

有机流体成矿作用与古油藏成藏作用相互耦合 ——以右江盆地微细浸染型金矿为例

向才富¹, 庄新国¹, 陆友明², 李军虹³

(1. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074; 2. 胜利油田海洋石油开发公司, 山东东营 257237;
3. 中国科学院文献情报中心, 湖北武汉 430071)

摘要: 右江盆地微细浸染型金矿与古油藏均产于二叠纪生物礁的核部或侧翼。流体包裹体拉曼光谱分析和矿石抽提物色质谱分析均发现了大量的有机质官能团, 暗示金矿成矿过程与古油藏的形成、演化密切相关。金矿与古油藏的物质均来源于盆地裂陷期和凹陷早期的沉积地层, 流体来源于沉积地层中封存的建造水, 形成年龄 >172 Ma。在随后约 40 Ma (172~130 Ma) 的时间里, 流体向盆地中生物礁及其他构造部位运移聚集。由于盆地中烃源岩逐渐成熟, 这一过程是油气运移成藏的过程, 也是有机流体萃取成矿物质, 最终演变为有机成矿流体并聚集的过程。燕山运动是金矿成矿作用的主要构造营力 (130~46 Ma), 同时也是古油藏破坏的主要原因。正是古油藏的破坏打破了流体的动态平衡, 导致流体中成矿物质沉淀形成矿床。右江盆地的金矿和古油气藏是同一种流体体系在其发展演化过程中不同阶段的产物。

关键词: 微细浸染型金矿; 有机成矿流体; 油气藏; 右江盆地。

中图分类号: P618.130.1; P618.51 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2002)01-0035-05

作者简介: 向才富(1975—), 男, 博士生, 主要从事盆地流体分析与模拟及流体成矿作用研究。

20 世纪 90 年代流体热的兴起, 使人们认识到流体在世界上许多大型和超大型矿床的成矿作用中发挥了巨大作用, 如 Witwatersrand 金矿床^[1]、Mississippi 河谷型 Pb—Zn 矿床^[2~4]。国内学者也相继从流体的角度对许多大型矿床的成因进行了探讨^[5], 其中右江盆地微细浸染型金矿的成因即是讨论的焦点之一^[6~9]。自 80 年代初在贵州发现板其金矿以来, 右江盆地微细浸染型金矿已成为我国重要的黄金产地。与此同时, 对其成因却存在很大的争议, 其中具有代表性的有深部成因说^[6,7]、盆地热流体成因说^[8]等。随着研究的深入, 本区金矿与有机质的密切关系也逐渐被认识^[9,10]。在此基础上, 本文进一步从流体演化的角度探讨了本区固体矿产(金)与流体矿产(石油)在成矿、成藏上的一致性。

1 金矿与有机质的关系密切

右江地区的微细浸染型金矿产于二叠纪和三叠

纪的沉积岩系中, 与有机质在时间和空间上密切相关, 主要体现在以下几点: (1) 矿体中存在明显的碳和沥青质污染^[10]。(2) 原生包裹体中发现了大量的有机包裹体, 通过对有机包裹体的拉曼光谱(RAM)分析发现了较多的 C_2H_2 、 $-CH_3$ 及 C_6H_6 原子团。这意味着本区金矿的原始成矿流体是一种富含有机质的成矿流体^[9]。(3) 通过对金矿石抽提物的色质谱分析(GC—MS)发现了大量的有机质分子, 主要为三萜烷、藿烷、莫烷及胆甾烷类。同时对金矿中的原生包裹体的 GC—MS 分析也发现了大量相同类型的有机质原子团^[9], 这进一步证明原生的成矿流体是一种富含有机质的成矿流体。

右江盆地二叠系和三叠系中存在丰富的泥质生油岩和碳酸盐岩生油岩^[11], 本区金矿及流体包裹体中的有机质主要来源于二叠和三叠系^[9]。

2 金矿床与古油藏在空间上共生

本区各时代地层, 除上二叠统峨嵋山玄武岩之外, 均存在较厚的泥质岩或碳酸盐岩生油岩。从储的

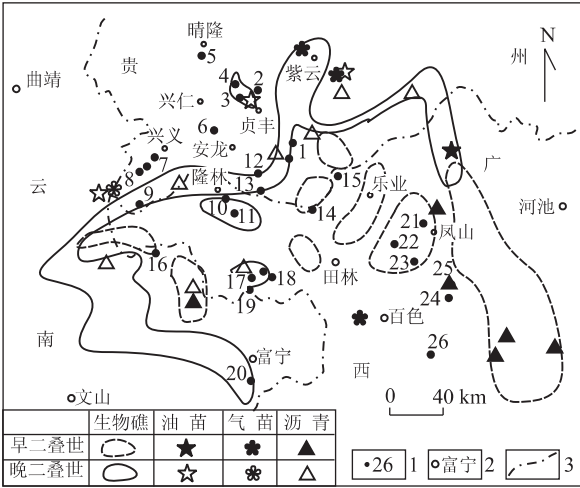


图 1 右江盆地金矿床与二叠纪古油藏密切共生

Fig. 1 Close relationship between gold deposit and ancient oil reservoir of Permian in Youjiang basin

1. 金矿点及编号; 2. 地名; 3. 省界

角度来说,由于成藏之前的局部构造会受到后期构造的破坏,使笔者现在无法辨认,但有一类储集体是确定的,那就是二叠纪广泛发育的生物礁。生物礁是盆地内的相对高点,为烃类物质的运移提供了流体势差;生物礁的周缘一般广泛发育同沉积断层或周期性的暴露侵蚀构造,为烃类物质的运移提供了通道和输导系统;同时,礁灰岩、碳酸盐岩本身也是一种很好的储集岩。从盖层方面来说,以二叠纪的碳酸盐岩和生物礁为储集层,以下、中三叠统浊积岩为盖层的组合是本区最有利的储盖组合。二叠纪广泛发育的龙潭组煤系也是很好的盖层^[11]。这三方面的优势决定了本区的生物礁会成为古油藏的产出部位,而破坏了的古油气藏会残留气苗、油苗,特别是沥青的显示,有助于进一步推测古油气藏的位置。右江盆地的沥青显示大多在二叠系生物礁的顶部和侧翼中呈裂隙型、晶洞型产出^[12]。可以说二叠系存在沥青或油、气苗的生物礁的位置即代表了古油藏的位置。通过研究,笔者发现本区金矿(点)与古油藏在空间上密切相关;两者均产出于二叠系生物礁的核部或翼部(图 1)。某些披覆在生物礁上的层状矿体所在部位即是古油藏的位置,表现在矿石普遍被碳质污染,并发现了大量团块状的残余碳质沥青^[10]。

3 流体与右江盆地演化的关系

首先笔者有必要对本区金矿的年龄资料进行分

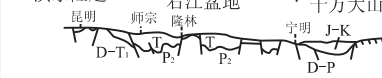
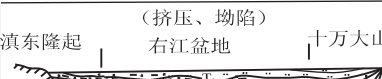
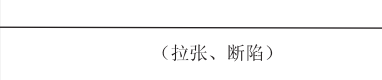
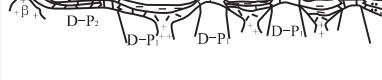
析。黔西南百地和烂泥沟金矿热液石英的裂变径迹年龄分别为 $(87.6 \pm 6.1) \text{ Ma}$ 和 $(82.9 \pm 6.3) \text{ Ma}$ ^[6];黔西南金矿热液成矿期的石英及萤石晶体的电子自旋共振定年(ESR 定年)结果为 $125.2 \sim 46.0 \text{ Ma}$ ^[6];金牙金矿床的铅同位素年龄为 $130 \sim 82 \text{ Ma}$ ^[7];所有这些结果均表明本区金矿的成矿年龄为 $130 \sim 46 \text{ Ma}$,即中晚燕山期—喜山期早期(表 1),燕山期构造运动是右江地区金矿成矿作用的主要营造力。同时本区成矿流体的形成年龄研究也有诸多成果,主要集中在成矿期石英或方解石中流体包裹体的 Rb—Sr 同位素研究,由于所测定的是包裹体中的流体年龄,因而可以代表本区成矿流体的形成年龄;金牙金矿含金黄铁矿或毒砂单矿物包裹体的 Rb—Sr 同位素流体年龄为 $(267 \pm 28) \text{ Ma}$ ^[7];烂泥沟金矿成矿阶段石英和方解石流体包裹体中的流体年龄为 $(259 \pm 27) \text{ Ma}$ ^[7];戈塘金矿矿石和蚀变矿物包裹体的 Rb—Sr 等时线年龄为 172 Ma ^[7]。所有这些结果均表明本区成矿流体的形成年龄大于 172 Ma ,即燕山运动早期以前。两者结合研究可见,从本区成矿流体的初步形成至运移成矿,时间相差 40 Ma 或更多。可见成矿流体在沉淀矿质之前经过了长时间的演化或迁移,并深深地打上了燕山构造运动的烙印。

本文将有机流体成矿作用与右江盆地演化的关系归纳为表 1。对右江盆地的发展演化意义重大的加里东期末的广西运动和海西期末的东吴运动。前者使右江盆地初步具有台盆相间的格局,开始接受沉积,盆地进入大陆边缘盆地发展阶段。后者使右江盆地进入弧后盆地发展阶段。中三叠世末的印支运动使右江盆地总体挤压、抬升,海水退出右江盆地^[11]。

整个拉张断陷阶段和部分拗陷阶段的沉积物均是良好的烃源岩。烃源岩在沉积压实和地温场的作用下,一方面排出地层中的建造水,形成初始流体;另一方面排出可溶有机质,使初始流体演变为有机流体,这一过程在侏罗纪早期($>172 \text{ Ma}$)完成。有机流体萃取成矿物质的能力在理论和实践中均得到了充分的证明^[13,14],在侏罗纪早期($>172 \text{ Ma}$)之前或更晚($172 \sim 130 \text{ Ma}$),有机流体萃取地层中的成矿物质并逐渐演变为成矿流体。同时,从三叠纪末开始的约 40 Ma ($172 \sim 130 \text{ Ma}$),在本地区没有发生大的构造运动,有利于有机成矿流体向生物礁核部或其他构造部位运移聚集。这是油气成藏的过程,也是成矿流体聚集的过程。

表 1 成矿流体与右江盆地演化的关系

Table 1 Evolution relationship between ore-forming fluid and Youjiang basin

构造期	地 层		t/Ma	地壳运动	盆 地 形 态 演 化 示 意	流体的演化		
						t/Ma	成矿流体的演化	
喜山期	第四系	Q	1	~~ 喜山运动	(挤压、褶皱、抬升) 滇东隆起 右江盆地 十万大山盆地 	46	矿床遭受后期构造的改造,被破坏或富集	
	第三系	N+E					矿质沉淀形成矿床	
燕山期	白垩系	K2	67	~~ 滇黔 燕山运动		130	成矿流体向成矿部位运移	
		K1	100					
	侏罗系	J	137	~~ 桂南		172		
			190					
东吴印支期	三叠系	T3	205	~~ 印支运动	(挤压、拗陷) 滇东隆起 右江盆地 十万大山盆地 	280	盆地原始地层中的建造水排出,形成初始流体,并逐渐演化成成矿流体	
		T1+2	230	~~ 苏皖运动				
	二叠系	P2	240	~~ 东吴运动				
		P1	280	~~ 黔桂运动				
海西期	石炭系	C2+3	325	~~ 紫云运动	(拉张、断陷) 滇东隆起 右江盆地 十万大山盆地 			
		C1	350					
	泥盆系	D	405	~~ 广西运动				
				440				~~ 都匀运动
加里东期	志留系	S	440	~~ 都匀运动	(初始拉张、断陷) 滇东隆起 右江盆地 十万大山盆地 			
	奥陶系	O	500	~~ 云贵运动				
	寒武系	Є	570	~~ 织金运动				
	震旦系	Z						

— ~ 示假整合; ~ ~ 示不整合.

4 金矿成矿与古油藏成藏过程的耦合

本文认为右江盆地的金矿与古油藏是同一种有机流体演化的结果(表 2),下面分阶段来讨论.

在右江盆地中几乎所有的沉积层系均在中三叠世末进入生油高峰期^[11],这与成矿流体的形成年龄是一致的.另外,右江盆地金矿床的流体包裹体测温资料显示矿床的形成温度小于 300 ℃,为中低温环境^[9],这一温度范围正是右江盆地烃源岩成熟的温度.因此笔者认为地层所排出的烃类物质即是成矿流体中有机质的来源,有机成矿流体正是油气发生二次运移时,从地层中萃取成矿物质而形成的水和烃类的混溶流体,唯一的区别是其中含有较多的成矿物质.

(1) 流体(包括成矿流体及烃类流体)必然在温度、压力和浮力的共同作用下,沿相同的输导体系(断裂、渗透性岩石、不整合面)向构造有利部位运移.由于古生物礁在整个右江盆地的范围内是一个

相对的构造高点,所以流体会向生物礁的核部运移聚集^[10].这一过程在传统的矿床学家眼里是一个成矿溶液(富含有机质)汇集的过程;而在一个石油工作者看来,是油气的二次运移,并在构造有利部位成藏的过程.如果从流体运移的角度来看,则这两个效果同时达到了.流体从烃源岩运移到成藏部位的时间是一个漫长的过程,而从三叠纪晚期直到侏罗纪晚期,右江盆地没有大的构造活动,使这一过程有足够的时间(40 Ma)完成.

(2) 右江盆地古油气藏是在燕山早期桂南运动之前形成的,在燕山运动期间遭受了构造破坏^[11],而此时正是本区金矿形成的时代,两者之间也许存在必然的联系:①在古油气藏被破坏之前,含矿溶液与古油气藏处于液态混溶状态,是动态平衡的.一旦古油气藏被破坏,就打破了这种动态平衡,改变了系统的氧化还原环境,必然会导致矿质从含矿溶液中沉淀出来^[14].②古油气藏被破坏之前,整个系统处于还原状态,而被破坏之后处于开放的氧化环境,较

表 2 成矿流体与古油藏演化的关系

Table 2 Evolution relationship between ore-forming fluid and ancient oil reservoir

构造期	地 层		t/Ma	地壳运动	流体的演化与成矿/成藏		
					t/Ma	成矿流体的演化	烃类及古油藏的形成、演化
喜山期	第四系	Q	1	~~ 喜山运动	46	矿床遭受后期构造的改造, 被破坏或富集	古油藏被进一步的破坏, 烃类物质被氧化分解, 残留碳质或沥青污染
	第三系	N+E				矿质沉淀形成矿床	古油藏被破坏, 打破了原流体体系的动态平衡, 导致矿质沉淀
燕山期	白垩系	K ₂	67	滇黔桂南燕山运动	130	成矿流体向成矿部位运移	盆地沉积物(烃源岩)排出烃类物质, 开始了油气的初次运移, 局部开始了油气的二次运移。烃类物质的加入改变了原流体的性质, 使其逐渐演变为有机成矿流体
		K ₁	100				
	侏罗系	J	137				
			190				
东吴印支期	三叠系	T ₃	205	~~ 印支运动 ~~ 苏皖运动	280	盆地原始地层中的建造水排出, 形成初始流体, 并逐渐演化成成矿流体	
		T ₁₊₂	230				
	二叠系	P ₂	240				
		P ₁	280				
海西期	石炭系	C ₂₊₃	325	~~ 黔桂运动 ~~ 紫云运动			
		C ₁	350				
			405				
	泥盆系	D	405				

—~ 示假整合; ~~~ 示不整合.

轻的气态烃类物质直接散失,较稠的烃类物质则发生氧化还原反应,形成 H₂O 和 CO₂. 氧化不完全则会残留碳质和沥青质. 这就是金矿中的碳质和沥青质污染^[10]. ③除少数层状矿体之外,右江盆地金矿体大多赋存于燕山运动所形成的断裂构造中,这些断裂构造是烃类散失的主要通道^[10],这也说明了古油气藏的破坏所产生的环境改变对金矿形成的重要意义.

在成文过程中,受到李思田教授的指点,在此表示诚挚的谢意!

参考文献:

[1] Barnicoat A C, Henderson I H C, Knipe R J, et al. Hydrothermal gold mineralization in the Witwatersrand basin [J]. Nature, 1997, 386: 820—824.

[2] Gustkiewicz M S, Kwiecinska B. Organic matter in the upper Silesian (Mississippi Valley-Type) Zn-Pb deposits, Poland [J]. Econ Geol, 2001, 94(7): 981—992.

[3] Hulen J B, Collister J W. The oil-bearing Carlin-type gold deposits of Yankee basin, Alligator Ridge district, Nevada [J]. Econ Geol, 1999, 94(7): 1029—1050.

[4] Garven S, Person M A, Sverjensky D A. Genesis of stratabound ore deposits in the Midcontinent basins of North America [J]. American Journal of Science, 1993,

293: 497—568.

[5] 涂光炽. 低温地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 266.

Tu G Z. Low-temperature geochemistry [M]. Beijing: Science Press, 1998. 266.

[6] 朱赖民, 刘显凡, 金景福, 等. 滇—黔—桂微细浸染型金矿床时空分布与成矿流体来源研究[J]. 地质科学, 1998, 33(4): 463—473.

Zhu L M, Liu X F, Jin J F, et al. The study of the time-space distribution and source of ore-forming fluid for the fine-disseminated gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi area [J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 33(4): 463—473.

[7] 胡瑞忠, 苏文超, 毕献武. 滇黔桂三角区微细浸染型金矿成矿热液的一种可能性的演化途径: 年代学证据[J]. 矿物学报, 1995, 15(2): 144—149.

Hu R Z, Su W C, Bi X W. A possible evolution way of ore-forming hydrothermal fluid for the Carlin-type gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi triangle area [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1995, 15(2): 144—149.

[8] 刘建明, 叶杰, 刘家军, 等. 论盆地流体成矿/成烃作用的耦合关系[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(3): 164—171.

Liu J M, Ye J, Liu J J, et al. Oil accumulation and ore-formation [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and

- Geochemistry, 2000, 19(3): 164—171.
- [9] 张志坚, 张文淮. 黔西南卡林型金矿成矿流体性质及其与矿化的关系[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(1): 72—78.
- Zhang Z J, Zhang W H. Investigation into metallogenic fluid feature in Carlin-type gold deposits and its relation to mineralization in Southwest Guizhou Province [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 1999, 24(1): 72—78.
- [10] 庄汉平, 卢家烂, 傅家谟, 等. 黔西南两种成因类型的卡林型金矿床[J]. 科学通报, 1998, 43(9): 977—982.
- Zhuang H P, Lu J L, Fu J M, et al. Two types of Carlin-type gold deposits in Southwest Guizhou [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43(9): 977—982.
- [11] 中国石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷 11)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 1—151.
- The Compile Group of Chinese Petroleum Geology. Petroleum geology of China (Vol. 11) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1987. 1—151.
- [12] 施继锡, 余孝颖, 王华云, 等. 古油藏、沥青及沥青包裹体在金属成矿研究中的作用[J]. 矿物学报, 1995, 15(2): 117—122.
- Shi J X, Yu X Y, Wang H Y, et al. The role of ancient oil reservoirs, bitumens and bitumen inclusions in metallogenetic research [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1995, 15(2): 117—122.
- [13] 庄汉平, 卢家烂, 傅家谟, 等. 原油作为金运移的载体: 可能的岩石学与地球化学证据[J]. 中国科学(D), 1998, 28(6): 552—558.
- Zhuang H P, Lu J L, Fu J M, et al. Crude oil as the carrier of gold during migration: possible lithological and geochemical evidence [J]. Science in China (Series D), 1998, 28(6): 552—558.
- [14] Anderson G M. Organic maturation and ore precipitation in Southeast Missouri [J]. Econ Geol, 1991, 86: 909—926.

Formation of Carlin-Type Gold Deposit by Hydrocarbon Fluid and its Correlation to Accumulation and Dispersion of Petroleum in Youjiang Basin, South China

Xiang Caifu¹, Zhuang Xinguo¹, Lu Youming², Li Junhong³

(1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. The Marine Exploration Company of Shengli Oil Field, Dongying 257237, China; 3. The Document and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: The genesis of the Carlin-type gold deposits in the Youjiang basin, South China, has a close relationship with the evolution of the ancient oil reservoirs. Both Raman spectroscopy analysis of the fluid inclusions and gas chromatogram and mass spectrum analysis of the extractives from the ore indicate occurrences of abundant organic compounds. The gold deposits also have a consistent spatial distribution with the ancient oil reservoirs. Both of them occur in the core or on the flank of the Permian reef. According to the analyzed history of the Youjiang basin, the original fluid was formed during the rifting and early depression stage (>172 Ma) of the basin. In the following approximately 40 Ma (172—130 Ma), there exists no strong tectonic movement in the Youjiang basin. It is available for the original fluid to migrate into the core or flank of the carbonate platform and other similar reservoirs. The original fluid turned gradually into ore-forming fluid during the migration. This process is also the migration of the hydrocarbon from the matured source rocks. The gold deposits were formed and the ancient oil reservoir was destroyed in Yenshan tectonic movement. It is the destroying of the ancient oil reservoir that caused the accumulation of the ore-forming elements to form the ore deposits. Based on the above facts, this paper proposed that the gold deposits and the ancient oil pools were products of the same fluid in its different stages of evolution.

Key words: Carlin-type gold deposit; ore-forming fluid; oil and gas pool; Youjiang basin.

PC 机与数控机床的远程通讯

杨代华,高永强,李勇波

(中国地质大学机械与电子工程系,湖北武汉 430074)

随着国民经济的发展,经济型数控机床在我国的应用日趋广泛,也是我国机床市场需求量最大,销量最高的机床.其数控系统一般以 MCS-51 系列 8 位单片机为核心,通常是手工编程,由系统自带的编译程序进行检错和编译.但手工编程十分繁琐,它不仅对工人有较高的要求,而且也降低了数控系统的利用率.如果多台同类数控系统同时进行小批量、多品种生产,由一名有丰富经验的技术人员用一台 PC 机或工控机统一编程,然后由各分机调用,将大大提高编程和加工效率.根据实际应用需要,笔者研制出一套数控机床和 PC 机的远程通讯系统,用于钎头加工的工艺上,效果良好.

1 系统结构

本系统由一台上位机(PC 机)和数台下位机(数控系统)组成.其基本原理如下:上位机存储大量由专门技术人员按 ISO 国际标准语言编译好的程序,并翻译成数控系统能识别的机器代码,供下位机进行调用.对于处于下位机位置的数控机床来说,当程序较为简单时,可以由操作员自己进行编辑,当程序较复杂或上位机已有所需的程序时,可以切换到通讯状态,输入所需调用的程序号,系统将从上位机把程序段存入该机床,同时显示调用的程序号.

上位机为 PC 机,使用 Windows 操作系统;下位机是以 MCS-51 单片机为核心的 DSSH, JWK, JN, CNC 等系列数控系统.由于 MCS-51 系列单片机内有一个串行 I/O 端口,为数控系统预留了通讯接口,从而给本系统的实现提供了基本条件.通常,系统处在工业环境中,工作条件较差.本系统选用的 RS-485 串行接口标准以差分平衡方式传输信号,传输速率高,传送距离远,采用双绞线,不用 Modem 的情况下,在 100 kbit/s 的速率时,可传输的距离为 1.2 km,若速率降到 9 600 bit/s,则传输距离可达 15 km;同时 RS-485 串行接口标准具有很

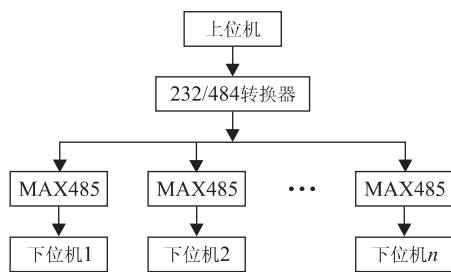


图 1 通讯系统的原理

Fig. 1 Schematic of communication system

强的抗干扰能力,并允许一个发送器驱动多个负载设备,确保了系统的可靠性.在此处 RS-485 通讯是一种半双工通讯,发送和接收共用同一物理信道,在任一时刻只允许一台单机处于通讯状态,这个问题通过软件来解决.系统上位机和下位机的连接如图 1 所示.

系统开始运行后,先设定上位机的状态,然后,上位机轮流发送各个机床的机床号(每一台数控机床都有一个唯一的机床号),并随时响应通讯请求;当数控系统需要从上位机调用加工程序时,首先使数控系统处于编辑状态,按下双键 * - 1 (在 * - 1 功能转入表设置一条指令转入通讯功能软件),将数控系统切换到通讯状态,然后数控系统自动进入中断接收数据方式,如接收到的 PC 机循环送出的机床号为自身机床号,数控系统立即回送自身机床号,并送出所需调用的程序号;上位机接收到回送的机床号以及调用的程序号后,立即查找对应的程序号,将程序代码送给数控系统,如数据正确,数控系统结束通讯状态并显示程序号,而上位机又转入循环发送机床号的状态,准备响应其他机床的调用请求.

2 PC 机与数控系统通讯的接口电路

在 PC 机与数控系统通讯的接口电路中,使用了 RS232-485 转换器,该转换器使用方便,无须外接任何电路,就可以进行通讯,有较强的驱动能力.