§1.3 行列式的展开

数学系　梁卓滨

2017 - 2018 学年 I

Outline of §1.3

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j-1} & a_{1j} & a_{1j+1} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i-11} & \dots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} & a_{i-1j+1} & \dots & a_{i-1n} \\ a_{i1} & \dots & a_{ij-1} & a_{ij} & a_{ij+1} & \dots & a_{in} \\ a_{i+11} & \dots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j} & a_{i+1j+1} & \dots & a_{i+1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj-1} & a_{nj} & a_{nj+1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，将元素 a_{ij} 所在的行和列划掉：

$$
\begin{vmatrix}
a_{11} & \cdots & a_{1j-1} & a_{1j} & a_{1j+1} & \cdots & a_{1n} \\
\vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
a_{i-11} & \cdots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} & a_{i-1j+1} & \cdots & a_{i-1n} \\
a_{i1} & \cdots & a_{ij-1} & a_{ij} & a_{ij+1} & \cdots & a_{in} \\
a_{i+11} & \cdots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j} & a_{i+1j+1} & \cdots & a_{i+1n} \\
\vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
a_{n1} & \cdots & a_{nj-1} & a_{nj} & a_{nj+1} & \cdots & a_{nn}
\end{vmatrix}
$$

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，将元素 a_{ij} 所在的行和列划掉：

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j-1} & a_{1j} & a_{1j+1} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i-11} & \dots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} & a_{i-1j+1} & \dots & a_{i-1n} \\ a_{i1} & \dots & a_{ij-1} & a_{ij} & a_{ij+1} & \dots & a_{in} \\ a_{i+11} & \dots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j} & a_{i+1j+1} & \dots & a_{i+1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj-1} & a_{nj} & a_{nj+1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，将元素 a_{ij} 所在的行和列划掉：

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j-1} & a_{1j} & a_{1j+1} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i-11} & \cdots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} & a_{i-1j+1} & \cdots & a_{i-1n} \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij-1} & a_{ij} & a_{ij+1} & \cdots & a_{in} \\ a_{i+11} & \cdots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j} & a_{i+1j+1} & \cdots & a_{i+1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj-1} & a_{nj} & a_{nj+1} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

所得的 $n-1$ 阶行列式称为 a_{ij} 的余子式。

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，将元素 a_{ij} 所在的行和列划掉：

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j-1} & a_{1j+1} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i-11} & \cdots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j+1} & \cdots & a_{i-1n} \\ & & & & & \\ a_{i+11} & \cdots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j+1} & \cdots & a_{i+1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj-1} & a_{nj+1} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

所得的 $n-1$ 阶行列式称为 a_{ij} 的余子式。

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，将元素 a_{ij} 所在的行和列划掉：

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j-1} & a_{1j} & a_{1j+1} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i-11} & \dots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} & a_{i-1j+1} & \dots & a_{i-1n} \\ a_{i1} & \dots & a_{ij-1} & a_{ij} & a_{ij+1} & \dots & a_{in} \\ a_{i+11} & \dots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j} & a_{i+1j+1} & \dots & a_{i+1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj-1} & a_{nj} & a_{nj+1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

所得的 $n-1$ 阶行列式称为 a_{ij} 的余子式。

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，将元素 a_{ij} 所在的行和列划掉：

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j-1} & a_{1j} & a_{1j+1} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i-11} & \dots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} & a_{i-1j+1} & \dots & a_{i-1n} \\ a_{i1} & \dots & a_{ij-1} & a_{ij} & a_{ij+1} & \dots & a_{in} \\ a_{i+11} & \dots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j} & a_{i+1j+1} & \dots & a_{i+1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj-1} & a_{nj} & a_{nj+1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

所得的 $n-1$ 阶行列式称为 a_{ij} 的余子式。而将

$$A_{ij} = (-1)^{i+j} M_{ij}$$

定义为元素 a_{ij} 的代数余子式。

余子式，代数余子式

在 n 阶行列式 D 中，将元素 a_{ij} 所在的行和列划掉：

$$M_{ij}=\begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j-1} & a_{1j} & a_{1j+1} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i-11} & \dots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} & a_{i-1j+1} & \dots & a_{i-1n} \\ a_{i1} & \dots & a_{ij-1} & a_{ij} & a_{ij+1} & \dots & a_{in} \\ a_{i+11} & \dots & a_{i+1j-1} & a_{i+1j} & a_{i+1j+1} & \dots & a_{i+1n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nj-1} & a_{nj} & a_{nj+1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

所得的 $n-1$ 阶行列式称为 a_{ij} 的余子式。而将

$$A_{ij}=(-1)^{i+j}M_{ij}$$

定义为元素 a_{ij} 的代数余子式。

注 余子式、代数余子式何时相等？

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

  $M_{32} =$

  代数余子式是 $A_{32} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

  $$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} =$$

  代数余子式是 $A_{32} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

$$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} =$$

代数余子式是 $A_{32} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

$$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} = -29$$

代数余子式是 $A_{32} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

$$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} = -29$$

代数余子式是 $A_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

$$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} = -29$$

代数余子式是 $A_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = 29$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

  $$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} = -29$$

  代数余子式是 $A_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = 29$

- 元素 $a_{13} = 4$ 的余子式是 $M_{13} =$

  代数余子式是 $A_{13} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

$$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} = -29$$

  代数余子式是 $A_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = 29$

- 元素 $a_{13} = 4$ 的余子式是 $M_{13} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} =$

  代数余子式是 $A_{13} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32}=-2$ 的余子式是

$$M_{32}=\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix}=-29$$

代数余子式是 $A_{32}=(-1)^{3+2}M_{32}=29$

- 元素 $a_{13}=4$ 的余子式是 $M_{13}=\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} 5 & -1 \\ 2 & -2 \end{vmatrix}=$

代数余子式是 $A_{13}=$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

  $$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} = -29$$

  代数余子式是 $A_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = 29$

- 元素 $a_{13} = 4$ 的余子式是 $M_{13} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & -1 \\ 2 & -2 \end{vmatrix} = -8$

  代数余子式是 $A_{13} =$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32}=-2$ 的余子式是

  $$M_{32}=\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix}=-29$$

  代数余子式是 $A_{32}=(-1)^{3+2}M_{32}=29$

- 元素 $a_{13}=4$ 的余子式是 $M_{13}=\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} 5 & -1 \\ 2 & -2 \end{vmatrix}=-8$

  代数余子式是 $A_{13}=(-1)^{1+3}M_{13}=$

例子

例 行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix}$ 中

- 元素 $a_{32} = -2$ 的余子式是

  $$M_{32} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -3 & 4 \\ 5 & 3 \end{vmatrix} = -29$$

  代数余子式是 $A_{32} = (-1)^{3+2} M_{32} = 29$

- 元素 $a_{13} = 4$ 的余子式是 $M_{13} = \begin{vmatrix} -3 & 10 & 4 \\ 5 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & -1 \\ 2 & -2 \end{vmatrix} = -8$

  代数余子式是 $A_{13} = (-1)^{1+3} M_{13} = -8$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}
$$

$$
- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}
$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32})$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}
$$

$$
- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}
$$

$$
= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31})
$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33}-a_{23}a_{32})-a_{12}(a_{21}a_{33}-a_{23}a_{31})+a_{13}(a_{21}a_{32}-a_{22}a_{31})$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11} \qquad\qquad - a_{12} \qquad\qquad + a_{13}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \qquad\qquad + a_{13}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \qquad\qquad + a_{13}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \qquad\qquad + a_{13}$$

$$= a_{11}M_{11}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}
$$

$$
- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}
$$

$$
= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})
$$

$$
= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}
$$

$$
= a_{11}M_{11}
$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}$$

$$= a_{11}M_{11}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix}
a_{11} & a_{12} & a_{13} \\
a_{21} & a_{22} & a_{23} \\
a_{31} & a_{32} & a_{33}
\end{vmatrix}
$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}$$

$$= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$\quad - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33}-a_{23}a_{32})-a_{12}(a_{21}a_{33}-a_{23}a_{31})+a_{13}(a_{21}a_{32}-a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12} + a_{13}M_{13}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}
$$

$$
- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}
$$

$$
= a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})
$$

$$
= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12} + a_{13}M_{13}
$$

$$
= a_{11}(-1)^{1+1}M_{11}
$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix}
a_{11} & a_{12} & a_{13} \\
a_{21} & a_{22} & a_{23} \\
a_{31} & a_{32} & a_{33}
\end{vmatrix}
$$

$$
\begin{aligned}
&= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} \\
&\quad - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31} \\
&= a_{11}(a_{22}a_{33}-a_{23}a_{32})-a_{12}(a_{21}a_{33}-a_{23}a_{31})+a_{13}(a_{21}a_{32}-a_{22}a_{31}) \\
&= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} \\
&= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12} + a_{13}M_{13} \\
&= a_{11}(-1)^{1+1}M_{11} + a_{12}(-1)^{1+2}M_{12}
\end{aligned}
$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}$$

$$- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}$$

$$= a_{11}(a_{22}a_{33}-a_{23}a_{32})-a_{12}(a_{21}a_{33}-a_{23}a_{31})+a_{13}(a_{21}a_{32}-a_{22}a_{31})$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12} + a_{13}M_{13}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}M_{11} + a_{12}(-1)^{1+2}M_{12} + a_{13}(-1)^{1+3}M_{13}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32}
$$

$$
- a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{13}a_{22}a_{31}
$$

$$
= a_{11}(a_{22}a_{33}-a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33}-a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32}-a_{22}a_{31})
$$

$$
= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}M_{11} - a_{12}M_{12} + a_{13}M_{13}
$$

$$
= a_{11}(-1)^{1+1}M_{11} + a_{12}(-1)^{1+2}M_{12} + a_{13}(-1)^{1+3}M_{13}
$$

$$
= a_{11}A_{11} + a_{12}A_{12} + a_{13}A_{13}
$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{13} & a_{13} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}M_{11} + a_{12}(-1)^{1+2}M_{12} + a_{13}(-1)^{1+3}M_{13}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{12}A_{12} + a_{13}A_{13}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 1 行展开：

$$\begin{vmatrix} \color{red}{a_{13}} & \color{red}{a_{13}} & \color{red}{a_{13}} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}M_{11} + a_{12}(-1)^{1+2}M_{12} + a_{13}(-1)^{1+3}M_{13}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{12}A_{12} + a_{13}A_{13}$$

行列式展开——以 3 阶为例

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{12} & a_{23} \\ a_{31} & a_{12} & a_{33} \end{vmatrix}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \color{red}{a_{12}} & a_{13} \\ a_{21} & \color{red}{a_{22}} & a_{23} \\ a_{31} & \color{red}{a_{32}} & a_{33} \end{vmatrix}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \color{red}{a_{12}} & a_{13} \\ a_{21} & \color{red}{a_{22}} & a_{23} \\ a_{31} & \color{red}{a_{32}} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12} \qquad\qquad + a_{22} \left| \qquad \right|$$

$$+ a_{32}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2} \begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix} + a_{22} \begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + a_{22}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
+ a_{32}(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}
$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{32}(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix}$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
+ a_{32}(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{12}(-1)^{1+2}M_{12} + a_{22}(-1)^{2+2}M_{22} + a_{32}(-1)^{3+2}M_{23}
$$

行列式展开——以 3 阶为例

3 阶行列式按第 2 列展开：

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & \color{red}{a_{12}} & a_{13} \\ a_{21} & \color{red}{a_{22}} & a_{23} \\ a_{31} & \color{red}{a_{32}} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{12}(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{22}(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}
$$

$$
+ a_{32}(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{12}(-1)^{1+2}M_{12} + a_{22}(-1)^{2+2}M_{22} + a_{32}(-1)^{3+2}M_{23}
$$

$$
= a_{12}A_{12} + a_{22}A_{22} + a_{23}A_{23}
$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} \color{red}{a_{11}} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ \color{red}{a_{21}} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ \color{red}{a_{31}} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ \color{red}{a_{41}} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} \color{red}{a_{11}} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ \color{red}{a_{21}} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ \color{red}{a_{31}} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ \color{red}{a_{41}} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11} \qquad + a_{21} \qquad + a_{31} \qquad + a_{41}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21} \qquad + a_{31} \qquad + a_{41}$$

4 阶行列式按第 1 列展开:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31} \qquad + a_{41}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} \color{red}{a_{11}} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ \color{red}{a_{21}} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ \color{red}{a_{31}} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ \color{red}{a_{41}} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} \\ \\ \\ \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$
\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}
$$

$$
= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{vmatrix}
$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1} \begin{vmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{31}(-1)^{3+1}\begin{vmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1} \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{31}(-1)^{3+1} \begin{vmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{31}(-1)^{3+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{31}(-1)^{3+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{41}(-1)^{4+1}\begin{vmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{vmatrix}$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$
\begin{vmatrix}
a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\
a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\
a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\
a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44}
\end{vmatrix}
$$

$$
= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}
$$

$$
= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix}
a_{22} & a_{23} & a_{24} \\
a_{32} & a_{33} & a_{34} \\
a_{42} & a_{43} & a_{44}
\end{vmatrix}
+ a_{21}(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}
a_{12} & a_{13} & a_{14} \\
a_{32} & a_{33} & a_{34} \\
a_{42} & a_{43} & a_{44}
\end{vmatrix}
$$

$$
+ a_{31}(-1)^{3+1}\begin{vmatrix}
a_{12} & a_{13} & a_{14} \\
a_{22} & a_{23} & a_{24} \\
a_{42} & a_{43} & a_{44}
\end{vmatrix}
+ a_{41}(-1)^{4+1}\begin{vmatrix}
 & & \\
 & & \\
 & &
\end{vmatrix}
$$

4 阶行列式按第 1 列展开：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31} + a_{41}A_{41}$$

$$= a_{11}(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{21}(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}$$

$$+ a_{31}(-1)^{3+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{41}(-1)^{4+1}\begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \end{vmatrix}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行

$$a_{i1} \qquad a_{i2} \qquad \cdots \quad a_{in}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$a_{i1} \qquad a_{i2} \qquad \cdots \qquad a_{in}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$a_{i1}A_{i1} \quad a_{i2}A_{i2} \quad \cdots \quad a_{in}A_{in}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

类似地，取第 j 列

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

类似地，取第 j 列

$$a_{1j} \qquad a_{2j} \qquad \cdots \qquad a_{nj}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

类似地，取第 j 列，我们有行列式按列展开公式

$$a_{1j} \qquad a_{2j} \qquad \cdots \quad a_{nj}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

类似地，取第 j 列，我们有行列式按列展开公式

$$a_{1j}A_{1j} \quad a_{2j}A_{2j} \quad \cdots \quad a_{nj}A_{nj}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

类似地，取第 j 列，我们有行列式按列展开公式

$$a_{1j}A_{1j} + a_{2j}A_{2j} + \cdots + a_{nj}A_{nj}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

类似地，取第 j 列，我们有行列式按列展开公式

$$D = a_{1j}A_{1j} + a_{2j}A_{2j} + \cdots + a_{nj}A_{nj}$$

行列式展开展开定理

定理 对 n 阶行列式 D，取第 i 行，我们有行列式按行展开公式

$$D = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \cdots + a_{in}A_{in}$$

类似地，取第 j 列，我们有行列式按列展开公式

$$D = a_{1j}A_{1j} + a_{2j}A_{2j} + \cdots + a_{nj}A_{nj}$$

注 计算 n 阶行列式转化为计算 $n-1$ 阶行列式！

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \qquad\qquad 0 \qquad\qquad 1$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} \quad 0 \qquad\qquad 1$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} \quad 0 \cdot A_{22} \quad 1$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} \quad 0 \cdot A_{22} \quad 1 \cdot A_{23}$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\ 1 & 0 & 1\\ 2 & 5 & 7\end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 1\cdot A_{23}$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + 0\cdot(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + 1\cdot(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解

$$D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \qquad 1 \qquad 1$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11}$ 1 1

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} \quad 1 \cdot A_{12} \quad 1$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} \quad 1 \cdot A_{12} \quad 1 \cdot A_{13}$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} + 1 \cdot A_{12} + 1 \cdot A_{13}$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 1\cdot A_{23}$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0\cdot(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1\cdot(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1\cdot A_{11} + 1\cdot A_{12} + 1\cdot A_{13}$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + 1\cdot(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + 1\cdot(-1)^{1+3}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} + 1 \cdot A_{12} + 1 \cdot A_{13}$

$$= 1 \cdot (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} \quad \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} \quad \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} + 1 \cdot A_{12} + 1 \cdot A_{13}$

$$= 1 \cdot (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 9 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解
$$D = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 1\cdot A_{23}$$
$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0\cdot(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1\cdot(-1)^{2+3}\begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$
$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解
$$D = 1\cdot A_{11} + 1\cdot A_{12} + 1\cdot A_{13}$$
$$= 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 9 & 16 \end{vmatrix} + 1\cdot(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix} + 1\cdot(-1)^{1+3}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} + 1 \cdot A_{12} + 1 \cdot A_{13}$

$$= 1 \cdot (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 9 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} + 1 \cdot A_{12} + 1 \cdot A_{13}$

$$= 1 \cdot (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 9 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解

$$D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解

$$D = 1 \cdot A_{11} + 1 \cdot A_{12} + 1 \cdot A_{13}$$

$$= 1 \cdot (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 9 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 9 \end{vmatrix}$$

行列式展开例子

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix}$ 按第 2 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{21} + 0 \cdot A_{22} + 1 \cdot A_{23}$

$$= 1 \cdot (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} + 0 \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 4 & 2 \\ 2 & 7 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 5 \end{vmatrix}$$

$$= -11 + 0 - 14 = -25$$

例 将行列式 $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix}$ 按第 1 行展开，算出行列式

解 $D = 1 \cdot A_{11} + 1 \cdot A_{12} + 1 \cdot A_{13}$

$$= 1 \cdot (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 9 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 16 \end{vmatrix} + 1 \cdot (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 9 \end{vmatrix}$$

$$= 12 - 16 + 6 = 2$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\ 1 & 0 & 1\\ 2 & 5 & 7\end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\ 1 & 0 & 1\\ 2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & \\ 1 & 0 & \\ 2 & 5 & \end{vmatrix} =$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \overset{c_3-c_1}{=\!=\!=} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} =$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\ 1 & 0 & 1\\ 2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\ 1 & 0 & 0\\ 2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \overset{c_3-c_1}{=\!=\!=} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 4 & 3 & -2 \\ 1 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 5 \end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} \quad & \quad \\ \quad & \quad \end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\2 & 3 & 4\\4 & 9 & 16\end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\2 & 3 & 4\\4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix} 4 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 7 \end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 4 & 3 & -2 \\ 1 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 5 \end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 3 & -2 \\ 5 & 5 \end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 \\ 4 & 9 & 16 \end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix} 1 & & \\ 2 & & \\ 4 & & \end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\2 & 3 & 4\\4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix}1 & 0 & \\2 & 1 & \\4 & 5 & \end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\2 & 3 & 4\\4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\2 & 1 & 2\\4 & 5 & 12\end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\ 1 & 0 & 1\\ 2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\ 1 & 0 & 0\\ 2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\ 5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\ 2 & 3 & 4\\ 4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\ 2 & 1 & 2\\ 4 & 5 & 12\end{vmatrix} = 1\cdot A_{11} + 0\cdot A_{12} + 0\cdot A_{13}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\ 1 & 0 & 1\\ 2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\ 1 & 0 & 0\\ 2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\ 5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\ 2 & 3 & 4\\ 4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\ 2 & 1 & 2\\ 4 & 5 & 12\end{vmatrix} = 1\cdot A_{11} + 0\cdot A_{12} + 0\cdot A_{13}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\2 & 3 & 4\\4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\2 & 1 & 2\\4 & 5 & 12\end{vmatrix} = 1\cdot A_{11} + 0\cdot A_{12} + 0\cdot A_{13}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} & \\ & \end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\2 & 3 & 4\\4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\2 & 1 & 2\\4 & 5 & 12\end{vmatrix} = 1\cdot A_{11} + 0\cdot A_{12} + 0\cdot A_{13}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix}1 & 2\\5 & 12\end{vmatrix}$$

例 可利用行列式性质，将第 2 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再展开：

$$\begin{vmatrix}4 & 3 & 2\\1 & 0 & 1\\2 & 5 & 7\end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix}4 & 3 & -2\\1 & 0 & 0\\2 & 5 & 5\end{vmatrix} = 1\cdot A_{21} + 0\cdot A_{22} + 0\cdot A_{23}$$

$$= 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix}3 & -2\\5 & 5\end{vmatrix} = -25$$

练习 利用行列式的变换，将第 1 行化为 $\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}$，再按第一行展开：

$$\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\2 & 3 & 4\\4 & 9 & 16\end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} \begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\2 & 1 & 2\\4 & 5 & 12\end{vmatrix} = 1\cdot A_{11} + 0\cdot A_{12} + 0\cdot A_{13}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix}1 & 2\\5 & 12\end{vmatrix} = 2$$

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

图示：

$$\begin{vmatrix} * & * & * & * \\ * & * & a & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{vmatrix}$$

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

图示：

$$\begin{vmatrix} * & * & * & * \\ * & * & a & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & 0 & * \\ * & * & a & * \\ * & * & 0 & * \\ * & * & 0 & * \end{vmatrix}$$

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

图示：

$$\begin{vmatrix} * & * & * & * \\ * & * & a & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & 0 & * \\ * & * & a & * \\ * & * & 0 & * \\ * & * & 0 & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{展开}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & * \\ * & * & * \end{vmatrix}$$

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

图示：

$$\begin{vmatrix} * & * & * & * \\ * & * & a & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & 0 & * \\ * & * & a & * \\ * & * & 0 & * \\ * & * & 0 & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{展开}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & * \\ * & * & * \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{选择}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & b \\ * & * & * \end{vmatrix}$$

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

图示：

$$\begin{vmatrix} * & * & * & * \\ * & * & a & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & 0 & * \\ * & * & a & * \\ * & * & 0 & * \\ * & * & 0 & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{展开}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & * \\ * & * & * \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{选择}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & b \\ * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ 0 & 0 & b \\ * & * & * \end{vmatrix}$$

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

图示：

$$\begin{vmatrix} * & * & {\color{red}*} & * \\ * & * & {\color{red}a} & * \\ * & * & {\color{red}*} & * \\ * & * & {\color{red}*} & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & {\color{red}0} & * \\ * & * & {\color{red}a} & * \\ * & * & {\color{red}0} & * \\ * & * & {\color{red}0} & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{展开}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & * \\ * & * & * \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{选择}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ {\color{red}*} & {\color{red}*} & {\color{red}b} \\ * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ {\color{red}0} & {\color{red}0} & {\color{red}b} \\ * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{展开}} \begin{vmatrix} * & * \\ * & * \end{vmatrix}$$

行列式的计算方法 II：降阶法

1. 利用行列式性质，将某一行（或列）化为至多只有一个非零元素
2. 将行列式按该行（或列）展开，从而化为低阶行列式
3. 重复以上操作，直至化为 2 阶行列式

图示：

$$\begin{vmatrix} * & * & * & * \\ * & * & a & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & 0 & * \\ * & * & a & * \\ * & * & 0 & * \\ * & * & 0 & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{展开}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & * \\ * & * & * \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{选择}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ * & * & b \\ * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{运算}} \begin{vmatrix} * & * & * \\ 0 & 0 & b \\ * & * & * \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{展开}} \begin{vmatrix} * & * \\ * & * \end{vmatrix}$$

注 较之前"化行列式为三角行列式的方法"，更推荐降阶法，因为更灵活！

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal{c_3 - c_1}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal{c_3 - c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & & \\ 1 & 0 & & \\ 3 & -1 & & \\ 1 & 2 & & \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & \\ 1 & 0 & 0 & \\ 3 & -1 & -4 & \\ 1 & 2 & -1 & \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & \\ 1 & 0 & 0 & \\ 3 & -1 & -4 & \\ 1 & 2 & -1 & \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal{c_2-c_1}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal{c_2-c_1} -2 \begin{vmatrix} 1 & & \\ -1 & & \\ 2 & & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1\quad 0\quad 0\quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal{c_2-c_1} -2\begin{vmatrix} 1 & 0 & \\ -1 & -3 & \\ 2 & -3 & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -2\begin{vmatrix} 1 & 0 & \\ -1 & -3 & \\ 2 & -3 & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \overset{c_3-c_1}{\underset{c_4-2c_1}{=\!=\!=}} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \overset{c_2-c_1}{\underset{c_3-c_1}{=\!=\!=}} -2\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & -3 & -5 \\ 2 & -3 & -9 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1\quad 0\quad 0\quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -2\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & -3 & -5 \\ 2 & -3 & -9 \end{vmatrix} = -2\cdot$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -2 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & -3 & -5 \\ 2 & -3 & -9 \end{vmatrix} = -2\cdot 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} -3 & -5 \\ -3 & -9 \end{vmatrix}$$

暨南大學 JINAN UNIVERSITY

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -2\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & -3 & -5 \\ 2 & -3 & -9 \end{vmatrix} = -2\cdot 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} -3 & -5 \\ -3 & -9 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{r_2-r_1}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1\quad 0\quad 0\quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2 \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -2 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & -3 & -5 \\ 2 & -3 & -9 \end{vmatrix} = -2\cdot 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} -3 & -5 \\ -3 & -9 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{r_2-r_1} -2\cdot 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} -3 & -5 \\ 0 & -4 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix}$

提示 先化第二行为 $(1 \quad 0 \quad 0 \quad 0)$，再按第二行展开

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & -5 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-2c_1]{c_3-c_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -4 & -6 \\ 1 & 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{2+1}\begin{vmatrix} 2 & 2 & 2 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix}$$

$$= -2\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -4 & -6 \\ 2 & -1 & -7 \end{vmatrix} \xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -2\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & -3 & -5 \\ 2 & -3 & -9 \end{vmatrix} = -2\cdot 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} -3 & -5 \\ -3 & -9 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{r_2-r_1} -2\cdot 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} -3 & -5 \\ 0 & -4 \end{vmatrix} = -2\cdot(-3)\cdot(-4) = -24$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（提示 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （提示 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （提示 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \overset{r_2-2r_1}{=\!=\!=\!=} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ & & & \\ & & & \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ & & & \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ & & & \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} =$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{c_1+2c_2}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{c_1+2c_2} \begin{vmatrix} & -5 & \\ & -1 & \\ & -7 & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{c_1+2c_2} \begin{vmatrix} -3 & -5 & \\ 0 & -1 & \\ -7 & -7 & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （提示 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal[c_3+2c_2]{c_1+2c_2} \begin{vmatrix} -3 & -5 & \\ 0 & -1 & \\ -7 & -7 & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal[c_3+2c_2]{c_1+2c_2} \begin{vmatrix} -3 & -5 & 3 \\ 0 & -1 & 0 \\ -7 & -7 & -2 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal[c_3+2c_2]{c_1+2c_2} \begin{vmatrix} -3 & -5 & 3 \\ 0 & -1 & 0 \\ -7 & -7 & -2 \end{vmatrix} = (-1)\cdot$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal[c_3+2c_2]{c_1+2c_2} \begin{vmatrix} -3 & -5 & 3 \\ 0 & -1 & 0 \\ -7 & -7 & -2 \end{vmatrix} = (-1)\cdot(-1)^{2+2}\begin{vmatrix} -3 & 3 \\ -7 & -2 \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$ （**提示** 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \xlongequal[r_4-r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal[c_3+2c_2]{c_1+2c_2} \begin{vmatrix} -3 & -5 & 3 \\ 0 & -1 & 0 \\ -7 & -7 & -2 \end{vmatrix} = (-1)\cdot(-1)^{2+2} \begin{vmatrix} -3 & 3 \\ -7 & -2 \end{vmatrix}$$

$$= (-1)\cdot(6+21)$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix}$（提示 先化第一列为 $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$，再展开）

解

$$\begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 2 & 1 & -5 & 1 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 1 & 4 & -7 & 6 \end{vmatrix} \overset{r_2-2r_1}{\underset{r_4-r_1}{=\!=\!=}} \begin{vmatrix} 1 & -3 & 0 & -6 \\ 0 & 7 & -5 & 13 \\ 0 & 2 & -1 & 2 \\ 0 & 7 & -7 & 12 \end{vmatrix} = 1 \cdot (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 7 & -5 & 13 \\ 2 & -1 & 2 \\ 7 & -7 & 12 \end{vmatrix}$$

$$\overset{c_1+2c_2}{\underset{c_3+2c_2}{=\!=\!=}} \begin{vmatrix} -3 & -5 & 3 \\ 0 & -1 & 0 \\ -7 & -7 & -2 \end{vmatrix} = (-1) \cdot (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} -3 & 3 \\ -7 & -2 \end{vmatrix}$$

$$= (-1) \cdot (6 + 21) = -27$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-c_1]{c_3+c_1}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-c_1]{c_3+c_1} \begin{vmatrix} -3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \overset{c_3+c_1}{\underset{c_4-c_1}{=\!=\!=}} \begin{vmatrix} -3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\overset{\text{按第二行展开}}{=\!=\!=\!=}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-c_1]{c_3+c_1} \begin{vmatrix} -3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{\text{按第二行展开}} 1\cdot(-1)^{2+1}\cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & -5 \\ -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \overset{c_3+c_1}{\underset{c_4-c_1}{=\!=\!=}} \begin{vmatrix} -3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\overset{\text{按第二行展开}}{=\!=\!=\!=} 1 \cdot (-1)^{2+1} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & -5 \\ -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\overset{c_2-c_1}{\underset{c_3-c_1}{=\!=\!=}}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-c_1]{c_3+c_1} \begin{vmatrix} -3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{\text{按第二行展开}} 1\cdot(-1)^{2+1}\cdot\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & -5 \\ -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -6 \\ -2 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xlongequal[c_4-c_1]{c_3+c_1} \begin{vmatrix} -3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal{\text{按第二行展开}} 1\cdot(-1)^{2+1}\cdot\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & -5 \\ -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\xlongequal[c_3-c_1]{c_2-c_1} -\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -6 \\ -2 & 3 & 4 \end{vmatrix} = -\begin{vmatrix} 1 & -6 \\ 3 & 4 \end{vmatrix}$$

练习 计算行列式 $\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \overset{c_3+c_1}{\underset{c_4-c_1}{=\!=\!=}} \begin{vmatrix} -3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\overset{\text{按第二行展开}}{=\!=\!=\!=} 1 \cdot (-1)^{2+1} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & -5 \\ -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\overset{c_2-c_1}{\underset{c_3-c_1}{=\!=\!=}} -\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -6 \\ -2 & 3 & 4 \end{vmatrix} = -\begin{vmatrix} 1 & -6 \\ 3 & 4 \end{vmatrix} = -22$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \overset{r_2-2r_1}{=\!=\!=\!=}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \overset{r_2-2r_1}{=\!=\!=} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 0 & \lambda-4 & 1814 & -96 \\ & & & \\ & & & \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 0 & \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 0 & \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 0 & \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

$$= (\lambda-4) \begin{vmatrix} \lambda & 2 \\ 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 0 & \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

$$= (\lambda-4) \begin{vmatrix} \lambda & 2 \\ 2 & \lambda \end{vmatrix} = (\lambda-4)(\lambda^2-4)$$

练习 计算 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 2 & \lambda & 2014 & -90 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix} \xlongequal{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 100 & 3 \\ 0 & \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

$$= 1\cdot(-1)^{1+1} \begin{vmatrix} \lambda-4 & 1814 & -96 \\ 0 & \lambda & 2 \\ 0 & 2 & \lambda \end{vmatrix}$$

$$= (\lambda-4)\begin{vmatrix} \lambda & 2 \\ 2 & \lambda \end{vmatrix} = (\lambda-4)(\lambda^2-4) = (\lambda-4)(\lambda-2)(\lambda+2)$$