

# 网络分析方法在音韵学教学中的应用

——以《广韵》反切系联为例

胡佳佳

(北京师范大学文学院)

**提要:**音韵学是中国传统“小学”的一个分支,与文字学、训诂学相依而并列。它的主要研究材料是古代的韵文,中古的韵书与其后的韵图,以及古代文献典籍中存留的语音现象和训释材料。它所面对的是汉字记录的书面语,并用汉字作为工具来分析语音。这也造就了传统音韵学研究的一大特点,那就是音类关系的建立要比微观音值的构拟更为重要。进行音类研究最主要的方法之一就是系联法。系联法的本质就是建立具有同声或同韵(包括同声调)的汉字之间的网状联系,从中划分出不同的声类或韵类,从而对汉字所记录的汉语音节进行音素的区分与音位的归纳。作者在音韵学教学的过程中,尝试从现代网络分析的角度反观古人的系联法,以期让学生对于传统“小学”研究中普遍存在的网络观有一个更加直观和科学的理解。本文仅以《广韵》反切系联为例。

**关键词:**网络分析;音韵学;反切系联;Gephi

## 一、导言

音韵学是中国传统“小学”的一个分支,与文字学、训诂学相依而并列。它的主要研究材料是古代的韵文和谐声字,中古的韵书与其后的韵图,以及古代文献典籍中存留的语音现象和训释材料(例如异文和破读)。它所面对的是汉字记录的书面语,并用汉字作为工具来分析语音。这也造就了传统音韵学研究的一大特点,那就是音类关系的建立要

比微观音值的构拟更为重要。而进行音类研究最主要的方法之一就是系联法。

系联法既可以用于古音学的研究,如顾炎武在《音学五书》中采用的“《诗经》韵脚字系联”,也可以用于今音学的研究,如陈澧在《切韵考》中提出的“反切上字系联与反切下字系联”。究其本质,就是建立具有同声或同韵(包括同声调)的汉字之间的网状联系,并从中划分出不同的声类或韵类。

网络可以看作是对客观世界事物间联系的一种数学抽象。人们常在纸上用点及点与点间的连线画出各种各样的示意图来反映实际生活中某些事物之间的特定关系。其中,点代表事物,点与点间的连线表示相应事物间具有的某种关系。在图中,不需要考虑点的相对位置与连线的曲直长短,而只关心哪些点间有线相连。事物之间的关系可以是单向的,也可以是双向的;因此点间的连线可以是有方向的(带箭头的),也可以是没有方向的(不带箭头的)。

作者在音韵学教学的过程中,尝试从现代网络分析的角度反观古人的系联法,以期让学生对于传统“小学”研究中普遍存在的网络观有一个更加直观和科学的理解。下文仅以《广韵》反切系联为例。

## 二、《广韵》反切系联

《广韵》是今音学研究的最重要的材料。学界普遍认同,将依据《广韵》复原出的语音系统,作为汉语中古音的代表。《广韵》按平上去入分为五卷,共 206 韵。各韵(主元音和韵尾相同)下再分若干小韵(同音字组),每个小韵的第一个代表字下标注反切。反切是中国古代韵书的注音方法:

“切语之法,以二字为一字之音,上字与所切之字双声,下字与所切之字叠韵。”  
(〔清〕陈澧《切韵考》)

如“东,德红切”,则“东”与反切上字“德”的声类相同,与反切下字“红”的韵类和调类相同。因此,可以据切语上字以定声类,据切语下字以定韵类。

科学、系统地研究《切韵》音系,是从清人陈澧开始的。在《切韵考》一书中,陈澧创造性地订立了分析《切韵》音系的条例,通过系联反切上、下字,归纳出《广韵》的声、韵类别。陈澧在《切韵考》卷一“条例”中详细介绍了其方法:

“切语上字与所切之字为双声,则切语上字同用者、互用者、递用者,声必同类

也。同用者如‘冬,都宗切’、‘当,都郎切’,同用‘都’字也。互用者如‘当,都郎切’‘都,当孤切’,‘都、当’二字互用也。递用者,如‘冬,都宗切’‘都,当孤切’,‘冬’字用‘都’字,‘都’字用‘当’字也。今据此系联之,为切语上字四十类。”

“切语下字与所切之字为叠韵,则切语下字同用者、互用者、递用者,韵必同类也。同用者,如‘东,德红切’‘公,古红切’,同用‘红’字也。互用者,如‘公,古红切’‘红,户公切’,‘红’‘公’二字互用也。递用者,如‘东,德红切’‘红,户公切’,‘东’字用‘红’字,‘红’字用‘公’字也。今据此系联之,为每韵一类二类三类四类。”

从集合论的观点来看,“被切字”与“反切上字”的声类是等价关系,“被切字”与“反切下字”的韵类是等价关系,所谓的“同用、互用、递用”其实就是等价关系的自反性、对称性与传递性<sup>①</sup>。那么利用“被切字”与“反切上字”等价关系划定出的等价类<sup>②</sup>就是《广韵》的声类,利用“被切字”与“反切下字”等价关系划定出的等价类就是《广韵》的韵类。

从网络分析的角度,将被切字与反切上字(或下字)看作网络中的结点,被切字与反切上字(或下字)的等价关系看作结点间的无向边(因为等价关系是双向的)。利用现代的网络分析与可视化软件<sup>③</sup>就可以将其组成的网络关系图展示出来,并找出其中的“成分(Component)”。所谓“成分”,就是网络中的最大连通子图。直观来看,同一“成分”内部的任意两个结点之间有路径(边的组合)相联,但不同“成分”之间的结点没有任何联系。如图1的网络图就包含了3个“成分”。如果网络图中结点之间的连线表示的是结点间的等价关系,那么图中的每个“成分”就是由此等价关系划定出的一个等价类。因此只要建立了反切上字(或下字)间的声类(或韵类)等价关系网络图,理论上图中的每个“成分”就相当于具有“同用、互用、递用”关系的反切上字(或下字)系联出的一个声类(或韵类)。

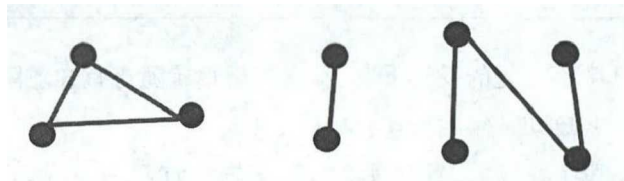


图1:包含3个成分的网络图

①在等价关系中,两个有关系的元素可视为等价的,记为  $A \sim B$ 。自反性指:  $A \sim A$ 。对称性指:如果  $A \sim B$ ,则  $B \sim A$ 。传递性指:如果  $A \sim B, B \sim C$ ,则  $A \sim C$ 。

②在数学中,给定一个集合  $X$  和在  $X$  上的一个等价关系  $\sim$ ,则  $X$  中的一个元素  $a$  的等价类是在  $X$  中等于  $a$  的所有元素构成的集合。

③本文中使用的是一款免费的开源软件 Gephi。下载地址: <https://gephi.org/>。

### 三、网络分析法在《广韵》反切下字系联中的应用

音韵学课程在讲解陈澧的《广韵》反切系联法时,往往以反切下字的系联为例。这是因为《广韵》中的字是按韵编排的,韵类是韵的下位概念<sup>①</sup>。对于韵类的归纳是在每个韵的内部进行的,有的韵就是一个韵类,有的韵则可以被划分为多个韵类。教学时可以仅用某个韵下的所有小韵反切为例来说明陈澧的系联步骤。如以《广韵》中的平声“支”韵为例。

第一步:找出支韵下所有小韵的反切。如表1所示。

表1:“支”韵:小韵代表字及其反切<sup>②</sup>

|      |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|------|-------|
| 支 章移 | 移 弋支 | 爲 遵支 | 媯 居爲 | 摩 許爲 | 透 於爲  |
| 糜 靡爲 | 陸 許規 | 髻 直垂 | 垂 是爲 | 羸 力爲 | 吹 昌垂  |
| 鉞 敷羈 | 陂 彼爲 | 隨 旬爲 | 虧 去爲 | 窺 去隨 | 奇 渠羈  |
| 祗 巨支 | 犧 許羈 | 敝 去奇 | 宜 魚羈 | 皮 符羈 | 提 是支  |
| 兒 汝移 | 離 呂支 | 疵 疾移 | 貲 即移 | 羈 居宜 | 卑 府移  |
| 啤 符支 | 縲 式支 | 斯 息移 | 差 楚宜 | 摘 丑知 | 彌 武移  |
| 雌 此移 | 知 砂離 | 漪 於離 | 馳 直離 | 畦 息爲 | 危 魚爲  |
| 訖 香支 | 醜 所宜 | 鞫 山垂 | 痿 人垂 | 厓 姊宜 | 賕 規居隋 |
| 劑 遵爲 | 衰 楚危 | 脛 竹垂 | 駢 子垂 | 眇 叱支 | 齏 側宜  |
| 跛 匹支 | 蒨 悅吹 | 蠶 士移 |      |      |       |

第二步:找出其中不重复的反切下字:移支爲規垂羈隨奇宜知離隋危吹。

第三步:找出这些反切下字的反切:

移<sub>弋支</sub>支<sub>章移</sub>爲<sub>遵支</sub>規(賕)<sub>居隋</sub>垂<sub>是爲</sub>羈<sub>居宜</sub>隨<sub>旬爲</sub>奇<sub>渠羈</sub>宜<sub>魚羈</sub>知<sub>砂離</sub>離<sub>呂支</sub>隋(隨)<sub>旬爲</sub>危<sub>魚爲</sub>

①韵、韵类与韵母是三个不同的概念。韵母包括韵头(介音),韵腹(主元音)和韵尾,不考虑声调。韵类在韵母的基础上还要区分声调。韵要区分声调,但不区分韵头。

②系联时,为了避免繁简转化可能造成的错误,一律依据《广韵》原文,使用繁体字。下同。

③“規”是小韵“賕”下的同音字。

④“隋”是小韵“隨”下的同音字。

吹 昌垂

第四步:利用这些字间反切下字的同用、互用与递用的关系,归并出不同的韵类。

从网络分析的角度,可以将第二步中的反切下字看作网络中的结点,将第三步中的每对被切字与反切下字看作结点间的一条无向边。上文“支”韵中不重复的反切下字间的韵类等价关系就可以表示成:graph { 移—支, 支—移, 爲—支, 規—隨(隋), 垂—爲, 羈—宜, 隨(隋)—爲, 奇—羈, 宜—羈, 知—離, 離—支, 危—爲, 吹—垂 }。graph { } 是 Gephi 软件中网络图的一种表示方法。其中的每对“X—Y”表示的是图中的两个结点 X 和 Y 以及它们之间的一条连线(也叫做边)。本文中反切下字之间的韵类等价关系是双向的,所以网络图中的边是无方向的。如果两个反切下字之间是“互用”关系,比如“移”与“支”,“羈”与“宜”,它们之间也只有一条边。

将上文中的 graph { } 文件导入 Gephi 软件中,就可以直接绘制出其所表示的网络关系图,如图 2 所示。Gephi 软件在绘制网络关系图时,提供了一种基于力学的布局模式,即把结点之间的连接看作一种引力作用,越是联系紧密的结点在图中的位置越是相互靠近。这种布局模式往往可以直观地反映出网络关系图中不同的成分。如图 2 所示的网络中就有两个成分,其中每一个成分也就是由反切下字划分出的等价类,原则上就相当于《广韵》中利用反切下字间的“同用、互用、递用”关系系联出的一个韵类。

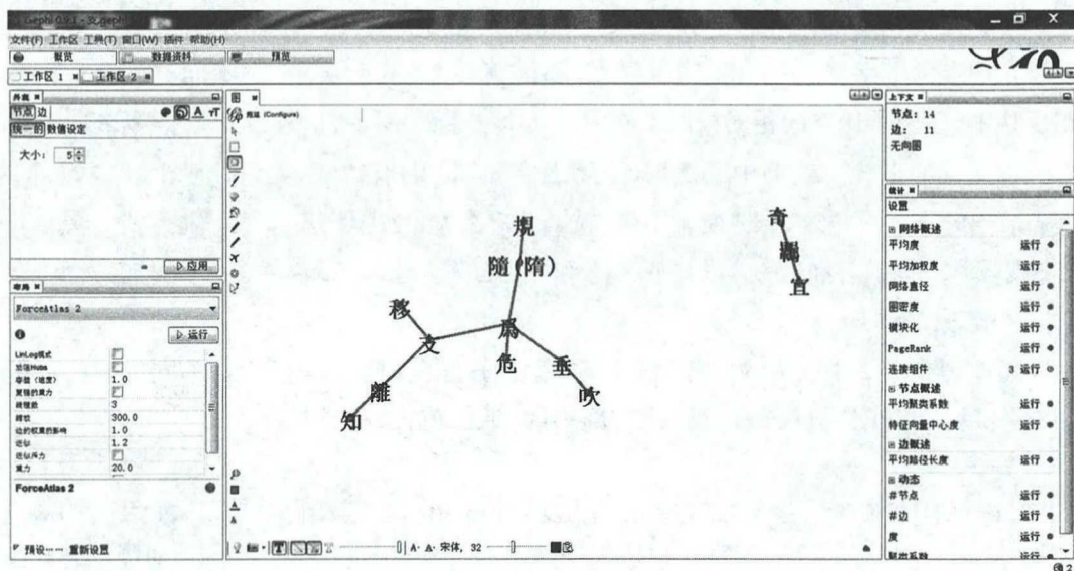


图 2: Gephi 软件绘制出的“支”韵反切下字系联图

但是,图2划分出的等价类与陈澧的分析结果并不相同。在陈澧的《切韵考》中支韵分为四类:一类包括反切下字“支移離知”;一类包括反切下字“奇羈宜”;一类包括反切下字“爲垂吹危”,一类包括反切下字“隨(隋)規”。之所以有这样的分类,是因为陈澧认为支韵中有两个小韵的反切是错误的:

“‘爲,蓬支切’。此韵‘垂’字‘是爲切’,‘提’字‘是支切’,则‘爲’与‘支’韵不同类,‘爲’字切语用‘支’字,此其偶疏也。‘隨(隋),旬爲切’。此韵‘虧’字‘去爲切’,‘闕’字‘去隨切’,则‘隨’与‘爲’韵不同类,‘隨’字切语用‘爲’字,亦其疏也。”([清]陈澧《切韵考》卷四《五支》)

也就是说,图2中,“爲”与“支”没有关系,“爲”与“隨(隋)”也没有关系。图2可以划分成4个独立的成分(也就是韵类)。而陈澧之所以认为支韵中有两个小韵的反切是错误的。来源于在反切系联中所运用的补充条例,即分析条例:

“《广韵》同音之字不分两切语,此必陆氏旧例也。其两切语下字同类,上字必不同类。……今分析切韵上字不同类者,据此定之。上字同类者,下字必不同类。……今分析每韵二类、三类、四类者,据此定之也。”([清]陈澧《切韵考》卷一)

也就是说,《切韵》中的任何两组反切,除非是“互注”的,一定不同音。据此,如果两组反切用字的上字(或下字)相同或同类,那么其下字(或上字)一定不同类。这是在两组反切中,以两个切字的相同或同类确定另两个切字的不同类的标准,即别异标准。

以此标准来看“支”韵中的反切,反切上字相同<sup>①</sup>的有:“皮<sub>符</sub>屬”和“陴<sub>符</sub>支”,“媯<sub>居</sub>屬”“規<sub>居</sub>隋”和“羈<sub>居</sub>宜”,“虧<sub>去</sub>屬”“闕<sub>去</sub>隨”和“敺<sub>去</sub>奇”,“摩<sub>許</sub>屬”“隳<sub>許</sub>規”和“犧<sub>許</sub>屬”,“差<sub>楚</sub>宜”和“衰<sub>楚</sub>危”,“危<sub>魚</sub>屬”和“宜<sub>魚</sub>羈”,“垂<sub>是</sub>屬”和“提<sub>是</sub>支”,“透<sub>於</sub>屬”和“漪<sub>於</sub>離”,“髻<sub>直</sub>垂”和“馳<sub>直</sub>離”,“眭<sub>息</sub>屬”和“斯<sub>息</sub>移”。

由此得到图2中较大的成分“移支爲規垂隨知離隨(隋)危吹”中必不同类的反切下字有<sup>②</sup>:爲<sub>𠄎</sub>隨(隋),爲<sub>𠄎</sub>規,爲<sub>𠄎</sub>支,爲<sub>𠄎</sub>離,垂<sub>𠄎</sub>離,爲<sub>𠄎</sub>移。

①按照陈澧的分析条例,应该找出“支”韵中所有反切上字相同或者同类(如“奇<sub>聚</sub>屬”和“祗<sub>口</sub>支”)的小韵。但是反切上字同类的小韵较多,而且本文仅用反切上字相同的小韵就可以说明问题,所以在此省略。

②从上文反切上字相同的小韵中还可以分析出“羈<sub>𠄎</sub>支”(𠄎表示不等价关系)等必不同类的反切下字,但因在图1中“奇羈宜”已经与其他反切下字划分成两个不同的成分,也就是不同的韵类,所以此处不再赘述。

在此处的教学过程中,就可以进一步引导学生思考:如果要在网络图中满足以上条件,应该如何处理。其中最经济合理的方式就是将“爲”与“支”,“爲”与“隨”之间连线切分开来。如图3所示。而这两对结点间之所以产生关系就在于被陈澧列为“偶疏”的两个反切“爲,蓮支切”與“隨(隋),旬爲切”。由此可以得出陈澧对于“支”韵的分类。

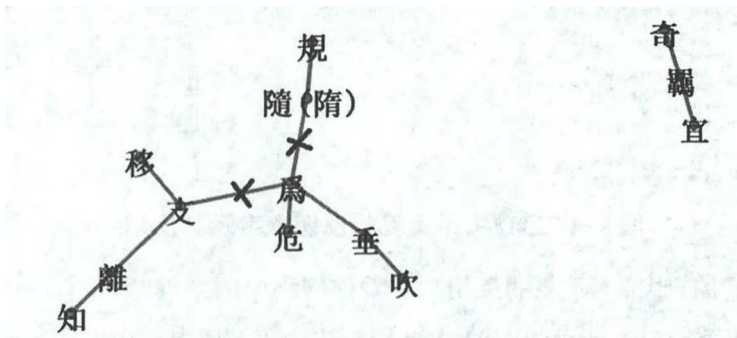


图3:根据“分析条例”划分出的“支”韵下韵类

#### 四、网络分析法在《广韵》反切上字系联中的应用

反切上字的系联与反切下字的系联方法基本相同。不同之处在于反切下字的系联可以在每个韵下分别进行,而反切上字的系联需要在《广韵》全书中进行。在过去的音韵学教学过程中,对于反切上字的系联和声类<sup>①</sup>的划分往往只讲原理,不讲过程。现在有了计算机的辅助,就可以让学生在较短的时间里完成反切上字的系联练习。

为此,教学前需要首先准备《广韵》全书的小韵反切表,如图4左图所示。然后让学生利用 Excel 表的去重功能从中提取出不重复的反切上字,如图4中图所示。再利用关系数据库 ACCESS 的联接查询,找出每个反切上字的反切,如图4右图所示<sup>②</sup>。至此就有了《广韵》全书的反切上字以及反切上字的反切上字。

①声类是声母的下位概念。《广韵》声母系统是在声类划分基础上,通过对立、互补原则归纳出来的。

②在图4中右图的反切上字,有出现“如1”“如2”等,是因为一个字在《广韵》中可能有多个读音,故用1、2区分



| 反切上字 | 反切下字 | 反切上字 | 反切下字 |
|------|------|------|------|
| 德    | 紅    | 德    | 多    |
| 徒    | 同    | 徒    | 同    |
| 陟    | 竹    | 陟    | 竹    |
| 直    | 除    | 直    | 除    |
| 職    | 之    | 職    | 之    |
| 敕    | 恥    | 敕    | 恥    |
| 鋤    | 士    | 鋤    | 士    |
| 息    | 相    | 息    | 相    |
| 如    | 人    | 如    | 人    |
| 居    | 九    | 居    | 九    |
| 以    | 羊    | 以    | 羊    |
| 羽    | 王    | 羽    | 王    |
| 去    | 丘    | 去    | 丘    |
| 康    | 強    | 康    | 強    |
| 房    | 方    | 房    | 方    |
| 方    | 方    | 方    | 方    |
| 數    | 方    | 數    | 方    |
| 昌    | 方    | 昌    | 方    |

图 4:《广韵》中不重复的反切上字及其反切

之后,将《广韵》中部不重复的反切上字看作网络中的结点,图 4 右图中的每对被切字及其反切上字就构成了结点间中的一条无向边。《广韵》中反切上字间的声类等价关系就可以表示为 graph | 德—多, 徒—同, 陟—竹, 直—除, 職—之, 敕—恥, 鋤—士, 息—相, 如 1—人, 如 2—人, 居 1—九, ……。从而利用 Gephi 将反切上字间的“同用、互用、递用”关系以网络图的形式展现出来,如图 5 所示。

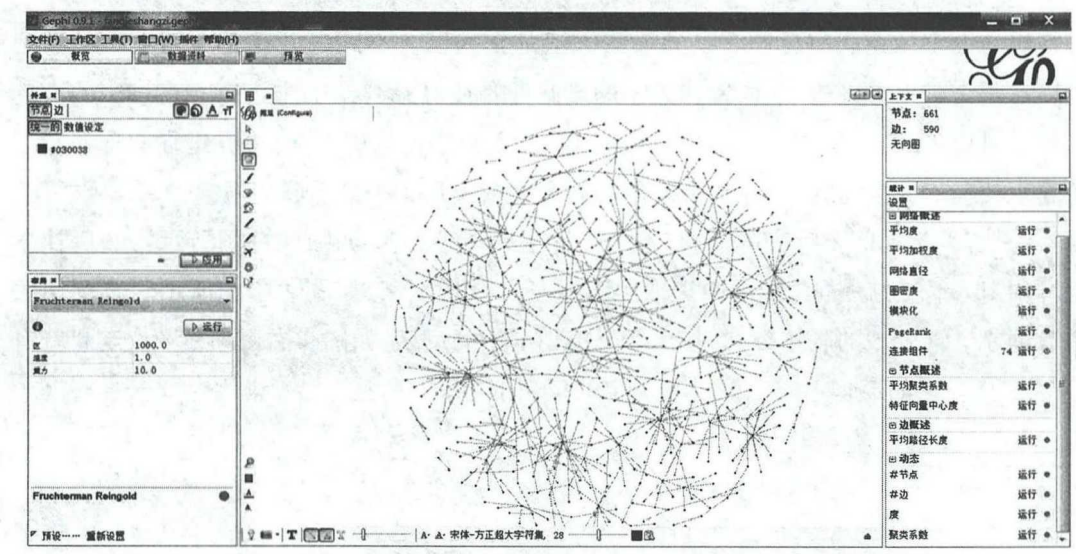


图 5:Gephi 软件绘制出的《广韵》反切上字系联图

由于网络图中的结点太多,所以无法如反切下字系联那样从图中直接看出不同的成分。不过 Gephi 提供了自动划分网络中的不同成分的拓扑算法。可以帮助使用者自动找出复杂网络关系图中的所有成分。在本例中,不同的成分就是有着“同用、递用、互用”关



系的反切上字构成的不同的等价类,原则上相当于《广韵》中反切上字系联出的一个声类。如图6就是图5中的一个成分。

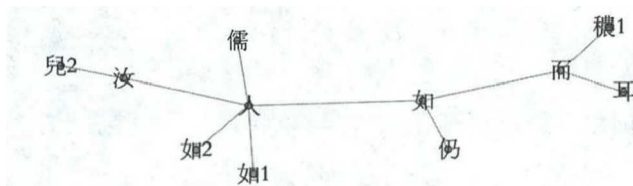


图6:《广韵》反切上字系联图中的一个成分

需要注意的是,在这个成分中,同时出现3个关于“如”的结点,“如”,“如1”,“如2”。之所以有“如1”和“如2”,是因为“如”在《广韵》中有两个不同的读音,所以作为两个结点。之所以有“如”,是因为“如”字作为“人”的反切上字,计算机无法自动判断“人”的反切用的是“如1”还是“如2”的音,所以作为一个独立的结点。

“如”在《广韵》中有2个注音,第一个也就是“如1”的注音是“人诸切”,《广韵》鱼韵,第二个也就是“如2”的注音“人恕切”,《广韵》御韵。“如1”和“如2”都是以“人”为反切上字,从声类上来说,两个“如”没有区别。而“人”在《广韵》中的注音是“如邻切”,“人”与“如”属于反切上字互用。所以“如1”,“如2”与“如”3个结点可以合并,如图7所示。

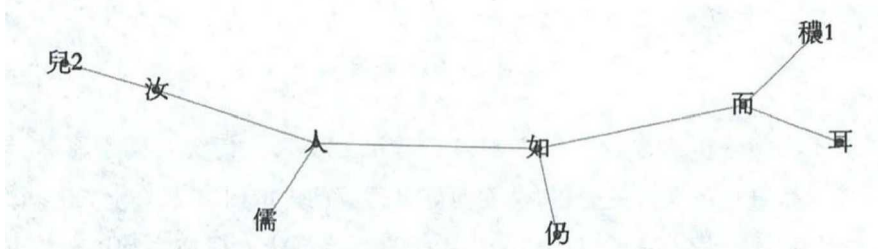


图7:《广韵》反切上字系联出的“如(而)”类

在《切韵考·声类考》中,陈澧将“如汝儒人而仍兒耳”八个字归为同一声类。对比图7,需要注意的有两个字。一个是“兒”,在《广韵》中有两个注音:兒1,五稽切,《广韵》齐韵,今音读 ní,训“姓也”。兒2,汝移切,《广韵》支韵,今音读儿 ér,为常用音义。另一个是“穠”;在《广韵》中也有两个注音:穠1,而容切,《广韵》钟韵,今音读 róng,训“花木厚也”;穠2,女容切,《广韵》钟韵,今音读 nóng,训“花木厚也”,为常用音<sup>①</sup>。同为多音字,陈澧将“兒2”与“如”等字系联为一类,而没有将“穠1”字系联进去,考虑的应当是两

①两个穠的词义相同,读音不同,有可能来源于不同的方音。

个字的常用读音<sup>①</sup>。

## 五、小结

如上所示,通过网络分析与可视化软件,可以将反切上字或反切下字系联成的无向网络图自动划成不同的“成分”,这个过程就类似于传统音韵研究根据反切上字或反切下字的“同用、互用、递用”关系归纳出《广韵》的声类或韵类。利用该方法,不仅使得传统的系联方法变得形象、直观,易于理解;更提高了学生的学习成效和学习兴趣。但计算机的分析是无法完全取代传统的研究方法的。

比如某些反切上字存在两两互用的情况。如《广韵》纸韵下小韵“此”注音“雌氏切”,“雌”注音“此移切”。“此”与“雌”只作了对方的反切上字,无法与其他反切上字系联。在反切上字的网络图中呈现出一个只有两个节点的小成分。故而,陈澧在《切韵考》中增加了“又音互见”的条例<sup>②</sup>:

切语上字既系联为同类矣,然有实同类而不能系联者,以其切语上字两两互用故也。……今考《广韵》一字两音者互注切语,其同一音之两切语,上二字声必同类。如一东“涑,德红切,又都贡切”,一送“涑,多贡切”;“都贡”“多贡”同一音,则“都、多”二字实同一类也。今于切语上字不系联而实同类者,据此以定之。

因此,对于网络分析出来的结果必须进行验证。当其和传统音韵学系联结果不同时,需要引导学生进行更深入的分析,从而更好地理解前人的研究方法 with 结论。

另一方面,网络分析方法可以进一步应用于汉语音韵学的研究。利用现代网络分析技术,有助于对传统系联方法的改进。例如,在《广韵》反切下字的系联中,可以利用网络分析与可视化软件直接建立某韵下所有小韵代表字与其反切下字间的网状关系图,而不需要找出不重复的反切下字。更进一步,还可以事先将“分析条例”考虑进去,找出反切上字相同或同类的小韵。这样不仅可以划分出同样的韵类,还可以同时得出每个小韵所属的韵类。当然,现代网络分析方法在音韵学中的科学应用,离不开对传统研究的深入

<sup>①</sup>《广韵》中,“兒”作为反切上字只有一处:纸韵中的小韵“爾”。

<sup>②</sup>根据此条例,《广韵》线韵下小韵“緣”注音“七绢切,又七全切”。仙韵下“緣”注音是“此缘切。又采选切”;仙韵下“全”注音是“疾缘切。”因此“全”和“缘”属于同一韵类。“七全切”就是“此缘切”。所以“此雌”可与“七”系联为同一声类。

理解。本文仅仅展示了两者结合的一个简单应用,还有更多深入的研究,有待于现代与传统的进一步融合。

### 参考文献

- [宋]陈彭年等编:《宋本广韵》;佚名:《永禄本韵镜》,南京:江苏教育出版社,2008年。  
[清]陈澧:《切韵考》,北京:中国书店,1984年。  
周祖谟:《陈澧〈切韵考〉辨误》,收入《问学集》(下),北京:中华书局,1966年。  
黄易青、王宁、曹述敬:《传统古音学研究通论》,北京:商务印书馆,2015年。

## Apply Network Analysis in the Teaching of Traditional Chinese Phonology Take FanqieXilian in“GuangYun”as an Example

Hu Jia jia

(Beijing Normal University)

**Abstract:** Traditional Chinese phonology, a required course of postgraduates of ancient Chinese, has always been considered as the hardest course by both teachers and students. One primary cause is that it faces written Chinese and uses Chinese characters as the tool to analyze speech sounds. It also brings up a significant characteristic of traditional Chinese phonology, that is the sound relationships are more important than the phonetic values. And a major method to study the sound relationships of Chinese characters is “Xi-lian-fa”. During the teaching of Chinese traditional phonology, the author tries to help students think “Xi-lian-fa” from the perspective of modern network analysis, so as to enable students to have a more intuitive and scientific understanding of the ubiquitous network view in traditional study of Chinese language and characters. This paper only takes Fan-qie Xi-lian in “Guang Yun” as an example.

**Keywords:** Network Analysis; Traditional Chinese Phonology; Fan-qie Xi-lian; Gephi