

低温镀铁

Di ○○○○○○○○

WEN ○○○○○○○○

DU ○○○○○○○○

LIE ○○○○○○○○

四川人民出版社

低 温 镀 铁

四川省农业机械管理局编

表 华 刘其则
杨孟坚 唐修佑 等执笔

四 川 人 民 出 版 社
一九八一年·成都

责任编辑：崔泽海
封面设计：张仁华

低温镀铁

四川省农业机械管理局

四川人民出版社出版
四川省新华书店发行

(成都盐道街三号)
渡口新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张9.625 插页2 字数205千
1981年12月第一版 1981年12月第一次印刷
印数：1—1,500册

书号：13118·61

定价：0.84元

前 言

低温镀铁是近几年来发展起来的一项新工艺，它具有沉积速度快、镀层硬度高、配方简单、投资小、成本低和污染轻等优点，在修复电镀中大有取代镀铬的趋势。一九七八年，国家计委已将这一新工艺列为国家重点科研推广项目，现已广泛应用于农业机械、船舶车辆、冶金矿山、军工轻化等各个方面的机械修复，深受广大用户欢迎。为了更好地推广这一新工艺，在农机部的指导下，我局委托成都农机学院、成都科技大学和四川师范学院等单位的科技人员，在广泛调查研究和总结生产实践经验的基础上，编写了本书。

本书以农机部在我省举办的二期全国低温镀铁训练班教材为基础，以四川省数十个农机修理厂的不对称交直流低温镀铁的成功经验为主要依据，学习参考外省市的先进经验编写出来的。在内容上重视了必须的化学、电化学和电子学的基础知识，特别注意了总结四川镀铁工艺的经验，反映科研成果。

在文字叙述方面，力求通俗易懂，深入浅出。此书为初中文化程度以上工人用书，也可作为有关技术人员参考。

参加本书编写工作的有成都科技大学刘其则同志（一章）、四川师范学院表华同志（二章）、成都农机学院杨孟坚副教授（三、四章）、成都农机学院唐修佑同志（五——十章）、会理县科委黄永泉同志参加部分附录编写工作。初稿写成后，又由我局和四川人民出版社召开会议，邀请了省柴油机修理

厂、会理县农机厂、简阳县农机厂、简阳机械厂、崇庆县农机厂、江油农机厂等单位的技术人员和有经验的老工人，对书稿进行集体审查。最后由四川师范学院罗忠鉴副教授和袁华同志定稿。

鉴于低温镀铁这一新工艺正在发展和完善过程之中，不少技术和理论问题还有待进一步实践、认识，加之作者水平有限，书中定有不少缺点错误，敬请读者批评指正。

编者

一九八一年二月

概 述

任何机器在使用过程中，相互摩擦的零件都要遭到磨损。随着零件磨损量的增加，机器会逐渐丧失工作能力而无法使用。若能及时修复磨损零件，这对保障机器正常工作、延长使用寿命，都具有重大的意义。

零件修复的方法很多，常见的有金属喷镀、振动堆焊、埋弧堆焊、氧—乙炔焰喷涂及喷焊、等离子喷涂及喷焊和电镀等。各工艺都有本身的优点和适用范围。采用电镀工艺的优点是设备比较简单、操作比较容易，同时被镀零件没有明显形变和基体材料组织不会发生明显变化。

过去用电镀修复磨损零件多采用镀铬工艺，虽然镀铬层硬度高，与基体结合力好，但是存在工艺毒性大、成本高、原料困难等问题，这在大量修复中推广使用比较困难。

目前，我国在学习外国先进经验基础上，试验并推广了一种新型的镀铁工艺，使一百多年前发展起来的镀铁工艺进入了新的阶段。新工艺在交通、农业机械、设备维修等行业中，广泛用来修复铸铁、碳钢、合金钢、铝合金等材质的轴类、孔类以及平面类零件。

现在推广的镀铁工艺是一项新型电镀修复工艺。它是在 $20\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的氯化亚铁电解液中，以低碳钢为阳极、被镀零件为阴极，依次通过不对称交流电和直流电，使镀件表面牢固地沉积一层与基体结合良好、硬度较高的纯铁层，以恢复磨损零件的使用尺寸。这种工艺具有沉积速度快、电流效率

高、材料来源充足、成本低、污染小等优点。

新型镀铁工艺在生产中虽然已显示出强大的生命力，但仍存在一些问题，还待进一步研究解决。本书试图从理论和实践方面较为通俗、细致地对此工艺进行讨论，以便广大技术人员和工人易于掌握和运用。

目 录

概 述	1
第一章 化学知识	1
第一节 原子结构和周期律	2
第二节 分子结构	13
第三节 酸、碱、盐和氧化物	16
第四节 水和水溶液	27
第五节 电解质溶液	34
第二章 电化学知识	44
第一节 电解质溶液的导电性	44
第二节 法拉弟电解定律	51
第三节 电极电位和电池电动势	55
第四节 电极过程	66
第三章 不对称交流——直流镀铁电源	77
第一节 概述	77
第二节 可控硅	78
第三节 硅可控的触发电路	85
第四节 主电路	97

第五节	典型的不对称交流——直流镀铁	
	电源分析·····	110
第六节	具反向脉冲的镀铁电源简介·····	127
第四章	不对称交流——直流镀铁电源的	
	使用及维护·····	131
第五章	镀铁原理·····	145
第一节	镀铁原理·····	145
第二节	直流镀铁·····	149
第三节	不对称交流电镀铁原理·····	152
第六章	镀铁电解液·····	157
第一节	氯化亚铁电解液配制方法·····	157
第二节	镀铁电解液的化学分析·····	168
第七章	零件镀前准备·····	201
第一节	零件机械加工准备·····	201
第二节	除油处理·····	202
第三节	除锈·····	207
第四节	装挂与绝缘·····	210
第五节	阳极刻蚀·····	215
第八章	镀铁·····	221
第一节	侵蚀·····	221
第二节	镀铁·····	221
第三节	镀后处理·····	231

第四节	几种典型零件的镀铁修复·····	232
第九章	镀铁层的性能及其影响因素·····	241
第一节	镀铁层的机械性能·····	241
第二节	电镀规范对镀层性能的影响·····	248
第三节	电流波形的影响·····	253
第四节	电解液含杂质的影响及电解液的维护·····	261
第五节	镀层常见缺陷及排除方法·····	270
第十章	镀铁工艺规范·····	272
第一节	低温镀铁工艺过程及规范·····	272
第二节	镀铁电解液·····	282
第三节	电源的正确使用·····	283
第十一章	安全技术·····	286

附表

表 1	表面积计算
表 2	导线的有关数据
表 3	常用绝缘材料的电阻率 ρ (欧姆/厘米 ³)
表 4	盐酸比重与浓度的关系
表 5	硫酸比重与浓度的关系
表 6	常见电解质的电离度
表 7	常用金属电化学当量
表 8	25℃时在水中某些电极标准电极电位
表 9	镀铁常用材料的性质和用途

第一章 化学知识

自然界是由物质构成的。我们见到的水、空气、钢铁、酸、碱等等都是物质。一切物质都在不停的运动着。这种物质运动和变化的表现称为物质的性质。物质的性质又分为物理性质和化学性质。研究物质及其化学变化规律的科学叫做化学。

物质是可分的。组成物质的小微粒叫原子。原子又可分为原子核和绕核高速运转的电子。原子核又由中子和质子组成。中子和质子的质量都约等于一个氢原子的质量。质子带有一个单位的正电荷，中子不带电荷。电子带一个单位的负电荷，质量很轻，是中子或质子质量的 $1/1840$ 。可以认为原子质量主要集中在核上。

不同原子的核内质子数和核外电子数是不相同的，但同一原子内质子数等于核外电子数。原子不带电性。

在化学上将电荷数相同的一类原子总称为元素。自然界的物质有几百万种，但构成这些物质的元素至今只发现 107 种。按其性质可以分为金属元素和非金属元素两大类。

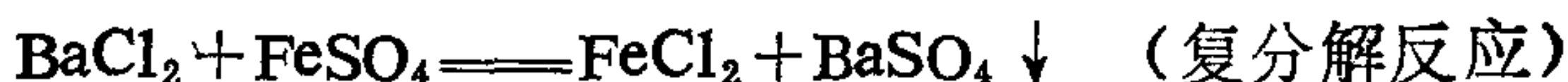
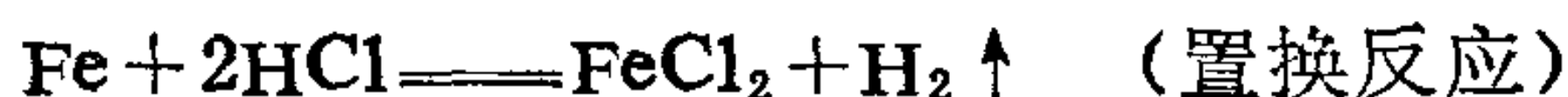
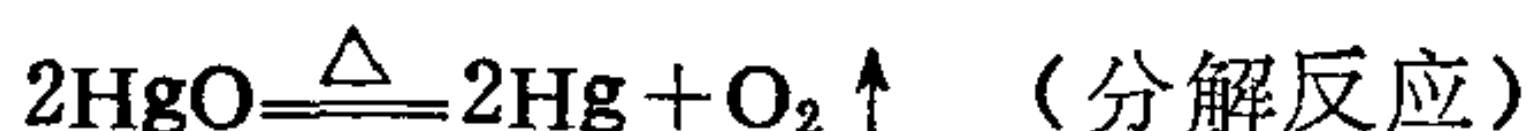
原子虽小，但有一定质量。如以克为单位，一个 $^{12}_6\text{C}$ 的质量等于 2.0076×10^{-24} 克。由于该量太小，既称不出更称不准。所以提出一个新的物理量——原子量。国际上把 $^{12}_6\text{C}$ 的质量规定为 12 作为标准，其它原子的质量跟它相比较所得的数值，称为该原子的原子量。

化学上用分子式表示不同的物质。分子式是用元素符号

表示物质分子的式子。分子式是通过实验测定，不能主观臆造。一个分子中各原子的原子量的总和就是分子量。

在化学反应中，虽然物质变成了别的物质，但反应前后原子的总数不变，因此参加反应前的物质总重量等于反应后各物质的总重量，这叫物质不灭定律。根据这个定律和反应物和生成物的组成，即可正确地书写出化学反应方程式。

化学反应是多种多样的，基本类型分为四种，如：



以上是初中化学的主要内容。在此基础上，根据电镀工艺的需要，将深入学习一些化学知识。

第一节 原子结构和周期律

我们已经知道，原子由带正电荷的原子核和核外作高速运动并带负电荷的电子组成。在通常情况下，原子核不参与物质的化学运动。在化学变化中，实质上只是核外电子运动状态发生了变化。所以，研究核外电子运动的规律就成了化学中的重要课题。

一、核外电子运动的特性

电子是组成原子的基本微粒。这些基本微粒的运动区别于宏观物体的运动。

人造地球卫星在空间运动，有确定的轨道。在确定的时

间可以观察卫星的位置。而电子、中子、质子等不遵循上述宏观物体运动的规律，有其特殊性。它们的运动状态，在确定时间内的准确位置难以确定。

二、电子云

微观粒子运动状态的描述，只能用统计学的方法去认识。例如，氢原子是一个带正电荷的原子核和核外一个电子组成，如图 1-1 所示。

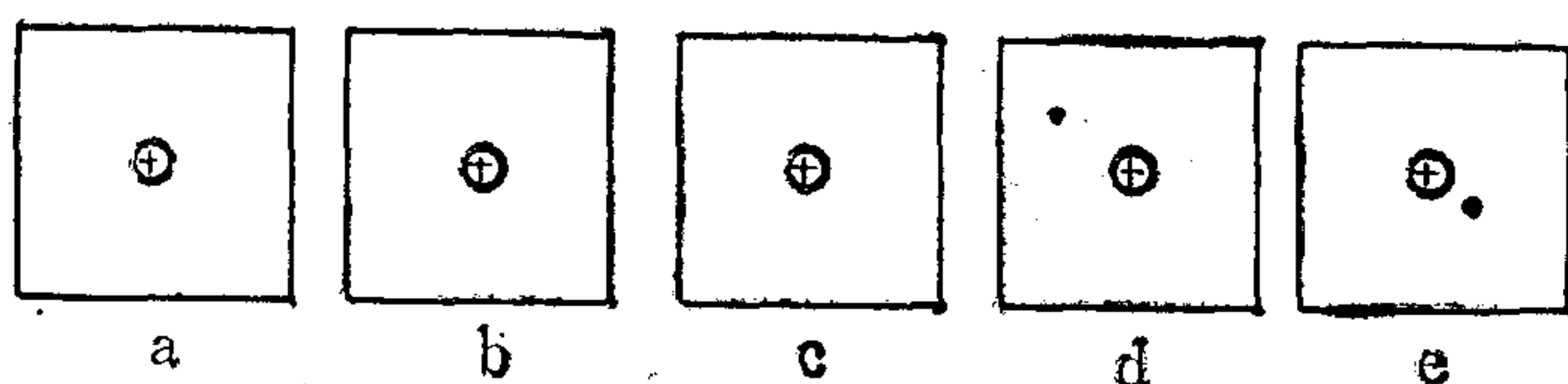


图 1—1

如果我们对这个氢原子照上千万张照片，并将照片进行重叠，可以发现一个有趣的现象，如图 1-2 所示。

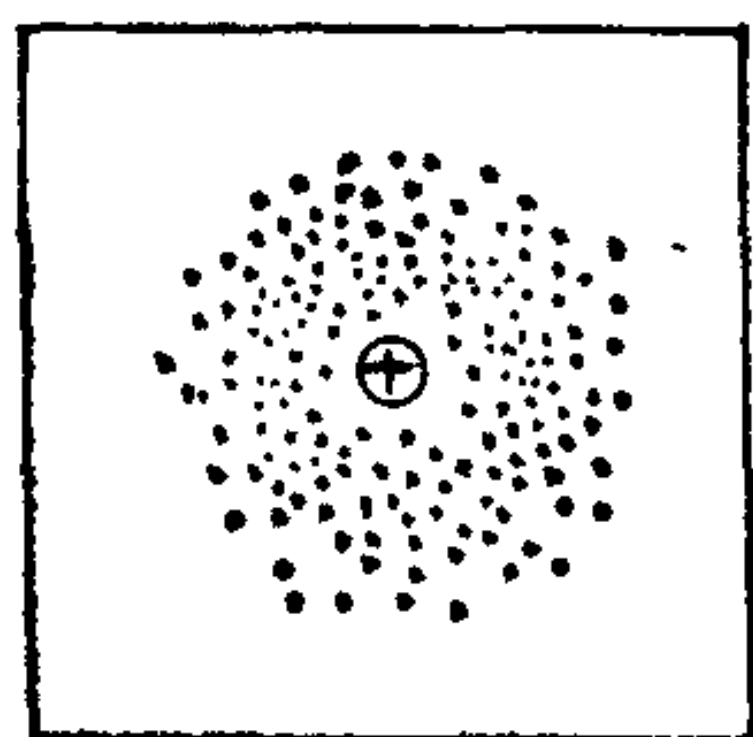


图 1—2

这样的结果是，电子好象在核外空间一个球形区域里出现。这种运动的规律是：核外电子绕核高速运动的结果，好象形成了一团带负电的云把原子核包围起来。我们把这个统计结果叫做电子云。以上电子云是一个球形对称的电子云（称为 S 电子云）。图形中电子云密度大的地方电子出现的几率就大。

对多电子的原子来说，核外各电子的运动状况不同，都有其自身的电子云，他们在空间的图象也不同，如图 1-3。

三、量子数

电子云在空间的运动状态和图形、空间方向和能量等等

问题，在量子力学中是用四个参数（即量子数）来描述的。

1. 主量子数 n ：

主量子数代表着电子在空间的有效体积。 n 值增大，表明电子的能级或主能级层的能量的增大，也代表电子离核的平均距离增大。 n 值都是正整数，可以由 1 到 ∞ 。 $n=1$ 代表离核最近、能量最低的主能级层（又称为电子层）， $n=2$ 代表离核次近的主能级层……等等。主

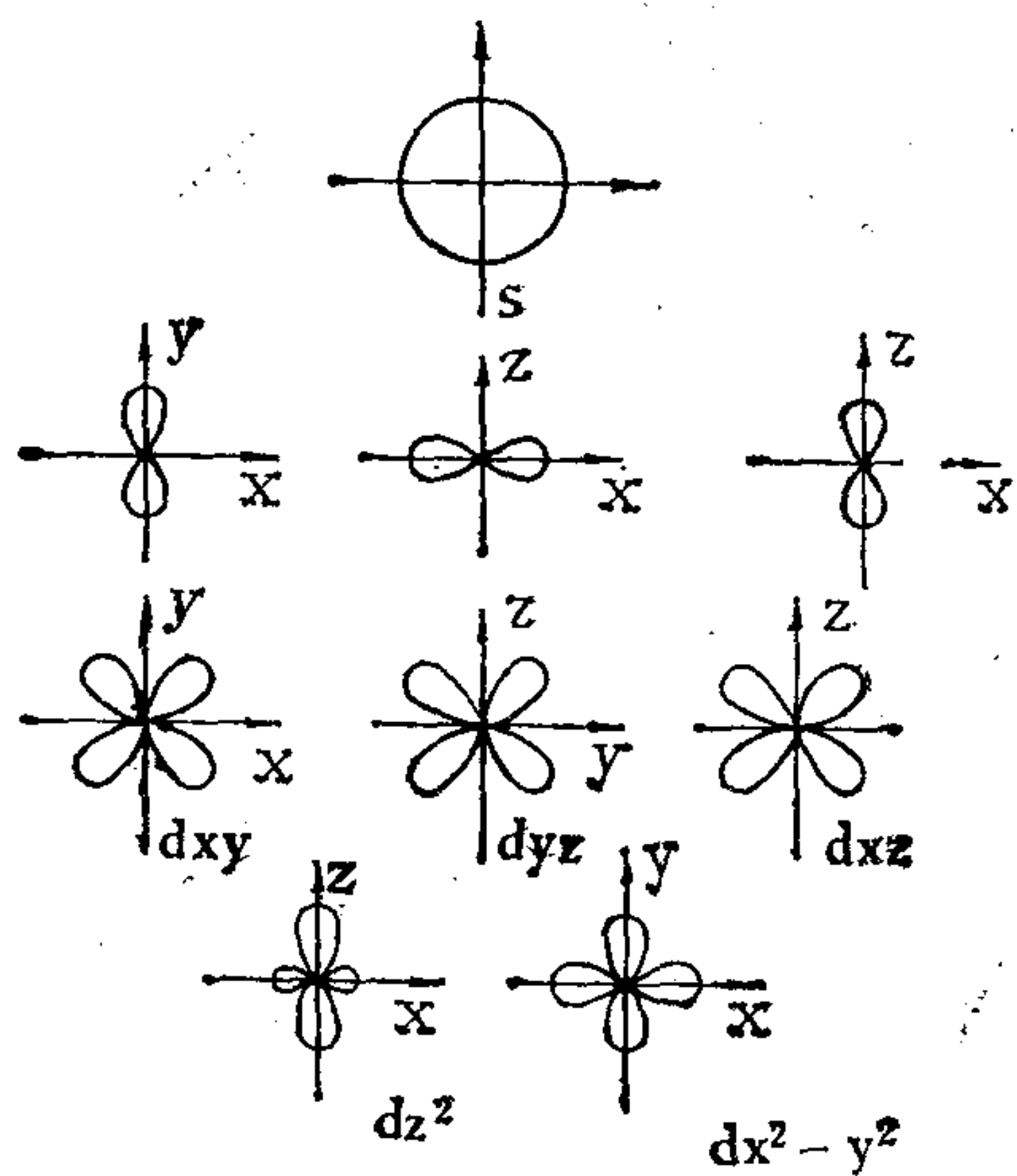


图1—3 Spd 态电子云

量子数也常用大写拉丁字母 K、L、M、N……代表。

主 量 子 数	1	2	3	4	……
代 表 字 母	K	L	M	N	……

2. 角量子数 l ：又叫副量子数，每一主能层又由几个分能层组成，角量子数 l 标志着分能层，它代表着电子的角动量大小和电子运行轨道的形状（原子轨道）。角量子数的值可以由 0、1、2 直到 $n-1$ 的正整数。 $n=1$ 时， l 允许值为 0，K 层只有一个分层。 $n=2$ 时， l 允许取 0、1 两个值，即 $l=0$ ， $l=1$ 。 l 层有两个分层。 $l=0$ 的原子轨道为 s 轨道，形状是球形对称。 $l=1$ 的原子轨道为 p 轨道，形状是无柄哑铃形。 $l=2$ 的原子轨道为 d 轨道，形状是四梅花瓣形……

3. 磁量子数 m : 每一个分层由一个或几个原子轨道组成。每个分层的原子轨道用磁量子数 m 表示。它表示原子轨道在空间伸展的方向。一个分层中有几个允许的磁量子数, 这个分层中就有几个不同方向的同类型原子轨道。磁量子数的值是 L 到 $-L$ 的所有整数值 (包括 0)。 $l=0$, m 只有一个值 $m=0$, 即 s 分层只有一个原子轨道。 $l=1$, m 可取 $+1, 0, -1$, p 分层中即有三个原子轨道 (n_x, p_y, p_z)……

三种量子数之间的关系归纳如下:

主量子数 (主层) n	角量子数 (分层) l	分层的 符 号	磁 量 子 数 (原 子 轨 道) m	分轨道中的 原子轨道数	主层中的原 子轨道总数
1或 k	0	1s	0	1	1
	1	2p	+1, 0, -1	3	4
3m	0	3s		1	9
	1	3p	+1, 0, -1	3	
	2	3d	+2, +1, 0, -1, -2	5	
4	0	4s	0	1	16
	1	4p	+1, 0, -1	3	
	2	4d	+2, +1, 0, -1, -2	5	
	3	4f	+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3	7	

总的说来, n 值增大, 能量增高, $n=1$ 的 K 比 $n=2$ 的 L 层能量低; $n=3$ 的能量又比 $n=2$ 的能量高。但在多电子的原子中, 不但有原子核对电子的吸引, 还有电子和电子之间的相互排斥。这种共同作用的结果, 形成所谓的穿透效应和屏蔽作用, 使不同运动状态的电子相互影响。总的作用的结果, 能量大小的顺序为:

$$n \text{ 相同时, } ns < np < nd < nf$$

穿透作用的结果，形成所谓“能级交错”如：

$$4s < 3d < 4p$$

因此排列出原子轨道的近似能级图。

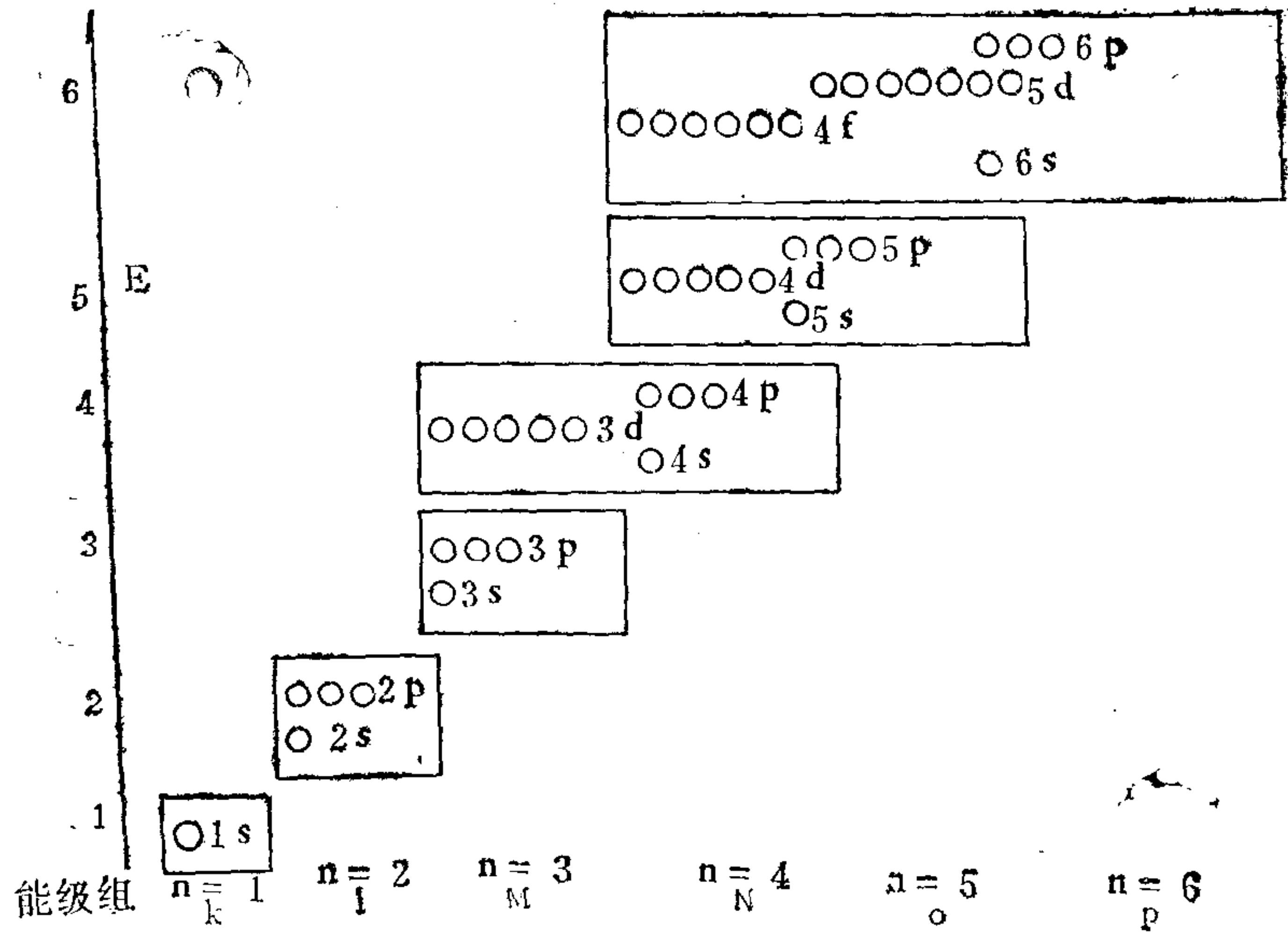


图 1-4 原子轨道近似能级图

图中小圆圈代表原子轨道。s 分层只有一个圈，表示只有一个原子轨道。p 分层有三个圈，表示有三个原子轨道……。

图中依各原子轨道能量高低，用实线方框划出能量相近的若干能级组，例如 1s, 2s, 2p; 3s, 3p; 4s, 3d, 4p, ……。这种能级组的划分造成元素能够划分为周期的本质。

4. 自旋量子数 m_s ：这是描述轨道电子特征的量子数。电

子除高速在核外空间运转之外，也还自旋运动。电子具有两种不同方向的自旋，即顺时针和逆时针方向的自旋。因此，自旋量子数有两个值，即 $+\frac{1}{2}$ 和 $-\frac{1}{2}$ 。通常用向上（正方向自旋）和向下（逆方向自旋）的箭头来表示。

在原子中每一个电子的运动状态、能量、运动方向和电子自旋方向由四个量子数（即 n 、 l 、 m 、 m_s ）确定。而且，在任何一个原子中不允许两个电子有四个量子数都相同的取值。这个原则称为保里不相容原理。这个原理规定了在任意原子轨道中可以容纳两个电子、但这两个电子自旋必须相反。

由保里原理可以得出，每一主能层上容纳的最多电子数为 $2n^2$ 。

主 量 子 数	1	2	3	4	… …	n
主 层 轨 道 总 数	1	4	9	16	… …	n^2
主层最多容纳电子数	2	8	18	32	… …	$2n^2$

上列表的规律为电子层最大容量原理。

四、原子的电子层结构和周期律

（一）核外电子的排布

各元素的原子中，核外电子的排布不是任意的。它将遵循以下几个规则进行排布：

能量最低原理：电子充填到原子轨道中，将尽可能地进入低能量的轨道中去。

在每个原子轨道中能容纳两个电子，但这两个电子的自