

湖南省一六九厂生产区地面塌陷治理

第二期工程总结报告

湖南省煤炭科学研究所

一九九一年元月

责 任 表

一六九厂地面塌陷治理第二期工程领导小组

组长：霍雨佳

付组长：仰步雨、龙运吉、李兰庭

成员：丁德天、杜仁尧、陈玉夫、金宗平、彭光华、陈仲宽

现场施工办主任：李兰庭

技术负责人：仰步雨、龙运吉、李兰庭

煤炭科研所所长：谢逸清

现场技术人员：仰步雨、李兰庭、吕寿朋、王厚福、黎永普

报告编制人员：仰步雨、李兰庭、吕寿朋

主 编：仰步雨

报告主持审查单位：湖南省煤炭厅

报 告 目 录

第一节	工程完成概况	1
第二节	塌陷机理及迟后性塌陷治理途径和方法	5
	一、两种类型塌陷机理与特征	
	二、迟后性塌陷治理途径和方法	
第三节	第二期防塌治理方法及工艺	15
	一、钻探及注浆工程	
	（一）钻探施工	
	（二）注浆工艺	
	（三）水泥强度模拟试验	
	（四）注浆效果分析	
	二、地面铺盖	
	（一）完成工程量	
	（二）铺盖方法	
	（三）质量评价	
	三、工房重建与加固	
	（一）新保健食堂新建	
	（二）纸管工房部分拆除重建	
	（三）加固工程	
	（四）施工质量	

四、蒸气管道及排污沟翻修

(一) 蒸气沟改造

(二) 排污沟改造

第四节 监测工作 51

一、报警器的埋设

二、地下水位、地表移动监测

(一) 地下水位观测及动态评价

(二) 地表移动监测及稳定性评价

第五节 综合治理效果评价及经费决算 57

一、防塌综合治理效果评价

二、存在的主要问题

三、经费决算

附表 1	钻探注浆试验一览表	(1)
附表 2	地表监测成果表	(19)
附表 3	钻孔水位动态观测成果表	(22)
附表 4	日降雨量	(25)

湖南省一六九厂生产区地面塌陷治理

第二期工程总结报告

第一节 工程完成概况

自1988年元月完成了一六九厂生产区地面塌陷治理第一期工程全面恢复生产后,为尽早开展该厂剩余的治理工程,全面消除安全隐患,确保生产安全。我所于1988年2月编制了第二期塌陷治理工程施工技术设计,1988年3月19日获省厅(88)湘煤供字第535号“关于169厂生产区地面塌陷治理第二期工程施工技术设计的批复”。在认真总结第一期塌陷治理工程经验的基础上,一六九厂以厂地塌字(88)第67号文呈报了工程报告。本着边生产、边治理,尽量做到生产、治理两不误和突出重点,先治危害严重工房,后治一般的原则,按照省厅核准的工程概算资金246.99万元(包括保健食堂重建工程费10万元),资金来源采取三年不上交利润,以厂养厂,以厂治厂的办法解决。一六九厂为加快治理步伐,做了大量的组织和施工前的准备工作,成立了塌陷治理领导小组和现场施工办,于1988年11月20日开始施工,1990年6月29日全部竣工。先后采用招标方式,组织了省煤勘三队、省煤勘二队进行钻探注浆施工,由涟源市杨家滩

镇基建公司承包了危房重建、加固和地面防渗铺盖、翻修管沟工程，一六九厂四车间负责地下水动态和地表稳定性观测工作。共完成了8栋工房钻探注浆、锅炉房部分钻探注浆和老保健食堂埋设报警器以及危房重建、加固、地面防渗铺盖、翻修管沟等工程。共计施工钻孔257个，其中注浆孔227个，埋设报警器孔10个，注浆质量检查孔20个；钻探总进尺5633.76米；其中土层5239.69米。灰岩176.40米。表层注浆重复进尺172.67米；水泥制浆量4522.37吨，水泥实际注入量4461.24吨，注入比为93.64%；完成63.5公斤标贯试验40孔196次；土层注水试验8孔次；土样水质分析18孔15个样；水泥结石强度现场模拟试验101个；水泥质量抽检样3个；埋置报警器10个（见图1、表1）。完成危房重建2栋697.5平方米；加固修缮工房7栋1536平方米；地面防渗铺盖面积19875.33平方米；翻修地下管沟1020米；地下水位观测8孔28个观测日52组次；地面稳定性观测8栋工房，观测点87个，19组次（见表2）。按原设计84[#]包装工房，由于包装任务紧张，难以安排生产交替，在本期治理中，未能完成治理工作。为弥补工程量不足，虽按实际需要增加了新保健食堂和部分锅炉房的治理任务，但总体工程完成情况来看，其主要工程约为原设计工作量的90%左右，有的工程如地面铺盖和管沟翻修。

表 1 钻探、注浆、试验工程质量统计表

工 房 标 号	工 房 名 称	完 成 钻 孔 数 (个)	钻 进 尺 (m)				注 浆 工 程 量				称 量 试 验 孔 (次)	注 试 验 孔 (次)	土 水 分 析 试 验 孔 (个)	样 灰 泥 结 晶 试 验 孔 (个)	下 入 井 口 管 数 (m)	埋 设 报 警 器 (个孔)	
			总 计 进 尺	其 中: 土 层	灰 岩	重 复 进 尺	水 泥 制 浆 量 (t)	水 泥 注 入 量 (t)	清 水 施 工 时 间 (h)								
381	硝铵库房	59	55	4	880.57	747.90	46.49	86.18	223.85	223.52	1174	46/10	3/3	5/5	17	65	—
271	纸管工房	54	50	4	1591.70	1506.08	83.27	22.36	126.135	126.12	2161	59/9	2/2	5/5	36	62.59	—
283	老保健食堂	10	—	—	161.20	158.20	—	3.00	1.50	1.50	—	—	—	—	—	155.12	10.10
283	新保健食堂	22	20	2	495.39	473.73	11.46	10.20	533.00	522.00	675.5	20/4	—	—	32	21	—
335	轮碾机房	15	14	1	316.80	310.97	5.83	—	106.45	104.70	68.29	9/2	1/1	—	—	15	—
337	“ ”	16	14	2	414.99	406.98	8.01	—	188.40	185.0	559.89	14/3	1/1	5/3	14	14	—
339	“ ”	16	14	2	407.68	400.11	7.57	—	921.67	912.60	55.15	11/3	—	—	—	17	—
343	玻璃机房	15	14	1	296.79	257.03	3.94	30.80	648.55	642.00	334.15	6/2	—	—	—	15	—
241	窑砂雷管工房	45	41	4	710.09	687.99	22.10	—	349.30	346.00	114.75	31/7	1/1	—	—	45	—
177	窑炉房	5	5	—	363.57	340.70	2.73	20.14	289.80	287.80	544.38	—	—	—	—	6	—
合计完成工程量		257	227	20	5638.76	5289.69	176.40	172.67	4522.87	4461.24	6147.11	196/40	8/8	15/13	101	405.71	10.10
原设计工程量		279	249	20	6389				6450			200	8	22	100	537	13
工程量完成比(%)		92.11	91.51	100	88.26				70.12			98.00	100	68.18	1.01	75.55	52.63

完成水泥质量现场抽检样 8 个, 其中, 杨市水泥厂 2 个, 杨市水泥二厂 2 个, 杨市水泥三厂 2 个, 双峰水泥四厂 1 个, 芙蓉水泥厂 1 个。

表 2 地面防渗加固工程量统计表

工房序号	工房名称	工房面积 (m ²)	地面铺装面积 (m ²)	翻修地下管沟			危房处理	
				污水沟 (m)	蒸汽沟 (m)	水管 (m)	重建 (m)	修缮 (m)
381	碎铁库房	500	6066.81					432
271	纸管工房	488	1000.00				442.0	
	其他交接带		2063.05					
-283	新保德食堂	130	1622.24				255.5	
335	轮碾机房	120	1228.71					120
337	"	120	1228.71					120
339	"	120	1241.13					120
343	球磨机房	114	1333.33					114
241	磁砂雷管工房	582	1872.87					582
177	锅炉房	48	2310.68					48
合计完成工程量		2502	19875.33	80	340	600	697.5	1536
原设计工程量		3154	24000	250	340	600	987.4	1556
工程量完成比 (%)		79.33	82.81	32	100	100	70.64	98.71

完成地下水水位与地面稳定性观测 71 组次。

还未全面结束，正在进行之中，总工程费支出为238·16万元（含待付款16·55万元），为预标数的98·85%，略有节余。

经过近三年的治理，通过地表岩移监测和实践考验，尤其是经受了1990年6—7月份地区性的强降雨期的考验。在此期间治理区毗邻的斗立山、恩口煤矿，地面先后连续发生大面积塌陷，地表水倒灌，矿井被淹没，而本区地面、建筑物毫无异常的迹象。充分表明，继87年第一期治理工程开展以来，到本期工程总结报告的提交，该区按照岩溶矿区排水疏干后地面迟后性塌陷机理，采取防渗、排水、堵洞、建筑物结构及地基加固等，综合治理措施是有效的，成功的。

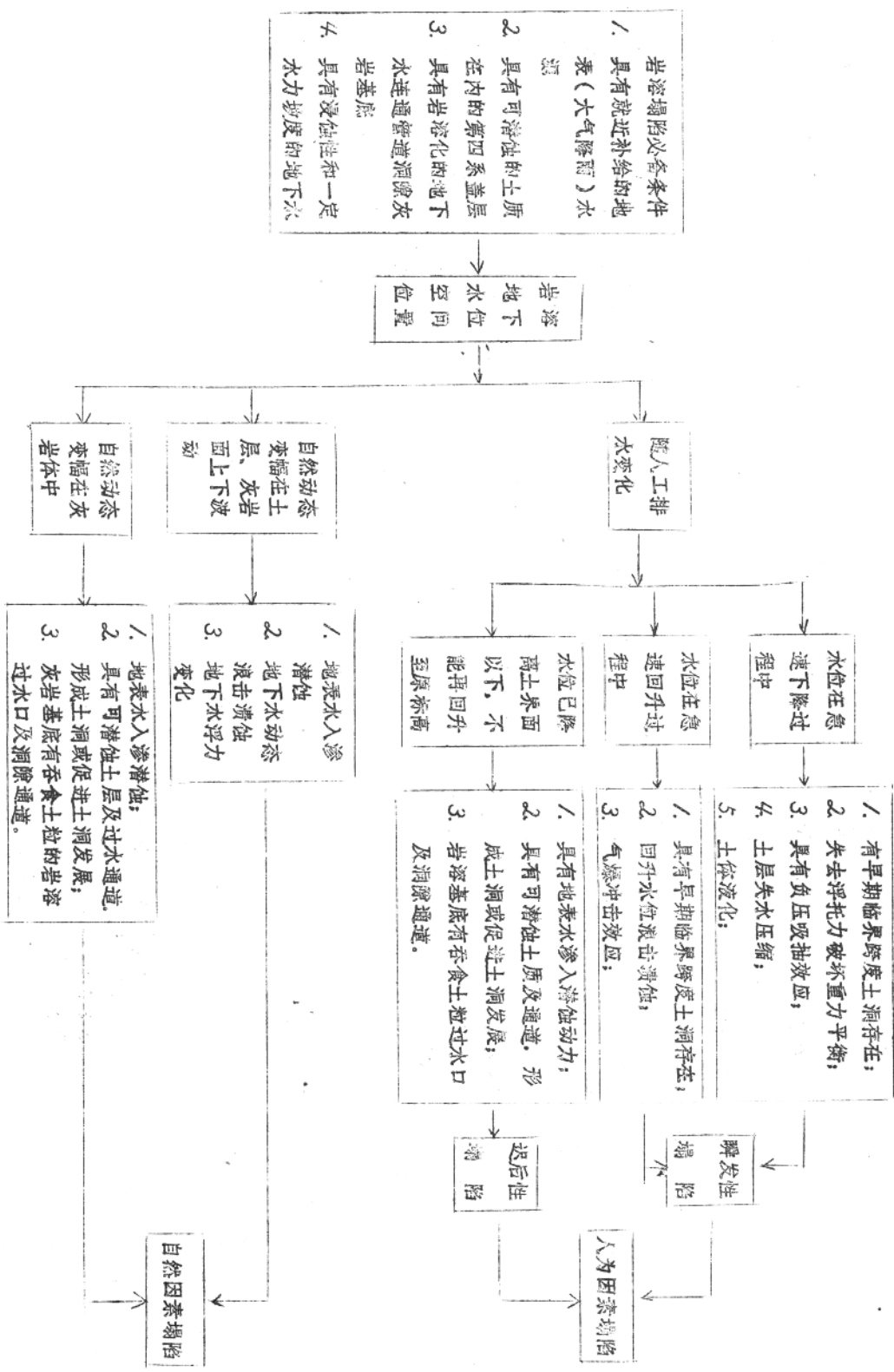
本期工程自设计到施工，得到了省煤炭厅各级领导部门的关心和支持，一六九厂全体职工、各级领导密切配合、精心组织，省煤勘二、三队等施工单位的通力合作，保证了工程的顺利完成，在此一并表示衷心的感谢。

第二节 塌陷机理及迟后性塌陷治理途径和方法

岩溶地面塌陷是一种复杂的工程物理环境地质现象，在开发矿山、兴修水利、地下水开发以及地下水自然动态变化等，都会

导致地面塌陷。它与工农业建设、民生安全息息相关。七十年代以来，我国广大水文地质、工程地质、岩溶环境地质工作者，对岩溶地面塌陷，曾做过大量研究工作，特别在塌陷形成机理上有过多种探讨，如潜蚀论、液化论和真空吸蚀论，都分别从不同角度就机理结合防治方向进行过有益的探讨；然而对其某一具体塌陷区，如何按照机理和所提出的防治方法，实施于实践就很少见了，或者在论证上缺乏实际的、充分的依据，而不能被人们公认和采纳。其所以如此，关键在于没有充分地注意到塌陷区，在发生塌陷前的主体条件，随时空变化而产生的物理过程，去分析其塌陷形成的必要条件和导致塌陷的主导因素。此次，一六九厂地面塌陷治理工程，从工程勘察开始到治理方案的提出，都紧紧抓住了厂区塌陷形成条件，如基底岩溶发育程度、地下水位埋深的变化、土质性质与土洞形成发展、地表水入渗与现行塌陷的关系等进行了认真的勘察分析，结合斗立山矿区和湖南省岩溶大水矿床多年来实际地面塌陷的背景考察，按照岩溶区环境地质条件和水动力（地表水和地下水）条件，人为因素或自然因素造成的条件变化所导致的地面塌陷，我们进行了如下新的分类（见框图）。

形成塌陷的条件



在以上分类中，自然因素塌陷一般是少见的，但在那些天然地下水位年变幅大的地区或特殊的干旱年地下水位大幅下降的地区，也可以出现此类塌陷。如湖南涟源市七星到肖家一带，85年前后井泉干涸，民房开裂，就是属于此类塌陷（见“87年6月10日胡海涛教授等代表中国地质学会环境地质咨询服务部赴湘咨询专家组向湖南省政府汇报论证记录稿”），而人为因素塌陷是普遍的，针对地下水位在矿井疏排下降的时间过程和空间位置，从实际应用出发，分为瞬发性和迟后性塌陷两种类型，按其主要作用因素有针对性的提出治理途径和方法。

一、两种类型塌陷机理与特征

1. 瞬发性塌陷

根据观察和统计，瞬发性塌陷大部分出现在地下水位疏降的初期（对地下水位快速恢复引起的塌陷暂略），地下水位疏降强度大，随着水位急速下降，在水位自由面或承压面降离土层面的过程中，将引起一系列水动力和场应力的变化，破坏天然状态下的重力平衡而导致地面出现塌陷（塌洞、沉陷或开裂），其形成原因主要有四种因素。

(1) 地下水位下降造成脱水段土层的压缩，失去浮力发生层间收缩，破坏了土体稳定性平衡（见图2）。

土体失水前平衡式，

$$h r \leq \tau + \left((h - h_0) \frac{r_w}{1 + e} \right)$$

式中， $h r$ ……土层的自重力；

τ ……土层内聚力和内摩

擦力；

$$(h - h_0) \frac{r_w}{1 + e} \dots\dots$$

水的浮托力。

土体失水后的压缩量；

图 2

$$S = m_s \sum_{i=1}^h \frac{\Delta P_{s i}}{E_{s i}} (Z_i C_i - Z_{i-1} C_{i-1})$$

式中： $E_{s i}$ ……疏干 i 土层的压缩模量；

Z_i Z_{i-1} ……分别为地面到 i 层及 $i-1$ 层土底面距离；

C_i C_{i-1} ……分别为 i ， $i-1$ 土层内附加压力系数；

m_s ……经验系数；

$\Delta P_{s i}$ ……疏干层失去水的浮托力，可用下式取得，

单层土质结构，

$$\Delta P_{s i} = \int_{h_2}^{h_1} \frac{r_i}{1 + e_i} d h$$

多层土质结构,
$$\Delta P_{si} = \int_{h_{i2}}^{h_1} \frac{r_1}{1+e_1} dh$$

(2) 地下水力梯度的增大, 改善了动力水头对土层的潜蚀。造就流砂溃落和形成土洞条件, 其动力功:

$$W = \frac{1}{2} m K^2 I^2$$

当 K 一定时, 疏干水位下降愈快, 其水头所做功与水力梯度平方成正比。潜蚀作用急剧增大。

若渗流发生在具有蚀变性的疏松土石, 水力梯度将出现:

$$I \geq I' = (G - 1)(1 - n) \text{ 时,}$$

式中, I' 临界水力梯度;

G 土石比重;

n 土的孔隙度;

流砂冲溃或土石液化, 瞬间将产生地面塌陷。

(3) 早期土洞的存在是配合各种外力因素, 尤其是土洞跨度处于重力临界平衡状态时, 极易造成塌陷的产生。

(4) 水位的急速下降, 造成负压对土体的吸蚀作用。

瞬发性塌陷发生的特点是: 无预兆, 时间上与排水 (或穿水) 初始地下水位的下降和疏干漏斗的扩展具有相对同步性。在井下突水后, 最快数十分钟或几小时, 一般 1~7 天就有明显的地面塌陷

反映。如斗立山煤矿香花台井作矿井抽水试验。当水位下降175米。排水量为352米³/时。不到三天。在2962米范围内的塘田、泉塘、泉水排一带均出现泉水枯干。地面塌陷；湖南桃江裕民煤矿1985年12月27日6时。一200米水平遇断层穿中上石炭系壶天群灰岩水。水位下降370米。不到三天。沿断层带长1000余米。宽400米范围内井泉全部枯干。出现地面塌陷洞16个。地裂10余条。民房开裂10余栋；辰溪煤矿的大坪井1988年8月21日16时30分于+100米水平穿水。仅15分钟后。地面即有塌陷出现。不到8小时。地面出现塌陷洞13个。7天内达21个之多。此类实例在湖南的桥头河、斗立山、恩口、煤炭坝、孝坪诸矿区。水口山的柏坊铜矿。以致江南各大水岩溶矿区和供水勘探抽水地都有此类塌陷普遍发生。

2. 迟后性塌陷。多见于地下水位已经疏降至第四系土层面以下。地下水位的天然动态对土层不发生直接动力作用。此时。土层的破坏。土洞的形成。发展以致地面塌陷的产生。主要是地表水的入渗、潜蚀。对土石物的迁运流失的结果。在形成塌陷的过程中。地表水入渗所具有的动能功为：

$$W = \frac{1}{2} MV^2 \sin \alpha \quad \text{或} \quad W = mgH \sin \alpha$$

当渗流角一定时。其水头所做的功与水头值H成正比。土层愈厚。其功愈大。此类塌陷明显的特点。一是。在地下水位疏降漏斗

区内，塌陷的形成对疏降漏斗的形成，在时间上具有迟后性。因为这类塌陷的产生，必须有一个地表水入渗发生动力潜蚀形成土洞，发展土洞的过程；二是，地表必须有地表水和地表水入渗通道的存在；三是，在此类塌陷区，只要不终断地表水的入渗，一般都有复塌或向老塌陷点就近迁移的新塌陷点产生；四是，塌陷点的分布，多见于土层厚度小于30米的碎石土为底卧层的土层地面。此类塌陷在湖南大水岩溶矿区内，每年约有5%左右的塌陷点出现。169厂治理区的塌陷均有上述特点（详见工程地质勘察报告）。

三、迟后性塌陷治理途径和方法

鉴于本区地面塌陷特点，属地下水长期疏排，水位大幅度下降后，由于地表水入渗，潜蚀土洞的形成和发展，破坏了土体平衡而发生的一种迟后性塌陷。形成塌陷的主导因素是地表水入渗的动力作用。因此，在选择防治途径上，采取了“以消除或减弱地表水入渗，防止潜蚀动力作用为主，配合改善建筑物结构、充填土洞、堵塞土层过水通道，封闭岩溶口和埋设报警器等综合途径”。（见

图3)。其方法:

(1) 排洪导流。为减少大气降雨入渗量,改善地表迳流条件,依照治理区地形条件可划分为若干个汇水小流域。沿小流域建筑排洪沟,导流槽,主干排水沟形成了导流系统。

(2) 地面铺盖。为防止地表水垂直下渗,沿建筑物四周加铺防水层。铺盖宽度由下式计算。

$$b = H \cot \alpha + S$$

式中: H ……土层厚度;

S ……保护层宽度;

α ……地表水垂直渗透扩散角。

铺盖面积为:

$$F = \pi (r + b)^2 - F'$$

式中: r ……建筑物底面积引用半径;

F' ……建筑物底面积;

坡度大于45度的山坡带可以不铺盖。铺盖分两种方式:一是沿工房四邻用混凝土捣制,厚100mm,面上加浆抹光。每隔2~4米留一伸缩缝;一是沿山坡地带用砼预制板砌成。面上加浆抹光,留排水沟和伸缩缝。

(3) 翻修管沟。对现有蒸汽管污水沟,给水管未作防渗处理的,一律加铺防渗层。