

第五章 阵地卫生

阵地(battle field)系指战时部队在进攻战斗或防御战斗而预先构筑工事的作战地区。为了有利于打击和消灭敌人,保存自己,取得战斗胜利,通常在前沿阵地构筑露天的和掩蔽式的防御工事,防御工事有永备工事和野战工事,是部队用以防护武器杀伤的战斗工事,也是防御不良气候侵袭的临时居住场所。掩蔽式防御工事有坑道、永久性碉堡、避弹所、指挥所、救护所等;露天式防御工事有散兵壕、堑壕、交通壕及简单掩体等。

战时由于任务紧迫,战斗频繁,条件较差,历次战争造成非战斗减员,削弱战斗力的事例颇多。为了保障战争胜利,做好前沿阵地的卫生工作是非常重要的。阵地卫生工作的基本任务就是研究和评价阵地环境中各种有害因素对人员身体健康的影响,采取积极地防治措施,改善生存条件,预防和控制疾病的发生和流行,提高部队人员的健康水平、增强部队战斗力,保证各项战斗任务的完成。

第一节 坑道进驻卫生

坑道(tunnel)是反侵略战争中有利于杀伤敌人、便于保存自己的永久性工事。它不仅是战斗、训练的场所,也是参战部队日常生活、宿营之处。坑道被覆严密坚固,即可防护常规武器对人体的损伤,又能有效地防护核化生武器的袭击。由于坑道穿入山腹、深入地下,周围岩石与土壤形成的围护结构,使密闭坑道的内部气温稳定,冬暖夏凉。

由于坑道结构的特点,容积有限,通风不良,部队的一切活动都必须在这有限的空间内进行,因此带来一系列卫生问题。如空气的污染、潮湿、照明不足、供水困难、食品容易变质、粪污处理不便等,在进驻期间必须根据坑道的环境特点,采取相应的措施,以保证指战员的健康和旺盛的战斗力。

进驻坑道卫生工作的主要任务是熟悉坑道环境的特点,握坑道内部微小气候及空气成分变化的基本规律及其对人体的影响。采取相应的措施,做好坑道内除湿防潮,进行有效的通风及空气再生工作;为满足进驻人员在工作、战斗与生活上基本需要;做好坑道内贮水与贮粮工作,对给水与营养进行卫生监督;合理选择和配置坑道内照明光源;对坑道内污物粪便进行妥善处理,防止对坑道内空气的污染;卫生管理制度;做好工事内发射火炮时的卫生防护工作,减少和消除火炮射击时产生的噪声、硝烟及粉尘对坑道内的污染。

一、坑道内部结构与微小气候特点

(一) 坑道的结构

坑道的结构通常分为主体与头部两大部分。主体是坑道的主要部分,包括房间和通道。头部分为头部工事与颈部。头部工事包括出入口、火力点、观察所等;颈部是头部工事和坑道主体的连接部分。

坑道内通常筑成若干弯曲部分,如有3个以上出入口时,就产生坑道分支。根据分支长短和作用不同,又分为主坑道和支坑道。在一条坑道内,筑有许多房间,房间配置有办公室、休息室、电台间、动力间、储藏室、贮水库、坑道内厨房、厕所等。通道则是各房间及坑道头部之间的联络通道。

为了防护核化生武器的袭击,在坑道入口必须设有消波室、滤毒通风装置,以防止和消除冲击波和滤除有害物质和洗消间,在外界染毒情况下,对进驻人员进行洗消时使用。

(二) 坑道内的微小气候

坑道内的微小气候的状况，主要取决于所处的地理位置，构筑深度以及当地的地质等条件。外界气候的变化，虽可产生一定影响，但作用甚小。

1. 坑道内温度

无人进驻的备用坑道，当密闭门长期处于关门时，内部气温基本上维持在一个较为稳定的水平，不受或很少受外界气温的影响。华北某地，当外界气温一年四季变动于 $-7\sim 22^{\circ}\text{C}$ ，相差 29°C 时，备用坑道内的气温始终保持在 $12\sim 13^{\circ}\text{C}$ ，相差仅为 1°C 。南方某地，当外界气温一年四季变动于 $14\sim 28.3^{\circ}\text{C}$ ，相差 14.3°C 时，备用坑道内气温则保持在 $20.8\sim 24.1^{\circ}\text{C}$ ，相差为 3.3°C 。坑道内气温高低是与同等深度的土壤温度有密切的关系。土壤温度随深度不同而不同。坑道深度越深，土壤温度变化越小；地下 1m 左右时的土壤温度一天的变动很少。地下 $15\sim 30\text{m}$ 时，长期处于密闭而又无人居住的备用坑道，尽管外界气温不断变化，而坑道内气温一年则能保持在一个较为恒定的水平。夏季坑道内气温低于外界，冬季则又高于外界，所以当人员进入坑道之后，有冬暖夏凉的感觉。

有人进驻时坑道气温的变化与进驻人员的多少及通风量的大小有关。一般情况下，进入的人数越多或通风量越小，气温上升越高；当有人进驻后，以每人 $10\text{m}^3/\text{h}$ 以下的通风量进行机械通风时，在 $1\sim 2\text{h}$ 内坑道内气温迅速上升，以后变为徐缓，经 $5\sim 6\text{h}$ 之后则逐渐趋于稳定。北方坑道在冬季可稳定于 $14\sim 15^{\circ}\text{C}$ ；南方坑道即使在夏季也可稳定于 $28\sim 29^{\circ}\text{C}$ 。

坑道内气温上升的主要原因，除了机械运转发生热能以外，主要是人体所放散的热量。据报导，工事内人员每人每小时的散热量：安静状态为 209.2J ，脑力劳动为 $313.8\sim 418.4\text{J}$ ，不同强度的体力劳动为 $836.8\sim 1255.2\text{J}$ 。此外，人体散热与四周环境有一定关系，当环境温度在 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间时，人体产热、散热基本是平衡的，但在低于 15°C 或高于 35°C 时，人体产热或散热将要增加。正因为人体散热是造成坑道内气温上升的主要来源，因而当坑道各区域的人员分布不均衡时，气温也就有高有低。一般情况下房间内的人数多于通道，故房间温度比通道约高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。

温度的卫生学标准：居住环境的合适温度为 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，室温超过 25°C 时则有热感；低于 14°C 时则有冷感。我军从实际出发制定的坑道内温度卫生学标准为 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，冬季北方地区坑道最低限值为 13°C ，夏季南方地区坑道最高限值为 32°C 。以此标准衡量，不论是南方或北方，也不论夏季或冬季，坑道内的实际温度作为战时生活环境仍是比较合适的。对某些特殊用途的坑道内部温度应保持在 $18\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，卫生坑道中手术室、绷带交换室、抗休克室、消毒室等应为 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。因而要根据具体情况，考虑采取升温措施，以保证达到规定的温度标准。

2. 坑道内湿度

无人居住的备用坑道，内部潮湿的高低因坑道所处的地区及季节的不同而有差异，特别是与坑道口是否密闭关系密切。南方沿海坑道，在无人居住且长期处于密闭时，内部相对湿度为 $93\%\sim 99\%$ ，相差 6% ；北方坑道密闭门长期敞开时，内部相对湿度10月份可达 100% ，1月份约 60% ，相差为 40% 。可见南方坑道相对湿度高，长期密闭，变化不大；北方坑道湿度低于南方，如密闭门长期敞开，坑道内湿度年变化十分悬殊。

有人居住的坑道，内部湿度的高低依进入人数及通风情况的不同而有所差别，与进驻前的湿度也有密切关系。冬季北方坑道，进驻前平均相对湿度为 63% ，进驻后，以每人 $7\text{m}^3/\text{h}$ 以下的风量进行通风时，经 6h 后，基本稳定于 $85\%\sim$

87%之间，比进驻前平均增加了 22%~24%；夏季南方坑道，进驻前平均相对湿度为 96%，虽然也以每人 7 m³/h 以下的风量进行通风，始终维持在 96%。坑道内的湿度不会再有多大变化。

湿度的卫生学标准：在通常温度下，居室内相对湿度 35%~65% 的范围对人体有良好的作用。然而相对湿度的卫生标准与温度有着密切关系。温度高时，适宜的湿度要求应该小；温度低时，适宜的湿度要求应该大。如气温在 24℃ 时，适宜的相对湿度应为 40%；气温在 21~23℃ 时，适宜的相对湿度为 50%；气温在 18~20℃ 时，适宜的相对湿度应为 60%。所以相对湿度的卫生学标准应为 40%~60%。冬季最小限度为 35%，夏季最大限度为 65%，如果低于 30%，人员则有干燥感，高于 70% 则有潮湿感。以地面建筑物的湿度标准来要求坑道地下环境是不现实的。我军多次试验提出的坑道内相对湿度卫生标准 40%~85%，冬季北方地区坑道最低限值为 35%，夏季南方地区坑道最高限值为 90%。

3. 坑道内风速

自然通风时，坑道内风速的大小，取决于坑道本身的结构(包括坑道的长短和各出入口的分布位置)及外界气流(包括风速与风向)等条件。当外界风速在 1.0~1.6m/s 的情况下，有 4 个开口的坑道，在防护门全部敞开时，坑道内形成较大的“穿堂风”，走廊中央高 1m 处的风速达 1.7m/s，直到深入内部 50m 处风速也未见减弱。然而在两条同样有 3 个开口的坑道，由于一条是“Y”字开口的坑道，气流畅通，内部风速为 0.42~0.59m/s；另一条是“T”形开口，气流不畅，内部风速仅为 0.19~0.33m/s。两者相差 1 倍左右。由此可见，坑道开口的多少及其分布位置对坑道内部气流的形成影响很大。

坑道处于机械通风时，内部风速的大小及其分布情况与通风量及通风方式直接有关。在以每人 3m³/h 有管道通风时，坑道内各点风速平均为 0.2~0.5m/s。同样在以每人 3m³/h 的风量进行无管道通风时，坑道内平均风速一般都在 0.15m/s 以下，最高也不超过 0.53m/s。然而在无管道通风，风量加大到每人 7m³/h 时，则坑道内各测定点的风速与进风口的距离远近而有所不同。距进风口 1m 处为 2.2m/s；10m 处为 0.76m/s；30m 处为 0.14m/s。

风速的卫生学标准：室外的风速在 0~0.2m/s 时，在门窗关闭的居室内，风速低于 0.3~0.4m/s 时，感觉不到有风；风速从 0.5m/s 起，就开始明显地影响人的体温调节和主观感觉。对于居室的风速，一般要求气流有微小的流动，但又不为人所感觉。这个风速的范围为 0.2~0.4m/s，大于 0.5m/s 就不大舒适。从我军实际情况出发，参考地面建筑物的有关标准，坑道内的适宜风速为 0.2~0.5m/s，冬季北方地区坑道最低限值为 0.1m/s，夏季南方地区坑道最高限值为 0.6m/s。以此标准来衡量，无论是自然通风或是有管道及无管道机械通风，坑道内的风速在绝大多数情况下，对人体来说都是适宜的。

二、坑道空气污染与防护措施

(一) 坑道空气污染的来源

当坑道内居住人员多又通风不良时，人们的活动、呼吸、出汗散热等使空气理化性质改变。在自然通风条件下，无论是严寒的北方、酷热的南方，或是气候比较适宜的沿海坑道，坑道内二氧化碳浓度最高也不超过 0.3%~0.4%，而且绝大多数都在 0.1% 以下。但是密闭不通风的坑道内二氧化碳浓度可迅速上升。其上升速度与密闭时间、每人所占的空气容积、人员活动状态等有密切关系。1959

年我军三个地区所做的密闭试验表明：当每人所占容积为 5、3、2m³，每小时二氧化碳上升速度分别为 0.360%~0.380%，0.600%~0.714%及 1.116%~1.430% (表 5—1)。

表 5—1 坑道密闭二氧化碳浓度变化情况

容积 (m ³ / 人)	密闭时间 (时·分)	二氧化碳浓度 (%)		
		密闭起始	密闭终止	每小时上升浓度
8	24.00	0.178	4.96	0.199
6	20.00	0.290	5.25	0.248
5	12.30	0.350	5.10	0.380
5	13.00	0.060	4.71	0.360
3	7.30	0.020	5.60	0.714
3	8.00	0.090	4.82	0.600
2	4.30	0.030	5.32	1.116
2	3.30	0.050	5.08	1.430
1.5	3.30	0.360	5.40	1.439

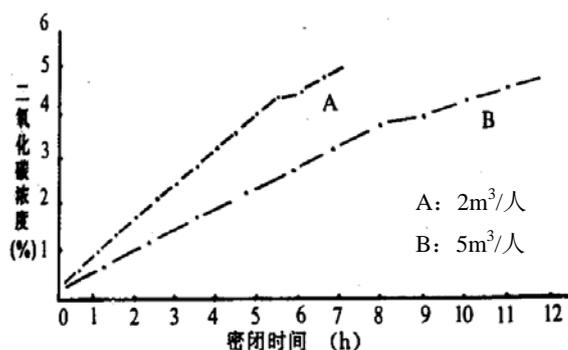


图 5—1 密闭坑道内二氧化碳浓度变化情况

试验发现，坑道内二氧化碳浓度上升的规律，在密闭最初几小时内基本上是直线上升，经过一定时间，二氧化碳浓度上升到一定水平之后，上升幅度渐趋徐缓 (图 5—1)。

二氧化碳浓度上升幅度减慢的原因，一是由于二氧化碳分压的增加，使二氧化碳的自然损耗增加；二是由于二氧化碳浓度

增加，使人员负担逐渐加重而减轻了活动，排出二氧化碳量减少。如当二氧化碳浓度在 3% 以下时，每人二氧化碳排出量为 16.5~19.5L/h，二氧化碳浓度达到 4% 时，二氧化碳排出量则降为 15.0~15.8L/h。

坑道内二氧化碳浓度上升同时氧浓度也下降。两者呈负相关。如在每人占有 5m³ 密闭试验中，坑道内二氧化碳浓度每小时上升 0.389%，同时氧浓度每小时下降 0.385% (图 5—2)。

坑道内二氧化碳浓度升高除了人员呼出外还与点燃性光源 (如蜡烛、煤油灯等) 多少有关。一支点燃性光源所消耗的氧气和所产生二氧化碳大体上和一个人的呼出二氧化碳量相近。

人员进驻坑道后，除二氧化碳浓度上升外，空气细菌数明显升高。上呼吸道感染的患病率也增高。据调查，某部进驻坑道后的感冒与支气管炎发病率比在坑道外要高出 3 倍。根据调

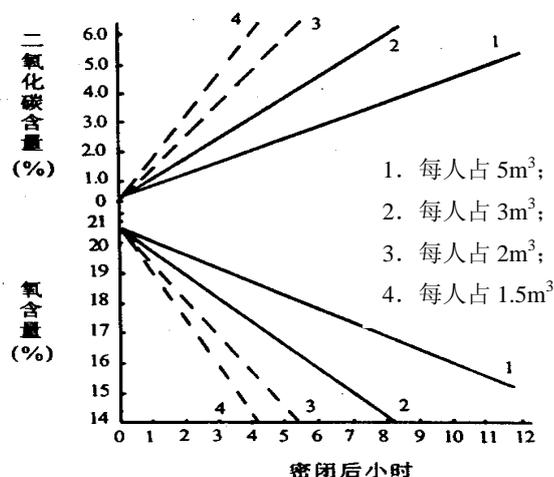


图 5—2 坑道密闭时二氧化碳与氧浓度变化

查密闭坑道与居民的居室比较,平均每人容积相同,但是细菌总数前者比后者高出 11.26 倍,链球菌高出 3.4 倍(表 5—2)。调查表明坑道内细菌总数与链球菌、金黄色葡萄球菌、霉菌数完全呈正相关,与二氧化碳浓度,可吸入颗粒物也明显相关。细菌总数是判断空气清洁程度和生物性污染程度的重要指标,根据我军坑道的实际情况规定,平时坑道细菌总数限值为 5000 个/m³,战时为 7000 个/m³。

人员进驻坑道后,除了二氧化碳浓度增高,细菌总数增加外,空气的理化性质也发生明显变化,温度升高,湿度增加,由于人体

的皮脂腺分泌产生挥发性脂肪酸等,

表 5—2 坑道与居室空气细菌

总数比较

增加坑道内不良气味。在污染空气的诸因素中,从卫生学观点来看,影响范围最为广泛,对人体危害最大的是二氧化碳,因为二氧化碳浓度的增高,显示了氧含量的降低,细菌总数的增加,空气理化性质变化坏,故通常都以二氧化碳浓度做为判定坑道内空气污染的指标。

观察点	平均每 人容积 (m ³)	细菌总 数(个/ m ³)	溶血性链球 菌数(个/ m ³)
密闭坑道	10	41176	628
居室	10	3658	180
相差倍数		11.26	3.4

此外还有有害气体的污染,坑道内使用的点燃性光源照明、内燃机发电、烹调以及枪炮发射等,能产生大量的有害气体,如一氧化碳,主要来自动力间的柴油机运转、炊事加热烹调,点燃性光源照明的烟尘以及人员的吸烟。坑道内对一氧化碳的限值平时为 10mg/m³,战时为 15mg/m³。

(二)、坑道内二氧化碳对机体影响及其限值

关于密闭坑道内二氧化碳最高限值问题,国外曾用密闭舱进行了人体试验,当二氧化碳含量为 2%~2.5%时,人体无异常生理现象;二氧化碳含量达 4%时,呼吸强度增加,心率加快,劳动能力下降;二氧化碳上升到 5%,气促增剧,兼有气喘,心率加快加剧,代谢提高,劳动能力下降,体力负荷时感到十分明显的疲乏,有时出现多汗、心悸、头晕、耳鸣;二氧化碳浓度达 6%时,从气促逐渐发展为精神淡漠,明显疲乏,不能做轻劳动,同时见到面红、脉搏徐缓,心悸,头晕头痛;二氧化碳浓度达 7%时,人员不能控制自己的行动。因而认为,人体耐受二氧化碳浓度的极限为 6.55%。

正常空气中二氧化碳浓度为 0.03%~0.04%,国家规定公共场所二氧化碳浓度的卫生标准是 0.1%。由于战时各方面条件的限制,根据我军各地区多年实验结果规定密闭坑道通风条件下长时间停留(居住)二氧化碳容许浓度为 1%;战时坑道密闭不能通风情况下,安静生活时可耐受的二氧化碳浓度限值为 3%;当坑道密闭而无法使空气再生,由于战斗上要求,在不活动暂时停留的情况下,可耐受的二氧化碳浓度极限为 5%(表 5—3)。

表 5—3 坑道内二氧化碳浓度限值

任务性质	二氧化碳浓度限值 (%)
卫生、指挥、通讯枢纽坑道	0.5
健康人长期居住	1.0
密闭条件下人员安静生活	3.0
密闭条件下不活动暂时停留	5.0

国内多年来研究证明，当坑道内二氧化碳浓度在 1% 时，人员生理反应没有明显改变，人员在主观上也没有任何不舒适的感觉，通讯坑道内人员的收发报速度和准确程度皆无异常改变。指挥坑道内人员在二氧化碳浓度 1% 的条件下最长停留 30h，仍能坚持正常工作；甚至在含有 1% 二氧化碳

的环境中连续停留 30 个昼夜，人员的基本工作能力和基本生理机能均没有产生明显改变，人体钙磷代谢和血中酸碱平衡基本上也正常。据此，健康人长期居住的坑道内二氧化碳浓度的卫生标准定为 1% 是安全可靠的。

当坑道内二氧化碳浓度在 3% 以下时，人员的生理机能的变化比较平稳，但在超过这个水平时，呼吸机能的变化幅度明显增大。呼吸频率比正常值增加 25%，呼吸深度增加 50%，肺通气量增加 80% 以上，而且呼气性闭气时间缩短，血压略有升高，脉搏加快，反应精神疲劳的指标—运动反射潜伏期明显延长，坑道内有半数以上的人产生了气喘和头痛等不舒适感觉，尽管如此，对部队战斗力并无影响；密闭时的不舒适感在退出坑道后 10min 内自行消失。据此，当坑道处于密闭不通风时，人员安静生活，二氧化碳浓度的限值为 3%，这个浓度也可称为“生理上限”或“安全上限”。

当二氧化碳浓度达到 5% 时，人体生理机能反应较前加剧，此时，呼吸频率比正常值增加了 50%，呼吸深度增加了 136%，肺通气量增加了 250% 以上。运动反射潜伏期更加延长，平衡运动欠佳，注意力不集中；特别是由于高浓度的二氧化碳对呼吸中枢的刺激，使得呼吸频率明显增加，呼吸深度更加浅表，因而几乎所有的人员主观上都感到气短，客观上都出现了严重的气喘现象。然而这些现象在一旦退出坑道大约 10min 之后，除肺通气量仍比进驻坑道前略有增加外，其它指标都很快恢复到正常水平，不致给人体健康带来明显危害。但是，当二氧化碳浓度达 5%、氧浓度约为 15% 时，密闭解除后观察战术动作，少数人通过独木桥和布雷区时，躯体摇摆不稳，个别人误入已标志的布雷区。因此认为二氧化碳浓度最高限值 5% 可称为“生理极限”或“耐受上限”。

(三) 坑道内二氧化碳浓度的判断

二氧化碳浓度的判断，通常用经验判断法，简易测定法和仪器分析法。

1. 经验判断法

根据点燃性光源的燃烧情况和人群的感觉经验估量二氧化碳浓度。二氧化碳浓度为 1%~1.5% 时，蜡烛、油灯能点燃，火柴可划着；2%~2.5% 时，蜡烛、煤油灯自行熄灭，火柴划不着；3% 时，有部分人气喘，呼吸加深，工作效果下降。

2. 简易测定法

利用中和法测定坑道内和坑道外空气中的二氧化碳浓度，以其比值计算坑道内的浓度。

$$\text{坑道内二氧化碳浓度 (\%)} = \frac{\text{所用新鲜空气量 (ml)}}{\text{所用坑道内空气量 (ml)}} \times 0.03$$

3. 红外线二氧化碳测定仪：现场检测或采样送检。

(四) 人员在密闭坑道内可停留时间的估计

人员进驻密闭坑道内,可停留时间取决于每人所占容积、人员活动状态及点燃性光源的多少,其中每人占有容积大小是决定停留时间长短的主要因素。判断密闭坑道人员可停留时间的方法如下:

1. 估量法

根据坑道部队实际经验,可简单估量可停留时间。其方法是用从坑道密闭开始到点燃煤油灯或蜡烛自行熄灭为止的时间再乘以2,即为可停留时间。如密闭8h后点燃性光源熄灭,此时空气中二氧化碳浓度为2.5%,再继续密闭8h,二氧化碳浓度可达5%,合计可停留时间为16h。

2. 计算法

人员在密闭坑道内可停留时间可按二氧化碳最高限值,每人每小时呼出二氧化碳量(含点燃性光源数)、每人平均所占容积进行计算。

$$T = \frac{V}{n} \times \frac{C - C_1}{E}$$

注: T=可停留时间(h); V=坑道容积(m³)

n=坑道内人员数(如有点燃性光源,每个光源折算为一个人。因为每支点燃性光

源点燃时每小时所产生二氧化碳量与每人每小时呼出量相似)。

C=二氧化碳最高限值(3%或5%)

C₁=坑道内原有二氧化碳浓度(通常可以忽略不计)

E=每人每小时二氧化碳排出量(每人呼出二氧化碳以20L/h计算
---0.02 m³)

如以二氧化碳浓度3%为退出坑道的指标则:

$$T = \frac{V}{n} \times \frac{0.03 - 0}{0.02}$$

简化计算则 T=(V/n)×1.5

如以二氧化碳浓度5%为退出坑道的指标则:

$$T = \frac{V}{n} \times \frac{0.05 - 0}{0.02}$$

简化计算则 T=(V/n)×2.5

3. 查表法

根据上述公式,在每人不同容积的情况下,要求坑道内二氧化碳度分别达到一般耐受限值(3%)和最高限值(5%)退出坑道时,可以利用事先制好的表,查出人员在坑道内一般的和最长的时间(表5—4)。

表5—4 人员在密闭坑道内可停留时间计算表

占有容积 (m ³)	一般停留 时间(h)	最长停留 时间(h)	占有容积 (m ³)	一般停留 时间(h)	最长停留 时间(h)
1	1.5	2.5	11	16.5	27.5
2	3.0	5.0	12	18.0	30.0
3	4.5	7.5	13	19.5	32.5
4	6.0	10.0	14	21.0	35.0
5	7.5	12.5	15	22.5	37.5
6	9.0	15.0	16	24.0	40.0
7	10.5	17.5	17	25.5	42.5
8	12.0	20.0	18	27.0	45.0
9	13.5	22.5	19	28.5	47.5
10	15.0	25.0	20	30.0	50.0

4. 查图法

该推算图也是根据公式计算而来。具体运用的方法是，先从横座标上找到每人占有容积数，从引点垂直向上与要求达到的二氧化碳容许浓度标准线相交，然后从相交的点的平行引向纵座标，即可得停留时间(图 5—3)。

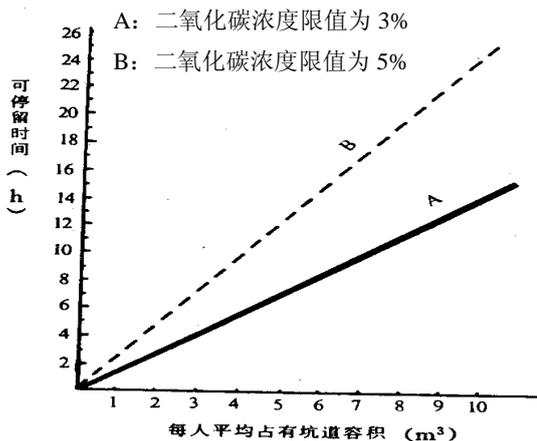


图 5—3 人员在密闭坑道内可停留时间推算图

(五)、消除坑道空气污染的卫生措施。

根据坑道污染的原因，一般采取通风换气，空气再生和加强坑道行政管理等措施，消除坑道空气的污染。

1. 通风换气

通风是排除坑道内空气污要手段。在不密闭的情况下，可借助各坑道口之间的风压及坑道内外温差进行自然通风，坑道两端高度差愈大，空气流动愈快，而造成的气压差也愈大。坑道内外温差在冬夏两季较大，春秋两季较小。

良好的自然通风，可使空气中二氧化碳浓度降低到 0.2%~0.4%左右。在坑道密闭时，必须采用机械通风，将外界新鲜空气输入坑道。当遭到敌人核化生武器袭击的条件下，外界空气受到污染，此时可采取以下两种方法净化空气：

- (1) (1) 使外界空气经过消波装置，再经过过滤吸收装置，然后送入坑道。亦可用自制“简易空气净化装置”(图 5—4)，外界空气经过净化后进入坑道。同时打开坑道出气孔，保持气压平衡。

5—4 简易空气净化装置示意图

(2) 三防战争条件下，为减少外界空气进入坑道，还可利用坑道内回程空气，称为“密闭循环通风”。其过程概略示图如图 5—5。

关于通风量的标准，外界空气新鲜时，指挥与连营屯兵坑道通风量要高些；外界空气受到污染时，空气需经过滤毒，通风量可低些。我军各级坑道的最高通风量

标准如(表 5—5)。

图 5-5 密闭循环通风示意图

对于战区前沿屯兵坑道根据我军历次实验结果认为,既要保障指战员身体健康出发,又要考虑减轻坑道设备的负荷屯兵,坑道清洁式通风时适宜通风量为 6~7m³/人·h,最低限值为 5m³/人·h;滤毒式通风时适宜通风量为 4~5 m³/人·h,最低限值为 3m³/人·h。

表 5-5 我军各级坑道通风量最高设计标准

坑道类别	清洁式(m ³ /人·h)	滤毒式(m ³ /人·h)
连营以下	10	5
团师	12	
军	15	8
集团军	15~20	8~10
卫生坑道	12~15	8~12

坑道所需最低通风量,如经过通风之后使坑道内空气二氧化碳浓度维持在 1%的水平。计算公式如下:

$$\text{通风量 } Q(\text{m}^3/\text{h}) = \sum A = \sum \frac{V}{C_1 - C_2}$$

A=每人每小时所需通风量(m³/人·h)

V=每人每小时产生二氧化碳量,静止时为 20L/h,轻劳动为 28L/h,重劳动时为 36L/h)。

C₁=二氧化碳最高限值(把百分数变成L/m³)

C₂=坑道内原始二氧化碳浓度(把百分数变成L/m³)

∑A=不同劳动强度每人每小时通风量总和(m³/h)

例如:某屯兵坑道进驻 300 人,其中 250 静止待命,50 人从事轻劳动,坑道内原始二氧化碳浓度为 0.04%(即 0.4L/m³),要求坑道内二氧化碳浓度维持在 1%水平(即 10L/m³),坑道每小时总通风量,按下列公式计算:

$$20/(10-0.4)=2.08\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{h}$$

(静止待命人员每人需通风量可按每人每小时 2.00m³计算)

$$28/(10-0.4)=2.92\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{h}$$

(轻劳动者每人需通风量可按每人每小时 3.00m³计算)

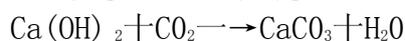
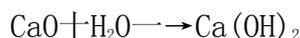
$$Q = \sum A = (250 \times 2.00) + (50 \times 3.00) = 650\text{m}^3/\text{h}$$

2. 空气再生

空气再生是指坑道在密闭情况下,消除二氧化碳与补充氧。两者往往同时进行,以延长密闭时间。

(1) 二氧化碳的消除

在坑道内撒布石灰、钠石灰是降低二氧化碳的有效方法。



经试验证明,每公斤钠石灰可吸收 0.5kg 二氧化碳。当每人占有 4.5 m³容积的情况下,撒布 650g 钠石灰,经 12.5~13h 二氧化碳浓度方能升高至 3%。

撒布石灰的方法,一般是取 2~3 份块状生石灰砸碎,将 1 份水均匀地撒在石灰上,使其成粉状。根据坑道人员的多少,计量将石灰均匀地撒在塑料布上或

直接撒在地面上，每人需撒布 0.2m^3 、 1cm 厚的石灰层。为了充分发挥吸收二氧化碳的效果，应每半小时搅拌一次。

撒布的时机为：首先是坑道内二氧化碳浓度接近 3% 时使用，即在灯火自行熄灭或部分人员出现头痛、头晕、气喘时开始撒布。每人平均用生石灰 100g 或钠石灰 50g 时，在 10h 之内二氧化碳浓度能维持在 2.5% 以下；其次是坑道密闭前实行预防性撒布，每立方米空间撒布 200g 石灰，经 23h 密闭，坑道内二氧化碳浓度能维持在 0.9% ；在同样条件下，没有撒石灰时，二氧化碳浓度则为 2.8% 。

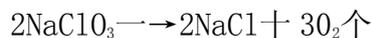
如果有条件时，将石灰与金属氢氧化物加水混合强化，可提高石灰吸收二氧化碳能力。日本有人用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或 CaO 与金属氢氧化物和水混合，将混合物制成小珠，干燥后吸收二氧化碳的能力提高。如以 $3.5\text{kgCa}(\text{OH})_2$ 与 500gLiOH 加 1.1L 水，混合制成小珠，在 105°C 氮气流里干燥 20h ，得多孔粉状吸收剂（比表面为 $37\text{m}^2/\text{g}$ ），可吸收二氧化碳 82% ，而普通 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 只能吸收 53% 。美国用一种叫 Baralyme 的吸收剂供密闭掩体消除二氧化碳。其配方按重量百分比： $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 20% ， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 80% ， KOH 、湿润剂、指示剂均微量。 1kg Baralyme 可吸收二氧化碳 350g 。经现场试验，铺层厚度 12.5cm ， 100 人密闭 24h ，二氧化碳浓度低于 3% 。美国还报告一种可连续再生使用的二氧化碳吸收剂。即用碱金属碳酸盐细粉与干燥后的氢氧化铝构成增效吸附剂，吸收二氧化碳时，使碳酸盐转为碳酸氢盐，加热再生后又转为碳酸盐并放出二氧化碳，这种吸附剂反复再生不影响吸附二氧化碳的性能。

(2) 供氧除二氧化碳措施

使用再生氧装置，在消除二氧化碳的同时补充供氧。我军常用“氯酸盐氧烛”、“再生氧板”和“供氧除二氧化碳制剂”。

① 化学供氧器

是利用氯酸盐在高温下分解产氧的原理，其化学反应为：



供氧器主要结构如图 5—6。外观为钟罩型，高 480mm ，最大直径 185mm ，重量 2.0kg 。外壳可耐受 $15\text{kg}/\text{m}^2$ 压力，过滤层在 25cm 水柱压力下仍有过滤效果。将产氧粉装在广口玻璃瓶中，玻璃瓶装在铝制的护罐内，为滤除粉尘使氧气通过滤层。过滤圈固定在底座上，底座上加外罩，用锁紧手柄卡紧。

使用我军研制的产氧粉时，用容易点火和产热量高的引火粉点燃。当密闭坑道内的二氧化碳浓度达到 2.5% 以上时，用点燃火柴点燃引火粉。此种火柴燃烧时不需外界空气，而且不产生使人不快的气味。产氧粉每瓶装 1.2kg ，点燃后放

图 5—6 化学供氧器示意图

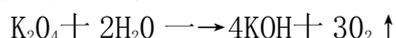
氧时间 13min ，供给氧气量为 325L 左右。按

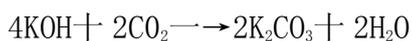
每人需氧 $22\text{L}/\text{h}$ 计算，可供 $13\sim 15$ 人 1h 用。产氧粉燃烧后可再装入产氧粉连续使用。

点燃火柴、产氧粉燃烧时，由于原料和加工过程混入微量杂质，产生某些有害物质如氯气、氧化铝等，也会产生一氧化碳和二氧化碳。但经坑道空气的稀释可低于卫生标准，虽铝仍高于卫生标准，但短时间的吸入量对人无害。

② 再生氧板

是由过氧化物组成。空气通过再生氧板时，释放氧气，同时可吸收二氧化碳，其化学反应式为：





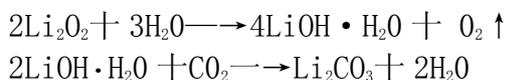
我军 B64 型再生氧药板，当通入 3.6%~3.7% 的二氧化碳时，2h 内可维持二氧化碳在 1.5% 以下，氧浓度在 22.5% 以上，4h 二氧化碳浓度不超过 2%，氧浓度不低于 21.5%。

苏制 PYKT—4 型空气再生装置中的药板，含有 70% 过氧化钾、15% 氢氧化钙、10% 的氢氧化钾、5% 的纤维石棉和微量硫酸钴。经我军掩蔽部密闭试验，当工事内二氧化碳浓度升到 3% 时打开再生装置，每人平均用量 820g，可在工事内停留 8~9h，而同样条件下，不使用药板时只能停留 4h。

再生氧药板通常当二氧化碳浓度达到 2%~3% 时即可使用，使用时药板产生大量热，装置内壁温度可达 90℃，坑道气温能增高 2℃，相对湿度下降 8%。由于易引起燃烧，须注意防火。此药板价格昂贵，只适于特殊坑道内使用。

③ 供氧除二氧化碳制剂

是一种较新的制剂。制剂主要由 94% 氧化锂、6% 氧化锰(催化剂)组成。其化学反应式为：



每 kg 制剂可产氧 236L，产氧后的残留固体可吸收二氧化碳 388L。可供安静状态下 11 个人 1h 的正常气体交换。

药剂制备与使用方法，是将制剂放入搪瓷盆中，混合均匀，然后慢慢加水，每公斤制剂加 1.1kg 水，并用棒快速搅拌，直到全部混合物转变为黑褐色略带粘稠的固体为止，然后制成小颗粒，使用时将颗粒洒于地面，如果把颗粒放入一个带孔的金属网或盒中，下方以风扇通风，吸收二氧化碳效果更好。使用时要控制水份，水量不足产氧不充分；水量过多，放氧后的残留物不易固化成颗粒，影响吸收二氧化碳。

使用供氧除二氧化碳装置的时机，应视具体情况而定。一般情况下指挥部、电台间、卫生坑道等处于密闭不通风、二氧化碳浓度达到 1.5% 时即可使用；一般屯兵坑道，应在二氧化碳浓度达到 3% 时再使用。

(3) 其他措施

伙房、发电机房、火力点应与主坑道分开，另设支坑道与主坑道相连；进驻坑道前，应先将坑道口打开，经过自然通风后再进入坑道；坑道内严禁生火，并减少点燃性照明器的数量。

三、坑道潮湿与防潮

坑道内一般都比较潮湿，南方坑道相对湿度多在 90% 左右或更高，北方坑道多在 60%~80%，夏季不论南方还是北方坑道，相对湿度往往都在 95% 以上。

(一) 坑道潮湿的原因及其对机体的影响

坑道潮湿的因素很多，主要是由于坑道构筑不良、被覆不好而产生的渗水、漏水；坑道内外温差所形成的凝结水；人员进驻后呼出的气体，以及潮湿衣物表面蒸发水分，都是空气潮湿的原因。通常被覆坑道的渗、漏水能使坑道的局部地段潮湿，坑道内外温差所形成的凝结水能造成整个坑道潮湿。

一般情况下，夏秋季坑道壁的温度比较低，成为较强的负辐射源。坑道潮湿能破坏人体正常体温调节。潮湿坑道壁的热容量及导热性都较大，这巨大负辐射使机体表面受到不均衡的冷却，将从机体夺走过多的热，使机体受冷，破坏正常的体温调节，是类风湿疾病发病诱因。

坑道深入地下,周围岩石与土壤形成围护结构,使密闭备用坑道的气温恒定。坑道外温度由于地区不同,在我国北方冬季可达到 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$,南方夏季在 $30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 以上。由此形成较大的坑道内外温度差,如果在出入坑道时不注意增减衣服,很容易发生感冒、上呼吸道感染等疾病。据调查,进驻坑道的部队与同期坑道外部队相比,发病率高 22%;上呼吸道感染比同地区驻营房部队高 1 倍;腰腿疼的发病也增多。

(二) 消除坑道潮湿的措施

表 5-6 不同温度时空气中可容纳水汽量

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	水蒸气含量 (g/m^3)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	水蒸气含量 (g/m^3)
10	9.4	23	20.6
11	10.0	24	21.8
12	10.7	25	23.1
13	11.4	26	24.4
14	12.1	27	25.8
15	12.9	28	27.3
16	13.7	29	28.8
17	14.5	30	30.4
18	15.4	31	32.1
19	16.4	32	33.8
20	17.3	33	35.7
21	18.4	34	37.6
22	19.5	35	39.6

消除坑道潮湿的方法较多,一般采用冷却通风、排水堵漏、隔潮吸湿、化学除湿、加强生活管理等。

1. 冷却通风

主要作用在于减少热空气进入坑道后产生凝结水。坑道内外温度差是坑道内潮湿的主要原因。当夏季外气温 32°C ,每立方米空气可容纳的最大水汽量为 33.8g 。如果坑道壁温度 25°C ,其最大水汽量则为 $23.1\text{g}/\text{m}^3$ 。坑道外空气进入坑道内时,由于温差所形成的多余水汽量 $10.7\text{g}/\text{m}^3$,即以冷凝水的形式出现于坑道壁上。不同温度时空气中可容纳的最大水汽量如表 5-6。

“冷却通风道”(图 5-7)是利用坑道壁表面温度低,坑道外热空气进入

通风道约 8m

的预冷段,再经 8m 连接风道进入弓字形(共 68 个弯,轴长约 50m)通道,使空气与通道壁充分接触并冷却成凝结水,最后经排水沟流入集水坑。试验证明,通过“冷却通风道”的热空气可降温 8°C ,每小时通风 100m^3 ,除湿 $475\sim 870\text{g}$,效果十分显著。为了降温除湿,可因地制宜采取不同方法。北方地区可以利用自然通风,加强坑道内外空气的对流,以降低温度。南方地区坑道可以考虑将进风管铺在地下,利用地下土壤(或岩石)温度较低的特点使进入的热空气冷却后再进入坑道,以达到除湿的目的。

2. 排水堵漏

对渗水和漏水,要采取有效的排水和堵漏措施。在构筑坑道时,其地面应具有一定的坡度(纵向坡度,里高外低,斜率在 $0.1\sim 0.15$ 之间)。并构成鱼脊式路面(横向坡度,两侧排水,斜率在 1%左右)。通道地面两侧修筑排水沟,可排除积水和生活废水。沟上加盖,防止水分蒸发。发现漏水,可用“膨胀水泥”或者高标号水泥加“快凝剂”等堵塞漏洞。对轻微渗水部位,可先用火烤干,然后涂抹胶油膏,有条件的地方,也可用防水油、乳化沥青等材料涂抹缝隙。对已建成的坑道,可将渗漏水引入容器内,或在侧壁上打洞,把水引入排水沟,再排出洞外。如积水清除后又很快积满时,说明漏水处可能与地下潜水相连或由岩石层渗入汇集而来。遇到这种情况,可采用水泥喷灌或就地钻井,即可

图 5-7 坑道冷却通风示意图

以除去坑道潮湿，又能保障坑道内用水、贮水。

3. 隔潮吸湿

在构筑坑道时，部分主要房间(如司令部、机要室、通讯枢纽室、医药器材、粮食、被服仓库等)，可采用隔潮材料如万利板、木丝板、纤维板覆盖于坑道壁或加顶棚。地面垫高约 3~5cm 后铺油毛毡，也可铺毛毡和地板(底面涂柏油隔潮)。

为减轻坑道壁负辐射的影响，通常用导热性较小的材料屏蔽坑道壁，且可相对地减少凝结水的形成。如在坑道壁上覆盖一层纤维板或木板，中间填上锯末或炉灰渣，可提高壁温，减弱负辐射。可用作坑道壁屏蔽材料的导热系数如表 5—7。

表 5-7 建筑材料的导热系数

材料名称	导热系数(cal / h · °C)	材料名称	导热系数(cal / h · °C)
砖	0.70	粘土调砂	0.60
石灰浆抹面	0.70	粘土调炉渣	0.45
煤灰渣	0.25	松木或杉木(横纹)	0.15
炉灰砖	0.50	松木或杉木(顺纹)	0.30
钢筋混凝土	1.33	锯末	0.11
炉渣混凝土	0.35~0.68	板条抹石灰浆	0.45~0.60
泡沫混凝土	0.13~0.34	压实刨花	0.10

我军某部用偏氯乙烯涂层作洞库防潮试验，效果较好。偏氯乙烯配方是(按重量比)偏氯乙烯共聚乳液 100：10%磷酸三钠 10：5%聚乙烯醇 6.5。试验证明，试验前洞库为除湿消耗氯化钙 60kg，维持相对湿度 80%左右，用偏氯乙烯涂层后观察 4 年，每天消耗氯化钙 4kg，相对湿度维持在 64%—65%。这种涂层成本较高，必要时可在永久性坑道或特殊坑道内使用。

对坑道内潮湿，亦可用海草或

海水浸湿晾干的

表 5-8 不同材料的吸湿效果
等进行吸湿(见表

稻草、山草、水泥袋纸、报纸

材料名称	24h 吸湿率 (%)
未浸海水旧水泥袋	11.7
浸海水旧水泥袋	28.0
浸海水的稻草帘	14.0
浸海水的山草帘	5.0
海草帘	11.0

5—8)。

就地取材利用干土、炭、炉渣、锯末、粗糠等撒在坑道地面吸湿后，不定期扫出晒干再用。

4. 化学除湿

常用的化学除湿药品有硅胶、活性氧化铝、氯化钙、钙镁吸湿剂等。其中硅胶可吸收相当于本身重量 25%~50%的水分，活性氧化铝能吸收相当于本身重量的 15%~

24%水分。吸湿后可加热脱水，重新使用。目前，硅胶除湿装置已在某些高级指挥坑道和仓库装备。用化学药品吸湿后，由于释放出水汽汽化潜热，局部空气气温上升一般可达 60~70°C，甚至 80°C。在实际应用中，必须混合几倍量的坑道

回程空气调节气温，使之在 20~25℃之间，再送入坑道。氯化钙吸水率达 110%~130%。使用时将氯化钙装入塑料网或竹筐内挂在塑料布槽的上方，当氯化钙吸湿后溶成水滴滴在槽内，再由导管引入容器。氯化钙也可以加热回收，回收率在 80%左右。钙镁吸湿剂吸水率在 100%以上，吸湿后不液化，加热烘烤后可再用。

国外报导的吸湿剂中，硅胶有最大吸湿能力，可吸收 40%的水，加热后水分释出可重复使用。美军使用的吸湿剂为含有尿素、重铬酸钠、氯化钙的混合物。其配制方法是按重量比，尿素 100：重铬酸钠 2，混合 3~5min 后，将上述混合物 100 份与 2 份氯化钙混合，使尿素颗粒被氯化钙包膜，混合 1 分钟。三者混合立即密封备用。经试验，在 29℃条件下，该混合物的吸湿量与其本身重量相等。密封后的干燥剂，久存不结块，不腐蚀金属罐。吸湿后转化为溶液，可回收再利用。美军还使用一种氯化钠干燥剂配方为 90%~97%的氯化钠、3%~10%的氯化钙、0.01%的重铬酸钠、0.01%的磷酸三钠。氯化钠作载体小珠，直径为 1.25~2.5cm，珠外层用上述浸剂包膜。经吸湿后转化为液体，可回收后再用。

5. 加强生活管理

冬季和初春及深秋季节坑道外气温较低，空气比较干燥，在注意保温的前提下，可经常打开防护门，使干燥空气进入坑道，降低内部湿度。夏季外界气温较高，除保证必需的通风换气外，尽量减少入口，人员只走一个口，其余关闭。

要教育部队不要随地泼水，凡盛水容器一律加盖。要经常晾晒被褥、草垫、粮食及装备防止受潮霉烂。

四、坑道给水卫生

坑道内如能找到内部水源或有漏水部位与地下潜水相连时，最好在坑道内打井，以免战时受炮火的威胁。当坑道内无水源时，一般应修筑水库(贮水池)。

(一) 坑道内贮水量计算

坑道内的战备贮水量，坑道内贮水量应以坑道内计划屯集人员数和屯兵时间为依据，再加 20%的变动参数来计算。屯兵坑道用水应包括屯集人员的饮用水、生活用水和三防洗消用水等。

在战时，当坑道内贮水量有限时，必须确定合理的最低供水量。在一般情况下，坑道内每人饮水量为 3~4L/d；在供水困难时可只供 2L，但持续时间不得超过 5d。如果在坑道内屯集的时间较长时，还要保证供应其它方面的生活用水量，如每人洗漱水 5~10L/d，炊事用水 3~6L。另有按紧急情况下每人供水 5L/d 的规定，为期不得超过 10d。按上述要求，计算坑道内的总贮水量，以保证足够量饮用水。如按每人平均供水 20L/d，坑道内预计屯兵 200 人，屯集时间最长为 15d，则总贮水量为 60t，再加 12t 变动参数，贮水量为 72t。卫生坑道贮水，应按每床 50~100L/d 计算。

(二) 对贮水池结构的要求

贮水池应深入地下或半地下，远离厕所。其结构应构筑坚固，不漏水、不渗水，四壁与底面光滑易洗刷，灌水口应设木门或用水盖密闭加锁；取水口按装水龙头，接水的地面要设暗排水沟，以利随时排出积水。

(三) 坑道贮水的消毒

1. 灌入贮水池的水必须符合饮用水卫生要求

灌入前要进行水质检验，对不符合饮用水卫生要求的水要先进行洁治消毒处理。贮水容器和运水工具在使用前要刷洗干净，再用 3%漂白粉溶液消毒(1h 以

上)。然后用清水洗净，在运送和灌水过程中严防污染。贮水入池后，常用超量氯消毒；消毒后测定余氯并进行细菌检验，如符合饮用水卫生要求，可以贮存备用。

2. 贮水的防霉

在我国北方坑道内，由于气温低(夏季仍在 15℃以下)，贮水不易腐败变质，但贮存一年以上的池水表面，常常孳生一层霉菌。1982 年在北方调查坑道内贮水池 75 个，有 52 个池水表面长有霉菌(占总水池数的 69.3%)，其中青霉菌最多占 46%、曲霉菌占 8.3%、交链孢霉菌占 7.8%、镰刀菌占 1.9%。经过比较试验，筛选出过氧乙酸和银离子的协同消毒方法，对防治池中真菌孢子效果较好。以青霉菌作为指标菌，用河水进行长期观测，加入过氧乙酸 9ml 和银离子 0.3~0.5mg/L，接触 3d 后，水中青霉菌全部被杀死，持续 1 年的观测未见繁殖，水澄清透明。苏军舰艇远航时，以 0.05mg/L 银制剂进行贮水消毒，发现 90 天内贮水不变质，无霉菌生长。

一般贮水池长期静止贮存过程中，当水质感官性状态发生变化，污染比较严重，经洁治消毒处理后仍达不到饮用水卫生标准时，应及时更换饮水。

3. 贮水在汲取使用前，应进行水质检验，要求：水质无色、无嗅、无异味、透明无沉淀、无浮游生物，余氯在 0.5mg/L 左右，如余氯量太高有氯臭时，要脱氯后再用。

取水应用水龙头、手压泵、皮管或专用水桶取水。禁止用个人水杯、饭碗、勺等容器直接从贮水池取水，以免污染或使水质腐败变质。

4. 利用就便器材贮水时，要选用对水质无影响的容器；橡胶、木制和铁制容器贮水时间过长，能使水的感官性状变坏，故应尽量避免使用。在容器上加涂料时，要注意涂料中有害物质是否溶解于水。一般以缸、瓦罐等陶瓷容器贮水效果良好。

五、坑道粪污处理

战时坑道内粪污如不妥善处理，将会污染坑道内空气、孳生蝇蛆、传播疾病。由于坑道内条件限制和水量不足，有条件的坑道，应修筑坑道内、外两种厕所。平时使用坑道外厕所。在对敌作战或敌人使用核化生武器时再使用坑道内厕所。

(一) 坑道内粪污的收集方法

1. 坑道内深坑厕所

这是厕所建在坑道内的永久性的深坑，粪污直接贮在粪坑内，除设有抽气孔外，在入口处可设门防止臭气逸出(图 5—8)。

2. 坑道内冲水厕所：

该厕所与普通厕所大致相同，深挖大便槽沟，然后用水泥砌成，并设有蹲位与地下污水管相连，直通坑道外粪便渗井。在便池旁设有污水缸，将平时使用过的生活污水贮在缸内，大便后
图 5—8 坑道内厕所示意图
用此水冲走粪便。

3. 坑道内便桶抽气厕所

根据进驻人数设置便桶，将便桶放入事先挖好的坑内，四周罩以木板箱或筑成水泥槽，上面搭蹲位木板，木板上留入粪孔并加盖，使便桶密封起来。便桶应坚固、易洗刷，或涂漆防止腐烂，一般以能容 25~30kg 粪便为宜。厕所内设抽气管用抽气机将臭气抽到坑道外(图 5—9)。在没有通风机情况下，坑道内保持一定超压，也可使臭气排出。

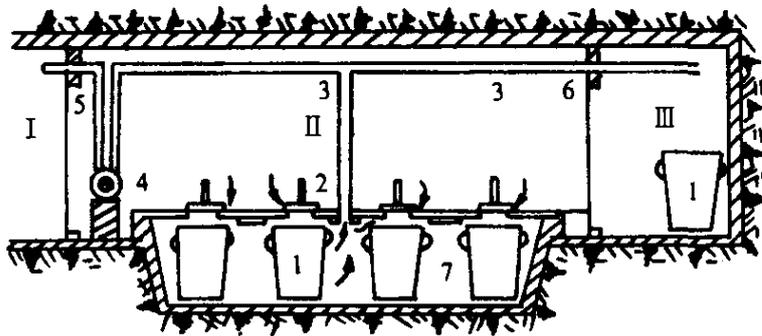


图 5-9 坑道内抽气厕所(断面图)

(二) 粪便的除臭

粪便臭气的主要成分是氨、硫化氢、甲硫醇、吡啶、甲基吡啶、粪臭素等。除臭除用砂土、炉灰、石灰覆盖以隔绝臭气的方法外，常采用以下几种除臭剂：

1. 3：1 石灰木炭除臭剂

1 次用量为粪量的一半。配好的除臭剂装入木箱备用。在便桶使用前先在底部撒上 2cm 厚的一层，每次便后再覆盖一层，有较好的除臭效果。

2. 化学除臭剂

部队研制的除臭剂含有活性炭、木炭各 50%，或活性炭 25%，木炭 75% 的混合物，取 100g 加入 10% 聚四氟乙烯乳液 150ml，使木灰粉与聚四氟乙烯成乳状液，然后加热除去聚四氟乙烯和分散剂，使用时表面喷布一层，除臭效果好。

332 除臭剂是由 3% 硫酸铜、3% 苯酚、2% 食盐配制而成。每次每人用 300ml，一次加入便桶，除臭效果满意。其原理，铜与氨作用生成络合物，使已生成的臭气变成非挥发性无臭物质；苯酚能阻止大便腐败分解，不再继续产生臭气。

6% 甲醛油除臭剂在使用时使油层厚度保持 2cm，直至大便满桶为止，除臭效果良好。

3. 紫外线除臭法

250nm 以下波段的紫外线可使空气中氧分解产生臭氧，利用臭氧放出大量的新生态氧的强氧化作用，氧化臭气，达到消除臭味的目的。

在厕所中央距顶棚 30cm 处安装 500W 紫外灯一具，灯罩向上，最好有自动开关，每隔 30~60min 开灯一次，每次持续 2~3min，即能消除空气中的不良气味，又能消毒空气。

(三) 尿的处理

最好用有盖尿桶收集尿液。在尿桶内事先加入 5cm 厚 5% 福尔马林溶液，再加 1cm 厚的废机油，尿后自然封闭。亦可因地制宜用各种桶罐，上方开口放一漏斗，漏斗上放一乒乓球，小便时浮起，尿液流入后将口堵死，尿臭不易逸出。

六、坑道照明

坑道内昼夜都需要人工照明。现代化坑道中多备有电源，可用于人工照明。第一线坑道仍采用点燃性光源。

(一) 坑道照明的卫生要求

1. 要有适当的照度

适当的照度，使部队在坑道内便于行动；某些视力作业更要保证有足够的照度。一般坑道内的通道平均照度应不低于 8Lux，进行视力作业时平均照度多不

低于 30Lux；卫生坑道的手术台上至少应有 200Lux 的照度。

为了减少出入坑道对视觉明暗适应的负担，在可能条件下，夜间照明由内向外逐渐降低，坑道口照度 3~5Lux；白天由内向外逐渐增强，坑道口照度应有 50Lux。

2. 注意减少对坑道内空气的污染

在使用点燃性光源的坑道，应采取各种措施减少照明灯的烟尘。当坑道密闭不通风时。应使点燃性光源的数量减少到最低限度。

(二) 人工照明的方法

1. 电源性照明

包括电灯或电池灯。有电源的坑道，最好设有内外两套电源，采用双电源单回路供电，一旦外电源被破坏，可由内电源供电。电灯照明是坑道的理想光源。亮度大，不耗氧，不污染空气，能在密闭低氧条件下应用。电池灯包括蓄电池灯、干电池灯和空气电池灯。电池灯具有与电灯同样的优点，又不用动力电源设备，适于战时坑道内使用。但蓄电池比较笨重，需要一定充电设备，干电池灯和空气电池成本较贵，有条件时也可选用太阳能电池灯和化学冷光源灯等。

2. 点燃性光源的照明

点燃性光源常用的有马灯、带罩煤油灯、无罩煤油灯、汽灯、植物油灯、蜡烛等。来源容易，价格便宜，使用简便。其共同的缺点是光强度差，照度低，耗氧多，产生二氧化碳和烟尘。

为减少烟尘提高亮度，对点燃性灯具加以改进。如对煤油灯改为加滤烟罩煤油灯和扁口煤油灯。对马灯改为单向或双向聚光反光灯。单向或双向聚光反光灯是由反光镜及外壳组成，这种灯具有亮度大、耗油少、产烟少等优点。

七、坑道食物贮存与厨房设置

为保证进驻坑道部队的健康和战斗力，坑道内必须贮备一定量的主副食。应当合理设置厨房，解决好供氧、消汽、排烟等问题。

(一) 坑道内食物的贮存方法

坑道内主食贮存的主要问题是防潮防霉变。主食库房应选在离坑道口较远的房间。库房使用前可用沥青、油灰密抹缝隙，防止渗水，最好用油毛毡再被覆一层。室内要采取降湿措施，相对湿度应降到 65% 以下。主食装妥后，门缝用泡沫塑料或海绵类紧压密封。主食入库最好在干燥季节，将米面垛底部用垫木垫高 10~15cm，垫木上放木板，板上再铺油毛毡，四周不靠坑道壁。要做到勤通风、勤倒垛、勤检查，有计划排陈贮新与平时供应粮倒换。主食入库前在布袋、麻袋外套一层塑料袋。军用干粮、饼干、炒米、炒面等熟食品用牛皮纸、蜡纸包装，并装入塑料袋或铁皮箱中密封，置于干燥处保存。

准备入库主食最高含水量，小米不超过 12%~14%，大米及原粮不超过 14%~14.5%，面粉不超过 13.5%~14%，军用干粮不超过 6%。

副食蔬菜类可在坑道口附近挖窖贮存。菜窖要注意通风干燥，冬季还应做好防冻工作，经常检查剔除腐烂部分，以保蔬菜质量，保持一定数量的新鲜蔬菜供给部队。

脱水干菜、粉条、酱油要原装保存，食油要密封保管；食糖、食盐要放在阴干地方，并注意通风。

(二) 坑道厨房的设置

坑道厨房的设置，主要应解决供氧、排烟、消汽问题。坑道厨房可根据战术

要求设防护门外厨房或坑道内抽风排烟消汽灶。

1. 防护门外厨房

在非密闭情况，尽量利用防护门外厨房，以减少对坑道内空气污染。在烟道出口处，顺山坡向上挖一条沟，沟上盖树枝、杂草、石块等，即利于隐蔽又能散烟(图 5—10)。

2. 坑道内厨房

战时在三防条件下须用坑道内厨房。厨房应靠近出口，与贮水库相邻，必须远离厕所。常用的有以下两种类型：

(1). 抽风排烟灶

抽风排烟灶(图 5—11)可以减低坑道内空气污染的程度，但要注意将抽风机安装在排烟管与炉灶之间，以便燃烧将所需的空气吸入灶

图 5-10 坑道防护门外厨房示意图

图 5—12 坑道内消气消烟灶示意图

图 5—11 坑道内抽风排烟灶示意图

内，同时又有将烟尘排出坑道外。炊烟、油烟、蒸汽排出管应安装密闭阀，必要时与外界隔绝或

控制抽风量。使用抽风排烟灶时，从生火到熄灭，抽风机必须持续运转，防止烟尘及有害气体进入坑道。在无电源或电源中断时。可用脚踏或手摇通风机代替。进出风管口处均应设有消波装置及防爆阀门，以防冲击波。

(2). 消汽消烟水箱灶

此灶由四个部分组成①炉灶部分(包括炉堂、锅及开水箱等)；②消汽部分(上面是消汽罩)；③石灰水箱；④抽风系统(图 5—12)。其优点，在做饭的同时将水烧开，烟尘经石灰水过滤再经排烟管排出，不需构筑散烟沟；消汽夹层通入冷水，使蒸汽遇冷凝结成蒸馏水经水管放出可供使用，并能减少坑道内潮湿。据部队使用证明：15min 可煮沸 50kg 水，20min 可蒸熟 30kg 面的馒头。

(3). 红外线煤油炉

我军北方某部屯兵坑道已采用红外线煤油炉做饭，其优点是做饭快，不须消烟措施，减少对坑道内空气污染。