**第3课 新能源汽车电池认知与检测**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课 题** | 新能源汽车电池认知与检测 | |
| **课 时** | 18课时（810 min）。 | |
| **教学目标** | **知识技能目标：**  1．了解现代文读写。  2．通过学习与练习掌握现代文读写分类。  **思政育人目标：**  让学生通过学习现代文读写，了解现代文的分类，培养学生对现代文读和写的兴趣和能力。 | |
| **教学重难点** | **教学重点：**记叙文阅读与写作、说明文阅读与写作  **教学难点：**议论文阅读与写作 | |
| **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节课：考勤（2min）--知识讲解（40min）--作业布置（3min）  第2节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第3节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第4节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第5节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第6节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第7节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第8节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第9节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第10节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第11节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第12节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第13节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第14节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第15节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第16节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第17节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min）  第18节课：知识讲解（40min）--课堂小结（3min）--作业布置（2min） | |
| **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】**展示蓄电池辨识分类  **学习工作页**  **任务描述**  在新能源汽车技术专业社团举行活动时，同学们针对电池提出不同的问题：有哪些类型的蓄电池？不同的蓄电池有什么特点？而新能源汽车用的蓄电池有什么要求？动力电池的发展方向是怎样的呢？作为新能源汽车技术专业社团的团长，请你为同学们介绍相关内容，激发同学们的专业兴趣，提高社团活动质量。  **学习目标**  1. 能介绍电动汽车蓄电池应满足的要求；  2. 能对蓄电池进行正确分类；  3. 能介绍蓄电池电压、容量等主要性能指标；  4. 能介绍动力蓄电池目前存在的问题以及蓄电池未来的发展方向；  5. 能发散思维，提高创新能力，强化自主创新意识。  **学习准备**  **一、知识准备**  1. 新能源汽车动力蓄电池的要求（查阅学习参考“学习情境三学习任务一”）。  2. 新能源汽车动力蓄电池的种类（查阅学习参考“学习情境三学习任务一”）。  3. 新能源汽车动力蓄电池的性能指标（查阅学习参考“学习情境三学习任务一”）。  4. 新能源汽车动力蓄电池目前存在的问题（查阅学习参考“学习情境三学习任务一”）。  5. 新能源汽车动力蓄电池未来的发展方向（查阅学习参考“学习情境三学习任务一”）。  请阅读参考资料，把自己需要掌握的知识点和技能点填入下表。    **二、工作场地**  理实一体化教室。  **三、工具准备**  万用表、铅酸电池、锂离子电池、镍氢电池。  **计划与实施**  在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识。  1. 新能源汽车动力蓄电池应满足的要求：  2. 蓄电池的分类：  3. 新能源汽车动力蓄电池的性能指标：  4. 新能源汽车动力蓄电池目前存在的问题：  **评价与反馈**  **一、填空题**  1. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 是指动力电池单位质量所能输出的电能，单位 W·h/kg。这是电池的关键性能参数，决定车辆的续航里程。  2. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 是电池及电池组是否满足电动汽车在加速、爬坡和再生制动时的指标。  3. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 保证动力蓄电池的使用年限和行驶总里程，使其更换、维护费用低，降低电动汽车的使用成本。  4. 动力电池 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 特性好，不容易过充电，可延长蓄电池的使用寿命。\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 特性好，其持续供电能力就强。  5. 如果放电不完全就充电，就不能放出全部电量。如放出 70% 电量后再充足电，该电池只能放出 70% 的电量，这就是电池的 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  6. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 小能够满足车辆较长时间的搁置要求。  7. 目前动力蓄电池主要面临的问题有以下几点：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 低，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_重，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 短，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 弱，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 昂 贵， 乘 员 的 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_受到限制。  8. 按照电池工作原理，蓄电池可以分为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电池、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电池和\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电池。  9. 按照工作介质和存储的方式不同，蓄电池可以分为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电池、\_\_\_\_\_\_\_\_\_电池和 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电池。  10. 按照电解质的种类不同，蓄电池可以分为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电池、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_电池和 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电池和有机电解质电池。  11. 按照蓄电池所用正负极材料的特性划分：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 系列电池，如铅酸电池；\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 系列电池，如锌锰电池、锌银电池；\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 系列电池，如镍镉电池、镍氢电池；\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 系列电池，锂电池、磷酸铁锂、三元锂电池。  12. 蓄电池在开路条件下的端电压，即电池没有负载状态时的电压值为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_电压。  13. 在蓄电池达到充满状态后，若还继续充电即为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  14. 过充电的最直接表现是蓄电池明显 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  15. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电压是指蓄电池正常充电时允许达到的最高电压。  16. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电压是指蓄电池正常放电时允许达到的最低电压。  17. 如果电压低于电池放电截止（终止）电压后继续放电，即为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  18. 完全充电的蓄电池在规定条件下所释放的总电量称为容量，单位为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_。  19. 我国国家标准中，用 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 容量定义电动汽车用蓄电池的额定容量，用 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 容量定义汽车用起动型蓄电池的额定容量。  20. 蓄电池中电解质、正负极群、隔膜等电阻的总和称为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，单位为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  21. 蓄电池的内阻直接影响蓄电池的 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、输出能量和功率等，蓄电池的内阻越小，其充放电性能就越好。  22. 蓄电池实际放电 20 A·h，可用容量 100 A·h，该电池的 DOD 为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，SOC 为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  23. 蓄电池内部自发的或不期望的化学反应造成可用容量自动减少的现象称为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  24. 如额定容量为“1000 mA·h”的电池，以 0.2 C 充电，充电电流为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_A，以 0.5 C 放电，其放电电流为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_A。  **二、判断题**  1. 蓄电池允许的倍率放电越大，蓄电池性能越好，价格也越贵；蓄电池电极上锂化合物颗粒越细小，倍率放电可以越高，工艺要求越高。 （　　）  2. 根据倍率放电的大小可分为：低倍率 ＜ 0.5 C，0.5 C ≤中倍率 ＜ 3.5 C，3.5 C ≤高倍率＜ 7 C。 （　　）  3. 同一个电池，在不同的充放电制度下，其循环寿命是不同的。 （　　）  4. 影响蓄电池的循环寿命的因素：是否正确地使用和维护；电极的活性和表面状态；电极中活性物质是否脱落和转移；隔膜是否损坏；电池在充放电过程中晶型的变化；放电深度等。 （　　）  5. 某电池的放电截止电压肯定比充电截止电压低。 （　　）  **三、简答题**  列举几种（至少三种）常见的蓄电池的充电截止电压和放电截止电压。  **四、技能考核**    **【学生】**思考、讨论。 | **展示蓄电池辨识分类，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  列举几种（至少三种）常见的蓄电池的充电截止电压和放电截止电压。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**  （40min） | **【教师】**展示蓄电池辨识分类  **学习参考（一）**  **一、动力电池应满足的要求**  电动汽车要求动力蓄电池具有较高的比能量和比功率，以  满足汽车的续驶里程和动力性要求，同时也希望其具有与汽车使用寿命相当的充放电循环寿命，拥有较高的效率、良好的性价比以及免维护特性，具体要求如下。  **（一）使电动汽车续驶里程长——比能量高**  1. 能量  能量是指在一定标准所规定的放电制度下，电池输出的电能，单位 W·h 或kW·h。如北汽 EX360，可用电量 48.1kW·h。综合工况续航里程达到了 318 km，等速续航里程为 398km。  2. 比能量  比能量是指动力电池单位质量所能输出的电能，单位 W·h/kg。它是电池的关键性能参数，决定车辆的续航里程。比能量（W·h/kg）= 能量（W·h）/ 电池质量（kg）。  3. 能量密度  能量密度是指动力电池组单位体积中所能输出的能量，单位 W·h/L。  例 1：铅酸蓄电池标称电压 12 V，容量为 4.5 A·h，质量为 1652 g，体积为 0.59 L，求其比能量和能量密度。  解：电能 =12 V×4.5 A·h=54 W·h  比能量 = 电能 / 质量 = 54 W·h/1.652 kg ≈ 32.69 W·h/kg  能量密度 = 电能 / 体积 = 54 W·h/0.59 L ≈ 91.53 W·h/L  例 2：镍氢电池标称电压 1.2 V，容量为 2.45 A·h，质量为 30 g，体积为 0.0075 L，求其比能量和能量密度。  解：电能 = 1.2 V×2.45 A·h = 2.94 W·h  比能量 = 电能 / 质量 = 2.94 W·h/0.03 kg = 98 W·h/kg  能量密度 = 电能 / 体积 = 2.94 W·h/0.0075 L = 392 W·h/L  例 3：锂电池标称电压 3.6 V，容量为 2.5 A·h，质量为 43 g，体积为 0.01654 L，求其比能量和能量密度。  解：电能 = 3.6 V×2.5 A·h = 9 W·h  比能量 = 电能 / 质量 = 9 W·h/0.043 kg ≈ 209.30 W·h/kg  能量密度 = 电能 / 体积 = 9 W·h/0.01654 L ≈ 544.14 W·h/L  **（二）使电动汽车的动力性强劲，加速性好，爬坡能力强——比功率高**  1. 功率  功率为单位时间输出的功的大小，单位 W 或 kW。功率越大，车辆动力性越强，这种说法不确切，车辆的动力性应该用比功率来衡量。  2. 比功率  比功率的大小表征电池所能承受的工作电流的大小。电池比功率大，表征电池可以承受大电流放电。比功率是衡量电池及电池组是否满足电动汽车加速、爬坡和再生制动等需求的指标。  比功率 = 最大功率（W）/ 电池质量（kg）  北汽 EX360 ∶ 0～50 km/h 加速时间为 5 s。  3. 功率密度  功率密度为电池单位体积中所具有的电能的功率，单位 W/L 或 kW/L。  **（三）较长的循环寿命**  保证动力蓄电池的使用年限和行驶总里程，使其更换、维护费用低，降低电动汽车的使用成本。  **（四）较好的充放电特性**  蓄电池的充电特性好，可缩短其充电时间，提高使用性能，在车辆制动时，可提高制动能量回收的效率。充电特性好，不容易过充电，可延长蓄电池的使用寿命。放电特性好，其持续供电能力就强。  **（五）工作温度范围广，以满足季节变化的运行需要**  温度过高或温度过低的情况下，对于蓄电池的工作极为不利。  **（六）无记忆效应，以满足车辆各状态下充电的需要**  如果放电不完全就充电，以后就不能放出全部电量。如放出 70% 电量后再充足电，该电池只能放出 70% 的电量，这就是电池的“记忆效应”。为了解决这个问题，几次完全的充放电循环能使电池恢复正常工作。  **（七）自放电率小，以满足车辆较长时间的搁置要求**  蓄电池内部自发的或不期望的化学反应造成可用容量自动减少的现象称为自放电（Self- discharge）。  **（八）充电时间短，安全性好**  要求动力蓄电池防爆、防高温性能好等。  **（九）可实现深度放电，并且不会影响其寿命**  要求蓄电池必要时能在满负荷功率状态下工作且实现全放电。  **二、目前动力蓄电池主要面临的问题**  目前要使电动汽车具有竞争力就要开发出比能量高、比功率高、使用寿命长的高效节能电池。目前动力蓄电池面临以下主要问题。  **（一）能量密度低**  汽油的能量密度是 12000 W·h/kg，而铅酸蓄电池的能量密度不足 40 W·h/kg，锂离子蓄电池的能量密度在 100 W·h/kg 左右（北汽纯电动汽车 EV200 采用的动力蓄电池，其能量密度为 104.4 W·h/kg，EU5 蓄电池能量密度为 151.4 W·h/kg）。传统燃油汽车行驶 300～500 km 只需消耗 30 L 汽油，而电动汽车如果跑相同的里程就需要更多的电能，只能带上数百千克重的电池。  **（二）电池组重**  轻量化是纯电动汽车设计时必须要遵循的一个原则，尽管在车身设计方面采取了一系列减轻自身质量的措施来降低车重。但由于电池组的存在，纯电动汽车的总质量较同样大小的内燃机汽车重得多。  **（三）续驶里程短，动力性能弱**  由于现在车用动力蓄电池的能量密度较低，因此要提高汽车的行驶里程，就必须在汽车上安装更多的蓄电池组。这样就使蓄电池组质量过大，以致车身质量过重，而车身质量过重又使汽车动力性能受到制约，并且车上安装大量的电池组，也会占用不少空间，从而限制车内使用空间。  **（四）电池价格昂贵**  据估算，在纯电动汽车中，动力蓄电池的成本占整车售价的 10%～30%。微型电动汽车因为整车价格不高，所以电池组成本占比尤其大。过于高昂的电池成本阻碍了电动汽车的快速发展。  **（五）乘员的舒适性受到限制**  由于受到纯电动汽车动力蓄电池的电量限制，用车时必须时刻注意节省，车内空调和暖风装置的选用必须充分考虑其对车辆行驶里程的影响。此外，动力转向以及其他一些车载电气的使用也受到限制。因此，乘员的乘坐舒适性受到影响。  **三、蓄电池发展的趋势**  随着新材料的开发和应用、新理论的提出和一些技术问题的突破，未来必将会有更多性能优异的新型电池出现。发展性能更优的蓄电池体现在以下几个方面。  **（一）从理论能量密度方面挖掘现有蓄电池的潜力**  现有的蓄电池可根据其反应式，并通过公式估算出其理论能量密度。从理论能量密度方面挖掘现有的蓄电池的潜力基于两点：其一，当数据来源不同时，理论计算结果相差颇大，而这与反应中物质状态有关，也与是否考虑反应所处条件有关；其二，在实用性的蓄电池中，其实际能量密度最多只有理论值的 1/4.5～1/3，仍然留下理论能量密度的 1/10～1/5。  因此，根据蓄电池能量密度的理论计算公式，寻求提高蓄电池能量密度的方法与措施，是蓄电池进一步发展的一条有效途径。  **（二）从电池活性材料看蓄电池的发展前景**  电极活性物质是影响蓄电池性能最关键的因素，因此，未来蓄电池的发展离不开对电池活性物质的研究。自然元素是有限的，因此，合成材料的广泛应用将是未来蓄电池技术发展的必由之路。今后蓄电池的研究可能会从分子工程出发，开发出合成导电聚合物材料。除化学合成外，材料的电化学制备、电化学表面处理、导电聚合物、新型电极材料、新型电解液的开发等，都将使蓄电池具有广阔的发展前景。  此外，纳米材料所具有的独特性质和全新的规律，使其成为科学研究的热点。钱学森在 1991 年就曾预言：“纳米和纳米以下的结构将是下一阶段科技发展的重点，会是一次技术革命，从而将是 21 世纪又一次产业革命。”纳米微粒作为蓄电池正负极材料的可能性是存在的，越来越多的研究显示了它的各种特性。人们已经对纳米级金属氧化物的电化学行为进行了研究。目前，作为锂离子电池负极材料的碳纳米管，其管壁厚度、管径、管腔、长度都可通过改变合成条件进行调控，以提高蓄电池的性能。而且，纳米材料在电池中得到使用，蓄电池的性能有可能达到一个前所未有的新高度。  **（三）非可燃性有机电解液将解决锂离子电池安全问题**  锂离子电池性能好，其使用已十分广泛，但尚存在使用安全隐患。虽然使用碳素代替锂离子使安全性有了很大的提高，但锂离子电池的安全问题并没有完全解决。锂离子电池采用的液体就会丧失聚合物电解液的优点。因此，开发非可燃性有机电解液可能是提高锂离子电池安全性的重要措施。  到目前为止，人们对有机电解液性质的了解还远不如水溶液电解液那样深入，而电极材料与电解液的匹配性和兼容性对电池的性能有着直接的影响，因此，人们以期通过对有机电解液的更深入研究来提高电池的性能。  采用高离子导电率的固体电解质作为隔膜，制备全固态电池，将大大提高大容量锂离子电池的安全性。研究开发新型固态电解质可能是解决一系列问题、开创蓄电池新阶段的关键。由于锂二次电池性能的改进和提高与有机电解液的关系密切，因而近年来在这方面的研究迅速增多。可以预料，未来锂二次电池发展将很大程度上依赖于非水电解质应用基础研究的突破。  **（四）电动汽车的发展将促进蓄电池技术的全面发展**  电动汽车未来发展的方向主要是纯电动汽车和燃料电池电动汽车，混合动力电动汽车的发展只是缓解动力电池技术难题的一个中间过程。对于纯电动汽车来说，蓄电池仍然是其发展的瓶颈。为使电动汽车在动力性、经济性（续驶里程）、安全性、成本等方面能与燃油汽车相抗衡，需要解决的最关键的问题就是蓄电池。蓄电池性能的提高包括许多方面：蓄电池的比功率与比能量有突破性的提高，循环寿命更长，充电时间短，使用安全环保等。  要提高纯电动汽车的动力性、续驶里程和缩短充电时间，除了蓄电池本身性能的提高外，蓄电池的充电方法、蓄电池的性能测试与管理等也至关重要。因此，有关蓄电池快速充电及均衡充电方法研究、蓄电池运行中的动态性能参数监测及能量管理的研究等，均是电动汽车未来发展所需关键性研究项目。  由此可见，电动汽车的发展将会促进蓄电池性能、蓄电池充电技术、蓄电池测试与管理的全面提高。  电动汽车电源的另一个发展方向是燃料电池。与传统能源相比，燃料电池高效，对环境友好，安静且可靠性高，因而被认为是 21 世纪首选的高效清洁能源。  **【学生】**思考、讨论。 | **通过教师讲解，了解说明文阅读与写作的基本理论知识。** |
| **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蓄电池辨识分类，让学生知道说明文根据表达方式不同，可以分为一般性说明文和文艺性说明文。** | 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  简述蓄电池发展的趋势。 | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示蓄电池辨识分类  **学习参考（二）**  **四、蓄电池的分类**  **（一）按照工作原理划分**  蓄电池是电动汽车的动力源泉。电池按照工作原理从广义上讲主要可分为化学电池、物理电池和生物电池三大类，其中化学电池和物理电池已经应用于量产电动汽车中，而生物电池则被视为未来电动汽车电池的重要发展方向之一。  化学电池：将化学能转化为电能的装置，如原电池、蓄电池、燃料电池等。  物理电池：利用光、热、物理吸附等物理能量发电的电池。在电池的使用过程中，物理电池内部本身不产生化学反应，如太阳能电池、超级电容、飞轮电池等。生物电池（bio -fuel cells）：利用生物（如生物酶、微生物或叶绿素等）分解反应过程中表现出来的带电现象进行能量转换的装置，如微生物电池、酶生物电池和生物太阳能电池等。  **（二）按照工作介质和存储的方式不同划分**  一次电池：使用一次后就被废弃的电池，也称原电池，如锰锌干电池、银锌扣式电池等。  二次电池（rechargable battery）：可以充电再次使用的电池，即电池放电后可通过充电的方式使活性物质激活而继续使用的电池，又称为充电电池或蓄电池。其可反复多次循环使用。这类电池实际上是一个化学能量贮存装置，用直流电将电池充足，这时电能以化学能的形式贮存在电池中，放电时，化学能再转换为电能。二次电池有铅酸电池、镍氢电池、镍镉电池、锂电池等。  燃料电池：活性材料在电池工作时需要外部不断地供应燃料，来延续电池内部的反应，如氢氧燃料电池等。  **（三）按照电解质的种类不同划分**  酸性电池：主要以硫酸水溶液为介质，如铅酸电池。  碱性电池：主要以氢氧化钾水溶液为主，如镍镉电池、镍氢电池。  中性电池：主要以盐溶液为介质，如锰锌干电池、海水激活电池等。  有机电解质电池：主要以有机溶液为介质，如锂电池。  **（四）按照蓄电池所用正负极材料的特性划分**  铅系列电池，如铅酸电池；锌系列电池，如锌锰电池、锌银电池；镍系列电池，如镍镉电池、镍氢电池；锂系列电池，如磷酸铁锂、三元锂电池。  **五、蓄电池的性能指标**  **（一）电压**  蓄电池的电压（端电压）指正极与负极之间的电位差，单位为伏特（V），是表示蓄电池性能与状态的重要参数之一。电压可分为开路电压、充电截止（终止）电压和放电截止（终止）电压等。  1. 开路电压  蓄电池在开路条件下的端电压即开路电压，就是指电池没有负载状态（未向外电路输出电流）时的电压值。蓄电池充满电时的开路电压，因蓄电池正负极与电解质的材料而异。如果是同一种材料的蓄电池（如磷酸铁锂），不管电池的体积有多大，几何结构如何变化，其开路电压都是一样的。  2. 充电截止（终止）电压  充电截止（终止）电压是指蓄电池正常充电时允许达到的最高电压。在蓄电池达到充满状态后，若还继续充电即为过充电。过充电可能导致蓄电池内压升高，鼓包变形、漏液等情况发生，蓄电池的性能会显著降低甚至发生安全事故。 过充电的最直接表现是蓄电池明显发热，因为蓄电池已经饱和，继续给蓄电池充电，蓄电池难以再提高电压，就会以热的形式发散出来。对于锂电池而言，过量的锂离子嵌入负极晶体内，会使蓄电池永久性损伤，是电池滥用的一种方式。  3. 放电截止（终止）电压  放电截止（终止）电压是指蓄电池正常放电时允许达到的最低电压。以锂电池为例，如果电压低于放电截止（终止）电压后继续放电，电池两端的电压会迅速下降，造成过放电，负极晶格会塌落，导致极板上的活性物质在正常充电时不易恢复。这同样是电池滥用的一种方式。  **（二）容量**  容量即完全充电的蓄电池在规定条件下所释放的总电量，单位为 A·h（安时）。容量用来表示蓄电池的放电能力。不同条件下蓄电池所能输出的电量（容量）是不同的。蓄电池的容量有额定容量、n 小时率容量和理论容量。  （1）额定容量：充足电的蓄电池在规定条件下所能输出的电量。额定容量是制造厂标明的蓄电池容量值，是蓄电池性能的重要技术指标。我国国家标准中，用 3 小时放电率容量定义电动汽车用蓄电池的额定容量，用 20 小时放电率容量定义汽车用起动型蓄电池的额定容量。  （2）n 小时率容量：充足电的蓄电池以某一恒定电流放电 n 小时，将蓄电池放电至终止电压，蓄电池所输出的电量称为 n 小时放电率容量。  （3）理论容量：假设蓄电池极板上的活性物质全部参与电化学反应，蓄电池可释放的容量值。  **（三）内阻**  电流通过电池内部时受到阻力，使电池的工作电压降低，该阻力称为电池内阻，单位为欧姆。电池内阻不是常数，在放电过程中随着活性物质组成、电解液密度和温度的变化以及放电时间而变化。  蓄电池的内阻也是表示蓄电池性能和状态的重要参数，直接影响蓄电池的工作电压、输出电流、输出能量和功率等。蓄电池的内阻越小，其充放电性能就越好。  **（四）放电深度（DOD）**  放电深度（Depth Of Discharge）是表示蓄电池放电状态的参数，等于实际放电量与可用容量的百分比。其取值范围为 0～1，当 DOD=0 时，表示电池完全充满电，DOD=1 时，表示电池完全放电。如果蓄电池可用容量为 100 A·h，实际放电 30 A·h，则 DOD=30 A·h/100 A·h=0.3=30%。  **（五）荷电状态（SOC）**  荷电状态（State Of Charge），是蓄电池的剩余容量与其完全充电状态的容量的比值，常用百分数表示，见图 3-1-3。其取值范围为 0～1，当 SOC=0 时表示电池完全放电，当 SOC=1 时表示电池完全充满。如果蓄电池可用容量为 100 A·h，实际放电30 A·h，则 SOC=（100-30）/100=0.7=70%。  **（六）自放电率**  自放电率又称荷电保持能力，是指电池在开路状态下，电池所储存的电量在一定条件下的保持能力。自放电率主要受电池制造工艺、材料、储存条件等因素影响，是衡量电池性能的重要参数。  **（七）记忆效应**  蓄电池的记忆效应是指蓄电池经过长期浅充浅放电循环后，进行深放电时，表现出明显的容量损失和放电电压下降的现象。经过数次全充放电循环后，电池特性即可恢复。  **（八）放电倍率**  蓄电池以 1 小时放电率电流值的倍数进行放电，单位为 C，即“1/h”如额定容量为“1000 mA·h”的电池：  以 0.2 C 充电，充电电流 = 0.2/h×1000 mA·h=200 mA  以 0.1 C 放电，放电电流 = 0.1/h×1000 mA·h=100 mA  以 0.5 C 放电，放电电流 = 0.5/h×1000 mA·h=500 mA  以 3 C 放电，放电电流 = 3/h×1000 mA·h=3000 mA  蓄电池允许的倍率放电越大，蓄电池性能越好，价格也越贵；蓄电池电极上锂化合物颗粒越细小，倍率放电可以越高，工艺要求越高。  根据放电倍率的大小可分为：低倍率＜0.5 C，0.5 C ≤中倍率＜3.5 C，3.5 C ≤高倍率＜7.0 C。  如某蓄电池的额定容量为 20 A·h，若用 4 A 的电流放电，放完 20 A·h 的额定容量需用 5 h，放电倍率 = 4 A/20 A·h= 0.2 C，为低倍率放电。  **（九）循环寿命**  蓄电池的工作是一个不断充电—放电的循环过程。循环寿命是指在一定的充放电制度（放电电流、放电时间、放电终止电压）下，电池容量降低到某一规定值之前，电池能经受充电与放电的次数。充电一次放电一次称为一个周期或一次循环。循环使用寿命是评价电池寿命性能的一项重要指标。  蓄电池在每一个充电—放电循环中，电池中的化学活性物质，要发生一次可逆的化学反应。随着充电和放电次数的增加，电池中的化学活性物质会老化变质，逐渐削弱其化学功能，使得电池的充电和放电的效率逐渐降低，最后电池损失全部功能而报废。  同一个电池，在不同的充放电制度下，其循环寿命是不同的。例如，1 C 充放电，某电池的循环寿命为 400 次，但 10 C 充放电下，该电池的循环寿命可能只有 150～180次（视具体放电深度和环境温度有很大的变化）。  影响蓄电池的循环寿命的因素还有：正确的使用和维护，电极的活性和表面状态，电极中活性物质的脱落和转移，隔膜的损坏，电池在充放电过程中晶型的变化，电池的充电和放电的形式、电池的温度以及放电深度，等等。放电深度浅时，有利于延长电池的寿命。此外，电池在电动汽车上的使用环境，包括电池组中各个电池的均衡性、安装方式、固定方式、所受的震动和线路的安装等，都会影响电池的工作循环次数。  **（十）电池成本**  电池成本与电池的技术含量、材料、制作方法和生产规模有关，一般以电池单位容量或能量的成本表示，单位为元 /（A·h）或元 /（mA·h）。不同类型、不同生产厂家、不同型号的电池，其成本可以进行比较。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过文章展示，让学生了解议论文阅读与写作的基本理论知识。** |
| **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蓄电池辨识分类，让学生加强对蓄电池的性能指标的操作能力。** | 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**  **简述蓄电池的性能指标。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示锂离子电池认知与检测  **学习工作页**  **任务描述**  小王和小李在测量锂离子电池端电压时，小王测得的数值是 3.2 V，小李测得的数值是 3.7 V，他们都说自己的测量值正确，而对方测量错误。请你来为他们求证并向他们做出解释。  **学习目标**  1. 能介绍锂离子电池的特点；  2. 能介绍锂离子电池的结构及工作原理；  3. 激发学生终身学习，将所学专业服务于社会，技能报国。  **学习准备**  **一、知识准备**  1. 锂离子电池的特点（查阅学习参考“学习情境三学习任务二”）。  2. 锂离子电池的结构组成（查阅学习参考“学习情境三学习任务二”）。  3. 锂离子电池的工作原理（查阅学习参考“学习情境三学习任务二”）。  请阅读参考资料，把自己需要掌握的知识点和技能点填入下表。    **二、工作场地**  理实一体化教室。  **三、工具准备**  锂离子电池、万用表。  计划与实施  在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识。  1. 锂离子电池的特点：  2. 锂离子电池的结构及工作原理：  3. 锂离子电池的失效机理：  **评价与反馈**  **一、填空题**  1. 锂离子电池（Li-ion）是以 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 为负极，以 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 作为  正极的锂电池，在充放电过程中，没有金属锂存在，只有锂离子。  2. 锂离子电池的优点包括 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 高、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 大、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 长、  安全性好、无公害等。  3. 锂离子电池主要由外壳、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 和  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 五部分组成。  4. 锂离子电池正极活性物质在钴酸锂电池中以 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 为主要原料，在锰  酸锂电池中以 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 为主要原料，在磷酸铁锂电池中以 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 为主  要原料。  5. 锂离子电池在正极活性物质中加入 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、树脂黏合剂，并涂覆在\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 基体上，呈细薄层分布。  6. 负极活性的物质 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 与黏合剂的混合物再加上有机溶剂调和成糊状，  并涂覆在 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 基上，呈薄层状分布。  7. 锂离子电池中，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 是一种经特殊成型的高分子薄膜，薄膜有微孔结  构，防止正负极短路。可以让 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 自由通过，而电子不能通过。  8.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 是锂电池关键内层组件，是锂电池防止热失控的主要措施之一。  9. 目前锂电池用隔膜一般能提供一个 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 功能，由此又为锂电池提供一  个额外的热保护。该功能主要参数为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 温度和 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 温度。  10. 锂离子电池内部自热，外部短路使锂电池内部温度升高，超过闭合温度后微孔  阻塞阻断电流通过，热熔性能温度进一步上升，造成隔膜破裂、锂电池短路，隔膜破  裂时的温度即为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  11. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 称为锂离子电池的“血液”，在锂电池的正负极之间起到传导电  子的作用，是锂电池获得高电压、高比能等性能的保证。  二、判断题  1. 锂金属电池就是锂离子电池。 （　　）  2. 由于错误使用会减少寿命，甚至可能导致爆炸，所以，锂离子电池设计时增加  了多种保护机制，防止过充、过放、过载、过热。 （　　）  3. 隔膜是锂电池关键内层组件，是锂电池防止热失控的主要措施之一。 （　　）  4. 在锂电池过度充电时，锂电池内部温度升高，隔膜通过闭孔来阻隔离子传导，  防止热失控导致冒烟、燃烧或爆炸。 （　　）  5. 锂离子电池隔膜性能决定锂电池的界面结构和内阻，进而影响锂电池的容量、  循环性能和充放电电流密度等关键特性。 （　　）  6. 锂离子隔膜的热关闭功能，能够阻断锂离子的继续传输而形成断路，起到保护  锂电池的作用。 （　　）  7. 锂离子电池的隔膜破膜温度低一些较好。 （　　）  8. 锂电池厂家都希望隔膜有较高的闭孔温度和较低的破膜温度。 （　　）  9. 锂离子电池的充放电过程，就是锂离子的嵌入和脱嵌过程。 （　　）  10. 锂离子电池被形象地称为“摇椅电池”。 （　　）  11. 锂离子电池充电时，锂离子从正极“脱嵌”进入电解质，“嵌入”到达晶体状  结构负极。 （　　）  12. 锂离子电池放电时，嵌在负极碳层中的锂离子脱出，运动回正极。回正极的锂  离子越多，放电容量越高。 （　　）  13. 一般锂电池充电电流设定在 0.2 C 至 1 C 之间，电流越大，充电越快，同时电  池发热也越大。 （　　）  三、技能考核    **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过锂离子电池认知与检测展示，让学生了解锂离子电池认知与检测的基本理论知识。** |
| **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锂离子电池认知与检测，让学生能够巩固所学知识。** | 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**  **简述锂离子电池的优点。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示锂离子电池认知与检测  **学习参考（一）**  **一、锂电池认知**  锂离子电池是指以锂离子嵌入化合物为正极材料的电池的总称。它是目前新能源汽车电池的主流电池，可以使用在便携式设备、卫星、储备电源等各种领域。  **（一）锂电池的分类**  1. 以锂电池的正负极材料分类  （1）锂电池：以金属锂为负极。  1970 年，埃克森的 M.S.Whittingham 采用硫化钛作为正极材料，金属锂作为负极材料，制成首个锂电池。锂电池的正极材料是二氧化锰或亚硫酰氯，负极是锂。锂电池组装完成后即有电压，不需充电。  1982 年伊利诺伊理工大学的 R.R.Agarwal 和J.R.Selman 发现锂离子具有嵌入石墨的特性，此过程是快速的，并且可逆。与此同时，采用金属锂制成的锂电池，其安全隐患备受关注，因此人们尝试利用锂离子嵌入石墨的特性制作充电电池。  （2）锂离子电池（Li-ion）：以炭材料为负极，以含锂的化合物作正极的锂电池。  在充放电过程中，锂离子电池没有金属锂存在，只有锂离子。根据锂离子电池所用电解质材料的不同，锂离子电池分为液态锂离子电池（LiquifiedLithium-IonBattery，简称为 LIB）和聚合物锂离子电池（PolymerLithiumIonBattery，简称为 PLB）。  液态锂离子电池是可充电电池，它主要依靠锂离子在正极和负极之间移动来工作。正极材料可为钴酸锂、锰酸锂、三元材料或磷酸铁锂材料，负极为石墨。在充放电过程中，Li+ 在两个电极之间往返嵌入和脱嵌。这种锂离子的嵌入和脱嵌不发生化学变化（不发生化学重组），这是锂离子电池的最大特点，使其具有更长的循环使用寿命。  聚合物锂离子电池与液态锂离子电池工作原理一样，但在电池结构和电池制造工艺上与液态锂离子电池有着根本的区别。  其一，聚合物锂离子电池的电解质是以固态或胶体的形式存在的，没有自由液体，不会流动，不存在泄漏问题，因而加工性和可靠性大大提高，不需要金属外壳，可以制成全塑包装，减轻重量。  其二，电解质可以同塑料电极叠合，使高能量与长寿命结合起来，并且形状和大小可调，适用的范围大大增加。  其三，由于电解液被聚合物中的网络所捕捉，均匀地分散在分子结构中，因而电池的安全性也大大地提高。  2. 以锂电池的外形分类  从外形分类，锂电池一般可分为圆柱形和方形两种，聚合物锂离子电池除制成圆形和方形外，还可根据需要制成任意形状。  **（二）锂离子电池优点**  1. 电压高  锂电池单体电池的工作电压高达 3.7～3.8 V（磷酸铁锂的是 3.2 V），是 Ni-Cd 电池、Ni-MH 电池的 3 倍。  2. 比能量大  锂电池能达到的实际比能量为 555 W·h/kg 左右，即材料能达到 150 mA·h/g 以  上的比容量（3～4 倍于 Ni-Cd 电池，2～3 倍于 Ni-MH 电池），已接近于其理论值的88%。  3. 循环寿命长  锂电池循环寿命一般可达到 500 次以上，甚至 1000 次以上，磷酸铁锂的可以达到2000 次以上。对于小电流放电的电器，其电池的使用期限延长，将倍增电器的竞争力。  4. 安全性能好  锂电池无公害，无记忆效应。锂电池不含镉、铅、汞等对环境有污染的元素。部分工艺（如烧结式）的 Ni-Cd 电池存在的一大弊病为有“记忆效应”，严重束缚电池的使用，但锂离子电池根本不存在这方面的问题。  5. 自放电小  室温下，充满电的锂离子电池储存 1 个月后的自放电率为 2% 左右，大大低于Ni-Cd 电池的 25%～30%，Ni-MH 电池的 30%～35%。  6. 充电快速  以 1 C 充电 30 min，锂离子电池容量可以达到标称容量的 80% 以上，磷铁电池10 min 充电可以达到标称容量的 90%。  7. 工作温度  锂离子电池工作温度范围宽。随着电解液和正极的改进，其工作温度期望能扩宽到 -40～70 ℃。与其他充电电池不同，锂离子电池的容量会缓慢衰退。这与使用次数有关，也与温度有关。这种衰退的现象可以用容量减小表示，也可以用内阻升高表示。  过充电时，过量嵌入的锂离子会永久固定于晶格中，无法再释放，可导致电池寿命短。  过放电时，电极脱嵌过多锂离子，可导致晶格坍塌，从而缩短寿命。  由于错误使用会减少寿命，甚至可能导致爆炸，因此，锂离子电池设计时增加了多种保护机制，防止过充、过放、过载、过热。  锂离子电池设计了防爆孔或防爆线，因此具有防爆炸功能。原理十分简单，在壳体表面划出一条比壳体表面厚度稍微薄一点的线或孔，当电芯短路时，电池内部短时间内将产生大量气体并迅速增大压强，当压力过载时，因防爆孔处外壳薄于壳体其余地方，气体便从防爆孔处泄气，从而避免电芯整体爆炸的危险。  **二、锂离子电池结构**  锂离子电池常见的结构形式有圆柱碳包式、方形叠片式、圆柱叠片式、圆柱卷绕式和方形卷绕式等，如图 3-2-1 所示。    锂离子电池主要由外壳、正极、负极、隔膜和电解液五部分组成。组成部分材料的结构和性能决定了锂离子电池的性能。其中正负极材料的选择和质量直接决定了锂电池的性能与价格。因此廉价、高性能的正负极材料的研究一直是锂电池行业发展的重点。负极材料一般选用碳材料，目前的发展比较成熟。而正极材料的开发已经成为制约锂电池性能进一步提高、价格进一步降低的重要因素。  **（一）正极**  正极活性物质在钴酸锂电池中以钴酸锂为主要原料，在锰酸锂电池中以锰酸锂为主要原料，在磷酸铁锂电池中以磷酸铁锂为主要原料。在正极活性物质中加入导电剂、树脂黏合剂，并涂覆在铝基体上，呈细薄层分布。  **（二）负极**  锂离子电池负极活性物质是碳材料，其与黏合剂的混合物再加上有机溶剂调和成糊状，并涂覆在铜基上，成薄层状分布。负极材料可以是石墨系碳（graphite）、天然石墨、人工石墨、类石墨、非石墨碳材（如焦炭系）等。  **（三）隔膜**  锂离子电池的隔膜是一种特殊成型的高分子薄膜，能够防止正负极短路。该隔膜可以让锂离子自由通过，而电子不能通过。隔膜是锂离子电池关键内层组件。设置隔膜是防止锂电池热失控的主要措施之一。隔膜材料本身具有微孔结构，孔径一般在 0.03～0.12μm。孔径太小会增加电阻，孔径太大易使正负极接触或被枝晶刺穿短路。  目前锂电池用隔膜一般提供一个热关闭功能，由此为锂电池提供了一个额外的热保护。衡量该功能主要参数为闭孔温度和破膜温度。  闭孔温度是微孔闭合时的温度。当锂电池内部发生放热反应、过充电或者锂电池外部短路时，这些情况都会产生大量的热量。由于聚烯烃材料的热塑性，当温度接近聚合物熔点时，微孔闭合形成热关闭，从而阻断离子的继续传输而形成断路，起到保护锂电池的作用。  外部短路使锂电池内部温度升高，超过闭合温度后微孔阻塞，阻断电流通过。热熔性能温度进一步上升，造成隔膜破裂、锂电池短路。隔膜破裂时的温度即为破膜温度。破膜温度高一些较好，目前可以做到 200 ℃。  锂电池厂家都希望隔膜有较低的闭孔温度和较高的破膜温度。虽然锂电池隔膜有热关闭的辅助作用，但绝不能将锂电池的安全性全寄托在这层薄薄的膜上，隔膜在碰到穿刺破坏、超高温冲击及电池结构破坏时是起不到保护作用的，锂电池的安全性还要靠改善正负极材料、提高电解质的稳定性、控制电池组件来全面提升。  **（四）电解液**  电解液称为锂离子电池的“血液”，在电池的正负极之间起到传导电子的作用，是锂离子电池获得高电压、高比能等高性能比的保证。电解液一般由高纯度的有机溶剂（如乙醚、乙烯碳酸酯、丙烯碳酸酯、二乙基碳酸酯等）、电解质锂盐 [ 如高氯酸锂（LiClO4）、六氟磷酸锂（LiPF6）、四氟硼酸锂（LiBF4）]、必要的添加剂等原料在一定的条件下按一定的比例调制而成。  **（五）电池外壳**  电池外壳分为钢壳（方型很少使用）、铝壳、镀镍铁壳（圆柱电池使用）、铝塑膜（软包装）等。外壳与电池的盖帽，也是电池的正负极引出端。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过锂离子电池认知与检测展示，让学生了解锂离子电池认知与检测的基本理论知识。** |
| **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锂离子电池认知与检测，让学生了解锂离子电池。** | 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**  **简述锂离子电池优点。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示锂离子电池认知与检测  **学习参考（二）**  **三、锂离子电池工作原理**  锂离子电池以碳素材料为负极，以含锂的化合物作正极。其中没有金属锂存在，只有锂离子。锂离子电池的充放电过程，就是锂离子的嵌入和脱嵌过程。在锂离子的嵌入和脱嵌过程中，同时伴随着与锂离子等量电子的嵌入和脱嵌（习惯上正极用嵌入或脱嵌表示，而负极用插入或脱插表示）。在充放电过程中，锂离子在正极、负极之间往返脱嵌、插入和脱插、嵌入，因此，这种电池被形象地称为“摇椅电池”。当对电池进行充电时，晶体结构正极材料电离出锂离子和电子，电子通过外部充电电路跑到负极上，锂离子（Li+）从正极“脱嵌”进入电解质，穿过“隔膜”上弯弯曲曲的小洞，“插入”晶体状结构的负极，与外部跑来的电子结合在一起。Li+ 从正极脱嵌，经过电解质插入负极，负极处于富锂状态。插入的锂离子越多，充电容量越高。  同样，当电池进行放电时，嵌在负极碳层中的锂离子脱插，又运动回正极，回正极的锂离子越多，放电容量越高。  一般锂离子电池充电电流设定在 0.2～1 C 之间。电流越大，充电越快，同时电池热损失越大。而且，过大的电流充电，容量不够满，因为电池内部的电化学反应需要时间。这就跟倒啤酒一样，倒太快的话会产生许多泡沫，反而倒不满。  **四、锂离子电池的失效机理**  理想的锂离子电池，除了锂离子在正负极之间嵌入和脱出外，没有其他副反应，不出现锂离子的不可逆消耗。实际上，锂离子电池中每时每刻都有副反应存在，也有活性物质不可逆的消耗，如电解液分解、活性物质溶解、金属锂沉积等，只不过程度不同而已。实际上，电池系统的每次循环中，任何能够产生或消耗锂离子或电子的副反应，都可能导致电池容量平衡的改变。一旦电池的容量平衡发生改变，这种改变就是不可逆的，并且可以通过多次循环进行累积，对电池性能产生严重影响。造成锂离子电池容量衰退的原因主要有以下几个方面。  **（一）过充电**  过充电情况下，各种类型的锂离子电池都有较大的容量衰减。过充电引起容量损失的原因：焦炭或石墨负极的过充反应；正极过充反应；过充时电解液的氧化反应。这些副反应会导致活性物质和电解液的消耗，从而导致电池容量下降。  **（二）正极材料的溶解**  以尖晶石型 LiMn2O4 为例，锰的溶解是引起 LiMn2O4 可逆容量衰减的主要原因。锰的溶解沉积造成正极活性物质减少。溶解的锰离子游离到负极时会造成负极 SEI 膜的不稳定，被破坏的 SEI 膜再形成时会消耗锂离子，造成锂离子的减少。  **（三）正极材料的相变化**  一般认为，锂离子的正常脱嵌反应总是伴随着宿主结构摩尔体积的变化，引起结构膨胀与收缩，导致氧八面体偏离球对称性而成为变形的八面体构型。这种现象叫作Jahn-Teller 效应（或 J-T 扭曲）。在 LiMn2O4 电池中，J-T 效应所导致的尖晶石结构改变不可逆转，这也是电池容量衰减的主要原因之一。J-T 效应多发生在过放电阶段；在起始材料中加入过量的锂、掺杂镍、钴、铅等阳离子或者硫等阴离子可以有效地抑制 J-T 效应。  **（四）电解液的分解**  锂离子电池中常用的电解液主要包括由各种有机碳酸酯（如 PC、EC、DMC、DEC等）的混合组成的溶剂，以及由锂盐（如 LiPF6、LiClO4、LiAsF6 等）组成的电解质。在充电的条件下，电解液对含碳电极具有不稳定性，故会发生还原反应，电解液还原消耗了电解质及其溶剂，对电池容量及循环寿命产生不良影响。  **（五）自放电**  锂离子电池的自放电所导致的容量损失大部分是可逆的。造成不可逆自放电的原因主要有：锂离子的损失（形成不可溶的 Li2CO3 等物质），电解液氧化产物堵塞电极微孔，造成内阻增大等。  **（六）界面膜（SEI）的形成**  因界面膜的形成而损失的锂离子将导致两级间容量平衡的改变，在最初的几次循环中就会使电池的容量下降。另外，界面膜的形成使得部分石墨粒子和整个电极发生隔离而失去活性，也会造成容量的损失。  **（七）集流体**  锂离子电池中的集流体材料常用铜和铝，两者都容易发生腐蚀，集流体的腐蚀会导致内阻增加，从而造成容量损失。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过锂离子电池认知与检测展示，让学生了解锂离子电池认知与检测的基本理论知识。** |
| **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锂离子电池认知与检测，让学生了解锂离子电池工作原理。** | 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**  **简述界面膜（SEI）的形成。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示铅酸蓄电池认知与检测  **学习工作页**  **任务描述**  小王同学在打开燃油车的前机舱盖后，没有找到 12 V 的低压蓄电池，经过仔细查找后发现在车辆后备厢有一个 12 V 蓄电池，他有疑问，铅酸蓄电池历史如此悠久，在电动汽车上有没有用作动力电池呢？请你为小王同学答疑解惑。  **学习目标**  1. 能介绍铅酸蓄电池的特点；  2. 能对铅酸蓄电池进行分类；  3. 能介绍铅酸蓄电池的结构组成及工作原理；  4. 能正确对铅酸蓄电池进行检测、充电；  5. 能正确认识电池的回收、报废处理，践行节约集约利用，增强环保意识。  **学习准备**  **一、知识准备**  1. 铅酸蓄电池的特点（查阅学习参考“学习情境三学习任务三”）。  2. 铅酸蓄电池的分类（查阅学习参考“学习情境三学习任务三”）。  3. 铅酸蓄电池的结构组成以及工作原理（查阅学习参考“学习情境三学习任务三”）。  请阅读参考资料，把自己需要掌握的知识点和技能点填入下表。    **二、工作场地**  理实一体化教室。  **三、工具准备**  新能源汽车整车及车辆钥匙、铅酸蓄电池、蓄电池测试仪、充电机、万用表。  **计划与实施**  在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识。  1. 铅酸蓄电池的特点：  2. 铅酸蓄电池的结构：  3. 铅酸蓄电池的充、放电的化学反应式：  4. AGM 和 EFB 蓄电池的相同与不同之处：  **评价与反馈**  **一、填空题**  1. 铅酸蓄电池适用于大电流放电，被广泛应用于内燃机汽车 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 动力源。  2. 铅酸蓄电池每个单体电池的基本电压为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 左右。  3. 铅酸蓄电池在放电过程中，铅酸蓄电池中硫酸溶液的浓度会逐渐 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  4. AGM 蓄电池采用 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 设计，极板不是浸泡在电解液中，除了极板内部吸有一部分电解液外，大部分电解液吸附在多孔的玻璃纤维隔板上，并采用紧装配的技术，使极板充分接触电解液。  5. AGM 蓄电池上标有明显的 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 字样。  **二、判断题**  1. 铅酸蓄电池具有价格便宜、原料易得、放电电压平稳、充电效率高、生产技术成熟、价格便宜等特点。（　　）  2. 内燃机汽车的起动铅酸蓄电池最大的特点就是允许短时大电流放电，可以用于电动汽车作为动力蓄电池。（　　）  3. 电动汽车采用的蓄电池，应有高的比能量和比功率、高的循环次数和使用寿命，以及快速充电等性能。（　　）  4. 根据铅酸蓄电池的工作原理，测量其电解液密度可以确定铅酸蓄电池放电程度。（　　）  5. AGM 蓄电池一般应用在带有发动机启停功能的汽车上。（　　）  6. AGM 蓄电池可以与普通的铅酸蓄电池混用。（　　）  7. AGM 蓄电池具有更长的使用寿命、更高的电容量稳定性以及更高的低温可靠性。 （　　）  8. AGM 为贫液电瓶，使用时应避免高温，所以一般安装在前机舱内。（　　）  9. EFB 蓄电池在传统电池技术基础上，通过调整活性物质配方，来提高电池深循环性能。 （　　）  10. EFB 蓄电池的电解液处于富余过量状态，故被称为“富液式”电池。 （　　）  **三、技能考核**    **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过铅酸蓄电池认知与检测展示，让学生了解铅酸蓄电池认知与检测的基本理论知识。** |
| **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铅酸蓄电池认知与检测，让学生了解铅酸蓄电池。** | 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**  **简述铅酸蓄电池的特点。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示铅酸蓄电池认知与检测  **学习参考（一）**  **一、铅酸蓄电池的特点**  铅酸蓄电池（Lead-acid battery）自 1859 年发明以来，其使用和发展已经有 160多年的历史。因其价格便宜，原料易得，放电电压平稳，充电效率高，能够在常温下正常工作，生产技术成熟，规格齐全，性能可靠，适用于大电流放电，使用性能佳，耐震，耐冲击，不易损坏，与同型号的其他类别的电池相比，具有优越性，被广泛用作内燃机汽车起动电源。  **二、铅酸蓄电池的构造**  普通铅酸蓄电池构造如图 3-3-1 所示，铅酸蓄电池的基本单元是单体（单格）电池（battery cell）。每个单体电池都由正极板、负极板和装在正负极板之间的隔板组成。每个单体电池的基本电压为 2.1 V 左右。不同数量的单体电池按照使用要求进行组合，装置在不同的塑料外壳中，来获得不同电压和不同容量的铅酸蓄电池。铅酸蓄电池总成经过灌装电解液和充电后，就可以从铅酸蓄电池的接线柱上引出电流。    **（一）极板**  极板是蓄电池的核心部分，分为正极板和负极板，一般由栅架和活性物质组成。正极板上的活性物质是二氧化铅，负极板上的活性物质是铅。蓄电池的充放电过程是靠极板上的活性物质与电解液的电化学反应来实现的。  多片正极板并联在一起形成正极板组，多片负极板并联在一起形成负极板组。安装时，正负极板组相互嵌合，中间推入隔板后，装入蓄电池单格内便形成单格电池。负极板数量比正极板多一片，使每片正极板都处于两块负极板之间，这样能使两边放电均匀。  **（二）隔板**  隔板的作用是将正极板、负极板隔开。为减小蓄电池体积，使正极板、负极板尽可能地靠近，又要确保正极板、负极板之间有必要的绝缘层，因此隔板需由带微孔的橡胶、塑料、玻璃、纤维等绝缘材料制成。  **（三）电解液**  电解液又称电解质溶液，它的作用是促进电离，促使极板活性物质发生电化学反应。电解液是专业的蓄电池用硫酸与铅酸蓄电池用蒸馏水按一定的比例配置而成的。一般汽车用的铅酸蓄电池采用的电解液是密度为 1.24～1.28g/cm3（25 ℃）的稀硫酸。  **（四）外壳**  电池的外壳用于盛装极板组和电解液。其外形为长立方体，内部一般分隔成互不相通的 3 个或 6 个单体电池槽，顶部沿四周有与池盖相连接的特制封沟，壳内底部有凸筋，用以支撑极板组。  制造外壳的材料一般有硬橡胶、聚丙烯塑料两种。采用硬橡胶制成的外壳具有耐酸、耐热、耐寒、耐震、绝缘性能好且具有一定的机械强度等优点，但壳体壁较厚，一般为 10mm。采用聚丙烯塑料制成的外壳不仅耐酸、耐热、耐震，而且强度高，韧性好，质量小，壳体壁较薄，一般为 3.5mm，外形美观透明，塑料壳体易于热封合，生产效率高。用聚丙烯塑料制作电池外壳已成为一种发展趋势。  **（五）安全阀**  安全阀是阀控电池的一个关键部件。安全阀质量的好坏直接影响电池使用寿命、均匀性和安全性。根据有关标准和阀控电池的使用情况，安全阀应满足如下技术条件。  （1）单向开阀。单向密封，可防止空气进入电池内部。  （2）同一组电池各安全阀之间的开闭压力之差不应超过平均值的 20%。  （3）寿命不应低于 15 年。  （4）滤酸。可防止酸和酸雾从安全阀排气口排出。  （5）隔爆。电池外部遇明火时电池内部不应引爆。  （6）抗震。在运输和使用期间，安全阀不会因震动和多次开闭而松动失效。  （7）耐酸，耐高温和低温。  **（六）其他部件**  蓄电池除上述主要部件外，还有接线端子、连接条等零部件。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过铅酸蓄电池认知与检测展示，让学生了解铅酸蓄电池认知与检测的基本理论知识。** |
| **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铅酸蓄电池认知与检测，让学生了解铅酸蓄电池的构造。** | 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**  **简述铅酸蓄电池的特点。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示铅酸蓄电池认知与检测  **学习参考（二）**  **三、铅酸蓄电池工作原理**  铅酸蓄电池的工作原理就是，充电时将电能转化为化学能在电池内储存起来，放电时将化学能转化为电能供给外系统。  蓄电池中发生的化学反应是可逆的。铅酸蓄电池正极板上的活性物质是二氧化铅（PbO2），负极板上是海绵状的纯铅（Pb），电解液是硫酸（H2SO4）水溶液。根据双硫化理论，接通用电设备时，蓄电池可以放出电流，而充电时又以相反的方向通过电流，可以使极板上的活性物质恢复到原来的状态。其工作原理如图 3-3-6 所示。总的反应式如下所示。放电时，反应从左向右；充电时，反应则逆向进行。  PbO2+Pb+2H2SO4 = 2PbSO4+2H2O  在正常、合理的使用条件下，蓄电池能反复进行充放电循环，发挥供电和储电的功能。    **四、铅酸蓄电池分类**  铅酸蓄电池经过多年的发展，技术不断更新。以产品结构  分类，铅酸蓄电池可以分为开口式、富液免维护式、玻璃丝隔板吸附式、阀控密封式（AGM 和 GEL 式两种）等几大类。铅酸蓄电池在比能量、深度放电循环寿命、快速充电等方面均比镍氢电池、锂电池差，不太适用于电动汽车。  **（一）AGM 蓄电池**  AGM 即吸附式玻璃纤维隔板技术。AGM 蓄电池上标有明显的 AGM 字样。  AGM 蓄电池采用贫液式设计，极板不是浸泡在电解液中，除了极板内部吸有一部分电解液外，大部分电解液吸附在多孔的玻璃纤维隔板上，并采用紧装配的技术，使极板充分接触电解液。隔板保持一定比例的孔隙不被电解液占据，这是为了给正极析出的氧气提供移向负极的通道，保证氧气更好地扩散到负极重新化合生成水。  与普通蓄电池相比，AGM 蓄电池具有更长的使用寿命、更高的电容量稳定性、更好的低温可靠性，且由于其酸液 100% 密封，工作时无气体排出，所以对环境的污染小，同时出现事故时蓄电池爆炸的风险也小。AGM 电瓶拥有的频繁的大电流启动的应对能力、快速充放电的速度以及比普通蓄电池高 3 倍的循环充电能力，能完美地契合发动机启停系统的工作条件。此外，一般带有发动机启停技术的汽车基本拥有动能回收系统，短促频繁的大电流充电是普通电瓶无法承受的，所以 AGM 蓄电池几乎成了发动机启停系统的代名词。AGM 为贫液蓄电池，使用时会避免高温，所以一般安装在后备厢中。AGM 蓄电池不能被普通的铅酸蓄电池代替。  **（二）EFB 蓄电池**  并不是所有带发动机启停系统的汽车用的都是 AGM 蓄电池。除了 AGM 蓄电池之外还有 EFB 蓄电池，即增强型富液式蓄电池。  在传统电池技术基础上，EFB 蓄电池通过调整活性物质配方来提高电池深度循环性能。此外，其增强的内部极群组装配强度，让蓄电池提高寿命的同时具有更强的抗震性能。  与传统蓄电池相比，EFB 蓄电池采用了独特的增强型铅膏配方，正极板的纤维膜替代了原来的衬纸，防止电池的活性物质脱落，使蓄电池延长 2 倍以上深循环寿命的同时大大提高了电池的充电接受能力。  与“贫液式”蓄电池相比，电池槽内除去极板、隔板及其他固体组装部件的剩余空间完全充满硫酸电解液，电解液处于富余过量状态，故被称为“富液式”电池。由于 EFB 为富液电瓶，无惧高温，可以安装在发动机舱内。  设计增强型富液式蓄电池的目的，是解决使用过程中水分蒸发和分解的损失，调整电解液密度。电池封闭盖子被设计为活动型（即可以拆卸），方便添加蒸馏水以调整电解液浓度。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过铅酸蓄电池认知与检测展示，让学生了解铅酸蓄电池认知与检测的基本理论知识。** |
| **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铅酸蓄电池认知与检测，让学生能够正确了解铅酸蓄电池工作原理。** | 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**  **论述EFB 蓄电池。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示镍氢电池认知与检测  **学习工作页**  **任务描述**  王先生想买一辆本田 Insight 混合动力汽车，他听说混合动力汽车的电池非常重要，想了解一下该车的电池，以及其充放电相关事宜。请你为王先生做出最好的解答。  **学习目标**  1. 能介绍镍氢电池的应用及特点；  2. 能介绍镍氢电池的结构及工作原理；  3. 能介绍镍氢电池的充放电特性；  4. 能够树立正确的价值观、人生观，树立积极向上、努力进取的思想。  **学习准备**  **一、知识准备**  1. 镍氢电池的应用（查阅学习参考“学习情境三学习任务四”）。  2. 镍氢电池的特点（查阅学习参考“学习情境三学习任务四”）。  3. 镍氢电池的结构、工作原理（查阅学习参考“学习情境三学习任务四”）。  4. 镍氢电池的充放电特性（查阅学习参考“学习情境三学习任务四”）。  请阅读参考资料，把自己需要掌握的知识点和技能点填入下表。    **二、工作场地**  理实一体化教室。  **三、工具准备**  新能源汽车整车及车辆钥匙、镍氢电池、万用表。  **计划与实施**  在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识。  1. 列举 2～3 辆应用镍氢电池的新能源车型：  2. 镍氢电池的特点：  **评价与反馈**  **一、填空题**  1. 镍氢电池使用 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 作为正极活性物质，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 作为负极活性物质，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 作为电解质的一种绿色环保 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 性电池。  2. 镍氢电池的单体电池电压是 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_V。  3. 镍镉电池是采用金属 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 作为负极活性物质，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 作为正极物质的碱性电池。  4. 镍镉电池中采用的 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 是一种有害金属，在电池报废后必修进行有效回收。  **二、判断题**  1. 镍氢电池一般应用于混合动力汽车中。 （　　）  2. 镍氢电池具有应急补充充电性能好、时间短的特点，1 h 内可以完全充满。（　　）  3. 镍氢电池中没有铅和镉等重金属元素，不会对环境造成污染。 （　　）  4. 目前混合动力电动汽车多采用铅酸电池作为动力电池。 （　　）  5. 经过改进的镍氢电池的烧结体本身就是活性物质，不需要进行活性处理也不需要进行预充电，电压平衡、稳定，具有低温放电性能好、不易老化和寿命长的优点。（　　）  6. 储氢合金一般需要进行热处理和表面处理，以增加储氢合金的防腐性能，这有利于提高镍氢电池的比能量、比功率和使用寿命。 （　　）  7. 镍氢电池的电解质是氢氧化钾（KOH）和氢氧化锂（LiOH）的混合物。 （　　）  8. 镍氢电池高温状态下，正极板的充电效率变差，并加速正极板的氧化，使电池的寿命缩短。 （　　）  9. 镍氢电池在充电后期，会产生大量的氧气，在高温的环境条件下，将加速负极储氢合金氧化，使储氢合金平衡压力增加，使储氢合金的储氢量减少，从而降低镍氢电池的性能。（　　）  10. 镍氢电池的充电接受性很差，充电效率仅能达到 90%。（　　）  11. 镍氢电池有“记忆效应”。 （　　）  三、技能考核    **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过镍氢电池认知与检测展示，让学生了解镍氢电池认知与检测的基本理论知识。** |
| **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镍氢电池认知与检测，让学生了解镍氢电池的充放。** | 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**  **简述镍氢电池的充放电特性。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示镍氢电池认知与检测  **学习参考（一）**  **一、镍氢电池的应用**  镍氢电池一般应用于混合动力汽车。本田 Insight 采用镍氢电池组。电池组置于行李舱底板，由 120 颗松下 1.2 V 的镍氢电池组成，串联总电压为 144 V，支持充电电流50 A，放电电流 100 A。为延长电池寿命，每个电池单元放电量为 4 A·h 时，电池组可放电能为 144 V×4 A·h=0.576 kW·h。  2003 年后的第二代普锐斯电池组，其质量为 53.5 kg，由 28 组松下镍氢电池模块组成，每个模块分别有 6 个 1.2 V 电池，总计 168 个电池，串联标称电压为 201.6 V，比上一代的 38 组 228 个电池有所减少。2009 年的第三代丰田普锐斯在国外采用插电混合动力（PHEV），电池装载较多，而在国内，第三代丰田普锐斯因无插电功能，电池数量和第二代完全相同，标称电压也是 201.6 V。  **二、镍氢电池的特点**  镍氢电池是 20 世纪 90 年代发展起来的一种新型电池。它是以氢氧化镍作为正极活性物质、储氢物质作为负极活性物质、氢氧化钾水溶液作为电解液的一种绿色环保碱性电池。单体电池电压 1.2 V，比能量 75～80 W·h/kg，比功率 160～230 W/kg，目前商业化的镍氢功率型电池比功率达到 1350 W/kg，能量密度达到 200 W·h/L，功率密度 400～600 W/L。  **（一）优点**  （1）充电 18 min 可恢复 40%～80% 的容量，过充电和过放电性能好。  （2）应急补充充电性能好，1 h 内可以完全充满，应急补充充电的时间短。  （3）在 80% 的放电深度下，循环寿命可达到 1000 次以上，是铅酸蓄电池的 3 倍。  （4）一次充电行驶里程长，而且起动加速性能较好。  （5）可以在环境温度 -28～80 ℃条件下正常工作。  （6）循环寿命可达 6000 次或 7 年。  （7）采用全封闭外壳，可以在真空环境中正常工作。  （8）低温性能较好，能够长时间存放。  （9）镍氢电池中没有铅和镉等重金属元素，不会对环境造成污染。  （10）镍氢电池可以随充随放，不会出现没有放完电后即充电而产生的“记忆效应”。  **（二）缺点**  （1）在高温条件下使用时电荷量急剧下降。  （2）自放电损耗较大。  （3）镍氢电池成本很高，达 600～800 美元 /（kW·h），不同的储氢合金具有不同的储氢能力，价格也不同。  （4）镍氢电池的比功率和放电能力不及镍镉电池。  （5）镍氢电池在使用时还应充分注意各个单体电池之间的一致性，特别是在高速率、深放电的情况下，各个单体电池之间的容量和电压差较明显。注重对电池组在充电、放电过程中导热管理和电池安全装置的设计。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过文章展示，让学生了解议论文阅读与写作的基本理论知识。** |
| **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镍氢电池认知与检测，让学生了解镍氢电池。** | 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**  **简述镍氢电池的特点。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示镍氢电池认知与检测  **学习参考（二）**  **三、镍氢电池的结构与工作原理**  镍氢电池正极是活性物质氢氧化镍 Ni（OH）2，负极是储氢合金，用氢氧化钾溶液作为电解液，在正负极之间有隔膜，它们共同组成镍氢单体电池。在金属铂的催化作用下，完成充电和放电的可逆反应。镍氢电池的特性与镍镉电池特性基本相同，但氢气是没有毒性的物质，因此，镍氢电池无污染，安全可靠，使用寿命长，而且不需要补充水分。镍氢电池的极板有发泡体和烧结体两种。发泡体极板的镍氢电池，工作电压不太稳定，而且存放一段时间后，会有近 20% 的电荷流失，老化现象比较严重。为避免发泡镍氢电池老化所造成的内阻增高，镍氢电池在出厂前必须进行预充电，且放电电压不能低于 0.9 V。经过改进的镍氢电池的烧结体本身就是活性物质，不需要进行活性处理，也不需要进行预充电，电压平衡，稳定，具有低温放电性能好、不易老化和寿命长的优点。  通常镍氢电池的外形有方形和圆形两种，结构如图 3-4-1 所示。镍氢电池的正极是球状氢氧化镍粉末与添加剂等金属、塑料和黏结剂等制成的涂膏，用自动涂膏机涂在正极板上，然后经过干燥处理成发泡的氢氧化镍正极板。在正极材料 Ni（OH）2 中，添加 Ca、Co、Zn 或稀土元素，对稳定电极的性能有明显的改进。采用高分子材料作为黏合剂或用挤压和轧制成的泡沫镍电极，并采用镍粉、石墨等作为导电剂时，可以提高大电流时的放电性能。  镍氢电池的负极的关键技术是解决储氢合金性能，要求储氢合金能够稳定地经受反复的储气和放气的循环。储氢合金是一种允许氢原子进入或分离的多金属合金的晶格基块，用钛、钒、锆、镍、铬五种基本元素，并与钴、锰等金属元素烧结的合金，经过加氢、粉碎、成形和烧结成负极板。储氢合金的种类和性能对镍氢电池的性能有直接的影响。负极在充电或放电过程中既不能溶解，也不会结晶，电极不会有结构性的变化，在保持自身化学性能的同时，还保证本身的机械坚固性。储氢合金一般需要进行热处理和表面处理，以增加储氢合金的防腐性能，这有利于提高镍氢电池的比能量、比功率和使用寿命。    **四、镍氢电池的特性**  **（一）放电特性**  镍氢电池（6 个单体电池组件）放电时，以 2 C 的放电倍率输出时的比功率可达600 W/kg 以上，以 3 C 的放电倍率输出时的比功率可达 500 W/kg 以上，深度范围内比功率的变化比较平稳，对混合动力汽车的动力性能的控制十分有利，电池的寿命可以达到 10 万千米以上。  **（二）充电特性**  镍氢电池的充电接受性很好，充电效率几乎达到 100%，能够有效地接受混合动力汽车在制动时反馈的电能。另外，由于能量损耗较小，镍氢电池的发热量被抑制在最小的极限范围内，可以有效地控制剩余电量。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过文章展示，让学生了解议论文阅读与写作的基本理论知识。** |
| **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镍氢电池认知与检测，让学生了解镍氢电池的结构与工作原理。** | 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**  **简述镍氢电池的特性。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示燃料电池认知与应用  **学习工作页**  **任务描述**  李先生听说燃料电池电动汽车是真正的环保型汽车，现在想买一辆燃料电池汽车，可以吗？请你给他建议，为他介绍一下燃料电池电动汽车的相关特性、优缺点等。  **学习目标**  1. 能介绍燃料电池电动汽车的特点；  2. 能对燃料电池电动汽车进行分类并了解其结构组成；  3. 能介绍燃料电池电动汽车的关键技术及目前存在的问题；  4. 激发潜心研究、探索进取科学精神和职业精神。  **学习准备**  **一、知识准备**  1. 燃料电池电动汽车的特点（查阅学习参考“学习情境三学习任务五”）。  2. 燃料电池电动汽车的分类（查阅学习参考“学习情境三学习任务五”）。  3. 燃料电池电动汽车的结构组成（查阅学习参考“学习情境三学习任务五”）。  4. 燃料电池电动汽车关键技术及存在问题（查阅学习参考“学习情境三学习任务五”）。  请阅读参考资料，把自己需要掌握的知识点和技能点填入下表。    **二、工作场地**  理实一体化教室。  **三、工具准备**  新能源汽车整车及车辆钥匙。  **计划与实施**  在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识。  1. 燃料电池电动汽车的特点：  2. 燃料电池电动汽车的分类：  3. 燃料电池电动汽车的结构组成：  **评价与反馈**  **一、填空题**  1. 燃料电池电动汽车，英文简称 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（Fuel Cell Electric Vehicle），采用燃料电池作为动力源。  2. 燃料电池能量转换效率高，实际能量转换效率高达 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  3. 当燃料电池使用氢燃料时，排放的是 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，无污染。  4. 根据燃料电池电动汽车是否配备蓄能装置，可把燃料电池电动汽车分为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电动汽车和 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 电动汽车两大类。  5. 根据燃料电池所提供的燃料不同，燃料电池电动汽车又可分为 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 燃料电池电动汽车和 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 燃料电池电动汽车两大类。  6. 重整燃料电池电动汽车的燃料主要有 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、甲醇、甲烷、液化石油气等。  7. 燃料电池系统控制器用来控制燃料电池的燃料供给与循环系统、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_供给系统、水 / 热管理系统，并协调各系统工作，以使燃料电池系统能持续向外供电。  8. 辅助蓄能装置 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 系统对蓄电池的充电、放电、存电状态等进行监控，使辅助蓄能装置能正常地起作用。  **二、判断题**  1. 燃料电池堆可由若干个单元电池串联或并联而成，可根据质量分配均衡和空间有效利用的原则，机动灵活地进行配置。 （　　）  2. 燃料电池无运动部件，振动小，噪声低，零部件对机械加工精度要求不高。（　　）  3. 混合型燃料电池电动汽车要求燃料电池的功率大，并且无法回收汽车制动能量。（　　）  4. 目前，并联形式的燃料电池电动汽车较为少见。 （　　）  5. 与重整燃料电池电动汽车相比，直接燃料电池电动汽车的结构简单，质量轻，  成本低。 （　　）  6. 氢燃料电池需要的氧气有纯氧供给和空气供给两种供给方式。 （　　）  7. 氢燃料电池系统中还包括水循环系统。 （　　）  三、技能考核    **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过燃料电池认知与应用展示，让学生了解燃料电池认知与应用的基本理论知识。** |
| **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燃料电池认知与应用，让学生了解燃料电池电动汽车。** | 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**  **简述燃料电池电动汽车的分类。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示燃料电池认知与应用  **学习参考（一）**  **一、燃料电池电动汽车的发展概况**  燃料电池电动汽车（Fuel Cell Electric Vehicle，简称 FCEV）是以燃料电池作为电源，依靠电机驱动的汽车。其电池的能量是通过氢气和氧气的化学作用，直接变成电能或动能的。燃料电池的化学反应过程不会产生有害物质，燃料电池的能量转换效率比内燃机要高 2～3 倍。单个的燃料电池必须组合成燃料电池组，以便获得必需的动力，满足车辆使用的要求。从能源的利用和环境保护方面而论，燃料电池电动汽车是一种理想的车辆。  **（一）燃料电池电动汽车的特点**  相比于内燃机汽车，燃料电池电动汽车主要有以下优点。  （1）能量转换效率高。因燃料直接通过电化学反应产生电能，无热能转换过程，故不受卡诺循环的限制，能量转换效率高，实际能量转换效率高达 50%～70%。受卡诺循环的限制，目前主流的量产汽油内燃机的直接燃油效率在 30% 上下，有少数采用增压技术的量产发动机可以达到 40% 左右。  （2）当燃料电池使用氢燃料时，排放的是水，无污染；当使用甲醇等其他燃料时，排放的 CO 比汽油机少 1/2。  （3）燃料电池堆可由若干个单元电池串联或并联而成，可根据质量分配均衡和空间有效利用的原则，机动灵活地进行配置。  （4）燃料电池无运动部件，振动小，噪声低，零部件对机械加工精度要求不高**。**  **（二）国外燃料电池电动汽车的发展情况**  国外燃料电池汽车可以追溯到 20 世纪 60 年代，美国通用汽车公司在 1968 年生产出世界第一辆以燃料电池为电源的电动汽车。该燃料电池电动汽车由厢式货车改装而成，装载了最大功率为 150 kW 的燃料电池系统，燃料采用低温冷藏的液态氢，汽车的续驶里程达到了 200 km。由于复杂的燃料电池结构庞大，几乎占去了车内所有空间，加上当时人们的环境保护意识远不如现在这么强，能源供需矛盾也没有像现在这样突出，故未继续进行该燃料电池电动汽车的后续开发工作。  20 世纪 90 年代，燃料电池电动汽车技术开始受到人们空前的关注。这是因为燃料电池电动汽车的低排放和高效的燃油利用率，对解决汽车环境污染和环保节能资源短缺十分有效。世界上主要汽车生产大国的政府和各大汽车制造商纷纷制定相关的政策，投入大量的人力、物力研究和开发燃料电池电动汽车，并取得了一系列的成果。现列举几个典型实例来说明国外燃料电池电动汽车的发展概况。  1993年，加拿大Ballard公司研制出了以质子交换膜电池为动力的燃料电池公共汽车，其燃料电池的功率为105kW，可载客 20 人。  1994 年，当时的克莱斯勒公司推出了 NECAR1（NewElectric Car 1）燃料电池轿车，该车采用 Ballard 公司生产的质子交换膜燃料电池组，功率达 50 kW，所用燃料为压缩氢气。  1999 年后，重组后的戴姆勒 - 克莱斯勒公司研制出了第四代燃料电池电动汽车VECAR4，这种 5 座轿车最高时速可达 145 km/h。  2000 年，美国通用汽车公司成功推出了“氢动一号”氢燃料电动汽车。该车以液态氢为燃料，最高车速可达 140km/h，一次加氢续驶里程为 400 km。“氢动一号”的诞生标志着燃料电池电动汽车已经从研制向批量化生产迈出了重要一步。  2001 年，日本丰田汽车公司推出了 FCHV-3 运行型多功能汽车（SUV）。该车采用燃料电池 + 蓄电池的混合动力驱动形式，燃料电池由丰田公司自己开发，功率为90 kW，蓄电池采用镍氢电池。2001 年 6 月，丰田汽车公司又推出了 FCHV-4 型燃料电池电动汽车，动力驱动形式与 FCHV-3 一样，采用高压氢为燃料，电机为永磁同步电机，一次充氢可行驶 250 km 以上。  2002 年，美国通用汽车公司又推出了 Hy-wire 燃料电池电动汽车。该车燃料电池的功率为 94 kW（连续）和 129 kW（峰值），工作电压为 125～200 V，最高车速达160 km/h。  **（三）国内燃料电池电动汽车的发展情况**  在燃料电池电动汽车领域，我国与国外的差距并不大，也早已开展了富有成就的燃料电池及燃料电池电动汽车的研究。  1998 年，清华大学与北京世纪富原燃料电池公司合作研制出我国第一辆 PEM-PC型 8 座小型电动车。该车装用 5 kW 燃料电池，车速为 20 km/h，一次加氢可行驶 80 km。  2008 年奥运期间，我国自主研发的 20 辆氢燃料电池轿车完成了首次规模化示范运行，用我们自己的燃料电池电动汽车组成的绿色环保车队接送参赛队员。  上汽、同济大学等研究开发了“超越”系列燃料电池电动轿车动力系统平台和示范车。北京清能华通科技发展有限公司与清华大学等共同研发出了“清能 1 号”燃料电池城市客车。东风、长安、奇瑞等汽车公司也竞相开发出了混合动力汽车性能样车。  这些均表明我国也十分关注燃料电池电动汽车，并且燃料电池电动汽车技术水平已接近或达到国际先进水平。  由于燃料电池电动汽车的价格高，加上其安全、高效的储氢和运氢等还存在着问题，所以燃料电池电动汽车的产业化尚需时日。  **二、燃料电池电动汽车的类型**  虽然燃料电池电动汽车的历史不长，但是与纯电动汽车相比，燃料电池电动汽车无须依赖电池技术性能的完善，与内燃机汽车相比，其又具有环保、节能的优势。因此，燃料电池电动汽车已成为世界范围内新能源汽车开发的热点，且不断地涌现出不同结构的燃料电池电动汽车。  **（一）按有无蓄能装置分类**  根据燃料电池电动汽车是否配备蓄能装置，可把燃料电池电动汽车分为纯燃料电池电动汽车和混合型燃料电池电动汽车两大类。  1. 纯燃料电池电动汽车  纯燃料电池电动汽车的燃料电池是电动汽车上电能的唯一来源。这类燃料电池电动汽车，要求燃料电池的功率大，并且无法回收汽车制动能量。因此，该类电动汽车目前应用较少。  2. 混合型燃料电池电动汽车  混合型燃料电池电动汽车除燃料电池外，同时配备了蓄能装置（如蓄电池、超级电容和飞轮电池等）。由于蓄能装置可协助供电，因而可减小燃料电池的功率，且蓄能装置还可用于汽车制动时的能量回收，所以可提高燃料电池电动汽车的能量利用率。因此，燃料电池电动汽车多采用混合型结构。  **（二）按燃料电池与蓄电池的结构关系分类**  根据混合型燃料电池电动汽车中燃料电池和蓄电池的电路结构，可将混合型燃料电池电动汽车分为串联式和并联式两种。  1. 串联式燃料电池电动汽车  串联式燃料电池电动汽车其燃料电池相当于车载发电装置，通过 DC/DC 转换器进行电压转换后对蓄电池充电，再由蓄电池向电机提供驱动车辆的全部电力。串联式燃料电池电动汽车的特点与普通的串联式混合动力电动汽车相似，可采用小功率的燃料电池，但要求蓄电池的容量和功率要足够大，且燃料电池发出的电能需要经过蓄电池的电化学转换过程，因而有能量的转换损失。目前，串联形式的燃料电池电动汽车较为少见。  2. 并联式燃料电池电动汽车  并联式燃料电池电动汽车由燃料电池和蓄电池共同向电机提供电力。根据燃料电池与蓄电池能量大小的配置不同，又可将其分为大燃料电池型和小燃料电池型两种。  大燃料电池型主要由燃料电池提供电力，并在车辆减速与制动时进行能量回收；小燃料电池型则必须采用大容量的蓄电池，由蓄电池提供主要的电力，而燃料电池只是协助供电。并联式燃料电池是目前燃料电池电动汽车采用较多的形式。  **（三）按提供的燃料不同分类**  根据燃料电池所提供的燃料不同，燃料电池电动汽车又可分为直接燃料电池电动汽车和重整燃料电池电动汽车两大类。  1. 直接燃料电池电动汽车  直接燃料电池电动汽车的燃料主要是纯氢。氢燃料的存储方式有压缩氢气、液态氢和合金（碳纳米管）吸附氢等几种。  2. 重整燃料电池电动汽车  重整燃料电池电动汽车的燃料主要有汽油、天然气、甲醇、甲烷、液化石油气等。重整燃料电池电动汽车的结构要比氢燃料电池电动汽车复杂得多。如甲醇重整燃料电池电动汽车需要对甲醇进行 200 ℃左右的加热以分解出氢，汽油重整燃料电池汽车也需要对汽油进行 1000 ℃左右的加热以分解出氢。无论采用什么燃料，重整燃料电池电动汽车都需设置重整装置，将其他燃料转化为燃料电池所需的氢。  直接以纯氢为燃料电池的电动汽车对储氢装置的要求较高。但与重整燃料电池电动汽车相比，直接燃料电池电动汽车的结构简单，质量轻，成本低。因此，目前的燃料电池电动汽车，采用重整技术的相对较少，大都以纯氢为车载氢源。  **三、燃料电池电动汽车的构成**  燃料电池电动汽车与普通燃油汽车相比，其外形和内部空间几乎没有什么区别，不同之处在于动力系统。燃料电池电动汽车动力系统的基本组成部分有燃料电池系统、辅助蓄能装置、驱动电机及电子控制系统。  **（一）燃料电池系统**  燃料电池系统的核心是燃料电池堆，此外，还配备了氢气供给系统、氧气供给系统、气体加湿系统、水循环及反应物生成处理系统等，用以确保燃料电池堆正常工作。  1. 氢气供给系统  氢气供给系统的功能包括氢的储存、管理和回收。由于气态氢需要采用高压的方式储存，因此，储氢气瓶必须有较高的品质。储氢气瓶的容量决定了一次充氢的行驶里程。轿车一般采用 2～4 个高压储氢气瓶，大客车上通常采用 5～10 个高压储氢气瓶来储存所需的氢气量。  液态氢比气态氢需要更高的压力进行储存，且要保持低温，因此，在使用液态氢时对储氢气瓶的要求更高，还需要有较复杂的低温保温装置。  不同的储氢压力，需要采用相应的减压阀、调压阀、安全阀、压力表、流量表、热交换器、传感器及管路等组成氢气供给系统。燃料电池堆排出的水中含有少量的氢，可通过氢气循环器将其回收。  2. 氧气供给系统  氧气有纯氧和空气两种供给方式。当以纯氧的方式供给时，需要用氧气罐；当从空气中获得氧气时，需要用压缩机来提高压力，以确保供氧量，增加燃料电池反应的速度。空气供给系统除了需要有体积较小、效率高的空气压缩机外，还需配备相应的空气阀、压力表、流量表及管路，并对空气进行加湿处理，以确保空气具有一定的湿度。  3. 水循环系统  在燃料电池反应过程中，会产生水和热量，需要通过水循环系统中的凝缩器加以冷凝并进行水分离处理，部分水可用于反应气体的加湿。水循环系统还用于燃料电池的冷却，以使燃料电池保持在正常的工作温度。  **（二）辅助蓄能装置**  混合式燃料电池电动汽车还配备辅助蓄能装置。辅助蓄能装置可采用蓄电池、超级电容和飞轮电池中的一种，组成双电源的混合动力系统，或采用蓄电池 + 超级电容、蓄电池 + 飞轮电池，与燃料电池组成的三电源系统。燃料电池配备辅助蓄能装置的作用有以下一些。  （1）在燃料电池电动汽车起动时，由辅助蓄能装置提供电能，带动燃料电池起动或带动车辆起步。  （2）在燃料电池电动汽车运行过程中，当燃料电池输出的电能大于车辆驱动所需的能量时，辅助蓄能装置可用于储存燃料电池剩余的电能。  （3）在燃料电池电动汽车加速和爬坡时，辅助蓄能装置可协助供电，以弥补燃料电池输出功率的不足，使电机获得足够的电能，产生满足车辆加速和爬坡所需的电磁转矩。  （4）向车辆的各种电子设备、电器提供工作所需的电能。  （5）在车辆制动时，将驱动电机转换为发电机工作状态，将车辆的动能转换为电能，并向辅助蓄能装置充电，以实现车辆制动时的能量回收。  **（三）驱动电机**  驱动电机用于将电源所提供的电能转换为电磁转矩，并通过传动装置驱动车辆行驶。与纯电动汽车和混合动力电动汽车一样，燃料电池电动汽车用驱动电机也可采用直流有刷电机、交流异步电机、交流同步电机、永磁无刷直流电机和开关磁阻电机等。  不同类型的电机具有不同的性能特点。燃料电池电动汽车通常结合整车的开发目标，综合考虑各种电机的结构与性能特点以及电机的驱动控制方式及控制器结构特点等选择适宜的驱动电机。  **（四）电子控制系统**  直接燃料电池电动汽车的电子控制系统包括燃料电池系统控制、DC/DC 转换器控制、辅助储能装置能量管理、电机驱动控制及整车协调控制等控制功能，各控制功能模块通过总线连接。  1. 燃料电池系统控制  燃料电池系统控制器用来控制燃料电池的燃料供给与循环系统、氧化剂供给系统、水 / 热管理系统，并协调各系统工作，以使燃料电池系统能持续向外供电。  2. DC/DC 转换器控制  DC/DC 转换器用于改变燃料电池的直流电压，由电子控制器控制。电子控制器的作用是通过调节 DC/DC 转换器的输出电压，将燃料电池堆较低的电压上升至电机所需要的电压。DC/DC 转换器的作用不仅仅是升压和稳压，在工作时，它还通过控制器的实时调节，使输出电压与蓄电池的电压相匹配，协调燃料电池和蓄电池负荷，起限制燃料电池最大输出电流和最大功率的作用，以避免燃料电池因过载而损坏。  3. 辅助蓄能装置能量管理  辅助蓄能装置能量管理系统对蓄电池的充电、放电、存电状态等进行监控，使辅助蓄能装置能正常地起作用，实现车辆在起动、加速、爬坡等工况下的协助供电，并在车辆运行时储存燃料电池富余电能，实现汽车制动时的能量回馈。  4. 电机驱动控制  电机的类型不同，其控制系统的电路结构和工作原理也有所不同。总体上，电机驱动控制系统的主要控制功能有电机的转速与转矩调节、电机工作模式控制（设有制动能量回馈的电动汽车）、电机过载保护控制等。  5. 整车协调控制  整车协调控制系统基于设定的控制策略对各控制功能模块进行协调控制。一方面，控制器根据加速踏板传感器、制动踏板传感器、挡位开关送入的电信号判断驾驶人的驾车意图，并输出控制信号，通过相关的控制功能模块实现车辆的行驶工况控制；另一方面，控制器根据相关传感器和开关输入的电信号，获取车速、电机转速、是否制动、蓄电池和燃料电池的电压和电流等信息，判断车辆的实际行驶工况和动力系统的状况，并按设定的多电源控制策略输出相应的控制信号，通过相应的功能模块实现能量分配调节控制。此外，整车协调控制还包括整车故障自诊断功能。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过燃料电池认知与应用展示，让学生了解燃料电池认知与应用的基本理论知识。** |
| **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燃料电池认知与应用，让学生了解燃料电池电动汽车的构成。** | 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**  **简述电子控制系统。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示燃料电池认知与应用  **学习参考（二）**  **四、燃料电池电动汽车的性能与关键技术**  对燃料电池电动汽车而言，最被关注的性能指标主要有续驶里程、最高车速、最大爬坡度、最大转矩及最大功率等。这些性能指标的高低，除了与燃料电池的性能这一关键因素有关外，还与车载储氢技术、辅助蓄能装置、电机及其控制技术、动力系统的构造与整车的布置、整车的控制技术等密切相关。  **（一）燃料电池电动汽车的主要性能**  表 3-5-1 列出了典型燃料电池电动汽车的性能指标，从中可大体了解燃料电池电动汽车的性能状况。    **（二）燃料电池电动汽车的关键技术**  1. 燃料电池系统  燃料电池技术是燃料电池电动汽车最关键的技术之一。燃料电池堆的净输出功率、耐久性、低温起动性及成本等直接影响燃料电池电动汽车的性能和发展。目前，降低燃料电池成本是燃料电池电动汽车研究的最重要目标，而控制燃料电池成本最有效的手段是减少燃料电池材料（电催化剂、电解质膜及双电极等）的成本，降低加工（膜电极制作、双电极加工和系统装配）等费用。在降低燃料电池成本的同时进一步提高燃料电池的性能，是目前燃料电池电动汽车技术研究的重点。此外，燃料电池系统也还有许多需要克服的工程技术难题，例如，系统的起动与关闭时间、系统的能量管理与变换操作、电堆水热管理模式以及低成本高性能的辅助装置（空气压缩机、传感器及控制模块）等。  2. 车载储氢装置  目前，燃料电池电动汽车大都以纯氢为燃料。车载储氢装置对燃料电池电动汽车的动力性及续驶里程影响很大。如前所述，常见的车载储氢装置有高压储氢瓶、低温液氢瓶及金属氢化物储氢装置三种。除液态储氢装置外，目前的车载储氢装置的质量、储氢密度均较低，而液态储氢需要很低的温度条件，其成本和能耗都很高。如何有效地提高体积储氢密度和质量储氢密度，是车载储氢装置研究的重点。  储氢瓶采用质量轻、机械强度大的材料，通过减小储氢气瓶的质量和提高储氢压力来提高储氢装置的体积储氢密度和质量储氢密度，这是通常的研究方案。另一个比较理想的方案是，采用储氢材料与高压储氢复合的车载储氢新模式，即在高压储氢容器中装填质量较轻的储氢材料。这种储氢装置与纯高压储氢方式（压强大于 40 MPa）相比，既可以降低储氢压力（压强约 10 MPa）又可以提高储氢的能力。复合式储氢装置的技术难点是如何开发吸氢和放氢性能好、成型加工工艺好、质量轻的储氢材料。  3. 辅助蓄能装置  对于混合型燃料电池电动汽车而言，辅助蓄能装置性能的好坏、能量控制策略的优劣等对燃料电池电动汽车动力性和经济性的影响都很大。因此，研究与开发高性能的辅助蓄能装置也是燃料电池电动汽车发展所必需的。  目前，燃料电池电动汽车用辅助蓄能装置主要有蓄电池、超级电容和飞轮电池三种。对于用于燃料电池电动汽车的蓄电池来说，功率密度高、短时间大电流的充放电能力强尤为重要。目前燃料电池电动汽车采用镍氢电池的较多。锂离子电池由于具有比能量大、比功率高、自放电少、无记忆效应、循环特性好、可快速放电等特点，已被一些燃料电池电动汽车用作辅助蓄能装置。相比于蓄电池，超级电容具有短时间内大电流充放性能好（可达蓄电池的 10 倍）、充放电效率高、循环寿命长等许多优点。作为唯一的辅助蓄能装置（FC+C）或作为辅助蓄能之一（FC+B+C），超级电容在燃料电池电动汽车上的应用将会逐渐增多。  4. 电机及其控制技术  电机用于产生驱动车轮转动的电磁转矩，其性能对燃料电池电动汽车的动力性和经济性影响极大。与工业用电机相比，燃料电池电动汽车用驱动电机在最大功率、最高转矩、工作效率、调速性能等方面均有较高的要求。目前燃料电池电动汽车上使用较多的主要是永磁无刷直流电机、交流异步电机、交流同步电机及开关磁阻电机等。  研究与开发出功率更大、更加高效且体积小、质量轻的电机并配以更加先进可靠的电机控制技术，也是燃料电池电动汽车发展所要解决的关键技术之一。  5. 系统管理策略与电子控制技术  整车动力系统的优化设计、能量管理策略、整车热管理及整车电子控制（动力控制、能量管理、热管理及制动能量回馈等自动协调控制）等，对燃料电池电动汽车的动力性、经济性也起到了关键的作用。因此，整车动力系统参数的选择与最优化设计、多动力源的能量管理策略与最优化控制、整车热管理的最优化控制、整车各控制系统的协调控制等，均是燃料电池电动汽车发展必须面对的关键课题。  **五、燃料电池电动汽车存在的主要问题**  燃料电池电动汽车有燃油汽车无法比拟的优势，但是由于其性能、成本及燃料的供给配套设施等问题尚待解决，因此完全替代燃油车还需时日。  **（一）燃料电池电动汽车的性能有待提高**  与燃油汽车相比，燃料电池电动汽车的动力性、耐久性、起动性能（起动时间及低温起动）、续驶里程等均需要提高。  燃料电池是燃料电池电动汽车的核心部件，需要解决的问题是提高功率密度、耐久性和起动性能。  重整器是确保燃料电池电动汽车能使用纯氢以外燃料的关键部件。提高重整器的工作可靠性、循环寿命、起动性和负荷响应性，以及小型化和轻量化，是重整燃料电池电动汽车必须解决的问题。此外，开发实用型的汽油重整器具有极为重要的意义，因为汽油重整器在燃料电池电动汽车大规模使用时，燃料电池电动汽车的燃料供给的基础设施可与燃油汽车共用。  储氢技术的提高是解决以纯氢为燃料的燃料电池电动汽车续驶里程问题的关键，目标是加一次氢的续驶里程应能达到 500 km 以上。  **（二）制造成本和运行成本过高**  制造成本和运行成本过高是制约燃料电池电动汽车商用化的最大障碍。而燃料电池电动汽车制造成本居高不下的最主要原因是昂贵的燃料电池。  在燃料电池中，无孔石墨双极板的成本（包括石墨板材料价格和流场加工费用）占了整个燃料电池系统成本的 50% 以上。石墨板的优点是导电性好、质量轻，耐腐蚀；缺点是机械强度低，不易加工且难以薄片化。如今世界上正在研究改用金属板或复合板做双电极，这不仅可以降低材料的费用，而且可以减薄双极板，降低流场加工的难度，实现大批量生产，从而可较大幅度地降低燃料电池的成本，提高燃料电池比功率。  质子交换膜的费用也较高，其成本排在燃料电池的第二位。目前广泛采用的质子交换膜的工作温度极限是 85 ℃，为保证燃料电池正常工作，就必须消耗燃料电池 51%的能量来移走燃料电池工作所产生的热量，这就大大降低了燃料电池的比能量。提高质子交换膜材料的工作温度极限、降低膜的厚度，是提高燃料电池比能量、降低成本的最有效措施。  催化剂铂是昂贵的金属，减少其用量可以有效地降低燃料电池的成本。但现在的燃料电池催化剂铂的用量已减至很低的水平，因此单纯通过减少铂的用量来降低燃料电池的成本已较困难。提高铂的回收技术或寻求铂的替代品，成为降低燃料电池成本的最有效措施。  目前的燃料电池制造成本已经降至每千瓦数百美元，但距离商用化还很远。据分析比较，只有当燃料电池电动汽车的生产成本降至每千瓦 50 美元的水平时，燃料电池电动汽车的价格才能与燃油汽车相抗衡。  对于氢燃料电池电动汽车而言，氢气的制备、储藏和运输成本要远高于汽油和柴油，因而燃料电池电动汽车的运行成本也较高。降低氢燃料的成本，或研究与开发高效的汽油重整器是燃料电池电动汽车能被市场接受所需要努力的方向。  **（三）燃料供给体系的建立尚需时日**  目前，燃料电池电动汽车的燃料供给体系尚未建立，燃料电池电动汽车想要实现商用化，氢燃料的供应及燃料供给基础设施建设就必须同步进行。  当大规模地使用燃料电池电动汽车时，如何较为经济地获取氢，就成为燃料电池电动汽车必须解决的首要问题。虽然通过重整技术可将天然气、汽油等转化为燃料电池所需的氢燃料，但这需要消耗大量的能量，而且未能摆脱对有限资源的依赖，也不能完全消除对环境的污染。通过热分解或电解的方法可以从水中获取氢，这虽然是一种取之不尽的制氢方法，但需要消耗较多的能源，不具备实用性。利用太阳能制氢是较有前途的制氢方法，通过太阳能发电后电解水制氢，或利用太阳能直接分解水制氢等技术均处于研究与开发之中。此外，生物制氢技术也是获取氢源的有效途径。只有以太阳能或其他再生性能源获取廉价氢燃料时，燃料电池电动汽车的燃料问题才可以从根本上解决。  由于气态氢密度很低，需要通过高压储藏，液态氢又需要低温存储，因此，氢燃料生产基地的储存设备、运输装备和充氢站等比汽油和柴油要复杂得多。加氢站的技术要求和费用要比加油站高得多，这需要国家给予政策扶持。  **六、质子交换膜燃料电池**  质子交换膜燃料电池（PEMFC）采用可传导离子的聚合膜作为电解质，所以也叫聚合物电解质燃料电池（PEFC）、固体聚合物燃料电池（SPFC）或固体聚合物电解质燃料电池（SPEFC）。  **（一）质子交换膜燃料电池的基本结构**  质子交换膜燃料电池由质子交换膜（电解质隔膜 Electrolyte Membrane）、催化层、扩散层、集流板（又称双极板）组成。  1. 质子交换膜  质子交换膜（PEM）是质子交换膜燃料电池中最重要的部件之一，其性能好坏直接影响电池的性能和寿命。质子交换膜燃料电池的质子交换膜与一般化学电源中使用的隔膜有很大的不同，它不只是一种将阳极的燃料与阴极的氧化剂隔开的隔膜材料，还是电解质和电极活性物质（电催化剂）的基底，即兼有隔膜和电解质的作用；另外，质子交换膜还是一种选择透过性膜，在其高分子结构中，含有多种离子基团，它只允许氢质子穿过，其他离子、气体及液体均不能通过。  2. 电催化剂  为了加快电化学的反应速度，气体扩散电极上都含有一定量的催化剂。质子交换膜燃料电池的电催化剂主要有铂系和非铂系两类，目前多采用铂催化剂。由于这种电池是在低温条件下工作的，因此，提高催化剂的活性，防止电催化剂中毒很重要。  3. 电极  质子交换膜燃料电池的电极是一种多孔气体扩散电极，一般由扩散层和催化层构成。扩散层是导电材料制成的多孔合成物，起着支撑催化层，收集电流，并为电化学反应提供电子通道、气体通道和排水通道的作用。催化层是进行电化学反应的区域，是电极的核心部分，其内部结构粗糙多孔，因而有足够的表面积以促进氢气和氧气的电化学反应。因此电极制作的好坏对电池的性能有重要影响。  4. 膜电极  膜电极（MEA）是通过热压将阴极、阳极与质子交换膜复合在一起而形成的。为了使化学反应顺利进行，多孔气体扩散电极必须具备质子、电子、反应气体和水的连续通道。MEA 性能不仅依赖于电催化剂活性，还与电极中四种通道的构成及各种组分的配比、电极孔分布与孔隙率、电导等因素密切相关。  5. 集流板与流场  集流板又称为双极板，是电池的重要部件之一，其作用是分隔反应气体，收集电流，将各个单电池串联起来和通过流场为反应气体进入电极及水的排出提供通道。目前，制备质子交换膜燃料电池双极板广泛采用的材料是炭质材料、金属材料及金属与炭质的复合材料。  质子交换膜燃料电池的流场板一般是按一定间隔开槽的石墨板，开的槽就是流道，在槽之间形成流道间隔。流场的功能就是引导反应气流动方向，确保反应气均匀分配到电极的各处流场，由电极扩散层到达催化层参与电化学反应。为提高电池反应气体的利用率，通常排放尾气越少越好，流场设计的好坏直接影响电池尾气的排放量。  在常见的质子交换膜燃料电池中，有的流场板与双极板是分体的，如网状流场板等，有的流场板与双极板是一体的，如点状流场和部分蛇形流场板等，这样流场除了具有上述流场板的功能以外，还要兼顾双极板的作用。至今已开发点状、网状、多孔体、平行沟槽、蛇形和交指型流场。  **（二）质子交换膜燃料电池的工作原理**  质子交换膜燃料电池在原理上相当于水电解的“逆”装置。其单电池由阳极、阴极和质子交换膜组成，阳极为氢燃料发生氧化的场所，阴极为氧化剂还原的场所，两极都含有加速电极电化学反应的催化剂，质子交换膜为电解质。  导入的氢气通过阳极集流板（双极板）经由阳极气体扩散层到达阳极催化剂层，在阳极催化剂的作用下，氢分子被氧化为带正电的氢离子并释放出带负电的电子，完成阳极反应；氢离子穿过膜到达阴极催化剂层，而电子则由集流板收集，通过外电路到达阴极，电子在外电路形成电流，通过适当连接可向负载输出电能。在电池另一端，氧气通过阴极集流板（双极板）经由阴极气体扩散层到达阴极催化剂层。在阴极催化剂作用下，氧与透过膜的氢离子以及来自外电路的电子发生反应生成水，完成阴极反应。电极反应生成的水大部分由尾气排出，一小部分在压力差的作用下通过膜向阳极扩散。  上述过程是理想的工作过程，实际上，整个反应过程中会有很多中间步骤和中间产物的存在。  **（三）质子交换膜燃料电池的特点**  1. 质子交换膜燃料电池的优点  （1）能量转化效率高。通过氢氧化合作用，直接将化学能转化为电能，不通过热机过程，不受卡诺循环的限制。  （2）可实现零排放。质子交换膜燃料电池唯一的排放物是水，没有污染物排放，是环保型能源。  （3）运行噪声低，可靠性高。质子交换膜燃料电池组无机械运动部件，工作时仅有气体和水的流动。  （4）维护方便。质子交换膜燃料电池内部构造简单，电池模块呈现自然的“积木化”结构，使得电池组的组装和维护都非常方便，也很容易实现“免维护”设计。  （5）发电效率平稳。发电效率受负荷变化影响很小，非常适合用作分散性发电装置（作为主机组），也适合用作电网的“调峰”发电机组（作为辅机组）。  （6）氢来源广泛。氢是宇宙中含量最多的元素，氢气来源极其广泛，是一种可再生的能源资源。可通过石油、天然气、甲烷、甲醇等重整制氢，也可以通过电解水制氢、光解水制氢、生物制氢等。  2. 质子交换膜电池的缺点  （1）成本高。膜材料和催化剂均十分昂贵，只有达到一定规模的生产，经济效益才能显示出来。  （2）对氢的纯度要求高。这种电池需要纯净的氢，因为它们极易受到一氧化碳和其他杂质的污染。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过燃料电池认知与应用展示，让学生了解燃料电池认知与应用的基本理论知识。** |
| **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燃料电池认知与应用，让学生了解质子交换膜电池。** | 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**  **质子交换膜电池的缺点有哪些？** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示新能源汽车其他辅助电源认知  **学习工作页**  **任务描述**  王先生想买一辆太阳能电池汽车，想透彻了解一下这种高科技产品，请你为他介绍一下太阳能汽车的相关内容，并介绍新能源汽车的其他辅助电源。  **学习目标**  1. 能介绍超级电容的特点；  2. 能介绍飞轮电池的特点；  3. 能介绍太阳能电池的特点；  4. 能介绍太阳能汽车的组成；  5. 能发散思维，提高创新能力，强化创新意识。  **学习准备**  **一、知识准备**  1. 超级电容的特点（查阅学习参考“学习情境三学习任务六”）。  2. 飞轮电池的特点（查阅学习参考“学习情境三学习任务六”）。  3. 太阳能电池的特点（查阅学习参考“学习情境三学习任务六”）。  4. 太阳能汽车的组成（查阅学习参考“学习情境三学习任务六”）。  请阅读参考资料，把自己需要掌握的知识点和技能点填入下表。    **二、工作场地**  理实一体化教室。  **三、工具准备**  新能源汽车整车及车辆钥匙、电脑。  **计划与实施**  在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识。  1. 超级电容的特点：  2. 飞轮电池的特点：  3. 太阳能电池的特点：  4. 太阳能汽车的组成部件：  **评价与反馈**  **一、填空题**  1.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 是介于普通电容器与化学电池之间的储能装置，通常用作辅助储能装置。  2. 超级电容具有以下特点：超高的 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 速度快，使用寿命 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。  3. 飞轮储能装置主要包括 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 三个核心器件。  4. 太阳能汽车一般由 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、自动阳光跟踪系统、驱动系统、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_等组成。  5.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 的作用就是保持太阳电池板正对着太阳，最大限度提高太阳电池板接受太阳辐射能的能力。  **二、判断题**  1. 目前超级电容在价格方面特别有优势。 （　　）  2. 太阳能电池实际上是将太阳能（光能）转换为电能的发电装置，具有节能、安全、环保的特点。 （　　）  3. 太阳能电池在电动汽车上可以作为动力电池。（　　）  4. 太阳能电池的缺点是依赖太阳，续驶里程较短。（　　）  5. 太阳能电池的电流大小与太阳光照射强度和太阳能电池面积的大小成反比。（　　）  **三、简答题**  1. 查询超级电容新能源汽车，并对车辆进行简单介绍。  2. 查询飞轮电池在哪些车上有应用，并对其进行简单介绍。  3. 查询太阳能电池新能源汽车，并进行简单介绍。  四、技能考核    **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过新能源汽车其他辅助电源认知展示，让学生了解新能源汽车其他辅助电源认知的基本理论知识。** |
| **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新能源汽车其他辅助电源认知，让学生了解超级电容新能源汽车。** | 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**  **查询超级电容新能源汽车，并对车辆进行简单介绍。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示新能源汽车其他辅助电源认知  **学习参考（一）**  **一、超级电容**  **（一）电容器**  电容器，顾名思义，是“装电的容器”，是一种容纳电荷的器件。它是由两块金属电极之间夹一层绝缘电介质构成的。当在两金属电极间加上电压时，电极上就会存储电荷。任何两个彼此绝缘又相距很近的导体，都会组成一个电容器，当在其两端加上电压时，电容器便开始存储电荷。平行板电容器由电容器的极板和电介质组成。其结构及符号如图 3-6-1 所示。    1. 充电过程  充电过程是电容器存储电荷的过程。当电容器与直流电源接通后，与电源正极相连的金属极板上的电子便会在电场的作用下，向与电源负极相连的金属极板跑去，使得与电源正极相连的金属极板失去电子而带正电，与电源负极相连的金属极板得到电子而带负电（两金属极板所带电荷大小相等，符号相反）。  在电路中，自由电子的定向移动形成电流，由于同性电荷的排斥作用，使得刚开始充电时，电流最大，之后逐渐减小；而电容器带电量在刚开始充电时最小，在负电荷移动过程中，带电量逐渐增加，两金属极板间电压逐渐增大，当其增大至与电源电压相等时，充电完毕，电流减小为零。图 3-6-2 为电容器充电过程。  2. 放电过程  放电过程即是电容器释放存储电荷的过程。当充电完毕的电容器位于一个无电源的闭合通路中时，带负电的金属极板上的电荷便会在电场的作用下，向带正电的金属极板上跑去，使得正负电荷中和掉。  在电路中，电子的定向移动形成电流。由于异性电荷的吸引作用，使得在放电过程刚开始时，电流最大，之后逐渐减小；电容器带电荷量在放电过程开始时最大，之后逐渐减少，当带电荷量减小为零时，放电完毕，电流减小为零。图 3-6-3 为电容器放电过程。    **（二）超级电容器**  超级电容是介于普通电容器与化学电池之间的储能装置，通常用作辅助储能装置。  超级电容器的正式名称是电化学电容器，因为相对于其他种类的电容器来说，其容量远远大于别的电容器，可达到法拉级，又可称为法拉电容；电容由两层极片组成，电荷在极片中存储电量，所以又名双电层电容；还因电容市面价格贵，又称为黄金电容。  超级电容器的结构类似于平板电容器。其电极为多孔碳基材料，该材料的多孔结构使其每克质量的表面积可达几千平方米，而电容电荷分隔的距离由电解质中的离子大小决定。巨大的表面积加上电荷间极小的距离，使得超级电容器具有很大的容量。  我国第一辆超级电容公交车，2006 年 8 月 28 日在上海投入运营。使用证明，该车起步动作迅速有力，运行时清洁、经济、方便，在车顶上的可伸缩受电弓可快速升降，与公交车上方的高压馈线触碰就可充电，中途充电 30 s 即可，充电一次跑 3～5 站地也没问题。  **（三）超级电容器工作原理**  以双电层电容为例。其电层是在电极 / 溶液界面通过电子或离子的定向排列造成电荷的对峙而产生的。对一个电极 / 溶液体系，会在电子导电的电极和离子导电的电解质溶液界面上形成双电层。  当在两个电极上施加电场后，溶液中的阴、阳离子分别向正、负电极迁移，在电极表面形成双电层；撤销电场后，电极上的正负电荷与溶液中的相反电荷相吸引而使双电层稳定，在正负极间产生相对稳定的电位差。  这时对某一电极而言，会在一定距离内（分散层）产生与电极上的电荷等量的异性离子电荷，使其保持电中性；当将两极与外电路连通时，电极上的电荷迁移从而在外电路中产生电流，溶液中的离子迁移到溶液中中和从而呈电中性，这便是双电层电容的充放电原理。  **（四）超级电容器特点**  1. 优点  （1）电容量超高，可达 6000 F，比同体积的电解电容大 2000～6000 倍。  （2）功率密度高，达 300～5000 W/kg，相当于普通电池的数十倍，铅酸电池的功率密度一般只能达到 200 W/kg，而超级电容的可达 10 kW/kg。比能量也大大提高。  （3）充电速度快。可在 0.3～30 s 内快速大电流充放电，提供很大的瞬时充放电功率，可以频繁地释放能量脉冲而不会产生有害的后果。而蓄电池在如此短的时间内充满电将是极危险的而且几乎不可能。  （4）使用寿命长。深度充放电循环使用次数可达 50 万次，如果对超级电容每天充放电 20 次，连续使用可达 68 年。且没有“记忆效应”，也不存在过度放电的问题，而动力电池只有几百次或几千次的循环寿命。  （5）超低温特性好，可以在很宽的温度范围内（-40～70 ℃）正常工作，而蓄电池很难在高温特别是低温环境下工作。  （6）大电流放电能力超强，能量转换效率高，过程损失小，大电流能量循环效率≥ 90%。  （7）产品原材料构成、生产、使用、储存以及拆解过程均没有污染，是理想的绿色环保电源。  （8）充放电线路简单，安全系数高，长期使用免维护。  （9）检测方便，剩余电量可直接读出。  超级电容器与蓄电池组合可改善汽车起动性能。试验发现，二者组合使用，发动机起动转速可以提高 150 r/min 左右，在 -20 ℃时可以一次性起动，优点非常明显，而单独蓄电池需要多次起动才能成功。而且，二者组合起动电流大，在起动瞬间的1200 A 电流中，800 A 电流由超级电容器提供，蓄电池仅提供 400 A 的电流，明显低于只采用蓄电池的 560 A，有效地降低了蓄电池极板的极化，延长了蓄电池寿命。  2. 缺点  （1）耐压偏低，只有几伏到十几伏特。  （2）目前超级电容在价格方面没有优势可言，需要进一步提高性能和降低成本。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过新能源汽车其他辅助电源认知展示，让学生了解新能源汽车其他辅助电源认知的基本理论知识。** |
| **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新能源汽车其他辅助电源认知，让学生熟悉超级电容。** | 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**  **简述超级电容器特点。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **知识讲解**（45min） | **【教师】**展示新能源汽车其他辅助电源认知  **学习参考（二）**  **二、飞轮电池**  **（一）飞轮电池的工作原理**  飞轮储能是一种利用高速旋转的飞轮存储能量的技术。飞轮储能装置包括三个核心部分：飞轮，电动机 / 发电机和电力电子变换装置。其基本工作原理就是：电力电子变换装置从外部输入电能驱动电动机旋转，电动机带动飞轮旋转，飞轮储存动能（机械能）；当外部负载需要能量时，用飞轮带动发电机旋转，将动能转化为电能，再通过电力电子变换装置变成负载所需要的各种频率、电压等级的电能，以满足不同的需求。由于输入、输出是彼此独立的，设计时常将电动机和发电机用一台电机来实现，输入输出变换器也合并成一个，这样就可以大大减少系统的大小和重量。  飞轮电池有两种工作模式。  1.“充电”模式  当飞轮储能装置充电器插头插入外部电源插座时，打开启动开关，电动机开始运转，吸收电能，使飞轮转子速度提升，达到额定转速时，由电机控制器切断与外界电源的连接。在整个充电过程中，电机作电动机用。  2.“放电”模式  当飞轮电池外接负载设备时，发电机开始工作，向外供电，飞轮转速下降，直至下降到最低转速时，由电机控制器停止放电。在放电过程中，电机作发电机用。这两种工作模式全部由电机控制器负责完成。  这是一种物理储能技术，克服了化学电池储能技术存在着诸如充放电次数的限制、对环境的污染严重以及对工作温度要求高等问题。它与超导储能技术、燃料电池技术等一样，都是近年来有很大发展前景的储能技术，成为许多科研工作者的研究重点。美国飞轮系统公司（AFS）已经生产出了以克莱斯勒 LHS 轿车为基础的飞轮电池轿车 AFS20。这是一种完全由飞轮电池供电的电动汽车。它由 20 节飞轮电池驱动，每节电池直径 230 mm，质量为 13.64kg，电池用市电充电需要 6h，而快速充电只需要15min，一次充电行驶路程可达 560km。从 0 加速到 96 km/h，只需要 6.5s。其寿命超过 321 万千米。  保时捷 911GT3 R Hybrid 赛车采用全新飞轮发电机技术。这台安放在驾驶席旁的发电机转子转速高达 40000r/m ；两组发电机中的其中一台负责驱动飞轮式发电机，另一台则会在刹车时转换其所产生的剩余能量。在弯道或直线超车时，车手就可以启动这两台发电机，此时可为前轮提供高达 120kW 的动力输出，持续时间为6～8s。  **（二）飞轮电池的结构**  典型的飞轮储能装置一般由三大主体及一些辅件组成。三大主体主要是指飞轮本体、电机、电力电子装置。辅件主要有轴承、冷却系统、显示仪表、真空设备和安全容器等。在实际应用中，飞轮储能系统的结构有很多种。  在整个飞轮储能装置中，飞轮无疑是其中的核心部件，它直接决定了整个装置的储能多少。飞轮储能装置储存的能量多少就由飞轮的形状、质量及其转速决定。电力电子装置通常是由 FET 或 IGBT 组成的双相逆变器和控制电路，它们决定了飞轮储能装置能量输入输出量的大小。  **（三）飞轮电池的特点**  1. 优点  飞轮电池充电快，放电完全，非常适合应用于混合能量驱动的车辆中。车辆在正常行驶和刹车制动时给飞轮电池充电。飞轮电池则在加速或爬坡时，给车辆提供动力，保证车辆运行在一种平稳、最优状态下的转速，可减少燃料消耗、空气和噪声污染。  同时飞轮电池还具有以下优点。  （1）能量密度高。储能密度可达 100～200 W·h/kg，飞轮电池比功率高于一般化学蓄电池和内燃机，功率密度可达 5000～10000 W/kg。  （2）能量转换效率高。工作效率高达 90%。  （3）体积小，重量轻。飞轮直径二十多厘米，总重在十几千克左右。  （4）工作温度范围宽。对环境温度没有严格要求。  （5）使用寿命长。整个电池的使用寿命远远长于各种化学蓄电池。不受重复深度放电影响，能够循环几百万次运行，预期寿命 20 年以上。  （6）充电速度快。其快速充电可在 18 min 内完成，且能量储存时间长。另外，飞轮电池能进行超快速充电，  （7）低损耗，低维护。磁悬浮轴承和真空环境使机械损耗可以被忽略，系统维护周期长。  飞轮为纯机械结构，不会像内燃机那样产生排气污染，同时也没有化学蓄电池的化学反应过程，不会引起腐蚀，也无废料的处理回收问题。  2. 缺点  飞轮电池的缺点主要有以下几个方面。  由于在实际工作中，飞轮的转速可达 40000～50000 r/min，一般金属制成的飞轮无法承受这样高的转速，容易解体，所以飞轮一般用碳纤维制成，而制造飞船的碳纤维材料目前还很贵，因此成本比较高。  飞轮一旦充电，就会不停转动下去，当不用电时，飞轮还在那里转动，浪费了能量，如给一辆飞轮电池汽车充电后，该汽车可以行驶三个小时，汽车走了两个小时后，车主休息半个小时，那么这半小时飞轮就在那里白白转动，不过飞轮空转时，由于没有负载能量，损失不会太大，比目前存放一段时间不用的蓄电池损失的能量还要小，如果静止不动几乎没有能量损失。  解决的办法：给飞轮电池配备化学充电电池，当不需要用电时，可把飞轮转动的电能充进化学电池中。但是给飞轮电池配备化学电池带来的问题是增加了汽车的重量。  3. 发展前景  飞轮储能方法一直未能得到广泛应用主要由于以下原因。  （1）飞轮本身的能耗主要来自轴承摩擦和空气阻力。  （2）常规的飞轮是由钢（或铸铁）制成的，储能有限。  （3）要完成电能机械能的转换，还需要一套复杂的电力电子装置。  目前，飞轮储能技术取得突破性进展是基于高能永磁及高温超导技术的出现、高  强纤维复合材料的问世及电力电子技术的飞速发展。  **三、太阳能电池**  **（一）太阳能电池工作原理**  太阳能电池又称为“太阳能芯片”或“光电池”，如图 3-6-9 所示，是一种利用太阳光直接发电的光电半导体薄片。它只要被满足一定照度条件的光照到，瞬间就可输出电压及在有回路的情况下产生电流。它在物理学上称为太阳能光伏，简称光伏。  太阳能电池是通过光电效应或光化学效应直接把光能转化成电能的装置。以光电效应工作的晶硅太阳能电池为主流，而以光化学效应工作的薄膜电池湿式太阳能电池则还处于萌芽阶段。  太阳能电池具有节能、安全、环保的特点。由于太阳能电池的光电转换效率、电池系统的配置复杂性、价格及车辆的特殊使用环境等因素，太阳能电池在电动汽车上只能作为一种补充电源。  **（二）太阳能电池的特点**  （1）能量来自于太阳，物美价廉，太阳表面温度为 6000K 左右，太阳能是取之不  尽、用之不竭的能源聚宝盆。  （2）太阳能电池汽车没有任何排放，零污染。  （3）太阳能电池汽车结构简单，没有复杂的内燃机、离合器、排气管等零部件，而是由电池板、储电器和电极组成。  （4）太阳能电池依赖太阳，续驶里程较短。  **（三）太阳能汽车**  太阳能汽车一般由太阳能电池组、自动阳光跟踪系统、驱动系统、控制器等组成。  1. 太阳能电池组  太阳能电池组是太阳能汽车的核心，是由一定数量的单体电池串联或并联成的电池方阵。太阳能单体电池由半导体材料制成，当太阳光照射该半导体材料时，半导体的电子 - 空穴对被激发，形成“势垒”，也就是 P-N 结。  由于势垒的存在，在 P 型层产生的电子向 N 型层移动而带正电，而在 N 型层产生的空穴向 P 型层移动而带负电，于是在半导体元件的两端产生 P 型层为正的电压，即形成了太阳能电池。  太阳能电池的电流大小与太阳光照射强度的大小和太阳能电池面积的大小成正比。  车用太阳能电池将很多太阳能电池排列组合成太阳能电池板，以产生所需要的大电流和高电压。  2. 向日自动跟踪器  太阳能电池能量的多少取决于太阳能电池板接受太阳辐射能量的数量，由于相对位置的不断变化，太阳能电池板接受太阳辐射能量也在不断变化。向日跟踪器的作用就是保持太阳能电池板正对着太阳，最大限度地提高太阳能电池板接受太阳辐射的能力。  3. 驱动系统  太阳能汽车采用的驱动电机主要有交流异步电机、永磁电机、直流电机，其驱动系统与 EV 基本相同。  4. 控制器  控制器主要实现对太阳能电池组进行管理和对电机的控制，其作用与 EV 控制系统相同。  由于太阳能电池的能量较小，而且受天气的影响，在阴天、下雨时，太阳能电池的转换效率降低或停止，所以太阳能电池往往与蓄电池组共同组成太阳能混合动力电池。当太阳光强烈，转换为电能充足时，由太阳能电池板将太阳能转换为电能后，通过充电器向动力电池组充电，也可以由太阳能电池板直接提供电能，通过电流变换器将电流输送到驱动电机，驱动汽车行驶，其驱动模式相当于串联式混合动力电动汽车。一般采用智能控制系统来控制其运行。当太阳光较弱时，则靠蓄电池组对外供电。  **【学生】**思考、讨论。 | **教师通过新能源汽车其他辅助电源认知展示，让学生了解新能源汽车其他辅助电源认知的基本理论知识。** |
| **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新能源汽车其他辅助电源认知，。** | 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**  **思考一下，以歌颂为主的正面说理的杂文适合运用哪些说理方法。** | 通过课后练习，使学生巩固所学新知识 |
| **教学反思** | 不可以一味的讲究教学速度，应该把重视质量放在第一位，切不可以只讲速度不讲效率。 | |