10 矿山环境地质调查

10.1 环境地质的基本概念

10.1.1 环境

环境是人类赖以生存的物质空间。人类的环境可以分为社会环境和自然环境两种。前者是指人们生活的社会经济制度和上层建筑的环境条件。是人类在物质资料生产过程中，共同进行生产而结合起来的生产关系的总和。人不能离开社会而单独生活，即人类生活在社会环境之中。后者则是人们赖以生存和发展的必要物质条件，是人类周围各种自然因素的总和。目前，环境科学所要讨论的环境问题，主要指的是自然环境。

人类活动的范围即生物圈的范围，主要限于地壳表层和围绕它的大气层的一部分，包括最大深度为 11033m 的海洋（马利亚纳深海沟）和最大高度的大陆表面为 8848m（珠穆朗马峰）、海岛以及高出海平面 12000m 的大气层。它是地壳表面全部有机体及与之发生相互作用的其它自然因素的总称。《中华人民共和国环境保护法》指出："本法所称环境是指：大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉疗养区、自然保护区、生活居住区等"。这是与人类关系最密切的，必须加以保护的那一部分自然环境。包括未被人类改造和已被人类改造过的自然环境。

环境是一个非常复杂的系统，在环境科学中，以人或人类作为主体，其它的生命物体和非生命物质都被视为客体——环境要素。人与环境密切相关，如人体通过新陈代谢和周围环境进行物质交换，吸入氧，呼出二氧化碳，摄取水和各类营养物质来维持人体的发育、成长和遗传，使人体的物质组成与环境的物质组成具有高度的统一性。也就是说，人类和其它生物不仅是环境发展到一定阶段的产物，而且它们的物质组成也是和环境的物质组成保持相对平衡，破坏这种平衡，就会对人体健康造成危害。环境污染或公害问题，主要就是环境中的物质组成同人类的生存不相适应的问题。

环境中的各种资源同环境的主体——人类，处于动态平衡之中，在不同生产水平的各个时期，环境对人口的承载量具有一个平衡值或最佳点，如果越出这个平衡值，则必须会使环境质量下降或者使人类生活水平下降。所以，人类在改造环境中，必须使自身同环境保持动态平衡。

10.1.2 环境污染

因人类活动所引起的环境质量下降，而有害于人类及其它生物的正常生存和发展的现象，称为环境污染。因自然界的变异（如火山爆发、山崩、海啸、地震、台风等）所引起的同类现象；则称为自然灾害。两者均会使生态平衡遭受破坏。

环境污染的产生，有一个从量变到质变的发展过程。当某种可能造成污染的物质浓度或其总量超过环境的自净能力时，就会对环境的主、客体造成危害。就生产矿山而言，环境污染产生的原因是资源的不合理的开发与使用，从而使废石中有害物质进入环境，或使

照像、地球监测卫星等进行环境监测工作。

但就目前情况而论，现有的分析方法在环境监测工作中，仍然占有重要地位。表 10-3 列出的分析方法及其特征，可供选择参考。

由于环境污染物成分复杂，而且常常有许多种同时存在，彼此之间可能出现相互干挠而使毒性减小的拮抗作用，或使毒性增大的协同作用。单独采用上述物理、化学分析方法，有时难以确定其真实的毒性和污染的真实程度。目前多采用生物监测的方法以补其不足。利用生物对环境中污染物的反应，即利用生物在各种污染环境中所发生的各种信息，来判断环境污染，它可以反应出环境污染急性和慢性的结果。如许多植物对大气污染极为灵敏，可用作监测污染的指示器；藻类、鱼类可作水质污染的指示生物。因此，生物监测已成为环境监测的一个重要组成部分。

表 10-3 一些重要分析方法及其特征

方法	中子活化	原子吸收	比色法	火焰光谱	荧光法	质谱法	容量法	X-荧光法	极谱法	电弧发射光谱
灵敏度（g）	10^{-6}～10^{-13}	10^{-6}～10^{-12}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}～10^{-9}	10^{-9}	10^{-6}～10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}～10^{-9}	10^{-6}
最小取样量	10mg	50mg	1g	20mg	1g	10μg	1g	1g	1g	1mg
准确度	好	好	中	好	好	中	好	中	中	差
精密度	好	好	中	好	好	中	好	好	好	差
常见分析范围	宽	金属元素	宽	金属元素	窄	宽	Ca、Cl、K、N	Z<Ne 的元素	窄	金属元素
每次分析元素数目	30～50	1	1	1	1	70	1	50	1～4	50
干挠情况	少	有	有	有	有	可能有	有	有	有	严重
污染情况	无	有	有	有	有	有	有	无	有	有
分析速度	从秒到几周	分	小时	分	小时	分	小时	小时	小时	小时

注：Z——原子序数。

10.2 地热的地质调查

10.2.1 地热及其对矿山环境的影响

地热是指来自地表以下，地球内部因放射性元素蜕变或其它原因而产生的热量。地球内部空间各点温度值各不相同，各层带某一瞬间的温度分布状态称地热场或温度场。地球场内各点温度随时间变化的称非稳定温度场，如变温带；不随时间变化的称稳定温度场，如增温带。

表征热场的重要物理量称大地热流，是以热传导的方式由地球内部传递到地面的热量，也是地壳表层唯一能直接测量到的，能反映地壳深部热状况的重要物理量，全球热流平均值约为 1.47HFU。

岩石的热物理性质，包括热导率、比热和导温系数，对矿区地热的评价和坑内空气与围岩进行热交换的计算十分重要。常见岩石和材料的热物理性质见表 10-4。

表 10-4　常见岩石及材料的热物理性质

物质名称	测试温度（℃）	热导率 K（kJ/m·h·K）	热阻 $R=1/K$（m·h·k/KJ）	比热 C（大卡/kg·℃）	密度 D（g/cm³）	导热系数 λ（m²/h×10³）
铁	0～30	50～63.3	0.020～0.016	0.13	7.87	48.9～61.9
铝		175	0.0057	0.22	2.67	298.13
烟煤		0.083～0.15	12.0～6.7	0.31	1.2～1.5	0.20～0.38
无烟煤		0.18～0.24	5.56～4.17	0.217	1.3～1.4	0.61～0.82
泥岩	17	0.50～1.01	2.00～0.99			
泥岩		2.41（$K_{/\!/}$） 1.40（$K_{\perp}$）	0.41 0.71			
云母层状砂岩		2.52（$K_{/\!/}$） 1.73（$K_{\perp}$）	0.40 0.58			
石英岩		4.95（$K_{/\!/}$） 4.71（$K_{\perp}$）	0.20 0.21			
砂岩		1.1～2.6	0.91～0.38	0.2	2.6	2.15～5.00
砾岩	50	1.80	0.50			
致密灰岩		1.80～2.88	0.56～0.35	0.21	2.5～2.8	3.24～5.18
白云质灰岩	130	1.40	0.71			
普通灰岩	30	1.88	0.53	0.24	2.12～2.26	3.49
花岗片麻岩	0	2.67（$K_{/\!/}$） 1.86（$K_{\perp}$）	0.37 0.54			
空气	20	0.022	45.45	0.248		
水	20	0.515	1.94	0.999	0.998	0.517
冰	0	1.50～1.98	0.67～0	0.49	0.88～0.92	3.40～4.49
碳素钢		39.6～43.2	0.25～0.023	0.12	7.6～7.9	42.6～46.5

随着矿山开采深度的增大，井下温度逐步升高，目前已出现一批超规程的高温矿井。

井下高温、高湿的条件，导致矿山环境的恶化，从而使矿山劳动生产率下降、事故率上升、开采成本增加、危及井下作业人员身体健康，成为矿山严重的热害。为此，矿山地质人员应尽可能掌握地热的变化规律，以便矿山开采中采取适当的措施。避免它的危害；同时，又要尽可能设法利用它为生产或生活服务。

10.2.2　地壳浅部的温度场

地球为一巨大热体，自地球内部散发到太空的总热量为 2.45×10^{20}J/a，地球表面接受太阳辐射的总能量为 5.6×10^{23}J/a。由于散热和吸热之间的平衡关系，决定了地壳浅部的温度场。这一温度场从地表向下大致可分为三带：变温带（外热带）、常温带（恒温带或中性

层）和增温带（内热带）。三者之间的相互关系见图 10-3。

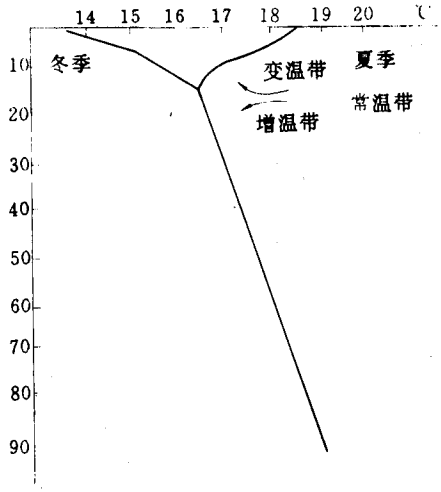


图 10-3 变温带、恒温带和增温带的关系
平顶山 101 孔

10.2.2.1 变温带

处于地壳最上部，是太阳辐射热与地球内部相互作用而形成的，以太阳热的日变化和年变化起主导作用。变温带内温度的变化大体与正弦曲线相等，温度变化幅度随深度增加而减小。位相依次滞后，地表温度日变化影响深度约 1～2m，年变化影响深度可达 20～40m。

10.2.2.2 常温带

是指地表温度年变化对地下温度消失的层带。

这个带内，太阳辐射热的影响逐渐减弱，故温度相对保持恒定。在实际工作中，年温度变化幅度小于观测精度的埋藏深度（仪器精度为±0.1℃）。常温带一般很薄，有时可视为一个面。

常温带的深度和其相应的温度在一定程度上反映了一个地区近地表处浅层的热状况和热历史。它对矿山地温场的评价及深部地温的预测、地热资源的普查与勘探都是十分重要的参数。

10.2.2.3 增温带

处于常温带之下，其温度状况主要受地球内热的控制。增温带的温度随深度的增加而增高，但不能将地壳浅部的温度变化规律看作可无限延伸。其范围仅限于地质结构相似，岩性一致的浅部，到一定深度后，增温的速度将逐渐减缓。

10.2.3 地热增温率

研究矿区的地热增温率，对预测坑内岩石的温度有着十分重要的意义。

地热增温率又称地温梯度，它是增温带中温度随深度增加的比率，其数学表达式为：$G=\mathrm{d}t/\mathrm{d}H$，其单位为℃/100m 或℃/km。其倒数 $S=1/G$，称地热增温级，单位为 m/℃。

增温带内任一点的温度可根据当地实测平均增温梯度（$G_{平}$）来推算，即

$$t = t_{常} + G_{平}(H - H_{常}) \tag{10-1}$$

式中　t——待求温度；

$t_{常}$——当地常温带温度；

$G_{平}$——当地实测平均增温梯度；

H——该点深度；

$H_{常}$——当地常温带的深度。

对于常温带以下的某一点来说，其地温梯度值是常年不变的，但不同地区的地温梯度值确有不同，这主要与当地的地质条件有关，并受其影响。

(1) 岩石的热导率：岩石的热导率主要取决于岩石的成份和结构构造，同时也与岩石的天然含水量有关。具层状构造的岩石，平行层理方向的热导率 $K_{//}$ 均大于垂直层理方向的热导率 $K_{\perp}$（见表 10-4）。多孔岩石含水后，其热导率可以提高，热导率高的岩石，其内部热量易于传导，温度易趋均匀，单位距离的温差较小，地热增温率的数值亦较小。

(2) 岩石或矿石的化学反应：坑内某些岩石或矿石在其发生化学反应时将放出热，如煤和硫铁矿在其发生氧化时就能放出热量（见 10.3）。这一放热反应势必使其内部温度升高，使之与近地表的岩石的温差加大。因而地热增温率增高；相反，与其下伏岩石的温差减小，地热增温率亦相对减小。

(3) 地下水的影响：热的地下水能使岩石的温度升高，冷的地下水甚至在相当的深度下亦能降低岩石的温度，因此，地下水的温度能改变局部地区的地热温度及地热增温率的变化。

10.2.4　地热变化规律的调查

矿区地热场是当地长时期地质发展历史的产物。在研究矿区地热状况时，应详细研究影响矿区地热状况的主要因素，才能分析各种地质背景条件对地热的影响及掌握该区地热变化的规律。影响矿区地热状况的主要地质因素详见表 10-5。地热变化规律的调查，实际就是对表列影响因素的调查。其主要方法是钻孔测温和进行岩石热物理性质的测定。

中国科学院地质研究所以我国部分煤矿、金属矿和非金属矿的资料为依据，拟定了矿区地温类型的初步划分方案（表 10-6）。该方案突出了影响矿区地温场的主要因素。对地温变化规律的研究和制订热害防治措施具有一定的指导意义。

表 10-5　矿区地温场的影响因素

影响因素	简要说明
矿区所在大地构造单元及其活动性强弱	在地壳强烈活动区，如新生代造山区、火山、地震、岩浆活动强烈及高温热泉广泛分布地区，区内地温度、地温梯度大、热流值也大；但在古老的地盾和地台区，地温状况相反
矿区地层的岩石性质	岩性对温场的影响，实质上是岩石热物理性质对热传导的影响，在一范围不太大的、地质条件较均一的地区内，热流值可视为一个常数。不同的岩石，其热导率不同。钻孔中不同岩性地段的增温梯度也会有相应的变化，所以钻孔的温度曲线随岩性的变化表现为一条折线，其转折点所对应的正是不同岩层的分界面
矿区的沉积基底及构造形态	在基底隆起区，由于基底岩系比相邻坳陷区的岩系更为致密，热导率较高，热流向热阻较小的隆起区集中，致使来自深部的均匀热流出现再分配现象，所以在隆起区内，热流值、地温和增温梯度要比坳陷区高。在褶皱地区，由于沉积岩的导热率 $K_{//}>K_{\perp}$，向斜地区的热流向背斜区，致使背斜区的热流、增温梯度和地温较相邻的向斜区高

续表 10-5

影响因素	简要说明
矿区邻近深大断裂	深大断裂是深部炽热物质上升的通道，它们可能是断裂两侧含煤盆地地温偏高的原因。由于地下炽热物质沿断裂上升的具体情况有所不同，故断裂两侧并非到处都出现热异常
地下水活动	地下水的活动方式对地温场影响很大，常有三种情况：1）地下水活动强烈，水温小于岩温；地下水起降温作用，形成低温、低梯度的地温特征。2）大型自流盆地，水温等于岩温；这类矿区的地温及增温梯度正常，G 值一般为 2～3℃/100m。3）上升的深循环热水，水温大于岩温；在热水通道周围形成热异常。如果进入矿区，散热增温能力强，危害严重 处于大规模（影响范围的直径大于深度）热水活动带上方的岩层，通过传导被加温的温度异常与热水温度有如下关系： $$\Delta T = Z\left(\frac{T_W - T_0}{Z_W} \cdot \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}H}\right)$$ 式中 ΔT——温度异常值；Z——所测温度的深度；T_W——热水地下水面的温度； Z_W——热水地下水面的深度；T_0——当地地面年平均气温；$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}H}$——热异常区外的正常地温梯度， 在有地下热水的矿区，研究断裂构造、热水化学成分、热通道的温度场均具有重要意义
局部热源影响	（1）近期岩浆侵入的余热：岩浆余热是否对现代热场仍有影响，决定于侵入时间、侵入体的大小、形状、初始温度、围岩的原始地温场和物理性质，但关键是侵入时间。近地表的侵入体，其年龄超过 50 万年，一般不考虑其对现代地温场的影响 （2）放射性元素的富集：放射性元素的衰变虽然是整个地球内热的主要热源；但在地壳浅部的放射性元素富集矿床，其所产生的热量很小，在开采中并无明显的热异常 （3）硫化矿床的氧化热：近地表的硫化矿床，因氧化生热是一个不可忽视的局部热源。在硫化矿床中，1mol 黄铁矿充分氧化可产生 5400kJ 热量。但这类矿床只要过了氧化带，再向深部，地温可恢复正常

表 10-6 矿区地温类型及其特征

类型	地质特点	地温状况	所属矿区	矿井致热因素	热害防治措施
基底抬高型	一般位于稳定台块的隆起区，或基底断裂显著，沉积盖层发生褶皱断裂的地区，以及在与其它活动带，如中、新生代褶皱带沉降带相毗邻的部位。古老的结晶基底与下古生界岩系和其上的盖层岩石热导率差异较大，热流向热阻小的基底抬高部分集中	热流值偏高，如平顶山矿区为 1.7H·F·u，地温普遍较高，梯度值较大，C、P、Q 地层的平均地温梯度达到 3.1～4.5℃/100m，500m 深温度达到 30～36℃，1000m 深可达 45～50℃	以平顶山矿区为代表许昌铁矿可能属之	岩温高，局部地段煤层下伏太原群及张夏灰岩的承压水顶托渗透或沿断裂上升涌入矿井可加重矿井热害	宜采用综合性降温措施，必要时实行人工制冷降温，防治热水涌入矿井，疏干热水等

续表 10-6

类型	地质特点	地温状况	所属矿区	矿井致热因素	热害防治措施
基底坳陷型	位于稳定台块的大、中型沉降区，结晶基底较深，其上形成古生界或中、新生界沉积盆地。地下水交替不强烈，水温＝岩温为其特征，由于基底和盖层热导率的差异，热流自坳陷中心向外散发	热流值正常或略偏低，新汶矿区平均地温梯度为：2.1～3℃/100m，局部可达到 3.5/100m	以新汶、兖州煤田为代表，淮南、淮北煤田属之	深度小于 500m ～ 600m 的矿井，一般不出现热害。更深的矿井岩温高可出现热害，但发展缓慢有可能涌出与岩温一致的热水，造成或加重矿井热害	以通风降温为主，注意防治热水涌入矿区，疏干热水
深大断裂型	在稳定台块或台块内部的断块结合带上，岩浆活动频繁，构造变形剧烈，多为中、新生代地堑式断陷盆地。热阻高的沉积物直接盖于结晶基底之上。某些地段地壳较薄。上地幔电导层位置高	热流值较高，罗河铁矿为 1.84H·F·u，矿区地温高，梯度大	以沭沂地堑为代表，罗河铁矿、抚顺煤矿可能属之	岩温高，可能热水涌出	综合性降温措施
地下水活动强烈型	以岩溶裂隙发育的下古生界碳酸盐建造铺底的矿区，由于地下水的补给、迳流、排泄条件好，水的交替强烈，水温＜岩温，对围岩及其以上地层起冷却作用	地温普遍低，1000m 深度以内，一般不超过 28℃，地温梯度值＜2.0℃/100m	开滦、京西、峰峰、鹤壁、焦作、淄博等矿区属之	1000m 以内的矿井一般无热害	局部过深的采掘工作面，可有轻度热害，加强通风即可降温
深循环热水型	岩浆活动、断裂错动发育的地区，地下水沿断裂系统渗入地下，被岩温加热，在有利的条件下，热水涌至浅部或出露于地表，上涌途中水温＞岩温	局部热异常，其分布范围和形态特征，与构造断裂的性质规模、活动强度及分布方向有关，一般面积不大，属脉状水或裂隙脉状水	韦岗铁矿、岫岩铅矿、东风萤石矿及 711 矿属之	35 ～ 50℃的高温热水涌出	超前疏放热水，加强井下热水管理；必要时采用人工制冷降温措施
硫化物氧化型	位于浅部的富硫矿床	在富硫矿带的浅部和构造破碎带，由于硫化物氧化生热，造成局部热异常；有的温度极高	铜官山、松树山铜矿、向山、潭山硫铁矿	化学反应放热，岩温高，矿石可能自燃发火	综合性降温措施，脉外开拓，采用密闭大风量通风与强掘快采等

10.2.5 矿山坑道初始温度的预测

矿区地温测量的主要目的之一是为深部水平的开拓、开采设计提供矿山坑道初始温度

进行预测，以便采取措施克服高温对矿山生产的影响。深部岩矿温度的预测，可根据常温带的深度、温度和增温率计算。

10.2.5.1 常温带深度和温度的确定

确定矿区常温带深度和温度，可选择数个能代表矿区一般地质条件且远离人工热源和天然水体的钻孔，进行不同深度、不同时期的地温观测，孔深不小于50m，如果没有钻孔，也可在不同深度的坑道中测量。观测次数一年内至少两次，每年每季度观测一次。

观测结果绘制出常温带深度和温度变化曲线（图10-4）。并在曲线上找出地温变化的拐点，即常温点（或常温带），从而得出常温带的深度和温度。

一年中数次所测地温曲线，不一定交于一点，而在一个不大的范围内变化，可取其平均值。偏离平均值太远的，应分析原因，并予以重测。

如果一个地区没有测温资料，可利用当地气象资料按下列公式估算：

$$H_{常} = 19.1H_{日} \tag{10-2}$$

$$t_{常} = t_{1.6\sim3.2} \pm 0.006H \tag{10-3}$$

式中 $H_{常}$——常温带深度；

$t_{常}$——常温带温度；

$H_{日}$——地表温度日变化影响深度；

$t_{1.6\sim3.2}$——深1.6～3.2m处的多年平均温度；

H——所求常温点与当地气象台站观测1.6～3.2m处温度观测点的高差（前者高于后者取负）。

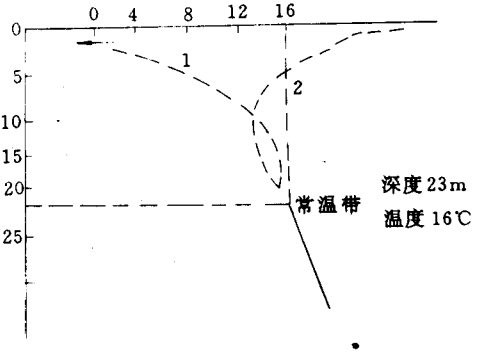


图10-4 常温带观测的 H—t 示意图
1—1978.1.14观测；2—1978.7.24观测

10.2.5.2 地热增温率的确定

根据地面钻孔或井下测温资料，用条目10.2.3所述公式 $G=d_t/d_H$ 进行计算。

(1) 利用井下测温资料计算不同深度的增温率：

$$G = \frac{T - T_{常}}{H - H_{常}} \tag{10-4}$$

式中 H、T——测温点的深度和温度；

$H_{常}$、$T_{常}$——常温点的深度和温度。

(2) 利用准稳态测温资料，按常温点和井底（或中性点）的温度和深度计算钻孔的平均增温率：

$$G_{平均} = \left(\frac{T_A - T_{常}}{H_A - H_{常}}\right) \times 100\% \tag{10-5}$$

$$G_{平均} = \left(\frac{T_B - T_{常}}{H_B - H_{常}}\right) \times 100\% \tag{10-6}$$

式中 H_A、T_A——井底实测的深度和温度；

H_B、T_B——中性点的深度和温度。

(3) 利用稳态测温资料，分别计算不同深度或不同岩层的增温率：

$$G = \left(\frac{T_{上} - T_{下}}{H_{上} - H_{下}}\right) \times 100\% \tag{10-7}$$

式中　$H_{上}$、$T_{上}$——上部测温点的深度和温度；

$H_{下}$、$T_{下}$——下部测温点的深度和温度。

10.2.5.3　*矿山深部坑道初始温度的预测*

增温带内，深部坑道开始温度可按下式计算：

$$T = T_{常} + G(H - H_{常}) \tag{10-8}$$

式中　T——预测中段的温度；

H——预测中段的深度。

一个地区温度场受许多因素控制和影响，在选择向深井外推用的平均梯度值（G）时，应具体分析，并作相应调整。若预测深度内，岩体热物理性质及其它影响地温的地质因素与上部已测地段近似，则可认为上下两段增温率相同。用上述计算法或将温度曲线直接向下延伸，即可求得预测深度的近似温度值；若预测深度内上、下两段岩体热物理性质相差悬殊，则可根据本地区同一构造部位的相邻钻孔、相同岩性的增温率推算下段岩体的温度。

10.2.6　矿山地热的利用

地热（包括地下热水）是矿山灾害之一。随着采深加大，其危害将愈加突出，但在一定条件下，地热又可作为能源加以利用。

我国北方冬季气温极低，当井筒内有淋帮水时，往往发生冰冻，造成卡罐、坠罐、落冰伤人和管道冻裂事故。为防止进风井冬季结冰，可采用对进风预热的办法，保持冷热混合的温度经常在 2℃以上。

矿山调热大多利用废旧井巷和采空区，使冷空气先从废旧井巷和采空区与围岩进行热交换，升温后再进入矿井。这种预热方式投资少、营建费用低、施工简单方便、风温稳定，值得推广。

如果选用的调热巷道长度不足时，在其它有利条件下，可考虑利用矿井水的热量。即把矿井涌出的热水，通过安装在调热巷道中的热交换器（暖气片）来加热进风，水量大小应以保证进风温度不低于 2℃为宜。

现将我国部分矿山利用地温预热空气的实例，列于表 10-7，以供参考。

江苏韦岗铁矿还将坑下排出的温水用于人工养殖河鳗，获得成功。

除此之外，地热作为一种很有前景的能源，已受到国内外的普遍重视。意大利于 1913 年建成第一个 25kW 的地热发电站；我国广东丰顺、河北怀来等地也于 1971、1972 年相继利用地热发电；天津地区将 30～50℃的地下热水直接用于锅炉和冬季取暖；湖北、天津等地利用地下热水调节稻田水温、解决春寒早稻的灌溉和烂秧等问题，都取得了成功的经验。因此，加强地热的综合利用，既可补充能源的不足，又可减少对环境的污染。

表 10-7 我国部分矿山利用地温预热空气实例

矿山名称	矿山地理位置	气象条件	调热巷道			岩石种类	预热效果		预热风量 (m^3/s)	预热 $1m^3$ 空气至 2℃所需调热巷道面积 (m^2)	应用调整巷道预热空气需增加的设备	原用蒸气锅炉采暖所需设备及燃料消耗	开始采用调热巷道的年份
			长度 (m)	面积 (m^2)	周长 (m)		起 (℃)	止 (℃)					
青城子铅矿二道沟	辽宁凤城县	全年冰期4～5个月。最低气温－30℃	500	4000	8.0	白云岩	－13	2	15.5	260	70BL-21-NO-18 型 190kW 的辅扇一台	5M-15K 型锅炉 2 台 50kW 风机一台，煤耗每天 8t	1967
青城子铅矿二道沟	辽宁凤城县		950	10450	6.7 8.4	白云岩	－23	4.1	20	300	风量 45～55m^3/秒，风压 215mm 水柱的辅扇一台	煤耗冬季 750t	1966
临江铜矿	吉林省东部	最低气温－31～－33℃	645	4780	7.4	花岗岩闪长岩	－21.5	4	8	283	11kW 局扇 4 台并联		
桓仁铅矿	辽宁本溪市	全年冰冻期5个月最低气温－30℃	760	6490	8.55								1964
柴河铅矿红旗坑	辽宁铁岭市		820	6640	8.1	白云岩	－17.8	2	25.7	260			
红透山铜矿红坑口	辽宁清源县	最低气温－30℃以下		3800			－20.4	5.6	13.9		6 台总风量 $20m^3$/sec 局扇并联		1975
五龙金矿二号坑	辽宁丹东市	一月份最低气温－16℃	900	6840	7.6		－16	8.6	24.5		9 台总风量 $30m^3$/sec 局部并联 11kW 局扇 5 台		
华铜铜矿	辽宁盖县	全年冰冻期4～5个月，最低气温－27℃	400～500	3000～3750	7.5		－6	11～14	19	198	单翼对各式通风时增设辅扇一台		1956
石嘴子铜矿	吉林省	最低气温在－30℃以下	800～900	3200～3600	4	大理岩石灰岩	－20	9	16.7		辅扇一台	煤耗，冬季 3500t	1965

10.3 矿石（或围岩）自燃的调查

10.3.1 矿石（或围岩）自燃及其对矿山环境的影响

某些矿床中，矿石或围岩的氧化性能极强，特别是当其成为松散状态时，可在强烈的氧化作用下引起自燃。矿石或围岩的自燃现象以煤的自燃最为典型，其次是金属硫化物矿石。

导致矿石或围岩发生自燃的根本原因在于其本身的化学成分、物理性质和矿床赋存特点。其次是采矿技术，诸如采矿方法、通风方式、矿石损失状况、矿石堆放方式和堆放时间等。煤和硫铁矿采落后，若不及时运出坑外，散堆放的矿石经强烈的氧化作用，不断聚集热量，在不良的通风条件下，当矿石温度超过温升加速点（即当温度升到一定程度后，可出现自热的转折点）后，氧化自热速度急剧加快，终于到达燃点，从而发生自燃现象。

矿石或围岩的自燃，不仅可以引起坑内火灾，损坏设备，危害作业安全，造成矿产资源的重大损失，而且对自然生态环境带来极大的危害。如煤（及矸石）在自燃过程中，吸收 O_2，放出 CO、SO_2、CO_2、H_2O 和大量的热，一方面使坑内空气中 CO 含量增加至 100～几百 ppm（国标规定＜24ppm），而出现井下作业人员中毒；另一方面因燃烧所释放的热量使坑内温度上升，超过允许最高温度（26℃）而成为热害。硫化矿物自燃过程中，释放出 CO、SO_2 硫酸 蒸气和大量的热，一方面影响坑内环境，另一方面转入大气，形成酸雨，对农作物、建筑物产生危害，以至造成整个矿区的环境污染。

10.3.2 预防矿石（或围岩）自燃的地质调查

预防矿石或围岩自燃必须注意两个方面的问题，一是从地质因素入手，查明可能产生自燃危险的地段，为生产和安全技术部门制订预防措施提供科学依据。二是在开采过程中采取防止自燃措施，如灌浆隔氧、阻化隔氧、快速切割、快速回采、提高回收率、少留矿柱和及时封闭等。

在矿山地质工作中，为预防自燃应调查下列因素或条件。

（1）矿石成分及结构构造：矿石成分和结构构造是决定其是否产生自燃的基本因素。矿石中不同的硫化矿物其氧化活性和自燃倾向均不相同。以安徽某铜矿为例，该铜矿石中，黄铁矿的自燃倾向性大于磁黄铁矿、黄铜矿等其它硫化矿物；而胶状黄铁矿的氧化活性和自燃倾向又比海绵状或块状黄铁矿大。

（2）断裂构造发育程度：构造裂隙，特别是新构造裂隙的存在，可以促进矿石的氧化和自燃。因此，对矿床中各区段的构造裂隙发育程度和分布规律应进行详细的调查研究。

（3）围岩及矿石的热参数：实验证明，当岩石及矿石的导热系数较小时，矿石氧化所产生的热量逸散少而易于引起自燃。因此，调查围岩及矿石的热参数，可以使我们在一定程度上判断矿石自燃是否发生和蔓延。热参数的调查成果还可供矿山安全技术部门作为采取预防自燃措施的参考。

（4）矿床水文地质条件：地下水的不同分带类型，含氧程度不同，对矿石的自燃亦有不同的影响。一般情况下，垂直流动带，含氧量高，具有最强的氧化能力；水平流动带及停滞水带则几乎不具氧化能力；但由于矿山开采过程中的排放、疏干，地下水的垂直流动带可下降至硫化矿物所占位置，加之开采坑道引入大量空气，而使水平流动带或停滞水带

有用的资源变为废物进入环境而造成危害。以煤为例，由于陈旧的设备和炉灶中沿用落后的技术直接燃烧使用，使燃煤成为我国大气污染严重的主要根源。燃煤排放的主要大气污染物有粉尘、CO、CO_2、SO_2、H_4C、NO 等，其总量约占整个燃料燃烧排放量的 96%。

表 10-1 比较了我国和国外一些大城市的大气污染情况

表 10-1 我国一些大城市的大气污染情况和国外的比较

地 点	SO_2 $\mu g/m^3$	飘尘 $\mu g/m^3$	NO $\mu g/m^3$	降尘 $t/km^3 \cdot m$
北京（1979）夏季	40	470	110	21.2
冬季	160	598	135	35.8
沈阳（1978）夏季	70	550	37	43.03
冬季	160	1093	52	
上海（1978）	130	400		33.7
兰州（1979）冬季	219	1350		35.9
重庆（1979）	780	1860		103
郑州（1978）夏季	58	423		
冬季	90	778		
伦敦（1978）	118	47	52	2.12
东京（1978）	93	140	78	
洛杉矶（1973）	—	114	125	

20 世纪 50 年代以来，由于工业的迅速发展，在世界一些地区先后发生重大环境污染事件，如 1952 年伦敦烟雾事件，四天中死亡人数较常年同期约多 4000 人。1961 年日本四日事件，引发哮喘病，至 1972 年全市共确认哮喘病患者达 817 人，死亡 10 余人。从而，引起了人们对环境污染的普遍关注。

环境污染有不同的类型。

（1）按环境要素可分为大气污染、水体污染、土壤污染等；

（2）按污染物质可分为生物污染、化学污染、物理污染等；

（3）按污染物的形态可分为废气污染、废水污染、固体废物污染以及噪声污染、辐射污染；

（4）按污染产生的原因可以分为生产（工业、农业、交通）污染和生活污染；

（5）按污染物的分布范围可分为全球性污染、区域性污染、局部性污染。

10.1.3 环境地质学

是应用地质学原理，研究人类工程—经济活动与地质环境之间的相互作用，预测自然和人为因素引起环境地质问题的发生、发展规律，从而制定改造、利用和保护地质环境的规划、措施和方案，达到预防或减轻地质灾害，保护和改善地质环境的一门综合性地质学科。

环境地质学主要研究人类活动和地质环境的相互关系，包括：

（1）由地质因素引起的环境问题。如火山、地震、滑坡、泥石流等现代地质过程引起

逐渐富氧而导致硫化矿物自燃。因此，查清矿床的水文地质条件，有助于对矿石自燃采取预防措施。

(5) 矿床的埋藏条件。实践证明，硫化物矿石的自燃多发生在一定的深度，如硫化矿物的次生富集带及其附近。此外，与各矿体间的相互关系和矿体产状有关。若矿体间互不相连，其间隔则可形成天然隔离区，有利于防止自燃的蔓延；当矿体倾角较陡，放顶后假顶的残矿和坑木集中压在开采地段上，积压愈多，时间愈长，则越易引起自燃。

上述调查结果应综合反应在相关的地质图件上，并划分出产生自燃的危险区，作为采取预防矿石自燃措施的参考。

10.3.3 识别初期自燃火灾及扑灭自燃火灾中的地质调查

目前，识别初期自燃火灾的方法有：空气成分分析法，即测定空气中 O_2、CO、CO_2 的含量，计算出火灾指数；辅助指标测定法，即测定风流、温度、矿岩温度、分析地下水的酸性成分；此外尚有红外线火源探测法和人们的主观感觉等。许多自燃火灾标志属于地质现象，因此，矿山地质人员应对其现象进行详细调查，以协助安全部门预测火灾发生的可能性，圈定火区的范围及蔓延或熄灭的方向。其地质方法有：

10.3.3.1 坑内地下水分析法

硫化物矿床火区里流出来的地下水中 Cu、Fe、SO 的浓度有显著增高的趋势，显示了水中硫化物与空气中氧的相互作用后的初期生成物。如某硫化物矿床，火区外水中铜含量仅千分之几 g/L，而从火区流出的水中铜含量可渐增至 5～10g/L，铁含量从 0.05g/L 增至 8～15g/L，硫酸（包括游离状态和化合物）含量从 0.05g/L 增至 30～50g/L。所以，系统分析坑内各地段涌水的成分，在一定条件下可以查明矿石自燃是否发生以及发生的地段。

10.3.3.2 矿物学——地球化学法

在强烈的氧化条件下，矿体中的化学反应能够生成一些特殊矿物，如胆矾、铁矾等。这些伴生矿物按其成因可专门构成一类，即所谓“地下火灾矿物”，火灾的不同阶段都因生成不同的伴生矿物而区别于其它阶段。利用这一特殊的地球化学作用过程及其产物，地质人员便可对已知火区及其附近的再生矿物进行系统研究，掌握其矿物种类和分布规律，以用于对未知火区进行预测。

10.3.3.3 利用地层等温线圈划火源法

为确定火区界限，应在强烈氧化区（自燃区）的范围内，沿长度和宽度方向，每隔 5～10m 设一测点测量岩矿的温度，把各测点温度填写到采区垂直剖面图和水平断面图中，作成等温线图。根据该等温线图即能查明区内有无危险性升温现象；确定升温地带的边界；研究初期火灾在时间上的演化过程及其在某过程中火灾加剧或减弱的原因；确定火灾在不同范围内蔓延的方向和速度。

10.3.4 硫化物矿床内炸药自爆问题的地质调查

某些硫化物矿床，在爆破过程中，有时发生药包自动爆炸的现象，其特点是：响炮前有大量 NO_2 气体从药包处冒出，随后不久就响炮。试验研究表明，这种自爆现象与地质因素及环境条件相关。其中最主要的是黄铁矿的存在及其氧化状况，即局部地段含量颇高的黄铁矿和水常是引起药包自爆的主要物质。当它们与硝铵炸药接触时，能够降低炸药的燃爆点，并使其在低温条件下分解产生二氧化氮。其化学反应过程如下：

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4 + 2576.59 \text{ 焦耳}$$

硫酸亚铁不稳定，进一步氧化成硫酸铁：

$$12FeSO_4 + 6H_2O + 3O_2 \longrightarrow 4Fe(OH)_3 + 4Fe_2(SO_4)_3$$

硫酸铁作为氧化剂又与黄铁矿反应：

$$FeS_2 + Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O + 3O_2 \longrightarrow 3FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

上述反应生成的 H_2SO_4 和硝酸铵反应生成 HNO_3，而 HNO_3 再与黄铁矿作用产生 NO_2 其反应过程如下：

$$H_2SO_4 + NH_4NO_3 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + 2HNO_3$$

$$4HNO_3 + 4FeS_2 \longrightarrow 2Fe(SO_4)_3 + 2H_2SO_4 + O_2 + 64NO_2\uparrow + 30H_2O$$

生成硫酸铁的反应能促进黄铁矿的氧化反应，而黄铁矿氧化反应的产物——硫酸，进一步加速了最后两段反应式的进行，上述反应相互促进的结果，最终导致炸药燃爆。

为防止自爆事故，地质人员必须注意调查可能引起炸药自爆的地质条件，这些条件不同矿床有所差别，据某硫化物矿床矿山的研究是：矿石中黄铁矿的含量，一般大于 30%；硫酸亚铁和硫酸铁的铁离子之和一般高于 0.3%；矿石中含有 3～14%的水分。这些地质条件的调查可与原始地质编录和矿产取样工作结合进行。

10.4 矿山污染源的地质调查

矿山既是矿物原料的集中产地，又是产生有害物质，造成环境污染的重要发生源。矿山污染源根据矿山污染的起因和性质，分为天然污染源和开发污染源。

天然污染源是指具有污染性质的地质体；开发污染源是指在矿山生产过程中产生的开发废物，如废石、尾矿、冶炼矿渣等。两者成了整个矿山及其周围地域的环境污染系统。

矿山污染源的地质调查，是矿山环境地质评价的重要组成部分，也是矿山环保工作的基础，矿山地质部门必须予以高度重视。

10.4.1 天然污染源的地质调查

10.4.1.1 天然污染源及其对环境的污染

天然污染源指赋含有害元素或化合物的矿床、围岩等地质体，通过各种自然机理作用向环境释放的有害物质量超过自然本底值就会造成环境污染，其污染途径有二：

(1) 通过空气污染：如硫化物矿体经风化作用产生的 SO_2、H_2O，铀及其伴生铀矿床蜕变产生的氡气等，经大气传播引起矿区空气污染。

(2) 通过水污染：包括物理风化过程中产生的碎屑物质，被流水冲刷、搬运到某些地段造成的污染和化学风化过程中形成某些可溶性水化物或重金属离子，经地表水或地下水搬运，在水体或土壤中扩散而造成的水土污染。

10.4.1.2 天然污染源地质调查的内容

(1) 矿床的地质条件：包括矿床规模、空间分布、埋藏条件、矿体和围岩风化情况、矿石类型、矿物成分、结构构造、物理化学性质和有用组分及伴生组分的种类和含量等。

(2) 与元素污染扩散有关的地质条件：如矿区地形、地貌特征、地质构造发育状况、水文地质条件等。

(3) 地质体污染状况：包括地质体内有害成分及其在矿区不同地段的实测含量、矿区

周围地域的自然本底含量；污染途径及范围；污染所造成的影响及危害。

调查方法一般包括现场调查、地质编录、取样化验及资料综合整理等。

10.4.2 废石污染的地质调查

10.4.2.1 废石及其对环境的污染

废石指采矿过程中产生的固体废弃物。据统计，我国黑色金属矿山每年排弃废石3.2亿吨，有色金属矿山排弃4000多万吨，煤矸石约1.3亿吨，仅开滦煤矿矸石山堆积量已超过3000万立方米，占地4500亩。废石不仅侵占土地，破坏自然景观，而且其成分复杂，有可能含一种或多种有害成分，甚至放射性物质，可污染矿区及周围环境，构成严重的社会公害。废石对环境的污染途径有：

(1)通过空气污染：废石堆中的硫化矿物与空气接触，可因强烈氧化而释放出SO_2、CO、H_2S、NO等有害气体，经过空气传播污染环境。

(2) 通过水的污染：废石细粒碎屑受大气降水和地表水的冲刷，搬运到异地，造成水土污染；部分废石以化学作用，形成富含有害重金属离子及其化合物的水渗漏到地表水及地下水中，造成水土污染。

(3) 通过废石堆放的污染：废石堆放的不稳定引起岩堆移动和泥石流等灾害。

10.4.2.2 废石污染地质调查的内容

(1) 矿床围岩及夹石调查：包括围岩及夹石的构成及其污染物含量；年采掘或采剥比等。

(2) 废石堆放场地的调查：包括废石堆积量、占地面积；堆积形态及分布范围；堆积场地的地形、地貌、水文及工程地质条件；与废石堆放场地有关的采矿工程设计方案及开采历史等。

(3) 废石污染状况的调查：包括废石对环境的污染途径；迁移扩散与富集部位及影响范围；废石堆放所侵占土地、山村、水系情况及其造成的危害；废石污染造成矿山及周围地域水质和土壤环境质量下降情况。

(4) 废石污染控制效果的调查：包括合理堆放方式与稳固措施：土地复原及再植情况；废石堆污水和净化处理措施；废石综合利用所取得的效果等。

调查的方法是通过对废石产生量的统计，废石堆的取样、分析及调查资料的综合整理，绘制废石污染分布图或在矿山污染图件上圈出废石堆放及污染界线。

10.4.3 尾矿污染的地质调查

10.4.3.1 尾矿及其对环境的污染

尾矿是选矿中排放出的废弃物。据统计，我国黑色金属矿山尾矿年排出量约3亿吨，有色金属矿山尾矿年排出量7500万吨。尾矿大量排放，严重破坏了土地资源的自然生态环境，特别是近年来新建地方小选厂，大多没有正规尾矿坝，尾矿砂多沿沟谷、河流、洼地任其自流，加剧了对矿区环境的污染。尾矿对环境的污染途径有：

(1) 通过空气污染：粒径极细（$<10\mu m$）的尾矿干燥后会随风飘扬形成飘尘，污染大气，严重时可造成周围环境人工矿化。

(2) 通过水的污染：尾矿随水搬运，可淤塞河道，损害农田；选矿酸性废水（有时是碱性）含有大量有害的重金属离子及其化合物，连同选矿所用的有毒药剂（氰化物和亚硫酸钠等），严重污染周围水系及土壤，危害人体健康，影响农作物、森林、禽畜和鱼类的生

长。

(3) 通过尾矿堆放的污染：尾矿堆放侵占土地，破坏自然景观，特别是尾矿的任意排放和坝址的不合理布置，对环境危害更大。

10.4.3.2　*尾矿污染地质调查的内容*

(1) 尾矿排放堆放状况的调查：包括尾矿的排放方式、年排放量及累计排放总量；坝址的布局和占地面积；尾矿坝或堆放场地的地形、地貌、水文地质及工程地质条件；与尾矿坝址有关的选矿工程设计，矿山总体设计、选矿产品结构与生产历史等。

(2) 尾矿污染状况的调查：包括尾矿对环境的污染途径、扩散影响范围；尾矿侵占土地、水系、土地砂化和破坏自然景观情况，尾矿化学污染及其造成的危害。

(3) 尾矿污染控制效果的调查：参考废石污染控制效果调查的有关内容。

调查方法是通过对尾矿产生量的统计，尾矿的取样分析和调查资料的综合整理，并绘制尾矿污染分布图，或在矿山环境污染图件上圈出尾矿堆放及污染界线。

10.4.4　矿渣污染的地质调查

10.4.4.1　*矿渣及其对环境的污染*

矿渣即炉渣，其成分十分复杂，许多矿渣具毒性、腐蚀及放射性等有害性质。

矿渣的大量排放，严重污染大气、水和土壤，亦可危害人体健康，已形成社会一大公害。现将几种主要矿渣的物质成分及年排放量列于表 10-8。

矿渣对环境污染途径亦是通过空气、水及矿渣本身，污染过程与尾矿极为相似，只是矿渣在燃烧过程中，会逸出有毒气体，污染大气。此外，矿渣深埋处理时，若池底封闭不严，将导致地下水的污染。

表 10-8　几种主要矿渣成分及年排出量

矿渣种类	主要物质成分	我国年排出量 (万 t)	美国年排出量 (万 t)
高炉渣	Ca、Si、Al、Mg、Mn、S 氧化物	2100	2700
钢渣	Ca、Fe、Si、Mg、Al、Mn、P 的氧化物	600	1700
氧化铝渣（赤泥）	Ca、Si、Al、Fe 的氧化物	205	>1000
煤灰渣	Si、Al、Fe 的氧化物及少量硫化物	3700	6500
铜铅锌渣	Ca、Si、Al、Fe 的氧化物	300	

10.4.4.2　*矿渣污染地质调查的内容*

(1) 企业生产概况的调查：查明企业规模、冶炼炉等设备类型、产品及产量。

(2) 矿渣排放状况的调查：包括矿渣所处位置和分布，历年累计堆积量和占地面积；排放方式（堆放位置或直接排入河道），排放规律（连续排放或间歇排放）、排放强度（即单位时间内的排放量）。

冶金矿渣产生量可按下式计算：

$$Z = G \cdot q \tag{10-9}$$

式中　Z——矿渣产生量 (t/a)；

G——铁或钢产量 (t/a)；

q——渣铁比（可在 0.3～0.9 范围内取值），或渣钢比（平炉为 0.25，转炉为 0.2

～0.25，电炉为0.1～0.2）。

（3）矿渣污染状况的调查同尾矿内容。

（4）矿渣污染控制效果调查同尾矿内容。

（5）调查方法亦同尾矿类似。

10.5 矿山水土污染的地质调查及质量评价

10.5.1 造成矿山水土污染的有害成分

造成矿山水土污染的物质成分极为复杂、多样，直接或间接来自地质体的有铜、钼、铅、锌、铬、锰、镉、汞、氟、硫及放射元素等。按元素的性质及其对人体的危害程度可分三类：

10.5.1.1 生物毒性极强的元素

包括汞、镉、铅、铍、砷和放射性元素。常导致人体内肝、肾和心血管器质性病变、如水俣病、骨痛病、蛤蟆病、黑脚病以及破坏遗传基因、致畸、致癌。

10.5.1.2 具有一定毒性但又为生物所需要的元素

包括钼、锌、铜、硫、锰、铬、氟等。这些元素在水土中的含量过低或过高都会导致人体发生病变。如环境中钼含量过低会出现地区性的水土病；钼含量过高又可能发生骨质损伤病变。

10.5.1.3 负污染元素

包括碘、钙、镁、硒、锗等。这些元素在水土中含量过低会导致人体病变。如硒是人体、动物和部分植物必需的微量元素。硒对环境中致癌物质有解毒效应，亚硒酸钠对克山病有较好的预防效果。

10.5.2 矿山水土污染及其危害

10.5.2.1 矿山水土污染及其原因

天然水体和土壤对排入其中的某些污染物质有一定的容纳限度，在限度范围内，它能通过自净作用，使污染物浓度降低，最终恢复到原洁净状态。但当污染物的排入量超过水、土的自净能力时，则水土受到污染，从而影响水的有效利用，使土壤自然正常功能失调，恶化水土质量，破坏人类及其它生物赖以生存的自然环境。导致矿山水土污染的因素有：

（1）自然因素：因元素的地球化学性质和成矿地质作用的影响在矿床周围常形成某些元素的自然扩散，以及风化作用导致的元素迁移，均可引起矿区水土质量的变化。由自然因素所造成的环境污染，称原生环境污染。

（2）人为因素：因矿山生产活动所产生的矿业“三废”导致的矿区水土污染，称次生环境污染。特别是矿山废水，多酸度高、悬浮物浓度大、并含有有毒重金属离子，若不经处理直接排入水土，将造成严重污染。

生产矿山所产生的水土污染多是上述两者的结合。

10.5.2.2 矿山水土污染及其危害

矿山水土污染所造成的危害是多方面的，就其对人体健康的影响而论，有如下几种情况：

（1）元素含量失调引起的病变：人体血液中多数元素的平均含量与克拉克值有着明显

的一致性，证明人类最适于生活在正常的或与克拉克值相近的地质环境中。反之，当环境中某些元素被人体摄入过多或不足，都将引起体内器官组织的病变。如某地区水土中缺乏人体所需要的碘含量时，会导致当地居民患甲状腺肿大。地方性氟中毒亦系该地区水土中氟含量过高所致。

(2) 矿物元素剧毒性造成的危害：具生物毒性的元素，在水土中化学性质稳定，难为微生物所降解，易在底泥、土壤及作物中富集，通过食物链进入人体，并在某些器官蓄积造成危害。其特点是：1) 微量浓度即可产生毒性效应；如饮用水中铅含量超过 0.1～1mg/L，即可引起铅中毒。2) 使人体遭受器质性破坏，难于彻底治愈；3) 中毒范围大，可在短期内大面积人群中发生，如日本的汞、镉中毒事件。

(3) 放射性物质内辐射对人体的危害：放射性物质通过饮用水和食物链等途径进入人体，在某些器官内逐渐积累，多种射线引起的内辐射（主要 α 射线辐射）损害人体器官，甚至致癌 。

此外，水土污染还可对农业、渔业造成危害。例如，某些矿坑水污染可引起土壤酸化或盐渍化；积累在土壤中的某些元素被植物吸收富集到达一定限度时，可使植物中毒，损害农作物的根系功能，妨碍发育生长，影响产量。据日本调查表明（表 10-9），土壤含铜量与水稻产量呈负相关消长。又如，水中有害元素含量过高将恶化水生生物生存环境，若淡水中铜含量超过 0.01～0.02mg/L，锌含量超过 0.15～0.7mg/L 时，可使鱼类致死。

表 10-9 土壤含铜量与水稻产量的关系

土壤含铜量（%）	0	0.001	0.025	0.05	0.1
水稻产量（%）	100	76.7	42.7	17.4	0

10.5.3 矿山原始环境地质调查和质量评价

10.5.3.1 矿山原始环境地质调查

该项工作应作为矿床地质调查的一部分在建矿前的地质勘探阶段进行。其目的在于查明尚未采掘的地质体是否可能成为污染源及可能污染的程度，为矿山开采后控制环境污染提供地质依据。其调查内容包括：

(1) 原始环境地质条件的调查：包括对矿区原生及风化岩（矿）石进行取样，查明地质体可能造成污染的有害物质种类、赋存状态、含量及分布规律；在可能产生污染的矿山应圈出污染源分布范围，如矿床污染或地热污染源等，并填绘在矿区地形地质图上；对矿区地表水体和地下水进行水质取样，查明可能存在的有害物质的种类及浓度，了解自然污染状况；将水质分析与岩（矿）分析结果进行对比，查明元素流失及与污染扩散有关的水文地质条件。

(2) 矿区及其周围水土病的调查：查明水土病与原始地质环境及水文地质条件的联系，如高氟病发区与存在高氟水文地质条件的联系。

10.5.3.2 矿区及其原始环境地质质量评价

该评价是在矿山原始环境地质调查工作基础上进行的，主要包括两方面内容：

(1) 原始环境地质条件的评价：对地质体中的有害物质种类及含量，可能对环境造成污染的危害程度和影响范围进行分析与评价，并对采后废石、尾矿和矿坑水中有害物质的可能含量进行概略预测。

(2) 原始环境污染状况的评价：一般只做单个环境要素（如水、土壤等）的质量评价，为便于与地质勘探过程中的水文地质调查工作相结合，建议做水环境质量评价为宜，它是以国家颁布的环境质量标准或区域环境背景作为评价标准，根据环境要素中有害物质的平均含量超过评价标准的程度，来评定矿山原始环境质量，并可根据计算出的环境质量指数（条目 10.5.4）划分污染等级。

10.5.4 矿山水土污染现状的环境地质调查和质量评价

10.5.4.1 矿山水土污染现状的环境地质调查

该项调查是在矿山原始环境地质调查的基础上进行的，其任务在于查明矿区水土中的有害物质及其来源、污染程度及所造成的危害，以便控制污染，保护人体健康，保护生态环境。其调查内容包括：

(1) 水土中主要有害物质及其来源的调查：查明水土中可能造成污染的有害物质及含量；弄清水土中有害物质是来自自然污染源或来自开发污染源；特别需要注意矿业“三废”与水土污染之间的关系，为有针对性控制污染，要分别对以废石堆、尾矿库中流出的水流及矿坑排水、选矿废水等进行短期取样分析，并将分析结果与原始水流成分和数量（根据水流上游监测结果）对比，确定造成污染的主要原因。

(2) 水土污染程度及所造成危害的调查：根据水土中有害物质浓度与评价标准进行比较，查明污染的超标情况，了解污染等级；配合有关部门在矿区一定范围内对开采前后及开采的不同时期发生的地方病变进行调查，了解疾病种类、起因、危害程度和影响范围。对因矿业“三废”引起的疾病，应查明致病元素迁移变化规律，为疾病防治提供依据；查明水土污染对矿区农业及鱼业所造成的危害。

10.5.4.2 矿山水土污染现状的环境地质质量评价

是通过矿区水土监测资料的分析与环境质量标准进行对比和数学模拟确定的。

(1) 水土环境质量评价标准：对矿山水土环境质量的评价以国家颁布的环境质量标准或环境背景值作为依据。

水质污染评价：水质评价应以我国颁布的水质标准为依据。本文仅将生产饮用水中某些毒性显著的元素的最大允许浓度列于表 10-10。

表 10-10 饮用水中部分元素的最大允许浓度

元素	最大允许浓度 (mg/L)	元素	最大允许浓度 (mg/L)	元素	最大允许浓度 (mg/L)	元素	最大允许浓度 (mg/L)
铜	1	硒	0.01	铬（六价）	0.05	氟化物	1
锌	1	汞	0.001	铅	0.05		
砷	0.05	镉	0.01	银	0.05		

土壤污染评价：由于矿山所处区域环境特点各有不同，按统一标准进行评价困难较大，一般以区域土壤环境背景值作为评价标准。

(2) 水土环境质量评价方法：环境质量评价目前还处于探索研究阶段，通用的有两种方法，可供矿山水土环境质量评价工作选用。一种是将监测结果与环境质量标准比较，确定监测结果的超标情况，以超标率、检出率作为评价环境质量的依据；另一种是根据污染物的实测数据，选择影响最大的几种污染物作为参数，按各污染物的相对危害程度进行加

权组合成单值，以环境质量指数或模式作为评价环境质量的依据。

水土环境质量可用各单个要素的环境质量指数（EQI）和综合环境质量指数（ΣEQI）表示，每单个要素的 EQI 又由单一污染物的分指数组成。其计算有二：

1）均值法：以各污染物分指数的加权均值组成综合指数（K）即：

$$K=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}W_iI_i \tag{10-10}$$

$$I_i=\frac{C_i}{S_i} \tag{10-11}$$

式中　n——污染物种类；

W_i——某污染物权重值；

I_i——某污染物分指数；

C_i——某污染物实测浓度；

S_i——某污染物评价标准。

2）梅罗水质综合指数法：该法不仅考虑了各种重金属污染分指数的平均状态，而且考虑了其中污染最严重的重金属污染分指数。

$$P=\sqrt{\frac{\text{最大}(C_i/S_i)^2+\text{平均}(C_i/S_i)^2}{2}} \tag{10-12}$$

式中　P——水质指数；

其它符号同前。

根据计算所得的综合指数，可将矿山水土污染状况分为清洁、轻污染、中污染和重污染四个等级。

（3）评价的基本要求：合理布置监测网点，监测数据必须准确、可靠；污染参数选择要有代表性并能为常规监测仪所监测；确定合理的环境质量评价标准，建立能反映区域背景特征的“环境本底值”。

10.5.5　矿山环境地质监测

环境地质监测多采用监测网在设置的测点上定期收集数据，用以了解污染物的成分、含量、污染程度、影响范围和控制污染所取得的效果，从而确定矿山的环境污染状况。

10.5.5.1　监测项目

就水质监测而言，包括水的理化性质（水温、溶解度、酸碱度、硬度、浑浊度、悬浮固体、溶解氧等）；常见的污染物（各种有害元素及其化合物、氟化物、氰化物和有机毒物等）；水文、气象（流量、流速、水深、风向、风速、空气温度等）条件等。

10.5.5.2　监测方法

主要采用物理测定和化学分析方法。要求仪器具有较高的精度，能测到痕量（1μg 到 1mμg）甚至更低。此外，也常利用生物对环境的反映作为辅佐物及测定的手段。

10.5.5.3　监测点的设置

监测网点应分别布置在污染发源地、可能产生污染的地带和未受污染或轻微污染的地区。按一定间距设点，水样采取深度一般在水面以下 30cm 处。

10.5.5.4 监测数据的统计及资料的综合整理

将监测所得数据分别统计，绘成图表，在分别研究的基础上编写成监测报告。

10.6 矿山空气污染的地质调查

10.6.1 有害气体的污染与危害

10.6.1.1 空气中的有害气体及其来源

矿山生产过程中所产生的有害气体有一氧化碳、氮氧化物、二氧化碳、硫化氢、氡气及其子体等，来源如下：

(1) 岩矿爆破产生的炮烟：爆破所用炸药由碳、氢、氧、氮四种元素组成。由于爆破过程中岩矿的某些组分参与了炸药的化学反应，或起了某种触媒作用，所以有害气体的生成量除与炸药成分、浓度有关外，亦与岩矿石类型有关。

(2) 硫化矿石的氧化、自燃和水解可产生大量二氧化硫和硫化氢。

(3) 放射性元素蜕变：含铀矿床在铀镭衰变过程中可转化成氡气及其子体（镭$_A$、镭$_B$、镭$_C$和镭$_D$）氡气主要通过岩石裂隙、爆落岩石及地下水向外逸出。

在一些老矿山，由于崩落区较多，采空区中积聚的氡气也会成为氡的主要来源。

10.6.1.2 有害气体造成的污染及危害

有害气体的污染及其对人体的危害见表10-11。除此之外，尚可腐蚀设备、建筑物，影响矿区周围地域的空气和水的环境质量，危害动植物的生长，破坏生态平衡。

10.6.1.3 有害气体污染的地质调查

(1) 查明有害气体来源、逸出地点、运移途径、进行采样，测定其成分及浓度；

(2) 查明有害气体产生的地质条件，包括岩矿石物质成分、氧化程度、地质构造及与有害气体运移扩散有关的其它地质因素；

(3) 对有害气体的污染程度及所造成的危害性进行调查与评价。

有害气体测定方法可参阅有关《通风与安全》书籍。

表10-11 矿山主要有害气体及其对人体的危害

有害气体	性 质	危害性及中毒症状
一氧化碳 CO	无色、无味、无臭、微溶于水，对空气比重为0.97	剧毒，浓度达到0.1%以上，使人体缺氧和血液中毒，耳鸣、头痛、心跳，可发生窒息和死亡，浓度达13～75%，能引起爆炸
二氧化氮 NO_2	棕红色，有强烈窒息性恶臭，易溶于水，对空气比重为1.57	剧毒，能与水生成硝酸，对眼、鼻、呼吸道及肺有强烈腐蚀破坏作用，轻者引起咳嗽、胸痛，重者引起支气管炎和肺气肿。特别是与SO_2及飘尘共存时，容易侵袭肺部组织，发生病变，甚至肺癌
二氧化硫 SO_2	无色，有强烈刺激性，易溶于水，对空气比重为2.2	与眼及呼吸道的湿表面接触后，能形成硫酸，对眼和呼吸道有强烈腐蚀作用，特别在温度大的空气中，易形成硫酸雾，对人体危害更大。浓度达0.02%时，引起眼红肿、咳嗽、喉痛；浓度达0.05%时，引起急性气管炎，肺气肿，甚至死亡

续表 10-11

有害气体	性 质	危害性及中毒症状
硫化氢 H_2S	无色，浓度达 0.0001%时，可嗅到臭鸡蛋味，容易溶于水，对空气比重为 1.19	剧毒。可使血液中毒，浓度达 0.002%时，出现头晕，恶心、呼吸困难，甚至抽筋；浓度达 0.1 时，发生窒息、死亡。当与空气混合，浓度达到 4.3～5.5%时，有燃烧爆炸的危险
氡气 Rn	无色、无味、具放射性、溶于水、油类及其它液体，能为固体物质所吸附	氡气进入肺部时，大部分分子体以固体状态沉积于上呼吸道，造成内辐射，侵袭支气管上皮基底细胞核，易发生肺癌

10.6.2 有害粉尘的污染与危害

10.6.2.1 矿山空气的粉尘的分类

按颗粒大小可分为三种类型：

可见粉尘：粒径大于 10μm，肉眼可见；

显微粉尘：粒径 0.25～10μm，普通显微镜可以观察到；

超显微粉尘：粒径小于 0.25μm，需用高倍显微镜才能观察到。

粉尘粒度不同，对人体的危害程度亦不同。粒径在 0.5～5μm 的粉尘，最易吸入肺部，称为呼吸性粉尘在肺泡内沉积率最高，随血液输送全身，对人体危害最大。大于 5μm 的粉尘，因惯性作用，被鼻腔及咽喉粘液挡住而随之排出。粒径过小的粉尘，进入呼吸道后，又易随气流呼出。

矿山粉尘按其物质成分及物理化学性质可分为硅尘、石棉尘、氟尘、煤尘、金属矿物尘、放射性矿物尘及有机物粉尘等，多是在有限的井巷空间中产生的。据估计，凿岩 30 分钟，粉尘浓度可达 250mg/m³，作业 3h，可达 800mg/m³。爆破时，瞬时产生的粉尘浓度更高，每立方米空气中可达几千到几万 mg，其中 5μm 以下的粉尘占 98%左右。此外，装岩及破碎过程中亦可产生高浓度的粉尘。因此，有害粉尘是矿山空气中的严重污染物。

10.6.2.2 有害粉尘污染造成的危害

其危害主要表现在以下三个方面：

(1) 严重危害人体健康：矿山粉尘对人体健康和危害性见表 10-12。

(2) 影响安全生产：悬浮在井巷或车间中的高浓度粉尘，使作业面能见度降低，影响操作，易发事故。沉落的粉尘，造成机器部件磨损、脏污、影响使用寿命，且沉落的粉尘可以再度吹扬污染空气。煤尘在强氧化条件下可发生燃烧和爆炸。

(3) 恶化自然生态环境：坑内排出的粉尘以及露天矿场产生的粉尘，在大气风流搬运扩散下，会造成矿区附近及周围大面积地域的大气污染，危害山林及农作物的生长，恶化自然生态环境。

10.6.2.3 有害粉尘污染的地质调查

(1) 采样及测定：配合安全环保部门在坑道不同作业地点及破碎车间系统采集粉尘样品，测定其浓度，特别是游离二氧化硅的含量。

(2) 粉尘物相鉴定：查明粉尘的矿物成分、粒度、形状，并统计不同粒级的含量，以评价其危害性。

的人类环境灾害，以及因地壳表面化学元素分布不均引起的使某些地区某一元素严重不足或过剩引起的动物、植物和人体的生物地球化学地方病等。

（2）由人类活动引起的环境地质问题，如化学污染引起的环境地质问题，大型工程和资源开发引起的环境地质问题（诱发地震、废弃矿床的处理等），以及城市化引起的环境地质问题（地下水水质的恶化，地下水超采和高层建筑引起的地面沉降）等。

环境地质一词，始于60年代初。随着工业和城市的发展，环境问题变得日益突出，对于防止和减少地质灾害与环境污染，改善土质、矿产和水资源的利用等方面的要求更加迫切。近二、三十年环境地质学迅速地为各国科学界所接受，但尚未形成严谨和完整的学科体系。综合各家看法，其内容应包括：城市地质学、环境工程地质学、环境水文地质学、军事地质学、医学地质学和环境矿物学、环境地球化学和环境生物地球化学等，而环境地质制图是该科学的重要基础工作之一。

10.1.4 矿山环境地质

矿山环境地质是环境与矿山地质、水文地质、工程地质之间的边缘学科。主要研究地质体对矿山生产环境和生活环境的污染问题。

矿山环境污染有两大来源，同时产生两大环境问题：

由区域地质、成矿地质作用和矿区地球化学特征等天然因素引起，某些地区因原生环境特点与人类生存之间的不平衡导致地方疾病。即某种元素在地质环境中的含量，有导致人体器官组织病变的可能性。

由于人类活动或生产活动，使无机物质、有机物质或其它污染源扩散、转移引起环境污染、改变地壳面貌，破坏生态平衡。

矿山环境污染主要表现为：矿山废气污染、矿山废水污染、废石及尾矿污染、热污染、放射性污染和噪声污染等，但噪声污染不属环境地质问题。

上述矿山环境地质污染对环境危害极大，必须大力加强矿山环境地质工作，其主要研究内容有：

（1）矿区地质构造对区域地貌的形成和地质体分异的控制作用；

（2）岩体和矿体的物质组成与地球化学特征；

（3）第四纪沉积物的成因与分布，土壤的化学组成与背景，土壤与基岩化学背景的相关性；

（4）岩石与岩体的物理力学性质、构造作用与风化作用对岩体稳定的影响；

（5）矿山开发可能引起的滑坡、塌陷、泥石流、地面沉降和流沙等现象；

（6）矿山工业“三废”中的毒性物质在环境介质中迁移、转化、富集的机理，对环境的污染现状，对生态平衡，对人体的危害；

（7）评价环境介质的自净能力和环境容量，预测环境的发展趋势；

（8）从环境地质出发，提出规划防治污染的措施与控制污染的途径。

10.1.5 环境工程学

环境工程学是在人类同环境污染作斗争，保护和改善生存环境的过程中形成的。是环境科学的一门分支，是研究运用工程技术和有关学科的原理和方法，保护和利用自然资源，防治环境污染，以改善环境质量的学科。

环境工程学研究的主要内容包括：

表 10-12 主要有害粉尘对人体的危害

粉尘种类	元素或矿物、岩石类型	主要危害
矿尘	石英、玉髓、燧石、硅藻土、蛋白石、长石、黑云母、金云母等矿物；花岗岩、花岗闪长岩、石英砂岩、砂岩等岩石	造成矽肺、肺结核
石棉尘	温石棉、铁石棉、青石棉及直闪石等	造成石棉尘肺、肺癌、肠胃癌、胸膜和腹膜髓质瘤等疾病
煤尘	无烟煤、烟煤、石英质矿物，含硫质矿物杂质	造成煤肺、矽炭肺、肺结核等
氟尘	萤石	造成氟肺、肺水肿及其它呼吸道疾病
金属矿尘	含铍、镉、汞、铅、铬、镍等金属矿物及砷等	多为有毒粉尘，吸入后易引起慢性中毒、严重者发生肺癌
放射性矿尘	含铀、钍的矿物如沥青铀矿、晶质铀矿、钙铀云母、方钍石、独居石及伴生砷矿石	造成内辐射危害

(3) 矿区岩（矿）石鉴定：查明所含有害物质的成分及含量，并与相应地段采集的粉尘样品鉴定结果进行比较，以确定易于产生有害粉尘的岩石和矿石。

(4) 对有害粉尘所造成的危害性进行调查。

10.6.3 矿山空气环境的地质质量评价

10.6.3.1 评价标准

目前环保部门把我国矿山安全规程规定中的有害气体和有害粉尘最高允许浓度（见表10-13）作为矿山空气环境质量评价的标准。

表 10-13 部分有害成分的最高允许浓度

有害成分	允许浓度（mg/m³）	有害成分	允许浓度（mg/m³）
一氧化碳	30	岩尘（含有10%以上的游离 SiO_2）	2
氮氧化物（NO_2）	5	岩尘（含有10%以下的游离 SiO_2）	10
二氧化硫	15	铅尘	0.01
硫化氢	10	铬尘	0.01
氟化物（换算成F）	1	砷尘	0.3
氡气	1×10^{-10}C/L（1爱曼）	锰尘	0.3

10.6.3.2 评价方法

采用环境质量指数（*EQI*）计算法。

(1) 加法：美国 L.R. 白勃考 1970 年提出以飘尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳及氧化剂（臭氧）五项污染物为参数迭加计算大气污染综合指数（*PI*）：

$$PI = I_{PM} + I_{SO_2} + I_{NO_2} + I_{CO} + I_{O_3} \tag{10-13}$$

式中 I_{PM}——漂尘污染分指数；

I_{SO_2}——二氧化硫污染分指数；

I_{NO_2}——氮氧化物污染分指数；

I_{CO}——一氧化碳污染分指数；

I_{O_3}——臭氧污染分指数。

(2) 指数计算法：污染物对环境影响呈指数相关，美国橡树岭空气质量指数（*API*）公式如下：

$$API = 0.2 \times (30.5C + 126S)^{1.35} \tag{10-14}$$

式中 C——烟雾系数；

S——SO_2 浓度。

(3) 均方值总和方根法：它是五项污染物分指数综合计算的结果如美国密特大气质量指数（*MAQI*），计算公式如下：

$$MAQI = \sqrt{I_{CO}^2 + I_{SO_2}^2 + I_{PM}^2 + I_{NO_2}^2 + I_{N3}^2} \tag{10-15}$$

式中，符号与叠加法相同。

(4) 最高值和平均值的几何均值法：姚志麒等人提出用大气质量指数（*I*）计算如下：

$$I = \sqrt{\left(\max\left|\frac{C_1}{S_1}, \frac{C_2}{S_2}, \cdots\cdots \frac{C_k}{S_k}\right|\right)} \cdot \left(\frac{I}{K}\sum_{i=1}^{k}\frac{C_r}{S_i}\right) \tag{10-16}$$

式中 C_i——某污染物实测浓度；

S_i——某污染物评价标准。

注：有关环境质量指数（*EQI*）评价方法请参阅本章 10.5.4 条目。

10.1.5.1 大气污染防治工程

目前对大气造成污染的污染物和可能对大气造成污染而引起人们注意的物质有数百种之多，其中影响面广对环境危害严重的主要有硫氧化物、氮氧化物、氟化物、碳氧化物、碳氢化合物等有害气体，以及飘浮在大气中，含有多种有害物质的颗粒物和气溶胶等。

由人类生产活动排放的有害气体治理和工业废气中颗粒物的去除的原理和方法是大气污染防治工程的主要任务。

10.1.5.2 水污染防治工程

人类生产和生活消费活动排出的废水，尤其是工业废水和城市污水等大量进入水体，造成水体污染。采用废水物理处理法、废水化学处理法、废水生物处理法和废水物理化学处理法等进行治理，以及充分利用环境自净能力，以防止、减轻直至消除水体污染，改善和保持水环境质量，制定废水排放标准，合理利用水资源，加强水资源管理，是水污染防治工程的主要任务

10.1.5.3 固体废物的处理和利用

随着人类生产的发展和生活水平的提高，固体废物的排放量日益增加，最终进入环境，污染水体、土壤和大气。然而，固体废物具有两重性，对于某一生产或消费过程来说是废弃物，但对于另一过程来说往往是有使用价值的原料。因此固体废物处理和利用既要对暂时不能利用的废物进行无害化处理，如对城市垃圾采取填埋、焚化等方法予以处理；又要对固体废物采取管理或工艺措施，实现固体废物资源化，如利用矿业固体废物、工业固体废物制造建筑材料，利用农业固体废物制取沼气等。

10.1.5.4 环境污染综合治理

控制环境污染必须根据当地的自然条件，弄清污染物产生、迁移和转化的规律，对环境问题进行系统分析，采取经济、管理和工程技术手段相结合的综合防治措施，改革生产工艺和设备，开发和利用无污染能源，利用自然净化能力等，以取得环境污染防治的最佳效果。

10.1.5.5 环境系统工程

环境工程往往具有区域性特点。利用系统工程的原理和方法，对区域性的环境问题和防治技术措施进行整体的系统分析，以求得最优化的治理方案，是环境系统工程的主要任务。

10.1.6 污染源

造成环境污染的污染物发生源，称污染源。通常指向环境排放有害物质或对环境产生有害影响的场所、设备和装置。按污染物的来源，可分为天然污染源和人为污染源。

天然污染源系指自然界自行向环境排放有害物质或造成有害影响的场所，如仍在活动的火山、地震以及矿、岩地质体中赋含的有害元素或化合物，通过各种自然机理，向环境释放的有害物质超过自然本底值时即引起环境污染。

人为污染源系指人类生产及生活等活动所形成的污染源，如采、选、冶过程中所产生的固体废物（废石、尾矿、矿渣）等，是目前矿山环保工作研究和控制的主要对象。

人为污染源按排放污染物的种类，可分为无机污染源、有机污染源、热污染源、噪声污染源、放射性污染源、病原体污染源和同时排放多种污染物的混合污染源等。按污染的主要对象又可分为大气污染源、水体污染源和土壤污染源。目前最常用的则是按人类社会

活动功能所划分的工业污染源、农业污染源、交通污染源和生活污染源。

矿产资源的勘探与矿山开发过程中，对矿产地周围环境的改变及其污染，即属工业污染中的点污染源。随着地下矿藏的大量开采，或把原来深埋地下的物质带到地表，从而破坏地球上物质循环的平衡，改变该地区的生态环境。采矿带来的重金属矿和各种难溶的有机物质，在人类生活环境中循环、富集、对人体健康构成长期威胁；废石、尾矿、矿渣长期经受风雨侵蚀，其中有害物质渗入地下，使地下水和地表水体被污染，使环境污染问题更加严重。

矿山污染源的调查，是矿山环境地质评价的重要组成部分，也是矿山环保工作的基础，查明导致矿山环境污染的原因，了解污染物对环境的影响及危害程度，预测环境污染的发展趋势，制定综合防治措施，是矿山工作者责无旁贷的任务。

10.1.7 环境地质污染类型

由地质环境的变化而产生的环境地质问题，可按污染物发生源的不同，分为自然地质污染型和资源开发污染型。

10.1.7.1 自然地质污染

主要指地质体（岩体、矿体、水体等）通过各种自然机理作用，向环境释放的有害物质含量超过自然本底值时，造成的环境污染和现代火山、地震、山崩、滑坡、泥石流、海啸等所造成的自然灾害。

10.1.7.2 资源开发污染

矿产资源开发过程对人体和环境的影响主要有：

(1) 对土地资源的破坏：开采过程中产生的废石、尾矿大量堆积，占用大量土地，废石堆、尾矿库中的有害物质还将通过大气、水体、土壤扩散、转移、导致矿区及其周围环境严重污染。

(2) 采矿引起岩石和顶板的块体移动：由采空区和因石油抽出引起的崩塌、陷落和地面沉降，以及由采矿或废石堆积引起的滑坡、泥石流等，都会造成对土地资源的破坏和对人类的威胁。

(3) 对地表水和地下水的影响：由采矿造成的土壤、岩石裸露可加速侵蚀，使泥沙入河，淤塞河道；由矿区和尾矿库渗出的酸性水或其它污水会造成对水体的污染等。

(4) 对大气的污染：煤和硫化物矿石自燃所产生的大量有害气体也是造成大气污染的原因。

10.1.8 污染物间的相互作用

环境污染是各种污染物相互之间，以及污染物与其它环境因素之间相互作用的总和。因此，了解污染物的综合效应及其对人类生态的影响程度，是制定环境保护措施、加强环境管理的重要依据之一。

污染物间的相互作用主要有以下两类。

10.1.8.1 协同作用

是指两种或两种以上污染物，在一定环境中，其所产生的危害作用，等于或大于各污染物单独存在时作用的总和。当等于其危害的总和时，称相加作用，如二氧化硫和其它硫的氧化物同时存在时所产生的作用；当大于其危害的总和时，称增强作用（又名相乘作用），如氮氧化物和一氧化碳同时存在时所产生的作用。

10.1.8.2 拮抗作用

在某一特定环境中，当两种或两种以上的污染物共同存在时，对机体的毒害作用和对环境的危害程度，彼此抵消一部分或大部分时，称为拮抗作用。实验证明，当食物中含甲基汞为 30ppm 时，若同时存在 12ppm 的硒，可以抑制甲基汞的毒性，而不至出现甲基汞中毒现象。大气中同时存在氨和二氧化硫时，它们对植物叶片的危害作用，比同浓度的氨或二氧化硫单独对叶片的危害作用小。

实际上，环境污染造成的危害，由单一污染物作用的结果很少，往往都是多种污染物联合作用的结果。因此，在研究环境质量时，除了应用环境标准和自然背景作为评价污染的尺度外，还需要考虑污染物之间的综合效应。

10.1.9 环境自净作用

环境受到污染后，在物理、化学和生物的作用下，逐步消除污染物达到自然净化的过程，称自净作用，环境自净按其发生的机理可分为：

10.1.9.1 物理净化

环境自净的物理作用有稀释、扩散、冲洗、挥发和沉降等。如工业废气可通过气流扩散，降水淋洗和重力沉降等作用得到净化。物理净化能力的强弱取决于环境的物理条件和污染物本身的物理性质，前者包括温度、风速、雨量，后者包括比重、形态和粒度等。温度升高可促进污染物的挥发，风速增大利于污染物的扩散，水体中所含粘土矿物则利于吸附和沉淀。此外，净化能力还受地形、地貌和水文条件的影响。

10.1.9.2 化学净化

环境自净的化学反应有氧化、还原、化合、分解、吸附、凝聚、交换、络合等。如某些有机污染物经氧化还原作用最终生成 H_2O 和 CO_2；水中 Cu、Pb、Zn、Gd、Hg 等金属离子与硫离子化合，生成难溶的硫化物沉淀；铁、锰、铝的水合物、粘土矿物、腐殖酸等对重金属离子的化学吸附和凝聚作用等均属环境的化学净化。影响化学净化的环境因素有酸碱度、氧化还原电位、温度和化学组分等。温度升高可加速化学反应进程，所以温热环境的自净能力比寒冷环境的自净能力强；有害金属离子在酸性环境中活性强而有利于迁移，在碱性环境中则易形成氢氧化物沉淀而有利于净化。一般情况下，环境中的化学反应若生成沉淀物、水和气体则有利于环境净化，若生成可溶性盐，则有利于迁移，造成大面积污染。

10.1.9.3 生物净化

生物的吸收和降解作用使环境污染的浓度和毒性降低或消失。如绿色植物可以吸收二氧化碳，放出氧气；凤眼莲可以吸收水中的汞、镉、砷等化学污染物，从而净化水体。影响生物净化的因素有生物的科属、环境的水热条件和供氧状况。在温湿、养料充足、供氧良好的环境中，植物吸收净化能力较强，不同种属的生物，其净化能力差异很大。有机污染物的净化主要是依靠微生物的降解作用。如在温度 20～40℃，pH 值为 6～9，养料充分。空气充足的条件下，喜氧微生物大量繁殖，能将水中的各种有机物迅速分解、氧化，转化为二氧化碳、水、氨和硫酸盐、磷酸盐等。厌氧微生物在缺氧条件下，能把各种有机污染物分解成甲烷、二氧化碳和硫化氢等。植物对污染物的净化主要是通过光合作用。因此，城市和工矿区的绿化，对净化空气有着明显的效果。

10.1.10 环境容量

在人类生存和自然生态不致受到危害的前提下，某一环境所能容纳的污染物的最大负

荷量，称为环境容量。在环境管理上，我国实行污染物排放总量控制法（亦需考虑浓度控制标准），即把各个污染源排入某一环境的污染物总量限制在一定的数值之内。

一个特定的环境，对污染物的容纳量是有限的，其容量的大小与环境空间的大小、各环境要素的特性、污染物本身的物理化学性质有关。环境空间越大，环境对污染物的净化能力越强，环境容量也就越大。对某种污染物而言，其物理和化学性质越不稳定，环境对它的容量也就愈大。环境容量包括两个方面：

10.1.10.1 绝对容量（W_Q）

是指某一环境所容纳某种污染物的最大负荷量，它不受时间限制，仅由环境标准的规定值和环境背景值决定。其数学表达式有二：

浓度单位表达式：

$$W_Q = W_g - B$$

式中 W_Q——绝对容量（其单位为 ppm）；

W_g——环境标准规定值；

B——环境背景值。

重量单位表达式：

$$W_Q = M(W_g - B)$$

式中 M——环境空间介质的重量（其单位为吨）；

其它符号同上式。

10.1.10.2 年容量（W_A）

是指某一环境在污染物的积累浓度不超过环境标准规定的最大容许值的情况下，每年所能容纳的某污染物的最大负荷量。年容量的大小除了同环境标准规定值和环境背景值有关外，还同环境对污染物的净化能力有关。若某污染物对环境的输入量为 A（单位负荷量），经过一年后，被净化的量为 A'，则 $(A'/A) \times 100\% = K$，称为某污染物在某一环境中的年净化率。

以浓度单位表示的环境容量计算公式为：

$$W_A = K(W_g - B)$$

以重量单位表示的环境年容量计算公式为：

$$W_A = K \cdot M(W_g - B)$$

年容量与绝对容量的关系为：

$$W_A = K \cdot W_Q$$

环境容量主要应用于环境质量控制，并作为工农业规划的依据之一。任一环境，其环境容量越大，可接纳的污染物就越多，反之则少。污染物的排放，必须与环境容量相适应。如果超出环境容量应采取适当措施，如降低排放浓度，减少排放量，或增加环保设施等。使污染物的排放与环境的净化速率保持平衡，达到有效地消除或减少污染危害。

10.1.11 环境质量评价

环境质量是指环境要素受到污染影响的程度。环境质量评价是指对环境素质优劣的定量描述。通过环境质量评价，查明区域环境质量的历史和现状，确定影响环境质量的主要

污染源和主要污染物，掌握区域环境质量变化的规律，预测其未来的发展趋势，为制定区域环境质量标准、污染物排放标准和区域社会经济发展规划及加强综合防治等提供科学依据。

10.1.11.1 环境质量评价的类型

环境质量评价的内容非常广泛，包括时间、空间和要素等方面，其评价类型见表 10-2。

表 10-2 环境质量评价类型表

按发展阶段（时间）分	环境质量回顾评价；环境质量现状评价；环境影响评价
按环境要素分	大气质量评价；水体质量评价；土壤质量评价；生物质量评价；环境噪声评价；多要素的环境质量综合评价
按区域类型（空间）分	城市环境质量评价；流域环境质量评价；海域环境质量评价；工程建设区环境质量评价；风景区环境质量评价

从目前国内外所进行的环境质量评价来看，主要是大气污染评价、水污染评价、城市环境质量综合评价和环境影响评价四种类型。评价的基本内容有：污染源的调查、环境污染现状的调查、环境自净能力的确定、对人体健康（与生态系统）的影响以及环境经济学的评价等。

10.1.11.2 环境质量评价的步骤及程序

环境质量评价的步骤可概括为：环境监测数据和调查资料的收集与整理；根据评价目的确定环境质量评价的要素及评价参数的选择；选择评价方法或建立评价的数学模型，制定环境质量系数或指数；利用选择的评价方法或环境质量系数（指数），对环境质量进行等级或类型划分以及绘制环境质量图以表示空间分布规律；提出环境质量评价的结论，回答进行评价的目的和要求。

环境质量评价的工作程序随评价的目的和要求的不同而不同，环境质量的现状评价和影响评价的基本程序见框图 10-1、图 10-2。

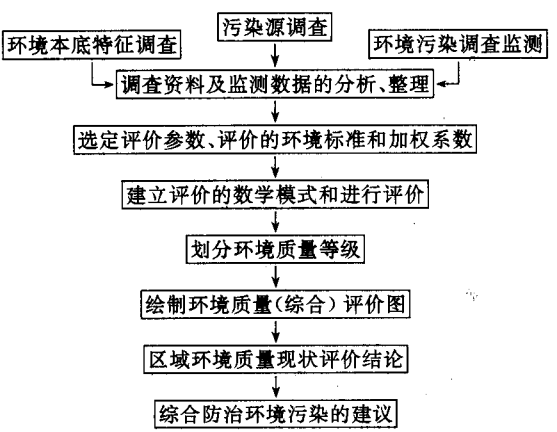


图 10-1 环境质量现状评价工作程序停止开发（建设）计划

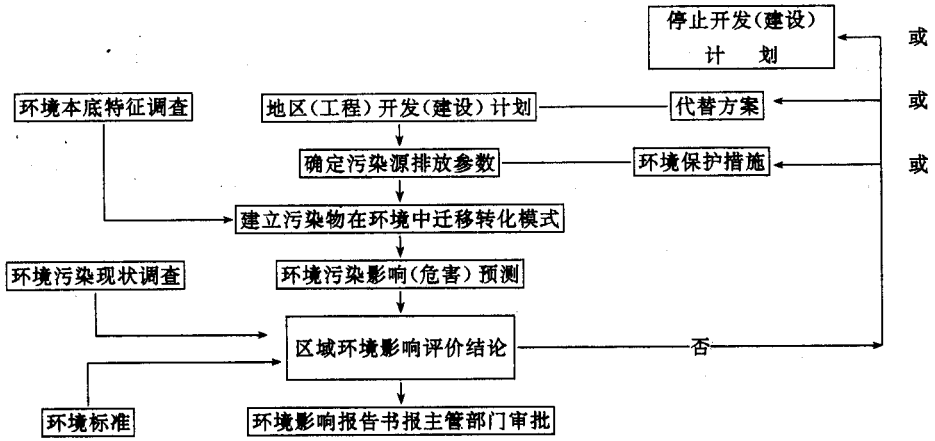


图 10-2 环境影响评价工作程序

10.1.12 环境监测

间断或连续地测定环境中污染物的浓度，观察分析其变化和对环境影响的过程，叫做环境监测。监测是环境保护技术的重要组成部分，是弄清污染物来源、性质、数量和分布的主要手段，环境监测是在环境分析（即以基本化学物质为单位，进行定性和定量分析）的基础上发展起来的，是代表环境质量的各种标准的数据测定过程。

10.1.12.1 环境监测的任务

监测的任务主要有以下五个方面：

(1) 确定污染物浓度的分布现状、发展趋势和速度，为掌握污染物作用于大气，水体、土壤和生态系统的规律性，以及分析污染物的污染途径和对污染物管理的对策提供依据；

(2) 判断污染源造成的污染影响，为确定控制和防治的对策并评价防治措施的效果提供依据；

(3) 为研究污染扩散模式，以便作出新污染源对环境污染影响的判断评价以及环境污染的预测预报，提供数据资料；

(4) 检验和判断环境质量是否合乎国家规定的环境质量标准，定期提出环境质量报告；

(5) 积累环境本底和长期监测资料，为制定和不断修改环境标准提供依据。

10.1.12.2 环境监测内容

按监测目的的不同可分为研究性监测、监视性监测和事故性监测；按监测对象的不同可分为大气污染监测、水质污染监测、土壤污染监测和生物污染监测等；按污染物的性质不同可分为化学毒物监测、卫生监测、热污染监测、噪声污染监测、电磁波污染监测、放射性污染监测和富营养化监测等。

10.1.12.3 环境监测方法

监测工作中所采用的方法和应用的技术，对监测数据的正确性和反映污染状况的及时性有重要的关系。目前采用的定期间断性采样方法，不能全面反映污染的连续变化情况，而且人工操作的化学分析法需花费较大的人力和较长的时间，而所得数据却不能及时用于控制环境的污染。因此，近年来监测技术多朝快速、灵敏、连续自动的监测网络化方向发展，由间断测定改为连续测定，从人工操作变为自动化仪器分析。甚至应用激光雷达、红外线