

栗西尾矿库“88·4·13”塌方事故的责任分析

郑 唯 田卫军

(中国科学院西北水土保持研究所 陕西省水土保持局)

提 要

1988年4月13日,栗西尾矿库泄洪隧洞发生塌方,含有大量氰化物等剧毒物质的尾矿渣、废水,以每秒106立方米的流量,顺栗峪河汹涌而下,洛南县境内的栗峪河、西麻坪河、石门河下游及洛河87公里流程被严重污染。洛南县有16个乡(镇)56个村,2万多群众遭受突然袭击,损失极为严重。此外还波及到河南省卢氏等县,使得沿河两岸8,800多人生活用水和水产资源遭受毁灭性破坏。造成这次重大事故的原因是:对复杂的地质条件缺乏应有的认识,设计考虑不周到,施工质量低劣,库区管理不善。

金堆城铝业公司是中国有色金属工业总公司西安公司的直管企业,是我国目前最大的铝矿采选企业。它位于秦岭东部南麓,南洛河上游,地形为群山环绕的指状山地,山脉由西向东逶迤连绵,地势由西北向东南倾斜;在行政区划上,金堆城铝业公司机关及选矿厂位于陕西省华县境内,而泄洪尾矿水排放于东南的洛南县(如图1)。

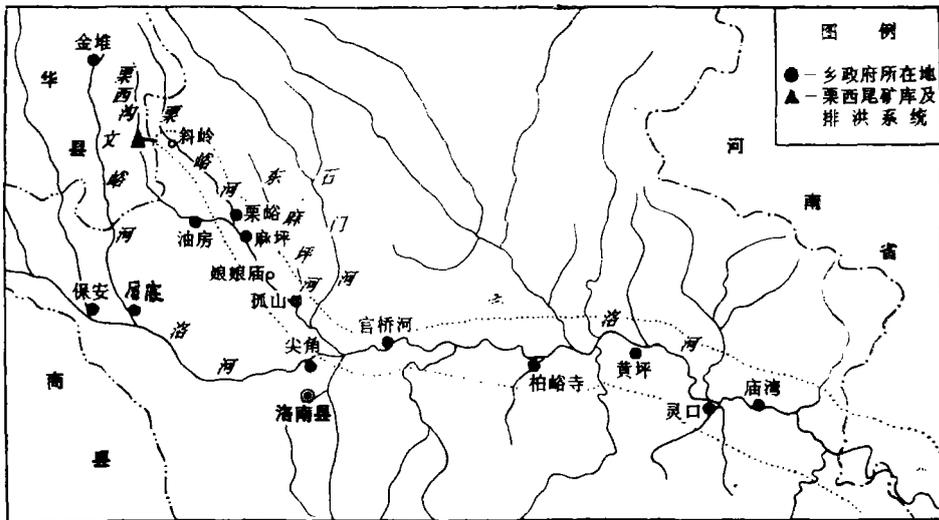


图1 栗西尾矿库及其污染河流示意图

一、栗西尾矿库塌方经过及其事故原因

(一) 栗西尾矿库概况。栗西尾矿库是金堆城铝业公司堆放尾砂的永久性设施,位于栗西沟上游,占用农田41公顷,移民85户,共415人。尾矿库汇水面为一狭长形沟谷,长约5公里,面积为10余平方公里。当尾矿堆积至标高1,300米时,坝高达164.5米,总库容1.65亿立方米,约可

供选矿厂日生产规模为20,000吨时堆积32年。

尾矿库的库容由初期坝和尾矿堆积坝形成。1983年10月15日，百花岭选矿厂负荷试车，其尾矿第一次排至栗西尾矿库。但自1984年1月，该选矿厂开始试生产至事故发生前，堆坝高程已达1,199.60米（坝高64.2米），库容量1,150万立方米，堆存尾矿量1,307万吨。尾矿库的水砂较排洪隧洞底已高出26米，如图2。

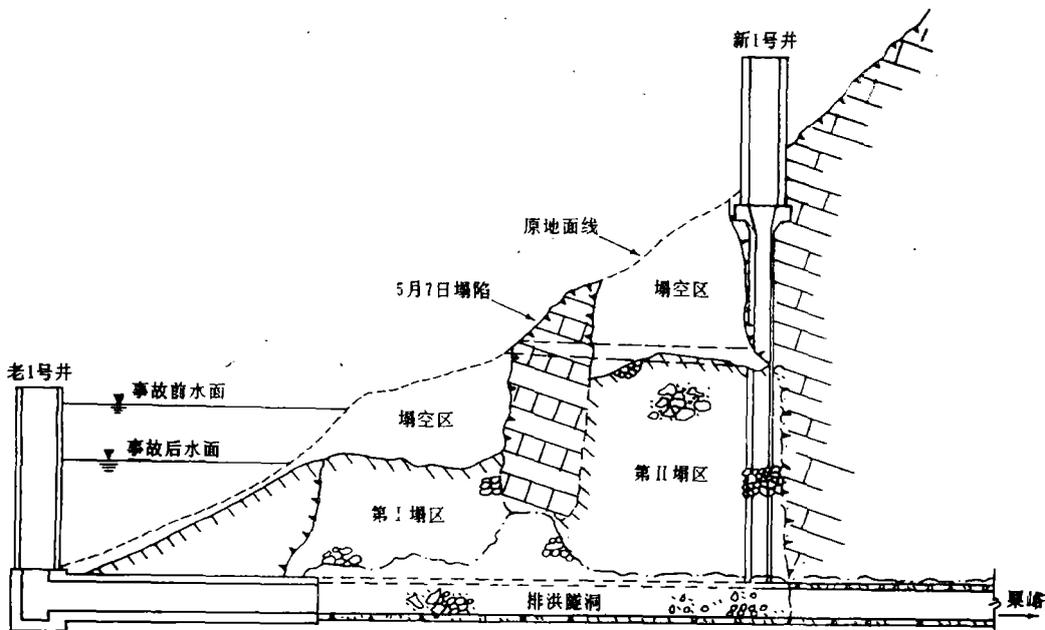


图2 栗西尾矿库泄洪隧洞塌落区纵剖面图

根据地形条件，尾矿库是由排洪塔、排洪管和排洪隧洞组成的排洪系统，全部洪水通过长848米泄洪隧洞排泄至栗峪河。该隧洞1973年末开工，1974年8月毛洞贯通，1976年衬砌完毕，1981年6月组织交工验收，1983年10月尾矿库投入使用，1984年7月6日开始排洪。之后在1982年又建新的排洪系统，其中在距老1号排洪井81.2米处，另建新1号排洪井，见图3。

(二) 栗西尾矿库泄洪隧洞塌方过程。1988年4月13日23时40分左右，尾矿库的值班工人发现库内浮船下沉，水位下降；继之在排洪隧洞新老1号井之间距新1号井43—45米处的水面发现旋涡，库内水位迅速下降。14日2时10分左右，上述旋涡位置北侧出现塌陷，水位下降2米多；3时30分左右库内存水基本泄完。根据后来在隧洞出口的调查，库内大量泄水在23时05分已经开始，所以大量泄水时间持续4个半小时，以后流量变小，到14日8时基本断流。14日上午8时，第I个塌区形成，最大的

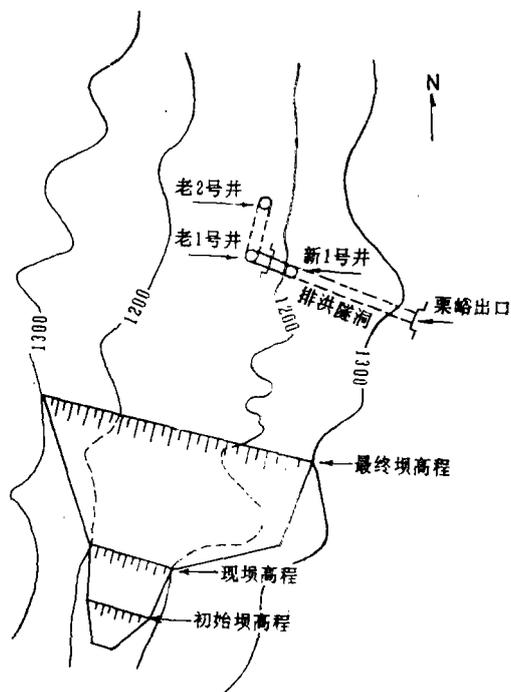


图3 栗西尾矿库泄洪系统平面示意图

长26.5米、宽42米、深27米，塌落总体积约1.8万立方米；随后在塌区与新1号井之间出现了两条近乎平行、方向 $N40^{\circ}E$ 的断裂和裂隙，宽度约为30厘米和3厘米，倾角为 85° 左右。I号塌区形成后，隧洞随着岩体塌陷开始断流。14日白天，可以间断听到塌落声；19时许，塌落的响声加剧，到20—21时之间，在新1号井前又出现大型塌方，塌区最大边长14米，宽27米，深48米，总体积约为1.5万立方米，形成第II个塌区。之后在5月7日，位于I塌区和II塌区之间的岩体再次发生塌陷（如图2剖面所示）。

根据地面现象判断，洞顶坍塌部位大约在新1号井前方40米的部位。该处大量水砂泄出，水流的巨大能量造成对隧洞的进一步破坏，使下游洞段形成很大的掏空区。根据两个地表塌坑的实测体积，掏空区约为5,000—6,000立方米。由于掏空区的形成，给I号、II号地表塌陷创造了临空面。在掏空区临空面及多组裂隙切割作用下，岩体失稳塌落，14日8时后，I号塌坑后半部及II号塌坑的地面坍塌，填塞了已形成的掏空区。

根据实测，这次事故中，栗西尾矿库内水面下降4.99米，泄走水砂总量达156万多立方米。根据洛河下游灵口水文站资料推算，其中含有尾矿渣58万立方米，瞬时最大流量每秒超过153立方米。在抢险施工中发现，距隧洞出口约460米处，有长2.9米、宽2米、高1.6米的巨石。由此推算出，泄漏水流能带走这块巨石的流速应在每秒11.2米以上。

栗西尾矿库事故发生后不久，虽然该公司有关人员就赶赴现场观测，但是，在他们远道绕到位于洛南县的泄洪洞口以及栗峪河下游的栗峪乡、麻坪乡观察水情时，却没有及时通知洛南县，使沿河两岸的群众处于毫无准备之中。14日清晨，无情的黑色洪峰将农民周书云、魏中权吞没，另有1人重伤，一匹骡子被淹死；连接县城与沿岸栗峪、油房、麻坪、孤山4乡的通讯线路也被冲毁，妨碍了洛南县及时组织抢险救灾；直到10时左右，县有关部门才接到石门区告急电话。此时，县政府立即中断正在召开的常务会，带领有关部门同志立即赶赴现场，但灾已形成，徒唤奈何，也只能做亡羊补牢的指挥抢险救灾。

（三）“88·4·13”事故原因分析

1、泄洪隧洞穿越复杂地质条件的地层，造成了隧洞工程难以补救的隐患，是这次事故发生的根本原因。排洪隧洞所穿越的岩层为震旦系浅灰、灰白色的硅质灰岩，中厚层构造。较大的百花岭向斜轴线从排洪洞南侧的战魁沟通去，与洞轴线夹角仅 23° ，向斜轴线与隧洞轴线距离为40—230米。隧洞进口段走向各异、倾角不一的节理裂隙严重地切割岩体，致使岩体呈破碎结构，每米节理数多达15—25条。排洪洞进口地段主要有两组节理发育：一组节理走向SN、倾向W、倾角 70° ，节理面平直光滑，延伸长，间距5—20厘米，基本垂直洞轴线。第II塌区的一壁亦是沿此组结构面发育；另一组节理走向是 $N80^{\circ}W$ 、倾向NE、倾角 88° ，节理面粗糙、短小，沿伸不长，间距10—40厘米，其方向基本与隧洞平行，还存在隐蔽节理密集带。本次事故塌方区均在该区段内。

从岩性上讲，进口一段钙质成分高，硅质成分少，岩石遇水容易软化，强度大为降低。而且接近地表，呈中等风化，裂隙多被泥土状物质充填，遇水易被冲刷，降低了裂隙面之间的抗剪强度。第I号塌区后缘的裂隙面清晰可见，宽度20—30厘米，水面以上仍然充填良好，而在水面以下全部被掏空。

此外，由于岩体中裂隙比较发育，岩石透水性必然很大，加上岩层厚度比较小，容易形成大比降渗流，因而地下水比较发育，且有岩溶。这些均说明，事故段岩体存在着严重的、不稳定的因素。

2、对复杂的地质条件缺乏应有的认识，设计考虑不周，施工质量低劣，库区管理不善，是

造成这次重大事故的人为因素。复杂的地质条件并不可怕，问题在于没有正确地认识和对策。如此巨大工程，设计前竟然没有进行地质勘探，在施工开挖过程中，所揭露的地质状况也没有很好地研究。面对施工中连续严重塌方，仍然没有警惕这一段的地质条件是比较差的，设计施工时使用了不切合实际工程地质参数；对于岩石的坚固系数估计过高，安全系数设计偏小，使其结构厚度不能和不良地质条件相适应。特别是规模相当大的塌方区的衬砌厚度仍采用了和非塌方区同样的衬砌厚度，衬砌设计的安全系数最小值仅为0.17，相当于设计《规范》要求值2.65的6.4%，即等于人为地将结构强度降低了15倍。显然结构衬砌强度严重不够，是导致“88·4·13”事故的根本因素。从这次破坏的先后顺序看，首先塌落的部位，正是产生大塌方的部位。

设计部门没有认真履行现场设计监督的职责，既没有提出超挖回填的技术要求，也没有采用回填灌浆技术措施，这样就在衬砌和围墙之间形成了漏水通道，痛失补救良机。

在回填施工中，用废渣堵塞空隙部分和用桦树皮等疏松易腐烂的垃圾填补塌方区，无法保证衬砌和围岩紧密，坚固牢实，以降低水流压力，这是造成本次事故的直接原因之一。

作为生产使用这个尾矿库的金堆城铝业公司，对这次严重事故应承担不可推卸的主要责任。该公司选矿厂尾矿库安全管理的第一条便是：“发现问题，立即着手解决，组织处理，直接威胁坝体和蓄水、泄洪安全的严重问题，应立即会同有关部门予以解决”，实际上全是空言。公司在隧洞的施工和验收时，就深知栗西尾矿厂泄洪系统存在问题，却没有主动地敦促设计部门提出处理意见，也未采取任何防御措施。可见，金堆城铝业公司对造成88·4·13严重事故是知之在前，而后漠然置之。对国家财产和下游人民生命财产的安全采取这样的恶劣态度，实在令人费解，而且不能不令人感到极大愤慨！

二、“88·4·13”事故造成重大损失

（一）“88·4·13”事故给洛南县人民群众生命财产造成惨重损失，直接经济损失达500多万元。栗西尾矿库泄洪隧洞出水口，位于洛南县栗峪乡斜岭村第五村民小组所在地。1988年4月13日23时许，大量含有氰化物等剧毒化学物质的尾矿废水，以每秒106立方米的流量顺栗峪河汹涌而下，浪头高达2米多。栗峪河、西麻坪河、石门河及洛南县最大河流洛河，总计87公里的河道被严重污染，造成直接经济损失达500多万元。沿河两岸栗峪、油房、麻坪、孤山、尖角、城关、官桥、庙坪、柏峪寺、梁头垣、页山、黄坪、灵口、庙湾、四岔、王岭等16个乡的56个村的24,000多人受灾；最上游的栗峪、油房、麻坪、孤山4个乡遭受突然袭击，粮田冲毁，路堤冲垮，交通中断，损失最为惨重。

通过对这次事故的调查统计并汇总核实，共冲毁洛南县农田49.1公顷，其中无地埂耕地22.6公顷；损失夏粮作物16.8万公斤，经济作物1,163公斤；冲走树木23.4万株；冲毁公路8,949米，河堤18,079米，土木桥梁132座，涵洞14个，渠道2,747米，淹没而废弃的水井118眼；冲倒、毁坏电力线杆31根，线路2,000米；冲倒广播线杆13根，线路1,300米；两人被暴涨的河水淹死，一人重伤；致死耕牛16头，羊37头（只），冲走鸡鸭鹅6,742只；水毁房屋22间，包括个体企业在内的184个乡镇企业被迫停产，13所学校的476名学生因被暴涨的河水阻隔而不能入校学习，8,803人和3,914头牲畜因水源严重污染而饮水极为困难。栗峪乡斜岭村第五村民小组，在“88·4·13”事故中首当其冲，受灾最为严重。该村原有耕地6.27公顷，1984年7月两次被金堆城铝业公司污水冲毁3.14公顷，这次又冲走2.39公顷，现只剩下0.74公顷，每人平均不到0.007公顷地，生产陷于绝境；加之水井废弃，全村28户，108人生产生活基本条件丧失殆尽。

这次污染事故，使沿河水产资源遭到毁灭性灾难。据对庙湾乡上河村胡沟口地段的洛河沿岸

淤泥测定,每平方米内有死鱼70多条。初步统计,灵口区黄坪、灵口、庙湾3个乡的污染河段死鱼750多公斤、甲鱼1,450多公斤、国家二类保护动物娃娃鱼600多公斤,发现中毒昏死的最大娃娃鱼重达14公斤。据洛南县水土保持局实地测定,污染鱼类适生水面393.7公顷,每公顷每年损失鱼产量76.5公斤,娃娃鱼、甲鱼等特种水生动物15公斤,年损失产值达20多万元。

尤其严重的是,水土遭受污染的滞后危害明显。事故发生后,不少不明真相的群众误食被污染的水产品而中毒,发病严重。据4月29日至5月4日对重灾区的孤山、麻坪、栗峪3个乡的5,368人调查,因接触污染河水中毒发病1,266人,发病率的23.6%。麻坪中学在校学生434人,接触污水者343人,335人发病,发病率高达97%;灵口中学初中一年级四班的40名学生,有33名身体接触污染水或食用有毒水产品后,其中32名不同程度出现头昏、头痛、肤痒、恶心、呕吐、流鼻血、四肢无力、手腿部出疹等症状。

(二)“88·4·13”事故不仅造成巨大的直接经济损失,而且造成水土流失,严重污染了环境。据4月14日实地测定,栗西尾矿库排洪洞口到洛南县与河南省交界的87公里的河道中,平均河面宽度84.5米,沉积滞留有毒有害尾矿渣覆盖层平均宽度 \approx 5.1米,淤积最厚处达6.8米,最薄处5毫米,平均淤积厚度9厘米,全段河床淤积尾矿约5万立方米,另有15万立方米尾矿进入河南省境内。地处山区的洛河两岸,本来就是石多土少,多年用血汗经营的田园毁于一旦,恢复如此大面积的农田要到数十公里外去拉土填盖,岂是易事。

事故3天和13天后对污染水、河道尾矿粉末测定,氰化物等有毒有害物成分严重超标,总残渣含量,污染水平平均比对照水每升115毫克高出3.17倍,尤其尾矿渣粉末含有超量的铅、铝等对人体有害的金属。下表为4月26日分别在斜岭、栗峪和娘娘庙所取的对照样品中对有害物质含量的分析:

“88·4·13”事故污染河水、土壤和小麦植株毒性物质的含量分析表

| 采样地点 | 样品类型 | 氟化物 (ppm) | 氰化物 (ppm) | 硫化物 (毫克/升) | 铅 (ppm) | 锌 (ppm) | 铝 (ppm) | pH |
|----------|------|--------------|--------------|---------------|------------|------------|------------|------|
| 栗峪门前井水 | 水样 | 0.5 | 0.030 | 0.053 | — | 0.092 | — | 7.22 |
| 栗峪门前污染水 | 水样 | 15.0 | 0.042 | 0.223 | — | — | 0.164 | 7.77 |
| 娘娘庙泉水 | 水样 | 0.3 | 0.037 | 0.263 | — | — | — | 7.22 |
| 娘娘庙污染水 | 水样 | 10.0 | 0.038 | 0.140 | — | 0.032 | 0.125 | 7.65 |
| 斜岭金矿对照水 | 水样 | 0.3 | 0.026 | 0.105 | — | 0.030 | — | 8.02 |
| 斜岭污染水 | 水样 | 17.5 | 0.041 | 0.000 | — | — | 0.363 | 7.57 |
| 栗峪门口矿渣 | 土样 | 440 | 2.825 | 0.0578 | 28.0 | 113.0 | 12.4 | 7.28 |
| 栗峪门口污染土 | 土样 | 320 | 0.145 | 0.0021 | 25.2 | 84.3 | 15.5 | 7.55 |
| 栗峪房后对照土 | 土样 | 320 | 0.055 | 0.0114 | 10.7 | 101.0 | 1.6 | 7.17 |
| 娘娘庙污染土 | 土样 | 280 | 0.100 | 0.0004 | 13.9 | 84.9 | 4.0 | 7.36 |
| 斜岭污染土 | 土样 | 300 | 0.120 | 0.0026 | 27.9 | 292.0 | 84.2 | 7.26 |
| 栗峪门前小麦 | 小麦植株 | 200 | 0.395 | 0.0298 | 0.74 | 30.3 | 7.95 | |
| 栗峪房后对照小麦 | 小麦植株 | 190 | 0.185 | 0.0530 | 0.27 | 15.9 | 0.70 | |
| 娘娘庙污染小麦 | 小麦植株 | 240 | 0.490 | 0.0740 | 0.56 | 18.6 | 8.46 | |
| 斜岭污染小麦 | 小麦植株 | 240 | 0.570 | 0.1080 | 0.70 | 28.5 | 10.03 | |

注:土样与小麦样品中硫化物含量单位为每公斤毫克数,样品采自4月26日,由陕西省农业科学测试中心分析,特此致谢。

由表中可知，水样中，污染河水氟化物平均含量高出对照水平平均含量0.25ppm的40.49倍，高出中央卫生部饮用水水质标准含量和渔业水域水质标准1ppm的14.17倍，高出农业部污水标准含量3ppm的4.72倍。土壤样品中，氟化物、氰化物、硫化物、锌含量、土壤pH值均在允许范围之内，其含量值与对照土含量值基本相同。污染土中铅平均含量为22.33ppm，比对照土10.7ppm高2.1倍，污染土中钼平均含量34.57ppm，比对照土1.6ppm，超出34.57，高出21.6倍。但铅化合物在中性土壤中溶解度很小，植物难以吸收，故危害性暂时不明显。钼含量尽管高出对照土21.6倍，但钼本身无毒，仅参与植物体内代谢过程；各毒物在小麦植株体内含量，目前我国尚无标准值，无法进行分析。但从化验数据上看，因受污染，小麦体内氟化物含量高出对照36.67ppm、锌含量高出9.9ppm、钼含量高出8.11ppm。

河水污染是主要危害。河水关系到人畜饮水，直接危害人畜健康和生命安全。污染后13天的河水，氟化物含量仍高出国家级饮水标准含量、渔业水域水质标准含量的14.17倍，高出灌溉水水质标准含量的4.72倍。其它毒物和被污染土壤毒物含量目前尽管不高，但长期灌溉和浸泡土壤，也会使土壤中有毒物质积累，最终导致作物茎秆和果实带毒，危害人畜健康。

从分析数据上看，毒物含量以矿渣最高，其氟化物、氰化物、硫化物、铅、锌等含量都高于非污染土样。所以，被矿渣淤盖的农田，必须把矿渣起掉、运走、深埋，不能翻埋于地内，也不能倒在河畔，形成再次污染和长期污染。在没有彻底清除之前，一到烈日暴晒的晴天，便毒气熏天，而每次降雨或洪水，则沉渣泛起，造成新的污染，使水质再次毒化，土壤污染加深。

这次尾矿库溃决与污染事故，不仅直接危害到洛南县，而且还影响到近邻河南省卢氏、洛宁、宜县等县的洛河沿岸，乃至洛阳以下的黄河水质。有关“88·4·13”事故对环境造成危害的广度和深度，正由有关部门评估中，此处不再赘述。

金堆城铝业公司也因“88·4·13”事故造成巨大损失。尾矿库溃决事故发生后，不仅给下游人民生命财产造成巨大损失，同时也使得占金堆城铝业公司总产量2/3的百花岭选矿厂全面中断生产达2个月之久，造成直接经济损失2,600万元。新老1号排洪井和276米的排洪隧洞也因塌方而失去泄洪能力，致使永久报废，不得不另开挖新的排洪系统，并给尾矿库安全度汛造成了严重威胁。

（三）事故发生后，国家和各级政府非常重视事故调查和抢险救灾工作。4月15日成立了由洛南县、金堆城铝业公司、华县和陕西省政府等各方面组成的事故联合调查小组，对事故造成的危害进行了详细调查。经过各方面协商后，省政府决定由金堆城铝业公司赔偿洛南县在“88·4·13”事故中的直接经济损失500万元，用于生产救灾。事故发生之后，洛南县各级组织始终以高度负责的精神，从解决群众生产、生活的燃眉之急入手，克服困难，组织群众开挖便道，寻找临时水源92处，解决沿河两岸8千多名群众用水，帮助群众生产自救，恢复家园。金堆城铝业公司也会同设计、施工单位抢修尾矿库泄洪系统，应急泄洪隧洞已于6月24日开通，百花岭选矿厂已部分有条件地开工生产。

三、从“88·4·13”事故看存在的问题

金堆城铝业公司生产、生活的污水，严重污染南洛河事故并非偶然，那么今后是否会再次发生类似“88·4·13”事故，甚至更加严重的溃坝泄洪事故呢？答案并不否定。1981年5月25日，正当洛南县持续干旱50多天，群众紧张抗旱救灾之时，金堆城铝业公司将大量尾矿废水排入洛河，迫使全县133公顷多麦田停灌，已灌30多公顷麦地的庄稼茎叶上，都留下了约3毫米厚的尾矿粉末，致使作物渐渐枯萎，造成严重损失；1984年7月26日2—4时，栗西尾矿库泄洪隧洞泄洪，使栗

峪乡斜岭村第五村民小组遭受严重灾害,将仅有的6.27公顷耕地冲毁3.14公顷,使这个村庄几乎成为乱石滩;1985年5月17日8时许,栗西尾矿库又一次事故排放废水,以每秒35立方米的流量下泄,使栗峪乡有640人受灾,同年11月,尾矿库连续排放废水10多天,仅麻坪河孤山5公里内,就有1,100人、750头家畜断水,迫使群众到1公里以外处去挑水。

南洛河发源于洛南县洛垣乡黑潭,自西北向东蜿蜒,横贯洛南全境。流域面积占全县总面积的97.8%,历来是农田灌溉、人畜饮用、发展工副业生产及水产业的重要资源。但自1958年金堆城铝业公司在南洛河上游主要支流文峪河的上游建设投产以来,大量含有氰化物等剧毒化学物质的生产废水及生活污水源源注入洛河,使清水成为黑水,由益河变害河。随着该矿不断扩建,尾矿库经常突然暴泄,由原来深受其害的文峪河一条支流变为现在的文峪河与麻坪河两条支流。除污染引起沿河人畜饮水困难、中毒,致使有水不能灌溉,工副业不能发展,水生动物濒临灭绝外,还常常冲毁农田、树木、房舍、堤坝、桥涵,造成家畜家禽中毒死亡,甚至人被冲走致死。加之金堆城铝业公司领导对环境保护的意识不强,对安全生产不够重视,对人民群众感情淡漠,致使事故灾害一次比一次升级,进而导致了1988年4月13日的灾难性事故。

四、建 议

这此事故及造成的损失是十分严重的,教训是极为深刻的。矿区建设在任何时候、任何情况下都应该坚持严谨的科学态度,必须坚持按基建程序办事,尤其是对关系到矿山生产,以及对生态环境有深刻影响和关系到人民生命财产安全的重要工程项目,更应如此。为保证金堆城铝业公司今后能够安全生产和下游人民群众的生命财产安全,使他们得以安居乐业,我们建议:

1、金堆城铝业公司领导应该切实重视安全第一、科学管理生产这一关键问题,一经发现问题,应立即会同有关部门着手解决,防患于未然。应该抱着对国家负责,对下游人民群众高度负责的态度组织生产和处理有关泄洪事宜。

2、建立废水排放净化池,对正常情况下尾矿库的渗漏和排放的废水要严格控制,降低水中氰化物等有毒有害物质,使下游群众得以有正常生活生产用水。协助洛南县在隧洞出口处建立水质检测站,使群众用水心中有数,避免中毒之危险;另外,山区群众吃水困难,在正常情况下一般以饮用河水为主,但由于水质污染严重,不能继续使用,虽然已另辟新的临时水源,但也因距离太远和细菌严重超过标准,不便于饮用。故金堆城铝业公司应该立即考虑为灾区群众解决永久性吃水问题,以安民心,避免灾区群众流离失所,帮助他们恢复生产,重建家园。

3、金堆城铝业公司应该积极主动地建立健全与洛南县的通讯与交通联络,使得无论是在汛期排洪泄水或者是突发性意外事故之时,都能及时通知洛南县组织沿河群众疏散,做好防洪准备,减少不必要的损失。

4、洛南县是秦岭山区中的贫困县,加上频频受灾和长年遭受污染,抵御灾害的自救能力极其微弱,故应将每年由华县收取金堆城铝业公司的28万元排污费改为洛南县收取,使洛南县能够有力量做到对水资源常年治理,以利于沿河两岸人民发展生产,改善生存条件。

致谢:本次“88·4·13”事故考察得到洛南县人民政府、“88·4·13”事故救灾办公室、洛南县水土保持局、金堆城铝业公司环境安全保卫处以及工程处等各个方面同志的大力协作和支持,特此致谢!文中有不妥之处敬请各方指教。