现代化建设做出新的更大贡献。

《电力机车司机》是该套丛书中的一册，主要介绍了电力机车司机所必须掌握的相关知识。

本书由穆志超主编，各章节的编写人员为：第一章，牟延军；第二章，张春福；第三章，薛文仿；第四章，齐子欣；绪论、第五章、第十章，穆志超；第六章，刘忠全；第七章，翟志辉；第八章，吴建宁；第九章，厉永平。

本书难免存在疏漏与不足，敬请广大读者批评指正。

北京铁路工人技师协会

2009年8月

目 录

第一章 电力机车机械部分	1
第一节 转向架	1
第二节 轮对及轴箱	4
第三节 传动及电机悬挂装置	9
第四节 车体与转向架的连接装置和牵引缓冲装置	13
第五节 基础制动装置及附属装置	19
第二章 电力机车电子技术	22
第一节 电力电子器件基本知识	22
第二节 大功率整流二极管	23
第三节 晶闸管的结构和工作原理	24
第四节 相控整流电路	29
第五节 逆变电路	39
第六节 电力机车控制电源柜	44
第七节 电力机车电子控制柜和微机控制柜	47
第三章 电力机车电器	53
第一节 继电器	53
第二节 电空接触器	58
第三节 主断路器	61
第四节 转换开关	70
第五节 受电弓	73
第六节 互感器	77
第四章 电力机车电机	82
第一节 异步劈相机	82
第二节 三相异步电动机的基本结构、分类及铭牌	88
第三节 三相异步电动机的工作原理及运行分析	91
第四节 交流辅助电动机	95
第五节 牵引电动机	99
第五章 电力机车控制	116
第一节 交-直型整流器电力机车工作原理	116
第二节 交-直-交型电力机车工作原理	119

第三节	电力机车的电气制动	120
第四节	电力机车主电路	121
第五节	电力机车辅助电路	126
第六节	电力机车控制电路	131
第六章	电力机车 DK-1 型电空制动机	154
第一节	电力机车 DK-1 型电空制动机的组成	154
第二节	中继阀的组成及作用原理	155
第三节	109 型机车分配阀的组成及作用原理	158
第四节	DK-1 型电空制动机的综合作用	162
第五节	车辆制动机简介	173
第六节	SS ₄ 型电力机车新增装置	175
第七节	高速列车和重载列车制动	177
第七章	列车运行监控器	182
第一节	速度监控的基本原理	182
第二节	行车达示 IC 卡数据文件编制方法	187
第三节	监控装置运行记录数据的分析处理	193
第四节	监控装置对电力机车制动机的改造、安装	201
第五节	LKJ2000 型监控器的组成及功用	204
第六节	其他监控系统	206
第八章	牵引计算知识	209
第一节	机车牵引力	209
第二节	机车黏着牵引力	210
第三节	列车运行阻力	213
第四节	列车制动力	220
第五节	制动距离的计算	227
第九章	机车运用、保养及试验	235
第一节	电力机车的操纵	235
第二节	电力机车整备、保养	244
第三节	列车运行图	260
第四节	电力机车电气试验	276
第十章	新型电力机车简介	284
第一节	CRH200 动车组	284
第二节	和谐型交流传动货运电力机车	292
参考文献		301

第一章 电力机车机械部分

第一节 转向架

转向架是电力机车的走行部分，它对提高机车运行速度，确保行车安全，改善机车走行品质，提高乘务人员工作舒适度等都有极其重要的作用。

一、转向架的任务

(1) 承担机车车体和车体内各种安装设备的所有重量，该重量通过车体支承、构架、一系轴箱悬挂均匀地分配到各轴箱上，最后经轮对作用于钢轨。

(2) 保证必要的黏着，在轮轨接触点产生轮周牵引力，并把轮周牵引力传至车体底架、车钩，从而牵引列车前进（传递纵向力）。

(3) 产生必要的制动力，实现机车的调速和在规定的制动距离内停车（传递纵向力）。

(4) 在钢轨的牵引下，实现机车平稳运行，并且要保证机车曲线运行的安全和顺利（传递横向力）。

(5) 缓和线路不平对机车的冲击，实现机车平稳运行，减少运行中的动作用力及其危害。

二、转向架的种类

转向架一般包括构架、轮对、轴箱、弹簧悬挂、齿轮传动、基础制动装置等主要的组成部分。这些装置组装在一起，使转向架成为一个相当复杂且十分紧凑的整体部件。根据机车牵引性能及设计要求的不同，转向架形式多种多样。

1. 按轴数分类

主要有二轴转向架和三轴转向架两种。二轴转向架固定轴距较小，通过曲线能力比三轴转向架要好，故二轴转向架机车，如 8K 型、SS₄ 型机车等适用于山区铁路。三轴转向架由于其固定轴距长，高速直线运行中的轮轨作用力和轮轨磨损小，平稳性优于二轴转向架，所以在曲线半径大的线路上，仍以采用三轴转向架为好。二轴转向架和三轴转向架平行发展，各有特点，要根据各种条件特别是牵引区段线路条件比较选用。

2. 按传动方式分类

分为独立传动和组合传动两类。独立传动又称单独传动或个别传动，组合传动又称单电机传动。独立传动每根轴各有一个电机进行驱动，传动装置结构比较简单，在高速运行中可靠性也比较好，所以目前是世界各国普遍采用的传动方式，尤其在大功率机车上更是如此。

组合传动整台转向架只有一台电机。单电机转向架有利于减轻机车重量，降低制造成本；有利于机车黏着性能的改善；有利于增大电机（外形尺寸不受转向架的限制）和机车的功率。

3. 按弹簧悬挂方式分类

电力机车的弹簧悬挂，大多数采用两系悬挂：转向架构架与轴箱之间的悬挂是第一系悬挂，转向架构架与车体底架之间的悬挂是第二系悬挂。速度低的机车，有的仅设第一系悬挂而不设第二系悬挂，近代高速机车普遍采用两系悬挂。

两系悬挂机车总的垂向刚度小而挠度大，动力性能好。

第一系悬挂和第二系悬挂，都有各种不同的形式。第一系悬挂有的采用圆弹簧均衡梁系统，有的采用板弹簧均衡梁系统，也有的不设均衡梁而采用独立悬挂；第二系悬挂大部分采用橡胶弹簧的中心支承和圆弹簧旁承，也有的机车采用圆弹簧中心支承或空气弹簧。至于旁承的种类则更多。

4. 按轴箱定位方式分类

分为有导框轴箱定位和无导框轴箱定位两大类。有导框定位是一种比较陈旧的定位方式，重量大，磨耗严重，现代干线电力机车已很少采用；无导框定位又有多种不同的结构形式，普遍应用于现代电力机车的转向架上。我国目前各型电力机车都采用这种定位形式。

5. 按电机悬挂方式分类

牵引电机在转向架上的悬挂方式有架悬式（全悬挂）和轴悬式（半悬挂）两大类。全悬挂电机重量全部置于簧上；半悬挂电机重量一部分置于簧上，一部分支承在车轴上。全悬挂适用于高速机车，半悬挂仅适用于中低速机车。一般速度在 120~140 km/h 以上的机车，必须采用全悬挂方式。全悬挂的结构形式很多，技术难度大，传动装置往往比较复杂。半悬挂比较简单，制造运用和检修各方面都比较成熟。我国客货两用电力机车大部分采用半悬挂，而客运机车如 SS₈ 型电力机车则采用全悬挂。

6. 按车体支承方式分类

分为有心盘（或中心销）转向架和无心盘转向架两大类。

有心盘转向架，其牵引力通过心盘或中心销进行传递，转向架相对车体绕心盘或中心销转动。无心盘转向架，其牵引力传递有拉杆牵引或多支承牵引等不同形式，转向架相对于车体绕一个假想中心转动。

综上所述，电力机车转向架的形式很多，各有特点。至于以发展哪一种转向架为好，应由机车功率、运行速度、线路条件等多方面的因素综合比较确定，不能一概而论。

三、转向架力的传递

车体通过支承装置压在前后转向架上，转向架除传递重力（垂向力）外，还要传递牵引力及制动力（纵向力），曲线通过时还要传递横向力。

（1）重力的传递。转向架安放在线路上，车体及上部重量又通过支承装置安置在转向架上，因而重力的传递顺序为

机车上部重量→支承装置→转向架构架→弹簧装置→轴箱→轮对→钢轨。

(2) 牵引力、制动力的传递。牵引力及制动力都产生在轮对和钢轨的接触点上。通过转向架、支承装置、车体底架最后传递到车钩缓冲器。其传递顺序为

轮轨接触点产生牵引力或制动力→轮对→轴箱→轴箱拉杆→转向架构架→支承装置→车体底架→车钩缓冲器。

(3) 横向力的传递。在车体与转向架构架之间、转向架构架与轴箱之间,采用弹性连接,在轴箱与轮对之间,有小量的横动间隙。结构上允许横动,又可以传递曲线通过时的轮轨侧压力、离心力、风力等横向力,其传递顺序为(以轮轨侧压力为例)

轮缘→轮对→轴箱→轴箱拉杆→转向架构架→支承装置→车体底架→机车上部。

车体所受到的离心力、风力等横向力,将按与上述相反的传力顺序,由机车上部传向钢轨。

四、机车轴重、单轴功率和结构速度

机车在静止状态下,每根轮轴压在钢轨上的重量,称为轴重。

每根轮轴所能发挥的机车功率称为单轴功率。单轴功率有小时制、持续制之分。

转向架在结构上所允许的机车最大运行速度,称为机车的结构速度。

上述三项参数,是反映电力机车走行部技术水平的重要参数,它们之间互相制约,又互相联系。

1. 轴 重

轴重越大,机车每根动轴所能发挥的黏着牵引力也越大。然而轴重越大,机车运行中对线路的影响和破坏性也越大。一般同样功率的机车,轴数多则轴重小,轴数少则轴重大。线路质量好,运行速度低时,轴重可以加大;反之,线路质量差,运行速度高时,轴重必须减小。

世界各国对轴重并无统一规定,视各国的具体情况而定。一般结构速度低于 160 km/h 的机车,轴重限制为 22~23 t;结构速度为 160~200 km/h 的机车,轴重限制为 19~21 t;结构速度为 200~250 km/h 的机车,轴重限制为 16~17 t。如果不符合这些限制,则需改变机车轮轴的配置。我国电力机车,轴重限制在 23 t 以下。

2. 单轴功率

单轴功率反映了机车和转向架的制造水平。在相同的轴重下,单轴功率越大,机车所能达到的运行速度越高。单轴功率应根据运行速度和牵引力的设计要求而定。由于电力机车功率一般都较大,而在轴数、轴重相同的情况下,与其他形式的机车相比,电力机车牵引力受黏着力限制的影响更加严重,所以在速度不高的情况下,常常出现功率存余而牵引力不足的不协调情况。我国电力牵引在个别区段采用双机牵引,就是为了保证足够的牵引力,而总功率则常常超过实际需要。

我国 SS₁ 型机车单轴功率(小时制)为 700 kW,SS_{4G} 型机车为 800 kW(持续制),SS₈ 型、SS₉ 型机车为 900 kW(持续制)。

3. 结构速度

结构速度也是反映机车和转向架设计制造水平的重要参数。高速机车，同样必须保证运行的平稳性和各零部件的正常使用寿命，这就对转向架的结构、工艺等方面提出更高的要求。

长期以来，我国限于国内条件和铁路发展的技术政策，在提高速度方面进展较慢。目前SS₁型、SS₃型、SS₄型机车结构速度仅达100 km/h。近年来，根据铁路提速的需要，客运机车SS₈型、SS₉型结构速度达到了170 km/h。

第二节 轮对及轴箱

轮对和轴箱是机车走行部中的重要部件。机车的全部静载荷都通过轮对传递给钢轨；牵引电动机所产生的转矩经过轮对作用于钢轨，产生牵引力，通过轮对的滚动使机车牵引列车前进。当轮对沿着钢轨运动，在通过钢轨接头、道岔、辙叉及线路的各种不平顺处时，轮对刚性地承受着全部垂直方向及水平方向的冲击。另外，组成轮对各种部件在组装时，要产生很大的组装应力。静载荷、动载荷、组装应力共同作用在轮对上，使得轮对工作时的受力既复杂又很严重。另一方面，由于轮对是簧下重量，为了减轻它对线路的作用力，还应该尽可能地减轻它本身的重量，这一点对高速机车尤为重要。因此，对于轮对的制造、维护应给予特别的重视，适当地选择轮对部件的材料，保证轮对的正确形状和良好的状态，是机车安全运行的必要条件。

轴箱装设在车辆两端的轴颈上，用来安设轴承，并将全部簧上载荷，包括垂直方向的动载荷传递给车轴；将来自轮对的牵引力或制动力传递到转向架构架上。此外，它还传递轮对与构架间的横向作用力和纵向作用力。

一、轮 对

（一）轮对的组成与组装工艺

轮对一般由车轴、车轮和传动大齿轮组成，车轮又由轮箍和轮心组装而成。它们之间都采用过盈配合，用热套装或冷压装或注油压装的方式紧紧地装在一起。不同型号的机车，轮对组装工艺有所不同。有的机车大齿轮直接装在轴上，也有的机车大齿轮装在轮心加长的轮毂部分，与车轮一起装在车轴上。车轮和车轴的装配工艺有先套轮箍后压装车轴或先压装车轴后套轮箍两种，一般都采用后者。

大齿轮和轮心、轮心和车轴的组装，由于直径较小，一般采用直接冷压装的方法；而轮箍和轮心的组装，由于直径大，一般采用把轮箍加热后套装在轮心上，冷却后自然收缩抱紧的热套装方法。

值得注意的是：轮心和车轴的组装，国外采用热套装工艺日趋普遍，而我国近来常采用注油压装工艺。热套装易于保证装配质量和装配尺寸，生产效率也高。在采用热套装后必须进行反压实试验，以检查套装质量。就是将车轴在压力机上向退出轮心方向试压一定吨位的压力，轮轴不发生相对位移者为合格。

所谓注油压装工艺，是在轮心上设有注油油孔和与油孔相连的注油槽，当压装或退轮时，

可用高压油泵向油孔内注入高压油，使轮心与轴配合表面渗满高压油，再用核动力机施予压力，将车轴压入或退出轮心的组装工艺。这种工艺，不但可以降低压入或退出吨位，更主要地可以避免配合表面被拉伤，从而保证产品质量。

过盈配合的过盈量，是决定组装后配合压力大小是否合适的关键。过盈量太小，则组装配合压力不足，容易造成松缓甚至脱落，导致重大事故；过盈量太大，则组装配合压力太大，部件会因内应力过大而发生崩裂。过盈量大小是否合适，还可由冷压装时的压装吨位，或热套装时的加热温度，或注油压装时的油压大小来反映。冷压装时的压装吨位过大，或热套装时的加热温度过高，或注油压装时的油压太大，这都说明过盈量太大；反之就说明过盈量太小。所以各部件加工时的过盈量、组装时的压装力、加热温度、油压大小，都有严格的要求。一般过盈量为直径的 $1‰ \sim 1.5‰$ 。

为了降低检修运行成本，目前生产的电力机车大多取消轮箍，采用整体辗钢车轮。原因是：

(1) 随着机车运行速度的大幅提高，车轮高速旋转产生的离心力（此力与圆周速度的平方成正比）对轮箍产生的应力往往有可能破坏轮箍的结合强度。因此，不能采用冷缩轮箍，有必要改用整体车轮。

(2) 随着尼龙闸瓦的使用推广，闸瓦传热散热不良将引起制动时轮箍温升过高。为了防止发生弛缓事故，有必要改用整体车轮。

(3) 对某些采用空心轴传动的电机全悬挂机车，轮心辐板要开设穿入连杆轴销或空心轴拐臂的孔，辐板强度被削弱，难以保证轮箍与轮心的配合强度。为此有必要改用整体车轮。

目前，SS_{4G}型、SS₈型、SS₉型几乎都采用整体辗钢车轮。

（二）车轴的受力及破坏

车轴承受的载荷相当复杂：有由于垂直载荷而引起的弯矩；有曲线运动时轮轨侧压力引起的弯矩；有齿轮传动时引起的扭矩；有某侧车轮发生滑行时引起的扭矩；线路的冲击、簧上部分的振动、制动力作用等，都要产生附加载荷。所以，车轴的工作条件十分恶劣，不仅受弯，而且受扭，不仅有交变载荷，而且常常有突加载荷。

由于车轴所受的主要应力都是交变的，所以多数车轴的折损是由于疲劳裂纹引起的。实践证明，车轴的断裂多发生在以下三个区域：轴颈的圆根部；轮座的内部；抱轴颈的圆根部。车轴的破坏，如轴颈烧损、拉伤、轮座部分擦伤、磨耗到限度等，这些破坏一般不会引起重大事故，而且可以修复；疲劳裂纹和折断是车轴各种破坏中后果最严重的破坏。

为了减少车轴的疲劳破坏，一般可采取以下措施：

(1) 锻造车轴钢坯应进行人工时效或自然时效处理，待内应力消除后再进行机械加工。

(2) 加工成形的车轴表面应有高的表面粗糙度。

(3) 不同直径的过渡部分，要有尽可能大的过渡圆弧，以减少应力集中，车轴正火热处理后需进行试样检查。

(4) 对车轴表面进行滚压强化处理，使表层金属材料更加致密，以提高抗疲劳能力。

（三）轮 箍

轮箍是车轮直接在钢轨上滚动运行的部分，它用热套法套在轮心上，俗称“红套”。套装过紧，会引起轮箍崩裂，特别是冬季气温低，材质脆性大，更易发生崩裂。套装过松，就很

容易松缓，尤其是在长大下坡道，连续施行空气制动时，轮箍发热，更易产生松缓。

为了检查轮箍是否发生了松缓，在轮箍套装到轮心以后，用黄色油漆在轮箍轮心接合处画一条径向宽线，用以观察它有无错位来判断是否发生了松缓现象。轮箍在机车运用中，需定期旋修，旋修或磨耗到限后，必须更换新的轮箍。

1. 轮箍的外形

轮箍的外形是一个带凸缘的圆环，它是与钢轨直接接触的部分，由轮缘和踏面两部分组成。其外表面与钢轨顶面接触的部分为踏面；与钢轨内侧面（轨肩）接触的凸缘部分为轮缘。轮缘起着导向和防止脱轨的重要作用。

轮箍的外形和尺寸各国不尽一致，各有其标准。我国按铁道部标准 TB 449—76B 加工轮缘和踏面。加工后用标准样板进行如下检查：

- ① 轮缘高度为 28 mm。
- ② 轮缘厚度（从距轮缘顶部 18 mm 处测量）33 mm。
- ③ 轮缘外侧面与水平面成 65° 角，称为轮缘角。
- ④ 轮缘内侧有 $R=16$ mm 的倒角，以便引导车轮顺利通过护轮轨。
- ⑤ 踏面有 1 : 20 及 1 : 10 两段斜面。
- ⑥ 整个轮箍宽度 140 mm，距内侧面 73 mm 处的圆周，称为轮对的滚动圆，滚动圆的直径即为车轮的名义直径。

SS₄G 型、SS₈ 型、SS₉ 型电力机车车轮直径均为 1 250 mm（新轮），1 200 mm（半磨耗）。

踏面制成 1 : 20 和 1 : 10 斜度而呈锥形的理由如下：

（1）机车在曲线上运行时，外轮沿外轨走行的距离大于内轮沿内轨走行的距离。由于内外轮装在同一轴上，如果两轮的踏面为圆柱形，势必引起内轮向后、外轮向前的滑行。如果踏面具有锥度，曲线通过时轮对因离心力的作用贴靠外轨运行，外轮与外轨接触处的直径必然大于内轮与内轨接触处的直径，这样就能显著地减少滑行，有利于充分发挥轮周牵引力，减少轮轨磨耗。因此踏面呈锥形是机车曲线通过的需要。

（2）踏面具有锥度后，轮对在直线上运动时，会因两轮以不同直径的圆周滚动，产生轮对自动滑向轨道中心的倾向，形成轮对的蛇行运动。这种运动可防止轮缘单靠，从而降低轮缘与轨肩的磨耗，使整个踏面均匀磨耗。

（3）斜度 1 : 20 的一段踏面，因经常与钢轨顶面接触，所以磨耗较快；斜度 1 : 10 的踏面，接触轨面的概率较小，仅在进入道岔或小半径曲线时，才可能接触轨面。如果没有 1 : 10 的斜面，磨耗将使踏面凹陷，在进入道岔或小半径曲线时可能产生剧烈的跳动，甚至会引起出轨事故。有了 1 : 10 斜度的踏面，可以减轻磨耗凹陷的严重程度，这样就可以减小机车进入道岔或小半径曲线时的跳动，确保行车安全。

踏面具有斜度，会引起转向架的蛇行运动，随着机车运行速度的提高，这种蛇行运动会引起机车横向振动的加剧，使机车运行品质恶化，影响机车的横向稳定性和平稳性，使轴承受损，并妨碍列车速度的提高，而且还会使轮缘打击钢轨，造成线路的损坏，甚至引发脱轨事故。

机车蛇行运动的形成：蛇行运动是铁路机车车辆特有的运动。由于车轮踏面具有一定的锥度，以及轮缘与钢轨间存在间隙，当机车在直线运行，轮对中心偶尔偏离直线轨道的中心

线时，两轮便以不同直径的滚动圆在钢轨上滚动，使轮对在行进中一面做横向摆动，一面围绕其重心的垂轴来回摇动，这就形成了一种被称为蛇行运动的波形运动。机车轮对、转向架及车体在水平面内是弹性连接的，因车轮踏面锥度产生的轮对的蛇行运动，会引起机车的蛇行运动。

2. 低斜度锥形踏面及磨耗型踏面

为了提高机车的蛇行运动临界速度，在高速列车上低斜度锥形踏面及磨耗型踏面得到了应用。

一般情况下，锥形踏面与钢轨接触很窄，在这狭小的接触面积上产生局部磨耗，使踏面呈现凹形。但踏面达到某种凹形程度后，外形便相对稳定，磨耗变慢。如果把踏面外形设计成磨耗型（凹形），则轮轨接触一开始就比较稳定，磨耗较慢，这就是近年来世界各国广泛采用的磨耗型踏面。

磨耗型踏面与锥形踏面相比较，在外形上的主要特点是：

① 直线踏面与圆弧形轨头接触不是锥形而是圆弧形的凹面。轨头表面圆弧半径通常为 300 mm，踏面圆弧半径宜为 500 mm 左右。

② 轮缘根部与踏面连接处有一小段圆弧，半径为 14~16 mm，磨耗型踏面在此小圆弧与踏面连接处加了一段过渡圆弧，半径通常为 100 mm 左右。正是这段过渡圆弧避免了踏面和轮缘与钢轨的两点接触。

磨耗型踏面的优点：

① 延长了旋轮里程，减少了旋轮时的切削量。

② 在同样的轴重下，接触面增大，接触应力较小；在同样的接触应力下允许更大的轴重。

③ 减少了曲线运行时的轮缘磨耗。

④ 减少了踏面磨耗。

磨耗型踏面的缺点：等效斜率较大，对机车运行稳定性不利。对于速度较高的机车，必须采取相应的措施来保证机车具有足够的稳定性。

二、轴 箱

（一）轴箱定位的作用

轴箱与转向架构架的连接方式，通常称为轴箱定位。轴箱定位的结构、性能对机车的运行品质有很大的影响。轴箱位置决定了轮对的位置，所以轴箱定位起到了固定轴距和限制轮对范围的作用。

轴箱相对于构架应是个活动环节，在不同的方向有不同的位移。对轴箱定位的要求是：应保证在机车运行中轴箱能够相对于转向架构架作垂向跳动，以保证弹簧装置能够充分发挥其缓和冲击的作用；在机车通过曲线时，轴箱应能够相对于转向架构架作小量的横动，有利于机车通过几何曲线；在机车纵向，则要求有较大的刚度，保证牵引力、制动力的传递（对普通转向架而言）。

由以上可知，所谓轴箱定位，绝不仅仅意味着固定轴箱的位置，而是要保证轴箱按运行

的需要进行恰当的位移,在不同的方向,位移的数值有不同的要求。所以,轴箱定位往往又被称为轴箱导向方式。

(二) 轴箱定位方式的分类

轴箱定位方式分为有导框定位和无导框定位两大类。有导框定位曾经是机车、客货车辆轴箱定位的唯一方式,现在仍有一些机车,尤其是在车辆上大量沿用。随着橡胶工业的发展和转向架技术的进步,机车逐渐采用了无导框轴箱定位。无导框轴箱定位在结构形式上有多种,目前通常采用的有轴箱拉杆定位和八字形橡胶堆轴箱定位(SS₇型电力机车采用弹性导筒定位)。

1. 有导框轴箱定位

在构件的侧梁下面设轴箱导框,在轴箱体的前后两侧设有导槽,轴箱上的导槽与构架上的导槽配合滑动,组成导框定位。轴箱在导框内上下移动,也可以在导框与导槽间隙允许的范围内适当横动,使轮对有一定的横动量。为了加固轴承导框,并防止轴箱脱出,在导框下面安装轴箱托板。为了便于检修,在构架导框与轴箱导槽的摩擦面上,装设耐磨的衬板,并且经常加注润滑油。

有导框定位方式的缺点:存在摩擦面,磨耗严重,增加了检修工作量和检修成本;应用中需经常注意给油润滑,维修保养比较困难;横向位移没有弹性,不利于降低轮轨之间的作用力,动力曲线通过性能不好,等等。

2. 八字形橡胶堆式轴箱定位

八字形橡胶堆式轴箱定位装置,也称人字形橡胶弹簧轴箱定位。这种轴箱定位方式,在每轴箱的前后侧各装一个金属橡胶夹层弹簧(俗称“三明治”橡胶金属结构),一端与转向架构架固结,另一端与轴箱体固结。这种装置不仅支承上部重量,起轴箱弹簧的作用,而且还可以弹性地传递纵向力和横向力。改变夹层钢板的形状、数量和弹簧的安装角度,能使弹簧在各个方向达到所需要的不同刚度,适应承载和轴箱定位的需要。

八字形橡胶堆式轴箱定位的优点是:重量轻,结构简单,能吸收音频振动,运行中没有噪声,不存在磨耗等。

3. 拉杆式轴箱定位

拉杆式轴箱定位,是目前采用较普遍的一种无导框轴箱定位装置。

在轴箱体的前后两侧,伸出高低不同的两个轴箱耳,各连接一根轴箱拉杆。通过轴箱拉杆,将轴箱与转向架侧梁下焊装的轴箱拉杆座连接起来。轴箱拉杆两端销接处装有橡胶套,销子两端有橡胶垫。

采用这种带有橡胶关节的轴箱拉杆定位方式,轴箱可以依靠橡胶关节的径向、轴向及扭转弹性变形,实现各方向的弹性位移,使轮对与构架的连接成为弹性连接。适当选择它的横向刚度和纵向刚度,可以显著地改善机车运行的稳定性。

两个轴箱拉杆的位置高低不同,这种形式称为双扭动式拉杆机构。其目的是为了满足轴箱垂向位移的需要。因为拉杆在纵向上刚度很大,伸缩较小,如果将两个拉杆设在同一高度,轴箱的垂向位移势必因拉杆长度不能变化而受到极大的限制。把两个轴箱拉杆安排得一高一

低,就可以在拉杆长度不变的情况下允许轴箱上下跳动。在轴箱上下位移时还伴随着一定角度的转动,但这种转动是完全无碍的。

拉杆式轴箱定位的优点是:没有磨耗件,不需要润滑,减少了保养工作量;有一定的横向刚度,轮对不能自由横动,有利于改善运行中的蛇行运动,轮缘磨耗较小;轴箱与构架的弹性连接具有缓和冲击和隔音作用;橡胶件起到了降低动作用力、提高运行平稳性的作用,运行中没有噪声;不影响一系弹簧悬挂的单独设计,易于推广。

但是采用这种方式定位,由于拉杆的约束,使一系弹簧悬挂的刚度有所增加。

(三) 拉杆式定位轴箱载荷的传递

SS₄G型、SS₈型、SS₉型电力机车轴箱的组成和结构大致相同,均采用独立悬挂、弹性定位拉杆式结构。

垂向载荷(以重力为例)的传递:转向架构架→轴箱弹簧→轴箱体→轴承→轴径→车轴→车轮→钢轨。

纵向力(以牵引力为例)传递:轮轨接触点→车轮→轮轴→轴径→轴承→轴箱体→轴箱拉杆→构架。

横向力的传递(以轮轨侧压力为例):钢轨侧压力→车轮→车轴→轴承→前后盖→轴箱体→轴箱拉杆→构架。

第三节 传动及电机悬挂装置

牵引电动机在机车上的安装,一般都采用弹簧悬挂的安装方法,以减小动作用力对电机和线路的破坏作用。所以通常把牵引电动机在机车上的安装称为电机悬挂。

牵引电动机输出的功率和转矩必须传递到机车的轮轴上,才能发挥其牵引作用。传动装置就是实现电机到轮轴的功率、转矩传递的装置。

电机悬挂方式和传动装置,有着不可分割的关系。电机悬挂方式不同,传动装置也就不同。牵引电动机的悬挂方式大致可分为轴悬式、架悬式、体悬挂三大类。轴悬式又称为半悬挂式,可分为刚性轴悬式和弹性轴悬式两类。架悬式和体悬挂又称为全悬挂式。

一、齿轮传动的分类和传动比

1. 齿轮传动分类

(1) 齿轮传动可分为单侧齿轮传动和双侧齿轮传动。单侧齿轮传动又叫单边齿轮传动,双侧齿轮传动又叫双边齿轮传动。

单侧齿轮传动的优点是牵引电动机的轴向尺寸可以加大,结构也比较简单,制造成本低;缺点是传动时轮对受到偏于一侧的驱动力,左右轮子的受力不同。双侧齿轮传动的优点是传动时轮对受力均衡,左右轮子同时受到相同的驱动力,有利于提高运行品质;缺点是牵引电动机的轴向尺寸受到限制,结构复杂,制造成本增加。

(2) 根据齿轮种类,可分为斜齿圆柱齿轮传动和直齿圆柱齿轮传动。单侧齿轮传动,一

般用直齿轮；双侧齿轮传动，一般用斜齿轮，不用直齿轮，而且双侧齿轮的齿斜方向要相反。这是因为：直齿轮在啮合传动时，其啮合力作用在齿轮的切向；斜齿轮在啮合传动时，其啮合力是垂直于齿斜方向的，不仅有切向分力，而且有较大的轴向分力。

单侧齿轮传动如果采用斜齿轮，其轴向力将可能引起轮对贴靠一侧钢轨运行。双侧齿轮传动如果用直齿轮，在轮对组装时必须保证双侧大小齿轮齿形对应的精确性，否则必然引起双侧齿轮不能同时进入啮合，或双侧齿轮啮合力不等的问题。采用斜齿轮，而且双侧齿斜方向相反，则轴向力也相反，齿轮安装的误差，可由轴向力差值引起的轮对微小横动来得到纠正，这就保证了双侧齿轮传动转矩的均匀性。

(3) 根据大齿轮轮心的结构，可分为弹性齿轮传动和刚性齿轮传动。如果把大齿轮分为齿圈和齿轮心两部分，互相用弹簧或橡胶弹性地组装在一起，则成为弹性齿轮传动；如果大齿轮轮心制成刚性结构，则为刚性齿轮传动。至于小齿轮，一般都是刚性的。

弹性齿轮传动的优点：改善了沿齿宽方向的应力分布；缓和来自钢轨的冲击，啮合力的传递比较柔和；改善了牵引电动机的工作条件。缺点：增加了齿轮结构的复杂性，增加了制造成本。

刚性齿轮传动的优点：结构简单，制造维修成本低。缺点：啮合条件差，齿轮磨损大，传动冲击大，对牵引电动机不利。

2. 传动比

传动比是从动齿轮齿数与主动齿轮齿数之比。由于牵引电动机转速高，轮对的转速低，所以齿轮传动在电力机车上都是减速齿轮传动。减速齿轮传动，既可以保证牵引电动机在高效率的转速范围内工作，又可以加大轮对的转矩，使机车在适宜的运行速度下充分发挥牵引力。因小齿轮强度、最小齿数及机车车辆限界对大齿轮直径的限制，一般电力机车齿轮传动比小于 5。

在选择齿轮的齿数和传动比时，必须力求齿轮的工作能均匀协调。在电力机车上，齿轮圆周作用力是经常变化不定的，而且主、从动齿轮轮齿材质不同，表面硬化程度不同，因此，所选择的传动比的数值应尽可能是个无理数，即无限不循环小数，或者是无限循环的有理数。这样，一个齿轮上的每个轮齿将有机会同另一个齿轮上所有的轮齿啮合，以使轮齿得以均匀磨损。例如，SS₁ 型机车齿轮传动比为 88/19；SS_{4G} 型机车齿轮传动比为 88/21；SS₈ 型、SS₉ 型机车齿轮传动比为 77/31，都是这样安排的。

一般高速客运电力机车的传动比取值偏低，货运电力机车的传动比取值偏高。

二、电机悬挂的分类和比较

1. 刚性轴悬式电机悬挂

牵引电动机的一端经抱轴瓦或滚动轴承刚性地支承在车轴的抱轴颈上——抱轴端；另一端弹性地悬挂在转向架构架横梁上——悬挂端。

这种悬挂方式结构简单，检修容易，拆装方便，在不起吊机车车体的情况下，牵引电动机可以在落轮坑内卸下，工作可靠，制造容易，成本低廉，广泛应用于国内外电力机车上。

其缺点主要有两点：一是簧下重量大（牵引电动机约一半的重量属于簧下死重量），轮轨动载荷大；二是来自线路的冲击，直接传到牵引电动机，电机垂向加速度大，影响其工作可