

国内外开发工矿区造成的恶果和垦复经验

刘利年

(陕西省水土保持局)

一、工矿区造成的恶果

随着现代工业的飞速发展，世界各国对矿藏资源的需要量和开采量日益增加。据有关资料统计，全世界每年采掘的金属、非金属、煤炭、粘土、石材、砂砾等矿藏共约90亿吨，估计到本世纪末，矿石开采量至少提高到现有水平的3倍以上，才能满足全世界工业发展的需要。我国矿产资源丰富，已探明的矿产达100多种，其中储量为世界各国前列的金属矿产近20种。全国有各类主要露天矿山1,507个。随着国民经济建设的需要和开采技术的发展，采矿量也将日益增加。矿藏资源的开发利用，一方面给人类提供了各种物质能源，另一方面又不可避免地带来一系列问题。主要表现在以下几个方面：

1、占用和破坏土地资源，使良田沃野荒芜。现代采矿工业，因采掘和排放废渣而损失的土地不断增加。美国1930—1971年采矿工业共用土地147.7万公顷，平均每年占用土地3.7万公顷；七十年代以后，仅露天开采的矿山，每年就破坏土地约6万公顷；1971年，矿用土地达8.3万公顷。加拿大每年因采矿毁坏的土地约为6万公顷。苏联开采矿物原料的总量，每隔10—12年约增加1倍。占地最多的露天开采比重还在继续增加，露天开采量已占总开采量的70%以上。他们每开采100万吨铁矿，平均占用土地3.2公顷；每开采100万吨煤炭，用地下法开采时占用土地8公顷，而露天开采占用土地在20公顷以上。每年露天采矿每年破坏土地2.7万公顷。西德仅露天开采褐煤一项，每年占地2.1万公顷；波兰仅砂矿坑占地面积就约为5,800公顷；英国矿山露天开采（不包括采煤），每年破坏土地也达2,500公顷；马来西亚、印度尼西亚和泰国开采冲积锡矿破坏的总土地达40万公顷，而每年继续损坏的土地约3万公顷。根据苏联指标估算，我国冶金、煤炭系统采掘工业每年占地约6,000公顷，另加有色金属、建材（不包括农村砖瓦厂占的土地数）、化工、矿山等，每年约占土地面积1.4万公顷，相当于陕西吴堡县的全部耕地面积。有人估计，在现代工业中，全世界大约有300万公顷土地被露天开采矿所破坏；由于采矿活动的结果，大约有200万公顷土地处于一定程度的荒芜。

2、造成水土流失，使土地生产力下降。大量开采矿产资源后，由于不能及时进行矿区的更新和改造，使原来的地形、植被和自然景观遭到破坏、裂缝和变形。据中国科学院地理研究所的调查，我国华北平原的徐州煤田，塌陷区已在2,700公顷以上；淮北矿区张庄、朱庄两矿区所在的杜集乡，常年积水面积达200公顷；淮南矿区新庄孜矿塌陷区约在270公顷，有些村和个别乡已全处于塌陷区内。修路和开矿中的大部分弃土弃石堆集在山坡和沟道里，任其被冲刷流失，一到汛期，大量泥沙冲入库内，造成水库的严重淤积。此外，由于大量矿渣露天堆积，大量干燥分化细

碎矿物质颗粒风蚀严重，每遇大风，矿物尘灰吹往农田，一些有害矿物造成作物低产。据国外估计，从1975—2000年间，全世界将有3亿公顷土地因受侵蚀而使土壤退化，除了沙化等因素外，采矿带来的侵蚀也是一个原因。

3、污染自然环境，造成生态失调。采矿工业带来的另一个问题是矿区废弃物对自然环境的严重污染。这种污染主要是通过空气和水传送污染物。南非维瓦斯兰、西德士瓦和奥兰治的金矿，矿渣长期与雨水、空气接触，使很好的土地砂化，尾矿中的黄铁矿物质氧化、风蚀和渗漏，污染了瓦尔河支流，河水呈强酸性，水中含有大量处于溶解状态的矿物质。刮风时，来自干燥废石场的尘云吹入市镇和居民区，常常含有比地下矿更高的二氧化矽。在有些地区，废矿场的废物自燃，自然时的二氧化硫和硫化氢烟雾，引起严重的腐蚀和污染。采矿业引起的生态失调主要表现在以下几方面：首先是由于过去的地理景观（地形、植被等）的破坏，使局部地区的小气候发生变化；其次由于地下开矿中需要排水或者使污水下泄，使地下水位改变，或者污水渗入河流系统，改变了水质，动植物的生长受到影响；再就是对生活环境的影响，开矿迫使人们的居住、交通等进行迁移、变化，动物栖息地受到干扰破坏。

二、国内外垦复概况

自然资源是人类赖以生存的物质基础。土地资源由于采矿引起的严重破坏，逐渐引起开采矿藏资源国家的重视。早在1918年，美国印地安那煤炭生产者协会就在煤矸石堆上进行种植试验研究。本世纪二十年代，德国对露天开采褐煤区进行土地垦复工作。他们早期的垦复主要是搞绿化；第二次世界大战后，广泛种植白杨和赤松。1958年开始，种植既有商业价值又能防风的白杨树，在斜坡上种植乔木林和灌木林，防止侵蚀。其它垦复土地用于农田和建立风景区（如湖泊等）。

为了垦复工作的顺利进行，不少国家制定相应的政策和法令。1939年，美国西弗吉尼亚州制定了“露天采矿法”，随后印地安那州、伊利诺斯州等39个州陆续制定了露天开采和土地垦复法。加拿大、德国、苏联、澳大利亚等国也都先后制定了有关法律、法令、规程来约束采矿工业对土地的破坏，以法律形式要求对采矿占用、破坏的土地进行垦复。

为了搞好垦复，许多国家还建立了相应的机构。美国一些州成立了专门的垦复企业，其中包括矿业、农业、林业专家，专门从事垦复工作。美国由矿山企业自行垦复的露天矿，垦复工作人员已占露天矿总人数的10%；西德于1950年3月在北莱茵—威斯特法伦州创立了“褐煤委员会”；加拿大的标准矿产公司，每年垦复40多公顷，撒播4.54吨草籽，种植3万棵树木。这个公司的主要工作是进行矿区削坡、平整、填筑底土和铺覆表土。

澳大利亚在新南威尔士州还专门成立了澳大利亚采矿工业土壤保持服务公司。该公司制定长期的垦复研究计划，发展和改进垦复方法，进行专门的调查，以便了解有可能产生地表破坏的地方。服务公司还经常给采矿者提出建议，协助采矿部门实施采矿垦复计划，同时还有许多服务项目，如设计详细的防蚀工程，进行矿区土壤调查和土壤化学分析，为设计排水系统进行水文调查提供降雨和径流资料，推荐种子、树苗、肥料，租借垦复设备等。同时还提供垦复中的专门技术人员和管理人员。

通过几十年的努力，不少国家垦复工作取得了很大成就。西德莱茵褐煤矿区面积为24.9万公顷，本世纪开始到六十年代末，破坏的土地约2.5万公顷，已垦复土地面积达1万多公顷，垦复率达70%，其中有4,100多公顷植树造林，其它用于农业或改造为人工湖；美国矿业局调查了全国2.3万个露天矿，明确指出：从1930—1971年的42年期间，采矿工业占用了140.8万公顷土地，

已恢复的土地为59万公顷，垦复率达40%，固体燃料矿用土地垦复率已达到68%。1971年美国采矿用地为8.34万公顷，其中有80%的土地已垦复；据苏联6个加盟共和国统计，采矿工业破坏土地达874万公顷，已垦复土地达162万公顷。由于加强了垦复工作，苏联冶金矿单产量的土地资源消耗有所下降，年平均开采的冶金原料增加1.5%，而破坏土地面积却减少10—11%；波兰的砂矿坑和废石场总占地面积约6,800公顷，从1961年已有2,000公顷旧矿用地复垦。

在进行矿区改造利用过程中，许多国家投入大量资金，花费大量物力、人力从事这方面的试验研究。苏联成立了“国立土地垦复研究所”，专门研究矿山垦复工作，并负责召开有关机构参加的全苏垦复工作学术会议；美国于1972年着手一项新的垦复技术研究，投资3亿美元，由美国陆军特种工程部队航道实验站负责，主要是研究能加快土壤干透方法的引流设备。近年来各国主要是研究、发展、改进采矿机械设备和专用的垦复设备，研究适合于垦复的最佳采矿设计，研究矿山覆盖物的剥离与处理，及用于垦复的表土贮存与铺覆技术，研究已开采矿区的稳定性及环境影响问题。国外有的高等院校把垦复列为一个专门的跨学科研究课题，如美国亚利桑那大学矿业学院和地质学院同校内其他专业一起，从事跨学科的“露天矿垦复”的研究项目，有采矿工程、建筑、农业和水文等专业的教师和学生参加。国外现在还发展到利用人造卫星技术对矿区土地破坏和垦复工作进行监测，利用卫星资料进行露天采煤和垦复的规划和管理。

我国矿山垦复工作从六十年代开始进行，主要有湖南常德金刚石矿、广东液坂潭锡矿、山东郑城金刚石矿、郑州铝厂小关铝土矿、山东掖县镁矿、句容铝铜矿等十几个矿山，对采矿破坏的土地进行了恢复和再利用，其中常德金刚石矿从1965年到1976年已恢复农田155.4万公顷，垦复率达80%，土地恢复后种植水稻。2—3年即可达原有田块产量，水稻每公顷产量超过15吨；液坂潭锡矿1964—1975年已恢复土地120公顷，垦复率为75%。我国采矿土地的垦复工作，目前尚处于初始阶段，在垦复中还存在一些问题没有得到解决，国外的先进垦复经验值得学习和借鉴。

三、垦复技术简介

所谓垦复，是指把采矿破坏的土地恢复过来，供其它国民经济部门使用。垦复的方式和土地利用方向，主要是根据采矿的地质条件，并全面考虑地理、经济等因素和当地发展远景后确定。根据用途，垦复可分为：

农业垦复——恢复后的土地用作耕地、果园、草地、牧场；

林业垦复——恢复后的土地作为林业基地，建立防风林、水源涵养林、森林公园等；

自然保护垦复——对污染周围环境的排土场等进行治理、绿化，恢复植被和地表水系，使开采后的矿区景观与周围自然环境相协调；

水利资源垦复——利用废弃的矿山露天矿坑修筑水库、养鱼塘、水上公园等，或利用采空区和井下巷道进行人工充水，作为工业企业、居民用水的补给水；

其它利用垦复——如建筑垦复，作为民用或工业建筑及体育运动场地、建筑构件预制场等。

垦复工程一般可分为两个阶段：第一阶段为矿山(采矿)技术垦复，是指由采矿企业对所破坏土地进行恢复的全部工作，其中包括平整废石场表面，修整边坡、排水沟，在废石场表面覆盖土壤，进行必要的土壤改良，修筑运输道路，修建水库和消除因废石场表面不均匀沉降、侵蚀和塌方引起的地表破坏；第二阶段为垦复种植，主要是进行与农业、林业等经营有关的措施，如种植农作物，植树造林种草等。

在第一阶段，主要是利用大型机械作业，如西德莱茵河褐煤矿区的垦复，首先用大型斗轮挖

掘机剥离顶层的黄土，堆集在需要垦复地附近，采完煤后，将废矿石用巨大的排土机回填到采空的矿坑中，用推土机推平，压实，为铺覆黄土表层作准备；再用撒铺废矿石的排土机撒布黄土，接着用推土机推平。在种植前，必须用圆盘耙打碎压实黄土。为了防止黄土覆盖层和底层充填物之间有一个光滑分界面，在铺黄土以前，在垦复区表面有意地开挖一些沟槽，或者将表面搞得粗糙些。这个过程也叫机械垦复。西德还应用浓缩黄泥浆垦复法。废矿石充填法同前。废矿石充填平整后，垦复区用松散的黄土堆筑起大约2米的小堤，把垦复区划分成一块块小区，每个地块面积约2—4公顷，黄土与水用1：1的比例（非常潮湿的黄土，土水比3：1，较干燥的黄土1—0.7：1）混合成浓缩的黄泥浆，用泥浆泵通过管道分几次灌注入小地块。第一次先灌注大约0.6米厚，待干燥后再灌第二次，这个过程重复进行，直到黄土层厚达2米为止；第二次灌浆后，待黄土沉淀后将水排出，可减少渗入下层的水量。用浓缩黄泥浆垦复法比机械垦复快而经济，所造农田孔隙性好，有利于植物生长，大范围垦复这个方法更适合。

在露天开采的矿山中，排土场用地约占全矿用地的50%，因此也是露天矿垦复的主要目标。排土场的垦复步骤一般是，先使排土场斜坡变缓，使斜坡满足种植农作物或植树造林的要求，使斜坡稳定和便于机械作业。排土场斜坡变缓用排土设备或专用机具进行，如机械铲、索斗、履带式 and 轮胎式推土机、铲运机、装载机或专用机械——斜坡平整机。排土场斜坡变缓后，进行平整，再在斜坡表层覆盖有潜在肥力的废石或土壤质废石，最后在表层铺设肥沃土壤层，进行种植。

排土与垦复有的同时进行，有的在排土场堆积工作完成后进行。一般同时进行好处较多，可缩短土地经营周转时间，减少土地征收费用，减少剥离物保存时间。排土场垦复后若用于农业用地和自然保护区，斜坡一般为平台式斜坡；若作为林业用地，以防止侵蚀和绿化为目的，一般为连续式斜坡。国外排土场的垦复，主要是使周围的地形消除土地侵蚀来源及空气和水的环境污染。

四、垦复中的水土保持

已恢复生产能力的矿区土地，最重要的任务就是防止侵蚀，各国在矿区土地的改造利用中，采取了许多有效措施。

1、种树种草。国外在垦复中，为了稳定土壤，预防风蚀和水蚀。特别重视植物保护措施。西德在矿区地表覆盖黄土以后，马上建立植物覆盖层。如首先播种紫花苜蓿，因为苜蓿根系可以深入新造的土壤中去，有利于土壤的疏干，也有利于稳定表土层，避免降雨冲击地表黄土；同时还有固氮和增加腐殖质的作用。加拿大认为，建立了植被才算垦复工作的最后完成。矿区种植的草、灌和树种，一般要求耐酸、耐碱、耐有毒元素，抗逆性强，根系发达，能提高土壤肥力等。因而国外在垦复种植中，注意根据不同立地条件，营造相应的草种种。如美国，在低酸性废石堆上种植牛尾草、大小兰梗草、印度草、红顶草等。在酸性最强的废石上，种植的白桦和灰桦，大多数能生长；在盐渍土上种植河岸冰草、高冰草属等。同时，根据不同气候区和不同使用目的确定草种树种，如美国北部大平原矿区垦复中，用于侵蚀保护的草种有蓝茎冰草、无芒雀麦、格兰马草等；用于长季节放牧的，种植细叶冰草属、蓝茎冰草、绿针茅属、垂穗草、格兰马草。

在垦复中采用的草种和灌木种类很多，仅西德在莱茵褐煤矿区重新植树造林计划中，就采用22种不同类型的落叶树（如橡树、白蜡树、山毛榉、柳树、赤杨、刺槐、白杨、榆、枫等），11种针叶树（松、枞树、长青树等），8种不同类型的灌木，像榛子、山茱萸、山梨、野夹竹桃。

在矿区植被的恢复中，国外一般是先种植一些适应性强的植物品种。美国在废石堆上首先种植能自然生长的先锋树种，如柳树、赤杨和接骨木等，然后种植其它主要树种。建立草灌植被也

是这样，先播种“先行者”，如裸麦、粟或芦粟，或者种植饲料荚豆覆盖，其后在长出的荚豆丛中点播牧草种子。

有的国家很注意造林前的整地、培肥和增加土壤水分。西德在废石堆上栽种幼树苗，必须先 在废石表面覆盖 3—5 米深的黄土层和覆盖层的混和物，这种混合物多孔松散，pH 值在 6.8—7.4 范围内，含有石灰质，有利于树木生长。美国在干旱气候区种植采取深耨法、空穴法和集水洼地法，在旱地上采用凝聚陷井法、副根移植法、套管法等种植办法，在种植初期十分重视抚育管理。澳大利亚规定垦复区播种后，禁止车辆通行和放牧，一直到令人满意的植被形成。

2、采取防侵蚀工程措施。苏联在垦复后，如果垦复区高于周围地表 3 米时，就修筑排水沟；当汇水面积超过 20 公顷时，就修筑排水渠。垦复土地经过一定时间后，地表由于不均匀沉陷发生变形，降雨形成径流也影响地表形态。苏联在坡面上修筑防水堤，防蚀效果很好。

垦复区新的排水线路的坡度、横断面，必须满足于不遭受冲刷损害的情况下排走预期水量，各条水道的输水能力必须与汇水面积内的水量成正比。

在南非的垦复中，用锯末、木屑、干草和其它可获得的材料来稳定土壤的结构，并把这些材料压制成适当大小的砖块状（如 $60 \times 20 \times 10$ 厘米），并粘合在一起，也可将这些材料放在有网眼的圆筒内，把种子和肥料混合在结构材料之间，把这些结构材料交错覆盖在被破坏的土地上，覆盖率为 30—50%（视地面坡度而控制覆盖率），然后把它们固定在地表，局部用表土或优质下层土覆盖；为防止地表水土流失，又挖了许多排水点，防止过量地表径流而形成的漫流侵蚀，同时这种排水点也起防止表土流失的栅栏作用。

3、确定合理的地表坡度。苏联规定，垦复的土地如果用于种植农作物，地表要求水平，坡度不超过 1° — 2° ；当用作牧场和草场时为 2° — 4° ；若用于造林，地表可以有一些平缓的起伏，纵坡不大于 10° （有的规定不大于 3° ），横向坡不应超过 4° ，若修整成阶梯式土地，阶梯斜坡取 1:4，并在斜坡上种植多年生草，供林业使用的平台宽度不小于 10 米。在排土场垦复中，规定排土场斜坡的稳定角度及必要的预防侵蚀措施，根据剥离物的稳定性，要求排土场斜坡度在 15° — 40° 范围内。为保证植物在有利条件下生长，斜坡倾角应不大于 28° 。澳大利亚在采矿的条例中规定，在一般情况下矿区废石场应整成一个斜坡，与地面的夹角不宜大于 10° （这个值是通过当地自然坡度测量得出的平均值）。当延伸废石场妨碍附近的道路、动力线或管道的允许界线时，斜坡可增大到 14° ，如果垦复土地的租借人能提供土壤层，稳定的依据，在小范围内可以允许超过 14° 。

五、亟待做好的几项工作

矿用土地的垦复工作，是国土整治的重要内容，做好矿区改造利用中的水土保持工作，对于垦复的成功与否，改善生态环境有着十分重要的意义，因此，加强我国矿区水土保持工作，研究矿区垦复中的水土保持措施，势在必行。现提出亟待做好的几项工作：

1、全面调查我国采矿工业占用、破坏土地资源的现状和水土流失情况。目前，对我国现有采矿工业占用、破坏土地资源现状缺乏全面的调查，还没有一份系统的全面的可以反映现状的资料。对未垦复矿区水土流失状况也没有详细的资料。应组织有关部门进行调查，取得基本资料，这是研究矿区垦复，开展水土保持工作的基础。同时也应调查了解环境污染现状，为控制矿山环境污染提供科学依据。

2、加强垦复工艺和适合矿区水土保持措施的研究。学习国外先进的垦复技术，研究适合我国矿区的垦复工艺和设备，促进我国垦复工作的发展。研究防侵蚀措施，把垦复和水土保持纳入开

灰色系统理论在水土流失因素分析中的应用

倪 焱

(浙江省林业勘察设计院)

一、引言

水土流失是人们要面临的四大挑战之一。它不但使大量的肥沃表土白白流失,破坏了自然资源,而且淤积水库,阻塞航道,给人们的生活造成了极大的影响。同时水土流失又属于大中尺度的地域环境的自然规律,人们影响和定向改造它的难度极大,而且投资又相当之大,以致人们在现阶段要想完全控制水土流失,几乎就成为不可能。因为人们不能取消自然规律,只能因势利导,定向加以利用;或者通过小尺度地域环境的改造去影响它。所以我们为了分析主要矛盾,抓住主要因素,认识各种因素与水土流失之间的关系,就有必要对影响水土流失因素进行因素的关联序分析,以便抓住主导因素,通过小尺度地域环境的改造来减少或减缓水土流失。

客观世界是物质的世界,也是信息的世界。对于影响水土流失的各项因素来说,其一部分因素和参数是已知的,而另一部分因素和参数则是未知的,且各因素中哪一个因素是主要的又是非确知的。所以对于影响水土流失的因素系统来说,实际上是一个灰色系统。因而灰色系统理论就为解决水土流失的因素分析提供了可能。本文用关联度分析法用于水土流失的因素分析,分析影响水土流失的主要因素。

二、确定因素的时间序列

为了对影响水土流失的因素进行分析,我们首先必须确定因素的时间序列。若我们对年悬移质输砂量(万吨)的时间序列记为 $x_0(t)$,并考虑有几个影响因素的时间序列记为 $x_i(t)$,则令:

采矿区的计划中,保证水土保持措施的实施。

3、建立相应的机构。由采矿、农业、林业、水土保持、环境保护等部门联合组成专门的机构,审查矿业开采计划,确定垦复方案,督促水土保持措施的实施,确保环境污染的控制,负责召集有关的学术会议。

4、制定有关政策法规。颁布“采矿法”,制定矿用土地垦复法、矿山水土保持条例等,从法律上保证采矿破坏土地的恢复和水土保持,同时也约束矿山开采对土地资源的破坏。

5、加强矿区改造利用和搞好水土保持的宣传教育。通过宣传教育,充分认识采矿工业破坏土地资源的严重性,认识矿区土地改造利用和开展水土保持、环境保护的重要性,使各级领导重视恢复和再利用被采矿破坏的土地。彻底改变过去矿山开采只管征用土地开采,不管垦复和水土保持的错误倾向。