

$$\cos\theta = N \cdot S = \sin\beta\cos\gamma(\cos\delta\cos\omega\sin\phi - \sin\delta\cos\phi) + \sin\beta\sin\gamma\cos\delta\sin\omega + \cos\beta(\cos\delta\cos\omega\cos\phi + \sin\delta\sin\phi) \quad (4-36)$$

重新整理后为

$$\cos\theta = \sin\delta(\sin\phi\cos\beta - \cos\phi\sin\beta\cos\gamma) + \cos\delta(\cos\phi\cos\beta\cos\omega + \sin\phi\sin\beta\cos\gamma\cos\omega + \sin\beta\sin\gamma\sin\omega) \quad (4-37)$$

对于一个 $\gamma = 0$ 的朝南表面, 式 (4-37) 可简化为

$$\cos\theta = \sin(\phi - \beta)\sin\delta + \cos(\phi - \beta)\cos\delta\cos\omega \quad (4-38)$$

考虑如下特殊情况: 对于一个 $\beta = 0$ 的水平表面, 有

$$\cos\theta = \sin\phi\sin\delta + \cos\phi\cos\delta\cos\omega \quad (4-39)$$

在北极, $\phi = \pi/2$, 则有

$$\cos\theta = \sin\delta \quad (4-40)$$

在赤道上, $\phi = 0$, 则有

$$\cos\theta = \cos\delta\cos\omega \quad (4-41)$$

对于一个 $\beta = \pi/2$ 且 $\gamma = 0$ 的朝南垂直表面, 有

$$\cos\theta = -\cos\phi\sin\delta + \sin\phi\cos\delta\cos\omega \quad (4-42)$$

在北极, $\phi = \pi/2$, 则有

$$\cos\theta = \cos\delta\cos\omega \quad (4-43)$$

在赤道上, $\phi = 0$, 则有

$$\cos\theta = \sin\delta \quad (4-44)$$

尤其重要的是具有纬度倾角或 $\beta = \phi$ 的表面, 式 (4-38) 可极大简化为

$$\cos\theta = \cos\delta\cos\omega \quad (4-45)$$

由于 $\cos\delta$ 总是大于 0.93, 因此地球表面全年可获得很高的辐射能量。

4.3.4 每日直接太阳辐射能量

关于太阳时的一个重要应用就是计算在晴天地球表面上太阳直接辐射总量 H_D 。云层及太阳光散射的影响将在本书第 5 章中介绍。晴天时在垂直于太阳光的地球表面上, 功率为 $1\text{kW}/\text{m}^2$, 即 1h 内的总辐射能量为 $1\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。若太阳光与地球表面的倾角为 θ , 则辐射能量减少为 $\cos\theta \times 1\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。因此, 单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 的每日直接太阳辐射总量为对 $\cos\theta$ 的 24h 积分。

首先考虑北方温带地区朝南的一个垂直表面, 即 $\beta = \pi/2$, $\gamma = 0$ 。由式 (4-42) 可知

$$\cos\theta = \cos\delta\cos\omega\sin\phi - \sin\delta\cos\phi \quad (4-46)$$

在春分与秋分之间的日子, 只有当太阳位于天空南半部时, 太阳光才能照在朝南表面, 则每日直接太阳辐射总量 H_D ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$) 为

$$H_D = \frac{12}{\pi}\cos\delta\sin\phi \int_{-\omega_{ew}}^{\omega_{ew}} \cos\omega d\omega - \frac{24}{\pi}\omega_{ew}\sin\delta\cos\phi \quad (4-47)$$