

气 升 泵

抽水技术

湖南省科技情报研究所
第四设计研究院

一九七六年一月

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

用不同的方法去解决不同的矛盾，这是马克思列宁主义者必须严格地遵守的一个原则。

前 言

气升泵是一种抽水、抽液、排除泥砂和提升某些矿石的气举装置。气升泵的别名不少，见于书刊上的便有十几个之多。气升泵的文字记载的历史已近百年。与其它种类的泵相比，气升泵的效率虽然甚低，但因为它具有许多独特的优点，所以这个低效率的气升泵不仅至今仍在使用，而且还在不断地改进，使用的范围也越来越广。

本资料是介绍气升泵的基本知识及其在抽水方面的运用。第一章讲气升泵的组成和工作原理，第二章叙述升液器，第三章讨论气量、气压和空气压缩机的选择问题，这三章就基本上介绍了气升泵。第四章和第七章的内容，对进一步了解和改进气升泵有帮助。为了更好的使用气升泵，还编入了第五章和第六章。最末一章是气升泵的计算，其中还附了部分图表，这样就便于在设计时确定所需的各种参数。

气升泵在提升卤液、矿浆、矿砂和煤，以及在排除泥砂等方面的运用，只在第七章内简略提到。关于这方面的内容，准备另行汇编。

由于水平有限，编写中的谬误难免，请使用资料的同志们批评指正。

目 录

前 言	(1)
第一章 气升泵的组成和工作原理	(1)
一、气升泵的组成	(1)
二、气升泵的工作原理	(3)
第二章 升液器	(5)
一、抽水管和气管的排列方式	(6)
二、含水层与混合器的相互位置	(7)
三、升液器的管长	(9)
1. 决定管长的因素	(9)
2. 沉没系数 K 、沉没比 m 和浸水率 ε	(10)
3. 管长和钻孔深度	(13)
四、升液器的管径	(13)
1. 气管直径的确定	(14)
2. 抽水管直径的确定	(14)

3. 抽水管直径与孔壁管直径的 关系.....	(20)
4. 抽水管断面与抽水量.....	(20)
五、混合器.....	(21)
六、水气分离器.....	(26)
七、材料.....	(29)
第三章 气量、气压和空气压缩机的 选择.....	(32)
一、空气单位消耗量和总消耗量.....	(32)
二、启动压力和工作压力.....	(37)
三、空气压缩机的选择.....	(40)
第四章 气升泵的效率.....	(42)
一、升液器效率.....	(42)
二、气升泵效率.....	(44)
第五章 降低水位和水位测定.....	(45)
一、降低水位.....	(45)
二、分段启动.....	(46)
三、水位测定.....	(50)
第六章 安装和维修.....	(52)
第七章 气升泵的优缺点、使用和改	

进情况.....	(54)
一、气升泵的优缺点.....	(54)
二、气升泵的使用情况.....	(55)
三、气升泵的改进.....	(66)
第八章 气升泵的计算.....	(71)
一、计算公式.....	(71)
二、计算实例.....	(76)
三、综合图表.....	(81)

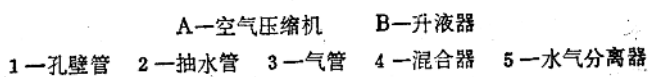
第一章 气升泵的组成和工作原理

一、气升泵的组成

气升泵（图1，气升泵示意图）是由空气压缩机A和升液器B组成。空气压缩机是定型产品，而升液器则主要是用管材在使用现场临时装配而成。空气压缩机供应具有一定压力的压缩空气，升液器是使压缩空气的能量产生作用和做有益功——使水或某种物体上升的装置。

在抽水钻孔中，升液器是由孔壁管（套管）1、抽水管（抽液管）2、气管3、混合器4和水气分离器5等部件组成。

因为气升泵是由空气压缩机和用管材装配而成的升液器组成，所以多种多样的空气压缩机和管材便可组成多种用途和多种规格的气升泵。在一般的矿井排水中，抽水管直径为200—450毫米，气管直径为70—150毫米，管长可达数百米，所用气量为50—200米³/分。在有的实验室工作中，抽液管直径为10—20毫米，气管直径为几毫米，管长1—2米左右，所用气量为0.05—0.20米³/分。在通常的水文地质钻孔的抽水试验中，抽水管外径大都为89、108、127、146或168毫米，气管直径大都为25、32或50毫米，管长50—150米，所用气量为3—9米³/分。

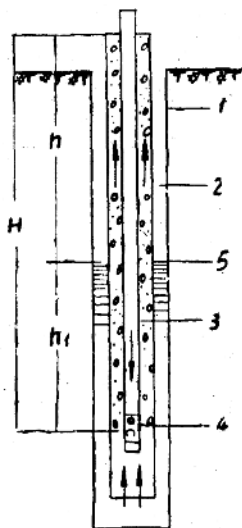


2

二、气升泵的工作原理

所谓气升泵的工作原理，在这里实际是指升液器的工作原理，关于空气压缩机的工作原理，本资料不介绍。

用升液器在钻孔内抽水的例子来说明它的工作原理。图2是升液器工作原理示意图。升液器的孔壁管1、抽水管2和气管3构成两套系统，一是进气和出液两种通道，二是水和水气混合液两种空间。钻孔的孔壁管和抽水管组成“联通器”，水在孔壁管和抽水管之间的环形空间内，而水气乳状混合液则在抽水管之内。升液器的工作原理就是基于联通器的物理定律：在联通器中，相同比重的液体的液面保持在相同的水平上，不同比重的液体的液面不在一个水平上，比重小的液体的液面高，比重大的液体的液面低。气管末端的混合器下入水面以下某一深度，压缩空气通过混合器进入抽水管，气与水在抽水管内混合而变成一种比重比水小的乳状混合液。天然水的比重一般为1，而上升的混合液的比重一般为0.15—0.25左右。在高度为 h_1 的水柱压力作



1—孔壁管 2—抽水管
3—气管 4—混合器
5—动水位

图2 升液器工作原理

用下，混合液便上升至 h 的高度。

按上述连通器定律，可得出水压与混合液压在平衡状态时的恒等式：

$$\Gamma_{\text{水}} h_1 = \Gamma_{\text{混}} H = \Gamma_{\text{混}} (h_1 + h)。$$

式中 $\Gamma_{\text{水}}$ —在孔壁管和抽水管之间的环形空间内的水的比重；

$\Gamma_{\text{混}}$ —在抽水管内的混合液的比重。

若保持 $\Gamma_{\text{水}} h_1 > \Gamma_{\text{混}} H$ ，则混合液就沿抽水管上升至管口而溢出，气升泵便开始抽水。

将上面的恒等式移项后得出：

$$h = \left(\frac{\Gamma_{\text{水}}}{\Gamma_{\text{混}}} - 1 \right) h_1。$$

从公式可看出，要使混合液上升至某一高度 h ，必须使混合器下至动水位以下某一深度 h_1 ，并应供给一定的气量。混合液上升高度 h 越大，混合液的比重应越小，需要消耗的气量应越多，而混合器下至动水位以下的深度也应越大。因此，气量和 h_1 是与混合液上升高度直接有关的两个因素。

此外，重量只为水的八百分之一的气泡的上升作用也是液体能够上升的一个原因。

需要指出，气体与液体在管内的混合运动情况是复杂的，气、液、固三者的混合运动就更为复杂，上面概括介绍的升液器工作原理只是按照升液器工作的简化形式来叙述的。

第二章 升 液 器

使用气升泵作水文地质钻孔抽水试验，多半是利用孔径为150毫米的钻孔，安装同心式升液器，按空气压缩机能产生7—8个大气压的数据把气管末端的混合器下入静水位以下65—75米。因为按此作法所获得的抽水量和水位降深值通常已能满足水文地质工作的要求，而抽水试验又往往属于临时性的短时抽水，再加之抽水试验还受现场条件（孔深、孔径、管径和空气压缩机等）的限制，所以在水文地质钻孔抽水试验时常不考虑升液器效率，也不严格按照计算结果确定升液器参数。但是，对于专门的大型水文地质钻孔抽水试验、长期供水、矿山排水、从钻孔内抽取卤液和某种产品溶液等情况，则必须认真考虑升液器效率，并需通过严格的计算来确定升液器的各个参数。

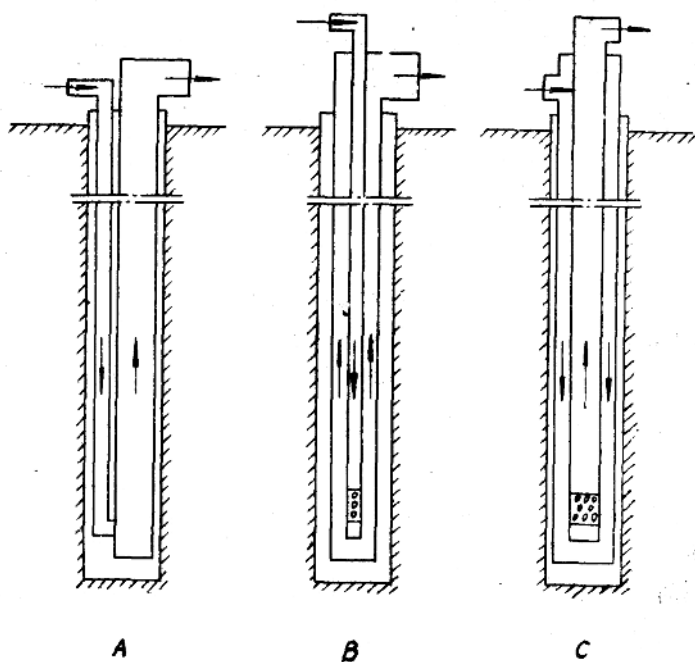
为了使升液器工作时具有较高的效率，应按照不同的要求，合理地确定组成升液器的孔壁管、抽水管、气管、混合器和水气分离器等部件的尺寸以及各部件间的位置。此外，还必须同时考虑钻孔直径、钻孔深度、含水层位置、技术经济指标和材料设备等条件。

升液器是气升泵的主要组成部分，升液器效率的高低在很大程度上就决定了气升泵效率的高低，因此有必要较详细地讨论升液器。

一、抽水管和气管的排列方式

要组成联通器，要构成两种通道和两种空间，抽水管和气管的排列方式有同心的和并列的两种（图3）。升液器的类型也分为同心式和并列式两类。

并列安装方式（图3A），气管与抽水管并列。按这种方式，混合器的加工和升液器的安装都较麻烦。在抽水管和气管



A—并列式 B—同心式 C—从侧面进气同心式

图3 抽水管和气管的排列方式

直径、混合器下入深度、空气压缩机供气量均相同的情况下，与同心式升液器相比较，并列式升液器的工作效率较高，抽水量较多。因此，在长期抽水时常采用并列安装方式。

同心安装方式（图3B），气管在抽水管之内。按这种方式，混合器的加工和升液器的安装均较方便。与并列方式相比，在钻孔直径相同的条件下，按同心方式安装能充分利用钻孔断面，可采用较大直径的抽水管，因而在多耗气量的前提下可获得较多的抽水量。通常，特别是在钻孔出水量大而直径较小的临时性抽水试验时，大都是采用同心安装方式。气管在抽水管之内时，气管和接头对混合液的上升运动妨碍很大，会造成能量的损失，因而在管径、混合器下入深度和供气量相同的条件下，同心式升液器的效率和抽水量比并列式升液器的效率和抽水量要低。

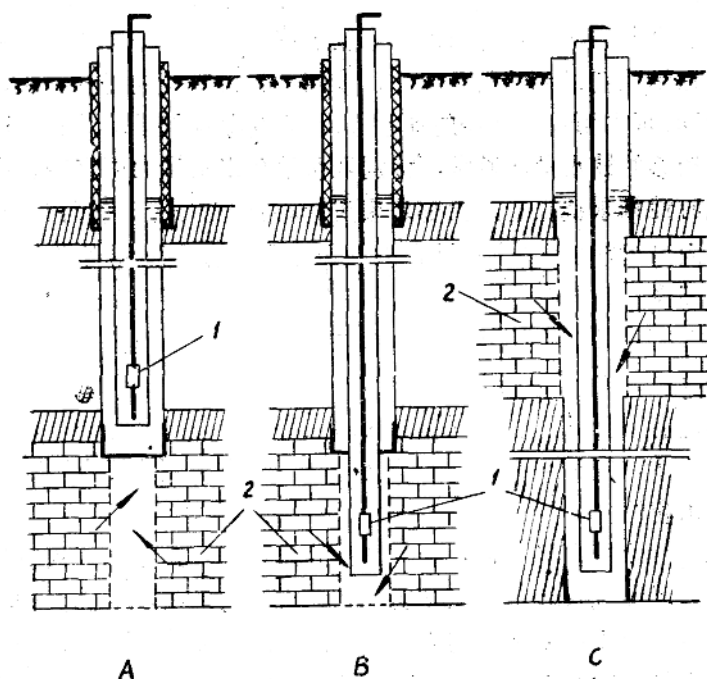
还有一种抽水管在气管之内的同心安装方式（图3c）。按这种方式，压缩空气是沿两管之间的环状空间到达混合器而进入抽水管的。

在抽水管直径和抽水量都相同的条件下，如采用并列安装方式，虽耗气量较少，但却要求较大直径的钻孔，因而要增加钻孔投资费用；如采用同心安装方式，虽然钻孔直径可小一些，但消耗的气量较多。因此，安装升液器时，对同心式和并列式的选择问题也是一个技术经济对比问题。

二、含水层与混合器的相互位置

对于水文地质抽水钻孔，含水层与混合器的相互位置有三种情况（图4）。

1. 混合器在含水层之上；
2. 混合器在含水层之内；
3. 混合器在含水层之下。



1—混合器 2—含水层

图4 含水层与混合器的相互位置

即使钻孔直径相同，若含水层与混合器的相互位置不同，则可安装不同直径的抽水管和气管。

在第一种情况，钻孔揭露的含水层埋藏较深而其承压水头

却又较高，所以混合器只需下到含水层之上的某一部位就可满足抽水要求。在此情况下，由于可利用钻孔的孔壁管作抽水管，所以只需下一根气管即可进行抽水；或者是只下一根抽水管，而利用抽水管与孔壁管之间的环状空间作进气通道进行抽水。因为少下一层管子，故可获得较大的进气和出液通道。如果孔壁岩层稳定，不漏水漏气，甚至还可不下孔壁管而只下一小段孔口套管即可进行抽水。

对于第二和第三种情况，在确定抽水管直径时要考虑的一个问题是，应使抽水管与孔壁管或过滤器之间留有适当大小的环状空间，以便地下水能以较佳的流速沿环状空间进入抽水管内。

三、升液器的管长

在使用气升泵之前的设计阶段，需要确定组成升液器的孔壁管、抽水管和气管的长度，而主要的是要确定混合器下入钻孔内的总深度 H 值。

1. 决定管长的因素

从升液器工作原理可知，要将水抽至某一高度 h ，则需要把混合器从钻孔孔口下至动水位以下某一深度。混合器下入钻孔内的总深度用 H 表示，它在动水位以下的一段深度用 h_1 表示。混合液的上升，主要是靠混合器的沉入深度 h_1 这一段水柱压力的作用。抽水高度越大， h_1 和 H 值应越大，因而组成升液器的管材也应越长。

虽然影响升液器管长的主要因素是抽水高度，但为了使升液器具有较高的工作效率， h 、 h_1 和 H 这三者之间应有一个合理

的配合关系。确定升液器管长就是依据这个关系进行计算的。

当已知抽水高度而在确定 h_1 和 H 的时候，需进行技术经济对比。如 h_1 过小，则水柱压力不能使混合液上升至管口，或者是需要消耗过多的压缩空气才能使混合液上升至管口；如 h_1 过大，虽可减少耗气量，但需要增加钻孔深度和管材。

2. 沉没系数 K 、沉没比 m 和浸水率 ε

为了确定 h 、 h_1 和 H 这三者之间的合理的配合关系，特引用了沉没系数 K 、沉没比 m 和浸水率 ε 。这些系数的不同数值反映了升液器工作的不同的效率和经济效果。

确定系数值的大小时，要同时考虑抽水高度、钻孔深度、抽水时间的长短和空气压缩机的定额压力等因素。一般情况是：当抽水高度较大或者是抽水时间较短时，选择较小的系数值，反之则选择较大的系数值。

使升液器工作具有较高效率和较好经济效果的系数值称为较佳值，它们是根据长期的实践和理论推算而得出的。对于不同的抽水高度，这些系数都有一个相对应的较佳值。

对短时间的水文地质抽水试验，不强调选用系数的较佳值，气管末端的混合器下入静水位以下的深度根据现场各种实际条件而定。如果升液器是要长期工作的，则要强化选用系数的较佳值。从第八章内的计算实例中可看出，系数值的大小对升液器工作的效率和经济效果的影响是很大的。

计算 h_1 和 H 时，虽只选用一种系数，但 K 、 m 和 ε 这三种系数都常使用，故分别一一介绍。

(1) 沉没系数 K

沉没系数是气管末端的混合器下入钻孔内的总深度与抽水高度之比值：

$$K = \frac{H}{h}。$$

K值通常在1.4—3.5之间选择，而最常选用的是2—2.5。

抽水高度不同，沉没系数K的较佳值也不同。在表1内列出各种抽水高度条件下的较佳沉没系数K值。

表1 各种抽水高度条件下的较佳沉没系数K值

抽水高度 h (米)	较佳沉没系数K值
20	3.30
40	2.85
60	2.50
90	2.20
120	2.00
150	1.82
180	1.81

(2) 沉没比m

沉没比是气管末端的混合器沉入动水位以下的深度与混合器下入钻孔内的总深度之比值：

$$m = \frac{h_1}{H}。$$

在根据抽水高度选择较佳沉没比m值时，可参用美国英格鲁沙利公司的实验资料（表2）。