

地
质
钻
探
用
泵

A. C. 伏尔科夫 著
〔苏〕 B. И. 叶尔马科娃

地 质 出 版 社

地质钻探用泵

[苏] A. C. 伏尔科夫, B. И. 叶尔马科娃 著

李 强 译
周 家 骏 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书主要讲述地质勘探钻进中所使用的钻井泵的使用和设计的计算方法。在简述了洗井规程的参数之后。书中对阀的参数、泵的机械传动部分、泵的动力载荷、洗井压力及泵排量等的计算作了介绍。还对新型结构泵的合理使用范围及其最优工作规程提出了建议。

本书供地质勘探和勘察部门的工程技术人员使用，也可供从事研究和设计钻井泵的专业人员参考。

本书共附有表37张，插图96幅和参考文献目录33篇。

A. C. ВОЛКОВ, В. И. ЕРМАКОВА
БУРОВЫЕ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫЕ
НАСОСЫ
МОСКВА «НЕДРА» 1978

地 质 钻 探 用 泵

〔苏〕A. C. 伏尔科夫, В. И. 叶尔马科娃 著
李强 译 周家骏 校

地质矿产部书刊编辑室编辑
责任编辑：励美恒

地质出版社出版
(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：6³/₁₆ 字数：178,000
1982年10月北京第一版，1982年10月北京第一次印刷
印数1—2,204册·定价：1.50元
统一书号：15038·新818

前 言

钻探工作在综合地质勘探工作中无论就取得的地质资料的数量和质量而言还是就投资总额而言，都居于主要地位。目前钻探工作耗费的费用约占苏联地质部为地质调查所拨款项的50%左右。

近年来，固体矿藏勘探的钻探工作量、钻进速度和钻进孔深都逐年在增加。提高钻探工作的生产效率主要依靠进行技术革新及采用先进的钻进工艺和劳动组织方法。

钻进中，工艺规程中对钻进生产效率起决定性作用的因素有钻压、钻具迴转速度和洗井规程。而洗井规程主要与钻井泵是否完善有极大关系。

苏联地质部及其它部的设计部门研制了许多不同类型的新型高速系，保证能在各种地质条件下以高效率的方式进行钻进。根据苏联地质部“地质技术”科研-生产联合局专业设计室所进行的大量科学研究结果制订了泵的标准系列，该系列已列为苏联国家标准。

对泵的运动零部件的新型耐磨材料的选择作了大量的工作，完善和拟订了钻进泵设计计算和洗井计算等的理论基础。

研究油气井钻进新技术的有关部门已积累了大量的关于研制新型泵的经验，书中所介绍的一些油矿机械制造部门的技术资料也可在研制固体矿藏勘探用的技术装备中应用。

本书主要总结了苏联地质部“地质技术”科研-生产联合局专业设计室在技术科学博士Л. Э. 格拉弗领导下进行的科学研究和设计方面的经验。同时也介绍了莫斯科地质勘探学院在技术科学博士A. C. 沃尔科夫教授领导下完成的某些科研成果。

本书由A. C. 沃尔科夫主编，除第五章是由Г. Д. 波利亚科

夫、M. E. 麦伊利霍夫、和 B. И. 叶尔玛科娃等编写的外，其它章节都是由 A. C. 沃尔科夫和 B. И. 叶尔玛科娃编写的。

作者热诚的接受大家提出的意见和建议并在今后的著作中加以采纳应用。

目 录

第一章 钻孔的冲洗	1
§1 冲洗液的种类和性质	1
§2 处理剂	11
§3 冲洗液的质量检查及其性能的恢复方法	13
第二章 钻井泵	25
§1 钻井泵的类型及其分类	25
§2 泵的主要部件	60
第三章 阀的工作原理	75
§1 阀的运动学	75
§2 在实际条件下阀的运动规律	78
§3 阀的无冲击工作	86
第四章 提高柱塞、阀和密封的工作能力	94
§1 提高柱塞的耐磨性	94
§2 提高柱塞密封的可靠性	102
§3 提高阀的工作可靠性	104
第五章 泵的设计计算	107
§1 对主要元件的要求	107
§2 计算用的原始资料	114
§3 强度计算的顺序	115
§4 作用载荷的确定	117
§5 泵传动箱零件的计算实例	133
§6 水泵液力端的零件计算实例	156
第六章 泵的使用计算	164
§1 泵吸水高度的确定	164
§2 泵压力的计算	169
§3 泵的排量计算	172
§4 动力机功率的计算	175

第七章 钻井泵的组织使用	177
§ 1 使用钻井泵的主要要求	177
§ 2 仪表和其它装置	181
第八章 新型钻井泵的合理使用范围及其工作规范	194
结束语	207
参考文献	210

第一章 钻孔的冲洗

大多数钻探方法在钻进过程中需要冲洗钻孔，冲洗钻孔的主要作用是清除孔底岩粉，冷却钻头和保护孔壁。

向孔底输送冲洗液基本上有两种不同方式：

- 1) 正循环冲洗：冲洗液通过钻具中间送到孔底并经钻杆柱与孔壁之间的外环状间隙返回地表；
- 2) 反循环冲洗：冲洗液通过钻杆柱与孔壁之间的环状间隙送到孔底，然后经钻具的中间返回地表*。

地质勘探工作中，最普遍使用的是第一种方法。

§ 1 冲洗液的种类和性质

冲洗液可以具有不同的物理化学性质，这些性质对整个钻进过程和钻孔状况有很大的影响。任何一种冲洗液在具体的地质技术条件下，应能保证获得最高的钻进速度、良好的钻进质量、最低的成本。这些具体的地质技术条件包括：所钻进的岩石及其物理—机械性质；孔壁的稳固性；地层压力；孔底温度；孔内状况（漏水地层或涌水地层等）；钻进方法；钻头类型和泵的类型等。

冲洗液有各种分类法，按B·Ф·罗杰尔斯(B·Ф·Роджерсом)制定的。

- 1) 未经处理的自然溶液；
- 2) 淡水泥浆：a) 用磷酸盐处理，低pH值的；б) 用烧碱和单宁酸处理，pH值中等；в) 高pH值的泥浆；г) 用铁铬木质素磺酸盐处理的中等pH值的；

* 可以利用反循环冲洗钻孔方法把岩心从钻柱中间输送到地面上来。

3) 盐水泥浆: a) 稀盐水泥浆; б) 约含3.5% NaCl 的海水泥浆; в) 高NaCl含量的盐水泥浆;

4) 钙处理泥浆: a) 低石灰泥浆; б) 高石灰泥浆; в) 石膏泥浆; г) 氯化钙泥浆或醋酸盐泥浆;

5) 低固相泥浆 (固相含量低于7%);

6) 混油乳化液, 水中含油低于15%;

7) 油包水乳化液 (油中含水20—70%);

8) 油基泥浆;

9) 水玻璃 (硅酸钠) 泥浆 (已不应用);

上述分类是以分散介质的成分及其矿化作用为基础的。

K·Φ·包乌斯(K·Φ·Пайсом) 提出的水基冲洗液的详细分类见表1, 他所推荐的分类法是供钻进石油和天然气时使用的, 与固体矿藏钻进的地质技术条件有所不同。但是, 对这些冲洗液所适用的那些岩石在地质勘探孔钻进中也会遇到, 所以K·Φ·包乌斯建议的某些方面对固体矿藏勘探中也能有效的应用。

岩石可分为以下几类:

1) 非胶结或弱胶结岩石 (砂、砾石、砾岩等);

2) 稳定的透水性岩石 (石灰岩、砂岩);

3) 稳定的非透水性岩石 (火成的白云石、泥灰岩、致密的砂岩);

4) 致密坚硬的泥岩 (粘土、泥质岩);

5) 盐岩 (岩盐、硬石膏、钾盐等);

6) 含饱和石油气的岩石。

在地质勘探钻进中, 公认的在地质勘探钻进中使用的冲洗液详细的分类目前还没有。在固体矿藏钻进中作冲洗剂用的可以用水、各种泥浆、各种盐溶液、乳化液和自然溶液等作为冲洗液。

勘探钻进中, 最便宜的冲洗液是水。在孔壁有一定的稳定性可钻性为Ⅲ~Ⅷ的岩石中, 水可作为冲洗液。

使用最广的冲洗液是泥浆。

泥浆是在专用的机械搅拌机或水力搅拌机中进行搅拌, 使各

表 1

类别	组别	冲洗液	推荐的使用条件			
			密度 (克/厘米 ³)	岩石组别的 岩石代号*	极限 温度 (°C)	失水量 (厘米 ³ / 30分钟)
水和自然溶液						
无固相 冲洗液	轻质	水和自然悬浮液	1~1.05	2,3	100	—
		水	1~1.05	2,3,4	100	—
		饱和盐溶液	1.15~1.30	5	140	—
	正常	碳酸盐溶液	1.05~1.30	2,3	120	4~12
		硫酸盐溶液	1.05~1.30	3,4,5	100	4~20
		泥质岩溶液	1.05~1.30	2,3	100	4~12
	加重	碳酸盐溶液	1.30~1.95	2,3	120	4~12
		硫酸盐溶液	1.30~1.95	3,4,5	100	4~20
		泥质岩溶液	1.30~1.95	2,3	100	4~12
		水溶液:				
		褐煤碱剂(VIII P)	1.30~2.50	2,3,5	100	4~10
		羧基甲基纤维素 (KMLI-500)	1.20~2.50	2,3,4,5	140	3~6
	丙烯酸盐	1.30~2.50	2,3,4,5	180	2~6	
泥 浆						
非矿化泥浆	轻质	含羧基甲基纤维素 KMLI-500低固相泥 浆	1.02~1.08	1,2,3,4	140	2~5
		含丙烯酸盐的低固相 泥浆	1.02~1.08	1,2,3,4	180	2~5
		未经处理的水泥浆	1.04~1.08	1,2,3,4,6	140	8~12
	正常	未经处理的泥浆	1.08~1.45	3,4	120	10~30
		用褐煤碱剂处理的泥 浆	1.08~1.45	1,2,3,6	120	4~8
		用褐煤碱剂和铬酸盐 处理的泥浆	1.08~1.45	1,2,3,6	200	4~8
		用丙烯酸盐处理的泥 浆	1.08~1.45	1,2,3,4	160	2~5
		用磺化硝化木质素处 理的泥浆	1.08~1.45	1,2,3,6	160	4~8
		用羧基甲基纤维基 KMLI-500处理的 泥浆	1.08~1.45	1,2,3,4	140	2~5
	加重	用褐煤碱剂处理的泥 浆	1.45~1.80	1,2,3,6	120	4~8

续表 1

类别	组别	冲洗液	推荐的使用条件			
			密度 (克/厘米 ³)	岩石组别的 岩石代号*	极限 温度 (°C)	失水量 (厘米 ³ / 30分钟)
矿化泥浆	轻质	用褐煤碱剂和铬酸盐处理的泥浆	1.45~1.80	1,2,3,6	200	4~8
		用磺化硝化木质素处理	1.45~2.30	1,2,3,4,6	160	4~8
		用丙烯酸盐和硝化木质素处理的泥浆	1.45~1.70	1,2,3,4	160	2~4
		用羧基甲基纤维素 KMI-500 和硝化木质素处理的泥浆	1.45~1.70	1,2,3,4,6	140	2~5
		含淀粉和羧基甲基纤维素 KMI-500 的乳化泥浆	1.15~1.30	2,3,4,5	100	8~15
		含羧基甲基纤维素 KMI-500 的标准乳化泥浆	1.15~1.30	2,3,4,5	140	8~15
	正常	用丙烯酸盐处理的泥浆	1.15~1.30	2,3,4,5	160	4~12
		未经处理的石棉泥浆	1.25~1.45	3,4,5,6	140	20~30
		用淀粉和羧基甲基纤维素 KMI-500 处理的泥浆	1.25~1.46	1,2,3,5	100	6~12
		用丙烯酸盐和磺化硝化木质素处理的泥浆	1.25~1.46	1,2,3,5,6	160	5~10
含羧基甲基纤维素 KMI-500 和 ФЭС 处理的硅酸盐泥浆		1.25~1.30	1,2,3,4,5	180	5~10	
用羧基甲基纤维素 KMI 和 ФЭС 处理的泥浆		1.25~1.30	1,2,3,4,5	180	5~15	
用羧基甲基纤维素 KMI-500 和磺化硝化木质素处理的泥浆		1.25~1.45	1,2,3,4,5	140	5~10	
用磺化硝化木质素和羧基甲基纤维素 KMI-500 处理的泥浆。		1.45~1.90	1,2,3,4,5	160	5~10	
加重	用磺化硝化木质素处理的泥浆。	1.45~2.30	3,4,5,6	150	15~20	
	用含羧基甲基纤维素 KMI-500 的石棉乳化泥浆	1.45~1.90	3,4,5	140	6~12	
	未处理的石棉泥浆	1.45~1.80	3,4,5,6	140	20~30	

续表 1

类别	组别	冲洗液	推荐的使用条件			
			密度 (克/厘米 ³)	岩石组别的 岩石代号*	极限 温度 (°C)	失水量 (厘米 ³ / 30分钟)
抑制性泥浆	石灰 泥浆	含羧基甲基纤维素 KMLI-500的标准 乳化泥浆	1.45~1.90	2,3,4,5	140	10~15
		用磺化硝化木质素和 K-4处理的泥浆	1.45~2.30	1,2,3,4,5	160	5~10
		用含羧基甲基纤维素 KMLI-500和ΦЭС 处理的泥浆	1.45~1.90	1,2,3,4,5	160	5~10
		用淀粉和羧基甲基纤 维素KMLI-500处 理的泥浆	1.45~1.80	1,2,3,4,5	100	6~12
		用亚硫酸盐纸浆废 液、烧碱、石灰(比 例 2:1:1)处理的 泥浆	1.25~2.20	1,2,3,4,5	140	4~8
		用羧基甲基纤维素 KMLI-350处理的 泥浆	1.25~1.80	1,2,3,4,5	100	2~6
	石膏 泥浆	用浓缩亚硫酸盐纸浆 废液处理的泥浆	1.25~2.00	1,2,3,4,5	150	2~8
		用CIIIP处理的泥浆	1.25~2.20	1,2,3,6	160	4~8
		用铬铁木质素磺酸盐 处理的泥浆	1.25~2.20	1,2,3,4,6	180	4~8
		用磺化硝化木质素处 理的泥浆	1.25~2.30	1,2,3,4,6	160	4~8
	氯化钙 泥浆	用浓缩亚硫酸盐纸浆 废液处理的泥浆	1.25~1.80	1,2,3,4,6	180	4~8
		用浓缩亚硫酸盐纸浆 废液处理的泥浆	1.25~1.80	1,2,3,4	150	6~15
		用组合化学处理剂处 理的泥浆	1.25~1.80	1,2,3,4,5	200	2~3
		用磺化硝化木质素和 组合化学处理剂处 理的泥浆	1.25~2.30	1,2,3,4,5	200	2~3

- * 1——非胶结或弱胶结岩石(砂、砾石等);
- 2——稳定的透水性岩石(石灰岩,砂岩);
- 3——稳定的非透水性岩石(火成的白云石,泥灰岩,致密的砂岩);
- 4——致密坚硬的泥岩(粘土,泥质岩);
- 5——含盐岩(岩盐,硬石膏等);
- 6——含饱和石油气的岩石。

种粘土分散在水中而制成的。

由于泥浆性能可在很大范围内调节,所以它的使用范围就很广。既可以在正常的钻进情况下使用,也可以在复杂的钻进情况

表 2

复杂地层钻进 时地质条件的 特点	钻孔地质剖面 中的主要岩石	泥浆的 补充特性	冲 洗 液 的 质 量 指 标							静 切 力 (毫克力/厘米 ²)
			密 度 (克/厘米 ³)	粘 度 CIIB-5 型 粘度计测定 (秒)	含砂量 (%)	100厘米 ² 面积 上的失水量 (厘米 ³ /30分钟)	泥皮厚度 (毫米)	昼夜析水率 (%)		
开孔时地表面 地层	土壤, 亚粘土, 亚砂土	质量较差的泥浆	1.15~1.2	25~35	4	35~40	3	4	10	
产生大量岩粉 的致密岩层	砂岩, 石灰石 砂泥岩	同上 同上	1.05~1.1 1.15~1.2	17~18 18~20	4 4	85~50 25~35	3 3	4 4	10~20 10~20	
钻进时水中冲 洗易被冲垮 的砂泥质岩层	不稳固的砂泥岩	正常泥浆	1.15~1.2	20~25	4	20~25	3	4	10	
断裂带容易坍 塌的沉积岩	砂泥页岩, 砂岩, 石灰石 泥灰岩 各种沉积岩	高粘度, 小失水 量的加重泥浆	1.4~1.9 1.4~1.9 1.3~1.35 1.3以上	25~50 50~60 21~30 35~60	2 4 2 4	5 5 5~10 5	1 1 1~2 1	0 0 0 0	25~50 25~75 10~25 50~70	
致密的干砂	致密的干砂	高粘度, 小失 水量正常比重 的泥浆	1.18~1.22	25~28	4	5	1	0	15~35	
有不同程度涌 水的各种含 水岩层	带大量矿化水的 流砂, 中砂和 含水的细砂, 地 层压力小或中等 压力的岩石—有 质未受水蚀 的岩石—有小裂 隙的含水石灰石 带裂隙自流水岩 石或半岩石。	高粘度, 小 失水量的最小 的正常泥浆 某些轻质的 正常优质泥浆 加重泥浆中粘 度最小的泥浆	1.2~1.22 1.15~1.25 1.1~1.15 1.3~2	28~35 21~28 17~19 25~40	4 4 3 3	5 5 10~15 20~30	1 1 2 2~3	0 0 1 2~3	35~60 15~35 15~25 20~30	

续表 2

复杂地层钻进 时地质条件的 特点	钻孔地质剖面 中的主要岩层	泥浆的 补充特性	冲 洗 液 的 质 量 指 标						
			密 度 (克/厘米 ³)	粘 度 CIB-5 型 粘度计测定 (秒)	含 砂 量 (%)	100厘米 ² 面积 上的失水量 (厘米 ³ /30分钟)	泥 皮 厚 度 (毫米)	昼 夜 析 水 率 (%)	静 切 力 (毫克力/厘米 ²)
有不同程度 涌水的含水岩 层	粘度和膨胀 的岩石,页岩 及地层压力很 大、涌水的砂 页岩	失水量最小 的加重泥浆	1.3~1.8	25~30	2	3~5	0.5~1	0	10~15
有油气涌出 的含油气沉积 岩层	砂岩,石灰 石及其它有孔 隙的、松散的 有裂纹的含油 气岩石	失水量小, 粘度最小的加 重泥浆	1.3~1.9	18~60	2	3~5	0.5~2	0	30~75
漏水岩层	排水的砂、砂 岩和石灰石。 有孔隙的疏松 的砂岩和石灰石	标准密度和最 大粘度的泥浆 轻质的粘度大 的泥浆	1.15~1.2	从120到不 流动	2	1~5	7~10	0	大于100到350
	有裂纹的砂 岩,石灰石。 有小裂纹的 泥灰岩地层。 (少量吸水)	轻质,粘度 最大的泥浆 标准的轻质 泥浆	1.05~1.1	35~45	4	5~8	1~2	0	10~25
			1.05~1.15	60~120	4	5	1	0	>200
			1.1~1.15	25~30	2	15~25	1~2	0	10

续表 2

复杂地层钻进时地质条件的特点	钻孔地质剖面中的主要岩石	泥浆的补充特性	冲洗液的质量指标						静切力 (毫克力/厘米 ²)
			密度 (克/厘米 ³)	粘度 CIB-5型 粘度计测定 (秒)	含砂量 (%)	100厘米 ² 面积 上的失水量 (厘米 ³ /30分钟)	泥皮厚度 (毫米)	昼夜析水率 (%)	
	稳定岩石地层, 孔内水位降低很多。同上, 岩石容易坍塌和填方。	比水轻的充气泥浆 失水量小的泥浆	0.8	24~26	2~4	10~20	2	0	25~75
			1.05~1.1	24~26	2~4	3~5	2	0	25~75
塑性粘土的、石质岩的、石灰粘土地层, 此地层容易膨胀和泥包	疏松的泥质岩, 膨胀粘土, 软质岩, 粘土, 碳酸盐岩石。	加入石油乳化的轻泥浆	1.05~1.15	17~25	2	3~7	0.5~1	0	10~35
含盐地质, 它与剧烈膨胀的塑性粘土互为错层	带塑性粘土夹层的岩盐	饱和盐、失水量降低的加重泥浆	1.32~1.4	27	4	10~16	2~3	0	15~30

下使用。

为了与各种复杂的事故作斗争，配制出有多种成分的各种专用泥浆。泥浆可以防止孔壁坍塌，防止涌水，防止油、气井喷以及冲洗液漏失等。

根据使用泥浆时的地质技术条件，用专门的处理剂对泥浆进行处理，添加各种加重剂，采用某些品种的粘土等。Ю. И. 盖依杜科夫对各种钻进条件下使用的泥浆提出的建议见表 2。

近年来，愈来愈多的采用乳化冲洗液了。

在生产条件下进行试验的结果表明，当金刚石钻进时，用乳化液进行冲洗比用水好，其优点为：

- a) 减少了钻具的振动；
- б) 提高了机械钻速；
- в) 提高了金刚石钻头的寿命，降低了每米进尺的金刚石消耗量；
- г) 降低了钻杆和泵的零件的磨损；
- д) 减少了冲洗液流动时的压力损失，降低了泵的工作压力；
- е) 降低了迴转钻杆和驱动泵的功率消耗。

表 3 列出一些乳化液供参考。（按“地质技术”科研—生产联合局全苏勘探技术研究所资料。

全苏勘探技术研究所研制的乳化液是根据苏联国家标准 ГОСТ 规定以皮革乳化膏为基础的。它是中等粘度的矿物油，加上含成脂肪酸钠皂以提高粘度，其成分为：

合成脂肪酸钠皂，%	35~40
氧化矿脂非皂化残液，%	>15
水，%	>20
3号或3B号锭子油，%	<25

为配制乳化液，将皮革乳化膏按1:200至1:50比例（浓度为0.5~2%）在水中稀释。

钠皂为表面活性剂，在冲洗液中起乳化剂作用。

当水为高矿化水而且乳化液缺货时，冲洗液可用非离子化合

表 3

名 称	添 加 剂 的 特 性	冲洗液中添 加剂的浓度 %
阴离子和非离 子表面活性剂的 水溶液	1.溶解皂(脂肪酸钠盐,合成酸钠盐和磺酸钠盐);环烷酸皂—钠盐和环烷酸混合物,水和少量矿物油混合物,肥皂;磺酸盐;烷基苯磺酸钠;树脂酸皂;氧化矿脂皂(用烧碱使矿脂皂化的产物)	0.2~1
	2.合成脂肪酸混合物(如氧化矿脂 BTY585—56 或 BTY630—57)	0.2~1
	3.非离子化合物表面活性剂, OII—7 润滑剂和 OII—10—烷基酚的氧化乙基混合物	0.2~1
	4.仲醇与脂肪醇亚硫酸钠混合物“进步” BTY 315—58,“新发明”洗涤剂	0.2~1
	5.生产洗涤剂的残液	0.5~2
水油包水型乳 化液,活化表面 活性剂	1.皮革乳化膏;用氧化矿脂钠盐和水稠化的矿物油	0.5~2
	2.60%的机油,30%的树脂酸钠皂,1%的 OII—7 添加剂和9%水的乳化液	0.5~2
	3.黑机油和 OII—7 (或 OII—10) 的乳化液	0.5~2
	4.金属加工用的乳化液	0.5~2

物的表面活性剂 OII—10 (或 OII—7) 和黑机油配制。表面活性剂含量应为 0.4~0.5%, 黑机油为 1~4%。

乳化泥浆在打深孔时使用, 由于泥浆的冲洗形成了泥皮, 可能产生钻具挤夹现象。泥浆中加入轻质石油 10~20%。这种泥浆粘度为 18~25 秒, 失水量为 3~7 厘米³/30 分钟, 密度为 1.05~1.15 克/厘米³。静切力为 10~25 毫克力/厘米²。

为减少冲洗液的漏失, 使用空气泥浆, 可在泵的排出管路中送进空气。若要冲洗液中的空气泡更小更分散, 可用表面活性剂对冲洗液进行处理, ДС 和 ДС—РАС 型的阴离子表面活性剂可作为起泡剂。

采用充气的冲洗液能更有效地清洗钻孔中的岩粉, 减少岩粉混入冲洗液的可能。