

一次透水事故的理论分析

储 重 苏

河北煤炭建筑工程学院

1988.1.

一次透水事故的理论分析

河北煤炭建筑工程学院 储重苏

某矿于1971年6月19日发生了透水事故，该矿透水情况如图1所示。该矿用主、付斜井开拓，由主井下去到大巷2—3，3—4为一个上坡，由4往前是独头巷道掘进工作面，有13名工人在此工作。在AP巷道上部不远处是老空区，积存大量的水，于1971年6月19日老空水突破P点，突然大量涌出，并通过联络巷AB，老空水流入大巷2—3，和主井与付井中。最后水位线是CDE，水位线高于掘进头4—5巷道8 m。掘进头中的13人生死不明。地面的人们绝大多数认为水位高出掘进头8 m，掘进头的13人肯定没有活的可能。但也有人认为13人可能还活着，有的主张从地面向掘进头打钻送气和吃的，有的主张排水，不能钻孔。于是就积极组织排水，两天过去了，但水位下降缓慢，这时有人认为即使掘进头有空气，按规程规定的通风标准，每人每分钟需 4 m^3 空气计算，掘进头的空气也消耗完了，13人肯定死了。人们排水抢险的劲头急剧下降，这时又有人说不能按每人每分钟 4 m^3 计算，13人还活着，于是立即增加排水设备，加强了排水能力，水位急剧下降，经过88小时奋战，13人安全脱险。

13人在水位高出掘进头8 m的水底下88小时，神话般的奇迹地脱险了，但却给人们留下了许多值得思考的疑问并没有解决。这些问题是：

1. 人为什么能在水位线高出8 m的掘进头活着？为什么掘进头4—5中没有水？而有空气？能不能从地面往4—5巷道打钻？

2. 空气与人的关系？人生存吸呼所需的空气量是多少？人被水堵死

在井下能活多长时间?

3. 煤矿要求的每人每分钟的供风标准 4 m^3 的理论依据?

一、人为什么能在水位线高出 8 m 的掘进头活着? 为什么掘进头 4—5 中没有水? 而有空气? 能不能从地面往 4—5 巷道打钻?

1. 人为什么能在水位线高出 8 m 的掘进头 88 小时活下来, 这表明掘进头 4—5 有空气存在, 这似乎是不可思议的, 但却是现实。其实这是可以理解的, 为了说明这个问题, 我们可以通过下边一个简单的试验来说明。如果拿一只空的茶杯, 在杯底贴一张吸水纸, 将这只杯子倒过来放入水中并淹没在水里, 然后再将杯子取出, 我们发现杯底的吸水纸仍是干的, 这是为什么呢? 这是因为杯底有空气存在, 空气占有杯底一定的空间, 水碰不到杯底, 和此例的道理一样, 如图 1 所示的当老空水突然大量涌入大巷并充满巷道全断面向前推进时, 就起到“活塞”的作用, 把巷道中的空气挤向独头巷道 4—5。而独头巷道 4—5 是封闭的, 则 4—5 充满空气, 而 4—5 段中的空气此时被压缩

水进不到

独头巷道工作面, 为 13 人生存提供了生存的最基本的条件。在上述情况下判断 13 人还活着的结论是正确的。所以说空气是人类得以生存的最基本的最重要的条件之一。据报导, 在美国有一个人为创造在水下 5 分钟不呼吸的世界记录, 让别人用绳子捆住他, 并加上石块, 然后吊入水中, 但等到 5 分钟, 将他提上来时, 他已经死了。可见空气对人的生存是多么的重要。

2. 能不能从地面往掘进头 4—5 打钻呢?

据报导, 国外某矿井曾发生过一次透水事故, 其透水情况如图 2 所示, 当巷道掘进到 D 时与水源沟通, 发生了透水事故, 井下有几个人员撤退时, 见到上山就往上跑, 误入盲上山 A—B—C 中, 透水后的水位线稳

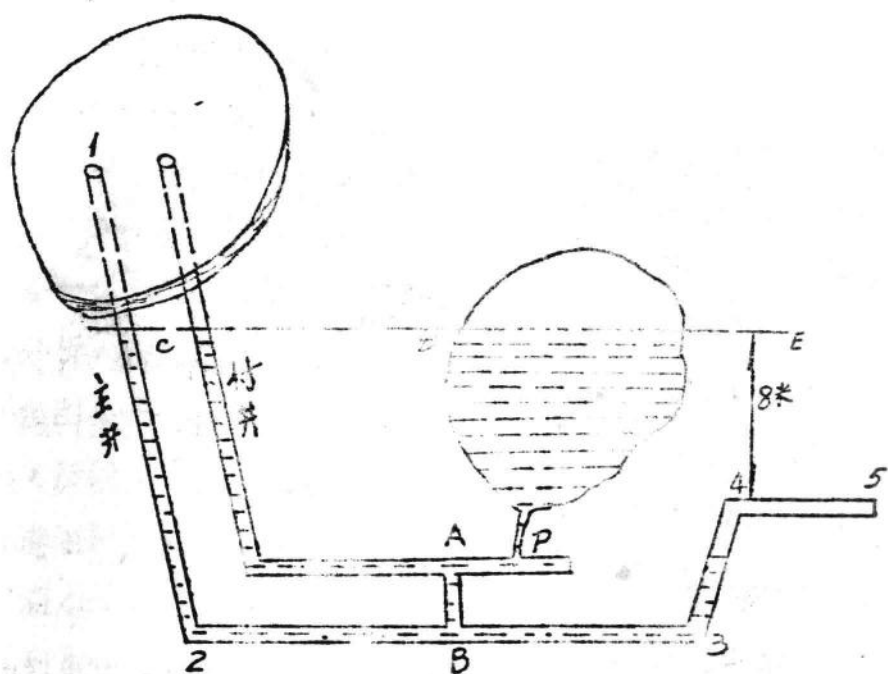


圖 1

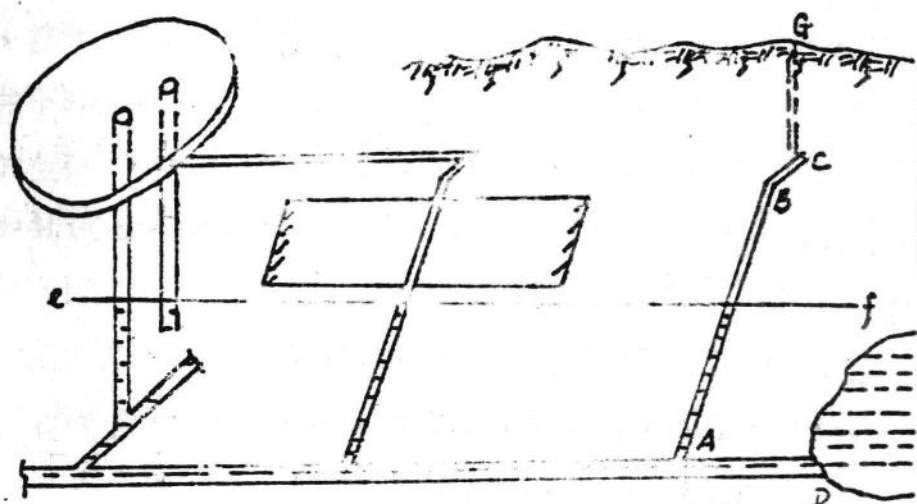


圖 2

定在 t_f 位置。当时地面人员分析这几个人可能被水堵在盲上山 BC 位置中，于是组织力量排水抢救，但水位下降极慢，后认为靠排水来不及抢救他们，因而决定从地面 G 打钻孔，通过钻孔给他们送入空气和食物，并送进了电话和他们联系，经过积极排水，这几个人全部安全救出。

那么，如在图 1 的条件下，受图 2 透水例子的启发，能不能从地面打钻到 4—5 独头巷道呢？这就需要具体情况具体分析，根据图 1 所示的情况分析，其结论是不能。道理也很简单，水位线虽高出 4—5 巷道 8 m，但因 4—5 巷道中有空气，4—5 又是封闭的空间，其中的空气跑不掉，所以水不能涌入 4—5 巷道。如从地面打钻孔沟通 4—5，则 4—5 巷道就不是封闭空间，4—5 巷道中的空气则从钻孔中跑掉，水随即充满 4—5 巷道，13 人就失去生存的起码条件。所以如果从地面打钻孔到 4—5 巷道，就必然造成 13 人死亡。因此说如图 1 所示的遇难人员在水位线以下时绝不能从地面打钻孔与井下人员所在地沟通；如图 2 所示，遇难人员在透水后的水位线以上时，可以从地面打钻孔和遇难者所在地沟通。

二、空气与人的关系？人生存所必须的呼吸空气量是多少？人若被水堵在井下时最多能活多长时间？

人的生存不能没有空气，这是众所皆知的普通常识，人是依靠呼吸空气中的氧 (O_2) 来维持生命的，据医学报导，人停止呼吸时，应立即进行抢救，因为人的大脑缺氧时间如超过 7 分钟，即使救活也是痴呆。所以空气是人类生存的最基本的条件之一。

地面空气是由下列各种气体按体积的百分比所组成的混合物：

~ ~ ~

即：
 O_2 20.95 %
 N_2 79.00 %
 CO_2 0.04 %

还有少量的尘埃、水蒸气。

为保证井下工人的健康，井下空气按规程要求：“在采掘工作面的进风流中，按体积计算，氧气不得低于20%。”因为空气中含氧量下降，对人体产生不良影响：〔4，5〕

1. 当 O_2 的含量降到17%时，如人处于静止状态下，尚不会导致危险作用，但若在此条件下工作，就会产生气喘，呼吸困难和心跳的现象；

2 当 O_2 含量降至15%时，产生人体缺氧现象，呼吸及脉搏跳动急促，意识力明显减退，并失去劳动能力；

3 当 O_2 的含量降至10~12%时。人失去理智，时间长了就有生命危险，当 O_2 ==10%时，人不能活到30分钟。

4. 当 O_2 的含量降至8~10%，人失去知觉，呼吸停止，当 O_2 ==6%时，呼吸停止，心脏在几分钟内尚能跳动，若及时进行人工呼吸予以抢救，还有可能救活。

为了确保矿工们的身体健康，为了给矿工创造有近似地面的良好的气候条件，所以我国《规程》中规定：“在总进风和采掘工作面进风中，按体积计算：氧气不得低于20%。

一般说，一个人在休息的时候，平均每分钟所需要的氧气量不少于0.25升；在进行工作或行走时平均每分钟需要的氧气量为1~3升。
 〔1.15〕

据资料记载：透水后被水堵在井下的遇难人员只要有足够的空气，靠喝水和本身体内的储存来维持生命。可达几十天。（2，71）

例如：1）山西晋城北西煤矿于1981年12月18日早班发生透水事故，两名职工在井下生存16天。

2. 山东省章丘县埠林公社埠西大队煤矿的两名工人在井下仅喝水生存23天后被救出安全脱险。

3. 湖南省辰溪惠民煤矿公司于1948年9月16日透水后，韩忠均等三名矿工，被水堵死在井下32天后被救出安全脱险。

三、煤矿要求每人每分钟供给风量不得小于 4 m^3 的理论依据。

为了说明问题，需要引入一个“呼吸系数”的概念。何谓“呼吸系数”：即人所呼出的二氧化碳量（按体积计）与吸入的氧量，（按体积计）之比。呼吸系数以 $K_{\text{呼}}$ 表示。

$$K_{\text{呼}} = \frac{\text{呼出的 } \text{CO}_2}{\text{吸入的 } \text{O}_2} \dots\dots (1)$$

一般情况下， $K_{\text{呼}} = 0.3 \sim 0.9$ ，但是，在剧烈运动或做繁重体力劳动时， $K_{\text{呼}}$ 也可能大于1。（1，13）

例如：吸入的空气成分（按体积计）为：

$$\text{O}_2 = 20.93\%, \text{N}_2 = 79.04\%, \text{CO}_2 = 0.03\%;$$

呼出的空气成分（按体积计）为：

$$\text{O}_2 = 16.6\%, \text{N}_2 = 79.16\%, \text{CO}_2 = 4.24\%$$

故可知，呼出的空气成分为， CO_2 增加量为4.21%；而 O_2 则减少4.33%。

所以，呼吸系数为

$$K_{\text{呼}} = \frac{4.21}{4.33} = 0.972$$

由地面空气成份中知道，每100份空气中有20.96份氧气。如已知在工作时，每人每分钟需氧量为 $O_2 = 3$ 升/分，问折合空气为若干？

设：在工作时，每人每分钟所需的空气量为 x 升/分，

$$\text{则： } 20.96 : 100 = 3 : x \quad \dots\dots (2)$$

$$\therefore x = \frac{3 \times 100}{20.96} = 14.31 \text{ (升/分)}$$

若已知呼吸系数 $K_{\text{呼}} = 1$ 时，则呼出后的废气量即等于14.31升/分。

井下虽有人呼出的，煤层中逸放出的，以及坑木等有机物氧化产生的废气，但必须保证满足“总进风和采掘工作面进风中按体积计算：氧气不得低于20%”的要求。

现设井下空气中按体积计算，保证 $O_2 = 20\%$ 时，空气中含有的废气量为 $Z\%$ ，则新鲜空气必为 $(100 - Z)\%$ ，就可列下式，求得 Z 值。

$$\text{即： } 20.96 : 100 = 20 : (100 - Z) \quad \dots\dots (3)$$

$$\therefore Z = 4.58 (\%)$$

此式计算结果表明：只有当井下空气中的废气量不超过4.58%时，才能保证井下空气中的含氧量不小于20%。

如仅仅考虑人员呼吸排出的废气量14.31升/分就使得废气浓度达到4.58%时（即保证 $O_2 \geq 20\%$ ），所需要的新鲜空气（ A ），可由下列比例式求得

$$100 : 4.58 = A : 14.31$$

$$\therefore A = 313 \text{ (升/分)} = 0.313 \text{ 米}^3 \text{ /分}$$

此计算表明：按人员呼吸，仅仅需要 $0.313 \text{ m}^3/\text{分}$ 的空气即能保证井下空气中含氧量不少于 20% 。但据统计资料表明：人员呼吸所消耗的 O_2 量，仅仅占井下总的耗 O_2 量的 $6 \sim 10\%$ ，平均为 8% 。

故可通过下式求得总的空气量（ B ）米/分，

$$8 : 100 = 0.313 : B \dots\dots (5)$$

$$\therefore B = 391 (\text{米}^3/\text{分}) \approx 4 (\text{米}^3/\text{分})$$

表明井下每人每分钟需风量为 4 m^3 ，是以人在劳动时，每人每分钟需氧 3 升计的，合 $0.313 \text{ m}^3/\text{分}$ 空气量。而被水堵在井下的人员呼吸是处于静止休息状态，故只需 0.25 升/分的氧量，合计为 $0.026 \text{ m}^3/\text{分}$ 的空气量。因而当井下发生透水后，估算井下被水堵住的人员可活多少天时，可按下列法计算：

例如：图 1 所示的：已知 $B-3-4-5$ 长 500 m ，巷道断面为 6 m^2 ，则有空气量 $6 \times 500 = 3000 \text{ m}^3$ ，每人每分钟呼吸需空气量为： 0.026 m^3 ；每人每小时呼吸需空气量为： 1.56 m^3 ；每小时， 13 人共需空气量为： 20.28 m^3 ；每天 13 人共需空气量为： 486.72 m^3 。独头巷容纳的空气量可供 13 人呼吸用的小时数为 $3000 \div 20.28 = 147.93$ 小时。

四、结论

井下发生透水事故时，能否根据不同的具体情况作出正确的判断，关系到井下遇难人员能否得救。

1. 井下需每人每分钟 4 m^3 空气量是煤矿井下的供风标准，而不是每人呼吸所需的空气量；每人呼吸所需的空气量为 $0.313 \text{ m}^3/\text{分}$ 。

2. 井下发生透水事故后，如井下人员没有全部撤出地面，应根据具体情况进行分析判断井下人员有无生存的基本条件，积极组织抢救，而

不能轻易地判定人员已死亡。

3. 井下发生透水事故后，如判断井下人员的位置在透水后的水位线以上时，可以从地面向井下人员所在处打钻孔送氧及食物，并积极组织力量排水进行抢救。

4. 井下发生透水事故后，如判断井下人员的位置在透水后的水位线以下时，绝对禁止从地面往井下人员所在地打钻孔，否则将促使井下遇难人员的死亡。

参 考 资 料

1. 《矿内通风学》 苏·A·A·斯阔成斯基等著
煤炭工业出版社 1958年版
2. 《矿井水灾的预防与抢救》 王道清 贾其文编 1983年6月
3. 《矿井通风》 黄元平主编
中国矿院出版社 1986年
4. 《矿井通风》 苏·A·A·哈廖夫讲稿
东北工学院 1956年

