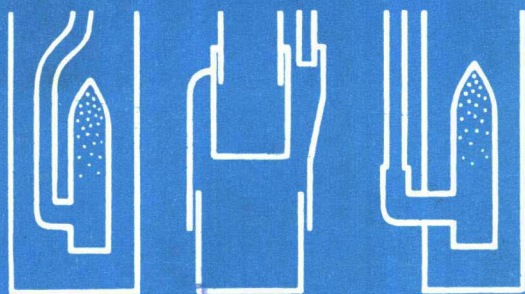


空气压缩机 抽水试验浅谈

李 洪 编 著



51

煤炭工业出版社

空气压缩机 抽水试验浅谈

李 洪 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

空气压缩机是目前水文地质勘探工作中抽水试验的主要工具。

本书探讨了利用空气压缩机进行抽水试验的有关问题,分析了影响抽水功效的各种因素,系统地论述了选择和确定混合器类型以及沉没比、空气压力、空气量、管径、效率等工作参数的依据。同时,还介绍了抽水试验的工作方法,常用空气压缩机的技术规格,抽水故障及其排除办法,设备的维护保养方法等。

本书可供各地质勘探部门的水文地质工作者阅读,也可供其他有关人员及院校师生参考。

责任编辑:吕代铭

空气压缩机 抽水试验浅谈

李洪 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $1^{5/8}$

字数 32 千字 印数1—2,820

1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷

书号15035·2514 定价0.20元

前 言

抽水试验、放水试验、注水试验、渗水试验、连通试验、流速测定等水文地质试验，是水文地质勘探工作的基本方法。它们是获取水文地质参数，进而评价水文地质条件的重要手段。其中，以抽水试验最为常用。

目前在水文地质勘探工作中，抽水试验所使用的工具有空气压缩机、拉杆泵、离心泵、深井泵、潜水电泵、射流泵等。其中，离心泵及射流泵使用范围有限，前者仅适用于浅井或浅孔；后者在小孔径中扬程及流量均难以提高，性能也不稳定。用深井泵及潜水电泵，则要求钻孔有很大的口径，除用于大口径孔群抽水试验外，野外工作中应用尚少。而拉杆泵则只适用于水量较小的地区。因此，空气压缩机仍是一种最常用的抽水试验工具。

建国以来，移动式低压空气压缩机已成为水文地质勘探工作中的主要抽水试验工具。在实践中，广大水文地质工作者业已积累了很多利用空气压缩机进行抽水试验的经验。

尽管空气压缩机已是一种比较陈旧的抽水工具，存在着效率低、成本高、重量大等缺点，然而由于它使用方便，适用于小口径钻孔，在涌水量较大、水位较深的情况下也能工作，因此，仍然得以广泛使用。目前，一方面鉴于适应野外勘探工作的小口径、高扬程、大流量专用抽水工具在国内尚未定型投产；另一方面，地质、煤炭、冶金、建工、化工、机械、水电等各部门的地质勘探队伍尚拥有数以千计的空气压缩机装备，所以，短期内还难于将其全部淘汰。

为了充分发挥现有设备的潜力，笔者根据多年来实际工作的体会，编写了这本小册子，供水文地质人员野外使用参考。

编写过程中，曾得到邯邢基地煤炭建设指挥部尹柏林同志的指导，初稿完成后，承蒙煤炭工业部地质局叶贵钧同志审核校阅。在此，特致谢意。

由于笔者水平不高，资料有限，书中缺点和错误在所难免，请读者批评指正。

目 录

第一节 空气压缩机抽水的原理	1
第二节 影响抽水功效的各种因素	2
一、气泡与水的摩擦损失	3
二、水管内的压力损失	3
三、进水管的压力损失	3
四、动能损失	5
五、风管的压力损失	6
第三节 混合器	7
一、并列式混合器	8
二、同心式混合器	9
三、其它形式的混合器	10
第四节 空气压缩机抽水的各项工作参数	11
一、沉没比	11
二、压缩空气需要量 (风量)	14
三、压缩空气压力 (风压)	18
四、水管直径	20
五、风管直径	21
六、功效与效率	24
第五节 抽水试验的工作方法	25
一、准备工作	25
二、抽水试验	27
三、资料整理	29
第六节 深水位抽水的探讨	30
一、用低压空气压缩机进行深水位抽水的可行性	30
二、深水位抽水的试验成果	31

三、影响深水位抽水工作的因素	32
四、深水位抽水的技术措施	36
第七节 常用设备的技术要求及规格	38
一、技术要求	38
二、技术规格	39
第八节 抽水故障及其排除方法	40
一、抽不出水	40
二、出水不畅	41
三、出水量少	42
四、壁隙涌水	42
第九节 空气压缩机的维护与保养	43
一、抽水试验工作中的日常保养	43
二、每次抽水试验结束后的保养	44
三、年度保养	44
参考文献	45

第一节 空气压缩机抽水的原理

空气压缩机抽水的原理，主要是压缩空气与水混合后，形成乳状泡沫液体，因其比重减小而上升；其次，气泡向上运动时，膨胀作功也起一定作用。

抽水试验工作中，经常使用的移动式低压空气压缩机，其外形如图 1。

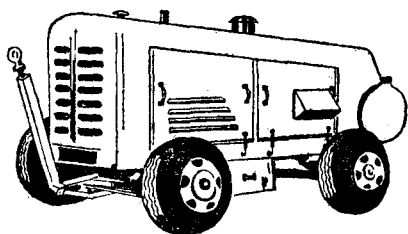


图 1 移动式空气压缩机

利用空气压缩机抽水时，风管及水管的排列方式分为同心式与并列式两种类型，如图 2 所示。利用井壁管作为水管，中间下入风管，实质上属于同心式类型。不论采用何种排列方式，都是将出水管下端沉没到地下水位以下，再配以直径较小的风管。风管上接

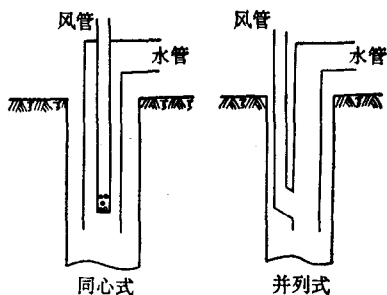


图 2 风、水管排列方式

风管上接

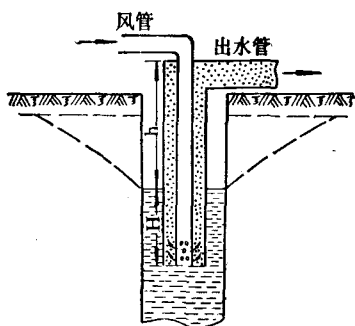


图 8 抽水原理示意图

地面空气压缩机，下连混合器。当送入压缩空气后，由于气与水混合，使混合液的比重显著地小于水的比重，于是出水管内液柱上升，如同“连通器”的原理一样，在理论上可以建立下列平衡方程式（参阅图 3）：

$$\gamma_1(H+h) = \gamma_2 H \quad (1)$$

式中 γ_1 ——气、水混合液的比重（吨/米³），
 γ_2 ——水的比重（吨/米³），
 H ——动水位以下混合器的沉没深度（米），
 h ——动水位深度（米）。

气、水混合液比重的大小，与液柱上升的高度成反比关系。送气量愈大，则混合液的比重愈小，液柱上升就愈高。只要当出水管有一定的沉没深度时，出水管液柱与钻孔水柱间也就存在压力差，随着足够的压缩空气的不断输入，钻孔中的地下水就可以经由出水管被抽出地面。

第二节 影响抽水功效的各种因素

空气压缩机在抽水过程中，由于受各种因素的影响，会造成压缩空气的能量损失，从而使其有效功能减小，排水效率降低。

影响抽水功效的因素很多，归纳起来，主要有以下五个

方面:

一、气泡与水的摩擦损失

气泡与水摩擦所造成的能量损失, 取决于混合器的型式与气、水混合液的流速。混合器的风眼小、数量多, 可以使气与水充分混合, 从而减少摩擦损失。气、水混合液的高流速也可以降低这项损失。

二、水管内的压力损失

气、水混合液在出水管中流动, 由于摩擦阻力, 会造成压力损失。根据流体力学公式可知:

$$h_t = \lambda \frac{L_1}{d_1} \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

式中 h_t ——压力损失 (液柱高度, 米);

λ ——液体阻力系数;

L_1 ——水管长度 (米);

d_1 ——水管内径 (米);

V ——液体在管内流速 (米/秒);

g ——重力加速度 (标准状态下为 9.8 米/秒²)。

从公式 (2) 可以看出, 增大出水管内径可以降低流速, 减少损失。但这不易做到, 因为过多地增大管径就势必要增大钻孔孔径, 从而给钻探工作带来困难。

三、进水管的压力损失

水流在进水管 (即出水管在混合器以下的部分) 中所受的摩擦阻力, 也会造成压力损失。根据前述 (2) 式可以推导能量损失的计算公式。

在 (2) 式中,

$$V = \frac{Q}{F}$$

而

$$F = \frac{\pi d_1^2}{4}$$

分别代入后, (2) 式变为:

$$h_f = \lambda \frac{L_1}{d_1} \frac{1}{2g} \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2} \right)^2$$

整理后即可得出:

$$h_f = 0.083\lambda \frac{L_1 Q^2}{d_1^5} \quad (3)$$

式中 λ ——水管对水的阻力系数, 与水管材料、粗糙度、内

径等有关, 对于较新的钢管, $\lambda = 0.02 + \frac{0.005}{d_1}$;

Q ——流量 (米³/秒);

F ——水管有效内截面面积 (米²);

其余符号同前。

(2) 式中的混合液在管内的流速 V , 目前国内通常见到的数据为 8~9 米/秒, 系沿用苏联的资料。根据美国的有关试验资料, 当 $V > 5$ 米/秒时, 风量突增, 抽水效率剧降。

为了方便使用, 按 (3) 式计算并绘制了不同内径水管每百米长度内由于摩擦阻力而造成的水头损失计算图 (图 4)。根据实际的水量及管径, 就可以很容易地从图中查找出出水管每百米长度的损失水头, 然后便可按出水管实际长度再换算出总的损失水头值。

从(3)式中可以看出, 压力损失与进水管直径成反比。为减小阻力, 进水管直径愈大愈好, 但这在实际工作中难以办到, 一般情况下, 进、出水管是同径的。

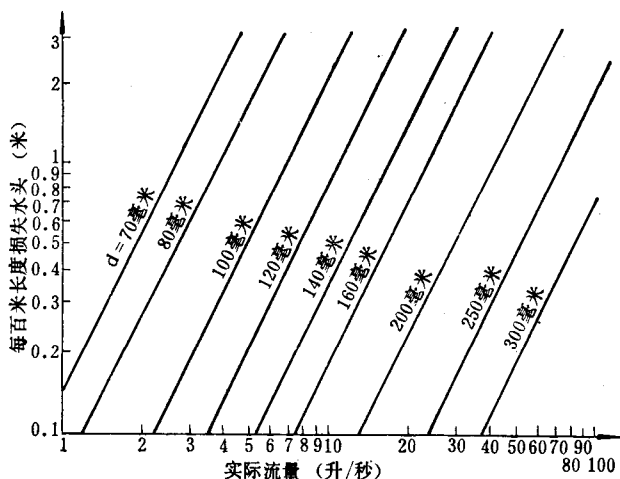


图 4 出水管水头损失计算图

四、动能损失

流体经过水管时, 由于流速的影响, 会吸收一部分能量, 造成动能损失。动能损失的计算公式为:

$$E_k = \frac{1}{2} m V^2 \quad (4)$$

式中 E_k ——动能损失 (焦耳);

m ——质量 (公斤);

V ——流速 (米/秒)。

从式(4)同样可以看出, 水管内径愈大, 流速愈低, 动能损失愈小。

五、风管的压力损失

从空气压缩机到混合器之间的风管中，由于管壁的摩擦阻力，也可以造成能量的损失。这个损失的值，通常以大气压表示。计算公式的推导及形式如下：

$$\Delta P = h_f \gamma$$

式中的 h_f 如将量纲改为厘米，则

$$h_f = 100 \left(\lambda \frac{L_2}{d_2} \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

其中， γ 为风管内空气密度，量纲为公斤/米³，若换算为厘米后，与 h_f 一同代入，得：

$$\Delta P = \frac{\gamma}{10^4} \left(\lambda \frac{L_2}{d_2} \frac{V_1^2}{2g} \right) \quad (5)$$

式中 ΔP ——风管内压力损失（大气压）；

d_2 ——风管内径（米）；

L_2 ——风管长度（米）；

V_1 ——风管内压缩空气流速，国内文献中为8~10米/秒，国外资料中为15~22米/秒；

其余符号同前。

上述公式进一步演算后，可得：

$$\Delta P = 6.74 \beta R T \frac{Q_1^2 L_2}{P_m d_2^5} \quad (6)$$

式中 β ——摩擦系数，按 $\beta = \frac{2.86}{G^{0.148}}$ 计算；

G ——压缩空气流量（公斤/小时）；

R ——常数（29.5）；

T ——风管内压缩空气的绝对温度（ $T = 273 + t^\circ\text{C}$ ）；

Q_1 ——风量 (米³/分) ;

P_m ——压缩空气压力, 又称风压 (大气压) ;

L_2 ——风管长度 (米) ;

d_2 ——风管内径 (毫米) 。

根据上式, 即可计算压力损失。表 1 中列举出了当压缩空气压力为 7 大气压、风管长度为 100 米时的压力损失值, 可供参考。

表 1 风管全长 100 米时的压力损失表 (单位: 大气压)

风 量		3 米 ³ /分			6 米 ³ /分			10 米 ³ /分		
气 温		20℃	30℃	40℃	20℃	30℃	40℃	20℃	30℃	40℃
风管内径 (毫米)	25	0.964	0.997	1.030	3.53	3.68	3.81			
	38	0.127	0.131	0.136	0.465	0.484	0.502	1.190	1.234	1.275
	50				0.110	0.115	0.119	0.284	0.293	0.303
	70							0.0343	0.0354	0.0366

从表 1 中可以看出, 管径对压力损失的影响很大, 风管内径增大一倍时, 压力损失可以减小到原来的数十分之一。

第三节 混 合 器

用空气压缩机进行抽水试验时, 位于风管最下部的喷风嘴钻有许多喷气孔 (习惯上称为“混合器”), 压缩空气从口中喷出后即可与水混合, 形成乳状混合液。

混合器是影响抽水功效的一个重要因素, 在相同条件下, 选用各种型式的混合器, 效果也就不同。

风、水管的排列方式不同时, 所要求的混合器规格也不

同。风、水管排列方式相同时，所用混合器的式样也不尽一致。总的说来，习惯上要求喷气孔的总面积不小于风管的截面积，同时，一般都是上部孔稀、下部孔密，而且喷气孔向侧上方斜列，这样有助于提高功效。

目前全国各地所使用的混合器，同心式排列的均以直型为主，并列式排列的则多为弯型。现分别介绍如下：

一、并列式混合器

通常焊接在水管的侧面或以弯管的形式从水管最下部向斜上方伸出。并列式混合器功效高、抽水量大，但钻孔需要较大的孔径。其常见的结构参见图 5 及表 2。

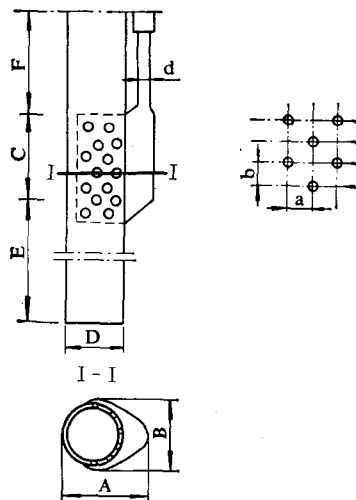


图 5 并列式混合器结构示意图

表 2 并列式混合器规格表 (单位: 毫米)

水管 外径 D	风管 内径 d	图 5 中各部规格					气孔 直径	气孔间距		每周 孔数 (个)
		A	B	C	E	F		a	b	
55	19	100	75	500	800	800	4	12	20	7
	25	110								
65	25	120	90	500	800	800	4	12	20	7
	32	130								
73	32	140	100	800	1000	1000	4	12	35	10
	38	145								
89	32	155	120	800	1000	1000	4	12	35	10
	38	165								
108	32	175	135	1000	1500	1000	5	15	40	12
	38	180								
127	32	195	180	1000	1500	1000	5	15	40	12
	38	200								
146	50	240	190	1100	1500	1000	6	20	50	12
	65	255								

二、同心式混合器

多为直型, 安装在风管下部后, 插入水管或套管之中。
抽水量小于并列式, 但使用方便, 并适用于小孔径钻孔。常见的结构参阅图 6 及表 3。

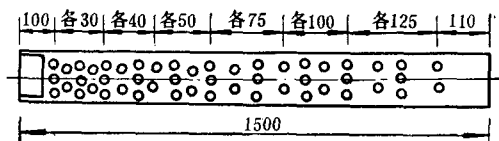


图 6 同心式混合器结构示意图 (单位: 毫米)

表 3 同心式混合器规格表

风管内径 (毫米)	长 度 (毫米)	每周孔数 (个)	气孔直径 (毫米)	风管内径 (毫米)	长 度 (毫米)	每周孔数 (个)	气孔直径 (毫米)
19	1500	6	4	38	1500	8	6
25	1500	8	4	50	1500	10	6
32	1500	8	5	65	1500	14	6

三、其它形式的混合器

除前述常见混合器外，还有一些其它形式的混合器（参见图 7）。

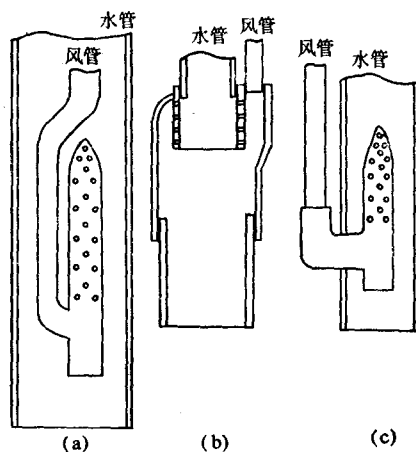


图 7 其它各种型式的混合器

图 7 所示的各种混合器中，(a) 属同心式类型，其喷气孔全部为朝向斜上方的圆孔。它既吸取了并列式排列抽水量大的优点，又适用于小孔径钻孔的抽水试验。它是将内径 32