

文章编号:1007-6492(1999)03-0066-03

太阳能医疗器聚光曲面设计

杨满香

(郑州工业大学能源研究室,河南 郑州 450002)

摘 要:根据旋转抛物面原理设计太阳能医疗器聚光曲面,用于人体医疗与保健.聚光曲面设计的基本方程为抛物线方程式和旋转抛物面方程式.计算内容包括:各代表点与代表点矢量计算;相关夹角计算;边框理论厚度计算;开口面积计算.通过计算为制造工艺提供了基本的加工数据.

关键词:太阳能医疗器;旋转抛物面;聚光反射面

中图分类号:TK 513.1 **文献标识码:**A

0 引言

太阳能聚光医疗是疗效较佳的光疗法,它的光谱波长在 $0.38 \sim 2.8 \mu\text{m}$ 之间,符合人体治疗疾病和保健的要求,这种自然的光谱是人类赖以生存的基本要素.

太阳能聚光医疗器的类型可分为:反射点聚光、反射线聚光、透射式聚光.

太阳能聚光医疗器的反射曲面根据菲涅尔原理或旋转抛物面原理,设计时将“理论曲面”作为基面,在基面上贴反光材料,形成聚光反射面,汇聚太阳能辐射,加大能量密度,照射人体病变部位或经络穴位,以达到防病治病的效果.本文以旋转抛物面为理论依据的因聚光医疗器最适用,以下介绍其反射曲面的设计计算.

1 设计条件

理论基面的设计利用旋转抛物面反射聚光原理.基面反光材料采用镀铝或镀银玻璃(小镜片).形状为矩形,数量取49片.小镜片反光的重叠数 n' 与“理论曲面”上贴的小镜片数 n 的比值称为反射光重叠率 $N = \frac{n'}{n}$, n' 值的大小直接影响升温速率和最高平衡温度.据试验研究得知,冬季晴朗天气下,以 $n = 49$ 片, $n' = 20 \sim 35$ 为宜;夏季温度较高,可调节照射距离,即大于或小于焦距 f ,使焦斑散光,取焦距 $f = 800 \text{ mm}$,应符合人机工效要求.

2 理论基面形成原理

旋转抛物面有两种形成方法——旋转法和平移法.旋转法以抛物线为母线,绕 z 轴旋转而成.本文介绍的是平移法,母线沿导线平移便形成旋转抛物面.反射曲面是旋转抛物面的一部分,导线与母线为参数全同的抛物线.母线所在平面与导线垂直.

2.1 抛物线方程式

在 (oxz) 坐标系,导线抛物线为

$$x^2 = 4fz; \quad (1)$$

在 (oyz) 坐标系,母线抛物线为

$$y^2 = 4fz. \quad (2)$$

2.2 旋转抛物面方程式

在 $(oxyz)$ 坐标系:

$$x^2 + y^2 = 4fz. \quad (3)$$

式(1),(2),(3)中, $f = 800 \text{ mm}$.

平行于 z 轴的平面与旋转抛物面的交线为与母线参数完全相同的抛物线.

3 抛物线放大样的坐标计算

由式(1)得

$$z = \frac{1}{4f}x^2 = \frac{1}{3200}x^2, \quad (4)$$

式中: $f = 800 \text{ mm}$; $x \in [0, 415]$, 步长为5.

抛物线放大样的计算值见表1.

收稿日期:1999-04-16;修订日期:1999-06-18

作者简介:杨满香(1947-),女,河南省开封市人,郑州工业大学工程师,主要从事新能源及节能技术方面的研究.

表1 抛物放大样的坐标计算值

$x:z$	$x:z$
10:0.0313	⋮
20:0.1250	310:30.0313
30:0.2813	320:32.0000
40:0.5000	330:34.0313
50:0.7813	340:36.1250
60:1.1250	350:38.2813
70:1.5313	360:40.5000
80:2.0000	370:42.7813
90:2.5313	380:45.1250
100:3.1250	390:47.5313
110:3.7813	400:50.0000
120:4.5000	410:52.5313
⋮	420:55.1250

4 导线和母线的坐标参数确定

导线和母线的坐标参数见图1。为了避免在使用医疗器照射时人体的影像遮挡反射面,导线的 x 坐标参数应避免原点附近,根据经验取距原点距离120 mm,使反射曲面形成“偏轴聚焦”,反射曲面示意图见图2。

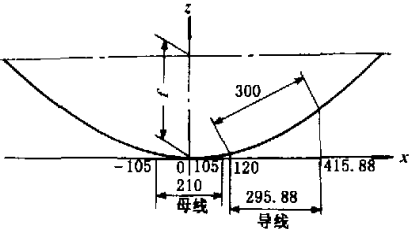


图1 旋转抛物面导线和母线坐标示意图

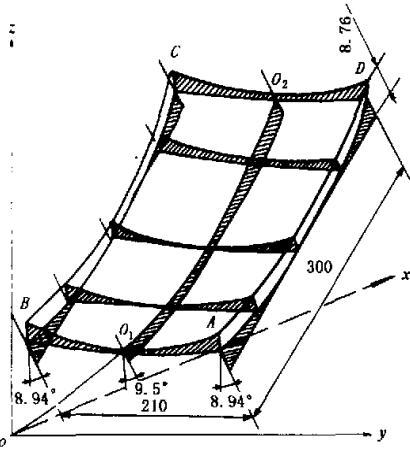


图2 反射曲面示意图

将 $f=800\text{ mm}$ 代入式(3),得方程 $x^2+y^2=3200z$,计算出以下抛物线段的 x 和 z 取值区间

及 y, z 的取值取值区间。

导线-抛物线段 $\begin{cases} O_1O_2 \\ AD \\ BC \end{cases}$

可得: $\begin{cases} x \in [120, 415.88], \\ z \in [4.5, 54.05] \end{cases}$ 。

母线-抛物线段 $\begin{cases} AB \\ CD \end{cases}$

可得: $\begin{cases} y \in [105, 105], \\ z \in [0, 3.45] \end{cases}$ 。

5 反射曲面结构参数计算^[2]

5.1 结构代表点的坐标

由式(1)得 $y = \sqrt{3200z - x^2}$;

x, z 值为已知,代入上式,计算出各代表点的坐标值:

- $O_1 = (120, 0, 4.5)$;
- $O_2 = (415.88, 0, 54.05)$;
- $A = (120, 105, 7.95)$;
- $B = (120, -105, 7.95)$;
- $C = (415.88, +105, 54.49)$;
- $D = (415.88, -105, 54.49)$ 。

5.2 几个矢量及模

矢量计算:

$$\begin{aligned} \overrightarrow{O_1O_2} &= (295.88, 0, 49.55) \\ \overrightarrow{AB} &= (0, -210, 0) \\ \overrightarrow{CD} &= (0, 210, 0) \\ \overrightarrow{AD} &= (295.88, 0, 46.55) \\ \overrightarrow{BC} &= (295.88, 0, 46.55) \\ |\overrightarrow{AB}| &= |\overrightarrow{CD}| = 210 \\ |\overrightarrow{AD}| &= |\overrightarrow{BC}| = 300 \end{aligned}$$

5.3 相关夹角计算

反射曲面 $ABCD$ 成型过程中,母线 AB 沿导线 O_1O_2 平移,母线所在平面与 oyz 面保持平行,与 O_1O_2 的法线方向始终存在一夹角 β_1 ,与 AD, BC 的法线方向的夹角为 β_2 。在制作中, β_1, β_2 称为工艺角。

β_1 角为 $\overrightarrow{O_1O_2}$ 与 oxy 面的夹角,由矢量 $\overrightarrow{O_1O_2}$ 的 x 和 z 的坐标值可直接计算。

$$\tan \beta_1 = \frac{49.49}{295.88}, \beta_1 = 9.496^\circ \approx 9.5^\circ$$

β_2 角为平面 $ABCD$ 与 oxy 面的夹角,由矢量 \overrightarrow{AD} 的 x 和 z 坐标值可直接计算

$$\tan \beta_2 = \frac{46.55}{295.88}, \beta_2 = 8.941^\circ \approx 8.9^\circ$$

5.4 以平面 $ABCD$ 为基面, 计算边框理论厚度^[3]

曲面上距平面 $ABCD$ 的最大距 H_{\max} , 即为边框理论厚度.

5.4.1 平面 $ABCD$ 的法向矢量 \mathbf{n} 及模

$$\mathbf{n} = \overrightarrow{AB} \times \overrightarrow{AD} =$$

$$\begin{pmatrix} -210 & 0 & 0 \\ 0 & 46.55 & 46.55 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 295.88 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -210 \\ 295.88 & 0 \end{pmatrix} = (9775.25, 0, 62134.8);$$

$$|\mathbf{n}| = \sqrt{x_n^2 + y_n^2 + z_n^2} = 62899.04.$$

5.4.2 计算 H_{\max}

用拉格朗日乘数法求解.

取平面 BAD 上任一点 K , 如取 $K = D$.

$$K = D(x_K, y_K, z_K) = D(415.88, 105.54, 49)$$

目标函数

$$H_{\max} = |x_n(x_D - x_K) + y_n(y_D - y_K) + z_n(z_D - z_K)| / |\mathbf{n}|;$$

约束函数

$$x^2 + y^2 - 4fz = \varphi(x, y, z);$$

建立方程

$$F(x, y, z) = f(x, y, z) + \lambda \varphi(x, y, z).$$

式中: λ 为拉格朗日系数.

对方程求偏导, 建联立方程, 解之得

$$\lambda = \frac{|z_n|}{4f|\mathbf{n}|} = 3.087 \times 10^{-4};$$

$$x_D = \frac{|x_n|}{2N|\mathbf{n}|} = 251.717 \text{ mm};$$

$$y_D = 0 \text{ mm};$$

$$z_D = \frac{x^2 + y^2}{4f} = 19.800 \text{ mm};$$

$$H_{\max} = 8.759 \text{ mm}.$$

5.4.3 开口面积

$$S_{ABCD} = |\overrightarrow{AB}| \times |\overrightarrow{AD}|$$

$$= 3.00 \text{ dm} \times 2.10 \text{ dm} = 6.3 \text{ dm}^2$$

6 标称功率计算

$$P = \eta_{\text{光}} I \cdot S_{ABCD}$$

$$= 0.71 \times 700 \text{ W/m}^2 \times 0.063 \text{ m}^2$$

$$= 31.311 \text{ W},$$

式中: $\eta_{\text{光}}$ ——聚光曲面的光效率, 取 0.71;

I ——太阳直接辐照度, W/m^2 ;

P ——标称功率, W .

7 结束语

本文提出的太阳能医疗器聚光曲面的设计计算方法, 可为相关设计提供参考. 在此理论指导下制作的太阳能医疗器, 经临床试验证明, 疗效好, 易操作.

太阳能理疗不但能节约药品、节省电能, 且患者不受痛苦, 其经济、人环、社会效益显著, 尤其适用于缺医少药的广大农村地区. 如与其他医疗器具相结合, 其疗效更令人满意.

参考文献:

- [1] 陈晓夫. 太阳灶的设计原理及方法[J]. 太阳能, 1988(3): 18-19.
- [2] 马光援. 梯形四折叠箱式聚光灶曲面设计[A]. 李宗楠, 赵锡伟. 中国太阳能热利用进展[C]. 广州: 华南理工大学出版社, 1991. 337-340.
- [3] 王乐轩. 中国农村能源工程学[M]. 北京: 农业出版社, 1999. 480-494.

Spotlight Camber Design of Solar Energy Medical Apparatus

YANG Man - Xiang

(Energy Research Lab, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Spotlight camber of solar energy medical apparatus is designed to collect sunlight after the fashion of paraboloid. It is used for the purpose of remedy and health. The base formula used for design is parabola and revolutionary paraboloid the calculation analysis includes: all particular points and vectors, all particular angles, project areas. The calculation results provide reliable data for the manufacture.

Key words: solar energy medical apparatus; revolutionary paraboloid; spotlight camber