# 察尔汉区段钾镁液体矿床

岩盐渗透性的研究

陈连禹、鲍永恩、何山贵

# 前 言

察尔汉钾镁液体矿床自1956年以来时断 时续地开展了地质勘探、水文地质研究、铁 路工程地质研究,基本水文地质条件是清楚 的。不足之处就是矿床的富水性、渗透性的 研究还不充分,零星分布的三处抽水试验, 尚不能满足开采规划的需要。

我们通过实验并利用野外岩盐物性测定 资料,研究岩盐渗透性建立计算岩盐渗透性 的经验公式,并用已有抽水试验的钻孔资料 验证,提出察尔汉区段岩盐渗透性的预测分 区。

将钻孔盐心样品松散盐样作为 渗 透 模型,结合现场岩盐物性测定资料,研究整个 盐矿床的渗透性尚属初次嗜试。

## 一、岩盐水理性质及晶间卤 水(S、)水化学特征

察尔汉区段岩盐晶间卤水含水层,在盐 湖成盐演化过程中,由于自然地理、地质、 水文地质及物理化学等因素的综合影响,形 成岩盐水理性质的差异及晶间卤水成份的空 间变异,其分布具有一定的规律性。

(一)岩盐水理性质

1. 岩盐的结构与构造

岩盐大多呈半胶结状态、盐晶大小不等、

形态不规则,晶体不完整,晶粒互相镶嵌, 盐晶界面处直接互相吸附或由细粒盐、碎屑 不溶物胶结。

常见的岩盐构造有层状构造、光卤石、 石盐各自成细层平行相间排列;似网状构造, 盐晶间夹有碎屑物,状如珠纲,等粒块状构 造,盐晶粒度较均匀,互相镶嵌,紧密排列。

察尔汉区段的西南部及东北部,盐层中 常有层数及厚度不等的碎屑层相间,岩性多 为粉砂、砂质粘土、淤泥等(图1-7碎屑 层厚度比例百分数的分布)。

2. 岩盐颗粒组成及粒度分布

岩盐主要由石盐组成,局部地区岩盐层 中含有硫酸盐矿物及粉砂(10~15%),中间 地段岩盐成份较纯,含钾盐矿物,北部地段 岩盐中含有粉砂,砂粘土约为15~25%。

岩盐颗粒形状不规则,多呈立方体,颗粒 直径大小不等。经统计,平均粒度区间为2.66 毫米至3.46毫米。根据筛分结果所作矩值的 计算资料,岩盐粒度的偏度均属正偏,多数 为极正偏(偏度大于1)峰态很窄,标准差在 0.1~2.0之间(图1-1)岩盐粒度在水平方 向上的分布趋势,通过粒度分析资料,用正 交多项式拟合一个二次趋势面的分析结果表 示在图1-7。从图1-7可见岩盐粒度 (d<sub>50</sub>)由南向北逐渐变大,有效粒径 d<sub>25</sub>的平 面分布亦相似。岩盐粒度分析资料,详见图 1-2及图1-3。

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved 43. http://www.cn



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn

岩盐非均质系数是反映粒度均一性的指标。察尔汉区段岩盐非均质系数平面分布趋势以北部及南部最为明显,如北部的 MK20

(CK226)及东北部CK224孔一带、 岩 盐 非 均质系数在15以上, 最 大 可 达 31 (CK226 孔), 详见表 1 - 1 所列。



图 1-1 盐湖岩盐粒度散点图

表1-1

岩盐颗粒非均质系数统计表

	取样深度 (米)	d 60 (毫米)	d 10 (毫米)	非均质 系 数	d ₅₀ (毫米)	d 15 (毫米)
MK 1-2	1.00~1.55	4.70	0.61	7.70	3.89	1.76
MK 3-1	1.17~1.67	3.50	0.74	4.73	2.95	1.44
MK 4—1	1.79~2.22	3.69	0.24	15.40	3.00	1.15
МК 6—3	3.04~3.67	3.39	0.47	7.20	2.55	1.09
MK 7-1	1.45~1.97	7.90	1.23	6.40	5.57	3.00
MK 8-1	2.06~2.57	11.03	0.59	18.70	9.80	3.50
MK 9 - 2	2.84~3.27	11.04	1.40	7.90	6.20	3.85
MK 11— 2	1.99~2.57	4.30	1.00	4.30	3.68	2.04
MK 14— 1	0.97~1.62	4.28	0.68	6.30	3.43	1.57
MK 15— 2	1.87~2.87	3.00	0.75	4.00	2.35	1.2
MK 16—1	1.37~3.87	5.20	0.72	7.20	4.14	1.76
MK 17— 1	1.47~5.27	4.75	0.80	5.90	4.00	1.90
MK 18— 2	1.07~5.27	5.20	0.40	13.00	3.60	1.25
MK 19— 1	1.87~2.27	4.51	0.65	6.90	3.70	1.65
MK 20— 1	0.97~1.77	6.20	0.20	31.00	5.20	1.40
MK 18-1	1.21~1.77	3.58	0.63	5.70	2.36	1.44

and the second sec



**46** (C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn

### 3. 岩盐孔隙性(注)

岩盐体积的一部份为晶间空隙所占据。 按孔隙形状的不同可分为毛管孔隙与非毛细 管孔隙。岩盐渗透性与孔隙大小有密切关系, 而晶间孔隙的特性与其矿物组成,颗粒大小 及形状有密切的联系。

岩盐层的孔隙度的分布很不均勾。图1— 4 表示岩盐孔隙度的垂向分布情况,可见 在地表以下 5 米范围内,岩盐孔隙度的变化 幅度较大。局部观察,岩盐孔隙度变化很不 规则,总体来看,岩盐孔隙度随深度的增加 有变小的趋势(r-密度仪测试SK2、CK837、 CK820孔也证实这一点)。岩盐孔隙度垂向变 化的不均一性,沿水平方向有明显的漂移现 象(图 1 — 5 ),如果以北部CK811孔的孔隙 度为基准,自北向南岩盐孔隙度垂向变异系 数(标准差与平均值的比值)有明显增大的趋 势,局部存在拟平稳性变化地段(如CK823 至CK64)。

从图1—6所示岩盐孔隙度的频数分布, 可见在不大的空间范围内,岩盐孔隙度明 显地偏离其平均值,偏离范围达平均值的 ±0.8、标准差0.037。频数的分布近似正态分 布(或t分布),以统计观点,可以把岩盐孔 隙度视为随机变量,从它的局部随机变化之 中往往可以分辨出它的空间变化某种特征, 为我们研究岩盐渗透性提供充分的依据。

根据320平方公里面积上,按网度4×4 公里,30个钻孔定深取样所测的孔隙度值, 经加权平均求出每个钻孔岩盐加权平均孔隙 度值,采用正交多项式拟合二次趋势面<sup>21</sup>。方 程为 $\hat{n}$ %=23.36-4.67x-0.56y+0.82x<sup>2</sup> +0.13y<sup>2</sup>+0.032x·y式中,x、y为钻孔地理 坐标, $\hat{n}$ %各孔岩盐孔隙度趋势值。趋势面 回归效果如表1-2所示,回归效果显著, 趋势面拟合程度较好。经回归分析后,将岩



#### 图 1 一 4 岩盐孔隙度垂向变异

#### (注): 岩盐孔隙度测定资料来自青海地质队勘探资料及本所研究占孔取样测定资料。

盐孔隙度平面分布趋势表示在图1—7中。岩 盐孔隙度总体平均值按区间估计为16.91~ 19.23%,标准差为2.71%。

岩盐孔隙度在水平方向上的分布是不均 一的(图1--7),以区段的西南部及东北部较 发育而向中部变小。

表1-2 多项式趋势面回归显著性检验

变差来源	平方和	自由度	均方(方差)	F检验
回归(SSR)	78.486	5	$MS_R = 15.69$	75232
剩余(SSD	)0°064	24	$MS_{D} = 0.002$	7
总变差(SS:	r)78.55	29	变差(S)=2.	71
趋势面拟合	程度	SSR/SS	$S_{\rm T} \times 100\% = 9$	9.9%
剩余 (SSb 总变差(SSf 趋势面拟合	)0 *064 r)78.55 ·程度	24 29 SSr/SS	MSp=0.002 变差(S)=2. Sr×100%=9	7 7 71 99.9%







(二)晶间卤水(S₃)水化学特征

1.晶间卤水(S<sub>0</sub>)物理性质

高矿化的晶间卤水其比重和粘滞性是影 响岩盐渗透性的重要因素。晶间卤水比重的 分布具有一定的规律性(图1--8)。在水平方 向上,以CK141孔卤水比重为最高中心(32.4 波美度),以CK826孔为最低中心(24.8波美 度),呈环带状向外伸展;垂直方向上,除 CK141 孔一带的卤水比重变化较小外,其 余大部份地区卤水比重是自上而下随深度递 增,最大值可达33波美度。

晶间卤水的粘滞性,以运动粘滞系数 (v)为代表,它与卤水比重的变化有紧密联 系,并随卤水温度的增高而降低。晶间卤水 粘度以 CK141 孔为最高(0.067厘米<sup>2</sup>/秒)中 心,以 CK826 孔为最低中心(0.0303厘米<sup>2</sup>/ 秒),呈环带状分布,总的变化趋势与卤水 比重基本相似。

2. 晶间卤水(S<sub>3</sub>)水化学特征

察尔汉区段晶间卤水总矿化度为310至 440克/升,阳离子以钠、镁、钾、钙为主, 阴离子以氯、硫酸根为主。根据水化学变质 系数,本区绝大部份的卤水属于氯化物型, 仅团结湖及达布逊湖一带卤水属 于 硫 酸 盐 型、硫酸镁亚型水。按照卤水的主要组成又 可划分出不同的水盐体系(图1-7)。南部 地区局部地段为Na、Mg、K/Cl、SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O五 元体系,北部地区为Na、Mg、K、Ca/Cl-H<sub>2</sub>O 五元体系,其余地区绝大部份为 Na、Mg、 K/C1-H<sub>2</sub>O 四元体系。根据晶间卤 水 的 比 重分布和溶液相图的分析,可分为三个析盐 阶段(主要指四元体系)即 NaCl、NaCl+ KCl(分布于CK826孔一带);NaCl、NaCl+ KCl·MgCl,·6H,O(大部份地区), NaCl、  $NaCl + KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O + MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (主要分布于 CK141孔一带)三个析盐 阶 段 (图1-7)。在垂直方向卤水析盐阶段的分 布,在 CK141 孔一带仅存在一个析盐阶 段 (近水氯镁石阶段),在CK826孔,CK128孔 一带存在上述三个析盐阶段,其他地区基本 上处于两个析盐阶段(缺少钾石盐析盐阶段)。

根据上述晶间卤水(S₃)水化 学 特 征 可 知,开发钾矿资源的主要地段是除了CK141 孔高镁水区之外的四元体系地段,而该地段 岩盐的渗透性是本文重点研究的地段。

## 二、晶间卤水(S<sup>3</sup>)含水 层岩盐渗透性

(一)实验室研究岩盐渗透性 的 原 理与方法

岩盐属于孔隙介质,其渗透性系指岩盐 渗透系数和岩盐渗透率两个方面。在任一均 匀介质中渗透系数可规定为单位水力坡度的 比流量,即在层流运动状态时渗流流速与相 应的水力坡度之比叫做渗透系数,它表示一 种流体流动经骨架孔隙被输送的状况。它由 介质的骨架和流体性质两者关系所决定。渗 透系数K可表示为<sup>[1]</sup>:

$$K = k \cdot \frac{r}{\mu} = k \cdot g / v$$

式中,k(因次L<sup>2</sup>)称为多孔骨架的渗透率, 只取决于固体骨架的性质,并以r(液体比 重)、μ(流体粘度)或g(重力常数)、v(流体 运动粘带系数)表示流体特性的影响。

有关文献中报导过各种公式,阐述岩、 土渗透率(k)与岩、土骨架性质的各种关 系,某些关系式纯属经验性的。大多数研究 者是使用一些理论模型,推导出岩、土渗透 率(k)与骨架各种参数之间的相关数学模 型,所以,数值系数对于每一个特定的多孔骨 架而言,必须通过模拟实验确定。文献<sup>11</sup>中所 述的渗透率公式都具有一般普遍的形式即;

### $\mathbf{k} = \mathbf{f}_1(\mathbf{S})\mathbf{f}_2(\mathbf{n})\mathbf{d}^2$

式中, f<sub>1</sub>(S)称为形状因子; f<sub>2</sub>(n) 称为孔隙 性因子; d 为颗粒有效(或平均)粒径; k 为岩 土渗透率(因次L<sup>2</sup>)。

#### 研究孔隙介质渗透率(k)所使用的理论

模型有毛细管模型、水力半径模型、阻流模 型(Resistance to flow medels)、统计模 型、裂隙模型等[1]。

我们根据实验室模拟实验,分别建立了 松散盐样渗透率(k)与岩盐粒径(d25)及原 状盐样渗透率(k)与岩盐粒径(d<sub>50</sub>)、岩盐 孔隙度(n%)的相关数学模型,考虑野外现 场岩盐非均质性的影响,对数学模型用岩盐 非均质系数加以修正,用于计算察尔汉区段 岩盐(S<sub>a</sub>)的渗透系数。

(二)影响岩盐渗透性的主要物理 因素

岩盐的下列特性影响其渗透性:

1. 岩盐粒径

根据松散盐样的实验资料,我们得出;

 $k = 0.6813 \times 10^{-5} d^2$ (1)式中k,岩盐渗透率,厘米2;d 岩盐 有 效 粒径(或平均粒径),毫米。方程(1)指出岩盐 渗透率随颗粒直径的二次方而变化。显然颗 粒直径愈小, 孔隙也愈小, 孔隙是水流的通 道,因而渗透性也愈弱。表 2-1 列出岩盐

表 2 - 1

52

粒径与岩盐渗透率、渗透系数的实验数据。 从表2-1,可见粒径 0.9~1.5 毫米和1.5~ 3.0毫米, 其渗透性变化范围符合察尔汉 区段岩盐抽水试验所确定的渗透值,所以将 公式(1)中岩盐有效粒径(d)确定为1-3 毫米,根据CK829孔岩盐样品颗分 资料选 d25粒径作为渗透计算时采用的等效粒径。

岩盐非均质性对岩盐渗透性的影响,可 以认为岩盐非均质系数比值与岩盐渗透率变 化比值大体呈线性关系(其他因素相同)如表 2-2中所列18-1、18-2盐样与均质岩 盐试样的结果。

2. 岩盐孔隙度

岩盐的渗透性与其孔隙的大小、形状、 分布状况有很大的关系,而岩盐孔隙的特性 与岩盐的组成矿物颗粒大小、形状、成分有 直接的关系。因此建立岩盐孔隙度和渗透性 的普遍关系式是不太可能的,但是与其他影 响岩盐渗透性的因素相比,它是主要的影响 因素。室内实验资料表明18-1试样,孔隙 度分别为37.05%、40.0%、42.88, 渗透系数 分别为91.5、188.28、345.09米/昼夜(其他因 渗透率与粒径关系实验数据

粒径	平均粒径	孔隙度	运动	渗透系数	渗透率	平均孔隙度	平均渗透率	平均渗透
(毫米)	(毫米)	(%)	粘滞系数 (毫米 <sup>2</sup> /秒)	(米/昼夜)	(厘米2)	(%)	(厘米²)	糸 致 (米/昼夜)
0.25		41.21	0.0437	3.13	$0.16 \times 10^{-6}$			
} 0.50	0.375	40.30	0.0453	3.13	$0.16 \times 10^{-6}$ 0.27 × 10^{-6}	40.99	0.2 × 10 <sup>-6</sup>	3.51
		36.8	0.0451	9.89	$0.51 \times 10^{-6}$			
0.50 2	0.700	38.13	0.0400	7.86	0.36×10 <sup>-6</sup>	38.41	$0.67 \times 10^{-6}$	13.37
0.90		38.63 40.07	0.0461 0.0414	15.62 20.11	$0.83 \times 10^{-6}$ $0.96 \times 10^{-6}$			
0.90	1	39.83	0.0451	132.12	$0.69 \times 10^{-5}$		0 0 7 10-5	
ک 1.50	1.200	41.45	0.0460	148.83	$0.79 \times 10^{-5}$	42.03	$0.97 \times 10^{-5}$	187.97
		44.83 42.76	0.0431	282.97 461.94	$0.14 \times 10^{-4}$ $0.25 \times 10^{-4}$			
1.50	2.250	44.39	0.0461	555.72	$0.30 \times 10^{-4}$	44.93	$0.34 \times 10^{-4}$	642.74
3.00		47.67	0.0447	910.57	$0.47 \times 10^{-4}$		0 11	0151 00
$3 \sim 5$ $5 \sim 7$	4.000 6.000	45.32 47.83	0.0451	2171.66 4766.40	$0.11 \times 10^{-3}$ $0.25 \times 10^{-3}$	45.32 47.83	$0.11 \times 10^{-3}$ $0.25 \times 10^{-3}$	2171.66 4766.40
7~10	8.500	48.37	0.0445	1325.21	$0.68 \times 10^{-3}$	48.37	$0.68 \times 10^{-3}$	13252.11

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cn

素相同)。

根据原状岩盐样品的实验资料,我们得 出

k = (2.491~5.706)×10<sup>-3</sup>n<sup>1.688</sup>d<sub>50</sub><sup>2</sup>···(2) 式中, k 一岩盐渗透率, 厘米<sup>2</sup>; n 一岩盐孔 隙度, %; d<sub>50</sub>一岩盐粒径中位数, 厘米。

3.其他物理因素

表 2 — 3

察尔汉区段岩盐(S3)渗透性预测计算

晶间卤水的比重、粘度、温度等对岩盐

渗透性的影响,都有文献资料可查,就不再

详加论述。岩盐的结构与构造对渗透性的影

响已反映在岩盐粒度、孔隙性、非均质性等 因素之中,将它们从中严格地区分也是困难

的,因此,不作专门的讨论,并不意味着没

有考虑这些因素的影响。

钻	JL	孔隙度	粒径	粒径	不均质	运动粘滞	计算公式	(1)	计算公式	(2)
			d 50	d 25	系数	系数 ∨	渗透率	渗透系数	渗透率	渗透系数
编	号	(%)	(毫米)	(毫米)	S	(型下/	k (厘米 <sup>2</sup> )	K (米/昰夜)	k (厘米 <sup>2</sup> )	K (米/昼夜)
	ck817	21.02	4.57	2.27	13.15	0.060	$1.842 \times 10^{-5}$	265	1.968 × 10 <sup>-5</sup>	283
	ck218	19.00	5.74	2.33	15.42	0.0542	$2 1.657 \times 10^{-5}$	264	2.234×10 <sup>-5</sup>	356
	ck224	18.63	6.48	2.53	20.70	0.048	$1.453 \times 10^{-5}$	260	$2.051 \times 10^{-5}$	367
	ck820	20.12	4.09	1.85	4.30	0.0588	3 2.302 × 10 <sup>-5</sup>	343	$2.791 \times 10^{-5}$	410
	sk 2	18.07	5.09	2.08	7.90	0.0568	$2.575 \times 10^{-5}$	393	$3.136 \times 10^{-5}$	485
	ck226	17.66	5.61	2.33	18.70	0.0561	1.365 × $10^{-5}$	223	$1.555 \times 10^{-5}$	254
	ck823	19.48	3.76	1.81	6.30	0.0555	$2.232 \times 10^{-5}$	347	$2.234 \times 10^{-5}$	348
	ck128	17.40	4.58	1.70	9.87	0.0558	$1.376 \times 10^{-5}$	215	$1.916 \times 10^{-5}$	299
	ck133	16.95	4.94	2.11	10.38	0.0558	$2.016 \times 10^{-5}$	315	$2.027 \times 10^{-5}$	315
	ck826	19.09	3.58	1.64	7.20	0.0501	1.756×10 <sup>-5</sup>	30 3	$1.876 \times 10^{-5}$	324
	ck130	16.98	4.24	1.44	13.30	0.0534	$0.733 \times 10^{-5}$	119	$1.172 \times 10^{-5}$	190
	ck135	16.51	4.42	1.76	7.06	0.0559	$2.062 \times 10^{-5}$	319	2.337 $\times 10^{-5}$	362
	ck829	19.79	3.56	1.60	6.90	0.0426	$1.744 \times 10^{-5}$	354	$2.056 \times 10^{-5}$	417
	ck 46	16.83	4.05	1.31	8.29	0.0484	$0.973 \times 10^{-5}$	173	$1.685 \times 10^{-5}$	301
	ck72	16.32	4.06	1.55	7.26	0.0542	$1.556 \times 10^{-5}$	248	$1.836 \times 10^{-5}$	293
	ck64	19.11	3.69	1.68	8.78	0.0331	1.511×10 <sup>-5</sup>	395	$1.637 \times 10^{-5}$	426
	ck49	16.93	4.01	1.31	7.76	0.0417	1.039×10 <sup>-5</sup>	215	$1.784 \times 10^{-5}$	370
	ck75	16.39	3.86	1.45	8.24	0.0504	$1.432 \times 10^{-5}$	246	$1.474 \times 10^{-5}$	253
ì	计算公式	大(1):				5	S <sub>828</sub> ,S分别为(		算孔的岩盐不均	匀质系数。
	k =	= 0.681	$3 \times 10^{-5}$	<sup>5</sup> d <sup>2</sup> <sub>2 5</sub> • 3	S <sub>829</sub> /S		K		278 33	6
	K =	= k • g	/ v				S		77 7	2
计算公式(2):						{	n		18 1	8
$k = 2 \cdot 49 \times 10^{-3} n^{1 \cdot 686} \cdot d^{2}_{50} \cdot S_{828} / S$						S /-	√ n	18.16 1	6.98	
$\mathbf{K} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{g} / \mathbf{v}$						d•	f	17 1	7	
式中: k 渗透率, 厘米 <sup>2</sup> ;						t 5	%	1.74	1.74	
K渗透系数,米/昼夜;						t•(	s/√ n)	31.60 2	9.55	
d25岩盐有效粒径,毫米;						Kı		246 30	6	
dso岩盐粒径中位数, 厘米;							K 2		310 36	6
∨ 运动粘滞系数,厘米²/秒,						,	变异	异系数	0.28	0.21
g 重力常数, 厘米/秒 <sup>2</sup> ;										

53

表2-2 岩盐不均质性对渗透性影响

样品编号	平均粒径 (毫米)	不均 系数	孔隙度 (%)	k (厘米 <sup>2</sup> )
1.5~3.0 毫米等粒 组	2.25	2.0	42.76	$24.65 \times 10^{-8}$
18—1	2.19	5.7	40.00	$9.96  imes 10^{-8}$
182	2.69	13.0	33.06	$8.03 \times 10^{-6}$

(三)察尔汉区段岩盐(S<sub>3</sub>)渗透性 分布规律的探讨

1.岩盐渗透系数的预测计算

(1)预测计算的原则

计算岩盐(S<sub>8</sub>)渗透系数,选择富矿段, 计算孔18个,呈4×4公里网格均匀分布, 面积为300平方公里,视为一个连续渐变的渗 透区。主要计算参数如岩盐孔隙度、粒径、 非均质系数、卤水粘度均由钻孔取样测得, 垂直方向包括整个卤水矿层厚度。

对计算参数做了审核,符合数据有代表 性和均一性,对系统误差要找出原因做出恰 当的处理。岩盐粒度及非均质系数仅控制有 五米左右的深度,给计算数据带来一定的不 均一性,由于我们着重研究岩盐的水平方向 渗透性,而与岩盐渗透性在垂向上是均一的 假定并不矛盾。

对于参加计算的主要参数都作了统计分 析和趋势面的分析,并结合实际现场情况作 了规则化、均一化的处理。

(2) 岩盐渗透率、渗透系数计算结果

卤水粘度值均换算到温度20℃的值,得 出的渗透系数为温度 20℃ 岩 盐 渗 透 系 数 (K<sub>20</sub>),岩盐渗透率、渗透系数计算结 果 综 合列入表 2 一 3。

(3)结果的分析与讨论

计算结果表明,两种经验公式得出两种 近似的结果。公式(2)计算结果,标准差和 变异系数较小,与抽水试验资料 拟 合 较 好 (SK2、CK829)。理论分析也说明公式(2) 考虑因素较多,所以效果较好。

将公式(2)计算的岩盐渗透系数(表2-3),绘制频数分布图(图2-1)。其频数 分布属正态分布(或t分布)。岩盐渗透系数 偏离其平均值,偏离范围为平均值的±0.8 标准差为75米/昼夜。



察尔汉区段岩盐渗透系数总体平均值按 95%置信区间估计为306~366米/昼夜,变异 系数为0.21。

2-察尔汉区段岩盐(S<sub>s</sub>)渗透性分布规律 的初步认识

根据表 2 — 3 所列的岩盐渗透系数, 绘 制出岩盐渗透性分布图(图 2 — 2)。该图表 明察尔汉区段岩盐渗透性没有明显的方向 性,呈现三个渗透透镜体(I sK2, Ⅱ cK130, Ⅲ 64-820)分别为以SK2孔为中心的 I sK2渗透 透镜体,以CK130孔为中心的 I cK130渗透透 镜体和以CK64、CK829孔为中心的 II 64-829 渗透透镜体。按岩盐渗透强度区分, I cK2 和 Ⅲ<sub>64-820</sub> 属强渗透性透镜体,Ⅱ<sub>CK130</sub>为弱渗透 性透镜体。在局部地段的岩盐渗透性却有一 定的方向性,一般是沿渗透透镜体的长轴方 向,岩盐渗透性的变化比较均一,变化缓 慢,而沿短轴方向岩盐渗透性变化较大。

岩盐渗透透镜体、形象地表明了岩盐渗透性的空间分异特征,其形成原因从上述的影响岩盐渗透性的诸因素的讨论中可以明了。

从采矿观点,了解上述岩盐渗透性的分 布规律,将帮助我们更合理地规划开采井群 与指导预测开采矿体淡化趋势。



(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. 55 http://www.cn

### 结 论

通过对察尔汉区段钾镁液体矿床岩盐渗 透性的研究,得出以下几点粗浅的认识:

1.晶间卤水(S<sub>a</sub>)含水层属于渗透性具有 明显的空间不均一性的含水层。岩盐孔隙度、 粒度、渗透系数的频数分布具有正态分布(或 t分布)的特点,从统计学观点可认为是具 有随机变化又有整体连续性分布的随机变 量。

2.察尔汉区段岩盐渗透性,从总体推断 平均值为306~366米/昼夜(95%置信区间), 标准差为72米/昼夜,变异系数为0.21。岩盐 渗透性不均一,没有明显的方向性,可划分 成三个渗透透镜体,在局部地段岩盐渗透性 有似均一性的地段。

3.察尔汉区段岩盐孔隙度总体平均值为 16.91~19.23%(95%置信区间),标准差为 2.71%,垂向上的变化有随深度增加而减小 的趋势,地表以下5米深度内,这种趋势尤 为明显。岩盐粒度总体平均值为2.66~3.46 毫米(95%置信区间),标准偏差为1.34毫米

4.通过实验所建立的岩盐渗透系数经验 公式,实践表明,包括变量较多的经验公式适 用性较好。经验公式(2)在岩盐地区有一定 的适用性,但在具体应用时要考虑岩盐非均 质性而加以修正,否则计算结果将偏大,公 式仅适用于均质岩盐的渗透计算(非均质系 数小于5,岩盐粒径0.9~3.0毫米)。

5.使用考虑岩盐非均质性的 修 正 公 式 (2)(表 2 - 3),给出察尔汉区段300平 方 公里面积内岩盐渗透性指标,并用两个已作 抽水试验的钻孔资料验证,渗透系数预测计 算的相对误差为6%(CK829孔)及17%(SK2 孔),都在允许误差范围。

附记:

在本研究中参加实验工作的有张明刚、 潘海峰、宋文莉、奚微娟、解淑德等同志。 工作中张宗淳、白鹿堤同志参加了文献资料 翻译工作,本所姚尚志同志协助检修r-密 度仪。野外工作承蒙化工部青海钾矿筹建处 在工作上生活上的大力支援,特此表示感谢。

### 参考文献

- [1] Jacob Bear «Dynamics of fluids in porous media» Copyright C
  1972 by American Elsevier Publishing Company, Inc.
- [2] 於崇文等《数学地质的方法与应用》冶金工业出版社 1980.4