

Outline of §1.2

1. 行列式的基本性质——从二三阶行列式讲起
2. n 阶行列式的公理化定义
3. 四阶行列式的计算（初步）

We are here now...

1. 行列式的基本性质——从二三阶行列式讲起

2. n 阶行列式的公理化定义

3. 四阶行列式的计算（初步）

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

单位行列式：主对角线上元素为 1 其他元素为 0 的行列式

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

单位行列式：主对角线上元素为 1 其他元素为 0 的行列式

例 二阶 三阶
单位行列式 单位行列式

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

单位行列式：主对角线上元素为 1 其他元素为 0 的行列式

例 二阶单位行列式： $\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$ ； 三阶单位行列式：

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

单位行列式：主对角线上元素为 1 其他元素为 0 的行列式

例 二阶单位行列式： $\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$ ； 三阶单位行列式： $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$

行列式的规范性

主对角线：从左上角到右下角的对角线

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

副对角线：从右上角到左下角的对角线

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

单位行列式：主对角线上元素为 1 其他元素为 0 的行列式

例 二阶 单位行列式 : $\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$; 三阶 单位行列式 : $\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$

性质 1 (规范性) 单位行列式的值为 1。

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \qquad \begin{vmatrix} b_1 & a_1 & c_1 \\ b_2 & a_2 & c_2 \\ b_3 & a_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} b_1 & a_1 & c_1 \\ b_2 & a_2 & c_2 \\ b_3 & a_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} b_1 & a_1 & c_1 \\ b_2 & a_2 & c_2 \\ b_3 & a_3 & c_3 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} b_1 & a_1 & c_1 \\ b_2 & a_2 & c_2 \\ b_3 & a_3 & c_3 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_3 & b_3 & c_3 \\ a_2 & b_2 & c_2 \end{vmatrix}.$$

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} b_1 & a_1 & c_1 \\ b_2 & a_2 & c_2 \\ b_3 & a_3 & c_3 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_3 & b_3 & c_3 \\ a_2 & b_2 & c_2 \end{vmatrix}.$$

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} b_1 & a_1 & c_1 \\ b_2 & a_2 & c_2 \\ b_3 & a_3 & c_3 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_3 & b_3 & c_3 \\ a_2 & b_2 & c_2 \end{vmatrix}.$$

例 已知行列式 $\begin{vmatrix} 3 & 5 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = 7$ ，则 $\begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 3 & 5 \end{vmatrix} = \underline{\hspace{2cm}}$

行列式的反称性

性质 2（反称性） 行列式交换两行（列）后，它的值变号。

例

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} b_1 & a_1 & c_1 \\ b_2 & a_2 & c_2 \\ b_3 & a_3 & c_3 \end{vmatrix}; \quad \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_3 & b_3 & c_3 \\ a_2 & b_2 & c_2 \end{vmatrix}.$$

例 已知行列式 $\begin{vmatrix} 3 & 5 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = 7$ ，则 $\begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 3 & 5 \end{vmatrix} = \underline{-7}$

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3k \\ 0 & 5 & 4k \\ 1 & 6 & 3k \end{vmatrix} =$

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3k \\ 0 & 5 & 4k \\ 1 & 6 & 3k \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} =$

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3k \\ 0 & 5 & 4k \\ 1 & 6 & 3k \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28k$

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3k \\ 0 & 5 & 4k \\ 1 & 6 & 3k \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28k$

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -1 & 0 & 6 \end{vmatrix} = -58$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -3 & 0 & 18 \end{vmatrix} =$

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3k \\ 0 & 5 & 4k \\ 1 & 6 & 3k \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28k$

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -1 & 0 & 6 \end{vmatrix} = -58$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -3 & 0 & 18 \end{vmatrix} = 3 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -1 & 0 & 6 \end{vmatrix} =$

行列式的数乘性

性质 3 (数乘性) 行列式某行 (列) 每个元素都乘以 k 倍后, 它的值变为原来的 k 倍。

例

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

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3k \\ 0 & 5 & 4k \\ 1 & 6 & 3k \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = -28k$

例 已知 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -1 & 0 & 6 \end{vmatrix} = -58$, 则 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -3 & 0 & 18 \end{vmatrix} = 3 \cdot \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 0 & 5 \\ -1 & 0 & 6 \end{vmatrix} = -174$

行列式的可加性

性质 3（可加性） 若行列式 D_1 和 D_2 在某行（列）之外的其他元素都相同，则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行（列）的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和，其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

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

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 3 & 2 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 4 & 7 & -1 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 9 & 5 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix}$$

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

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

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 3 & 2 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 4 & 7 & -1 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 9 & 5 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix}$$

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 3 & 2 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 4 & 7 & -1 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 9 & 5 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix}$$

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 3 & 2 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 4 & 7 & -1 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 9 & 5 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix}$$

例

$$\begin{vmatrix} 13 & 3 & -1 \\ -2 & 8 & 0 \\ 4 & 7 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 13 & 3 & 21 \\ -2 & 8 & 9 \\ 4 & 7 & 2 \end{vmatrix} =$$

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 3 & 2 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 4 & 7 & -1 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 9 & 5 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix}$$

例

$$\begin{vmatrix} 13 & 3 & -1 \\ -2 & 8 & 0 \\ 4 & 7 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 13 & 3 & 21 \\ -2 & 8 & 9 \\ 4 & 7 & 2 \end{vmatrix} =$$

行列式的可加性

性质 3 (可加性) 若行列式 D_1 和 D_2 在某行 (列) 之外的其他元素都相同, 则两者之和等于另一个行列式 D 。其中 D 在该行 (列) 的元素等于 D_1 和 D_2 对应元素之和, 其他位置的元素与 D_1 和 D_2 相同。

例

$$\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 3 & 2 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 4 & 7 & -1 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 9 & 5 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix}$$

例

$$\begin{vmatrix} 13 & 3 & -1 \\ -2 & 8 & 0 \\ 4 & 7 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 13 & 3 & 21 \\ -2 & 8 & 9 \\ 4 & 7 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 13 & 3 & 20 \\ -2 & 8 & 9 \\ 4 & 7 & 4 \end{vmatrix}$$

行列式基本性质总结

规范性 单位行列式的值为 1

反称性 交换两行 (列) 后, 值变号

数乘性 某行 (列) 乘 k 倍, 值变 k 倍

可加性 两式仅一行 (列) 不同可相加

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中某行（列）所有元素都为零，则它的值为零

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中某行（列）所有元素都为零，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} =$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中某行（列）所有元素都为零，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = 0 \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} =$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中某行（列）所有元素都为零，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = 0 \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = 0$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中某行（列）所有元素都为零，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = 0 \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 0 & 9 \\ 1 & 0 & 3 \end{vmatrix} = \underline{\quad}$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中某行（列）所有元素都为零，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = 0 \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 2 & 0 & 5 \\ 7 & 0 & 9 \\ 1 & 0 & 3 \end{vmatrix} = \underline{0}$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \quad \underline{\underline{\text{交换 2,3 行}}}$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} -$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix},$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 7 & 9 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} =$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 7 & 9 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = 0$

推论 若行列式其中两行（列）对应元素成比例，则它的值为零

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 7 & 9 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = 0$

推论 若行列式其中两行（列）对应元素成比例，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} =$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 7 & 9 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = 0$

推论 若行列式其中两行（列）对应元素成比例，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} =$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 7 & 9 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = 0$

推论 若行列式其中两行（列）对应元素成比例，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 7 & 9 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = 0$

推论 若行列式其中两行（列）对应元素成比例，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 2 & 0 & 6 \\ 7 & 9 & 21 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} =$

行列式基本性质的推论

推论 若行列式其中两行（列）对应元素相同，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{交换 2,3 行}} - \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix}, \quad \therefore \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 7 & 9 & 6 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = 0$

推论 若行列式其中两行（列）对应元素成比例，则它的值为零

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ u & v & w \end{vmatrix} = 0$$

例如, $\begin{vmatrix} 2 & 0 & 6 \\ 7 & 9 & 21 \\ 1 & -1 & 3 \end{vmatrix} = 0$

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix}$$

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix}$$

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix}$$

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix} =$$

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} =$$

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix}$$

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix}$$

注意 两种等价的说法：

1. 行列式第 2 行乘以 k 倍加到第 3 行

行列式基本性质的推论

推论！ 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变。例如：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x + ku & y + kv & z + kw \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ ku & kv & kw \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a & b & c \\ u & v & w \\ x & y & z \end{vmatrix}$$

注意 两种等价的说法：

1. 行列式第 2 行乘以 k 倍加到第 3 行
2. 行列式第 3 行加上第 2 行的 k 倍

例 利用行列式的性质说明 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = 0$

例 利用行列式的性质说明 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = 0$

这是：

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 3 & 3 & 3 \end{vmatrix} =$$

例 利用行列式的性质说明 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = 0$

这是：

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 3 & 3 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \end{vmatrix} =$$

例 利用行列式的性质说明 $\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = 0$

这是：

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 3 & 3 & 3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \end{vmatrix} = 0$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 - 2r_2}$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 - 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & -3 \end{vmatrix}$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_3 - 2r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & -3 \end{vmatrix}$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 - 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{c_1 \leftrightarrow c_3}$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 - 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{c_1 \leftrightarrow c_3} \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 6 & 5 & 4 \\ -3 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 - 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{c_1 \leftrightarrow c_3} \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 6 & 5 & 4 \\ -3 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$

符号说明

行 (row) 变换记号

- $r_i \times k$ 表示第 i 行乘以 k 倍
- $r_i \leftrightarrow r_j$ 表示交换第 i 行和第 j 行
- $r_i + kr_j$ 表示第 i 行加上第 j 行的 k 倍

列 (column) 变换记号

- $c_i \times k$ 表示第 i 列乘以 k 倍
- $c_i \leftrightarrow c_j$ 表示交换第 i 列和第 j 列
- $c_i + kc_j$ 表示第 i 列加上第 j 列的 k 倍

例

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 - 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ -1 & -2 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{c_1 \leftrightarrow c_3} - \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 6 & 5 & 4 \\ -3 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$

练习 用行列式的性质证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

练习 用行列式的性质证明
$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

练习 用行列式的性质证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{C_2 - C_3}}}$$

练习 用行列式的性质证明
$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{c_2 - c_3}}} \begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

练习 用行列式的性质证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{c_2 - c_3}}} \begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\underline{\underline{c_1 - kc_2}}$$

练习 用行列式的性质证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{c_2 - c_3}}} \begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{c_1 - kc_2}}} \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

练习 用行列式的性质证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

证明

$$\begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 + c_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 + c_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 + c_3 & c_3 \end{vmatrix} \xrightarrow{c_2 - c_3} \begin{vmatrix} a_1 + kb_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 + kb_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 + kb_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \xrightarrow{c_1 - kc_2} \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

练习 用行列式的性质证明

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} = 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix}$$

=

$$= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
 = \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & 0 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & 0 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
 = \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & 0 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & 0 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
 = \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
 =$$

$$= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \\
= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \\
= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \\
= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & a_1 & b_1 \\ c_2 & a_2 & b_2 \\ c_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = \\
= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & a_1 & b_1 \\ c_2 & a_2 & b_2 \\ c_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & c_1 & b_1 \\ a_2 & c_2 & b_2 \\ a_3 & c_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
= 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned}
& \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix} \\
&= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
&= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
&= \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & a_1 & b_1 \\ c_2 & a_2 & b_2 \\ c_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & c_1 & b_1 \\ a_2 & c_2 & b_2 \\ a_3 & c_3 & b_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_1 & c_1 & b_1 \\ a_2 & c_2 & b_2 \\ a_3 & c_3 & b_3 \end{vmatrix} \\
&= \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}
\end{aligned}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & a_1 & b_1 \\ c_2 & a_2 & b_2 \\ c_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & c_1 & b_1 \\ a_2 & c_2 & b_2 \\ a_3 & c_3 & b_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_1 & c_1 & b_1 \\ a_2 & c_2 & b_2 \\ a_3 & c_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 + b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 + b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 + b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} b_1 + c_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 + c_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 + c_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & c_1 + a_1 & b_1 \\ c_2 & c_2 + a_2 & b_2 \\ c_3 & c_3 + a_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} b_1 & c_1 & a_1 \\ b_2 & c_2 & a_2 \\ b_3 & c_3 & a_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} c_1 & a_1 & b_1 \\ c_2 & a_2 & b_2 \\ c_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & c_1 & b_1 \\ a_2 & c_2 & b_2 \\ a_3 & c_3 & b_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_1 & c_1 & b_1 \\ a_2 & c_2 & b_2 \\ a_3 & c_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = 2 \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

We are here now...

1. 行列式的基本性质——从二三阶行列式讲起

2. n 阶行列式的公理化定义

3. 四阶行列式的计算（初步）

从二三阶行列式到 n 阶行列式

回忆二、三阶行列式的基本性质：

规范性 单位行列式的值为 1

反称性 交换两行 (列) 后，值变号

数乘性 某行 (列) 乘 k 倍，值变 k 倍

可加性 两式仅一行 (列) 不同可相加

从二三阶行列式到 n 阶行列式

回忆二、三阶行列式的基本性质：

规范性 单位行列式的值为 1

反称性 交换两行 (列) 后，值变号

数乘性 某行 (列) 乘 k 倍，值变 k 倍

可加性 两式仅一行 (列) 不同可相加

实际上， n 阶行列式也满足这些基本性质，而且由这些性质唯一确定。

n 阶行列式的定义

定义 记号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

表示对其中的 n 行 n 列的共 n^2 个元素 a_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$), 做运算得到一个数值。

n 阶行列式的定义

定义 记号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

表示对其中的 n 行 n 列的共 n^2 个元素 a_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$), 做运算得到一个数值。并且要求这种运算满足四个基本性质:

规范性、反称性、数乘性、可加性

n 阶行列式的定义

定义 记号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

表示对其中的 n 行 n 列的共 n^2 个元素 a_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$), 做运算得到一个数值。并且要求这种运算满足四个基本性质:

规范性、反称性、数乘性、可加性

则称上述记号为 n 阶行列式。

n 阶行列式的定义

定义 记号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

表示对其中的 n 行 n 列的共 n^2 个元素 a_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$), 做运算得到一个数值。并且要求这种运算满足四个基本性质:

规范性、反称性、数乘性、可加性

则称上述记号为 n 阶行列式。

注 满足 4 个基本性质的运算是存在、唯一!

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指, n 阶单位行列式的值应为 1。

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指, n 阶单位行列式的值应为 1。即

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{vmatrix} = 1$$

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指, n 阶单位行列式的值应为 1。即

$$\begin{vmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & \ddots \\ & & & & 1 \end{vmatrix} = 1$$

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指， n 阶单位行列式的值应为 1。即

$$\begin{vmatrix} 1 & & & & \\ & 1 & & & \\ & & 1 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & 1 \end{vmatrix} = 1$$

反称性 是指，交换行列式两行（列）后，行列式的值变号

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指, n 阶单位行列式的值应为 1。即

$$\begin{vmatrix} 1 & & & & \\ & 1 & & & \\ & & 1 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & 1 \end{vmatrix} = 1$$

反称性 是指, 交换行列式两行 (列) 后, 行列式的值变号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1t} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2t} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nt} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指, n 阶单位行列式的值应为 1。即

$$\begin{vmatrix} 1 & & & & \\ & 1 & & & \\ & & 1 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & 1 \end{vmatrix} = 1$$

反称性 是指, 交换行列式两行 (列) 后, 行列式的值变号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1t} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2t} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nt} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{C_s \leftrightarrow C_t}$$

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指, n 阶单位行列式的值应为 1。即

$$\begin{vmatrix} 1 & & & & \\ & 1 & & & \\ & & 1 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & 1 \end{vmatrix} = 1$$

反称性 是指, 交换行列式两行 (列) 后, 行列式的值变号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1t} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2t} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nt} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{C_s \leftrightarrow C_t} \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1t} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2t} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nt} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的规范性、反称性

规范性是指, n 阶单位行列式的值应为 1。即

$$\begin{vmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & \ddots \\ & & & & 1 \end{vmatrix} = 1$$

反称性 是指, 交换行列式两行 (列) 后, 行列式的值变号

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1t} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2t} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nt} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{c_s \leftrightarrow c_t} - \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1t} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2t} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nt} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的可加性

可加性，譬如（以行为例）

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{s1} & b_{s2} & \cdots & b_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{s1} & c_{s2} & \cdots & c_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的可加性

可加性，譬如（以行为例）

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{s1} & b_{s2} & \cdots & b_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{s1} & c_{s2} & \cdots & c_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的可加性

可加性，譬如（以行为例）

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{s1} & b_{s2} & \cdots & b_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{s1} & c_{s2} & \cdots & c_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$
$$= \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{s1}+c_{s1} & b_{s2}+c_{s2} & \cdots & b_{sn}+c_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的可加性

可加性，譬如（以行为例）

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{s1} & b_{s2} & \cdots & b_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{s1} & c_{s2} & \cdots & c_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$
$$= \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{s1}+c_{s1} & b_{s2}+c_{s2} & \cdots & b_{sn}+c_{sn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

注 对列也有类似可加性

n 阶行列式的数乘性

数乘性是指用数 k 乘行列式某行（列）每个元素，等于以数 k 乘此行列式

n 阶行列式的数乘性

数乘性是指用数 k 乘行列式某行（列）每个元素，等于以数 k 乘此行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & k a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & k a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & k a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的数乘性

数乘性是指用数 k 乘行列式某行（列）每个元素，等于以数 k 乘此行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & k a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & k a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & k a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

n 阶行列式的数乘性

数乘性是指用数 k 乘行列式某行（列）每个元素，等于以数 k 乘此行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & k a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & k a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & k a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

注 若行列式某行（列）全为零，则值为零。

n 阶行列式的数乘性

数乘性是指用数 k 乘行列式某行（列）每个元素，等于以数 k 乘此行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & k a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & k a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & k a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

注 若行列式某行（列）全为零，则值为零。如

$$\begin{vmatrix} 2 & 54 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 3 & 2 & -7 & 30 \\ 1 & -8 & 3 & 2 & 2 \\ 4 & 3 & 5 & 2 & -1 \end{vmatrix} =$$

n 阶行列式的数乘性

数乘性是指用数 k 乘行列式某行（列）每个元素，等于以数 k 乘此行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & k a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & k a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & k a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

注 若行列式某行（列）全为零，则值为零。如

$$\begin{vmatrix} 2 & 54 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 3 & 2 & -7 & 30 \\ 1 & -8 & 3 & 2 & 2 \\ 4 & 3 & 5 & 2 & -1 \end{vmatrix} = 0 \cdot \begin{vmatrix} 2 & 54 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 3 & 2 & -7 & 30 \\ 1 & -8 & 3 & 2 & 2 \\ 4 & 3 & 5 & 2 & -1 \end{vmatrix} =$$

n 阶行列式的数乘性

数乘性是指用数 k 乘行列式某行（列）每个元素，等于以数 k 乘此行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & k a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & k a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & k a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = k \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1s} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & \cdots & a_{2s} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{ns} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

注 若行列式某行（列）全为零，则值为零。如

$$\begin{vmatrix} 2 & 54 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 3 & 2 & -7 & 30 \\ 1 & -8 & 3 & 2 & 2 \\ 4 & 3 & 5 & 2 & -1 \end{vmatrix} = 0 \cdot \begin{vmatrix} 2 & 54 & 3 & 3 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & 3 & 2 & -7 & 30 \\ 1 & -8 & 3 & 2 & 2 \\ 4 & 3 & 5 & 2 & -1 \end{vmatrix} = 0$$

下面就利用行列式的四个性质

规范性、反称性、数乘性、可加性

去计算一些特殊行列式的值。最后还会总结出计算一般行列式的方法。

下面就利用行列式的四个性质

规范性、反称性、数乘性、可加性

去计算一些特殊行列式的值。最后还会总结出计算一般行列式的方法。

注 这些计算方法，并不需要知道一般 n 阶行列式的显式表达式，而关键之处是上述的四个性质。

对角行列式

主对角线之外都为零的行列式称为**对角行列式**。

对角行列式

主对角线之外都为零的行列式称为**对角行列式**。

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

对角行列式

主对角线之外都为零的行列式称为**对角行列式**。

$$\begin{vmatrix} a_{11} & & & \\ & a_{22} & & \\ & & a_{33} & \\ & & & \ddots \\ & & & & a_{nn} \end{vmatrix}$$

对角行列式

主对角线之外都为零的行列式称为**对角行列式**。由数乘性，它的值为：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & & & \\ & a_{22} & & \\ & & a_{33} & \\ & & & \ddots \\ & & & & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33}\cdots a_{nn}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} =$$

$$= a_{11}a_{22}\cdots a_{nn}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

=

$$= a_{11}a_{22}\cdots a_{nn}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$
$$= a_{11} a_{22} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

$$= a_{11} a_{22} \cdots a_{nn}$$

这是因为：

$$\begin{aligned}
 & \begin{vmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \\
 & = a_{11} a_{22} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = \cdots \\
 & = \\
 & = a_{11} a_{22} \cdots a_{nn}
 \end{aligned}$$

这是因为：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$
$$= a_{11} a_{22} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = \cdots$$
$$= a_{11} a_{22} \cdots a_{nn} \begin{vmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{vmatrix}$$
$$= a_{11} a_{22} \cdots a_{nn}$$

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法：利用行列式的性质，将其化为对角行列式)

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$
$$= \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$
$$= \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

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

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

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

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

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

例 计算四阶行列式

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

(想法: 利用行列式的性质, 将其化为对角行列式)

$$\begin{vmatrix} 3 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 9 & 7 & -2 \\ 0 & -1 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = 3 \cdot (-1) \cdot 1 \cdot 2 = -6$$

三角行列式

一般地，上三角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 0 & 0 & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

三角行列式

一般地，上三角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 0 & 0 & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33}\cdots a_{nn}$$

三角行列式

一般地，上三角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 0 & 0 & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33}\cdots a_{nn}$$

同理，下三角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

三角行列式

一般地，上三角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 0 & 0 & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33}\cdots a_{nn}$$

同理，下三角行列式

$$\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33}\cdots a_{nn}$$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T =$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} & & \\ & & \\ & & \end{vmatrix}$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} 1 & & \\ -4 & & \\ 3 & & \end{vmatrix}$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ -4 & 5 \\ 3 & 4 \end{vmatrix}$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix}$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix}$

练习 分别计算上述的 D ，及转置 D^T ：

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = \underline{\hspace{2cm}}, \quad D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix} = \underline{\hspace{2cm}}$$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix}$

练习 分别计算上述的 D ，及转置 D^T ：

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = \underline{-40}, \quad D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix} = \underline{\hspace{2cm}}$$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换, 所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**, 记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$, 则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix}$

练习 分别计算上述的 D , 及转置 D^T :

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = \underline{-40}, \quad D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix} = \underline{-40}$$

转置行列式

定义 将行列式 D 的行和列互换，所得的新的行列式称为 D 的**转置行列式**，记为 D^T

例 设 $D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix}$ ，则转置行列式为 $D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix}$

练习 分别计算上述的 D ，及转置 D^T ：

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -4 & 3 \\ 0 & 5 & 4 \\ 1 & 6 & 3 \end{vmatrix} = \underline{-40}, \quad D^T = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 3 \end{vmatrix} = \underline{-40}$$

性质 对任何 n 阶行列式，其转置之后的值不变，即 $D = D^T$

We are here now...

1. 行列式的基本性质——从二三阶行列式讲起
2. n 阶行列式的公理化定义
3. 四阶行列式的计算（初步）

重要的行列式变换

利用行列式的性质，可以知道：

推论 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变

重要的行列式变换

利用行列式的性质，可以知道：

推论 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

重要的行列式变换

利用行列式的性质，可以知道：

推论 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{r_i + kr_j}$$

重要的行列式变换

利用行列式的性质，可以知道：

推论 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{r_i + kr_j} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} + ka_{j1} & a_{i2} + ka_{j2} & \cdots & a_{in} + ka_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

重要的行列式变换

利用行列式的性质，可以知道：

推论 行列式的某行（列）的所有元素都乘以 k 倍后加到另一行（列）对应位置的元素上，它的值不变

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{r_i + kr_j} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} + ka_{j1} & a_{i2} + ka_{j2} & \cdots & a_{in} + ka_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

化一般行列式为三角行列式

- 计算一般行列式的想法：利用变换

$$r_i \leftrightarrow r_j, \quad r_i + kr_j, \quad c_s \leftrightarrow c_t, \quad c_s + kc_t$$

化行列式为三角形行列式，从而算出行列式

化一般行列式为三角行列式

- 计算一般行列式的想法：利用变换

$$r_i \leftrightarrow r_j, \quad r_i + kr_j, \quad c_s \leftrightarrow c_t, \quad c_s + kc_t$$

化行列式为三角形行列式，从而算出行列式，图示：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

化一般行列式为三角行列式

- 计算一般行列式的想法：利用变换

$$r_i \leftrightarrow r_j, \quad r_i + kr_j, \quad c_s \leftrightarrow c_t, \quad c_s + kc_t$$

化行列式为三角形行列式，从而算出行列式，图示：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \cdots =$$

化一般行列式为三角行列式

- 计算一般行列式的想法：利用变换

$$r_i \leftrightarrow r_j, \quad r_i + kr_j, \quad c_s \leftrightarrow c_t, \quad c_s + kc_t$$

化行列式为三角形行列式，从而算出行列式，图示：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \cdots & b_{1n} \\ 0 & b_{22} & b_{23} & \cdots & b_{2n} \\ 0 & 0 & b_{33} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix}$$

化一般行列式为三角行列式

- 计算一般行列式的想法：利用变换

$$r_i \leftrightarrow r_j, \quad r_i + kr_j, \quad c_s \leftrightarrow c_t, \quad c_s + kc_t$$

化行列式为三角形行列式，从而算出行列式，图示：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \cdots & b_{1n} \\ 0 & b_{22} & b_{23} & \cdots & b_{2n} \\ 0 & 0 & b_{33} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix} = b_{11}b_{22}b_{33} \cdots b_{nn}$$

化一般行列式为三角行列式

- 计算一般行列式的想法：利用变换

$$r_i \leftrightarrow r_j, \quad r_i + kr_j, \quad c_s \leftrightarrow c_t, \quad c_s + kc_t$$

化行列式为三角形行列式，从而算出行列式，图示：

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \cdots & b_{1n} \\ 0 & b_{22} & b_{23} & \cdots & b_{2n} \\ 0 & 0 & b_{33} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix} = b_{11}b_{22}b_{33} \cdots b_{nn}$$

例 通过化为三角形行列式，计算

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

想法

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

$$= \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

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

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_2 + r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 1 & 1 & -1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_2 + r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_2 + r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & & \\ & & & \\ & & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_2 + r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_2 + r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ & & & \\ & & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-2r_1]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-2r_1]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-2r_1]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-2r_1]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-2r_1]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ & & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-2r_1]{r_2+r_1, r_4-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 1 & 3 & -9 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-2r_1]{r_2+r_1, r_4-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & & 5 & -9 \\ 0 & & 3 & -9 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[\begin{smallmatrix} r_3-2r_1 \\ r_4-2r_1 \end{smallmatrix}]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 3 & -9 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[\begin{smallmatrix} r_3-2r_1 \\ r_4-2r_1 \end{smallmatrix}]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[\substack{r_3-2r_1 \\ r_4-2r_1}]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 3 & -9 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 3 & -9 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & & \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -9 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - r_1]{\begin{matrix} r_2 + r_1 \\ r_3 - 2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - r_2]{\begin{matrix} r_3 - 2r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\quad} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \end{vmatrix} =$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \\ r_4-r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow[r_4-\frac{2}{5}r_3]{r_4-\frac{2}{5}r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{28}{5} \end{vmatrix} =$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \\ r_4-r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4-\frac{2}{5}r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{28}{5} \end{vmatrix} =$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \\ r_4-r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4-\frac{2}{5}r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & \end{vmatrix} =$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \\ r_4-r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4-\frac{2}{5}r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{12}{5} \end{vmatrix} =$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4-\frac{2}{5}r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{12}{5} \end{vmatrix} = 1 \times 1 \times 5 \times \left(-\frac{12}{5}\right) =$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3-2r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{\begin{matrix} r_3-2r_2 \\ r_4-r_2 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4-\frac{2}{5}r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{12}{5} \end{vmatrix} = 1 \times 1 \times 5 \times \left(-\frac{12}{5}\right) = -12$$

想法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & * & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & * & * \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

具体做法

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-2r_1]{\substack{r_2+r_1 \\ r_3-2r_1}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & -3 \\ 0 & 1 & 1 & -3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4-r_2]{r_3-2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4-\frac{2}{5}r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 2 \\ 0 & 1 & -1 & 3 \\ 0 & 0 & 5 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{12}{5} \end{vmatrix} = 1 \times 1 \times 5 \times \left(-\frac{12}{5}\right) = -12$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

目标:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_2+r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_2+r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3+r_1]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3+r_1]{r_2+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3+r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3+r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3+r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = 1 \times 2 \times 2 \times 2$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_1]{r_2+r_1, r_3+r_1} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = 1 \times 2 \times 2 \times 2 = 8$$

目标: $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_1]{\begin{matrix} r_2+r_1 \\ r_3+r_1 \end{matrix}} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = 1 \times 2 \times 2 \times 2 = 8$$

练习 计算

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

解

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

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}}$$

$$\text{目标: } \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{\quad}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ & & & \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_3 - 5r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -13 \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_3 - 5r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & & & \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_3 - 5r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -13 \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_3 - 5r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_3 - 5r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{\begin{matrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{matrix}}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{\begin{matrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{matrix}}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & & & \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{\begin{matrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{matrix}}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & & \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{\begin{matrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{matrix}}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & \end{vmatrix}$$

目标:

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{\begin{matrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{matrix}}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

目标: $\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$

解

$$\begin{aligned}
 & \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\begin{smallmatrix} \underline{\underline{r_3 - 5r_1}} \\ \underline{\underline{r_4 - 5r_1}} \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix} \\
 & \xrightarrow{\underline{\underline{\quad}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\text{目标: } \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - 5r_1]{r_3 - 5r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_3 + 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ & & & \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - 5r_1]{r_3 - 5r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_3 + 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - 5r_1]{r_3 - 5r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_3 + 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - 5r_1]{r_3 - 5r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_3 + 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -5 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - 5r_1]{r_3 - 5r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix} \\
 \xrightarrow{r_3 + 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \end{vmatrix}$$

$$\text{目标: } \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 + 2r_2 \\ r_4 - 3r_2 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 + 2r_2 \\ r_4 - 3r_2 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 - 5r_1]{r_3 - 5r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow[r_4 - 3r_2]{r_3 + 2r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & & \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[\underline{r_4 - 5r_1}]{\underline{r_3 - 5r_1}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow[\underline{r_4 - 3r_2}]{\underline{r_3 + 2r_2}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow[\underline{\underline{r_4 - 5r_1}}]{\underline{\underline{r_3 - 5r_1}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow[\underline{\underline{r_4 - 3r_2}}]{\underline{\underline{r_3 + 2r_2}}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\substack{r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\substack{r_3 + 2r_2 \\ r_4 - 3r_2}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \end{vmatrix}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{aligned}
 & \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix} \\
 & \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 + 2r_2 \\ r_4 - 3r_2 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_4 - 4r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & 7 \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{aligned}
 & \left| \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{array} \right| \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{array} \right| \xrightarrow[r_4 - 5r_1]{r_3 - 5r_1} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{array} \right| \\
 & \xrightarrow[r_4 - 3r_2]{r_3 + 2r_2} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{array} \right| \xrightarrow{r_4 - 4r_3} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right|
 \end{aligned}$$

目标: $\left| \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{array} \right| \xrightarrow{(\text{一系列变换})} \dots = \dots = \left| \begin{array}{cccc} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{array} \right|$

解

$$\begin{aligned}
 & \left| \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{array} \right| \xrightarrow{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{array} \right| \xrightarrow{\begin{array}{l} \underline{r_3 - 5r_1} \\ \underline{r_4 - 5r_1} \end{array}} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{array} \right| \\
 & \xrightarrow{\begin{array}{l} \underline{r_3 + 2r_2} \\ \underline{r_4 - 3r_2} \end{array}} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{array} \right| \xrightarrow{\underline{r_4 - 4r_3}} \left| \begin{array}{cccc} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & \end{array} \right|
 \end{aligned}$$

目标：

$$\left| \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{array} \right| \xrightarrow{(\text{一系列变换})} \dots = \dots = \left| \begin{array}{cccc} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{array} \right|$$

解

$$\begin{aligned}
 & \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix} \\
 & \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 + 2r_2 \\ r_4 - 3r_2 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_4 - 4r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & 47 \end{vmatrix}
 \end{aligned}$$

目标：

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 + 2r_2 \\ r_4 - 3r_2 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_4 - 4r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & 47 \end{vmatrix}$$

$$= (-1) \times 1 \times 1 \times (-3) \times 47 =$$

$$\text{目标: } \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

解

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 - 5r_1 \\ r_4 - 5r_1 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & -2 & -7 & -9 \\ 0 & 3 & -6 & -11 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{\begin{smallmatrix} r_3 + 2r_2 \\ r_4 - 3r_2 \end{smallmatrix}} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & -12 & -5 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_4 - 4r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & 47 \end{vmatrix}$$

$$= (-1) \times 1 \times 1 \times (-3) \times 47 = 141$$

$$\text{目标: } \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & -2 \\ 1 & 0 & 2 & 2 \\ 5 & -2 & 3 & 1 \\ 5 & 3 & 4 & -1 \end{vmatrix} \xrightarrow{\text{(一系列变换)}} \dots = \dots = \begin{vmatrix} * & * & * & * \\ 0 & * & * & * \\ 0 & 0 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & * \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} - \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{\underline{\underline{r_1 \leftrightarrow r_2}}} - \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{array}{l} \underline{\underline{r_2 + 3r_1}} \\ \underline{\underline{r_3 - 2r_1}} \end{array}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$
$$\xrightarrow[r_3 - 2r_1]{r_2 + 3r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$
$$\xrightarrow[r_3 - 2r_1]{r_2 + 3r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_4 + 2r_2}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$
$$\xrightarrow[r_3 - 2r_1]{r_2 + 3r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 + 2r_2]{r_3 - r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow[r_3 - 2r_1]{r_2 + 3r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 + 2r_2]{r_3 - r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4 - 3r_3}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow[r_3 - 2r_1]{r_2 + 3r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 + 2r_2]{r_3 - r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4 - 3r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 22 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{aligned} & \begin{vmatrix} -3 & 1 & 4 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_1 \leftrightarrow r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ -3 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \\ & \xrightarrow[r_3 - 2r_1]{r_2 + 3r_1} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & -5 \\ 0 & -2 & 1 & 2 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4 + 2r_2]{r_3 - r_2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 3 & 4 \end{vmatrix} \\ & \xrightarrow{r_4 - 3r_3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 22 \end{vmatrix} = -22 \end{aligned}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \begin{array}{l} \\ \underline{\underline{r_2 - 2r_1}} \\ \underline{\underline{r_3 - 3r_1}} \\ \end{array}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_2]{r_3-6r_2}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_2]{r_3-6r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 28 & -4 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_2]{r_3-6r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 28 & -4 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{vmatrix}$$

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

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_2]{r_3-6r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 28 & -4 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{vmatrix}$$

$$= 4 \times 4 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 7 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 \leftrightarrow r_4}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_2]{r_3-6r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 28 & -4 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{vmatrix}$$

$$= 4 \times 4 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 7 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 \leftrightarrow r_4} -16 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 7 & -1 \end{vmatrix}$$

$$-16 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 6 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_2]{r_3-6r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 28 & -4 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{vmatrix}$$

$$= 4 \times 4 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 7 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 \leftrightarrow r_4} -16 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 7 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4+7r_3} -16 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 6 \end{vmatrix}$$

练习 通过化为三角形行列式, 计算

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

解

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_3-3r_1]{r_2-2r_1} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & -6 & -8 & 2 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix} \xrightarrow[r_4+r_2]{r_3-6r_2} \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 28 & -4 \\ 0 & 0 & -4 & 4 \end{vmatrix}$$

$$= 4 \times 4 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 7 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{vmatrix} \xrightarrow{r_3 \leftrightarrow r_4} -16 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 7 & -1 \end{vmatrix}$$

$$\xrightarrow{r_4+7r_3} -16 \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & -1 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 6 \end{vmatrix} = -96$$