重庆建筑工程学院学报
第12卷 第2期 JOURNAL OF CHONGQING INSTITUTE OF Vol.12 No.2
1990年 6月 ARCHITECTURE AND ENGINEERING June 1990

(工程与实践)

建筑物的几何描述

赖信昌
（计算中心）

摘要 本文论述建筑物的几何描述中的对偶图表示与Smith图表示法。此二方法引自W·J·Mitchell著《Computer-Aided Architectural Design》一书。本文结合具体的建筑实例对方法作了叙述。鉴于国内目前CAAD的资料不多，供从事CAD的人员参考。

关键词 CAAD，数据结构，对偶图，Smith Diagram

0 前言

至今，计算机辅助建筑设计（CAAD）有两种方式。其一自动生成建筑设计，其二对建筑设计进行分析与评价。自动生成建筑设计，面临多方面的研究专题。研制一个建筑设计的自动生成系统，工作浩繁，没有足能的技术力量和计算机设备是不敢问津的。由于建筑设计涉及到美学、心理学、生理卫生学等，因此一个完善的建筑设计自动生成系统还会遇到如何处理这些因素的输入问题。对建筑设计进行分析与评价，是在建筑师做出一个方案设计之后，计算机对该设计进行分析与检查，做出评价，容易收到计算机辅助设计的效果。不过，研究建筑设计的自动生成仍然是一个十分重要的问题，特别在我国有其紧迫的意义。

为了实现计算机辅助建筑设计，必须找出某些方法去合成建筑形状、尺寸、位置和关系的信息，从而在计算机内建立描述建筑物的数据结构。

建筑物的几何描述有许多方法，如基于规则网格的表示法、基于可变尺寸网格的表示法、多边形与多面体表示法等。下面介绍对偶图表示法与Smith图表示法。

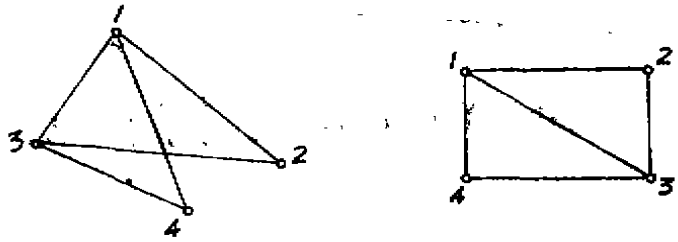
1 对偶图表示法

1.1 对偶图的概念

由图论知道，一个无向图G，如果能能把G的所有顶点和边画在平面上，且使任何两边

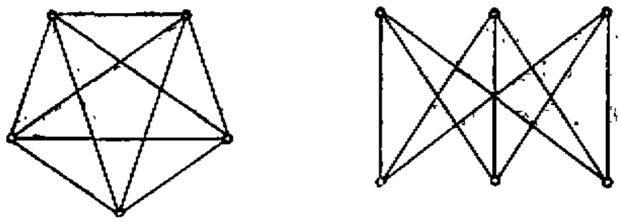
本文1989年3月15日收到。

除了端点外没有其他的交点，则G是一个平面图。如图1(a)的几何实现可以表示为图1(b)，所以图1(a)是平面图。而完全图K_5和完全二元图$K_{3,3}$（见图2）不是平面图。



(a) (b)

图 1



K_5 $K_{3,3}$

图 2

由库拉托夫斯基（Kuratowski）定理得知，一个图是平面图，当且仅当它不包含任何子图如K_5与$K_{3,3}$以及与它们同构的子图。

同构是指两个图的顶点和边分别存在着一一对应，且保持关联关系。如图3(a)与(b)是同构的。

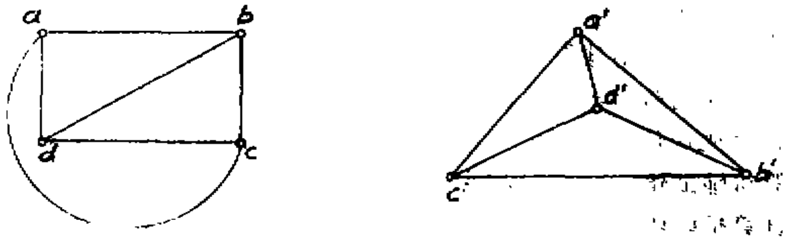


图 3

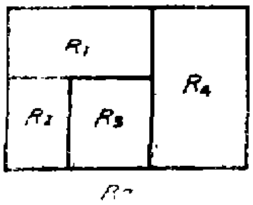


图 4

K_5是具有最少顶点数的非平面图。$K_{3,3}$是具有最少边数的非平面图。

一个几何平面图的实现，划分平面为若干个域，每个域由一组边所限定。其中内部域的面积是有限的，而一个外部域的面积是无限的。如图4中R_5是外部域。于是建筑平面图可作为一平面图的几何实现。其中边表示墙段，顶点表示墙段的交点，内部域表示房间，外部域表示室外。

对于图G，满足下列条件的图G^*叫作图G的对偶图：

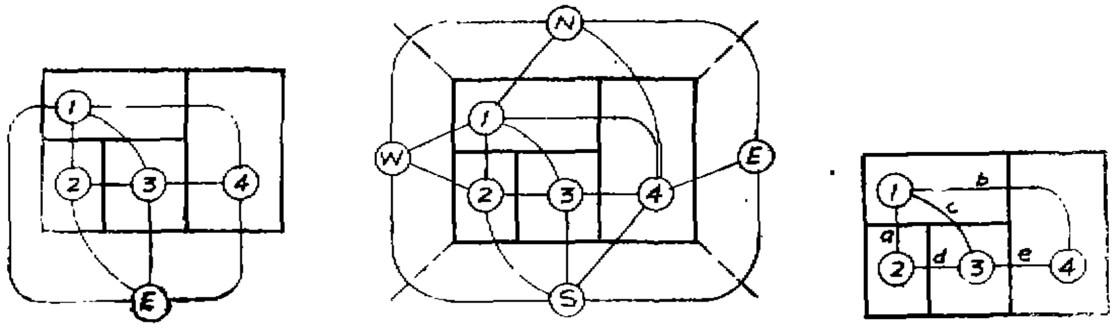
(1) 对于图G的任一域R_i内部有一点且仅有一点v_i^*。

(2) 对于R_i、R_j的共同边界e_k存在一条边$e_k^*=(v_i^*,\ v_j^*)$并与e_k相交；

(3) 当且仅当e_k只是唯一一个域R_i的边界时，v_i^*存在一个环e_k^*和e_k相交。

再由对偶图的定理得知，图G有对偶图的充要条件是它为平面图。

构造对偶图的过程如下：在每个域内定一顶点，用一条边连接相邻域的顶点，所得的图即为原图的对偶图（见图5(a)）。



(a)　　(b)　　(c)

图　5

建筑平面图的对偶图也称为房间邻接图。因它表示房间之间的邻接关系。通过插入无限长的虚墙段，把外部域划分为几个不同的域，示如图5(b)，这样可表示房间的朝向。如果略去外部域，示如图5(c)。

1.2 在平面布置问题的应用

为了解决在计算机内的存贮问题，采用关联矩阵和邻接矩阵。今写出图5(c)房间邻接图的关联矩阵和邻接矩阵如下（见图6）。可以用二维数组在计算机内存放这两个矩阵所表示

$$
\begin{array}{c|ccccc|}
 & a & b & c & d & e \\
\hline
1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
2 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
3 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
4 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0
\end{array}
\qquad
\begin{array}{c|cccc|}
 & 1 & 2 & 3 & 4 \\
\hline
1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
2 & 1 & 0 & 1 & 0 \\
3 & 1 & 1 & 0 & 1 \\
4 & 1 & 0 & 1 & 0
\end{array}
$$

图　6

的信息。这就提供了方便而经济的方法去表示和访问建筑平面图拓扑信息的数据。判断两个空间是否邻接，可通过访问邻接矩阵的适当的元素。要求出和一个指定房间相邻的房间，可沿着邻接矩阵的适当的行或列搜索。要求出围绕一个指定房间的墙段，可通过搜索关联矩阵的某一行。要找由一指定的墙段所划分的房间，可通过搜索关联矩阵的某一列。这些拓扑信息对空间设计是重要的，对某种形式的结构、热工、声学分析也是重要的。如果房间邻接图很大即房间数很多，对存贮的考虑就要用到稀疏矩阵的处理技术。

用对偶图能方便地把房间的形状与尺寸数据联系起来。例如：

(1) 房间的尺寸、面积和形心位置等可与顶点联系（即是用关联矩阵的行，或用邻接矩

阵的列）。

（2）墙段的长度、表面积、朝向等可与边联系（即是用关联矩阵的列，或用邻接矩阵中的非零元素）。

图7(a)表示住宅的一户型单元的平面图及其对偶图。将对偶图的关联矩阵的每一行与房间的长、宽尺寸（面积）相联系。关联矩阵的每一列与墙段的长度相联系。其关联矩阵示如图7(b)。房间数据表、墙段数据表示如图7(c)。

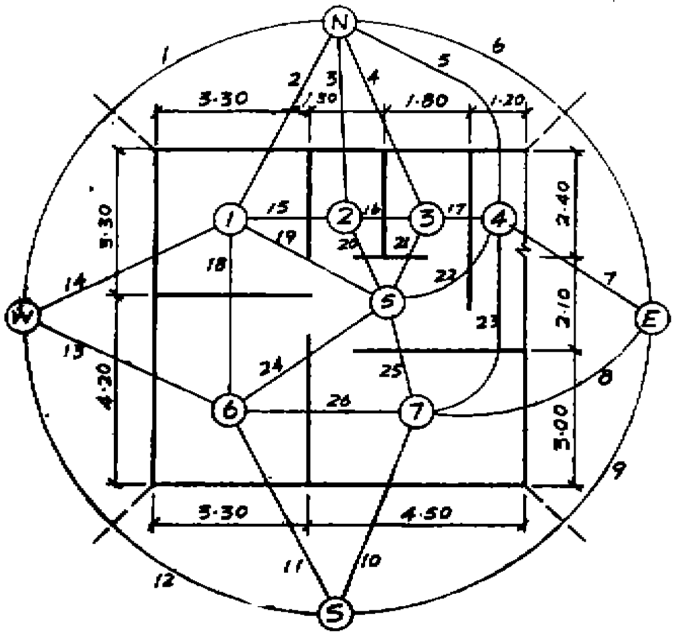


图 7 (a)

		墙段 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
房间	1		1												1	1			1	1							
	2			1												1	1				1						
	3				1												1	1				1					
	4					1		1										1					1	1			
	5																			1	1	1	1		1	1	
	6											1		1					1						1		1
	7								1		1													1		1	1
外部域	N	1	1	1	1	1	1																				
	E						1	1	1	1																	
	S									1	1	1	1														
	W	1											1	1	1												

图 7 (b)

房间	面积	墙段	长度	墙段	长度	墙段	长度
1	10.89	1	哑参数	10	4.50	19	0.90
2	3.60	2	3.30	11	3.30	20	1.50
3	4.32	3	1.50	12	哑参数	21	1.80
4	5.40	4	1.80	13	1.20	22	2.10
5	6.93	5	1.20	14	3.30	23	1.20
6	13.86	6	哑参数	15	3.40	24	1.20
7	13.50	7	(4.50)	16	2.40	25	3.30
		8	3.00	17	2.40	26	3.00
		9	哑参数	18	3.30		

图　7　(c)

图7说明对于一个给定的建筑平面布置图，如何用关联矩阵（或邻接矩阵）表示房间形状、尺寸的几何拓扑信息。至于生成一个建筑平面布置图，其算法步骤为：

1）定义满足房间邻接关系的一个邻接需求矩阵。

2）测试对应于此邻接需求矩阵的对偶图是否是平面图，如果是，执行下一步，否则问题无解；

3）展开对偶图使没有边相交，即平面图的几何实现。

4）通过绘制墙段，构造对应的建筑平面布置图。（Fary(1948)已证明一个平面图只用直线段就能实现并且没有边相交。而与对偶图对应的建筑平面布置图也仅用直线段可构成。）

5）调整房间的形状、尺寸以满足指定的需要。

由于算法具体实现存在一些困难和程序设计的复杂性，至今只实用于十个房间以下的小型建筑。自60年代以来，国外不少学者研究此问题。

对偶图表示法尚可用于分析建筑空间之间的流通。例如热流、声音传播、流程等。每个一点可以看作热源、声源、流程源等等。每条边可以看作通过墙段的热传导、声传播的通道和一个房间到另一房间的流通道。

对偶图表示法可以和其他的建筑几何描述法配合使用。

2　Smith图表示法

建筑平面布置图通常是将一个矩形分割为若干矩形、于是可以摸拟为电路网络。这就是与图论紧密联系的“Smith图”的思想。以图7(a)所示的住宅户型单元为例来说明。将该户型单元看为电路网络（参阅图8(a)）。每一南北墙是网络的结点。在结点处的电位表示以东端墙为基准的长度距离。而在每一段电路中的电流表示房间所跨越的宽度(与南北墙平行)。由克希荷夫第一定律得知导体中的电流可以表示为：

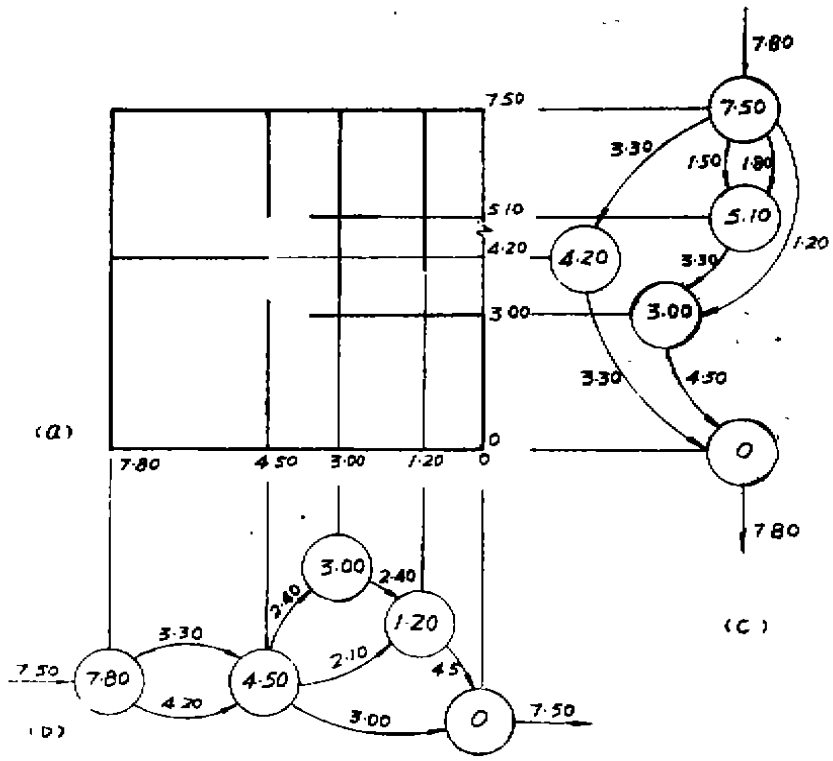
$$电流 = C(V_1 - V_2)$$

其中　C = 电导

V_1 = 高电压（高伏特数）

V_2 = 低电压

以矩形平面布置图来解释，可看出（$V_1 - V_2$）表示房间的长度，而C表示宽长比。克希荷夫第二定律叙述为流入一个结点的电流必须等于流出的电流。对于建筑平面图来说，意思是在一南北墙一边，房间的宽度之和必须等于另一边房间宽度之和。户型单元平面图的Smith图表示为图8(b)。



	7.50	4.20	3.30	3.00	2.10	2.40	2.40	4.50	7.50
7.80	1	1	1						
4.50		1	1	1	1	1			
3.00						1	1		
1.20					1	1		1	
0			1					1	1

(d) 与(b)图对应的关联矩阵

	7.80	3.30	1.50	1.80	1.20	3.30	3.30	4.50	7.80
7.50	1	1	1	1	1				
5.10			1	1		1			
4.20		1					1		
3.00					1	1		1	
0							1	1	1

(e) 与(c)图对应的关联矩阵

图　8

如果把每一东西墙看作网络的结点，而把南端墙作为距离的基准，就得到图8(c)所示的Smith图。

一个Smith图可以数值编码为关联矩阵。它的顶点是电位值，它的边是电流值。图8(d)、(e)分别为两个Smith图的关联矩阵。显然这种表示法能以数组形式在计算机内存贮。在Smith图中围绕一个顶点，边的排列顺序表示房间产生的顺序，因此这一顺序图必须保存在关联矩阵中。利用铅笔和图纸读者能重建房间平面布置图。

由于任意直方平面形状都能分割为矩形，Smith图表示法能生成任意的直方建筑平面图，只须引出虚墙段。因此Smith图的应用不限于矩形平面图。

Smith图表示法的最重要的特点是它有校核尺寸一致性的能力并服从建筑平面图的尺寸约束。

采用Smith图表示法来生成建筑平面图，由于所包含的组合问题大，仅能处理较小的平面布置图（少于10级的），尚需要有效的程序设计和强大的计算机。

参考文献

1 W·J·Mitchell, Computer-Aided Architectural Design, Litton Educational Publishing Inc, 1977

（编辑：姚国安）

THE GEOMETRIC DESCRIPTION OF BUILDING

Lai Xinchang

(The Computer Center)

ABSTRACT This paper discusses dual-graph representations and Smith-diagram representations in the geometric description of building. These two methods are quoted from Computer-Aided Architectural Design by Mitchell W.J. In this paper, they are discussed in combination with practical examples of building. In view of the fact that the references of CAAD is not enough in China, this paper gives some help to people who engage in CAD.

KEY WORDS CAAD, data structure, dual-graph, Smith-diagram