

邮电中等专业学校试用教材

化学电源

湖南省邮电学校 编

人民邮电出版社



前 言

本书是邮电中等专业学校教学用书。为适应新形势下邮电教育事业发展的需要，1978年，我们组织部分邮电学校分工编写了微波、载波、市内电话、线路、电报、电源、综合电信和邮政机械等八个专业所用的基础课和专业课的教学用书，并将陆续出版，以应各邮电中等专业学校教学急需。

编好教材，是提高教学质量的关键。我们组织编写本教材时，力求以马列主义、毛泽东思想为指导，努力运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律，内容上注意了少而精，尽量反映科学技术的新成就。由于编写、审定的时间仓促，又没有经过教学实践的检验，书中会有不少缺点和错误。希望有关教师和同学在使用本书的过程中，把发现的问题提供给我们以便修改提高。

邮电部人事教育局
一九七八年十二月

目 录

绪 论

第一篇 化学基础知识

第一章 原子结构与分子形成	5
第一节 原子结构.....	5
第二节 分子的形成和化学键.....	16
第三节 元素周期律和周期表.....	23
习题.....	25
第二章 溶液与电解质溶液	28
第一节 溶液与溶液浓度的计算.....	28
第二节 电解质溶液.....	36
第三节 离子反应方程式.....	47
第四节 盐类的水解.....	50
习题.....	51
第三章 电化学知识	54
第一节 氧化——还原反应.....	54
第二节 原电池原理.....	57
第三节 电极电位与电动势.....	59
第四节 电解与电镀.....	69
第五节 金属的腐蚀和保护.....	74
习题.....	79
第四章 几种常用的化学物质	81
第一节 氢氧化钠.....	81

第二节	碳酸钠	83
第三节	盐酸	85
第四节	硫酸	87
第五节	硝酸	90
第六节	铅和铅的氧化物	92
第七节	锑、锑的氧化物及水化物	93
第八节	若干有机化合物	94
习题		101

第二篇 铅酸蓄电池

第一章	铅酸蓄电池的结构	103
第一节	铅酸蓄电池的构造	103
第二节	蓄电池的型号及其含义	111
习题		114
第二章	铅酸蓄电池的工作原理	115
第一节	铅酸蓄电池的放电和充电原理	115
第二节	电极电位和电动势	120
第三节	铅酸蓄电池的有效物质	123
第四节	铅酸蓄电池的理论比能量	128
习题		130
第三章	铅酸蓄电池的电液	131
第一节	电液的电阻	131
第二节	电解液的冰点	134
第三节	电解液的粘度	136
第四节	电解液比重的选择与测量	137
第五节	铅酸蓄电池所需电液的计算	144
习题		146

第四章 铅酸蓄电池的工作特性	147
第一节 过电位的概念	147
第二节 铅酸蓄电池析出的气体	151
第三节 铅酸蓄电池的端电压	153
第四节 镉电极	161
第五节 铅酸蓄电池的容量特性	165
习题	172
第五章 铅酸蓄电池充电和放电方法	174
第一节 恒流充电	174
第二节 恒压充电法	176
第三节 初充电	177
第四节 大电流脉冲充电	180
第五节 铅酸蓄电池的放电	186
习题	189
第六章 铅酸蓄电池组的工作方式与工作电压的调整	190
第一节 充放电工作制	190
第二节 全浮充工作制	192
第三节 半浮充工作方式	194
第四节 工作电压的调整	195
第五节 对浮充工作电池组的维护	200
习题	203
第七章 铅酸蓄电池的使用寿命	204
第一节 正极板腐蚀	204
第二节 铅酸蓄电池的自放电	208
第三节 极板硫酸化	213
第四节 电池反极	216
第五节 负极极板的膨胀	216

习题	221
第八章 电池室的建设与电池组的安装	222
第一节 蓄电池室及室内装置	222
第二节 固定型铅酸蓄电池组的安装	235
第三节 硫酸电解液的简易分析法	243
第四节 安装电池组所需材料的计算	246
习题	258

第三篇 几种新型的化学电池

第一章 新型的铅酸蓄电池	259
第一节 防酸隔爆电池	259
第二节 消氢电池	271
第三节 胶体电解质电池	279
第四节 注水式铅蓄电池	291
第五节 圆柱形铅酸电池	294
第六节 铅电池的发展方向	299
习题	302
第二章 碱性电解质电池	303
第一节 碱性电池	303
第二节 燃料电池	312
习题	315
第三章 纯水制取	316
第一节 天然水中的杂质与水质指标	316
第二节 制取纯水的方法	323
第三节 离子交换制水	328
习题	351
附录 干电池 (一次电池)	352
元素周期表	插页

绪 论

化学电源，是直接**把化学能转变为电能的装置**，它是用两个分离的电极，浸在电解质里而成。由还原物质构成的电极为**负极**，由氧化态物质构成的电极为**正极**。当外电路接近两极时，氧化-还原反应就在电极上进行，电极上的活性物质就分别被氧化或还原了，从而释放出电能，这一过程称为**放电过程**。放电之后，若有反向电流流入电池时，就可以使两极活性物质回复到原来的化学状态。这种可重复使用的电池，称为**二次电池或蓄电池**。如果电池反应的可逆性差，那么放电之后，不能再用充电方法，使其恢复初始状态，这种电池，称为**原电池**。

电池中的电解质，通常是电离度大的物质。一般是酸和碱的水溶液，但也有用氨盐，熔融盐，或离子导电性好的固体物质，作为有效的电池电解质。以酸性溶液（常用硫酸溶液）作为电解质的蓄电池，称为**酸性蓄电池**，以碱性溶液作为电解质的蓄电池，称为**碱性蓄电池**。而酸性蓄电池的电极多以铅及其氧化物为材料，所以定名为**铅酸蓄电池**。铅酸蓄电池视使用场地，又可分为固定式，和移动式两大类。

凡需要较大功率，并有充电设施，可以使电池长期循环使用的地方，均可采用蓄电池。铅酸蓄电池价格较廉，原材料容易取得。但维护手续多，而且比能量低。碱性蓄电池，维护容易，寿命较长，结构坚固，不易损坏。但价格昂贵，制造工艺复杂。

为了确保党和国家通信需要，为了适应国防事业、工农业生产的发展，经济文化交流，及满足人民生活的需要，邮电通

信工作，必须做到迅速、准确、安全、方便，为此，必须具有可靠和良好的电源设备。

蓄电池则是最优良的直流电源，它无脉动成份，在市电不可靠的局站，利用固定型铅酸电池，能向通信机械提供稳定的直流电能。在市电可靠的地区，与整流设备联合运用，可减少整流设备向通信机械输出脉动成份，提高通信质量。中小型发电机组，汽车和摩托车，都需采用移动式蓄电池作为起动点火电源。邮件转运的机械，和电瓶车也用蓄电池作为动力电源。因此，蓄电池是邮电通信的重要电源设备。

正确地使用和维护蓄电池设备，在确保通信畅通，提高通信质量上是很重要的，不仅对保证通信的安全可靠，而且对于蓄电池的使用寿命都有直接影响，因此我们必须认真学习电池维护技术，在实际工作中不断摸索维护规律，及时总结维护经验，使蓄电池和其它通信电源设备，经常保持良好状态，以提高通信质量，为实现四个现代化服务。

世界上最早的铅酸电池是1860年左右制成的，经历了许多年的改制，直到1880年以后，才得到广泛应用。为了克服铅酸电池的某些缺点，人们也在同时，注意到了碱性电解液的应用。直到20世纪初，制造出和我们现在所看到的大致相同的酸性和碱性电池。

在相当长的时期内，蓄电池的基本构成，并没有发生重大变化，只是在电气特性、制造工艺和使用专业化等方面不断地改进发展。

目前，世界工业发达的国家，不仅使在固定型铅酸蓄电池的制造上达到了大容量，而且在性能上，做到了防酸、隔爆、消氢、耐腐蚀和长寿命。在移动式电池制造方面，则以无人维护电池的研制为方向，进行了大量的工作。

新的化学电源，发展的动态是开展如下述若干类电池的研制工作：

1. 贮备电池

由于科学技术发展的需要，要求贮备期长，而在需要时，又能立即供电的电源。一般的原电池和蓄电池的贮存寿命都不能符合要求，于是发展了**贮备电池**（或称**自动激活电池**）。通常分为两种类型：一种是把电池的电解质，用另一容器贮存，不与电极接触，在需要时才借激活机构，把电解质充入电池而活化。另一种是采用固体盐类为电解质，常温下没有离子，在需要时加热到数百度高温，电解质即熔融而使电池活化，故又称**热电池**。这两种电池均可长期贮备，并可于短时间内立即大功率供电。如在军事上用于发射导弹的电源、炮弹引信、鱼雷动力，以及其它备用军事装备上。

2. 燃料电池

无论原电池或蓄电池，其活性物质，按容量大小，在制造时，即已固定于电池中。要增大容量，电池的重量和体积必须成比例地增加。因此，在大功率长时间供电的场合就过大过重，不符合实际使用的要求。而燃料电池只是一个换能装置，体积和重量是固定的，需要长时间供电时，只需增大燃料容器，增加燃料重量就可以了。此外，尚有转换效率高，无噪音，不排出有害气体等优点。目前较成熟的有：氢氧、肼空气、甲醇空气、肼过氧化氢等燃料电池，所用的电解质有氢氧化钾、磷酸、硫酸或离子交换膜等。

在新的高能电源方面，具有更轻、体积更小、寿命更长的电池有：

1. 锂有机电解质或非水无机电解质电池，所用电解质如锂氟化镍、锂氯化铜。

2. 高温熔盐电解质电池，如电解质用锂氯、锂硫、氢氧化铜等。

3. 固体电解质电池，如电解质用钠-硫，以及以 β -氧化铝。

化学电源是通信技术以及其他电子技术均不可少的电源之一，目前发展很快。本书为适应邮电中等专业教学的需要，系统地介绍了化学电源的有关基本知识，重点论述了典型的化学电源——铅酸蓄电池，最后也介绍各种新型化学电源及其发展，以供参考。

第一篇 化学基础知识

第一章 原子结构与分子形成

内容提要 本章简略地介绍了原子结构模型，阐述了原子核外电子运动状态和分布规律，介绍了元素性质周期性变化的规律和电子壳层结构的关系。本章还在原子结构的基础上，介绍了分子形成过程以及分子结构和物质性质之间的关系，还讨论了两种类型的化学键，即离子键与共价键。

第一节 原子结构

人类在长期的生产斗争和科学实验的实践中，至今已发现了一百零七种元素。由这些元素的原子按照一定的组成和结构形成了数百万种单质和化合物，构成了物质世界。各种物质的性质虽然各不相同，但它们之间却存在规律性的联系。为什么它们会有不同的性质？为什么彼此之间性质有差别而又有规律性的联系呢？其内在原因在那里？因此，我们必须深入研究物质内部的结构。

物质由分子组成，分子又由原子组成，原子还可以分割为各种**基本粒子**。辩证唯物主义认为：物质是无限可分的。伟大的导师列宁，曾经提出过：“电子也是不可穷尽的”这句名言。

原子是非常小的，它的直径数量级为 10^{-8} 厘米。我们如果把一亿个原子排成一行，它的总长度也只是一厘米左右，所以要直接观察原子内部的结构是很困难的。

一、原子结构

科学家们在实验的基础上，提出了原子结构模型理论，要点如下：

1. 每个原子的中心有一个带正电荷的原子核，核外有许多电子绕核旋转。原子核体积很小，它的直径约为 $10^{-13} \sim 10^{-12}$ 厘米。核外的电子主要由电磁力的作用和原子的核结合在一个原子核里。

2. 原子核所带的正电荷量与核外电子所带的负电荷总量相等，所以，整个原子是电中性的。电子所带电荷为一切电量的最小单位，以此作为电量单位，则核电荷的数值就等于核外电子的数目，这个数字也就是一种元素的“原子序数”。

3. 由于电子的质量很小，因此原子的质量几乎都集中在原子核上。

原子核又是怎样组成的呢？科学家们经过实验探讨，发现原子核是由称为“质子”和“中子”的粒子——“核子”所组成的。原子核所带的正电，实际上是质子所具有的。每一个质子所带的正电荷量，数值上恰好等于每一个电子所带的负电荷量。“中子”的质量与质子质量大约相等，但不带电荷。原子核里中子的数目等于这种元素的原子量减去原子核里的质子数。原子核虽然十分微小，但是也有十分复杂的结构，由强大的“核力”将电性相同的质子以及中性的中子紧紧结合在一起。

二、原子核外电子的运动状态

电子在原子核外运动的情况是比较复杂的。电子的质量很小,只有一个氢原子的 $1/1840$,运动速度很快(接近光速),具有一定的能量。从它呈现具有一定质量、电荷等等的凝聚性个体的性质说,它是“粒子”;但是它的运动特性又和光一样,具有波动的性质。电子的这种性质称为“**波粒二象性**”。这是一切微观粒子的共同本质。

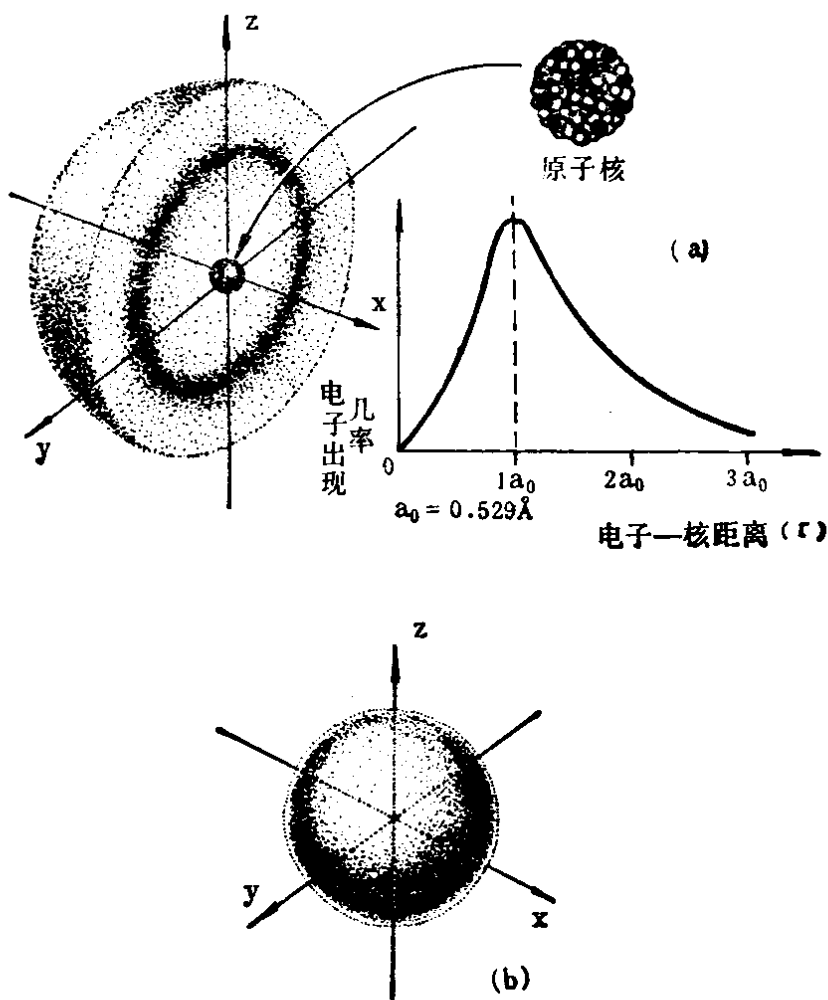
1. 电子云的概念

电子绕核运动时,由于转动具有的能量和电子间的排斥而有离开核的倾向,另一方面又由于电磁力的作用,受核的正电荷吸引,有靠近核的倾向,由于这种排斥和吸引的对立的统一,就使电子只在原子核周围的空间区域里运动。然而由于电子运动的呈现的微观粒子的特殊性,我们不能沿用经典力学的方法描述电子的运动状态。在此条件下,只能用统计物理学的方法了解一个电子在原子内空间某个区域出现的机会有多大,用数学语言说就是电子出现的**几率**。如果用直观的方法画出图来,以小黑点的多少来表示电子在核外各处出现的几率,黑点多的地方就是电子出现几率大的地方;黑点少的地方就是出现几率小的地方。用这样的方法所描述的电子在原子核外出现的几率分布,平均看好象环绕原子核的云层,称为**电子云**。黑点比较密集的区域,表示电子云的密度较大;相反,黑点稀疏处,则表示密度较小。

图1-1(a)是氢原子内的球形电子云(1s电子)的一个切面。从图上可以看出:如果考虑半径为 r ,厚度为 dr 的球形薄壳中的电子出现的几率,则半径为 $r = 0.0529$ 纳米 = 0.529 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-8}$ 厘米 = 0.1 纳米 = 10^{-10} 米)的球形薄壳中电子

出现几率最大〔如图1-1(a)所示曲线即沿电子云半径上电子出现几率。横轴以 a_0 为单位，即 0.529Å ，亦称“波尔半径”〕。

在离核很远或很近处也有电子出现的可能，但实际上在这些地方电子出现的几率是极微小的。因此，可以把电子出现几率相等的点连接起来，作为电子云的界面。若选定一个界面，使界面内电子出现的几率很大，界面外出现的几率很小。这个界面包括的空间范围，也称为原子轨道。这个“轨道”只表示



• 注：图1-1(a)中标注“原子核”处所绘为原子核之示意图，并非氢原子核。坐标原点之黑球仅表示原子核之位置，并非真实大小。

图 1-1 氢原子电子云

电子运动的空间范围，所以与宏观物体运动的轨道有完全不同的含义。基态氢原子的原子轨道（电子云最大几率界面）为一个球面（如图1-1〔a〕）。原子的核外电子，随其运动能量的不同，而呈现不同形状的电子云。（这里所介绍的氢原子的电子云称为“1s电子云”，下一小节另作介绍）。

2. 原子光谱与原子的能级

当以火焰、电弧、电火花等方法灼热气体或蒸汽，或在充气的放电管中放电，就能使原子受到激发而发出不同波长的光线。利用棱镜分光镜就可以把它们分成一系列按照波长长短的次序排列的线条，这些线条叫**谱线**，光谱是这些谱线的总称。原子光谱是由许多分离的谱线组成的，称为**线状光谱**。

氢原子光谱是最简单的一种，它在可见光范围之内，有较明显的五根谱线， H_{α} 、 H_{β} 、 H_{γ} 、 H_{δ} 、 H_{ϵ} 。如图1-2所示。

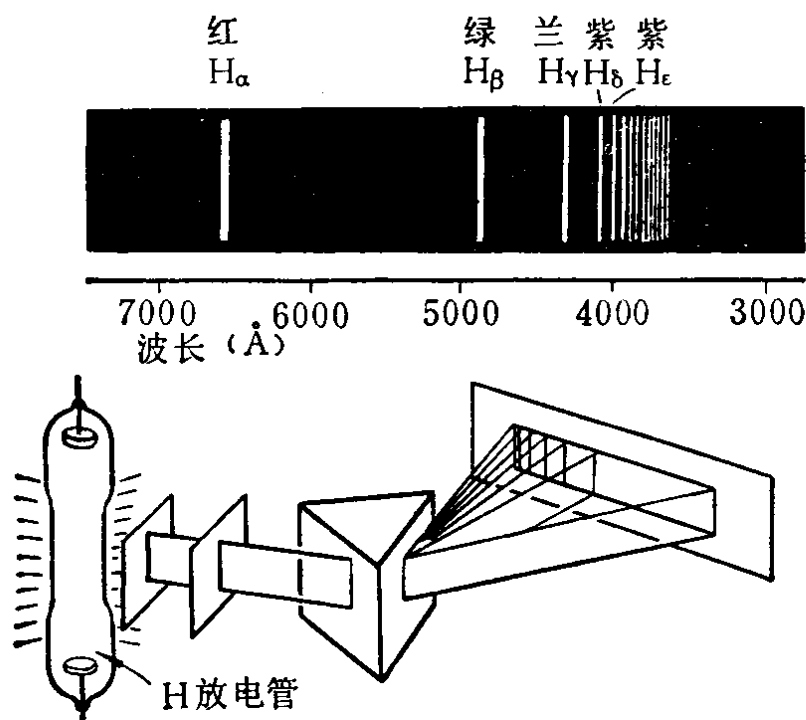


图 1-2 氢原子的可见光谱

氢原子线状光谱的产生决定于氢原子的结构。氢原子核外只有一个电子，在正常情况下它在离核最近，能量最低的电子层上运动，并无光能放出，此时原子处于基态。但当原子吸收外界能量(例如灼热、放电)时，电子就被“激发”到离核较远，能量较高的电子层上去，称为跃迁。此时原子处于“激发态”。原子吸收能量过多时，电子即有可能脱离原子范围。“激发态”的原子很不稳定，其电子有回到“基态”的倾向。当电子从较高层跳回最低层时，同时放出光能，得到一定波长的光线。这说明电子处于不同电子层时，所具有的能量值是一级一级分开的。这种一级一级分开的能量值叫做原子的能级。电子层离核越近，能级越低，离核越远，能级越高。原子的能级或电子的

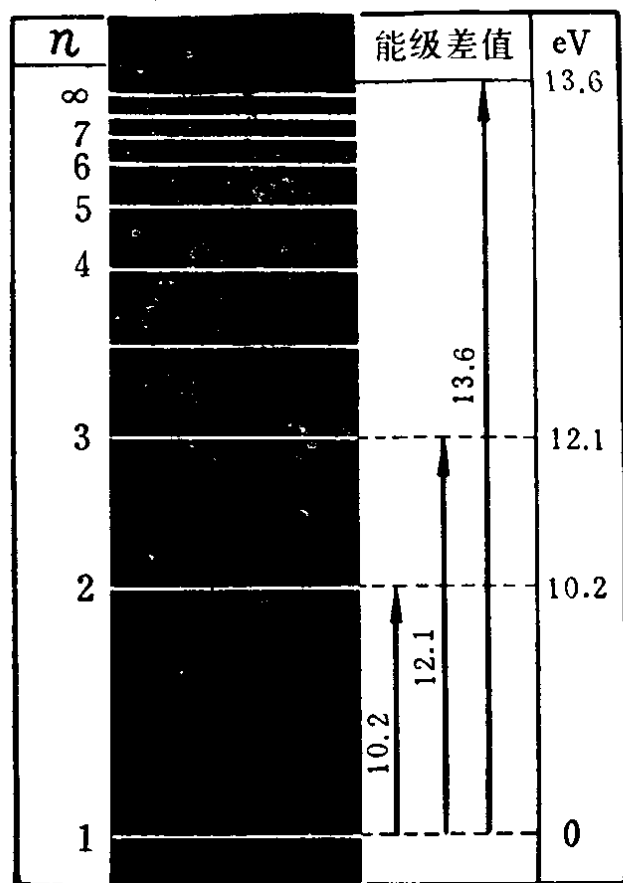


图 1-3 氢原子的能级结构

能量，通常以**电子伏特**为量度的单位，以 eV 表示。1个“电子伏特”为一个电子通过电势差为1伏特的电场时所获得的能量。 $1eV = 1.602 \times 10^{-12}$ 尔格。

氢原子的能级分档情况如图1-3所示，图中氢原子最低的能级一称为**基态**，其余的能级二、三、四……等称为**高能级**（或称为**激发态**）。在图中基态的能量值记为“0”，这并不是说处于基态原子内能为0，而是说由于电子运动状态的变化引起的原子内能的变化是从这里算起的，比如说：电子在第二能级时，它的能量比在基态时高出10.2电子伏特。

3. 电子层和电子亚层

所谓**电子层**是按电子出现几率最大的地方和离核的远近来划分的，可以依次用第一层、第二层……等号码来表示，第一层上电子能级最低，随着层数的增加，电子能级由低到高。这些电子层也可用K、L、M、N、O、P、Q等字母来表示。

从更精细地研究各种元素的原子光谱，并比较它们的化学性质发现，同一电子层的各个电子所处的能级又彼此有所差别。根据这些事实各个电子所处的能级的不同又可划为许多**亚层**，分别用 s 、 p 、 d 、 f 等符号表示，同一电子层的能级高低顺序是： $s < p < d < f$ 。

各亚层之间不仅电子能量有差别，而且电子云的形状也不同。例如 s 层电子云呈球形， p 层电子云呈 ∞ 型，如图1-4所示。第一电子层只有 s 亚层。第二电子层有 s 亚层和 p 亚层，共两个亚层。第三电子层又多一个 d 亚层，共三个亚层，第四电子层又多一个 f 亚层，共四个亚层。为区别各电子层的亚层，把它们所属的电子层号数加在前面，例如： $1s$ 、 $2s$ 、 $3s$ 、 $4s$ 、 $5s$ 、 $6s$ 、 $7s$ ； $2p$ 、 $3p$ 、 $4p$ 、 $5p$ 、 $6p$ ； $3d$ 、 $4d$ 、 $5d$ 、 $6d$ ； $4f$ 、 $5f$ 。

s 电子云对原子核是呈球形对称的，即在空间各个方向上