Computer Science and Application 计算机科学与应用, 2017, 7(10), 960-973
Published Online October 2017 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/csa
https://doi.org/10.12677/csa.2017.710109

Hans汉斯

Based on FQ_n and Cycles Cell-Breeding Network $FQCC(n,k)$ and Its Properties

Yuan Zhao[1], Haizhong Shi[2*]

College of Mathematics and Statistics, Northwest Normal University, Lanzhou Gansu
Email: 610185749@qq.com, *haizhong.shi@163.com

Received: Oct. 4th, 2017; accepted: Oct. 17th, 2017; published: Oct. 24th, 2017

Abstract

The folded cube-connected cycles network $FQCC(n)$ (n > 1) is a classic interconnection network; it is 3 regular. On the basis of the folded cube-connected cycles network $FQCC(n)$ (n > 1) and cell-breeding graph model for interconnection network, $FQCC(n,k)$ (n > 1, k is not a negative integer) is designed by Haizhong Shi: each vertex in the folded cube-connected cycles network $FQCC(n)$ (n > 1) is replaced by the cycles of length 3, and the vertex in every cycle is located on the edge of the folded cube-connected cycles connected to the vertex, then we called the new network $FQCC(n,1)$; in similar way each vertex in the folded cube-connected cycles network $FQCC(n,1)$ (n > 1) is replaced by the cycles of length 3, then we called the new network $FQCC(n,2)$, looping execution the above method k times, and then get the new network—$FQCC(n,k)$ (n > 1, k is not a negative integer). The network $FQCC(n,k)$ keeps small or fixed degree (is 3) of $FQCC(n)$, and has better extendability than $FQCC(n)$. Furthermore proposed a conjecture: $FQCC(n,k)$ is Hamiltonian. Yuan Zhao proofs that $FQCC(2,k)$ is planar and Hamiltonian, and that $FQCC(n,k)$ (k > 1) is not vertex-transitive.

Keywords

The Folded Cube-Connected Cycles, $FQCC(n,k)$, Planar Graph, Hamilton Graph, Hamilton-Connected Graph, Vertex-Transitive

基于FQ_n和圈的细胞分裂生长网络$FQCC(n,k)$及其性质

赵 媛[1]，师海忠[2*]

西北师范大学数学与统计学院，甘肃 兰州
Email: 610185749@qq.com, *haizhong.shi@163.com

*通讯作者。

文章引用: 赵媛, 师海忠. 基于 FQ_n 和圈的细胞分裂生长网络 $FQCC(n,k)$及其性质[J]. 计算机科学与应用, 2017, 7(10): 960-973. DOI: 10.12677/csa.2017.710109

收稿日期：2017年10月4日；录用日期：2017年10月17日；发布日期：2017年10月24日

摘　要

折叠立方体连通圈网络*FQCC*(*n*) (*n* > 1)是一类典型的互连网络，它是3正则的。师海忠根据折叠立方体连通圈网络*FQCC*(*n*) (*n* > 1)和细胞分裂生长图模型设计出了一种新的互连网络——*FQCC*(*n*,*k*) (*n* > 1，*k*是非负整数)：用三长的圈代替*FQCC*(*n*)的每个顶点且圈中每个顶点恰位于折叠立方体连通圈网络*FQCC*(*n*) (*n* > 1)中与该顶点关联的一条边上，得到新的网络FQCC(*n*,1)；再类似的用三长的圈代替*FQCC*(*n*,1)的每个顶点得*FQCC*(*n*,2)，循环执行上述方法*k*次得到的新网络称为*FQCC*(*n*,*k*) (*n* > 1，*k*是非负整数)。该网络*FQCC*(*n*,*k*)在保持了*FQCC*(*n*)的小的固定的度(为3)的特性外，还有比*FQCC*(*n*)更好的扩展性。进而提出了猜想：*FQCC*(*n*,*k*)是Hamilton图。赵媛证明了*FQCC*(2,*k*)是平面图和Hamilton图，还证明了*FQCC*(*n*,*k*) (*k* > 1)不是点可迁的。

关键词

折叠立方体连通圈网络，*FQCC*(*n*,*k*)，平面图，Hamilton图，Hamilton连通图，点可迁的

1. 引言

互连网络是超级计算机的重要组成部分。网络遵循八个原则：小的固定顶点度；小通信传输延迟；简单的路由算法；均匀性或对称性；高容错性；可扩性；可嵌入性；有效的布图算法。大规模集成电路技术的出现和现代通信技术的飞速发展要求人们设计出多核的互连网络，对这种网络来讲网络的平面性是一项很重要的指标。互连网络的基本拓扑结构是连通图 $G(V,E)$。其中 V 是处理器的集合，E 是网络通信链路的集合[1] [2]。

许多学者设计出了多种互连网络，例如：折叠 Petersen 立方体、折叠立方体、正则图连通圈网络(折叠立方体连通圈网络，立方体连通圈网络等)、细胞分裂生长图模型、层次环群论模型等并给出了它们的部分性质[3]-[17]。这些互连网络都有许多优点，也各自存在一些缺点。比如折叠立方体，它的度(n + 1)随着规模(2^n)的增大而增大。折叠立方体连通圈具有优点——小的固定的度(都为 3)，但它的扩展性较差。在这篇文章中，根据文献[8]和[10]中提出的设计互连网络的新思想，师海忠设计出了新的互连网络 $FQCC(n,k)(n \ge 2, k \ge 0)$。除了保持折叠立方体连通圈 $FQCC(n)$ 的优点——小的固定的度(为 3)外，当固定 n 之后，它有较好的可扩展性，即规模可随着 k 的增大而增大。特别是赵媛证明了 $FQCC(2,k)$ 是个平面图和 Hamilton 图，还证明了 $FQCC(n,k)(k \ge 2)$ 不是点可迁的。

本文其余结构是：第 2 节，基本概念；第 3 节，新互连网络 k 及其性质；第 4 节，结束语。

2. 基本概念

定义 1 [14]：令 $x = x_0 x_1 \cdots x_{n-1}$ 是一个 n 比特二元串，我们用 $(x)_j$ 来定义比特 x_j。令 $x = (y)^i$ 当 x 和 y 仅在第 i 个位置比特不同。

定义 2：如果两个顶点 $x = x_0x_1\cdots x_{n-1}$ 和 $y = y_0y_1\cdots y_{n-1}$ 有 $y_i = 1 - x_i\ (i = 0,1,\cdots,n-1)$，那么我们就记做 $y = \overline{x}$。我们说 x 和 $\overline{x}$ 是互补的。

定义 3：n 维折叠立方体连通圈 $FQCC(n)$ 定义为一个无向图，它有 $(n+1)\cdot 2^n$ 个顶点，记做 (x,l)，其中 $x = x_0x_1\cdots x_{n-1}$ 是一个 n 比特二元串，l 是 0 到 n 的一个正整数，两个顶点 (x,l)，(y,l') 相连当且仅当(i) $x = y$ 且 $|l-l'| = 1$ 或者(ii) $0 \le l = l' \le n-1$ 且 $y = (x)^l$ 或者(iii) $l = l' = n$ 且 $y = \overline{x}$。

定义 4：我们给出新网络 $FQCC(2,k)(k \ge 0)$ 的严格数学定义，$FQCC(2,k)$ 的顶点记作 $(x,l(k+1))$，其中 x 是 2 比特二元串，$l(k+1) = l_1l_2\cdots l_{k+1}$，$l_i$ 是 0 到 2 的整数。两个顶点 $(x,l(k+1))$ 和 $(y,l'(k+1))$ 相连当且仅当(i) $y = (x)^j\ (j = 0,1)$ 且 $l_i = l_i' = j\ (1 \le i \le k+1)$；或者(ii) $y = \overline{x}$ 且 $l_i = l_i' = 2\ (1 \le i \le k+1)$；或者(iii) $x = y$ 且 $l_k \ne l_k'$，$l_k \ne l_{k+1}$，$l_k' \ne l_{k+1}'$，$l_i = l_i'\ (i \ne k)$；或者(iv) $x = y$ 且 $(x,l(k))$，$(y,l'(k)) \in V(FQCC(2,k-1))$ 且 $((x,l(k)),(y,l'(k))) \in E(FQCC(2,k-1))$ 且 $l_k = l_{k+1} = l_{k+1}' = l_k'$；或者(v) $x = y$ 且 $l_{k+1} \ne l_{k+1}'$，$l_i = l_i'\ (1 \le i \le k)$。如图 2、图 3。

定义 5 [2]：若一个图具有这样的一个图形，它的边仅在端点处相交，则该图称为平面图。

定义 6：G 的 Hamilton 圈是指包含 G 的每个顶点的圈。

定义 7：一个图若包含 Hamilton 圈，则称这个图是 Hamilton 图。

定义 8 [15]：若一个图中任意两个顶点之间都有一条 Hamilton 路，则称这个图为 Hamilton 连通图。

定义 9 [1]：如果 G 是点可迁的，那么对 G 的每对顶点 x 和 y，存在 $\theta \in Aut(G)$，使得 $y = \theta(x)$。

3. 新互连网络 *FQCC*(*n*,*k*)及其性质

3.1. *FQCC*(*n*,*k*)及其基本性质

在这一节中师海忠设计出了新互连网络 $FQCC(n,k)$：用三长的圈代替 $FQCC(n)$ 的每个顶点且圈中每个顶点恰位于折叠立方体连通圈网络 $FQCC(n)(n \ge 2)$ 中与该顶点关联的一条边上，得到新的网络 $FQCC(n,1)$；再类似的用三长的圈代替 $FQCC(n,1)$ 的每个顶点得 $FQCC(n,2)$，循环执行上述方法 k 次得到的新网络称为 $FQCC(n,k)(n \ge 2, k \ge 0)$，注意 $FQCC(n,0)$ 即为 $FQCC(n)$。新互连网络 $FQCC(n,k)(n \ge 2, k \ge 0)$ 有 $(n+1)2^n3^k$ 个顶点，$(n+1)2^{n-1}3^{k+1}$ 条边，且它的度为 3。$FQCC(n,k)$ 比 $FQCC(n)$ 有更好的扩展性，即当固定 n 之后，规模($(n+1)2^n3^k$)随着 k 的增大而增大。特别是 $FQCC(2,k)$ 有较好的性质(见 3.2 节)。

3.2. *FQCC*(2,*k*)及其性质

在这一节中，赵媛讨论了 $FQCC(2,k)$ 的平面性、Hamilton 性、点可迁性。

定理 1：$FQCC(2,k)(k \ge 0)$ 是平面图。

证明：显然 FQ_2 是平面图，如图 1。所以 $FQCC(2)$ 即 $FQCC(2,0)$ 是平面图，如图 2。那么 $FQCC(2,k)$ 也是平面图，如图 3。

定理 2：$FQCC(2,k)$ 是 Hamilton 图。

证明：当 $k = 0$ 时，我们可以在 $FQCC(2,0)$ (也就是 $FQCC(2)$)中找到一个 Hamilton 圈：(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)。显然 $FQCC(2)$ 是 Hamilton 图。

当 $k = 1$ 时，$FQCC(2,0)$ 中的顶点 (x,l_1) 变成了 (x,l_1l_1)。我们可以找到路 P_1<(00,00),(00,01),(00,21),(00,20),(00,22)>来代替边((00,0),(00,2))；路 P_2<(00,22),(11,22)>来代替边((00,2),(11,2))；路 P_3<(11,22),(11,20),(11,21),(11,01),(11,00)>来代替边((11,2),(11,0))；路 P4<(11,00),(11,02),(11,12),(11,10), (11,11)>来代替边((11,0),(11,1))；路 P_5<(11,11),(10,11)>来代替边((11,1),(10,1))；路 P6<(10,11),(10,10), (10,12),(10,02),(10,00)>

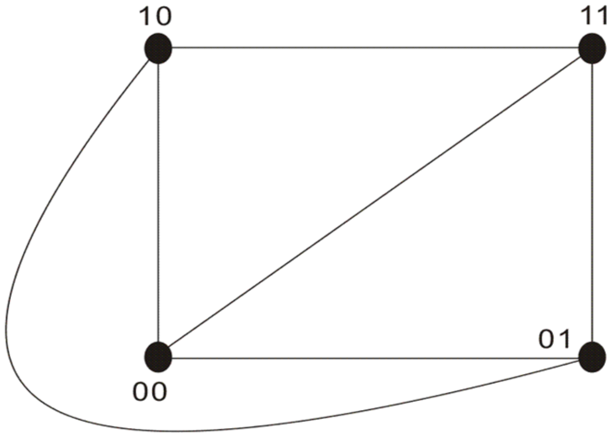

Figure 1. Planar graph FQ_2
图 1. 平面图 FQ_2

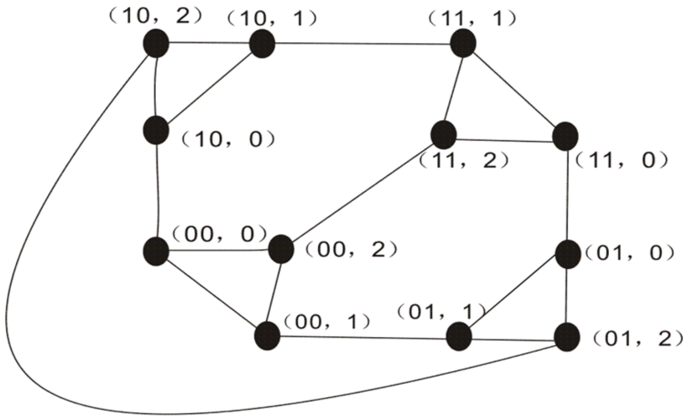

Figure 2. Planar graph $FQCC(2,0)$
图 2. 平面图 $FQCC(2,0)$

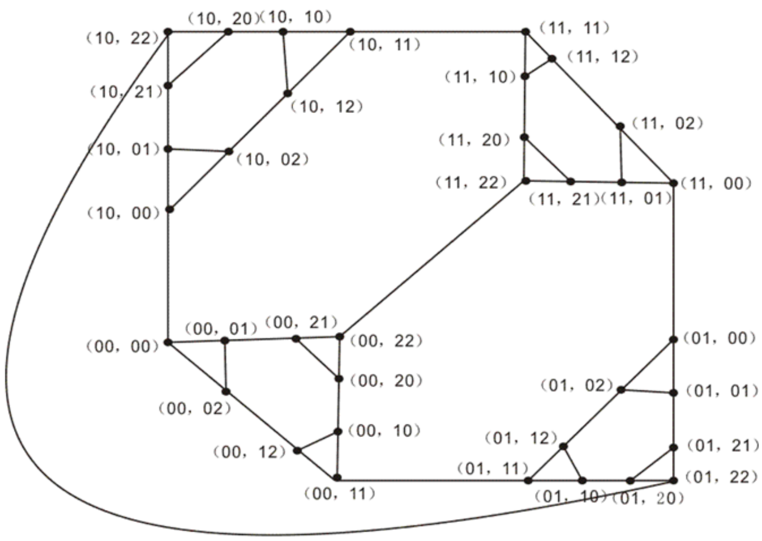

Figure 3. Planar graph $FQCC(2,1)$
图 3. 平面图 $FQCC(2,1)$

来代替边((10,1),(10,0))；路 P_7<(10,00),(10,01),(10,21),(10,2),(10,22)>来代替边((10,0),(10,2))；路 P_8<(10,22),(01,22)>来代替边((10,2),(01,2))；路 P_9<(01,22),(01,20),(01,21),(01,01),(01,00)>来代替边((01,2),(01,0))；路 P_{10}<(01,00),(01,02),(01,12),(01,10),(01,11)>来代替边((01,0),(01,1))；路 P_{11}<(01,11),(00,11)>来代替边((01,1),(00,1))；路 P_{12}<(00,11),(00,10),(00,12),(00, 02),(00,00)>来代替边((00,1),(00,0))。令 $C=\bigcup_{i=1}^{12}P_i$，则 C 是一个 Hamilton 圈，所以 $FQCC(2,1)$ 是 Hamilton 图。并且路 P_2，P_5，P_8，P_{11} 的长为 1，其余路的长为 4。

以此类推，当 $k=n(n\geq 2)$ 时，$FQCC(2,0)$ 中的顶点 (x,l_1) 变为 $(x,l(k+1))$。其中 $l=l_1l_2\cdots l_{n+1}$，$l_1=l_2=\cdots=l_{n+1}$。我们可以找到路 $P_i\langle((x,l),p_i,(y,l'))\rangle(1\leq i\leq 12)$ 来代替边 $((x,l_1),(y,l_1'))$。令 $C=\bigcup_{i=1}^{12}P_i$，则 C 是 $FQCC(2,k)$ 的一个 Hamilton 圈，所以 $FQCC(2,k)$ 是 Hamilton 图。其中路 P_2，P_5，P_8，P_{11} 的长为 1，其余路的长为 $0.5(3^{k+1}-1)$。

由此，师海忠提出如下猜想：

猜想 3：$FQCC(n,k)$ 是 Hamilton 图。

定理 4：$FQCC(2,0)$ 是 Hamilton 连通图。

证明：由定义 8 可知，顶点(00,0)和(00,1)之间有一条 Hamilton 路

P_1：(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)。以此类推，

P_2{(00,0),(00,2)}:(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2)-(00,2).

P_3{(00,0),(01,0)}:(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0).

P_4{(00,0),(01,1)}:(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1).

P_5{(00,0),(01,2)}:(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2)-(00,2)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2).

P_6{(00,0),(10,0)}:(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,1)-(10,0).

P_7{(00,0),(10,1)}:(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1).

P_8{(00,0),(10,2)}:(00,0)-(00,2)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2).

P_9{(00,0),(11,0)}:(00,0)-(00,2)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0).

P_{10}{(00,0),(11,1)}:(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1).

P_{11}{(00,0),(11,2)}:(00,0)-(00,2)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2).

P_{12}{(00,1),(00,2)}:(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,1)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(11,2)-(00,2).

P_{13}{(00,1),(01,0)}:(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0).

P_{14}{(00,1),(01,1)}:(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0)-(01,0)-(01,2)-(01,1).

P_{15}{(00,1),(01,2)}:(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2).

P_{16}{(00,1),(10,0)}:(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,1)-(10,0).

P_{17}{(00,1),(10,1)}:(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1).

P_{18}{(00,1),(10,2)}:(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2).

P_{19}{(00,1),(11,0)}:(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0).

P_{20}{(00,1),(11,1)}:(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,1)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(11,1).

P_{21}{(00,1),(11,2)}:(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,1)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(11,2).

P_{22}{(00,2),(01,0)}:(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0)-(01,0).

P_{23}{(00,2),(01,1)}:(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0)-(01,0)-(01,2)-(01,1).

P_{24}{(00,2),(01,2)}:(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2).

P_{25}{(00,2),(10,0)}:(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(11,1)-(10,1)-(10,2)-(10,0).

P_{26}\{(00,0),(10,1)\}:(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(11,1)-(10,1).
P_{27}\{(00,2),(10,2)\}:(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2).
P_{28}\{(00,2),(11,0)\}:(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0).
P_{29}\{(00,2),(11,1)\}:(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,1)-(10,2)-(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(11,1).
P_{30}\{(00,2),(11,2)\}:(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2).
P_{31}\{(01,0),(01,1)\}:(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2)-(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1).
P_{32}\{(01,0),(01,2)\}:(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2).
P_{33}\{(01,0),(10,0)\}:(01,0)-(01,2)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,2)-(10,0).
P_{34}\{(01,0),(10,1)\}:(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1).
P_{35}\{(01,0),(10,2)\}:(01,0)-(01,2)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2).
P_{36}\{(01,0),(11,0)\}:(01,0)-(01,2)-(01,1)-(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0).
P_{37}\{(00,0),(11,1)\}:(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,1)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1).
P_{38}\{(01,0),(11,2)\}:(01,0)-(01,2)-(01,1)-(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2).
P_{39}\{(01,1),(01,2)\}:(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(11,2)-(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,1)-(10,2)-(01,2).
P_{40}\{(01,1),(10,0)\}:(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2)-(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0).
P_{41}\{(01,1),(10,1)\}:(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1).
P_{42}\{(01,1),(10,2)\}:(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(11,2)-(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,1)-(10,2).
P_{43}\{(01,1),(11,0)\}:(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,1)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0).
P_{44}\{(01,1),(11,1)\}:(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,1)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1).
P_{45}\{(01,1),(11,2)\}:(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,2)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2).
P_{46}\{(01,2),(10,0)\}:(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,2)-(10,0).
P_{47}\{(01,2),(10,1)\}:(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(11,2)-(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1).
P_{48}\{(01,2),(10,2)\}:(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2).
P_{49}\{(01,2),(11,0)\}:(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,2)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(11,0).
P_{50}\{(01,2),(11,1)\}:(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(00,2)-(00,1)-(00,0)-(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1).
P_{51}\{(01,2),(11,2)\}:(01,2)-(01,1)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,2)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2).
P_{52}\{(10,0),(10,1)\}:(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1)-(10,1).
P_{53}\{(10,0),(10,2)\}:(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(11,2)-(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2).
P_{54}\{(10,0),(11,0)\}:(10,0)-(10,1)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0).
P_{55}\{(10,0),(11,1)\}:(10,0)-(10,1)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1).
P_{56}\{(10,0),(11,2)\}:(10,0)-(10,2)-(10,1)-(11,1)-(11,0)-(01,0)-(01,2)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2).
P_{57}\{(10,1),(10,2)\}:(10,1)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2).
P_{58}\{(10,1),(11,0)\}:(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,1)-(11,0).
P_{59}\{(10,1),(11,1)\}:(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2)-(11,0)-(11,1).
P_{60}\{(10,1),(11,2)\}:(10,1)-(10,2)-(10,0)-(00,0)-(00,2)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(11,2).
P_{61}\{(10,2),(11,0)\}:(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1)-(11,2)-(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0).
P_{62}\{(10,2),(11,1)\}:(10,2)-(10,1)-(10,0)-(00,0)-(00,2)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,2)-(11,1).
P_{63}\{(10,2),(11,2)\}:(10,2)-(10,1)-(10,0)-(00,0)-(00,2)-(00,1)-(01,1)-(01,2)-(01,0)-(11,0)-(11,1)-(11,2).
P_{64}\{(11,0),(11,1)\}:(11,0)-(11,2)-(00,2)-(00,0)-(00,1)-(01,1)-(01,0)-(01,2)-(10,2)-(10,0)-(10,1)-(11,1).
P_{65}\{(11,0),(11,2)\}:(11,0)-(11,1)-(10,1)-(10,0)-(10,2)-(01,2)-(01,0)-(01,1)-(00,1)-(00,0)-(00,2)-(11,2).

P_{66}\{(11,1),(11,2)\}:(11,1)-(11,0)-(01,0)-(01,1)-(01,2)-(10,2)-(10,1)-(10,0)-(00,0)-(00,1)-(00,2)-(11,2).

引理 5 [1]：令 G 是 n 阶点可迁图，则 G 的所有 n-1 阶子图都同构。

定理 6： $FQCC(2,1)$ 不是点可迁的。

证明：为了方便书写，我们将图 4 中的各顶点简记为 1~36。不失一般性，我们在图 4 中删去顶点 1 (记为 G_b，如图 5)，在图 4 中删去顶点 2 (记为 G_c，如图 6)。由图 5 可知图中除了顶点 2，3，23 为 2 度点外，其余均为 3 度点。由图 6 可知图中除了顶点 1，3，8 为 2 度点外，其余均为 3 度点。

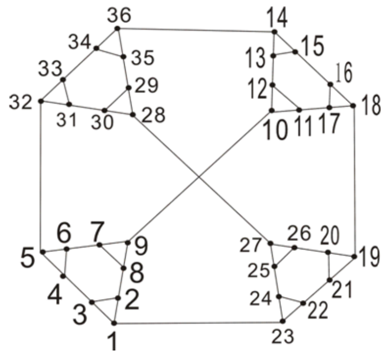

Figure 4. $FQCC(2,1)$

图 4. $FQCC(2,1)$

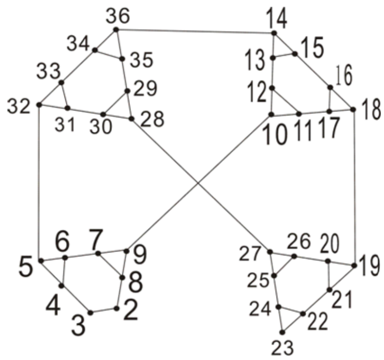

Figure 5. Subgraph 1 of $FQCC(2,1)$

图 5. $FQCC(2,1)$ 的子图 1

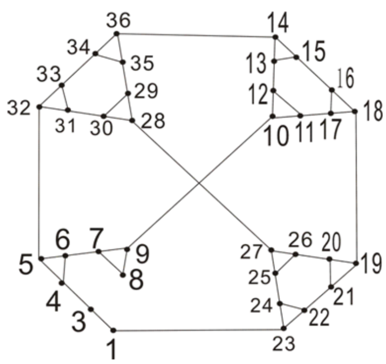

Figure 6. Subgraph 2 of $FQCC(2,1)$

图 6. $FQCC(2,1)$ 的子图 2

假设 G_b 与 G_c 同构，即 $\phi(b_i)=c_i\ (\forall b_i \in V(G_b), \forall c_i \in V(G_c))$

情形 1：若 $\phi(3)=3$，$\phi(2)=1$，$\phi(23)=8$。则 $\phi(4)=4$，$\phi(6)=5$ 或 6，$\phi(8)=23$，$\phi(7)=22$ 或 24。顶点 6 和 7 在 G_b 中相连，由同构定义得 $\phi(6)$ 和 $\phi(7)$ 相连，但在 G_c 中 5 和 22，24 不相连，6 和 22，24 不相连。所以此种情况不成立。

情形 2：若 $\phi(3)=1$，$\phi(2)=3$，$\phi(23)=8$。则 $\phi(4)=23$，$\phi(6)=22$ 或 24，$\phi(8)=4$，$\phi(7)=5$ 或 6。顶点 6 和 7 在 G_b 中相连，由同构定义得 $\phi(6)$ 和 $\phi(7)$ 相连，但在 G_c 中 5 和 22，24 不相连，6 和 22，24 不相连。所以此种情况不成立。

情形 3：若 $\phi(2)=8$，$\phi(3)=3$，$\phi(23)=1$。在 G_b 中顶点 23 和 22，24 相连。在 G_c 中顶点 1 和 3，23 相连。则 $\begin{cases}\phi(22)=23\\ \phi(44)=3\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(22)=3\\ \phi(44)=23\end{cases}$，则在 G_b 中顶点 22 和 24 之间有一条 1 长的路，而在 G_c 中顶点 3 和 23 之间没有 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 4：若 $\phi(2)=3$，$\phi(3)=8$，$\phi(23)=1$。与情形 3 类似，所以此种情形不成立。

情形 5：若 $\phi(2)=1$，$\phi(3)=8$，相连。在 G_c 中顶点 3 和 4，1 相连。则 $\begin{cases}\phi(22)=1\\ \phi(44)=4\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(22)=4\\ \phi(44)=1\end{cases}$，则在 G_b 中 24 和 22 之间有一条 1 长的路，而在 G_c 中 4 和 1 之间没有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 6：若 $\phi(2)=8$，$\phi(3)=1$，$\phi(23)=3$。与情形 5 类似，所以此种情形不成立。

综上所述：上述情形均不成立。G_b 和 G_c 不同构。所以 $FQCC(2,1)$ 不是点可迁的。

3.3. *FQCC*(*n*,*k*)的点可迁性

在这一节中，赵媛讨论了 $FQCC(3,1)$，$FQCC(4,1)$，$FQCC(5,1)$ 以及 $FQCC(n,k)(k>1)$ 的点可迁性。

定理 7：$FQCC(3,1)$ 不是点可迁的。

证明：为了方便书写，我们将图 7 (图 7 是 $FQCC(3,1)$ 的部分子图)中的各顶点简记为 1~15。不失一般性，我们在图 7 中删去顶点 1 (记为 G_h，如图 8)，在图 7 中删去顶点 2 (记为 G_m，如图 9)。由图 8 可知图中除了顶点 2，3，13 为 2 度点外，其余均为 3 度点。由图 9 可知图中除了顶点 1，3，11 为 2 度点外，其余均为 3 度点。

假设 G_h 和 G_m 同构，则 $\phi(h_i)=m_i\ (\forall h_i \in V(G_h), \forall m_i \in V(G_m))$。

情形 1：若 $\phi(2)=1$，$\phi(3)=3$，$\phi(13)=11$。则 $\phi(4)=4$，$\phi(6)=5$ 或 6，$\phi(11)=13$，$\phi(10)=14$ 或 15。在 G_h 中 6 和 10 之间有一条 3 长的路，而在 G_m 中 5 和 14，15 之间没有一条 3 长的路，所以此种情形不成立。

情形 2：若 $\phi(2)=3$，$\phi(3)=1$，$\phi(13)=11$。则 $\phi(4)=13$，$\phi(6)=14$ 或 15，$\phi(11)=4$，$\phi(10)=5$ 或 6。

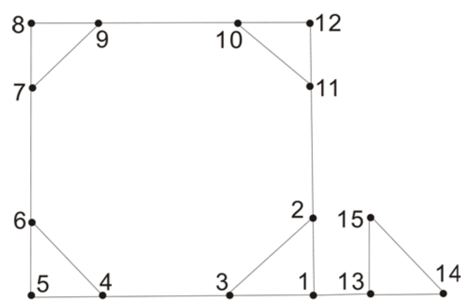

Figure 7. Part of subgraph of $FQCC(3,1)$

图 7. $FQCC(3,1)$ 的部分子图

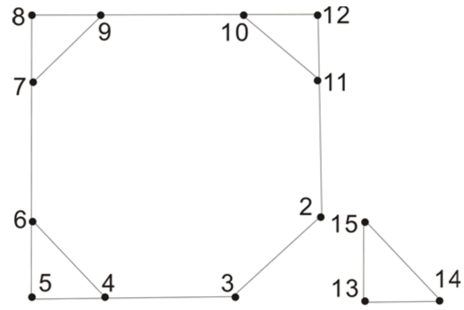

Figure 8. Part of subgraph 1 of $FQCC(3,1)$

图 8. $FQCC(3,1)$ 的部分子图 1

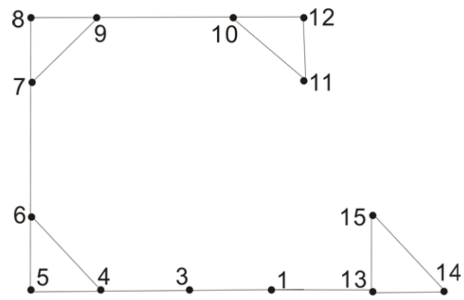

Figure 9. Part of subgraph 2 of $FQCC(3,1)$

图 9. $FQCC(3,1)$ 的部分子图 2

则在 G_h 中 6 和 10 之间有一条 3 长的路，而在 G_m 中 14 和 5，6 之间没有一条 3 长的路，15 和 5，6 之间没有一条 3 长的路。所以此种情形不成立。

情形 3：若 $\phi(2)=1$，$\phi(3)=11$，$\phi(13)=3$。在 G_h 中顶点 3 和 2，4 相连。在 G_m 中顶点 11 和 10，12 相连。则 $\begin{cases}\phi(2)=10\\ \phi(4)=12\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(2)=12\\ \phi(4)=10\end{cases}$，则在 G_h 中 2 和 4 之间没有一条 1 长的路，而在 G_m 中 10 和 12 之间有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 4：若 $\phi(2)=3$，$\phi(3)=11$，$\phi(13)=1$。与情形 3 类似，所以此种情形不成立。

情形 5：若 $\phi(2)=11$，$\phi(3)=1$，$\phi(13)=3$。在 G_h 中顶点 2 和 3，11 相连。在 G_m 中顶点 11 和 10，12 相连。则 $\begin{cases}\phi(3)=10\\ \phi(11)=12\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(3)=12\\ \phi(11)=10\end{cases}$，则在 G_h 中 3 和 11 之间没有一条 1 长的路，在 G_m 中 10 和 12 之间有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 6：若 $\phi(2)=11$，$\phi(3)=3$，$\phi(13)=1$。与情形 5 类似，所以此种情形不成立。

综上所述，上述情况均不成立。G_h 和 G_m 不同构。所以 $FQCC(3,1)$ 不是点可迁的。

定理 8：$FQCC(4,1)$ 不是点可迁的。

证明：为了方便书写，我们将图 10 (图 10 是 $FQCC(4,1)$ 的部分子图)中的各顶点简记为 1~18。不失一般性，我们在图 10 中删去顶点 1 (记为 G_n，如图 11)，在图 10 中删去顶点 2 (记为 G_q，如图 12)。由图 11 可知图中除了顶点 2，3，16 为 2 度点外，其余均为 3 度点。由图 12 可知图中除了顶点 1，3，14 为 2 度点外，其余均为 3 度点。

假设 G_n 和 G_q 同构，则 $\phi(n_i)=q_i\left(\forall n_i\in V(G_n),\forall q_i\in V(G_q)\right)$

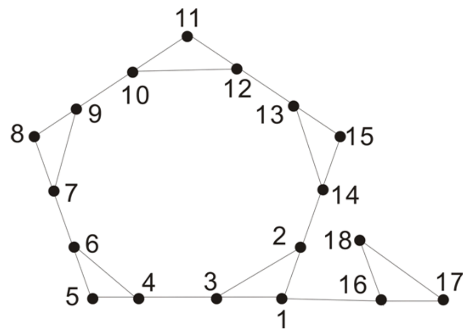

Figure 10. Part of subgraph of $FQCC(4,1)$

图 10. $FQCC(4,1)$ 的部分子图

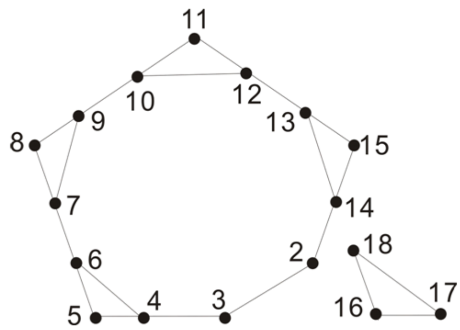

Figure 11. Part of subgraph 1 of $FQCC(4,1)$

图 11. $FQCC(4,1)$ 的部分子图 1

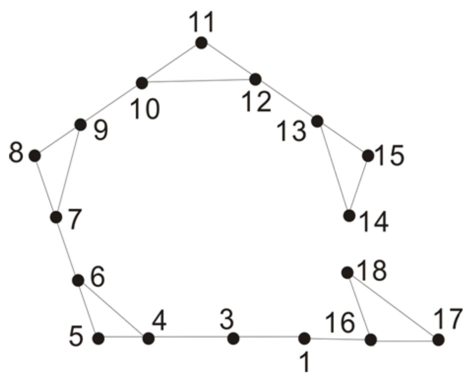

Figure 12. Part of subgraph 2 of $FQCC(4,1)$

图 12. $FQCC(4,1)$ 的部分子图 2

情形 1：若 $\phi(2)=1$，$\phi(3)=3$，$\phi(16)=14$。则 $\phi(4)=4$，$\phi(6)=5$ 或 6，$\phi(14)=16$，$\phi(13)=17$ 或 18。在 G_n 中 6 和 13 之间有两条 5 长的路，而在 G_q 中 5 和 17，18 之间只有一条 5 长的路，6 和 17，18 之间只有一条 5 长的路。所以此种情形不成立。

情形 2：若 $\phi(2)=3$，$\phi(3)=1$，$\phi(16)=14$。则 $\phi(4)=16$，$\phi(6)=17$ 或 18，$\phi(14)=4$，$\phi(13)=5$ 或 6。则在 G_n 中 6 和 13 之间有两条 5 长的路，而在 G_q 中 5 和 17，18 之间只有一条 5 长的路，6 和 17，18 之间只有一条 5 长的路。所以此种情形不成立。

情形 3：若 $\phi(2)=1$，$\phi(3)=14$，$\phi(16)=3$。则在 G_n 中 16 和 17，18 相连。在 G_q 中 3 和 1，4 相连。

则$\begin{cases}\phi(17)=1\\ \phi(18)=4\end{cases}$或$\begin{cases}\phi(17)=4\\ \phi(18)=1\end{cases}$，则在$G_n$中 17 和 18 之间有一条 1 长的路，而在$G_q$中 1 和 4 之间没有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 4：若$\phi(2)=14$，$\phi(3)=1$，$\phi(16)=3$。与情形 3 类似，所以此种情形不成立。

情形 5：若$\phi(2)=3$，$\phi(3)=14$，$\phi(16)=1$。在G_n中顶点 16 和 17，18 相连。在G_q中 1 和 3，16 相连。则$\begin{cases}\phi(17)=3\\ \phi(18)=16\end{cases}$或$\begin{cases}\phi(17)=16\\ \phi(18)=3\end{cases}$，则在$G_n$中 17 和 18 之间有一条 1 长的路，而在$G_q$中 3 和 16 之间没有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 6：若$\phi(2)=14$，$\phi(3)=3$，$\phi(16)=1$。与情形 5 类似，所以此种情形不成立。

综上所述，上述情况均不成立。G_n和G_q不同构。所以$FQCC(4,1)$不是点可迁的。

定理 9：$FQCC(5,1)$不是点可迁的。

证明：为了方便书写，我们将图 13 (图 10 是$FQCC(5,1)$的部分子图)中的各顶点简记为 1~21。不失一般性，我们在图 13 中删去顶点 1 (记为G_r，如图 14)，在图 13 中删去顶点 2 (记为G_s，如图 15)。由图 14

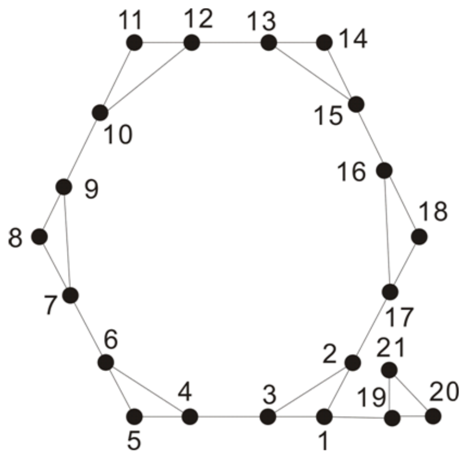

Figure 13. Part of subgraph of $FQCC(5,1)$

图 13. $FQCC(5,1)$的部分子图

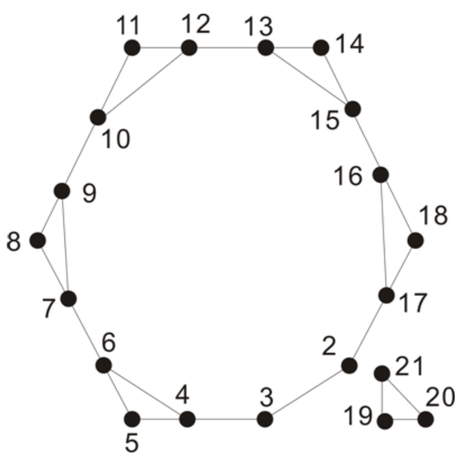

Figure 14. Part of subgraph 1 of $FQCC(5,1)$

图 14. $FQCC(5,1)$的部分子图 1

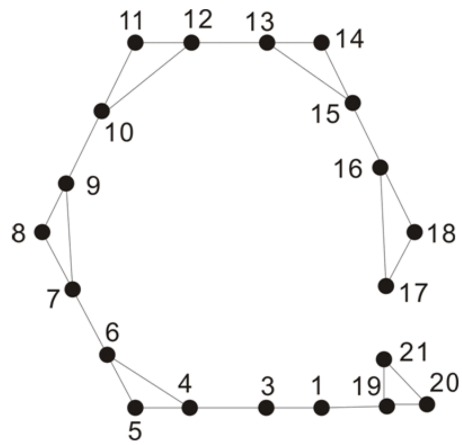

Figure 15. Part of subgraph 2 of $FQCC(5,1)$

图 15. $FQCC(5,1)$ 的部分子图 2

可知图中除了顶点 2，3，19 为 2 度点外，其余均为 3 度点。由图 15 可知图中除了顶点 1，3，17 为 2 度点外，其余均为 3 度点。

假设 G_r 和 G_s 同构，则 $\phi(r_i)=s_i\left(\forall r_i\in V(G_r),\forall s_i\in V(G_s)\right)$

情形 1：若 $\phi(2)=1$，$\phi(3)=3$，$\phi(19)=17$。则 $\phi(4)=4$，$\phi(6)=5$ 或 6，$\phi(17)=19$，$\phi(16)=20$ 或 21。则在 G_r 中 6 和 16 之间有两条 7 长的路，而在 G_s 中 5 和 20，21 之间只有一条 7 长的路，6 和 20，21 之间只有一条 7 长的路。所以此种情形不成立。

情形 2：若 $\phi(2)=3$，$\phi(3)=1$，$\phi(19)=17$。则 $\phi(4)=19$，$\phi(6)=20$ 或 21，$\phi(17)=4$，$\phi(16)=5$ 或 6。则在中 6 和 16 之间有两条 7 长的路，而在 G_s 中 5 和 20，21 之间只有一条 7 长的路，6 和 20，21 之间只有一条 7 长的路。所以此种情形不成立。

情形 3：若 $\phi(2)=1$，$\phi(3)=17$，$\phi(19)=3$。在 G_r 中顶点 19 和 20，21 相连。在 G_s 中顶点 3 和 1，4 相连。则 $\begin{cases}\phi(20)=1\\\phi(21)=4\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(20)=4\\\phi(21)=1\end{cases}$，则在 G_r 中 20 和 21 之间有一条 1 长的路，而在 G_s 中 1 和 4 之间没有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 4：若 $\phi(2)=17$，$\phi(3)=1$，$\phi(19)=3$。与情形 3 类似，所以此种情形不成立。

情形 5：若 $\phi(2)=3$，$\phi(3)=17$，$\phi(19)=1$。在 G_r 中顶点 19 和 20，21 相连。在 G_s 中顶点 1 和 3，19 相连。则 $\begin{cases}\phi(20)=3\\\phi(21)=19\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(20)=19\\\phi(21)=3\end{cases}$，则在 G_r 中 20 和 21 之间有一条 1 长的路，而在 G_s 中 3 和 19 之间没有 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 6：若 $\phi(2)=17$，$\phi(3)=3$，$\phi(19)=1$。与情形 5 类似，所以此种情形不成立。

综上所述，上述情况均不成立。G_r 和 G_s 不同构。所以 $FQCC(5,1)$ 不是点可迁的。

定理 10：$FQCC(n,k)(k\geq 2)$ 不是点可迁的。

证明：为了方便书写，我们将图 16 中的各顶点简记为 1~12。当 $n=2$ 且 $k=1$ 时结论显然成立。当 $n\geq 3,k\geq 2$ 时，一定有 $FQCC(n,k)$ 的子图。不失一般性，我们在图 16 中删去顶点 1 (记为 G_t，如图 17)，在图 16 中删去顶点 2 (记为 G_w，如图 18)。由图 17 可知图中除了顶点 2，3，11 为 2 度点外，其余均为 3 度点。由图 18 可知图中除了顶点 1，3，8 为 2 度点外，其余均为 3 度点。

假设 G_t 和 G_w 同构，则 $\phi(t_i)=w_i\left(\forall t_i\in V(G_t),\forall w_i\in V(G_w)\right)$。

DOI: 10.12677/csa.2017.710109

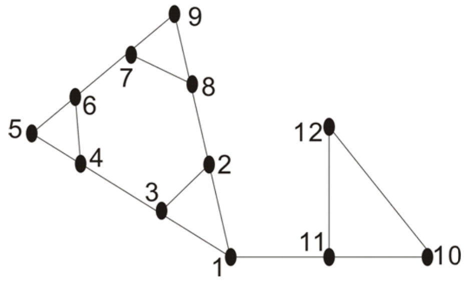

Figure 16. Part of subgraph of $FQCC(n,k)$

图 16. $FQCC(n,k)$ 的部分子图

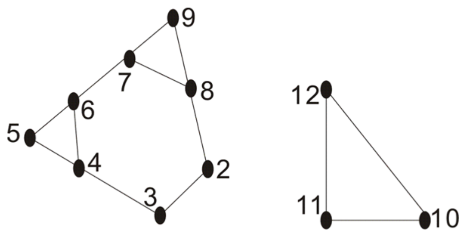

Figure 17. Part of subgraph 1 of $FQCC(n,k)$

图 17. $FQCC(n,k)$ 的部分子图 1

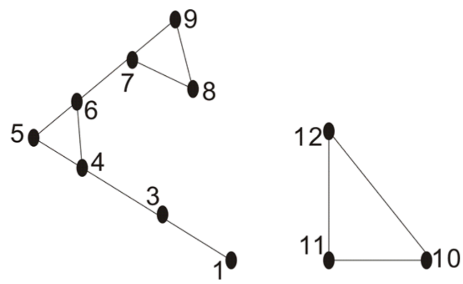

Figure 18. Part of subgraph 2 of $FQCC(n,k)$

图 18. $FQCC(n,k)$ 的部分子图 2

情形 1：若 $\phi(3)=3$，$\phi(2)=8$，$\phi(11)=1$。在 G_t 中顶点 11 和 10，12 相连。在 G_w 中顶点 1 和 3，11 相连。则 $\begin{cases}\phi(12)=3\\\phi(10)=11\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(12)=11\\\phi(10)=3\end{cases}$，则在 G_t 中 10 和 12 之间有一条 1 长的路，而在 G_w 中 3 和 11 之间没有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 2：若 $\phi(3)=8$，$\phi(2)=3$，$\phi(11)=1$。与情形 1 类似，所以此种情形不成立。

情形 3：若 $\phi(3)=3$，$\phi(2)=1$，$\phi(11)=8$。则 $\phi(4)=4$，$\phi(6)=5$ 或 6，$\phi(8)=11$，$\phi(7)=10$ 或 12。在 G_t 中顶点 6 和 7 相连，由同构定义得 $\phi(6)$ 和 $\phi(7)$ 相连。但在 G_w 中顶点 5 和 10，12 不相连，6 和 10，12 不相连。所以此种情形不成立。

情形 4：若 $\phi(3)=8$，$\phi(2)=1$，$\phi(11)=3$。在 G_t 中顶点 11 和 10，12 相连。在 G_w 中顶点 3 和 4，1 相连。则 $\begin{cases}\phi(12)=4\\\phi(10)=1\end{cases}$ 或 $\begin{cases}\phi(12)=1\\\phi(10)=4\end{cases}$，则在 G_t 中 10 和 12 之间有一条 1 长的路，而在 G_w 中 4 和 1 之间没有一条 1 长的路。所以此种情形不成立。

情形 5：若 $\phi(3)=1$，$\phi(2)=8$，$\phi(11)=3$。与情形 4 类似，所以此种情形不成立。

情形 6：若 $\phi(3)=1$，$\phi(2)=3$，$\phi(11)=8$。则 $\phi(8)=4$，$\phi(7)=5$ 或 6，$\phi(4)=11$，$\phi(6)=10$ 或 12。在 G_t 中顶点 6 和 7 相连，由同构定义得 $\phi(6)$ 和 $\phi(7)$ 相连，但在 G_w 中顶点 5 和 10，12 不相连，6 和 10，12 不相连。所以此种情形不成立。

综上所述，上述情况均不成立。G_t 和 G_w 不同构。所以 $FQCC(n,k)(k\geq 2)$ 不是点可迁的。

4. 结束语

我们证明了网络 $FQCC(2,k)(k\geq 0)$ 是平面的，Hamilton 的，且 $FQCC(2,0)$ 是 Hamilton 连通的，但 $FQCC(n,1)(2\leq n\leq 5)$ 不是点可迁的且 $FQCC(n,k)(k\geq 2)$ 不是点可迁的。而 $FQCC(n,k)(n\geq 2,k\geq 0)$ 还有很多性质有待进一步研究。

参考文献 (References)

[1] 徐俊明. 组合网络理论[M]. 北京：科学出版社, 2013.

[2] Bondy, J.A. and Murty, U.S.R. (2008) Graph Theory. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5

[3] Cheng, E., Connolly, R. and Melekian, C. (2015) Matching Preclusion and Conditional Matching Preclusion Problems for the Folded Petersen Cube. *Theoretical Computer Science*, **576**, 30-44. https://doi.org/10.1016/j.tcs.2015.01.046

[4] El-Amawy, A. and Latifi, S. (1991) Properties and Performance of Folded Hypercubes. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, **2**, 31-42. https://doi.org/10.1109/71.80187

[5] Zhu, Q. and Xu, J.M. (2006) On Restricted Edge Connectivity and Extra Edge Connectivity of Hypercubed and Folded Hypercubes. *Journal of University of Science and Technology of China*, **36**, 249-253.

[6] Wang, Y.H. and Xu, J.M. (2005) Minimum Feedback Vertex Set in Folded Hypercubes. *Operations Research and Management Science*, **14**, 8-11.

[7] Ma, M.J., Xu, J.M. and Du, Z.Z. (2004) Edge-Fault-Tolerant Bipanconnectivity of Hypercubes and Edge-Fault-Tolerant Edge-Pancyclicity of Folded Hypercubes. *Proceeding of the Seventh National Conference of Operations Research Society of China*, 1261-1267.

[8] 师海忠. 正则图连通圈：多种互连网络的统一模型[C]. 北京：中国运筹学会第十一届学术交流会文集, 2010: 202-208.

[9] Shi, H.Z. and Shi, Y. (2015) A New Model for Interconnection Network: k-Hierarchical Ring and r-Layer Graph Network. http://vdisk.weibo.com/s/dlizJyferZ-Zl

[10] Shi, H.Z. and Shi, Y. (2015) Cell-Breading Graph Model for Interconnection Networks. http://vdisk.weibo.com/s/dlizJyfesb05y

[11] Shi, H. and Shi, Y. (2015) A Hierarchical Ring Group-Theoretic Model for Interconnection Networks. http://vdisk.weibo.com/s/dlizJyfeBX-2J

[12] 师海忠, 常立婷, 赵媛, 张欣, 王海锋. 2r-正则图连通圈网络的 Hamilton 分解[J]. 计算机科学, 2016, 43(11A), 304-307 + 319.

[13] Sebastian, M.P., Nagendra Rao, P.S. and Jenkins, L. (1998) Properties and Performance of the Folded Cube-Connected Cycles. *Journal of Systems Architecture*, No. 44, 359-374.

[14] Hsu, L.-H., Ho, T.-Y., Ho, Y.-H. and Tsay, C.-W. (2014) Cycles in Cube-Connected Cycles Graphs. *Discrete Applied Mathematics*, No. 167, 163-171.

[15] Chen, X.-B. (2009) Some Results on Topological Properties of Folded Hypercubes. *Information Processing Letters*, No. 109, 395-399.

[16] 师海忠, 常立婷. 推广立方连通圈网络的 Hamilton 分解的算法[J]. 计算机科学与应用, 2016, 6(9): 573-582.

[17] 师海忠, 赵媛. 推广折叠立方体连通圈网络的 Hamilton 分解的算法[J]. 计算机应用研究, 2017.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD
   下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8801，即可查询
2. 打开知网首页 http://cnki.net/
   左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：http://www.hanspub.org/Submission.aspx
期刊邮箱：csa@hanspub.org