

水力风扇在金属矿山中的应用

中南矿冶学院、江西有色冶金研究所等

去年，在江西某钨矿，根据矿区电力不足而水源丰富的具体条件，于独头水平巷道掘进时，试用了以水力风扇配合抽出式局扇作压入通风，取得了初步成效。

水力风扇是引射器械的一种型式，它的工作流体是压力水，被引射的物质是空气。水力风扇的组成部分如图 1 所示，主要由水力喷嘴、引射管和风筒组成。引射管又由引入（空气）段、混合段和扩展段等部分组成。

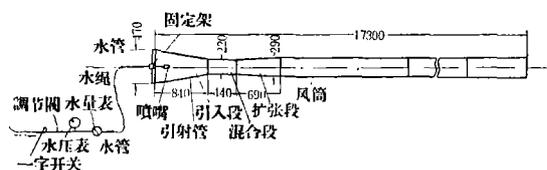


图 1

高压水以极大的速度，从喷嘴喷向引射管，强力推动引射管中前面的空气（被引射流体），并与空气混合成水-气混合物，以高速进入混合段中。在混合段中，水与气继续进行混合，两者进行动能的交换，最后，速度场已达均匀的混合物进入扩展段中。水-气混合物（此时大部份水已从混合物中分离沉降下来）在扩展段中的运动过程，是由动压逐渐转变为静压的过程，造成通风管道两端（扩展段末端断面和风筒出口断面间）压力差的过程。正是这个压力差，才使空气沿管道流动，并送到工作面进行通风。在这里，空气压力的提高并不需要以直接花费任何机械能量为代价。

引射管混合段的主要作用，在于使水-气混合体的速度场在进入扩展段之前趋于均匀，否则，在扩展段中就会产生附加的压力损失，为此就必须使混合段有足够的长度；由于在扩展段中，混合体的速压转变为静压，因而扩展段也要有足够的长度，以便流体在该段中有足够的时间来完成它的压力变换过程；为减少流体在扩展段中的附加压力损失，必须使扩展段的张开角设计得合理。

这次试验，是在抚顺煤矿应用水力风扇经验的基础上，在下列方面进行了新的探索。

一、几类喷嘴的水力动力性能参数的确定

（一）喷嘴的张角和射程

张角和射程是分别用卡规和钢卷尺直接测量的，测得结果列于表 1。

从表 1 可以看出：当水压增加，喷射体的张角和射程也随之增加，但当水压在 6 公斤/厘米² 以上时，张角增加程度变慢；同一类型的喷嘴，随着出口孔径的减少，喷射体的张角也减少，而射程增大；喷嘴有涡旋构造者（如切向式、螺旋式），其喷射体张角较同口径喷嘴的要大，而射程较短。

（二）几类喷嘴工作水压和耗水量的关系

水压与水量分别用水压表和流量计测定，结果表明：

1. 喷嘴的耗水量随着水压和喷嘴孔径的增加而增加。
2. 在喷嘴孔径相同时，耗水量与喷嘴结构有关。

二、喷嘴在水风扇引射管中的合理位置

我们选用了一种如图 1 所示的引射管，和不用引射管而将喷嘴直接安在直径 300 毫米的铁皮风筒中，分别进行了试验，以确定喷嘴的轴向安装位置对送风量的影响。试验结果见表 2。

试验表明：

（一）喷嘴在引射管中位置不同，送风量也就不同，相差可达 7—20%，其中有一最合理的位置。

（二）喷嘴结构不同，合理位置也将随之改变，且与喷射体张角有关。张角越大，合理位置越深向引射管内，反之，合理位置则向外移，有时甚至落在引射管外面（如螺旋轴向式喷嘴）。

我们分析了一下出现上述情况的原因：

图 2 甲的 2，是送风量最大时的喷嘴位置。此时，喷射体是在混合段内部遮断其断面。在此情况下，一方面，动能很大的喷射水流能和空气充分混合，因而有利于动能的传递；另一方面，在混合段中的空气已具有较大的速度，因而当喷射水流作用于空

表 1

喷嘴型式及孔径	项 目	水压(公斤/厘米 ²)						
		2	3	4	5	6	7	8
仿撫順型 φ10毫米	张角(度)	39	48.5	55	63	74	77	81.5
	射程(米)	0.12	0.35	0.63	0.90	1.16	1.24	1.37
仿撫順型 φ6毫米	张角(度)	26	29	35	36.5	38	40	43.3
	射程(米)	0.47	0.85	1.10	1.39	1.57	1.77	1.91
仿撫順型 φ5毫米	张角(度)	25	27	30	32	33	34.5	35
	射程(米)	1.09	1.30	1.62	1.75	1.98	2.03	2.29
仿撫順型 φ4毫米	张角(度)	19.5	21	22.5	24	25.5	27	27.5
	射程(米)	1.25	1.58	1.87	21	2.4	2.67	2.83
仿撫順型 φ8毫米	张角(度)	8	12	14	18	20	21	24
	射程(米)	1.26	1.87	2.03	2.40	2.65	2.99	3.29
仿撫順型 φ2毫米	张角(度)	6	11	13	15	16	16.5	16.5
	射程(米)	1.68	2.34	2.61	2.89	3.12	3.39	3.69
切向式 φ2毫米	张角(度)	12	15.5	16.5	18.5	19	20	20
	射程(米)	1.06	1.73	2.14	2.4	2.6	2.73	2.94
螺旋軸式 φ2毫米	张角(度)	7.5	11	12	13	13.5	15.5	16
	射程(米)	1.51	1.94	2.23	2.67	2.95	3.37	3.5
切槽式 φ2毫米	张角(度)	11.5	14.5	16.5	18	19	19.5	20
	射程(米)	1.24	1.50	1.72	2.15	2.68	2.93	3.23
螺旋片式 φ2毫米	张角(度)	46	—	60	66	67.5	—	69.5
	射程(米)	0.55	—	0.90	1.07	1.15	—	1.24

几种喷嘴在文特里型引射管中不同
安装位置的送风量(米³/秒) 表 2

位置 (毫米)	喷嘴 水 压	仿撫順型							切向 式	螺旋 軸 式	
		φ=6		φ=5		φ=2				5	7
		5	4	5	7	5	7				
-270	—	—	—	—	—	—	—	—	0.27	—	
-190	—	—	—	—	—	—	—	—	0.29	0.35	
-145	—	—	0.23	0.27	0.35	—	—	—	—	—	
-100	—	—	—	—	—	—	—	—	0.28	—	
0	—	—	0.24	0.28	0.35	0.25	0.28	0.35	—	—	
80	0.27	0.34	0.24	0.29	0.36	0.26	—	0.34	—	—	
270	0.28	0.35	—	0.27	0.34	0.27	—	0.33	—	—	
460	0.29	0.36	—	0.25	—	0.25	0.27	—	—	—	
650	0.29	0.36	—	0.24	—	0.26	—	—	—	—	
750	—	0.37	—	—	—	—	—	—	—	—	
840	0.30	0.36	0.22	0.23	0.28	—	0.25	—	—	—	
940	0.29	0.35	—	—	—	—	—	—	—	—	

注：負数是指在引射管外的距离。

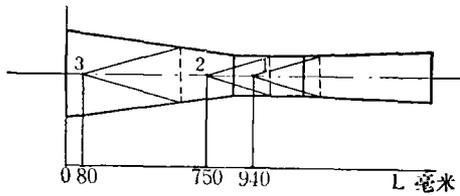
气质点所产生的冲击损失就要較小一些。所以，喷嘴在点 2 位置时，送风量最大（指仿撫順型 φ=5 的喷嘴）。

喷嘴出口断面在图中点 1 位置时，喷射体在扩展段内才能遮断引射管断面，此时水与空气固然不能充分混合，水传递给空气的动能就要减少；其次，速度未及均匀的混合体，在扩展段里由动压变为静压的过程中，还要进行速度的重新分布，因而也会伴随能量的损失；再次，由于喷射体在扩展段内才遮断引射管的断面，这样也就等于缩短了扩展段的长度，致使混合体由动压变为静压的过程不能全部完成。所有上述原因，都造成送风量的减少。

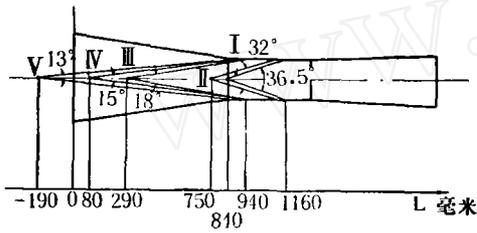
当喷嘴出口在点 3 位置时，喷射体冲击引入段管壁，造成大量的能量损失。此外，因为喷射体进入混合段时的断面大于混合段断面，这就可能将过多的、超过该水力风扇力所能及的风量送入混合段内，在混合段内可能出现流体倒流现象，造成附加的压力损失，故喷嘴在点 3 位置时，其送风量也小。

从图 2 乙中可以看出，遮断地点都落在混合段内

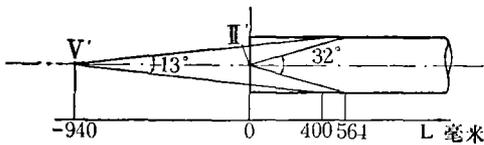
100—320 毫米范围内。这就说明，为什么随着张角的变化，喷嘴的合理安装位置移动的问题。



甲 仿抚顺型 ($\phi=5$ 毫米) 喷嘴在引射管中不同安装位置其喷射体遮断引射管断面示意



乙 喷嘴在引射管中合理位置时喷射体遮断风筒地点



丙 喷嘴在普通风筒中合理安装位置时喷射体遮断风筒地点

- I—仿抚顺型喷嘴 ($\phi=6$ 毫米)
- II、II'—仿抚顺型喷嘴 ($\phi=5$ 毫米)
- III—切向式喷嘴
- IV—仿抚顺型喷嘴 ($\phi=2$ 毫米)
- V、V'—螺旋轴式喷嘴

图 2

将图 2 丙与图 2 甲、乙比较后可以看出，不用引射管而直接用风筒 ($\phi=300$ 毫米) 作为引射管时，同类喷嘴的合理位置都较有引射管时向前移动一定距离。这种现象出现的原因，与上述有关解释雷同。用

普通风筒作引射管时，因前面缺乏起导流作用的引入段，空气入口阻力系数较大，故在其它条件相同时，风量较小。

喷嘴工作水压不同时，喷嘴在引射管中的合理位置也就变化：水压增高，喷嘴合理位置稍向内移动。这是因为喷嘴喷射体的张角随着水压的增高而增大 (表 1)。水压在 5—6 公斤/厘米² 以上时，张角增加很小，因而喷嘴合理位置的变化也就小了。常用的水压多在上述界限之上，所以当喷嘴安在合理位置之后，实际上就不必随水压的变化而进行调整。

三、用引射管和用普通风筒作引射管时的送风量测定结果见表 3。可见用引射管 (文特里管) 比用普通风筒的风量要大。

四、各类喷嘴的送风量和效率

(一) 送风量：

通过试验获知：

1. 送风量随水压的增高而增加。
2. 在其它条件相同的情况下，不同喷嘴的送风量是不同的。

在试验中发现，对同一孔径的喷嘴来说，喷射体成密集流束状的，送风量大，而喷射体呈松散状的，送风量小。同样结构的喷嘴，随孔径不同，送风量也不同。在试验中使用的仿抚顺型喷嘴，其孔径为 5 毫米时，送风量最大，大于或小于此孔径者，送风量都小。

(二) 喷嘴的引射效率：

喷嘴的引射效率，是指单位耗水量所能带动的空气量，以百分数表示。据试验获知：

1. 同结构的喷嘴，其引射效率随孔径不同而异。
2. 水压对引射效率有影响，但不显著。
3. 不同结构的喷嘴，引射效率是大不相同的。试验表明，仿抚顺型的 $\phi=2-5$ 毫米的喷嘴，

用引射管和用普通风筒作引射管时的送风量 (米³/秒)

表 3

喷 嘴	引射管型式	水压 (公斤/厘米 ²)							
		2	3	4	5	6	7	8	
仿抚顺型 $\phi=5$	普通风筒	0.18	0.25	0.29	0.34	0.38	0.41	0.45	
	文特里管	0.20	0.27	0.32	0.36	0.41	0.45	0.49	
	增加量%	11.10	8.00	10.35	5.90	7.90	9.76	8.90	
螺旋轴式	普通风筒	0.13	0.17	0.22	0.26	0.29	0.32	0.35	
	文特里管	0.14	0.19	0.24	0.29	0.32	0.35	0.38	
	增加量%	7.70	11.75	9.10	11.52	10.35	9.37	8.57	

注：试验的风筒管路全长均为 17.3 米，风筒直径为 300 毫米。

其引射率較好，其中又以 $\phi = 5$ 毫米的噴嘴送風量最大。此類噴嘴結構簡單，易于加工（如圖3）。水風扇噴嘴的工作水壓，以保持在5公斤/厘米²以上為宜。水壓高時，宜用較小孔徑的噴嘴。

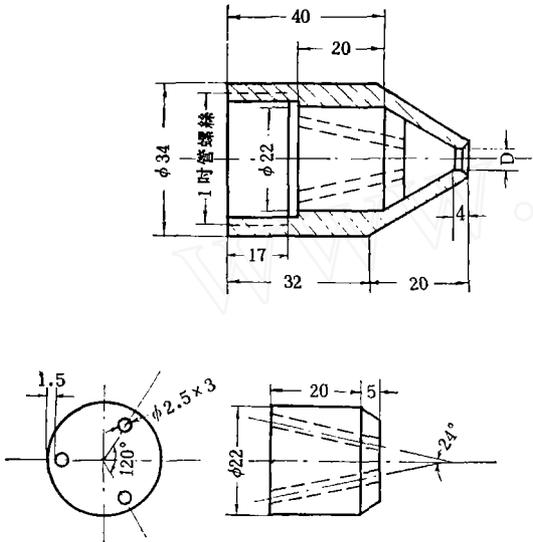


圖3 仿撫順型噴嘴（孔徑D=2—5毫米）

五、水風扇技術經濟效果

（一）配合抽出式局扇工作，使獨頭水平巷道實現了混合式通風，達到排除工作面油霧和礦塵的效果。

（二）可以代替局扇來解決短獨頭巷道及小峒室掘進時的通風問題，以及加強大峒室中空氣的攪動和擴散。

（三）製造成本低，安裝拆卸方便，工作又無噪音。

（四）節約了局扇設備和電力。

但需指出，用水風扇會帶來巷道中空氣濕度的增大，排水量也相應增加；同時，由於水風扇的通風效果與風筒直徑的大小也有很大關係，宜用大直徑風筒。例如，在試驗中用仿撫順型噴嘴（ $\phi = 2$ 毫米），在7公斤/厘米²水壓下，風筒直徑為400毫米時，其風量幾乎為直徑300毫米風筒送風量的二倍。

試驗表明，水風扇還須不斷改進，尤其對噴嘴、引射管尺寸及其配合問題，需要進一步研究，以提高通風效果。

參考文獻從略

注：此稿系根據全國金屬礦山通風防塵專題學術會議資料加以整理，未經原作者審核。

改進手輪操作盤快速導齒筒的經驗

· 貴州有色局地質勘探公司第二地質勘探隊 ·

目前許多機房使用的操作盤，在導齒筒時，速度較慢。為了克服這個缺點，我們對現有的手輪操作盤，進行了改進，效果很好。

這一改進，做法簡單，即：將靠近手輪的一端加長主動軸套，安裝彈簧，然後在手輪的輪鼓上和主動軸的軸套上安上離合爪。當需要導齒筒時，將手輪向左方推動，壓縮彈簧，使主動小齒輪與被動大齒輪脫離。此時兩個離合爪相結合，即可導杆。

改進後，導齒筒的速度提高了很多，原來需轉動手輪14圈方能導完齒筒，現在只需轉動半圈即可完成，大大減少了鑽進輔助時間。

