

声学定位系统

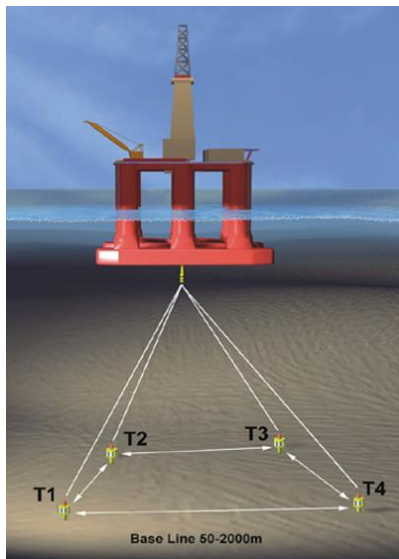


主讲人：奔粤阳

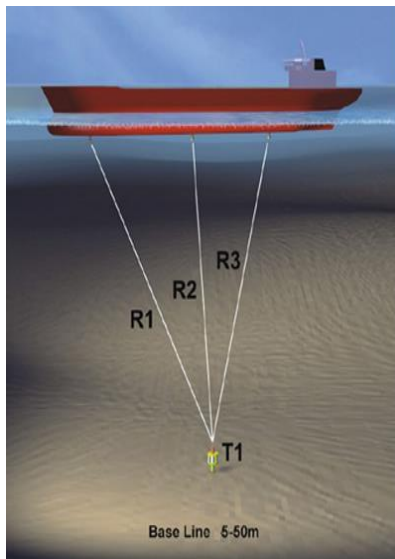
声学定位系统

➤ 声学定位系统概述

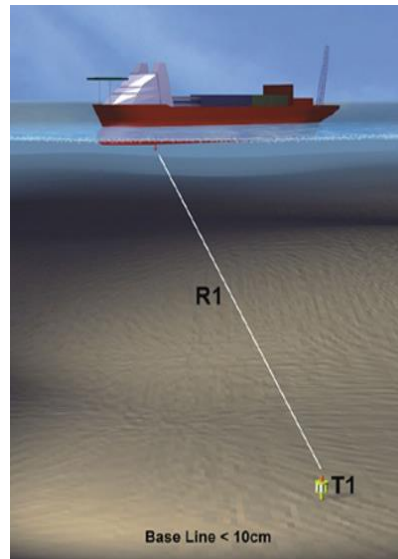
根据声基线距离或激发的声学单元距离分为：



长基线
Long Baseline



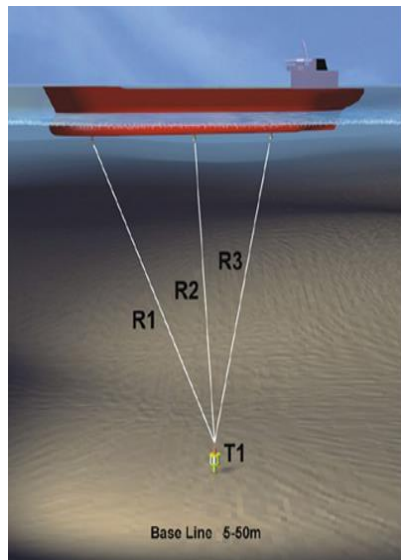
短基线
Short Baseline



超短基线
Ultra/Super Short Baseline

声学定位系统

➤ 短基线声学定位系统

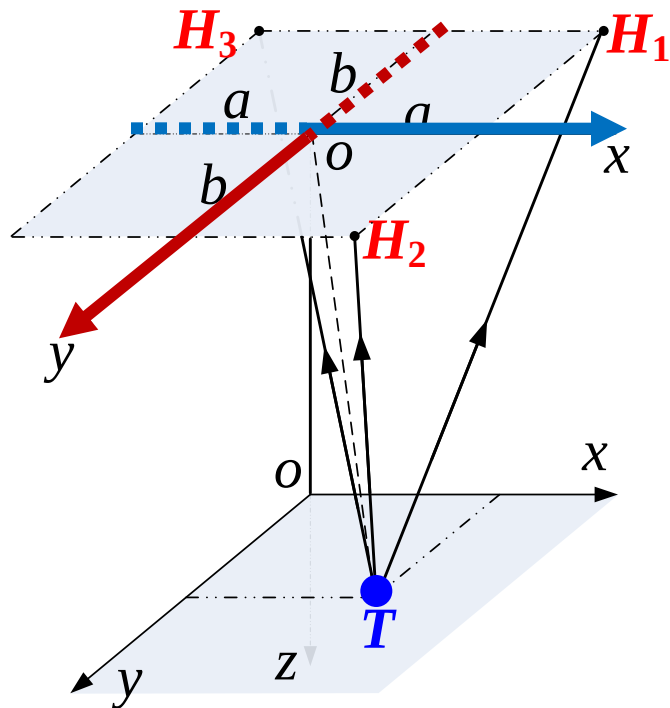


短基线

- 短基线水声定位系统因**基阵尺度小**而得名，由**三个以上**的水听器组成声基阵，水听器之间的距离一般**超过10cm**。
- 短基线水声定位系统可分布在**海底**，水听器接收的信号往往通过海底电缆传送到岸上处理，也可以将声基阵直接安装在船上。
- 短基线水声定位系统得到的是**信标或应答器**相对于**载体中心点的位置坐标**。

声学定位系统

➤ 短基线声学定位系统



$$\left\{ \begin{aligned} (x-a)^2 + (y+b)^2 + z^2 &= R_1^2 \\ (x-a)^2 + (y-b)^2 + z^2 &= R_2^2 \\ (x+a)^2 + (y+b)^2 + z^2 &= R_3^2 \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow (x, y, z)$$

$$x = \frac{(R_3^2 - R_1^2) + (R_4^2 - R_2^2)}{8a}$$
$$y = \frac{(R_1^2 - R_2^2) + (R_3^2 - R_4^2)}{8b}$$

$$z_1 = \sqrt{R_1^2 - (x-a)^2 - (y+b)^2}$$

$$z_2 = \sqrt{R_2^2 - (x-a)^2 - (y-b)^2}$$

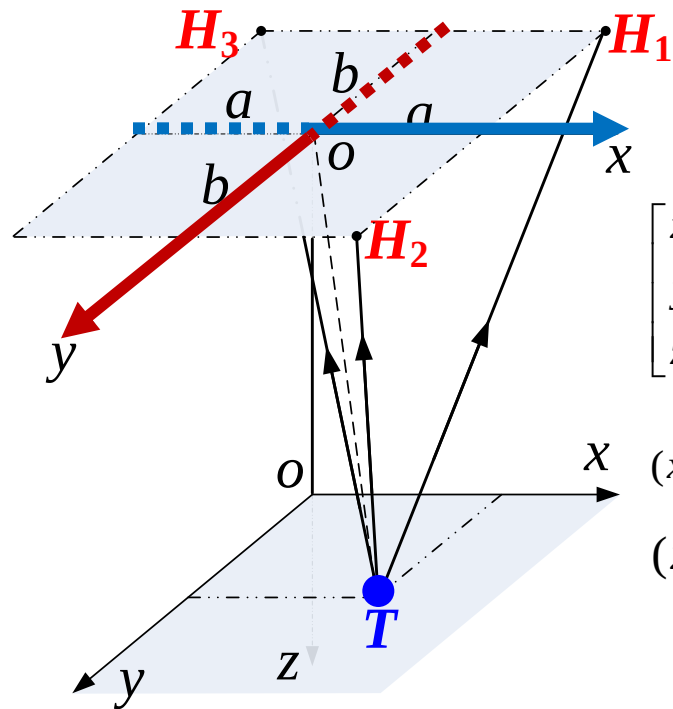
$$z_3 = \sqrt{R_3^2 - (x-a)^2 - (y+b)^2}$$

$$z_4 = \sqrt{R_4^2 - (x-a)^2 - (y-b)^2}$$

$$z = \frac{z_1 + z_2 + z_3 + z_4}{4}$$

声学定位系统

➤ 短基线声学定位系统



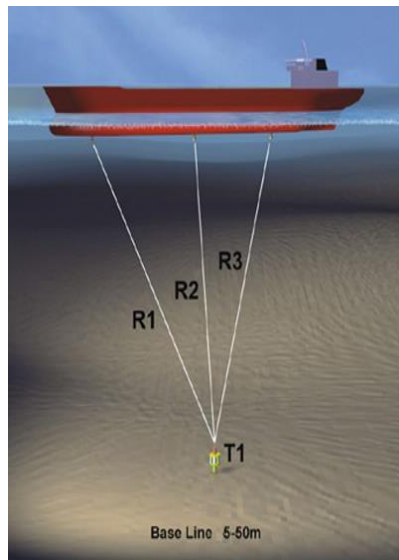
$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ z'_i \end{bmatrix}$$

(x'_i, y'_i, z'_i) 为第*i*号水听器在基阵坐标系中的位置坐标

(x_i, y_i, z_i) 为第*i*号水听器在地理坐标系中的位置坐标

声学定位系统

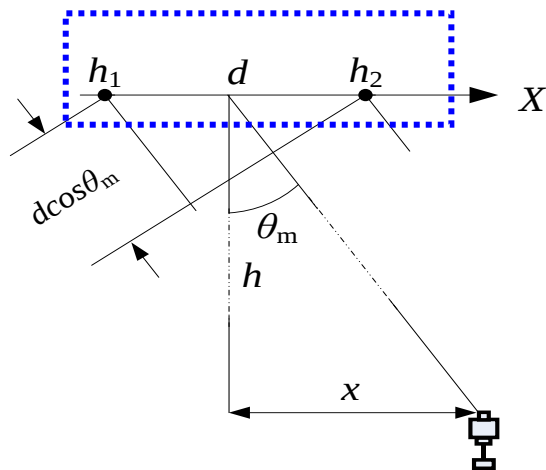
➤ 短基线声学定位系统特点



- 从实现方式和定位原理来看，体积小，安装简单，系统集成价格低，操作简单容易；
- 在深水测量要达到高精度，基线长度一般需要40m；
- 系统安装时，水听器的位置即声基阵需要严格校准。

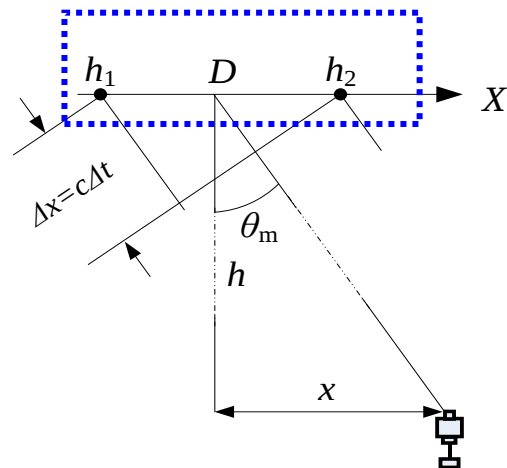
声学定位系统

➤ 超短基线声学定位系统



超短基线水声定位系统
测距离差原理

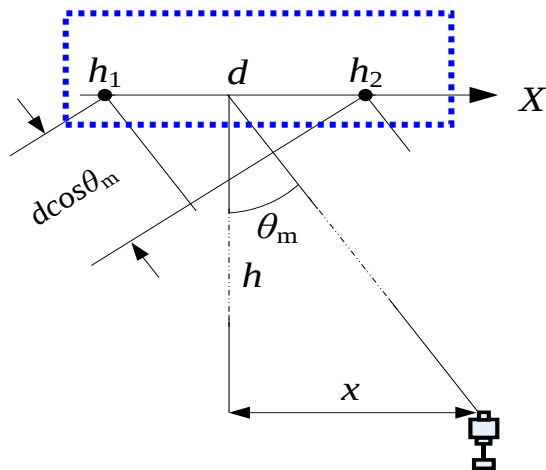
$$D \gg d$$



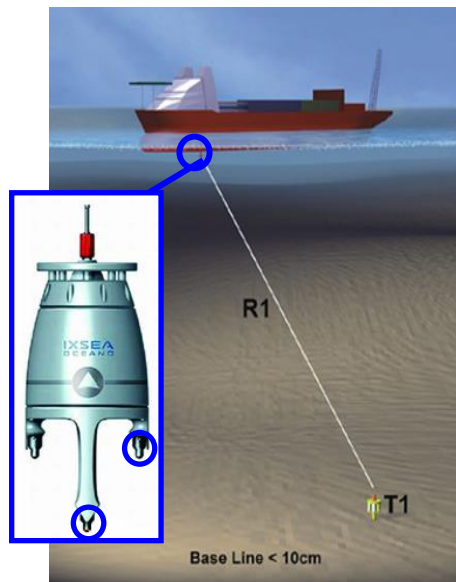
短基线水声定位系统
测距离差原理

声学定位系统

➤ 超短基线声学定位系统



超短基线水声定位系统
测距离差原理



基元 h_1 、 h_2 到应答器的距离差用相位差测量来测量：

$$d \cos \theta_m = \frac{\phi \lambda}{2\pi}$$

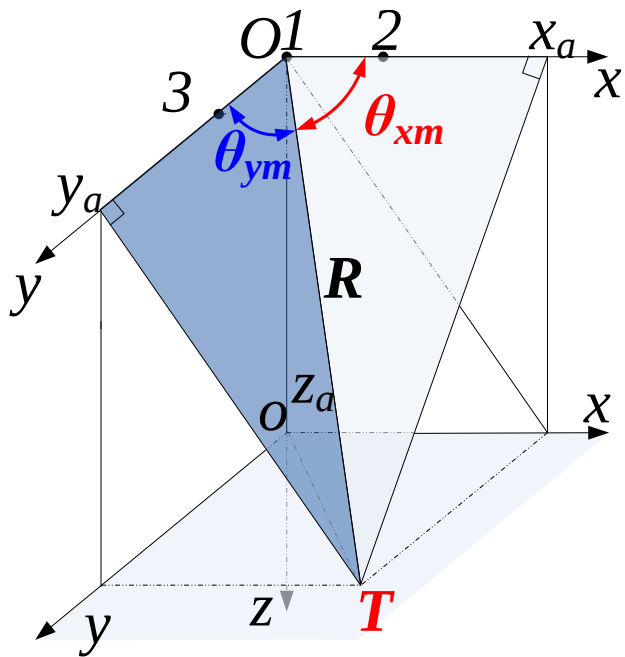
距离

相位差

波长

声学定位系统

超短基线声学定位系统



$$\theta_{xm} = \arccos\left(\frac{\lambda\phi_{12}}{2\pi d}\right)$$

$$\theta_{ym} = \arccos\left(\frac{\lambda\phi_{13}}{2\pi d}\right)$$

$$R^2 = x_a^2 + y_a^2 + z_a^2$$

$$x_a = R \cos \theta_{xm}$$

$$y_a = R \cos \theta_{ym}$$

相位差与入射角的关系 $\phi = \frac{2\pi d}{\lambda} \cos \theta_m$

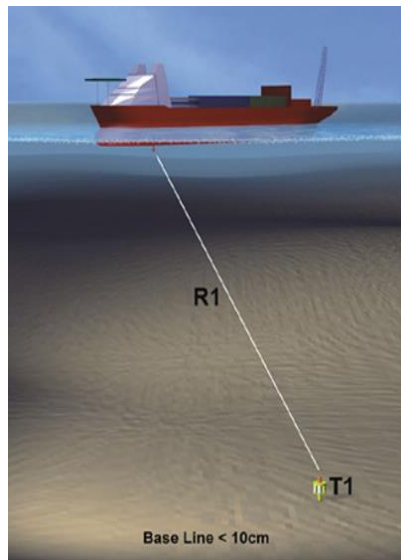
$$x_a = R \cos \theta_{xm}$$

$$y_a = R \cos \theta_{ym}$$

$$z_a = R\sqrt{1 - \cos^2 \theta_{xm} - \cos^2 \theta_{ym}}$$

声学定位系统

➤ 超短基线声学定位系统



优点:

- 低价的集成系统、操作简便容易;
- 只需要一个换能器, 安装方便;
- 高精度的测量精度。

缺点:

- 系统安装后的校准需要非常准确, 而这往往难以达到;
- 测量目标的绝对位置精度依赖于外围设备精度。

声学定位系统

➤ 超短基线声学定位系统



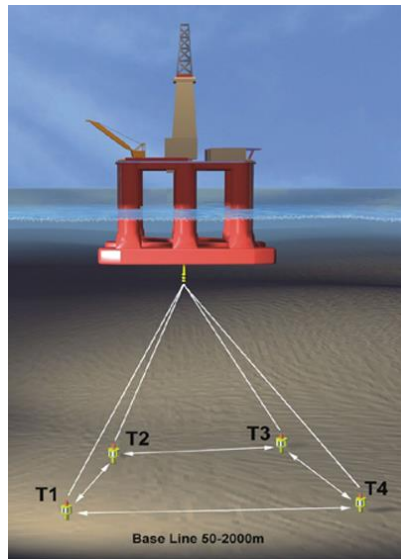
法国IXSEA GAPS系统



超短基线声学定位系统
+
光纤陀螺惯性导航系统
↓
全球声学惯性导航定位系统

声学定位系统

➤ 长基线声学定位系统

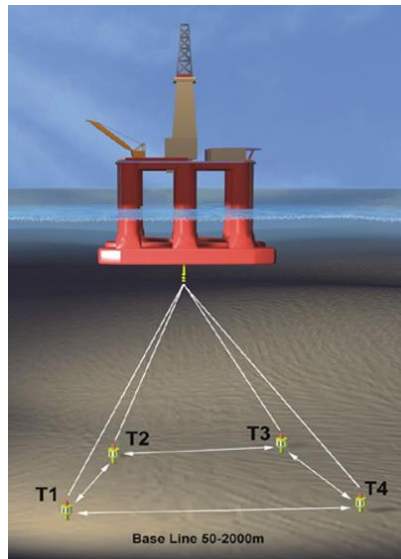


优点:

- 独立于水深值，具有较高的定位精度；
- 增加多余观测值；
- 对于面积的调查区域，可以得到非常高的相对定位精度；
- 环能器非常小，易于安装。

声学定位系统

➤ 长基线声学定位系统

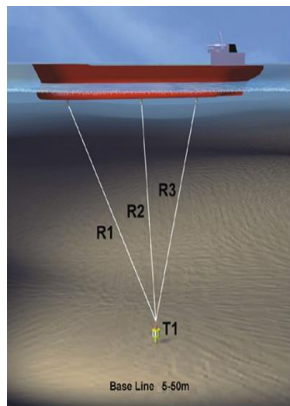


缺点:

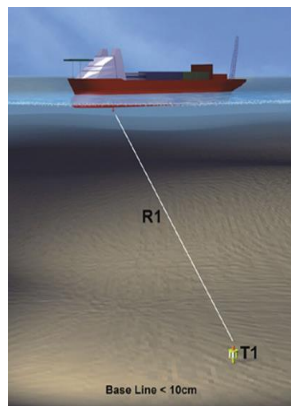
- 系统复杂，操作繁琐；
- 数量巨大的声基线，费用昂贵；
- 需要长时间布设和收回海底声基阵，需要详细对海底声基阵校准测量。

声学定位系统

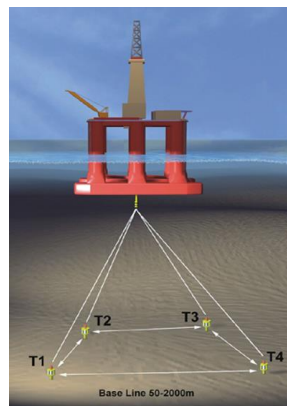
➤ 长基线声学定位系统



短基线
Short Baseline



超短基线
Ultra/Super Short Baseline

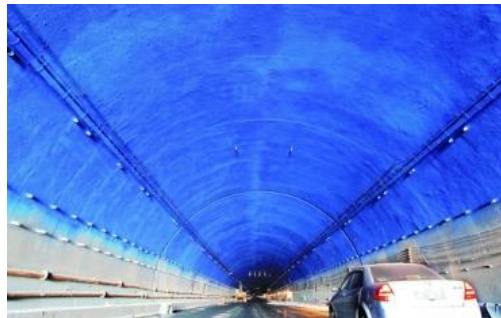


长基线
Long Baseline

- 安装在载体上;
- 确定的目标是海底信标或应答器。
- 利用海底应答器阵来确定载体的位置;
- 在局部海域对水下或水面载体进行精确导航定位。

声学定位系统

➤ 长基线声学定位系统应用



水下施工



海底电缆施工



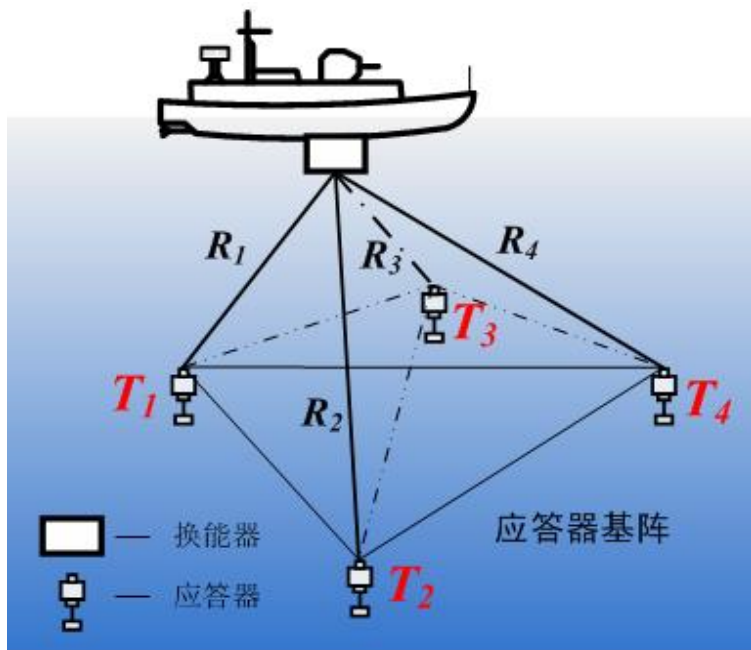
海上石油勘探



水下载体定位

声学定位系统

➤ 长基线声学定位系统



海底布设四个位置精确已知的应答器

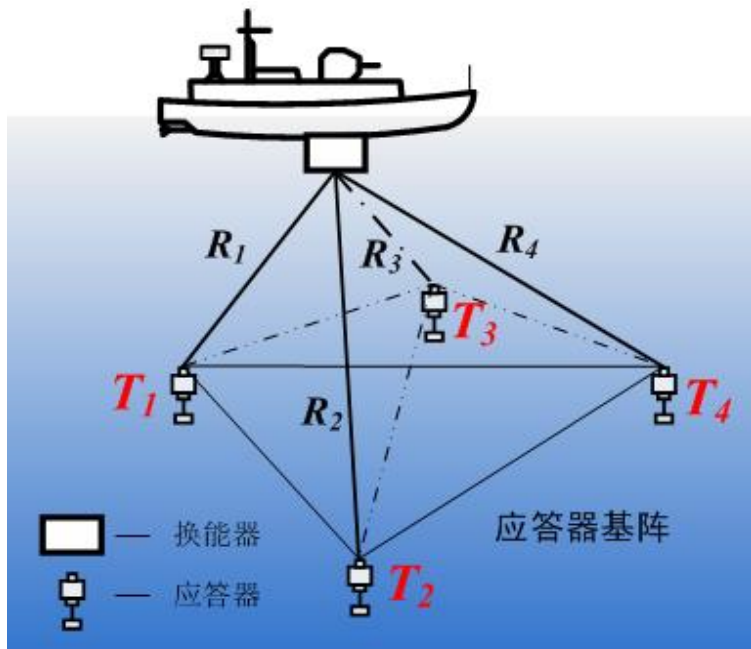
$T_1(x_1, y_1, z_1)$	$T_2(x_2, y_2, z_2)$
$T_3(x_3, y_3, z_3)$	$T_4(x_4, y_4, z_4)$

测量出换能器至应答器的斜距 R_1 —— R_4

$$\left. \begin{aligned} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 &= R_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 &= R_2^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 + (z - z_3)^2 &= R_3^2 \\ (x - x_4)^2 + (y - y_4)^2 + (z - z_4)^2 &= R_4^2 \end{aligned} \right\}$$

声学定位系统

➤ 长基线声学定位系统



$$\left\{\begin{aligned}(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2 &= R_1^2 \\(x-x_2)^2+(y-y_2)^2+(z-z_2)^2 &= R_2^2 \\(x-x_3)^2+(y-y_3)^2+(z-z_3)^2 &= R_3^2 \\(x-x_4)^2+(y-y_4)^2+(z-z_4)^2 &= R_4^2\end{aligned}\right.$$



$$\left\{\begin{aligned}-2(x_1-x_2)x-2(y_1-y_2)y-2(z_1-z_2)z &= (R_1^2-R_2^2)+(x_1^2-x_2^2)+(y_1^2-y_2^2)+(z_1^2-z_2^2) \\-2(x_2-x_3)x-2(y_2-y_3)y-2(z_2-z_3)z &= (R_2^2-R_3^2)+(x_2^2-x_3^2)+(y_2^2-y_3^2)+(z_2^2-z_3^2) \\-2(x_1-x_3)x-2(y_1-y_3)y-2(z_1-z_3)z &= (R_1^2-R_3^2)+(x_1^2-x_3^2)+(y_1^2-y_3^2)+(z_1^2-z_3^2) \\-2(x_1-x_4)x-2(y_1-y_4)y-2(z_1-z_4)z &= (R_1^2-R_4^2)+(x_1^2-x_4^2)+(y_1^2-y_4^2)+(z_1^2-z_4^2)\end{aligned}\right.$$



$$\left\{\begin{aligned}a_{11}x+a_{12}y+a_{13}z &= b_1 \\a_{21}x+a_{22}y+a_{23}z &= b_2 \\a_{31}x+a_{32}y+a_{33}z &= b_3 \\a_{41}x+a_{42}y+a_{43}z &= b_4\end{aligned}\right.$$