

马海盐湖高含泥、低品位地表固体钾矿矿浆 絮凝沉降试验研究

李海民¹, 马金元², 张全有¹, 边红利²

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008;

2. 青海中航资源有限公司, 青海 德令哈 817000)

摘 要: 研究了非离子聚丙烯酰胺、阴离子聚丙烯酰胺、阳离子聚丙烯酰胺、聚氧化乙烯、聚合氯化铝等絮凝剂对马海盐湖泥湖高不溶物矿浆的絮凝沉降效果, 给出了研究结果。此项研究对高不溶物可溶盐矿物母液的回收利用有一定的参考价值。

关键词: 絮凝剂; 絮凝沉降; 组合药剂; 马海盐湖钾矿

中图分类号: TD871.1

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2012)01-0034-06

前 言

马海盐湖高泥、低品位地表固体钾矿经过筛分脱泥后, 排出的高泥矿浆裹带了大量母液, 由于高泥矿浆粘度较高, 矿浆中的细粒不溶物颗粒较细, 自然沉降时间较长, 澄清液自然释放缓慢, 从一定程度上制约了母液的快速循环使用。为了加快马海盐湖高不溶物、低品位固体钾矿矿浆及筛分脱泥矿浆的絮凝沉降速度, 提高母液的循环利用速度及利用率, 依据文献报道^[1-6], 采用非离子聚丙烯酰胺、阴离子聚丙烯酰胺、阳离子聚丙烯酰胺等絮凝剂及其组合药剂对马海盐湖泥湖高泥矿进行了絮凝沉降试验, 试验分单一类型、单一品种絮凝剂絮凝试验及不同类型絮凝剂药剂组合试验。在单一类型、单一品种絮凝剂絮凝沉降试验结果的基础上, 选择单一类型、单一品种絮凝效果较好的絮凝剂进行组合, 进行絮凝沉降试验, 以考查组合絮凝剂对马海盐湖泥湖高不溶物矿浆絮凝沉降效果, 目的为马海盐湖泥湖高不溶物、低品位固体钾矿筛分脱泥矿浆母液的高效回收利用及高

不溶物、低品位固体钾矿浮选尾矿矿浆母液的回收利用提供选择絮凝沉降药剂制度依据。

1 絮凝剂的主要类型及原料来源

在查阅大量文献资料的基础上, 选取了不同分子量的非离子聚丙烯酰胺、阴离子聚丙烯酰胺、阳离子聚丙烯酰胺等絮凝剂对马海盐湖高含泥、低品位地表固体钾矿矿浆进行絮凝沉降试验。试验原料取自马海盐湖泥湖区域, 该固体钾矿系泥状固体钾矿, 不溶物含量 $\geq 40\%$, 含K 2%~4%。不溶物矿浆粘性较高、颗粒较细, 相对于湖区其他地域地表固体钾矿矿浆自然沉降相对较困难, 作为絮凝沉降试验对象, 试验结果有代表性, 可以在湖区推广; 以马海盐湖氯化镁饱和溶液做脱泥介质。按照实际筛分脱泥流程, 首先将氯化镁饱和溶液用淡水或半咸水稍作稀释, 然后用作固体钾矿调浆的介质, 对固体钾矿以实际生产的筛分脱泥的固液比进行调浆、筛分, 去除筛上物, 模拟筛分脱泥流程, 对筛下矿浆进行絮凝沉降试验, 以便让试验过程更接近生产实际, 试验结果更具实用性。

收稿日期: 2011-09-15; 修回日期: 2011-12-13

作者简介: 李海民(1963-), 男, 研究员, 主要从事盐湖化工研究工作。

2 试 验

2.1 试验方法

将老卤按一定比列与泥湖矿混合,以 260 r/min 转速搅拌 30 min 后,用 40 目筛筛分。筛上物称重计量。筛下物转入烧杯,加入浓度为 0.25% 的絮凝剂,以 180 r/min 转速搅拌 5 min,然后转入量筒静置沉降。这时可形成一个清晰的悬浮体沉降分界面。记下不同时间清液层高度(刻度从液面向下)读数。

2.2 试验结果及讨论

1) 单一类型、单一品种絮凝剂絮凝沉降试验 i. 马海盐湖高含泥、低品位地表固体钾

矿矿浆自然沉降试验 将 530 g 老卤放进 1 000 mL 的烧杯中,加入 185 g 泥湖矿,以 260 r/min 转速搅拌擦洗 30 min 后,用 40 目筛筛分,筛上物称量计重,筛下物转入 1 000 mL 烧杯中以 180 r/min 搅拌 5 min,转入 500 mL 量筒沉降计时。试验结果列于图 1。

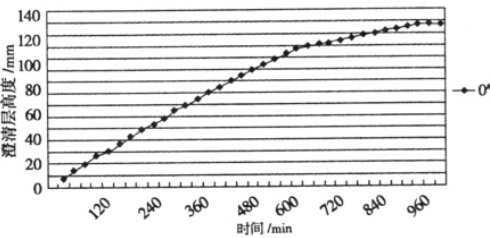


图1 马海盐湖高泥、低品位地表钾矿矿浆自然沉降曲线
Fig.1 Nature settling curve of high mud content, low grade surface potassium deposit in Mahai salt lake

表 1 非离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验沉降区压实层与试验矿浆总高度之间的关系
Table 1 Relation between sedimentation zone compacted height and total slurry height in nonionic polyacrylamide sedimentation experiment

试验序号	0 [#]	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	备注
矿浆总高/mm	196	210	215	206	201	215	214	
〔澄清层高/mm〕/ (压实时间/min)〕	120/690	108/1 380	101/720	114/690	117/450	103/720	114/690	进入压实阶段
压实层向/mm	57	100	90	70	55	72	77	最终压实阶段
压缩率/%	29.08	47.60	41.86	33.98	27.36	33.49	35.96	

注:0#号试验为未加任何絮凝剂的空白对照结果

由试验结果可以看出,在沉降初期,矿浆的沉降速度较快,当沉降时间达到 660 min 时,矿浆的沉降速度逐渐降低趋于平缓,当矿浆沉降时间达到 1 050 min 时,矿浆的沉降速度基本趋于平稳,达到压实阶段,此时再增加沉降时间,矿浆压实层对于所包裹液体的释放就实际生产而言,已无实际意义。以完成一个筛分脱泥周期所耗时间为 150 min 计,矿浆沉降澄清达到压实状态所需时间在 150 ~ 200 min 时,是生产过程对矿浆沉降、澄清所要求的最佳时间。由此可见,仅靠矿浆的自然沉降,要达到生产的实际要求较为困难。但是,当沉降时间达到 1 050 min 时,矿浆中母液的释放量可达到全部调降母液总量的 75% ~ 85%,得到较大程度的

母液回收。此结果可以指导对矿浆澄清池沉渣的清除工作,并及时安排排浆口的位置。

ii. 不同分子量非离子聚丙烯酰胺絮凝沉降试验 本试验选择了分子量分别为 500×10^4 、 800×10^4 、 $1\,000 \times 10^4$ 、 $1\,500 \times 10^4$ 的非离子型聚丙烯酰胺为絮凝剂,分别进行了不同分子量、不同药剂量聚丙烯酰胺絮凝剂对泥湖矿浆的絮凝沉降试验。试验共分 6 组,其中 1#加入 4 mL 500×10^4 单位絮凝剂; 2#加入 4 mL 800×10^4 单位絮凝剂; 3#加入 8 mL 500×10^4 单位絮凝剂; 4#加入 8 mL 800×10^4 单位絮凝剂; 5#加入 8 mL $1\,000 \times 10^4$ 单位絮凝剂; 6#加入 8 mL $1\,500 \times 10^4$ 单位絮凝剂,试验结果列于图 2、表 1。

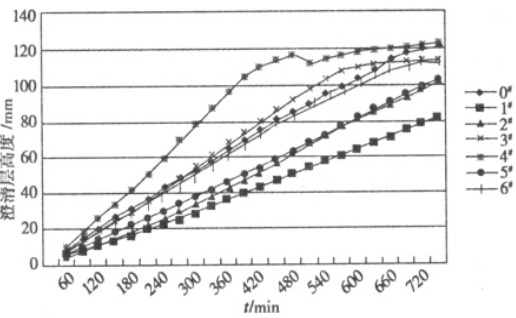


图2 非离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验澄清液随时间变化曲线图

Fig. 2 Nonionic polyacrylamide flocculation settling curves

由试验结果可见,不同分子量的非离子型聚丙烯酰胺,其对矿浆的絮凝沉降效果是不同的,与自然沉降的料浆沉降效果相比,当加入分子量为 800×10^4 的非离子型聚丙烯酰胺时,较未加沉降絮凝剂自然沉降的絮凝沉降效果好,料浆的絮凝沉降速度快,可以使矿浆达到快速释放母液的效果。

iii. 阴离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验
本试验选用分子量分别为 500×10^4 、 800×10^4 、 $1\,000 \times 10^4$ 、 $1\,200 \times 10^4$ 、 $1\,500 \times 10^4$ 、 $1\,600 \times 10^4$ 的阴离子型聚丙烯酰胺为絮凝剂,考查此种不同分子量的絮凝剂对泥湖矿浆不溶物的絮凝沉降效果。试验分 6 组进行,其中 1# 加入 8 mL

500×10^4 单位絮凝剂;2#加入 8 mL 800×10^4 单位絮凝剂;3#加入 8 mL $1\,000 \times 10^4$ 单位絮凝剂;4#加入 8 mL $1\,200 \times 10^4$ 单位絮凝剂;5#加入 8 mL $1\,500 \times 10^4$ 单位絮凝剂;6#加入 8 mL $1\,600 \times 10^4$ 单位絮凝剂。絮凝试验结果见图 3、表 2。

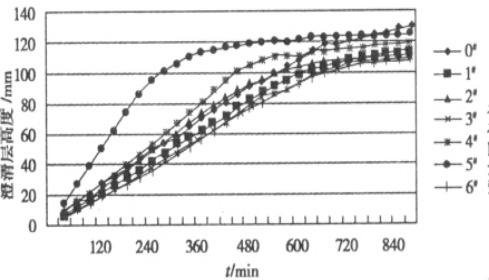


图3 阴离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验澄清液随时间变化曲线图

Fig. 3 Anionic polyacrylamide flocculation settling curves

试验结果表明,用阴离子聚丙烯酰胺做絮凝剂对马海盐湖泥湖矿矿浆进行絮凝沉降,同类型、不同分子量絮凝剂絮凝效果比较,分子量在 $1\,500 \times 10^4$ 之间的阴离子聚丙烯酰胺具有较好的絮凝沉降效果,可以使矿浆较快进入压实阶段,在较短时间内施放较多母液。达到同样量的母液释放量,加入絮凝剂后矿浆进入压实阶段的沉降时间比自然沉降要减少 210 min。

表 2 阴离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验沉降区压实层与试验矿浆总高度之间的关系

Table 2 Relation between sedimentation zone compacted height and total slurry height in anionic polyacrylamide sedimentation experiment

试验序号	0 [#]	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	备注
矿浆总高/mm	196	201	205	199	214	199	216	
【澄清层高/mm】/ 【压实时间/min】	120/690	110/750	109/690	106/720	116/720	120/480	109/660	进入压实阶段
压实层高/mm	57	61	65	61	68	56	71	最终压实阶段
压缩率/%	29.08	30.34	31.71	30.65	31.77	26.14	32.87	

iv. 阳离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验
本试验选用离子度分别为 20%、40%、60%、80% 的阳离子型聚丙烯酰胺为絮凝剂,考查此种絮凝剂对泥湖矿浆不溶物的絮凝沉降效果。试验分 6 组进行,其中 1# 加入 8 mL 离子度

20% 的絮凝剂;2#加入 8 mL 离子度 40% 的絮凝剂;3#加入 8 mL 离子度 60% 的絮凝剂;4#加入 8 mL 离子度 80% 的絮凝剂。絮凝试验结果见图 4、表 3。

用阳离子聚丙烯酰胺做絮凝剂对马海盐湖

盐湖矿矿浆进行絮凝沉降,试验结果表明,阳离子聚丙烯酰胺作絮凝剂对马海盐湖盐湖矿浆进行絮凝沉降,絮凝沉降速度随絮凝剂离子度的增加,沉降速度加快,离子度为 80% 的絮凝剂沉降效果较好。

V. 聚氧化乙烯和聚合氯化铝等的絮凝沉降试验 为了充分了解目前在污水处理行业及矿山采选行业广泛使用的絮凝剂对马海盐湖泥湖高泥矿矿浆的絮凝沉降效果,又进行了聚氧化乙烯、聚合氯化铝、聚合硅酸铝铁对马海盐湖

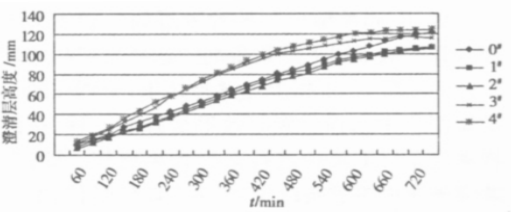


图 4 阳离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验澄清液随时间变化曲线图

Fig. 4 Cationic polyacrylamide flocculation settling curves

表 3 阳离子型聚丙烯酰胺絮凝沉降试验沉降区压实层与试验矿浆总高度之间的关系

Table 3 Relation between sedimentation zone compacted height and total slurry height in cationic polyacrylamide sedimentation experiment

试验序号	0 [#]	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	备注
矿浆总高/mm	196	196	200	197	206	
〔澄清层高/mm〕/ 〔压实时间/min〕	120/690	107/690	112/750	117/660	125/660	进入压实阶段
压实层高/mm	57	62	61	57	56	最终压实阶段
压缩率/%	29.08	31.63	30.50	26.93	27.18	

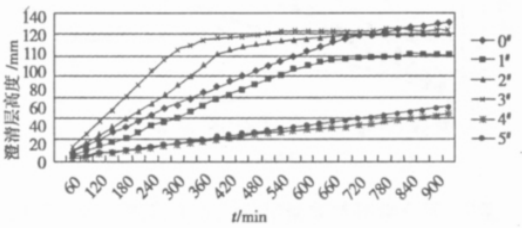


图 5 聚氧化乙烯和聚合氯化铝等絮凝剂絮凝沉降试验澄清液随时间变化曲线图

Fig. 5 Polyethylene oxide and polyaluminium chloride flocculation settling curves

矿矿浆的絮凝沉降试验。试验分 5 组进行: 其

中 1#加入 8 mL 100×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂; 2#加入 8 mL 300×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂; 3#加入 8 mL 500×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂; 4#加入 8 mL 聚合氯化铝絮凝剂; 5#加入 8 mL 聚合硅酸铝铁絮凝剂。絮凝试验结果见图 5、表 4。

由图 5 可以看出,聚氧化乙烯絮凝剂对马海盐湖泥湖矿浆的絮凝沉降效果随分子量的增大而增大,当分子量为 500×10^4 时效果最好。总体来看,在同样药剂量的情况下,聚氧化乙烯絮凝剂对马海盐湖泥湖矿浆的絮凝沉降效果要好于聚合氯化铝和聚合硅酸铝铁。

表 4 聚氧化乙烯和聚合氯化铝等絮凝剂絮凝沉降试验沉降区压实层与试验矿浆总高度之间的关系

Table 4 Relation between sedimentation zone compacted height and total slurry height in Polyethylene oxide and polyaluminium chloride sedimentation experiment

试验序号	0 [#]	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	备注
矿浆总高/nm	196	202	202	199	213	210	
〔澄清层高/mm〕/ 〔压实时间/min〕	120/690	96/630	114/510	120/450	43/870	50/870	进入压实阶段
压实层高/mm	57	78.5	64.5	64	82	74.5	最终压实阶段
压缩率/%	29.08	38.86	31.93	32.16	38.50	35.48	

vi. 不同类型单一品种絮凝剂絮凝效果比较 为了从不同类型絮凝剂中选择出絮凝效果较好的絮凝剂,依据上述试验结果,分别在同一类絮凝剂中选择出絮凝效果最好的一种,在同样絮凝条件下集中进行絮凝效果比较。即:①非离子聚丙烯酰胺以 800×10^4 单位最佳;②阴离子聚丙烯酰胺以 $1\,500 \times 10^4$ 单位最佳;③阳离子聚丙烯酰胺以 80% 离子度最佳;④聚氧化乙烯以 500×10^4 单位最佳;⑤无机絮凝剂以聚合硅酸铝铁为好(分别见上面单因素沉降曲线)。比较这 5 类絮凝剂发现,阴离子 $1\,500 \times 10^4$ 单位聚丙烯酰胺和 500×10^4 单位聚合氧化乙烯的效果基本一样,非离子 800×10^4 单位聚丙烯酰胺次之,阳离子 80% 离子度聚丙烯酰胺第三,聚合硅酸铝铁最差,结果见图 6。

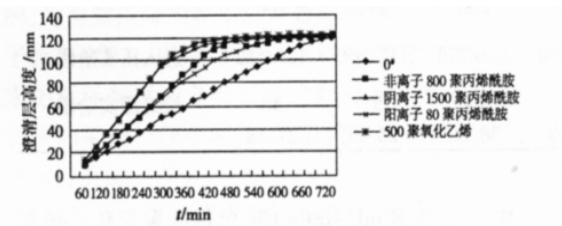


图 6 不同类型絮凝剂絮凝效果比较
Fig. 6 Result comparison of different flocculants

2) 混合絮凝剂的絮凝沉降试验

为了测试不同絮凝剂经过不同组合后对马海盐湖泥湖矿浆的沉降效果,依据上述已有试验结果,选取絮凝效果较好的絮凝剂进行组合,然后对马海盐湖泥湖矿浆继续进行絮凝沉降试

验,考查混合絮凝剂对马海盐湖泥湖矿浆的絮凝沉降情况,以便选取更好的絮凝沉降药剂制度。本试验共分 7 组,其中 1#先加入 800×10^4 单位的非离子聚丙烯酰胺,再加入 $1\,200 \times 10^4$ 单位阴离子的聚丙烯酰胺絮凝剂; 2#先加入离子度 80% 的阳离子聚丙烯酰胺,再加入 $1\,600 \times 10^4$ 单位的阴离子聚丙烯酰胺絮凝剂; 3#先加入 800×10^4 单位的非离子聚丙烯酰胺,再加入聚合硅酸铝铁絮凝剂; 4#先加入 800×10^4 单位的非离子聚丙烯酰胺,再加 500×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂; 5#先加入离子度 80% 的阳离子聚丙烯酰胺,再加 500×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂; 6#先加入 $1\,600 \times 10^4$ 单位的阴离子聚丙烯酰胺,再加 500×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂; 7#先加入聚合硅酸铝铁,再加 500×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂。絮凝试验结果见图 7、表 5。

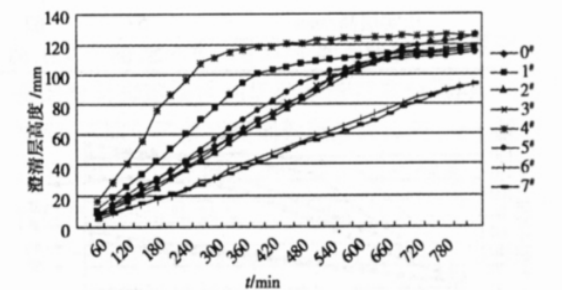


图 7 混合絮凝剂絮凝沉降试验澄清液随时间变化曲线图
Fig. 7 Flocculation settling curves of mixed flocculant

表 5 混合絮凝剂絮凝沉降试验沉降区压实层与试验矿浆总高度之间的关系

Table 5 Relation between sedimentation zone compacted height and total slurry height in mixed flocculants sedimentation experiment

试验序号	0 [#]	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]
矿浆总高/mm	196	200	211	199	199	199	214	199
【澄清层高/mm) / (压实时间/min)】	120/690	119/810	118/810	93/810	120/420	111/660	112/630	94/810
压实层高/mm	57	64	67	64	62	64	72	70
压缩率/%	29.08	32.00	31.75	32.16	31.15	32.16	33.64	35.17

由试验结果可见, 800×10^4 单位的非离子聚丙烯酰胺与 500×10^4 单位的聚氧化乙烯絮

凝剂的药剂组合较之其它组合对马海盐湖泥湖矿浆有较好的絮凝沉降效果。

3 结 论

1) 以马海盐湖泥湖高泥、固体钾矿矿浆不溶物絮凝沉降为研究对象,选取非离子型聚丙烯酰胺、阴离子型聚丙烯酰胺、阳离子型聚丙烯酰胺、聚合氧化铝、聚氧化乙烯等絮凝剂对其进行絮凝沉降试验。试验结果表明, 300×10^4 单位聚氧化乙烯对马海盐湖泥湖矿浆的絮凝沉降有较好的絮凝沉降效果。其次, $1\ 500 \times 10^4$ 单位阴离子聚丙烯酰胺对马海盐湖泥湖矿浆的絮凝沉降也有较好絮凝沉降效果。这两种絮凝剂可以作为马海盐湖高含泥、低品位地表固体钾矿矿浆的絮凝沉降剂使用。

2) 依据不同类型絮凝剂絮凝沉降试验结果,从不同类型絮凝剂中选出絮凝沉降效果好的絮凝剂组合使用进行絮凝沉降试验。试验结果表明, 800×10^4 单位的非离子聚丙烯酰胺

与 500×10^4 单位的聚氧化乙烯絮凝剂的药剂组合较之其它组合对马海盐湖泥湖矿浆有较好的絮凝沉降效果,建议推荐使用。

参考文献:

- [1] 欧孝夺,曹净,周东,等. 广西平果铝尾矿泥浆化学絮凝处理试验研究 [J]. 岩土工程学报,2003,25(2): 201 - 203.
- [2] 王志轩,赵会明. 几种聚硅酸铝铁(PSAF)絮凝剂的性能比较 [J]. 科技资讯,2008,(8): 66 - 67.
- [3] 贺晓唯,毕诗文,朱龙,等. 可溶性聚硅酸铝铁的制备及其在废水处理中的应用 [J]. 分子科学学报: 中英文版,2006,22(3): 200 - 205.
- [4] 珀尔斯 M J. 矿物絮凝的进展 [J]. 国外金属矿选矿,2002,39(5): 37 - 40.
- [5] 林芸,李万捷. 两性聚丙烯酰胺的絮凝性能研究 [J]. 高分子材料科学与工程,1996,12(4): 136 - 139.
- [6] 王毓华,胡岳华,何丰海,等. 铝土矿选择性能脱泥试验研究 [J]. 金属矿山,2004,(4): 38 - 40.

Flocculation Sedimentation Experiment of High Mud Content, Low Grade Surface Solid Potassium Deposit in Mahai Salt Lake

LI Hai-min¹, MA Jin-yuan², ZHANG Quan-you¹, BIAN Hong-li²

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;

2. Qinghai Zhonghang Resources Co., Ltd., Delingha, 817000, China)

Abstract: The authors research the flocculation sedimentation effect of high mud content and low grade surface potassium deposit in Mahai salt lake by using the focculants which include nomonic polyacrylamide, cationic polyacrylamide, anionic polyacrylamide, polyethylene oxide and polyaluminium chloride. The results are very valuable to reclaim high insoluble salt mother liquid.

Key words: Flocculant; Flocculation sedimentation; Combined agents; Potassium deposit in Mahai salt lake

《盐湖研究》合订本征订启事

《盐湖研究》是原国家科委批准的学术类自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993 年创刊并在国内外公开发行。《盐湖研究》自公开发行以来,深受广大读者的厚爱,为了便于我刊读者和文献情报服务单位系统收藏,编辑部藏有 94 - 95 年、96 - 97 年、98 - 99 年、2000 年、2001 - 2002 年、2003 年、2004 - 2005 年、2006 - 2007 年、2008 - 2009 年合订本,每年册仅收取工本费 90 元。数量有限,欲购者请与《盐湖研究》编辑部联系,联系电话:0971 - 6301683