**《新能源汽车维护与故障诊断》教案**

**课时分配表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **章序** | **课程内容** | **课时** | **备注** |
| **1** | **新能源汽车的维护** | **8** |  |
| **2** | **新能源汽车故障诊断技术基础** | **8** |  |
| **3** | **新能源汽车电池系统故障诊断与排除** | **8** |  |
| **4** | **新能源汽车驱动电机系统故障诊断与排除** | **8** |  |
| **5** | **新能源汽车充电系统故障诊断与修复** | **8** |  |
| **6** | **新能源汽车综合故障诊断与排除** | **24** |  |
| **总计** |  | **64** |  |

**学习单元四 新能源汽车驱动电机系统故障诊断与排除**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课 题** | 新能源汽车驱动电机系统故障诊断与排除 | |
| **课 时** | 8课时（260 min）。 | |
| **教学目标** | **知识技能目标：**  1．了解电机异响故障诊断与排除。  2．通过学习与练习掌握电机控制系统故障诊断与排除。  **思政育人目标：**  让学生通过学习新能源汽车驱动电机系统故障诊断与排除，提高学生人文素养，坚持全心全意为人民服务的根本宗旨，彰显汽车维修顾问的专业能力与职业素养。 | |
| **教学重难点** | **教学重点：**电机异响故障诊断与排除  **教学难点：**电机控制系统故障诊断与排除 | |
| **教学方法** | 讲授法、问答法、讨论法 | |
| **教学用具** | 电脑、投影仪、多媒体课件、教材 | |
| **教学设计** | 第1～8节课  ·‌考勤‌（2分钟）  ·清点人数，记录考勤。  ·设计意图：培养学生的组织纪律性。  ·‌知识讲解‌（每节40分钟，包含课堂互动）  ·‌课堂互动‌（每节5分钟）  ·学生提问、讨论，教师解答。  ·设计意图：增强学生的参与感和理解深度。  ·‌作业布置‌（每节3分钟） | |
| **教学过程** | **主 要 教 学 内 容 及 步 骤** | **设计意图** |
| **考勤**  **（2min）** | ■【教师】清点上课人数，记录好考勤  ■【学生】班干部报请假人员及原因 | 培养学生的组织纪律性,掌握学生的出勤情况 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示电机异响故障诊断与排除（一）  **一、知识准备**  1. 驱动电机系统的组成及作用（查阅“学习参考学习单元四　学习任务一”）。  2. 不同类型驱动电机的特点及工作原理（查阅“学习参考学习单元　四学习任务一”）。  3. 电机异响故障诊断及排除方法（查阅“学习参考学习单元四　学习任务一”）。  找出“任务描述”中的关键词，通过查阅“学习参考”和相关维修手册，对应整  理出完成该任务所需要的知识点和技能点。    **二、工作场所**  理实一体化教室。  **三、工作器材**  吉利EV450 车辆、故障诊断仪器、工量具套装、维修工具套装、检测工具套装  （包括万用表、绝缘测试仪、电池内阻测试仪、专用示波器、毫欧表、万用接线盒  等）、工位安全保护套装（包括警示牌、隔离带套装、绝缘防护垫等）、人员安全防护  套装（绝缘手套、耐磨手套、绝缘鞋、护目镜、安全帽等）等。  计划与实施  一、现场感受任务描述中的故障现象。  现场体验的故障现象是：  二、在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识，并回答下列问题。  1. 简述驱动电机系统的组成及作用？  2. 永磁同步电机主要由哪几部分组成？它是如何工作的？  3. 查阅相关资料，完成下面表格。      **【学生】**思考、讨论。 | **展示电机异响故障诊断与排除（一），让学生更加仔细的阅读，从而激发学生的学习欲望。** |
| **作业布置**（3min） | **【教师】**布置课后作业  简述驱动电机系统的组成及作用？ | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示电机异响故障诊断与排除（二）  **一、学习效果评价**  **1. 选择题**  （1）对电机三相绕组进行绝缘检测的时候（　　）。  A. 电机外壳必须接地 B. 电机绕组不能绝缘检测  C. 必须使用手摇兆欧表检测 D. 检测完毕之后要将三相绕组短接  （2）关于电机过水，下列说法正确的是（　　）。  A. 电机的防护等级达到IP67，过水没有问题  B. 电机是高压运行部件，过水就废了  C. 正常使用的电机可短时间过水，但是需要做相间绝缘测试  D. 只要车子可以正常启动就没问题  （3）根据GB/T18488.1—2015，驱动电机在热态下应能承受1.2 倍最高工作转速试  验，持续时间为（　　），其机械不应发生有害变形。  A. 2min B. 3min C. 4min D. 5min  （4）电动汽车驱动电机转子的转速由（　　）检测。  A. 车载充电机 B. 旋转变压器  C. 曲轴位置传感器 D. 绕组温度传感器  （5）关于电动汽车驱动电机，以下说法正确的是（　　）。  A. 由转子和定子两大部分构成 B. 转子一定是永磁体  C. 定子三相绕组的误差在5Ω 内 D. 电机温度不影响电机性能  **2. 技能考核**  查阅吉利EV450 维修手册，根据其电路原理图完成车辆检测。  （1）请各小组学习、思考和讨论解决问题的具体工作计划，考虑时间、工具、物  料并将流程图画在下面空白处，接下来各组派出代表陈述本组的工作方案。  工作计划流程图（可用图表和思维导图）：  （2）各小组对其他组的工作计划进行互评，教师总评，并将评语写在评价框内。  各小组根据教师和各组的评价进行方案优化。  优化后的流程图：  （3）各小组组长确定每一位学生的学习角色，对小组任务进行分配。组员按组长  的要求完成相关任务内容，并将自己所在小组及个人任务内容填入表中。    （3）各小组完成学生实训记录表。    **二、学习过程评价**  1. 请进行必要的最终检查和“6S”管理  2. 请根据实施过程进行总结并完善改进工作计划  总结内容和改进工作计划：  3. 学生填写自评表  要求每一个小组派代表上讲台讲述小组的学习成果和经验收获。  课堂小组经验分享记录：  4. 教师填写总评表及教师评价结果  教师评价结果记录：  **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解电机异响故障诊断与排除（二）的基本理论知识。** |
| **课堂小结**  （3min） | 【**教师**】**回顾和总结本节课的知识点。**  **这节课我们一起学习了电机异响故障诊断与排除（二），让学生知道驱动电机系统的组成和作用，能准确讲述不同类型驱动电机的特点和性能。能够分析电机异响故障的故障原因。**  **能够对电机异响故障进行故障诊断。同时也培养了学生的科技创新精神。** | 通过对所学知识的回顾，培养学生的归纳总结能力 |
| **作业布置**（2min） | **【教师】**布置课后作业  总结电机异响故障的诊断的类型。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示电机异响故障诊断与排除（三）  **一、驱动电机系统的组成**  驱动电机系统是新能源汽车中的主要执行部件，它一般由驱动电机、驱动电机控制器以及冷却系统等组成。  驱动电机是实现电能与机械能转化的部件，并将自身的运行状态信息发送给电机控制器。电机控制器是整个系统的控制中心，它对所有的输入信号进行处理，并将电机控制系统运行状态的信息发送给整车控制器。驱动电机控制器内一般还包括功能诊断电路，当诊断出异常时，它将会激活一个错误代码，发送给整车控制器。冷却系统主要是将驱动电机及其控制器产生的热量及时传递出去，以保证电机及其控制系统稳定高效地运转。  **二、驱动电机的功能与分类**  1.驱动电机的主要功能  在电动汽车驱动过程中电机作为电动机运行，将动力电池中存储的电能转换为机械能驱动车辆运行；在制动或减速过程中转变为发电机运行，将机械能转化为电能存储在动力电池中。  电机一般要求具有电动和发电两项功能，用于适应不同的行驶工况和复杂的道路情况。  2.驱动电机的分类  （1）按工作电源分类：直流电动机和交流电动机  （2）按结构及工作原理分类：直流电动机、异步电动机和同步电动机  （3）按转子的结构分类：笼型感应电动机和绕线转子感应电动机  （4）按用途分类：驱动用电动机和控制用电动机  （5）按运转速度分类：为高速电动机、低速电动机、恒速电动机和调速电动机  3. 电机的基本机构及工作原理  从电机的基本工作原理知道，电机的磁极和电枢之间必须有相对运动，因此，任何电机都由固定不动的定子和旋转的转子两部分组成，在这两部分之间的间隙叫空气隙。  （1）定子。  定子的作用是产生磁场和作为电机机械支撑，它由主磁极、换向磁极、电刷、机座、端盖和轴承等组成。  （2）转子。  转子又称电枢，是电机的旋转部分。它由电枢铁芯、绕组、换向器等组成。  （3）空气隙。  空气隙是定子磁极和转子电枢间自然形成的缝隙。虽不为结构部件，但为主磁路重要部分，是机电能量转换媒介。   1. 电动车常用电机介绍   （1）直流电机。  直流电机调速性能良好、起动性能好、具有较宽的恒功率范围、控制较为简单，价格便宜。但效率低，维护工作量大，转速低，质量和体积较大。  （2）交流异步电机。  交流异步电机效率高、成本低、结构简单、体积较小、质量  轻、工作可靠、使用寿命长。缺点是由于转子的转速与定子旋转磁场的旋转速度存在转差率，因而调速性能较差，控制相对较为复杂，配用的控制器成本较高。  （3）永磁同步电机。  永磁同步电机具有较高的功率，结构简单，体积更小，质量  更轻，比其他类型电动机的输出转矩更大，电动机的极限转速和制动性能也比较优异，已成为现今电动汽车应用最多的电动机。但永磁材料在受到振动、高温和过载电流作用时，其导磁性能可能会下降，或发生退磁现象，有可能降低永磁电机的性能。  （4）开关磁组电机。  开关磁阻电机具有结构简单、成本低、效率高、调速范围宽、  起动力矩大、过载能力强、可以有效地实现发电和制动等优点，非常适合汽车频繁起停的工况。但是起动时会发出较大噪声和振动，不过通过多年的研究这个缺点在应用中基本得到了解决。    **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解电机异响故障诊断与排除（三）的基本理论知识。** |
| **课堂小结**  （3min） | 【**教师**】**回顾和总结本节课的知识点。**  **这节课我们一起学习了电机异响故障诊断与排除（三），让学生知道驱动电机系统的组成和驱动电机的功能与分类。** | 通过对所学知识的回顾，培养学生的归纳总结能力 |
| **作业布置**（2min） | **【教师】**布置课后作业  总结驱动电机的功能与分类，并结合网络搜索工具找到对应的车型。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示电机异响故障诊断与排除（四）  **三、电机异响的故障诊断**  **1. 故障原因分析**  电动汽车的驱动电机主要由定子和转子组成，在工作中定子用于产生旋转磁场，从而牵引转子转动。导致电机异响故障的原因主要可以分为两方面，其一是机械方面的原因，其二是电气方面的原因。  **2. 故障排除思路**  排除“电机异响”故障，首先检查电机固定螺栓连接情况，然后检查电机线束、驱动电机三相线束紧固力矩及绝缘电阻、电机三相线束是否相互短路等。排除以上故障之后，在拆卸电机检查电机前后端盖、转子、定子、轴承等有无破损等故障。  **3. 任务案例故障修复**  维修技师接到任务车辆后，确认了故障现象基本与客户描述一致，该车启动后挂入D 挡时，驱动电机发出响声，仪表READY 灯点亮，车辆无法行驶，其他功能也无异常，如图4 - 1 - 14 所示。    （1）车辆基本检查。关闭起动开关，拆下低压蓄电池负极线，打开前机舱盖，穿戴好个人防护用具，逐一检查各控制单元及线束插头有无松动、破损等现象。经检查，全车主要控制单元及线束插头无松动、外观无破损等现象。  举升车辆，用手触摸电机，并无温度过高现象；确定异响来自驱动电机内部，如图4 - 1 - 16 所示。    （2）连接故障诊断仪读取故障码。连接故障诊断仪，打开启动开关读取主要系统故障码，该车并无故障提示及故障代码。  （3）查阅电路图及维修手册，分析故障范围。查阅维修手册及电路图，电机异响可参照吉利EV450 维修手册“2.4.5.5 电机异响、强烈振动或转速和输出功率达不到要求”部分进行诊断。    （4）检查电机后端盖与悬挂支架、电机前端盖与减速器壳体连接螺栓紧固情况，发现并无松动，如图4 - 1 - 17 所示。  （5）检查电机冷却系统管路、水箱及水泵工作情况，发现冷却液充足、冷却管路无老化、变形、渗漏，水箱、管路无水垢、堵塞现象，水泵工作正常，如图4 - 1 - 18所示。    （6）断开蓄电池负极电缆，检查电机高低压线束连接器时发现在电机控制器侧三相动力线中W 相线连接松动。  （7）拆卸电机控制器上盖，发现W 相动力线束固定螺栓松动，如图4 - 1 - 19 所示。紧固后，完成上电操作，车辆运行平稳，电机异响消除，故障排除。    **拓展知识**  特斯拉汽车上的电动机是科学家尼古拉·特斯拉（Nikola Tesla）在100 年前发明的。特斯拉感应电机有两个主要部分：定子和转子。从图4 - 1 - 20 中可以看到电机的结构细节。转子只是由端环短路的一组导电棒，一个三相交流电源输入给定子，线圈中的三相交流电产生旋转磁场（RMF）。特斯拉电机产生的是一个4 极磁场，这个旋转的磁场在转子条上感应出电流使其转动。在感应电机中，转子总是滞后于旋转磁场，    感应电机既没有电刷也没有永磁体。特斯拉感应电机的电机转速取决于交流电源的频率。所以只要改变电源频率，就可以改变驱动轮速度，这使得电动车的速度控制变得简单可靠。  特斯拉电机还有一项核心技术也是无人能敌的，就是铜制转子鼠笼式导体设计。因为铜的导电率远远高于铝，所以使用电导率更高的铜来制作鼠笼，电机的效率将会显著提升。  特斯拉电机制造技术方案与焊接鼠笼技术方案相同，将铜条插入转子槽中，再制造一组表面镀银的铜质楔子，将这些楔子插入铜条端部的间隙之中，如图4 - 1 - 22 所示。插完楔子之后，在楔子和铜条之间进行焊接，这个焊接要求比焊接方案中端环的感应钎焊成本、难度都低多了。焊接之后，再在两端箍上禁锢环，禁锢环的配合有效保证了转子的机械强度。    **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解电机异响故障诊断与排除（四）的基本理论知识。** |
| **课堂小结**  （3min） | 【**教师**】**回顾和总结本节课的知识点。**  **这节课我们一起学习了电机异响故障诊断与排除（四），以实际案例为说明，让学生体验了电机异响的故障原因分析和排查过程。了解了特斯拉的感应电机和特色技术。** | 通过对所学知识的回顾，培养学生的归纳总结能力 |
| **作业布置**（2min） | **【教师】**布置课后作业  了解国内的新能源汽车在电机方面有什么特色技术。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**电机控制系统故障诊断与排除（一）  **一、学习准备**  1. 驱动电机系统的组成及作用（查阅“学习参考学习单元四　学习任务一”）。  2. 不同类型驱动电机的特点及工作原理（查阅“学习参考学习单元　四学习任务一”）。  3. 电机异响故障诊断及排除方法（查阅“学习参考学习单元四　学习任务一”）。  找出“任务描述”中的关键词，通过查阅“学习参考”和相关维修手册，对应整理出完成该任务所需要的知识点和技能点。    **二、工作场所**  理实一体化教室。  **三、工作器材**  吉利EV300 车辆、故障诊断仪器、工量具套装、维修工具套装、检测工具套装  （包括万用表、绝缘测试仪、电池内阻测试仪、专用示波器、毫欧表、万用接线盒  等）、工位安全保护套装（包括警示牌、隔离带套装、绝缘防护垫等）、人员安全防护  套装（绝缘手套、耐磨手套、绝缘鞋、护目镜、安全帽等）等。  **计划与实施**  一、现场感受任务描述中的故障现象。  现场体验的故障现象是：   1. 在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识，并回答下列问题。   1.电机控制系统有何作用？  2.电机冷却系统主要由哪些部件组成？  3.电机控制系统中有哪些传感器，各有何作用？  三、在教师的引导下，以小组为单位学习相关技能，并填写下面表格。    **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解电机控制系统故障诊断与排除（一）的基本理论知识。** |
| **课堂小结**  （3min） | 【**教师**】**回顾和总结本节课的知识点。**  **这节课我们一起学习了电机控制系统故障诊断与排除（一），让学生知道电机控制系统有什么作用，电机冷却系统的组成部分，电机控制系统中传感器的名称和作用等。** | 通过对所学知识的回顾，培养学生的归纳总结能力 |
| **作业布置**（2min） | **【教师】**布置课后作业  简述电机控制系统有什么作用。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示电机控制系统故障诊断与排除（二）  **一、学习效果评价**  **1. 选择题**  （1）打开点火开关，仪表正常点亮，解码仪扫描全车，电机控制器不能通信的原因可能是（　　）。  A. 点火开关损坏 B. 电机控制器CAN 线断路  C. 电机损坏 D. 变速箱损坏  （2）对电机控制器进行绝缘检测时需要注意（　　）。  A. 拔下电机控制器高压线束，可直接使用绝缘电阻测试仪测量  B. 电机控制器是一个脆弱的电气元器件，不能直接用绝缘电阻测试仪对其进行测量。  C. 电机控制器本身不会存在绝缘问题，所有的绝缘问题都出现在高压线束上面  D. 电机控制器内部的高压部分主要是IGBT 模块，因IGBT 自身的性质，不论你怎么测，其都是绝缘的  （3）高压下电之后，如果电机控制器的高压线束上仍有60V 以上的高压电，正确的选择是（　　）。  A. 接一个功率电阻，加快泄放速度，节省维修时间  B. 继续等待，确认主动/ 被动泄放工作情况，直到电压下降到60V 以下  C. 说明电池包内部有烧结，先修好电池包  D. 电机控制器存在故障，直接返厂维修  （4）根据GB/T18488.1—2015，驱动电机控制器壳体应能承受不低于（　　）的压强，不发生明显的塑性变形。  A. 10kPa B. 20kPa C. 30kPa D. 40kPa  （5）旋变传感器的故障码一般出现在（　　）整车模块。  A. 电机控制器 B. 动力电池管理器  C. 充电控制器 D. 空调控制器  （6）更换电机冷却液时，电机冷却液一般从（　　）放出。  A. 电机放水螺栓口 B. 冷却水箱放水阀  C. 电机出水管 D. 冷却水箱出水管  （7）处理过温的电机或动力电池包时，下列操作方法错误的是（　　）。  A. 断开所有高压负载，等待温度降低之后，再做处理  B. 强制通风，加快温度降低  C. 保持冷却水泵运转，维持热交换  D. 用水枪喷水，加速降温  （8）根据GB/T18488.1—2015，对于液冷的驱动电机和驱动电机控制器冷却系统回  路应能承受（　　）的压力，无渗漏。  A. 100kPa B. 200kPa C. 300kPa D. 400kPa  **2. 技能考核**  查阅吉利EV300 维修手册，根据其快充系统的电路原理图完成车辆检测。  （1）请各小组学习、思考和讨论解决问题的具体工作计划，考虑时间、工具、物料并将流程图画在下面空白处，接下来各组派出代表陈述本组的工作方案。  工作计划流程图（可用图表和思维导图）：  （2）各小组对其他组的工作计划进行互评，教师总评，并将评语写在评价框内。  各小组根据教师和各组的评价进行方案优化。  优化后的流程图：  （3）各小组组长确定每一位学生的学习角色，对小组任务进行分配。组员按组长  的要求完成相关任务内容，并将自己所在小组及个人任务内容填入表中。      **二、学习过程评价**  1. 请进行必要的最终检查和“6S”管理  2. 请根据实施过程进行总结并完善改进工作计划  总结内容和改进工作计划：  3. 学生填写自评表  要求每一个小组派代表上讲台讲述小组的学习成果和经验收获。  课堂小组经验分享记录：  4. 教师填写总评表及教师评价结果  教师评价结果记录：  **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解电机控制系统故障诊断与排除（二）的基本理论知识。** |
| **课堂小结**  （3min） | 【**教师**】**回顾和总结本节课的知识点。**  **这节课我们一起学习了电机控制系统故障诊断与排除（二），让学生查阅吉利 EV450 维修手册，根据其电路原理图完成车辆检测。** | 通过对所学知识的回顾，培养学生的归纳总结能力 |
| **作业布置**（2min） | **【教师】**布置课后作业  简述预防电机过水的方法。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示电机控制系统故障诊断与排除（三）  **一、驱动电机控制系统的概述**  电机控制系统由动力总成（驱动电机）、高压配电设备、电机控制器、高低压线束和相关传感器等组成，这样部件可以分开安装，用导线相连，也可以结合成一体更有利于车辆布局。  电动汽车的电机驱动过程是整车控制器（VCU）接收到驾驶员的操作指令，并根据收到的各种指令控制电机控制器响应并反馈，实时调整驱动电机输出，以实现整车的怠速、前行、倒车、停车、能量回收等功能。    电机控制器是一个既能将动力电池中的直流电转换为交流电以驱动电机，同时具备将车轮旋转的动能转换为电能（交流电转换为直流电）给动力电池充电的设备，吉利帝豪EV电机控制器如图4 - 2 - 4 所示。    电机控制器一般还具有DC/DC 转换或DC/AC 转换功能。  DC/DC 转换器又称直流斩波器，用于直流电动机驱动系统。  DC/AC 转换器通常称作逆变器，用于交流电动机驱动系统，它将动力电池的直流电转换为频率和电压均可调的交流电。电动汽车一般采用电压输入式逆变器，因为其结构简单且又能进行双向能量转换。    电机控制器主要是由接口电路、控制主板、IGBT 模块（驱动）、超级电容、放电电阻、电流感应器、壳体水道等组成，  电动机控制器总成包含上、中、下三层，上层称为控制板，如图4 - 2 - 8 所示，主要用来采集电机的温度、转速、电流、转子位置等工作信号，一般通过CAN 线与VCU等外界控制单元进行通信；下层为驱动板，用来把直流高压电逆变成三相交流电并输送给驱动电机，同时将三相电的基本信息及温度信号等传递给控制板，同时其工作状态也受控制板的控制；中层为水道用以冷却控制单元。    IGBT（insulated gate bipolar transistor），绝缘栅双极型晶体管，是由BJT（双极型晶体管）和MOS（绝缘栅型场效应管）组成的复合全控型电压驱动式功率半导体器件，兼有MOSFET 的高输入阻抗和GTR 的低导通压降两方面的优点。  IGBT 模块是由IGBT 与FWD（续流二极管芯片）通过特定的电路桥接封装而成的模块化半导体产品；封装后的IGBT 模块直接应用于变频器、UPS 不间断电源等设备上；IGBT 模块具有节能、安装维修方便、散热稳定等特点；  IGBT 是一种电压型控制器件，它所需要的驱动电流跟驱动功率都非常小，可直接与模拟或数字功能模块相接而不需加任何附加接口电路。  IGBT 的安全可靠与否主要由下列因素决定：一是IGBT 栅极与发射极之间的电压；二是IGBT 集电极与发射极之间的电压；三是流过IGBT 集电极与发射极的电流；四是IGBT 的结温。  为了保障IGBT 模块能够正常工作，IGBT 驱动电路的设计一般具备以下三个基本的要求。  ① 驱动放大  ② 电气隔离  ③ 保护功能  **二、驱动电机冷却系统概述**  为保证电驱系统在运行过程中所产生的热能能够及时散发出去，需要对电机驱动系统的驱动电机和电机控制器进行冷却，以确保它们在适宜的温度范围内工作。吉利EV300 冷却系统主要部件如图4 - 2 - 10 所示。    采用何种冷却系统还应根据车辆的具体要求来确定。如果车辆安装空间自由度较大，通风情况良好，电机的重量要求不苛刻的情况下可以选择风冷系统。为了节约车辆空间，缩小电机的体积，降低电机的重量，提高电机的效率，一般采用水冷的方式。而对于车载控制器的冷却方式主要取决于电机的冷却方式，一般情况下，两者采用相同的冷却方式进行冷却。  如图4 - 2 - 12 所示的电动汽车的驱动电机及控制器的冷却系统主要依靠冷却水泵运转带动冷却液在冷却管道中循环流动，带走电动机与控制器工作时产生的热量，在散热器总成里与外界冷空气进行热交换，把系统中的热量传递到环境中去。    冷却系统的温度是由冷却液温度传感器来测量的。当电动汽车起动时，冷却水泵开始工作。冷却液经过软管流入散热器内，该传感器向控制器发送信号，根据需要控制冷却风扇的转速。冷却液温度信号由控制器经过CAN 总线传送到组合仪表。  **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解电机控制系统故障诊断与排除（三）的基本理论知识。** |
| **课堂小结**  （3min） | 【**教师**】**回顾和总结本节课的知识点。**  **这节课我们一起学习了电机控制系统故障诊断与排除（三），让学生知道电机控制系统的构成和工作原理，了解了驱动电机冷却系统的组成和不同的冷却方式和作用。** | 通过对所学知识的回顾，培养学生的归纳总结能力 |
| **作业布置**（2min） | **【教师】**布置课后作业  总结电机控制系统的构成和相应的功能。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示电机控制系统故障诊断与排除（四）  **三、电机控制系统故障诊断与排除**  1.常见故障  电机控制系统是驱动电机系统的控制中心，功能及结构相对复杂，因此其故障也比较多，常见的有电机控制器高低压供电回路故障、电机控制器通信故障、驱动电机旋变信号故障、电机过温故障、驱动电机三相线束故障、电机控制器DC/DC 故障、电机转子偏移角度不合理故障、驱动板或控制板损坏等。    2.故障排除思路  电机控制系统故障种类繁多，在检修驱动电机控制系统故障时首先应使用故障诊断仪读取相关故障码，再根据故障码的提示参照相关维修手册及电路图排除故障。      **三、任务案例故障修复**  经维修技师现场确认该车启动后仪表上低压蓄电池故障灯点亮，系统故障指示灯点亮，READY 灯未点亮，如图4 - 2 - 13 所示，车辆不能正常挂挡行驶，其他功能并无异常。根据以上故障现象，维修技师按照如下步骤排除该故障。     1. 车辆基本检查。 2. 连接故障诊断仪读取故障码。 3. 查阅电路图及维修手册，分析故障范围。 4. 检测电机旋变的正弦、余弦、励磁电阻值。 5. 在驱动电机线束侧EP13 测量励磁电阻值。断开电机控制器线束连接器EP13，用万用表测量驱动电机线束侧EP13 的12 号端子与11号端子之间的电阻值为8.9Ω，正常。 6. 检测驱动电机旋变励磁信号的外线路。 7. 更换EP11 到EP13 线束后，测得EP11 - 15～EP13 - 12 端子线束电阻为0.5Ω左右，为正常阻值。 8. 恢复EP11、EP13 线束连接，连接故障诊断仪，安装蓄电池负极电缆，打开起动开关读取主要系统故障码，未发现故障码。重新上电，READY 灯点亮，仪表无其他故障提示，挂挡能正常行驶，故障排除。   **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解电机控制系统故障诊断与排除（四）的基本理论知识。** |
| **课堂小结**  （3min） | 【**教师**】**回顾和总结本节课的知识点。**  **这节课我们一起学习了电机控制系统故障诊断与排除（四），用任务案例故障修复，让学生全方位了解了电机控制系统故障修复的具体过程，同时也介绍了旋转变压器的内部构造和工作原理。** | 通过对所学知识的回顾，培养学生的归纳总结能力 |
| **作业布置**（2min） | **【教师】**布置课后作业  **结合实际生活，介绍电机控制系统故障修复的方法和步骤。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |