间），然后基于这些新的 sigma point 计算出一个新的高斯分布（带有权重地计算出来），整个过程如图 4-8 所示[7]。

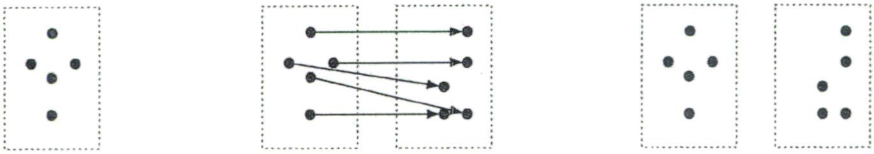

图 4-8　无损变换

4.3.4　预测

首先由一个高斯分布产生 sigma point 集合，假定状态的个数为 n，那么会产生 $2n+1$ 个 sigma point 采样点，其中第一个点就是当前状态的均值 μ，sigma point 采样点集的均值的计算公式为：

$$\chi^{[1]} = \mu$$

$$\chi^{[i]} = \mu + (\sqrt{(n+\lambda)P})_i, \quad i = 2, \cdots, n+1$$

$$\chi^{[i]} = \mu - (\sqrt{(n+\lambda)P})_{i-n}, \quad i = n+2, \cdots, 2n+1$$

其中的 λ 是一个超参数，根据公式，λ 越大，sigma point 就越远离分布的均值；λ 越小，sigma point 就越靠近分布的均值。需要注意的是，在 CTRV 模型中，状态数量 n 除了要包含 5 个状态以外，还要包含过程噪声 μ_a 和 μ_ω，因为这些过程噪声对模型也有着非线性影响。在增加了过程噪声的影响以后，不确定性矩阵 $\boldsymbol{P}$ 就变成了：

$$\boldsymbol{P} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{P}' & 0 \\ 0 & \boldsymbol{Q} \end{pmatrix}$$

其中，$\boldsymbol{P}'$ 就是原来的不确定性矩阵（在 CTRV 模型中就是一个 5×5 的矩阵），$\boldsymbol{Q}$ 是过程噪声的协方差矩阵，在 CTRV 模型中考虑到直线加速度和 $\boldsymbol{Q}$ 的形式为：

$$\boldsymbol{Q} = \begin{pmatrix} \sigma_a^2 & 0 \\ 0 & \sigma_\omega^2 \end{pmatrix}$$

其中的 σ_a^2、σ_ω^2 同上面讲述的一样。以上公式中还存在一个问题，即矩阵开平方根怎么计算的问题，同样情况下求得：

$$\boldsymbol{A} = \sqrt{\boldsymbol{P}}$$

其中，