同轴线在电磁场理论中的应用

杨淑敏

喀什大学 物理与电气工程学院

DOI:10.32629/er.v3i7.3011

[摘要] 同轴线问题主要是研究内外导体构成的双导体传输线问题,是电磁场与电磁波的课程重要的教学内容,其理论贯穿了整个电磁场理论的始终,在整个教学过程中发挥着重要作用,本文通过对同轴线的基本特性(如电容、电阻、阻抗、电感等)、能量、传输功率、同轴波导进行了分析讨论,得出结论,有利于教师教学效果的提升和学生学习效率的提高。

[关键词] 同轴线; 电磁能量; 传输功率; 同轴波导; 解题思路

电磁场理论课是电子及电气信息专业本科生必修专业基础课,合格的电子、电气信息类专业本科生应具备知识结构的重要组成部分,交叉学科生长点和新兴边缘学科发展的基础^[1,2]。当今,不论是通信、雷达、广播、电视,还是导航、遥控遥测,都是通过电磁波传递信息来进行工作^[3]。因此以宏观电磁理论为基础,电磁信息的传输和转换为核心的电磁场于电磁波工程技术将充分发挥其重要作用^[4,5]。然而,由于其理论体系严谨、抽象复杂、要求一定的数学功底及推理能力,学生们学起来,枯燥无味,学习效果不明显。在教学方面,多数学者只是就涉及同轴线问题的某一方面或模拟计算特殊形状同轴线的电磁场进行研究^[6-11],研究内容不够具体,总结不够全面。同轴线问题贯穿整个电磁场理论的始终,在整个教学过程中发挥着重要作用,如果可以把这类问题搞懂,学生们基本掌握了整个体系,可以使得学生更深入的理解电磁场理论的内容,脉络清晰,为后续课程奠定基础。为此,我们将该类问题进行总结归类、深入分析研究,便于教师的课堂教学和学生的自主学习。

1 同轴线的基本特性

1.1 同轴线定义

同轴传输线是射频微波系统中最为常用的传输线之一,它不仅用于各种微波设备间的连接线,而且还常制作成各种微波器件,如同轴滤波器、同轴分配

器、同轴天线、同轴开关等。

同轴线是由内外两个不同半径的同轴导体构成的,一般中间充以电解质,如图1所示,同轴线的内导体半径为a,外导体的内半径为b,外导体的外半径为c,内外导体间充满介质(参数为 μ, ϵ, σ)^[12]。

下面我们分类讨论同轴线的问题,按照电磁场理论知识的难易程度的递进进行分析研究。首先探讨同轴线的电容问题。

图1 同轴线示意图

1.2 同轴线的电容

生活中电容及其电容器,尤其是平行板电容器的应用极其广泛,在两个相距很近的平行板中间夹上一层绝缘物质—电解质,就组成一个简单的平行板电容器。如果这个导体板是柱形的,半径不同,内外导体间加有一层绝缘物质,此即同轴电容器。

设同轴线的内、外导体单位长度带电量分别为 $+\lambda_l$ 和 $-\lambda_l$,填充介质的介电常数为 ϵ ,应用高斯定理可得到内外导体间任一点的电场强度为

$$\vec{E}_r = \vec{e}_r \frac{\lambda_l}{2\pi\epsilon r}$$

内外导体间的电压为

$$U = \int_a^b \vec{E}_r \cdot \vec{e}_r dr = \int_a^b \frac{\lambda_l}{2\pi\epsilon r} dr = \frac{\lambda_l}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a}$$

同轴线单位长度的电容为

$$C_l = \frac{\lambda_l}{U} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(b/a)}$$

由此我们可以得出结论,单位长度的电容仅和介质即电容器的尺寸相关,而与通过的电流及电压无关,即电容只和其自身相关,与此类似的还有绝缘电阻。

1.3 同轴线的绝缘电阻

绝缘电阻是指用绝缘材料隔开的两部分导体之间的电阻值,其值大小反映了两部分导体之间的绝缘强度,对于电线电缆而言,绝缘电阻是十分重要的电性能指标,是评价电气安全的主要指标之一,如绝缘电阻失效是引起电动汽车电安全事故、人员触电的主要原因^[13]。

内外导体间填充一种非理想介质,设其介电常数为 ϵ ,电导率为 σ ,同轴线内外导体间加恒定电压 U_0 ,介质中的漏电流沿径向从内导体流到外导体^[14]。另外,内外导体中有轴向电流,导体中存在很小的轴向电场,因而漏电介质中也存在切向电场,但 $E_z \ll E_r$,故可忽略。介质中任一点处的漏电流密度为

$$\vec{J} = \frac{\vec{J}}{\sigma} = \vec{e}_r \frac{\vec{J}}{2\pi\sigma r}$$

而内外导体间的电压为

$$U_0 = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_a^b \frac{I}{2\pi\sigma r} \cdot dr = \frac{I}{2\pi\sigma} \ln \frac{b}{a}$$

则同轴线单位长度的绝缘电阻(漏电阻)为

$$R_l = \frac{U_0}{I} = \frac{1}{2\pi\sigma} \ln \frac{b}{a}$$

由此,我们计算得到了同轴线单位长度的电阻,其仅与电导率及电阻尺寸有关,与通过其电流及电压无关,即电阻也仅仅和其自身特征相关,与此类似还有电感。

1.4 同轴线的电感

电感的基本特征是“通直阻交流”,电容的基本特征就是“通交流阻直流”,在基本的直流电路中,其用法和分析比较简单,但在交流电中,电感和电容的阻碍作用会随着交流电的特征而改变,其阻碍作用以阻抗来表示。电感线圈作为电路中的基本元件,在汽车中应用得非常广泛,例如电磁阀、电动机、发电机、点火线圈等,正确理解电感线圈的特性,就为掌握这些部件的工作原理打下了良好的基础。

图2 同轴线剖面图

如图2所示,设外导体的厚度可忽略不计,内、外导体之间是空气,或聚乙烯等电介质,磁导率为 μ_0 ,内、外导体材料一般是金属铜,磁导率也是 μ_0 。

同轴线中的电流为 I 时,根据安培环路定理求得内导体中任意一点的磁感应强度为

$$\vec{B}_i = \vec{e}_\phi \frac{\mu_0}{2\pi\rho} \frac{\pi r^2}{\pi a^2} I = \vec{e}_\phi \frac{\mu_0 I r}{2\pi a^2}, \quad (0 < r < a)$$

穿过由轴向为单位长度、宽为 dr 构成的矩形面积元 $d\vec{S} = \vec{e}_\phi \cdot d\vec{r} = \vec{e}_\phi dr$ 磁通为 $d\phi_i = \vec{B}_i \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi a^2} dr$ 因为 $d\phi_i$ 与

这一部分磁通相交链的电流不是导体中的全部电流 I ,而只是 I 的一部分 I' ,两者的关系为^[15]

$$I' = \frac{\pi r^2}{\pi a^2} I = \left(\frac{r}{a}\right)^2 I$$

所以,与 $d\phi_i$ 相应的磁链为

$$d\Psi_i = \frac{I'}{I} d\phi_i = \frac{\mu_0 I r^3}{2\pi a^4} dr$$

内导体中单位长度的自感磁链总量为

$$\Psi_i = \int d\Psi_i = \int_0^a \frac{\mu_0 I r^3}{2\pi a^4} dr = \frac{\mu_0 I}{8\pi}$$

由此得到单位长度的内自感

$$L_i = \frac{\Psi_i}{I} = \frac{\mu_0}{8\pi}$$

在内、外导体之间,由安培环路定理可得到任意一点磁感应强度为

$$\vec{B}_0 = \vec{e}_\phi \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \quad (a < r < b)$$

故

$$d\Psi_0 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} dr$$

$$\Psi_0 = \int d\Psi_0 = \int_a^b \frac{\mu_0 I}{2\pi r} dr = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

由此得到单位长度的外自感

$$L_0 = \frac{\Psi_0}{I} = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

同轴线单位长度的自感为

$$L = L_i + L_0 = \frac{\mu_0}{8\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

由此我们得出同轴线电感的计算式,其也仅仅与磁导率和同轴线的尺寸有关,而与通过的磁场及电流是无关的,即电感仅仅与自身特征有关,这个特点和我们前面分析的电容和电阻相似。此外,我们进一步讨论了同轴线的阻抗问题。

1.5 同轴线的特性阻抗

传输线的特性阻抗是其特性参数之一,定义为传输线上行波电压与行波电流之比。

$$Z_0 = \frac{U^+}{I^+} = -\frac{U^-}{I^-} = \sqrt{\frac{R_1 + j\omega L_1}{G_1 + j\omega C_1}}$$

对于无损耗传输线, $R_1=0$ 、 $G_1=0$,则

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$$

而对于同轴线,单位长度的电容

$$C_1 = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(b/a)}$$

单位长度的电感

$$L_1 = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

所以同轴线的特性阻抗为

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} \ln \frac{b}{a}$$

上式即我们求得同轴线的特性阻抗,由上式可以得出特性阻抗也仅仅与电介质及自身尺寸有关,而与行波电压和行波电流无关,即特性阻抗仅与其自身特征有关,并且以上我们所讨论的电容、电阻及电感都具有此特征。经过总结归纳类似特性、举一反三,可以使得学生对类似问题达到触类旁通的目的,印象深刻,学以致用,使本身枯燥繁杂的问题变得清晰、简单明了。除了以上同轴线问题的研究,我们还讨论了同轴线能量的问题。

2 同轴线内能量的储存

2.1 同轴线内储存的电场能量

首先讨论同轴线电场能量的问题。

设同轴线的内、外导体单位长度带电量分别为 q 和 $-q$,填充介质的介电常数为 ϵ ,应用高斯定理可得到内外导体间任一点的电场强度为

$$\vec{E}_r = \vec{e}_r \frac{\lambda_l}{2\pi\epsilon r}$$

内外导体间的电压为

$$U = \int_a^b \vec{E}_r \cdot \vec{e}_r dr = \frac{\lambda_l}{2\pi\epsilon} \int_a^b \frac{1}{r} dr = \frac{\lambda_l}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a}$$

则同轴线单位长度的电容为

$$C = \frac{\lambda_l}{U} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(b/a)}$$

则得同轴线单位长度的静电储能为

$$W_e = \frac{1}{2} \int_V \epsilon E^2 dV = \frac{1}{2} \int_a^b \epsilon \left(\frac{\lambda_l}{2\pi\epsilon r} \right)^2 2\pi r dr = \frac{\lambda_l^2}{4\pi\epsilon} \ln \left(\frac{b}{a} \right)$$

此即同轴线单位长度的静电场能量,由上式我们发现其除了与电介质及其尺寸有关,还与导体内储存的电荷有关,这一点和我们前面讨论的电容、电感及特性阻抗问题不同,即其不但与自身特征有关还与储存的电荷有关。具有类似特征的还有同轴线的磁场能量问题。

2.2 同轴线内储存的磁场能量

图3 同轴线内部电流分布示意图

设内外导体之间填充的介质以及导体的磁导率均为 μ_0 , 电流为 I , 其电流分布如图3所示。根据安培环路定理可得磁场分布

$$\vec{H}_1 = \vec{e}_\phi \frac{Ir}{2\pi a^2}, \quad (0 \leq r \leq a)$$

$$\vec{H}_2 = \vec{e}_\phi \frac{I}{2\pi r}, \quad (a \leq r \leq b)$$

$$\vec{H}_3 = \vec{e}_\phi \frac{I}{2\pi r} \frac{c^2 - r^2}{c^2 - b^2}, \quad (b \leq r \leq c)$$

由此即可求出三个区域单位长度内的磁场能量分别为

$$W_{m1} = \frac{\mu_0}{2} \int_0^a \vec{H}_1 \cdot 2\pi r dr = \frac{\mu_0}{2} \int_0^a \left(\frac{Ir}{2\pi a^2}\right)^2 2\pi r dr = \frac{\mu_0 I^2}{16\pi}$$

$$W_{m2} = \frac{\mu_0}{2} \int_a^b \vec{H}_2 \cdot 2\pi r dr = \frac{\mu_0}{2} \int_a^b \left(\frac{I}{2\pi r}\right)^2 2\pi r dr = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \ln \frac{b}{a}$$

$$W_{m3} = \frac{\mu_0}{2} \int_b^c \vec{H}_3 \cdot 2\pi r dr = \frac{\mu_0}{2} \int_b^c \left(\frac{I}{2\pi r} \frac{c^2 - r^2}{c^2 - b^2}\right)^2 2\pi r dr$$

$$= \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \left[\frac{c^4}{(c^2 - b^2)^2} \ln \frac{c}{b} - \frac{3c^2 - b^2}{4(c^2 - b^2)} \right]$$

同轴线单位长度储存的总磁场能量为

$$W_m = W_{m1} + W_{m2} + W_{m3}$$

$$= \frac{\mu_0 I^2}{16\pi} + \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \ln \frac{b}{a} + \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \left[\frac{c^4}{(c^2 - b^2)^2} \ln \frac{c}{b} - \frac{3c^2 - b^2}{4(c^2 - b^2)} \right]$$

此即我们讨论的同轴线的磁场能量,很显然其不但与磁导率及其同轴线尺寸有关,还与通过的电流有关,即磁场能量除了和其自身特征有关还与通过的电流有关。由此,我们进一步讨论了同轴线的功率问题。

3 同轴线中传输的功率

设两导体间的电压为 U , 其间填充均匀的理想介质, 导体中流过的电流为 I 。理想导体的情况下, 同轴线中的传输功率以距对称轴为 r 的半径作一圆周, 应用安培环路定理, 由对称性得

$$2\pi r H_\theta = I$$

因而

$$H_\theta = \frac{I}{2\pi r}$$

设内导体单位长度得电荷为 q , 应用高斯定理, 由对称性可得

$$2\pi r E_r = \frac{\lambda_l}{\epsilon}$$

因而

$$E_r = \frac{\lambda_l}{2\pi \epsilon r}$$

能流密度为

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} = E_r H_\theta \vec{e}_z = \frac{I \lambda_l}{4\pi^2 \epsilon r^2} \vec{e}_z$$

$\vec{e}_z$ 为沿导线轴向单位矢量。

由于导线间得电压

$$U = \int_a^b E_r dr = \frac{\lambda_l}{2\pi \epsilon} \ln \frac{b}{a}$$

因而

$$\vec{S} = \frac{UI}{2\pi \ln(b/a)} \frac{1}{r^2}$$

电磁能量在两导体之间的介质中沿轴方向流动, 即由电源向负载。

$$P = \int_s \vec{S} \cdot \vec{e}_z dS = \int_a^b \frac{UI}{2\pi r^2 \ln(b/a)} 2\pi r dr = U$$

UI 为通常电路问题中得传输功率表示式。可见, 同轴线传输的功率是通过内外导体间的电磁场传递到负载, 而不是经过导体内部传递的。

当导体的电导率 σ 为有限值时, 导体内部存在沿电流方向的电场

$$\vec{E} = \frac{j}{\sigma} = \frac{I}{\pi a^2 \sigma} \vec{e}_z$$

根据边界条件, 在内导体表面上电场的切向分量连续。因此, 在内导体表面外侧的电场除有径向分量还有切向分量,

$$\vec{E}|_{r=a} = \frac{U}{a \ln(b/a)} \vec{e}_r + \frac{I}{\pi a^2 \sigma} \vec{e}_z$$

磁场则仍为

$$\vec{H}|_{r=a} = \vec{e}_\phi \frac{I}{2\pi a}$$

内导体表面外侧的坡印廷矢量为

$$\vec{S}|_{r=a} = (\vec{E} \times \vec{H})|_{r=a} = -\frac{I}{2\pi^2 a^3 \sigma} \vec{e}_r + \frac{UI}{2\pi a^2 \ln(b/a)} \vec{e}_z$$

由此可见, 内导体表面外侧的坡印廷矢量既有轴向分量, 也有径向分量。

进入每单位长度内导体的功率为

$$P = \int_s \vec{S}|_{r=a} \cdot (-\vec{e}_r) dS = \int_0^1 \frac{I^2}{2\pi^2 a^3 \sigma} 2\pi a dz = \frac{I^2}{\pi a^2 \sigma} = RI^2$$

式中 $R = I^2 / (\pi a^2 \sigma)$ 是单位长度内导体的电阻。由此可见, 进入内导体中的功率等于这段导体的焦耳损耗功率。

以上分析表明, 电磁能量是通过电磁场传输的, 导体仅起着定向引导电磁能流的作用。当导体的电导率为有限值时, 进入导体中的功率全部被导体所吸收, 成为导体中的焦耳热损耗功率。此即同轴线的功率问题。为了进一步更深入的讨论同轴线的问题, 使学生能够更深刻的理解并掌握此类问题, 我们又讨论了同轴波导中的电磁场问题。

4 同轴波导中的电磁场

图4 同轴波导示意图

同轴波导是一种由内外导体构成的双导体导波系统, 也称为同轴线, 其形状如图4所示。由于同轴线是双导体波导, 因此它既可以传播TEM波, 也可以传播TE波、TM波。设电磁波沿+z方向传播, 相应的场为时谐场, 波导内电磁场的复数形式为^[14]

$$\vec{E}(\rho, \phi, z) = \vec{E}(\rho, \phi)e^{-\gamma z}$$

$$\vec{H}(\rho, \phi, z) = \vec{H}(\rho, \phi)e^{-\gamma z}$$

对于TEM波, $E_z = 0$, $H_z = 0$, 而磁力线是闭合曲线, 电场和磁场都在横截面内, 即 $\vec{H} = \vec{e}_\phi H_\phi$, $\vec{E} = \vec{e}_\rho E_\rho$, 故将麦克斯韦方程

$$\nabla \times \vec{H} = j\omega\epsilon\vec{E}$$

$$\nabla \times \vec{E} = j\omega\mu\vec{H}$$

在圆柱坐标系中展开, 得

$$\gamma H_\phi = j\omega\epsilon E_\rho \quad (1)$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} (\rho H_\phi) = 0 \quad (2)$$

$$\gamma E_\rho = j\omega\mu H_\phi \quad (3)$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} (\rho E_\rho) = 0 \quad (4)$$

考虑沿+z方向的传播因子 $e^{-\gamma z}$, (2)式的解为

$$H_\phi = \frac{H_m}{\rho} e^{-\gamma z}$$

将上式代入(1式)得

$$E_\rho = \frac{\gamma}{j\omega\epsilon} H_\phi = \frac{\gamma}{j\omega\epsilon} \frac{H_m}{\rho} e^{-\gamma z}$$

同轴波导中TEM模的场分布如图5所示

图5 同轴线TEM模的示意图

由于TEM波有式

$$\gamma_{TEM}^2 + k^2 = 0$$

从而得TEM波得传播常数

$$\gamma = \gamma_{TEM} = jk = j\omega\sqrt{\mu\epsilon} = j\beta$$

式中 $\beta = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$ 为TEM波的相位常数。其余传播特性参数分别为:

相速度

$$v_p = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

波阻抗

$$Z_{TEM} = \frac{E_r}{H_\phi} = \frac{\gamma}{j\omega\epsilon} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \eta$$

从以上的分析可知, TEM波是无色散波, 其截止波数

$$k_c = \sqrt{\gamma^2 + k^2} = 0$$

即 $\lambda_c = \infty$ 。因此, 同轴波导中的主模是TEM模。

同轴波导中传输TEM模时, 其传输功率为

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} R_e \int_S (\vec{E} \times \vec{H}^*) \cdot d\vec{S} = \frac{1}{2} R_e \int_a^b (\vec{E}_t \times \vec{H}_t^*) \cdot \vec{e}_z dS \\ &= \frac{1}{2} \int_a^b (E_r \cdot H_\phi^*) 2\pi r dr = \pi \frac{\gamma}{j\omega\epsilon} |H_m|^2 \ln \frac{b}{a} \\ &= \pi \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} |H_m|^2 \ln \frac{b}{a} = \frac{\pi}{\eta} |E_m|^2 \ln \frac{b}{a} \quad (5) \end{aligned}$$

同轴波导中传播TEM模时, 在 $r=a$ 处电场最大, 且等于

$$|E_a| = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{H_m}{a} = \frac{\eta H_m}{a} = \frac{E_m}{a}$$

若假设该处的电场强度 $|E_a|$ 等于同轴波导中所填充媒质的击穿电场强度 E_{br} , 则击穿时有 $|E_m| = E_{br} a$, 将其代入式(5), 得同轴波导传输TEM模时的功率容量为

$$P_{br} = \frac{\pi a^2 E_{br}^2 \ln \frac{b}{a}}{\eta}$$

在实际应用中, 同轴波导都是以TEM模(主模)方式工作^[16]。但是, 当工作频率过高时, 在同轴波导中还将出现一系列的高次模: TM模和TE模。同轴波导中的TM模和TE模的分析方法相似, 即在给定的边界条件下求解 E_z 或 H_z 满足的波动方程, 从而可以得到同轴波导不同 TM_{nm} 模和 TE_{nm} 模的场分布以及相应模式的截止波长 $(\lambda_c)_{nm}$ 。

根据计算得到同轴波导中 TE_{11} 和 TM_{01} 的截止波长分别为^[16]

$$(\lambda_c)_{TE_{11}} \approx \pi(b+a)$$

$$(\lambda_c)_{TM_{01}} \approx 2(b-a)$$

于是, 同轴波导几个较低阶的模式分布如图6所示

图6 同轴线中的高次模分布^[16]

$$\lambda_{min} \geq (\lambda_c)_{TE_{11}} \approx \pi(b+a)$$

$$a+b \leq \frac{\lambda_{min}}{\pi} \quad (6)$$

式(6)给出了 $a+b$ 的取值范围, 要最终确定尺寸, 还必须确定的 a/b 值^[16]。可以根据实际需要选择该值的大小。例如, 当要求功率容量最大时选择 $a/b = 1.65$, 当要求传输损耗最小时选择 $a/b = 3.59$, 当要求耐压最高时选择 $a/b = 2.72$ 。以上即为我们研究的同轴线的波导问题, 至此电磁场理论中关于同轴线的问题已详细充分讨论。通过此类问题的研究和讨论, 对于电磁场问题知识得到升华, 难以理解的问题豁然开朗。

5 结语

电磁场理论是低频电路理论的进一步发展, 低频电路理论是它的特例。同轴线问题贯穿整个电磁场理论的始终, 在整个教学过程中发挥着重要作用, 文章对同轴线问题中涉及的电容、电阻、阻抗、电感等基本特性、能量、传输功率、同轴波导等进行了总结, 通过这些特性的分析及对比研究, 可以促进学生对知识的理解, 有利于提高学生学习效率; 从教学的角度来看, 教师在教学过程中通过各散乱知识点的总结, 可以调动学生的联想记忆, 使前后知识连贯对应, 有利于教学效果的提升。

[参考文献]

[1] 赵家升, 杨显清, 王园.《电磁场与电磁波》(第3版)教学指导书[M]. 高等教育出版社, 2003.

探析幼儿园区角活动的目的和意义及如何开展

刘倩

射洪市第三幼儿园

DOI:10.32629/er.v3i7.2985

[摘要] 区角活动是幼儿教育中独特的教育方式,这种活动既能把幼儿教育中课内和课外的行为、情感、技能有机联系起来,还能将教育者的教育意图渗透其中,并且还具有自主性、自选性、小组性,是落实儿童个性发展的最有效措施。那么在幼儿园如何才能更好地开展区域活动,让幼儿园区角活动取得更大成效,下面是笔者结合实际工作,就此问题浅谈几点看法。

[关键词] 幼儿园; 区角活动; 有效开展

引言

幼儿园区角活动是幼儿在幼儿园内进行的重要的游戏活动之一,区角活动从字面上理解就是在某个角落进行的活动,实际上是一种自主活动方式。指教师根据一定的活动空间和活动材料,幼儿在丰富的环境中进行自主、自由的探索性活动和个性化学习。追溯区域活动的发展历史,20世纪90年代初,海外留学人员把区域活动模式介绍到中国。如今,区域活动已经在幼儿园得到了很大程度的重视。大部分幼儿园都纷纷开展区角活动,但是在实际开展的区角活动过程中仍然存在各方面的问题。

1 开展幼儿园区角活动的重要

目的与意义

1.1 区角活动促进幼儿的个性发展
幼儿园区角活动能够适应每个幼儿不同个性的发展,由于每个幼儿的个性特点,能力倾向,原有经验等多方面都有所不同。区角活动自由自选自发性等特点为幼儿个性发展提供可能。区角活动与传统的教学模式不同,将区域大概分为角色区,建构区,表演区,益智区,娃娃家,美工区等几个大类。

1.2 提高幼儿的主观选择能动性
实施幼儿园区角活动的具体过程,就是幼儿和老师之间展开的有效沟通。对于教师而言,只有时时刻刻将幼儿作为活动的主体,并对他们开展的活动进

行合理指导,才能培养幼儿的动手能力。其中,最具有现代化意义的就是,极大地提高了幼儿的主观选择能动性。

2 幼儿园区角活动开展的策略

2.1 对幼儿园区角活动的环境展开科学设置

幼儿园区角活动环境的设置,不仅仅是确保区角活动顺利实施的前提条件,同样还是创设优良环境的基础。这就需要合理科学规划活动区角的范围,比如舞蹈区、休息区以及活动区等。为最大限度地提高幼儿园的空间使用率,进而可以为幼儿构建出一个可以自由自在活动的场所,必须要注意以下几点:

2.1.1 需要考虑幼儿的需求

[2]周希朗.电磁场[M].电子工业出版社,2008.

[3]郭瑜,虞致国.电磁场与电磁波仿真实验教学研究[J].无锡职业技术学院学报,2018,17(02):33-36.

[4]贾晋辉.电磁场与电磁波在电子通信技术中的应用[J].军民两用技术与产品,2016,(14):71.

[5]胡章迪.电磁场与电磁波在电子通信技术中的应用[J].科技风,2015,12(20):116.

[6]王福谦.方同轴线中的TEM波及其特性阻抗[J].长治学院学报,2013,(02):20-22.

[7]姚虹.非理想导体同轴线中的电

磁场和能流密度[J].内蒙古科技与经济,2007,(22):92-93.

[8]王福谦.内方外圆同轴传输线中TEM波的场结构及其特性阻抗[J].山西大学学报:自然科学版,2013,36(3):410-415.

[9]李庆和.射频同轴电缆特性阻抗的辨析[J].光纤与电缆及其应用技术,2017,(1):1-4.

[10]周军霞.同轴电缆特性阻抗测试方法及应用研究[J].机电工程技术,2010,39(6):35-38.

[11]骆新江,张忠海.同轴特性阻抗电磁场综合实验[J].实验室研究与探索,2019,38(11):5-10.

[12]杨显清,赵家升,王园.电磁场与

电磁波[M].国防工业出版社,2003.

[13]项晟皓.绝缘电阻测试的分析研究[J].北京汽车,2019,(1):3-7.

[14]张厚.电磁场与电磁波及其应用[M].西安电子科技大学出版社,2012.

[15]曹祥玉,高军,曾越胜,等.电磁场与电磁波[M].西安电子科技大学出版社,2007.

[16]谢处方,饶克谨.电磁场与电磁波(第四版)[M].高等教育出版社,2006.

作者简介:

杨淑敏(1981—),汉族,女,山东莘县人,喀什大学物理与电气工程学院,副教授,物理学教育。