



# 数据结构与算法 (七)

张铭 主讲

采用教材：张铭，王腾蛟，赵海燕 编写  
高等教育出版社，2008. 6（“十一五”国家级规划教材）

<http://www.jpk.pku.edu.cn/pkujpk/course/sjjg>



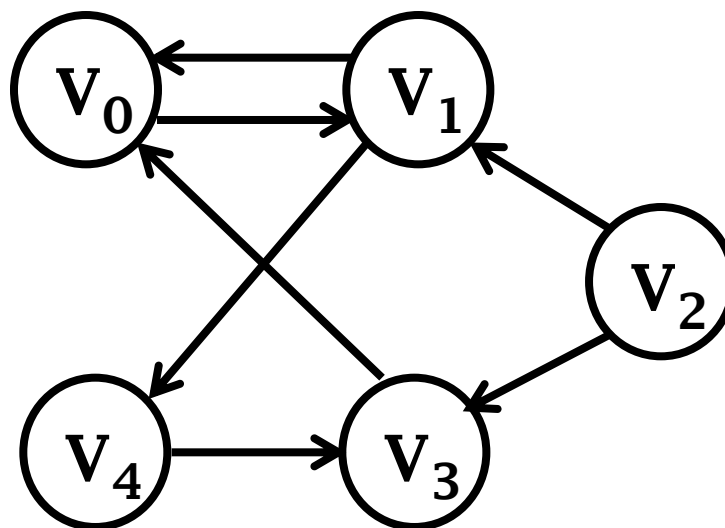
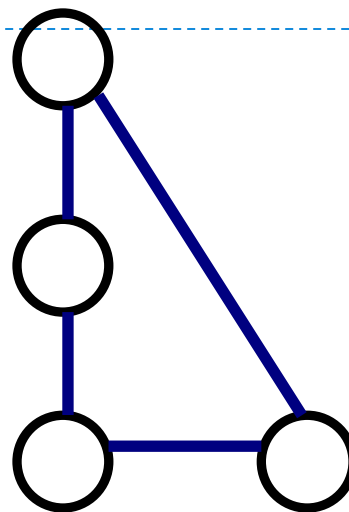
## 第7章 图

- 7.1 图的定义和术语
- 7.2 图的抽象数据类型
- 7.3 图的存储结构
- 7.4 图的遍历
- 7.5 最短路径
- 7.6 最小生成树

## 7.1 图的定义和术语

## 图的定义和术语

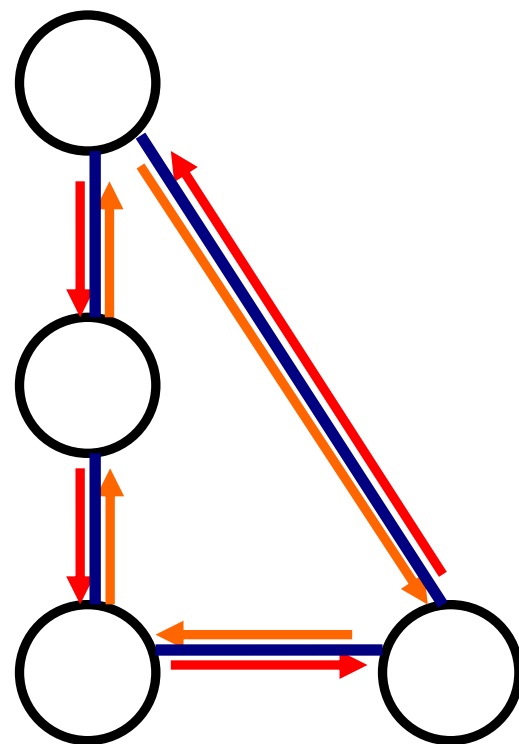
- $G = (V, E)$  表示
  - $V$  是顶点 (vertex) 集合
  - $E$  是边 (edge) 的集合
- 完全图 (complete graph)
- 稀疏图 (sparse graph)
  - 稀疏度 (稀疏因子)
  - 边条数小于完全图的5%
- 密集图 (dense graph)



## 7.1 图的定义和术语

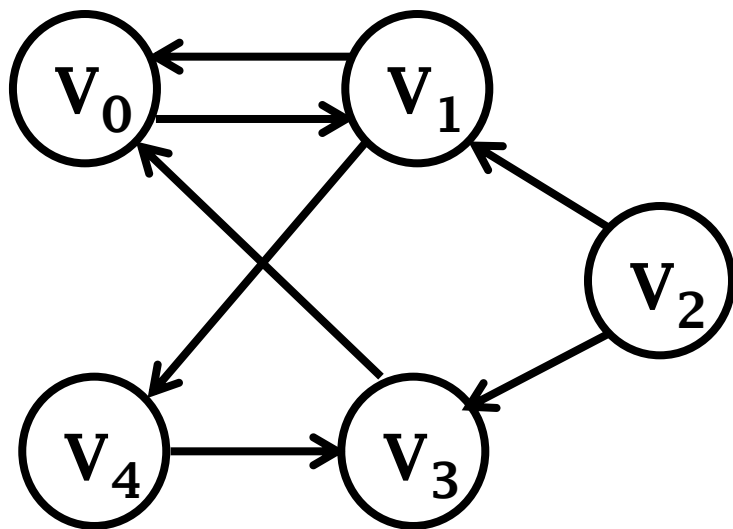
# 无向图

- 边涉及顶点的偶对无序
- 实际上是双通



## 有向图

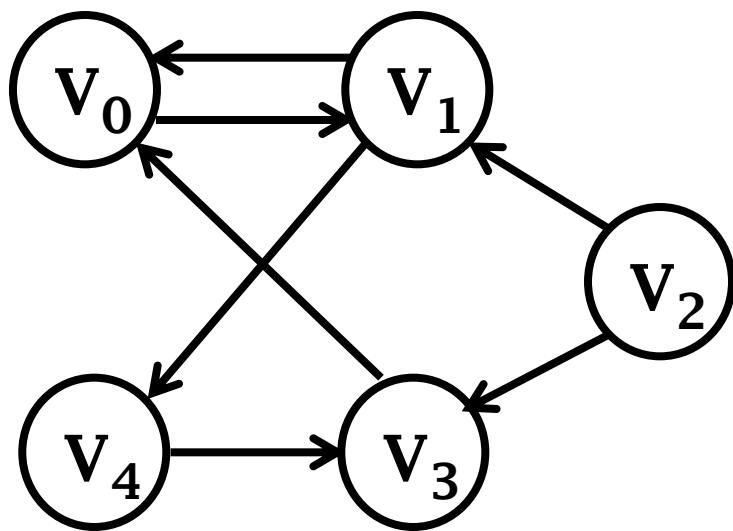
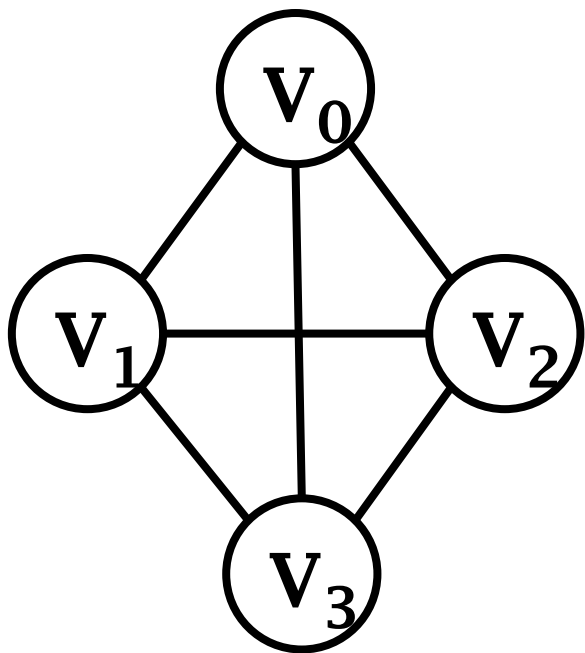
- 有向图 (directed graph 或 digraph)
  - 边涉及顶点的偶对是 **有序** 的



## 7.1 图的定义和术语

## 标号图

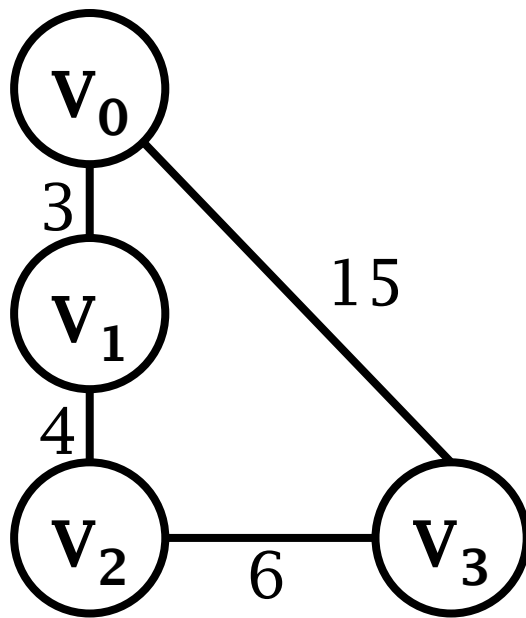
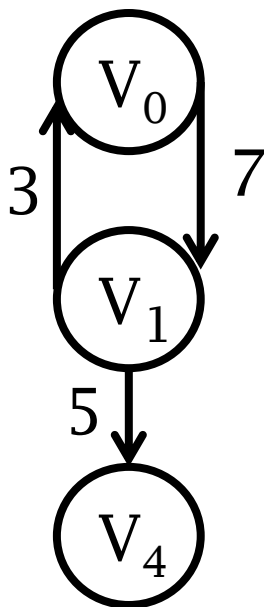
- 标号图 (labeled graph)



## 7.1 图的定义和术语

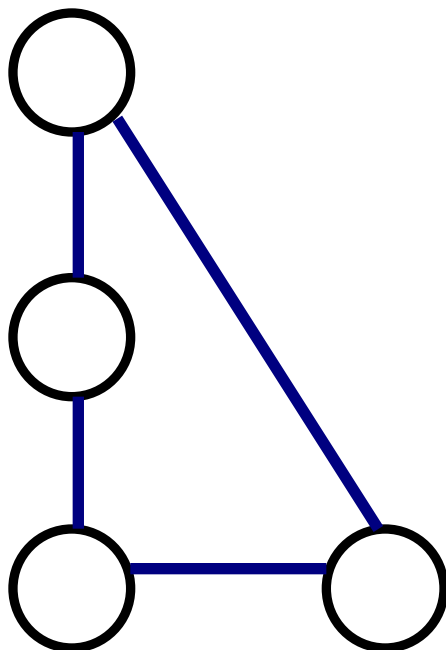
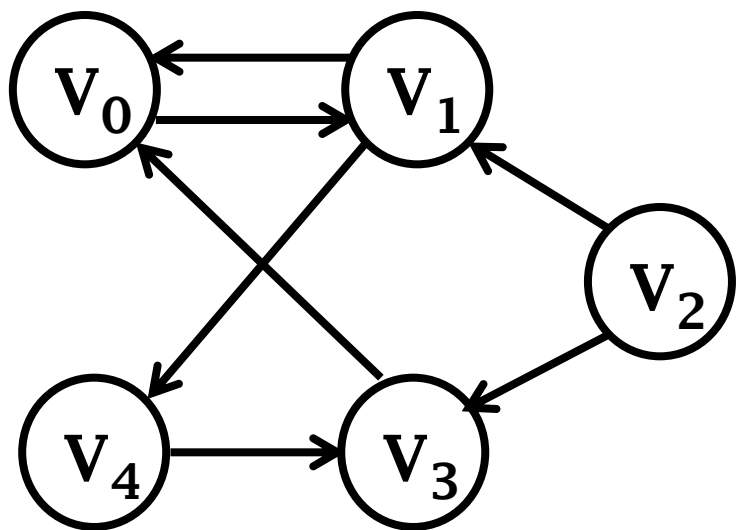
# 带权图

- 带权图 (weighted graph)



## 顶点的度 (degree)

- 与该顶点相关联的边的数目
  - 入度 ( in degree )
  - 出度 ( out degree )

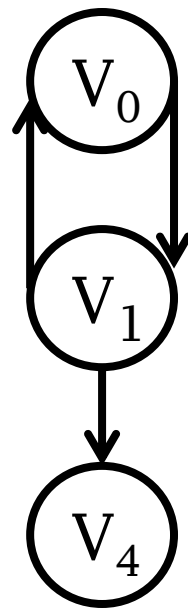
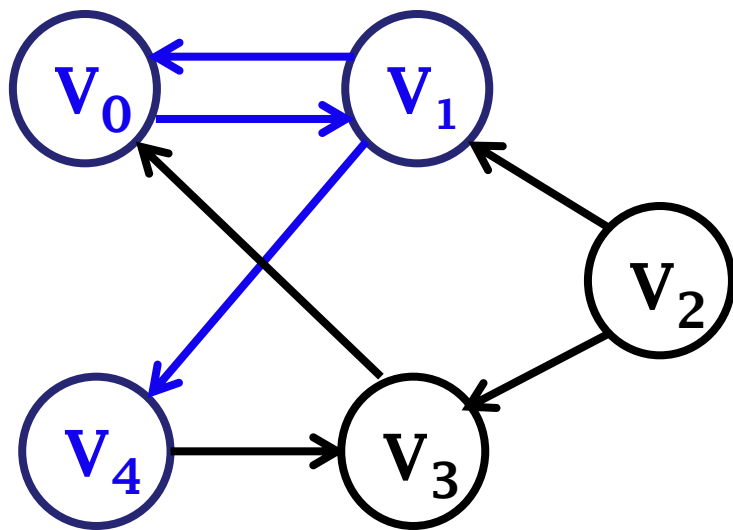




## 7.1 图的定义和术语

## 子图 (subgraph)

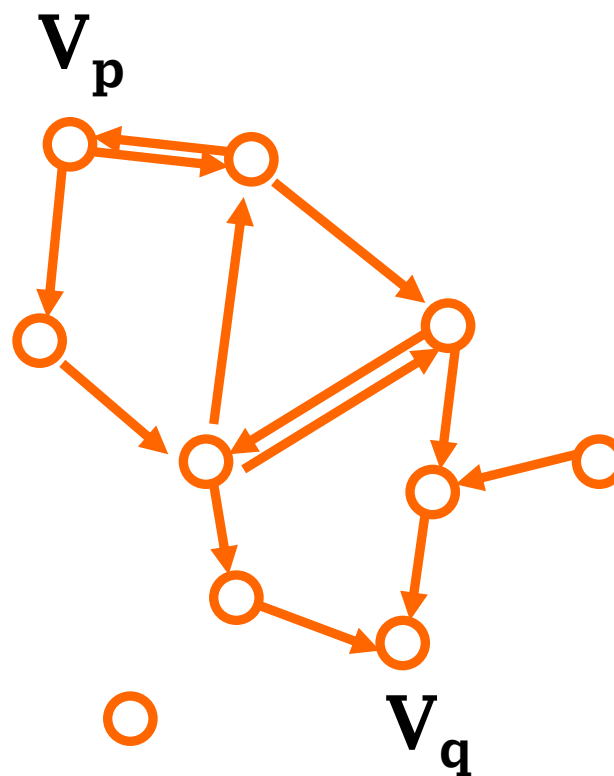
- 图  $G = (V, E)$ ,  $G' = (V', E')$  中, 若  $V' \leq V$ ,  $E' \leq E$ , 并且  $E'$  中的边所关联的顶点都在  $V'$  中, 则称图  $G'$  是图  $G$  的 **子图**



## 7.1 图的定义和术语

## 路径 (path)

- 从顶点 $V_p$ 到顶点 $V_q$ 的路径
  - 顶点序列 $V_p, V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}, V_q$ , 使得  $(V_p, V_{i1}), (V_{i1}, V_{i2}), \dots, (V_{in}, V_q)$  (若对有向图, 则使得  $\langle V_p, V_{i1} \rangle, \langle V_{i1}, V_{i2} \rangle, \dots, \langle V_{in}, V_q \rangle$ ) 都在  $E$  中
- 简单路径 (simple path)
- 路径长度 (length)

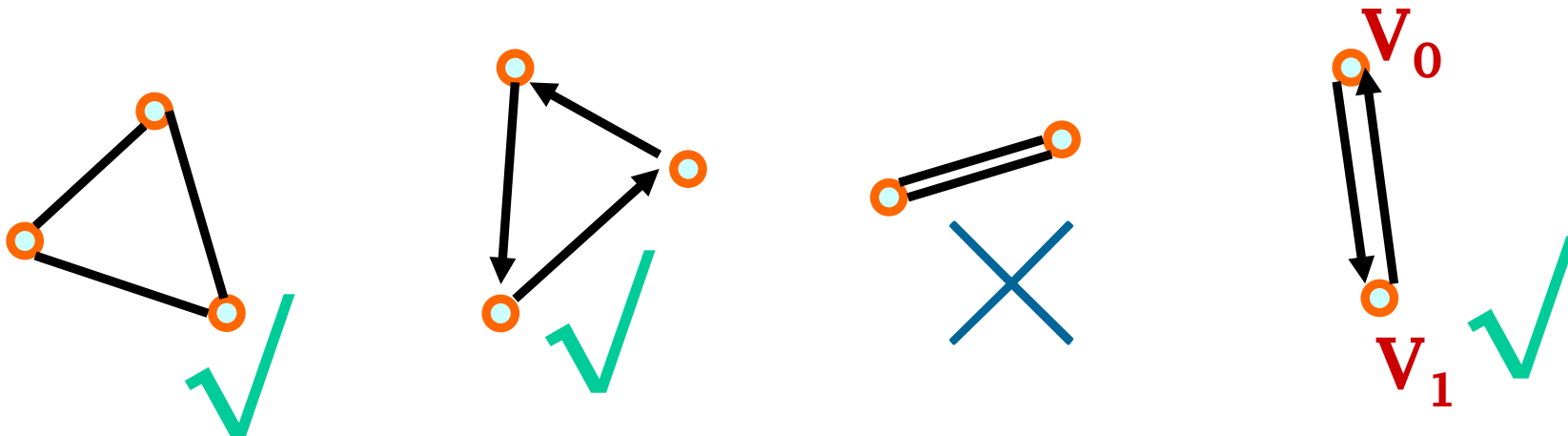


## 回路 (cycle , 也称为环)

- 简单回路 (simple cycle)
- 无环图 (acyclic graph)
  - 有向无环图 (directed acyclic graph , 简称为DAG)

## 7.1 图的定义和术语

## 回路 (cycle, 也称为环)

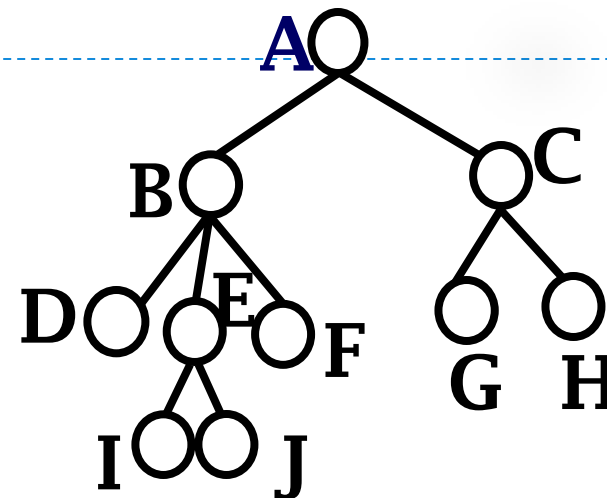


- 无向图中，如果两个结点之间有平行边，容易让人误看作“环”)
  - **无向图路径长度大于等于 3**
- 有向图两条边可以构成环，例如  $\langle V_0, V_1 \rangle$  和  $\langle V_1, V_0 \rangle$  构成环

## 7.1 图的定义和术语

## 有根图

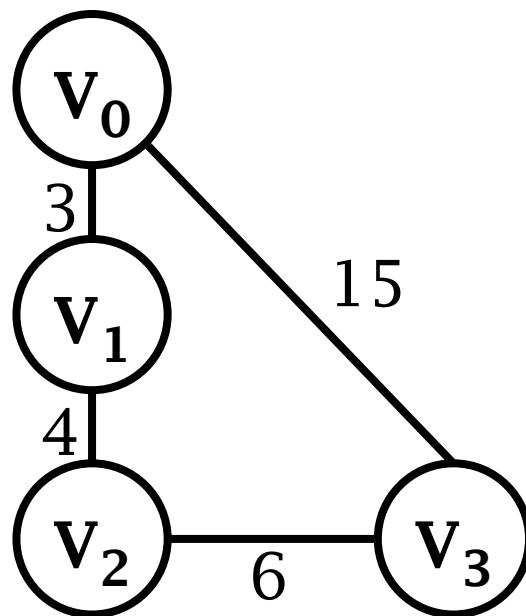
- 一个有向图中，若存在一个顶点  $V_0$ ，从此顶点有路径可以到达图中其它所有顶点，则称此有向图为有根的图， $V_0$  称作图的根
- 树、森林



## 7.1 图的定义和术语

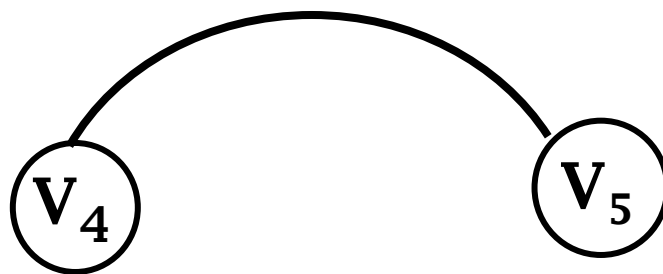
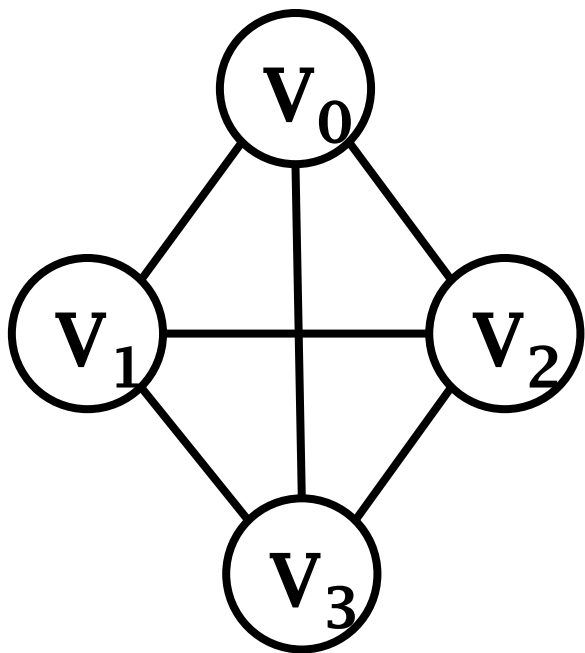
## 连通图

- 对无向图  $G = (V, E)$  而言, 如果从  $V_1$  到  $V_2$  有一条路径 (从  $V_2$  到  $V_1$  也一定有一条路径), 则称  $V_1$  和  $V_2$  是连通的 (connected)



## 无向图连通分支(连通分量)

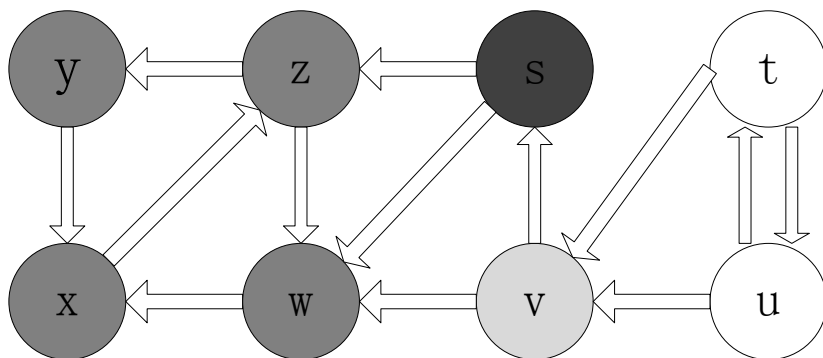
- 无向图的最大连通子图



## 7.1 图的定义和术语

## 有向图的强连通分量

- 有向图  $G(V, E)$ ，如果两个顶点  $v_i, v_j$  间 ( $v_i \neq v_j$ ) 有一条从  $v_i$  到  $v_j$  的有向路径，同时还有一条从  $v_j$  到  $v_i$  的有向路径，则称两个顶点 **强连通**
- 非强连通图有向图的极大强连通子图，称为 **强连通分量** (strongly connected components)。

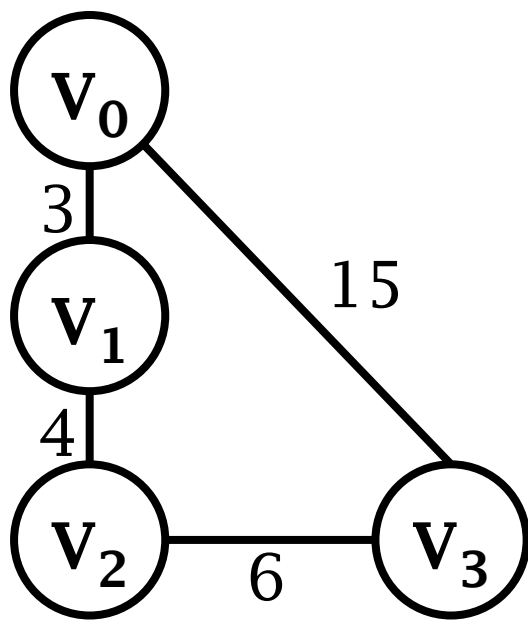




## 7.1 图的定义和术语

## 网络

- 带权的连通图



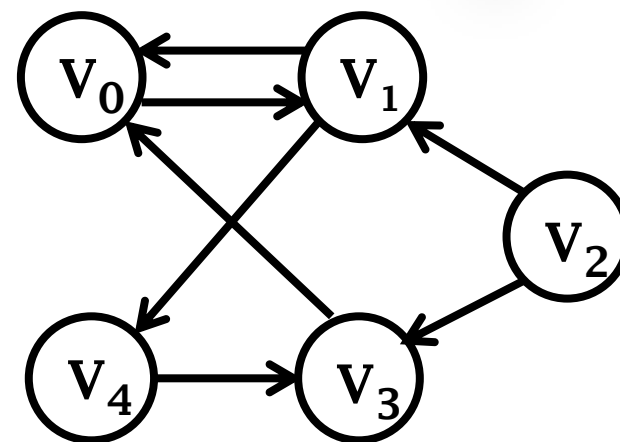
## 7.2 图的抽象数据类型

## 图的抽象数据类型

```

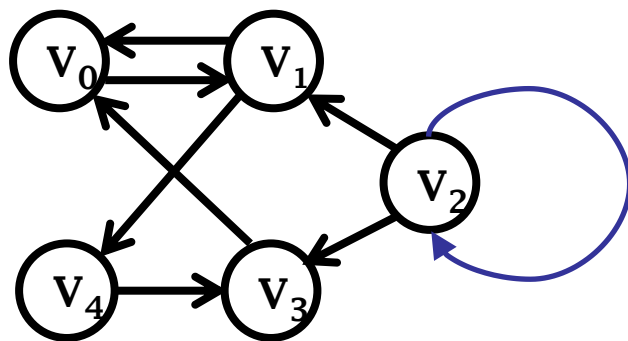
class Graph{                                // 图的ADT
public:
    int VerticesNum();                      // 返回图的顶点个数
    int EdgesNum();                         // 返回图的边数
    Edge FirstEdge(int oneVertex);          // 第一条关联边
    Edge NextEdge(Edge preEdge);           // 下一条兄弟边
    bool setEdge(int fromVertex,int toVertex,
                 int weight);               // 添一条边
    bool delEdge(int fromVertex,int toVertex); // 删边
    bool IsEdge(Edge oneEdge);              // 判断oneEdge是否
    int FromVertex(Edge oneEdge);           // 返回边的始点
    int ToVertex(Edge oneEdge);            // 返回边的终点
    int Weight(Edge oneEdge);               // 返回边的权
};

```

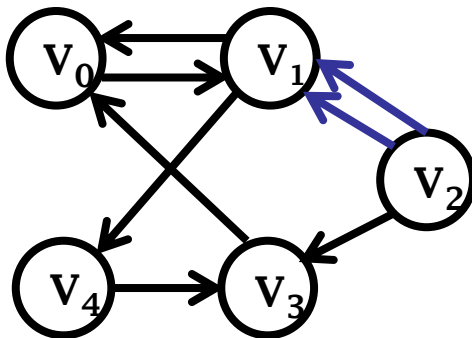


## 思考

- 为何不允许一条边的起点与终点都是同一个顶点？



- 是否存在多条起点与终点都相同的边？





# 数据结构与算法

谢谢聆听

国家精品课“数据结构与算法”

<http://www.jpk.pku.edu.cn/pkujpk/course/sjjg/>

张铭，王腾蛟，赵海燕

高等教育出版社，2008.6。“十一五”国家级规划教材