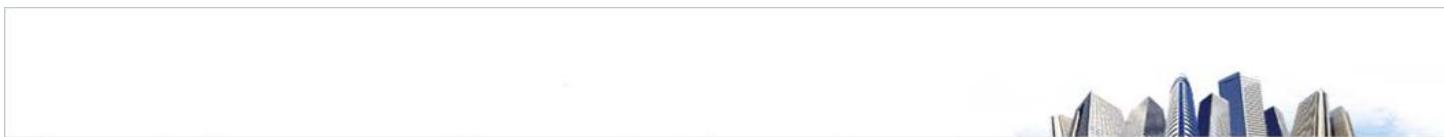




数据结构  
(C语言版) (第2版)  
图  
图的定义和基本术语

主讲教师：汪红松





## 教学目标

01  
OPTION

掌握：图的基本概念及相关术语和性质

02  
OPTION

熟练掌握：图的邻接矩阵和邻接表两种存储表示方法

03  
OPTION

熟练掌握：图的两种遍历方法DFS和BFS

04  
OPTION

熟练掌握：最短路算法（Dijkstra算法）

05  
OPTION

掌握：最小生成树的两种算法及拓扑排序算法的思想



# 教学内容 Contents

1 图的定义和基本术语

2 图的存储结构

3 图的遍历

4 图的应用(1)

5 图的应用(2)

# ▶▶▶ 图的定义和术语

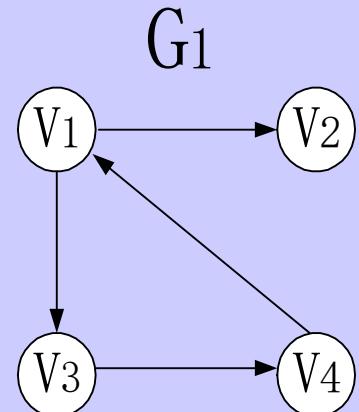
**图** :  $\text{Graph} = (V, E)$

$V$  : 顶点(数据元素)的**有穷非空**集合 ;

$E$  : 边的**有穷**集合 ;

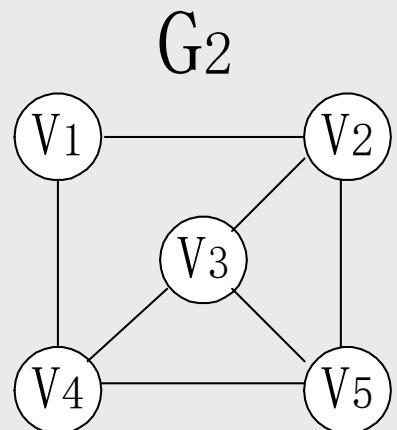
$V(G)$  : 图 $G$ 的顶点集合 ;

$E(G)$  : 图 $G$ 的边集合。



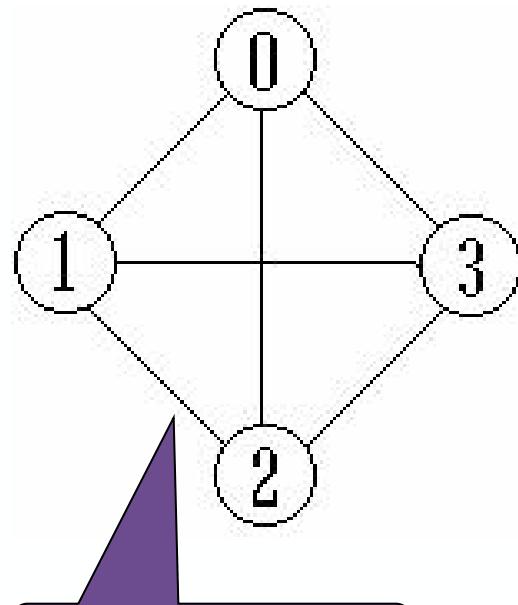
**无向图** : 每条边都是无方向的  
顶点对 $(x, y)$ 是无序的

**有向图** : 每条边都是有方向的  
顶点对 $\langle x, y \rangle$ 是有序的



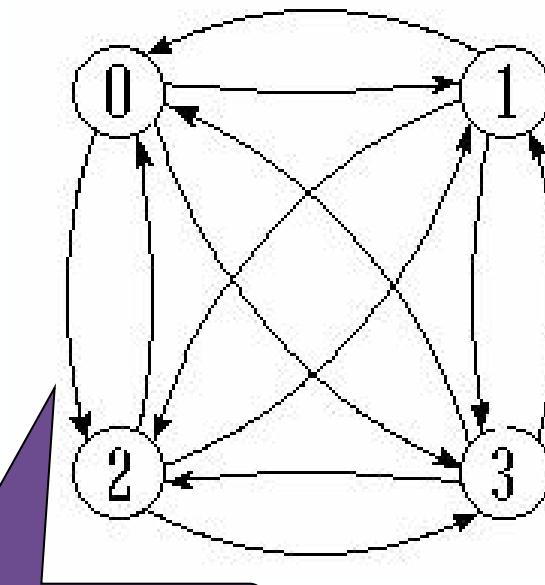
## ▶▶▶ 图的定义和术语

完全图：任意两个点都有一条边相连。



无向完全图

$n(n-1)/2$  条边



有向完全图

$n(n-1)$  条边

# ▶▶▶ 图的定义和术语

## 稀疏图

有很多少边或弧的图。

网

边/弧带权的图。



## 稠密图

有较多边或弧的图。

## 邻接

有边/弧相连的两个顶点之间的关系。

存在 $(v_i, v_j)$ ，则称 $v_i$ 和 $v_j$ 互为邻接点；

存在 $\langle v_i, v_j \rangle$ ，则称 $v_i$ 邻接到 $v_j$ ， $v_j$ 邻接于 $v_i$

关联(依附)：边/弧与顶点之间的关系。

存在 $(v_i, v_j)/ \langle v_i, v_j \rangle$ ，则称该边/弧关联于 $v_i$ 和 $v_j$

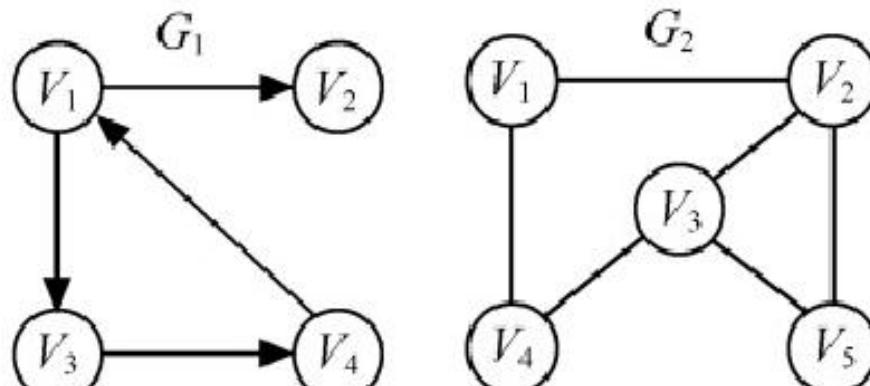
## ▶▶▶ 图的定义和术语

顶点的度：与该顶点相关联的边的数目，记为  $TD(v)$

在有向图中，顶点的度等于该顶点的入度与出度之和。

顶点  $v$  的入度是以  $v$  为终点的有向边的条数，记作  $ID(v)$ 。

顶点  $v$  的出度是以  $v$  为始点的有向边的条数，记作  $OD(v)$ 。



( a ) 有向图  $G_1$

( b ) 无向图  $G_2$

## ▶▶▶ 图的定义和术语

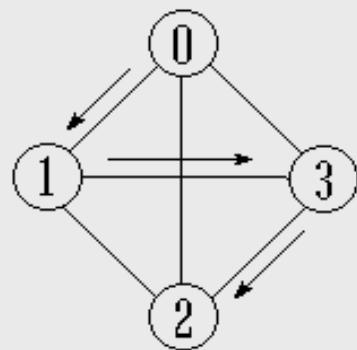
**路径**：连续的边构成的顶点序列。

**路径长度**：路径上边或弧的数目。

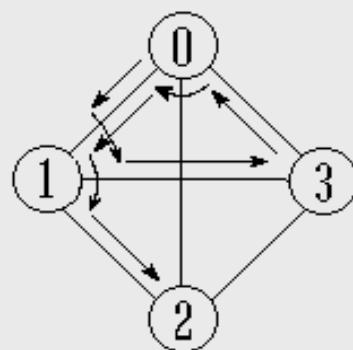
**回路(环)**：第一个顶点和最后一个顶点相同的路径。

**简单路径**：序列中顶点不重复出现的路径。

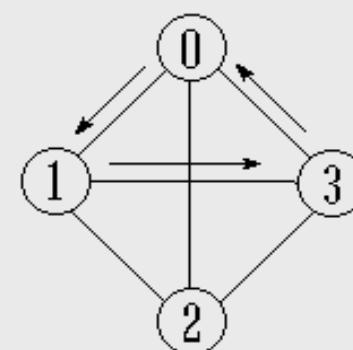
**简单回路(简单环)**：除路径起点和终点相同外，其余顶点均不相同的路径。



(a) 简单路径



(b) 非简单路径

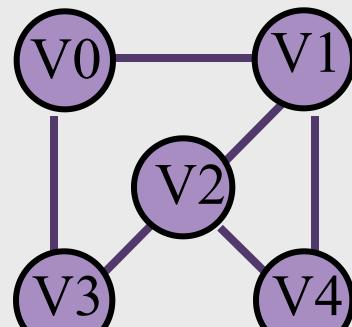


(c) 回路

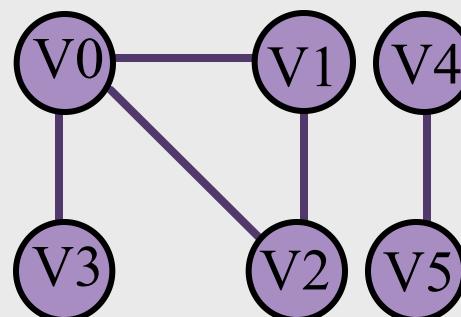
## 连通图（强连通图）

在无（有）向图  $G=(V, \{E\})$  中，若对任何两个顶点  $v, u$  都存在从  $v$  到  $u$  的路径，则称  $G$  是连通图（强连通图）。

连通图

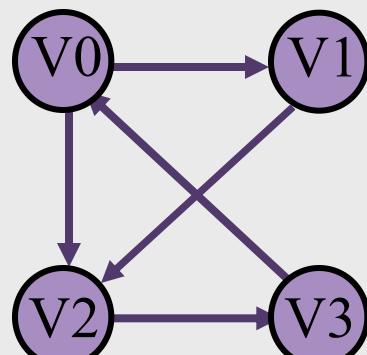


(a)

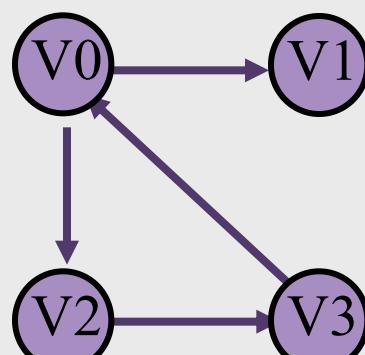


(b)

强连通图



(c)



(d)

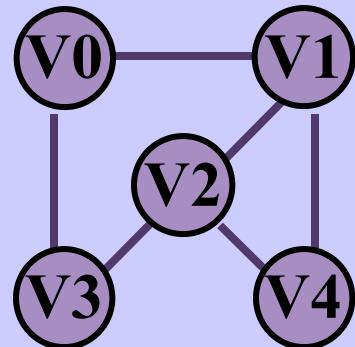
非连通图

非强连通图

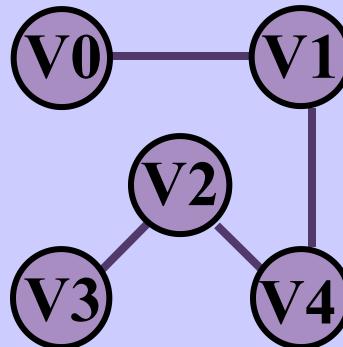
## 子图

设有两个图  $G = (V, \{E\})$ 、 $G1 = (V1, \{E1\})$ ，若  $V1 \subseteq V$ ， $E1 \subseteq E$ ，则称  $G1$  是  $G$  的子图。

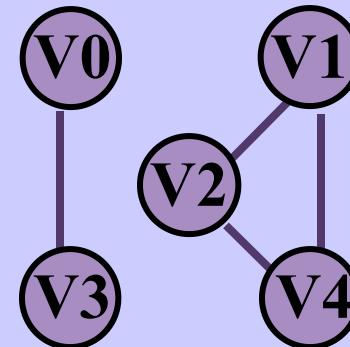
例：(b)、(c) 是 (a) 的子图



(a)



(b)



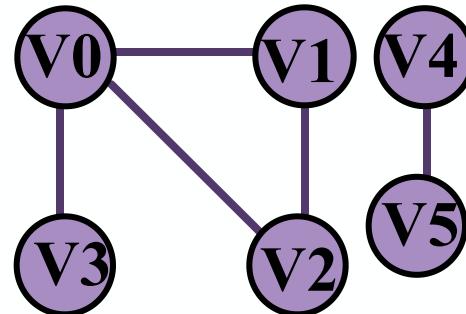
(c)

## 连通分量（强连通分量）

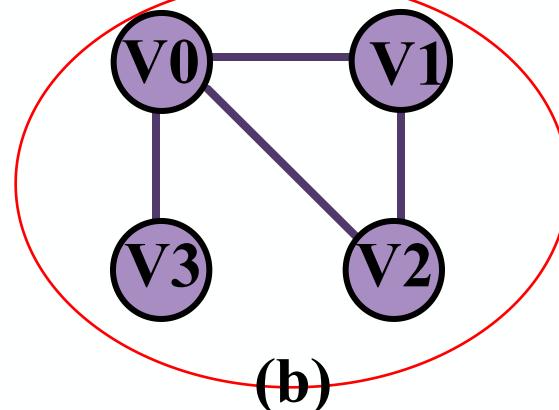
无向图G的极大连通子图称为G的连通分量。

极大连通子图意思是：该子图是G连通子图，将G的任何不在该子图中的顶点加入，子图不再连通。

非连通图

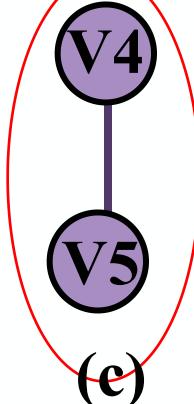


(a)



(b)

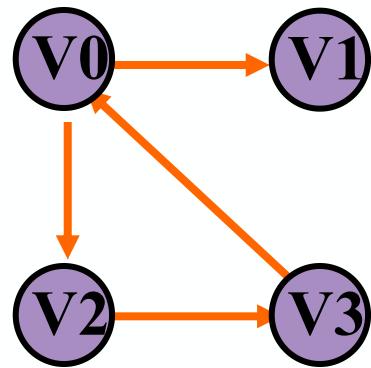
连通分量



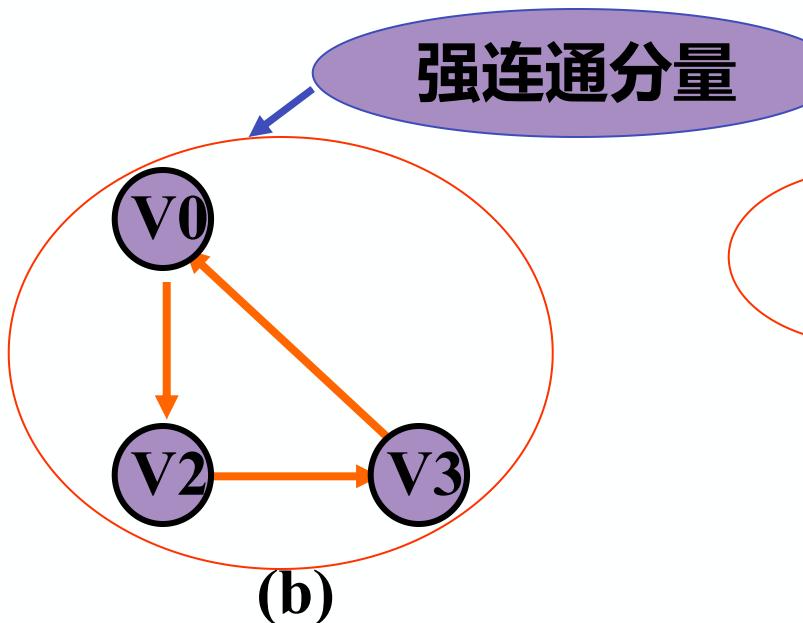
(c)

## ▶▶▶ 图的定义和术语

有向图G的极大强连通子图称为G的强连通分量。极大强连通子图意思是：该子图是G的强连通子图，将G的任何不在该子图中的顶点加入，子图不再是强连通的。



(a)



(b)



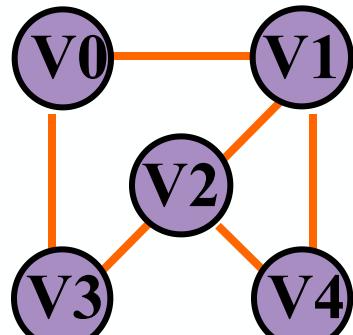
(c)

## ▶▶▶ 图的定义和术语

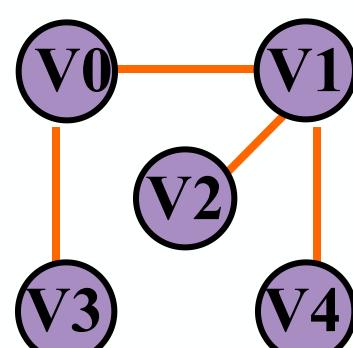
**极小连通子图**：该子图是G 的连通子图，在该子图中删除任何一条边，子图不再连通。

**生成树**：包含无向图G 所有顶点的极小连通子图。

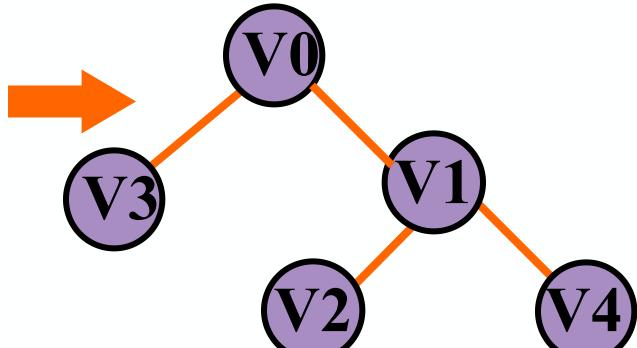
**生成森林**：对非连通图，由各个连通分量的生成树的集合。



(a)  
连通图 G1



(b)  
G1的生成树



(c)

## ▶▶▶ 图的类型定义

CreateGraph(&G,V,VR)

初始条件：V是图的顶点集，VR是图中弧的集合。

操作结果：按V和VR的定义构造图G。

DFSTraverse(G)

初始条件：图G存在。

操作结果：对图进行深度优先遍历。

BFSTraverse(G)

初始条件：图G存在。

操作结果：对图进行广度优先遍历。

# ▶▶▶ 小结

1. 图的概念，包括有向图和无向图的概念、完全图、稀疏图、稠密图、网以及邻接的概念；
2. 图有关的相关术语，包括度、路径、路径长度、回路、连通图（强连通图）、连通分量（强连通分量）、子图、极小连通子图、生成树、生成森林等；
3. 图的常见操作。