

# 名 词 目 录

## 一、等 离 子 体

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 等离子体 plasma .....                    | 1 |
| 热核等离子体 thermal nuclear plasma .....  | 2 |
| 静等离子体 quiescent plasma .....         | 2 |
| 磁化等离子体 magnetized plasma .....       | 2 |
| 相对论等离子体 relativistic plasma .....    | 3 |
| 电弧[放电]等离子体 arc plasma .....          | 3 |
| 非中性等离子体 non-neutral plasma .....     | 3 |
| 洛伦兹气体 Lorentz gas .....              | 3 |
| 各向同性等离子体 isotropic plasma .....      | 3 |
| 爆炸导线等离子体 exploding-wire plasma ..... | 3 |
| 简并等离子体 degenerate plasma .....       | 3 |
| 无碰撞等离子体 collisionless plasma .....   | 4 |
| 碰撞等离子体 collisional plasma .....      | 4 |
| 冷等离子体 cold plasma .....              | 4 |
| 合成等离子体 synthesis plasma .....        | 5 |
| 固态等离子体 solid state plasma .....      | 5 |
| 光学薄等离子体 optically thin plasma .....  | 5 |
| 电离气体 ionized gas .....               | 5 |
| 天体等离子体 astrophysical plasma .....    | 5 |
| 电离层等离子体 ionosphere plasma .....      | 6 |
| 磁层 magnetosphere .....               | 6 |
| 磁层顶 magnetopause .....               | 7 |
| 磁层等离子体 magnetospheric plasma .....   | 7 |
| 等离子体层顶 plasmopause .....             | 7 |
| 磁尾 magnetic tail .....               | 7 |
| 范艾伦带 Van Allen belt .....            | 7 |

|                    |   |
|--------------------|---|
| 太阳风 solar wind     | 8 |
| 弓激波 bow shock wave | 8 |

## 二、等离子体一般性质

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 光学厚度 optical thickness                      | 8  |
| 双麦克斯韦分布 bi-Maxwellian distribution          | 8  |
| 约化分布函数 reduced distribution function        | 9  |
| 损失锥 loss-cone                               | 9  |
| 逃逸锥 escape cone                             | 10 |
| 损失锥分布 loss-cone distribution                | 10 |
| 等离子体的热力学平衡 plasma thermodynamic equilibrium | 10 |
| 局部热平衡 local thermal equilibrium             | 10 |
| 德拜屏蔽效应 Debye shielding effect               | 11 |
| 德拜长度 Debye length                           | 12 |
| 集体现象 collective phenomenon                  | 12 |
| 合作现象 cooperative phenomenon                 | 12 |
| 等离子体频率 plasma frequency                     | 13 |
| 离子等离子体频率 ion plasma frequency               | 13 |
| 等离子体鞘 plasma sheath                         | 13 |
| 自洽场 self-consistent field                   | 13 |
| 箍缩效应 pinch effect                           | 14 |
| 逆磁漂移 diamagnetic drift                      | 14 |
| 逆磁电流 diamagnetic current                    | 14 |
| 等离子体的逆磁效应 diamagnetic effect of plasma      | 15 |
| 回旋频率 cyclotron frequency                    | 15 |
| 拉摩频率 Larmor frequency                       | 15 |
| 拉摩半径 Larmor radius                          | 15 |
| 回旋半径 cyclotron radius                       | 15 |
| 有限拉摩半径效应 effect of finite Larmor radius     | 16 |
| 导向中心 guiding centre                         | 16 |
| 漂移近似 drift approximation                    | 16 |
| 导向中心近似 guiding centre approximation         | 17 |
| 绝热不变量 adiabatic invariant                   | 17 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 磁矩 magnetic moment .....                        | 17 |
| 纵向绝热不变量 longitudinal adiabatic invariant .....  | 17 |
| 共振粒子 resonant particle .....                    | 17 |
| 俘获粒子 trapped particle .....                     | 18 |
| 弹跳频率 bounce frequency .....                     | 18 |
| 逃逸电子 runaway electron .....                     | 18 |
| 试探粒子 test particle .....                        | 18 |
| 场粒子 field particle .....                        | 19 |
| 粒子轨道理论 particle orbit theory .....              | 19 |
| 单粒子模型 single particle model .....               | 19 |
| 磁场梯度漂移 gradient B drift .....                   | 19 |
| 曲率漂移 curvature drift .....                      | 19 |
| 广义力漂移 generalized force drift .....             | 20 |
| 电漂移 electric drift .....                        | 20 |
| 等离子体动力论 plasma kinetic theory .....             | 20 |
| BBGKY 链 BBGKY hierarchy .....                   | 20 |
| 动力方程 kinetic equation .....                     | 21 |
| 符拉索夫方程 Vlasov equation .....                    | 21 |
| 无碰撞动力方程 collisionless kinetic equation .....    | 21 |
| 朗道方程 Landau equation .....                      | 21 |
| 巴列斯库-勒纳方程 Balescu-Lenard equation .....         | 21 |
| 克利蒙托维奇-杜普里方程 Klimontovich-Dupree equation ..... | 21 |
| 磁流体动力学 magnetohydrodynamics (MHD) .....         | 22 |
| 广义欧姆定律 generalized Ohm's law .....              | 24 |
| 单流体理论 one fluid theory .....                    | 24 |
| 二流体模型 two-fluid model .....                     | 24 |
| 矩方程 moment equation .....                       | 24 |
| 磁雷诺数 magnetic Reynold's number .....            | 25 |
| 磁刚性 magnetic rigidity .....                     | 25 |
| 磁应力 magnetic stress .....                       | 25 |
| 磁应力张量 magnetic stress tensor .....              | 25 |
| 磁张力 magnetic tension .....                      | 25 |
| 磁压强 magnetic pressure .....                     | 25 |

|        |                                |    |
|--------|--------------------------------|----|
| 磁力线冻结  | frozen-in field line           | 26 |
| 双绝热理论  | double-adiabatic theory        | 26 |
| 双绝热近似  | double adiabatic approximation | 26 |
| CGL 方程 | Chew-Goldberger-Low equation   | 26 |
| 无规相位近似 | random phase approximation     | 27 |
| 等离子体模拟 | plasma simulation              | 27 |
| 磁岛     | magnetic island                | 27 |
| 漂浮电势   | floating potential             | 27 |

### 三、基本过程

|            |                                    |    |
|------------|------------------------------------|----|
| 电荷交换       | charge exchange                    | 28 |
| 电荷分离       | charge separation                  | 28 |
| 日冕模型       | corona model                       | 28 |
| 洛伦兹离解      | Lorentz dissociation               | 29 |
| 库仑碰撞       | Coulomb collision                  | 29 |
| 库仑散射角      | Coulomb scattering angle           | 29 |
| 小角[度]散射    | small angle scattering             | 29 |
| 库仑对数       | Coulomb logarithm                  | 29 |
| 电子-离子碰撞频率  | electron-ion collision frequency   | 30 |
| 离子-离子碰撞频率  | ion-ion collision frequency        | 30 |
| 弛豫时间       | relaxation time                    | 30 |
| 动力摩擦       | dynamic friction                   | 31 |
| 切伦科夫共振     | Cerenkov resonance                 | 31 |
| 回旋共振       | cyclotron resonance                | 31 |
| 波-粒子共振效应   | wave-particle resonant effect      | 32 |
| 等离子体辐射     | plasma radiation                   | 32 |
| 碰撞辐射等离子体模型 | collisional radiative plasma model | 32 |
| 轫致辐射       | bremsstrahlung                     | 32 |
| 切伦科夫辐射     | Cerenkov radiation                 | 32 |
| 回旋辐射       | cyclotron radiation                | 33 |
| 磁轫致辐射      | magnetic bremsstrahlung            | 34 |
| 同步辐射       | synchrotron radiation              | 34 |

#### 四、热核聚变原理与装置

|               |                                              |    |
|---------------|----------------------------------------------|----|
| 核聚变反应         | nuclear fusion reaction                      | 34 |
| 受控热核聚变        | controlled thermonuclear fusion              | 35 |
| 等离子体约束        | plasma confinement                           | 35 |
| 约束时间          | confinement time                             | 36 |
| 能量约束时间        | energy confinement time                      | 36 |
| 能量置换时间        | energy-replacement time                      | 36 |
| 能量损失时间        | energy-loss time                             | 36 |
| 劳逊判据          | Lawson criterion                             | 36 |
| 点火条件          | ignition condition                           | 37 |
| 等离子体的临界温度     | critical temperature of plasma               | 37 |
| 等离子体点火温度      | ignition temperature of plasma               | 38 |
| 热核装置          | thermonuclear machine(或thermonuclear device) | 38 |
| 静电约束          | electrostatic confinement                    | 38 |
| 磁约束           | magnetic confinement                         | 39 |
| 比压( $\beta$ ) | beta ratio                                   | 39 |
| 磁面            | magnetic surface                             | 39 |
| 磁位形           | magnetic configuration                       | 40 |
| 闭合磁位形         | closed magnetic configuration                | 40 |
| 开端磁位形         | open magnetic configuration                  | 40 |
| 混杂磁位形         | hybrid magnetic configuration                | 41 |
| 磁阱            | magnetic well                                | 41 |
| 平均磁阱          | average magnetic well                        | 41 |
| 非零最小 $B$ 场位形  | non-zero minimum- $B$ field configuration    | 41 |
| 平均最小 $B$ 位形   | averageminimum- $B$ configuration            | 42 |
| 极大 $J$ 条件     | maximum $J$ condition                        | 43 |
| 环形位形          | toroidal configuration                       | 43 |
| 反场位形          | reversed-field configuration                 | 43 |
| 纵横比           | aspect ratio                                 | 44 |
| 环向磁场          | toroidal magnetic field                      | 44 |
| 角向磁场          | poloidal magnetic field                      | 44 |
| 磁轴            | magnetic axis                                | 44 |

|        |                               |    |
|--------|-------------------------------|----|
| 旋转变换   | rotational transform          | 44 |
| 安全因子   | safety factor                 | 46 |
| 无理磁面   | irrational magnetic surface   | 47 |
| 有理磁面   | rational magnetic surface     | 47 |
| 磁力线的剪切 | shear of magnetic field lines | 48 |
| 剪切场    | shearing field                | 48 |
| 环效应    | toroidal effect               | 48 |
| 环向漂移   | toroidal drift                | 48 |
| 垂直场    | vertical field                | 48 |
| 无力场    | force-free field              | 48 |
| 无力等离子体 | force-free plasma             | 49 |
| 托卡马克   | tokamak                       | 49 |
| 仿星器位形  | stellarator configuration     | 50 |
| 高比压仿星器 | high-beta stellarator         | 50 |
| 多极位形   | multipole configuration       | 51 |
| 磁镜     | magnetic mirror               | 51 |
| 磁镜比    | mirror ratio                  | 51 |
| 磁镜位形   | magnetic mirror configuration | 51 |
| 磁镜装置   | magnetic mirror machine       | 52 |
| E-层    | E-layer                       | 52 |
| 终端损失   | end-loss                      | 52 |
| 高频堵漏   | high frequency plug           | 52 |
| 皱褶环    | bumpy torus                   | 53 |
| 会切位形   | cusp configuration            | 53 |
| 堵缝会切位形 | stuffed cusp configuration    | 54 |
| 磁笼     | magnetic trap                 | 54 |
| 磁瓶     | magnetic bottle               | 54 |
| 直线箍缩   | linear pinch                  | 55 |
| Z-箍缩   | Z-pinch                       | 55 |
| 角向箍缩   | theta pinch                   | 55 |
| 硬心箍缩   | hard core pinch               | 56 |
| 环形箍缩   | toroidal pinch                | 57 |
| 带状箍缩   | belt pinch                    | 58 |

|         |                                                 |    |
|---------|-------------------------------------------------|----|
| 螺旋箍缩    | screw pinch                                     | 58 |
| 弥散箍缩    | diffuse pinch                                   | 59 |
| 等离子体焦点  | plasma focus                                    | 59 |
| 高频约束    | high frequency confinement(HF confinement)      | 60 |
| 惯性约束    | inertial confinement                            | 60 |
| 激光聚变    | laser fusion                                    | 61 |
| 带电粒子束聚变 | charged particle beam fusion                    | 61 |
| 衬套      | liner                                           | 61 |
| 外围等离子体  | environmental plasma                            | 61 |
| 冷气包层实验  | cold gas blanket experiment                     | 62 |
| 阴阳线圈    | yin-yang coil                                   | 62 |
| 镜象电流    | image current                                   | 62 |
| 爆聚衬筒    | implosion liner                                 | 62 |
| 反转条件    | turn around condition                           | 63 |
| 壁稳定     | wall stabilization                              | 63 |
| 动力反馈稳定  | dynamic feedback stabilization                  | 63 |
| 偏滤器     | divertor                                        | 63 |
| 锐边界模型   | sharp-boundary model                            | 64 |
| 成形磁场    | profiled magnetic field, shaping magnetic field | 64 |

## 五、振荡与波

|          |                               |    |
|----------|-------------------------------|----|
| 等离子体中的波  | waves in plasma               | 64 |
| 色散关系     | dispersion relation           | 65 |
| CMA 图    | Clemmov-Mullaly-Allis diagram | 65 |
| 波能       | wave energy                   | 65 |
| 正能波      | positive energy wave          | 67 |
| 负能波      | negative energy wave          | 67 |
| 纵波       | longitudinal wave             | 67 |
| 静电波      | electrostatic wave            | 67 |
| 电子等离子体振荡 | electron plasma oscillation   | 67 |
| 朗缪尔振荡    | Langmuir oscillation          | 68 |
| 电子等离子体波  | electron plasma wave          | 68 |
| 朗缪尔波     | Langmuir wave                 | 68 |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 离子波 ion wave .....                                     | 68 |
| 离子等离子体振荡 ion plasma oscillation .....                  | 69 |
| 离子等离子体波 ion plasma wave .....                          | 69 |
| 离子声速 ion sound speed .....                             | 69 |
| 磁声波 magnetosonic waves .....                           | 70 |
| 磁声速 magnetosonic velocity .....                        | 70 |
| 阿耳文波 Alfvén wave .....                                 | 70 |
| 阿耳文速度 Alfvén velocity .....                            | 71 |
| 磁流体动力学波 magnetohydrodynamic wave .....                 | 71 |
| 慢磁声波 slow magnetosonic wave .....                      | 71 |
| 离子声波 ion-sound (acoustic) wave .....                   | 72 |
| 斜阿耳文波 oblique Alfvén wave .....                        | 72 |
| 快磁声波 fast magnetosonic wave .....                      | 73 |
| 阿普顿-哈特里色散关系 Appleton-Hartree dispersion relation ..... | 73 |
| 离子回旋波 ion cyclotron wave .....                         | 74 |
| 哨声波 whistler wave .....                                | 74 |
| 螺旋波 helicon wave .....                                 | 74 |
| 电子回旋波 electron cyclotron wave .....                    | 75 |
| 寻常波 ordinary wave .....                                | 75 |
| 非常波 extraordinary wave .....                           | 75 |
| 低混杂波 lower hybrid wave .....                           | 76 |
| 低混杂频率 lower hybrid frequency .....                     | 76 |
| 高混杂波 upper hybrid wave .....                           | 76 |
| 高混杂频率 upper hybrid frequency .....                     | 76 |
| 伯恩斯坦波 Bernstein wave .....                             | 77 |
| 漂移波 drift waves .....                                  | 77 |
| BGK 模 BGK mode .....                                   | 77 |
| 赝波前 pseudo wave front .....                            | 78 |
| 爆燃波 deflagration wave .....                            | 78 |
| 燃烧波 combustion wave .....                              | 78 |

## 六、不 稳 定 性

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 等离子体不稳定性 plasma instability ..... | 78 |
|-----------------------------------|----|

|            |                             |    |
|------------|-----------------------------|----|
| 微观不稳定性     | microinstability            | 79 |
| 动力不稳定性     | kinetic instability         | 79 |
| 宏观不稳定性     | macroinstability            | 79 |
| 无碰撞不稳定性    | collisionless instability   | 80 |
| 静电不稳定性     | electrostatic instability   | 80 |
| 电磁不稳定性     | electromagnetic instability | 80 |
| 绝对不稳定性     | absolute instability        | 80 |
| 对流不稳定性     | convective instability      | 80 |
| 局域不稳定性     | local instability           | 80 |
| 碰撞阻尼       | collisional damping         | 81 |
| 无碰撞阻尼      | collisionless damping       | 81 |
| 朗道阻尼       | Landau damping              | 81 |
| 朗道增长       | Landau growth               | 81 |
| 奈奎斯特方法     | Nyquist method              | 81 |
| 能量原理       | energy principle            | 81 |
| 负 $V''$ 判据 | negative $V''$ criterion    | 82 |
| 苏丹姆判据      | Suydam criterion            | 82 |
| 不稳定性阈[值]   | instability threshold       | 82 |
| 离子声波不稳定性   | ion-sound wave instability  | 82 |
| 离子-波不稳定性   | ion wave instability        | 83 |
| 回旋不稳定性     | cyclotron instability       | 83 |
| 哨声波不稳定性    | whistler-wave instability   | 83 |
| 螺旋波不稳定性    | helicon-wave instability    | 83 |
| 损失锥不稳定性    | loss-cone instability       | 83 |
| 磁镜不稳定性     | mirror instability          | 84 |
| 双流不稳定性     | two stream instability      | 84 |
| 二束不稳定性     | two-beam instability        | 84 |
| 巴涅曼不稳定性    | Buneman instability         | 84 |
| 束-等离子体不稳定性 | beam-plasma instability     | 85 |
| 尾隆不稳定性     | bump-in-tail instability    | 85 |
| 瑞利-泰勒不稳定性  | Rayleigh-Taylor instability | 85 |
| 重力不稳定性     | gravitational instability   | 86 |
| 微波激射不稳定性   | maser instability           | 86 |

|               |                                    |    |
|---------------|------------------------------------|----|
| 普适不稳定性        | universal instability              | 86 |
| 槽纹不稳定性        | flute instability                  | 86 |
| 交换不稳定性        | interchange instability            | 87 |
| 漂移不稳定性        | drift instability                  | 87 |
| 俘获粒子不稳定性      | trapped particle instability       | 87 |
| 熵不稳定性         | entropy instability                | 88 |
| 开耳文-亥姆霍兹不稳定性  | Kelvin-Helmholtz instability       | 88 |
| 腊肠形不稳定性       | sausage instability                | 88 |
| 扭曲不稳定性        | kink instability                   | 89 |
| 蠕动不稳定性        | wriggling instability              | 90 |
| 内部扭曲不稳定性      | internal kink instability          | 90 |
| 克鲁斯卡耳-沙弗拉诺夫极限 | Kruskal-Shafranov limit            | 90 |
| 水龙带不稳定性       | fire-hose instability              | 91 |
| 阿耳文波不稳定性      | Alfvén wave instability            | 91 |
| 螺旋不稳定性        | screw (helical) instability        | 92 |
| 撕裂模不稳定性       | tearing mode instability           | 92 |
| 电阻撕裂模不稳定性     | resistive tearing mode instability | 92 |
| 无碰撞撕裂不稳定性     | collisionless tearing instability  | 92 |
| 破裂不稳定性        | disruptive instability             | 93 |
| 气球不稳定性        | ballooning instability             | 93 |

## 七、输 运 过 程

|             |                                |    |
|-------------|--------------------------------|----|
| 等离子体输运现象    | plasma transport phenomenon    | 94 |
| 经典输运        | classical transport            | 94 |
| 横向扩散        | transverse diffusion           | 95 |
| 双极扩散        | ambipolar diffusion            | 96 |
| 西蒙扩散        | Simon diffusion                | 96 |
| 电子(离子)迁移率张量 | electron (ion) mobility tensor | 96 |
| 新经典输运       | neoclassical transport         | 97 |
| 普费尔斯-施吕特区   | Pfirsch-Schlüter region        | 97 |
| 普费尔斯-施吕特扩散  | Pfirsch-Schlüter diffusion     | 97 |
| 香蕉粒子        | banana particle                | 98 |
| 香蕉宽度        | banana width                   | 98 |

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 香蕉区   | banana region              | 98  |
| 香蕉扩散  | banana diffusion           | 98  |
| 靴带电流  | bootstrap current          | 99  |
| 反常输运  | anomalous transports       | 99  |
| 赝经典输运 | pseudo-classical transport | 99  |
| 反常扩散  | anomalous diffusion        | 100 |
| 增强扩散  | enhanced diffusion         | 100 |
| 玻姆扩散  | Bohm diffusion             | 100 |
| 泄漏扩散  | drain diffusion            | 100 |

## 八、等离子体产生与加热

|             |                                            |     |
|-------------|--------------------------------------------|-----|
| 等离子体加热      | plasma heating                             | 100 |
| 辅助加热        | auxiliary heating                          | 101 |
| 焦耳加热        | Joule heating                              | 101 |
| 射频加热        | radio frequency heating                    | 101 |
| 回旋波共振吸收     | cyclotron wave resonant absorption         | 102 |
| 电子回旋共振加热    | electron cyclotron resonant heating (ECRH) | 102 |
| 离子回旋共振加热    | ion cyclotron resonant heating (ICRH)      | 102 |
| 磁滩          | magnetic beach                             | 103 |
| 回旋弛豫效应      | gyrorelaxation effect                      | 103 |
| 阿耳文波加热      | Alfvén wave heating                        | 103 |
| 磁泵          | magnetic pump                              | 103 |
| 声加热         | acoustic heating                           | 104 |
| 渡越-时间加热     | transit-time heating                       | 105 |
| 碰撞加热        | collisional heating                        | 105 |
| 湍流加热        | turbulent heating                          | 105 |
| 参量共振加热      | parametric resonant heating                | 105 |
| 激波加热        | shock wave heating                         | 106 |
| 中性[粒子]束注入加热 | neutral injection heating                  | 106 |
| 绝热压缩        | adiabatic compression                      | 107 |
| 爆聚加热        | implosion heating                          | 107 |
| 预电离         | preionization                              | 108 |

## 九、激 波

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 激波 shock wave .....                           | 108 |
| 磁流体动力学激波 magnetohydrodynamic shock wave ..... | 109 |
| 碰撞激波 collisional shock wave .....             | 109 |
| 无碰撞激波 collisionless shock wave .....          | 109 |
| 色散激波 dispersion shock wave.....               | 110 |
| 包络激波 envelope shock wave .....                | 110 |
| 层流激波 laminar shock wave.....                  | 110 |
| 湍流激波 turbulent shock wave .....               | 110 |
| 耗散激波 dissipative shock wave.....              | 111 |
| 兰金-雨贡纽方程 Rankine-Hugoniot equation .....      | 111 |
| 雪耙模型 snow-plow model.....                     | 112 |
| 磁活塞 magnetic piston .....                     | 112 |
| 爆震波, 激震波 detonation wave.....                 | 112 |

## 十、非线性现象与湍流

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 等离子体中的非线性效应 non-linear effects in plasma .....                        | 113 |
| 非线性波-粒子共振效应 non-linear wave-particle resonant effect.....             | 113 |
| 三波过程 three-wave process .....                                         | 114 |
| 等离子体回声 plasma echo .....                                              | 114 |
| 参量激发(参量不稳定性) parametric excitation(parametric insta-<br>bility) ..... | 115 |
| 边带效应 side-band effect .....                                           | 115 |
| 非线性波 non-linear wave .....                                            | 115 |
| 等离子体的激光散射 laser light scattering by plasma .....                      | 115 |
| 受激喇曼散射 stimulated Raman scattering.....                               | 116 |
| 受激布里渊散射 Stimulated Brillouin scattering.....                          | 116 |
| 调制不稳定性 modulational instability.....                                  | 116 |
| 包络不稳定性 envelope instability.....                                      | 116 |
| 衰变不稳定性 decay instability .....                                        | 117 |
| 等离子体湍流 plasma turbulence .....                                        | 117 |
| 等离子体的磁流体动力学湍流 plasma magnetohydrodynamic                              |     |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| turbulence.....                | 117 |
| 弱湍流 weak turbulence .....      | 117 |
| 强湍流 strong turbulence.....     | 118 |
| 准线性理论 quasi-linear theory..... | 118 |
| 孤立子 soliton .....              | 118 |

## 十一、等离子体诊断

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 等离子体诊断技术 plasma diagnostic technique .....                                 | 118 |
| 纹影法 schlieren technique .....                                              | 119 |
| 阴影[照相]法 shadowgraph method .....                                           | 120 |
| 等离子体光谱学 plasma spectroscopy .....                                          | 122 |
| 克尔效应 Kerr effect .....                                                     | 122 |
| 空腔共振器方法 cavity resonator method.....                                       | 122 |
| 飞行时间法 time-of-flight method .....                                          | 122 |
| 等离子体吞噬器 plasma eater .....                                                 | 122 |
| 逆磁回路 diamagnetic loop .....                                                | 123 |
| 罗戈夫斯基线圈 Rogowsky coil .....                                                | 123 |
| 磁探针 magnetic probe.....                                                    | 124 |
| 朗缪尔探针 Langmuir probe .....                                                 | 125 |
| 双探针 double probe.....                                                      | 125 |
| 射频探针 RF probe .....                                                        | 125 |
| 共振探针 resonance probe .....                                                 | 126 |
| 粒子探针 particle probe .....                                                  | 126 |
| 中性粒子探针 neutral particle probe.....                                         | 127 |
| 离子探针 ion probe .....                                                       | 127 |
| 重离子束探针 heavy ion beam probe.....                                           | 127 |
| 法拉第旋转效应 Faraday rotation effect .....                                      | 128 |
| 扫描照相法 streak photography, streaming photography, smear<br>photography..... | 129 |
| 分幅照相法 framing photography.....                                             | 130 |
| 激光散射测量 laser scattering measurement .....                                  | 131 |
| 标准干涉法 standard interferometry .....                                        | 132 |
| 马赫-曾恩德干涉仪 Mach-Zehnder interferometer .....                                | 133 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 激光干涉仪 laser interferometer .....              | 134 |
| 拍频干涉法 frequency beating interferometry .....  | 135 |
| 吸收法 absorption method .....                   | 135 |
| 脉冲幅度分析法 method of pulse height analysis ..... | 135 |
| 中子测量 neutron measurement .....                | 136 |
| 热流势法 heat flux potential method .....         | 136 |
| 等离子体衰减法 plasma decay method .....             | 136 |
| 超声法 ultrasonic method .....                   | 136 |

## 十二、其 它

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 哈特曼数 Hartman number .....                             | 136 |
| 等离子体火箭 plasma rocket .....                            | 137 |
| 等离子体炬 plasma torch .....                              | 137 |
| 磁流体(MHD)发电 magnetohydrodynamic (MHD) generation ..... | 137 |
| 哈特曼流动 Hartman flow .....                              | 137 |
| 等离子体加速器 plasma accelerator .....                      | 138 |
| 溅射 sputtering .....                                   | 138 |

# 一、等 离 子 体

## 等离子体 plasma

等离子体是区别于固体、液体和气体的另一种聚集状态。

当物质的温度从低到高的时,它将逐次经过固体、液体和气体三种聚集状态。当温度进一步升高时便变为电离气体,即电子从原子中剥离出来,成为带电粒子(电子和离子)组成的气体。

电离气体具有消除其内部电场的趋势,这种效应称为德拜屏蔽效应,而实现这种屏蔽要有一定的距离,这距离称为德拜长度。例如,带电的容器器壁所产生的电场穿入电离气体的深度大约是个德拜长度的范围,离器壁更远的内部区域电场被屏蔽掉了。电离气体只有在满足一定条件时才称为等离子体。这些条件可表达为:一、体系的尺度必须远大于德拜长度;二、粒子间的平均距离必须远小于德拜长度,在这种条件下,体系在整体上似地呈电中性(称为准中性),同时具有集体行为,即粒子的运动不仅取决于其附近的局域条件,而且还与远处区域的状态有关,因而可以出现集体运动的形式。此外,还要求带电粒子与中性粒子的碰撞足够稀少,使得决定粒子运动的主要不是与中性粒子的碰撞,而是粒子间的电磁相互作用。

一般说来,等离子体概念可作如下定义:它是由大量的接近于自由运动的带电粒子所组成的体系,在整体上是准中性的,粒子的运动主要由粒子间的电磁相互作用所决定,由于这是长程的相互作用因而使它显示出集体行为(例如各种振荡与波、不稳定性等)。

除了电离气体外,金属中的传导电子、半导体中的电子与空穴也可满足等离子体条件,具有等离子体性质,这种等离子体称为固态等离子体。某些液体(如强电解质)也能显示出等离子体行为,这称为液态等离子体。有时,等离子体的概念还用于具有过量电荷(过量电子或过量离子)的情形,称为非中性等离子体。在电离度很低、粒子间的作用以带电粒子与中性粒子间的碰撞为主时,称为弱电等离子体。

除闪电时形成的瞬时等离子体外,地球表面上几乎没有自然存在的等离子体。但只要把眼光投向宇宙,就可以看到:从电离层直到宇宙的深

处,物质几乎都是以等离子体的状态存在着。有人估计,宇宙中 99% 以上的物质都处于等离子体状态,而我们所居住的区域仅仅是等离子体“沧海”中缺乏等离子体的一“粟”。

等离子体概念的形成与气体放电的研究及天文学的发展密切相关。1879 年,克鲁克斯 (Crookes) 把放电管中物质的状态称为物质的第四态(即与固体、液体、气体并列)。1928 年,朗缪尔 (Langmuir) 等人引入 plasma 一词来称呼放电管中远离边界的内部区域。“plasma”来自希腊词(πλάσμα, -ατος, τό), 其原意是血浆、原生质。

等离子体与很多科学技术部门有密切关系,并有着广泛的应用。如天体物理学、氢弹及受控热核反应、磁流体发电、等离子体推进(用于宇宙飞行)、同位素分离、无线电通讯、等离子体化学、气体激光以及各种气体放电、等离子体喷涂、焊接、切割等等。等离子体物理这门学科是物理工作者、应用数学工作者及工程技术人员大有前途的研究领域。

### 热核等离子体 thermal nuclear plasma

在热核反应时,物质处于极高温,已完全电离成等离子体状态,这种等离子体称为热核等离子体,又称为高温等离子体。热核等离子体的温度范围一般为几千万度到几亿度。

### 静等离子体 quiescent plasma

是一种很稳定的等离子体,密度和温度较低(如,密度可在  $10^{10}$ — $10^{12}$  厘米<sup>-3</sup> 范围、温度  $\sim 0.2$  电子伏),有较长的寿命,并且几乎是完全电离的。通常采用一种叫做“Q(静态)机”的装置来产生静等离子体,等离子体是由碱金属通过接触电离(与温度  $\sim 2300$  K 的钨板接触)产生的。静等离子体中不象一般热核装置中的等离子体那样有很多复杂的过程互相耦合在一起,静等离子体中发生的一些过程比较单纯,这对于研究各种过程的规律、检验等离子体的理论是很有意义的。例如,离子等离子体波、静电离子回旋波等都是首先在 Q 机的静等离子体中观测到的。此外,还用它来研究漂移波和漂移不稳定性等。

### 磁化等离子体 magnetized plasma

当外磁场的存在对所讨论的等离子体的性质有实质性的影响时,这种等离子体称为磁化等离子体。

**相对论等离子体 relativistic plasma**

如果等离子体中电子的能量很高,以致经典(非相对论)力学对它不再适用,而要用相对论来描述时,这样的等离子体称为相对论等离子体。相对论效应是否重要,取决于参量  $\beta=v/c$  ( $v$  为粒子速度,  $c$  为光速)。经典力学适用于  $\beta \ll 1$  的情形,而当  $\beta$  与 1 比较不能略去时,相对论效应就变得重要起来。对于电子而言,当能量超过几千电子伏时,相对论效应便开始在某些方面显示出来,而当能量达到几百千电子伏时,将出现明显的相对论效应。

**电弧[放电]等离子体 arc plasma**

用电弧放电方法产生的低温等离子体,称为电弧等离子体。

**非中性等离子体 non-neutral plasma**

不满足宏观中性的要求,但符合其它各种等离子体条件的等离子体,称为非中性等离子体。

**洛伦兹气体 Lorentz gas**

是弱电离气体的一种理想模型。在这种模型中略去电子-电子碰撞和电子-离子碰撞,只考虑电子与中性粒子碰撞,离子静止不动,中性粒子具有麦克斯韦分布(或静止不动)。

对完全电离的气体,略去电子之间的相互作用,并由于离子很重而假定所有离子都静止不动,电子的运动完全由离子的散射所决定,用这种模型描述的气体叫洛伦兹气体,亦称电子气。这种模型有时也可用来描述固态中电子的行为。

**各向同性等离子体 isotropic plasma**

等离子体的性质(如压强等)在各个方向上都是相同的,与测量方向无关,这种等离子体叫各向同性等离子体。

**爆炸导线等离子体 exploding-wire plasma**

由导线因瞬时通过强电流而引起爆炸所产生的等离子体,叫做爆炸导线等离子体。

**简并等离子体 degenerate plasma**