

山东省矿山地面塌陷地质灾害现状、趋势分析及其防治

邱希青, 王宗香, 寿冀平

(山东省地质环境监测总站, 济南 250014)*

摘要:山东是我国矿业大省,采矿历史悠久,矿业在全省国民经济和社会发展中发挥着重要的基础性作用。随着矿业经济的发展,矿产资源开发规模和开发强度的增大,矿山地面塌(沉)陷问题越发突出,已成为主要的矿山地质灾害。本文中通过对煤、金、铁、石膏、滑石等矿山开采引发的地面塌(沉)陷地质灾害的现状分析,结合矿产开发规划对其发展趋势进行了分析,提出了充填、“自下往上”异向开采、帷幕注浆堵水和矿坑水预先疏干排供结合的防治措施。

关键词:地面塌陷;地质灾害;趋势分析;矿山;防治措施;山东省

中图分类号:P642.26

文献标识码:A

文章编号:1672-4135(2005)03-0174-06

山东是我国矿业大省,采矿历史悠久,矿业在全省国民经济和社会发展中发挥着重要的基础性作用,目前全省95%的一次性能源和80%的原材料依靠开发矿产资源提供,矿山企业达9632个。随着矿业经济的发展,矿产资源开发规模和开发强度的增大,矿山地面塌(沉)陷问题越发突出,成为主要的矿山地质灾害。

1 矿山地面塌(沉)陷地质灾害分布特征

山东省矿山地面塌(沉)陷地质灾害按成因和塌(沉)陷特征分为采空地面塌(沉)陷和岩溶地面塌陷。

1.1 采空塌(沉)陷

采空塌(沉)陷是山东省最主要的矿山地质灾害,涉及煤矿、金矿、铁矿、石膏、滑石等所有地下开采矿山,伴随采空塌(沉)陷出现的往往还有地裂缝、山体开裂等。采空塌(沉)陷主要分布于煤矿采空区,其次是金、铁矿及石膏、滑石矿等采空区。从突发性和对人民的生命财产安全上来讲,又以金、铁、石膏、滑石矿最为严重。

全省17个市有10个市存在规模不同的采空塌(沉)陷,主要分布于煤炭资源开采强烈的

地区。塌(沉)陷面积规模较大的依次为泰安(主要分布于煤炭资源丰富的新泰、宁阳、肥城三地)、济宁(主要分布于兖州及济宁煤田)、枣庄(主要分布于滕州及陶枣煤田、峰城及底阁石膏矿区)、莱芜(四大国有煤矿区、张家洼及小官庄铁矿区、莱芜铁矿马庄矿区)、烟台(主要分布于金矿资源开采强烈的招远、莱州、牟平及龙口煤矿区)。

1.2 岩溶地面塌陷

矿山岩溶地面塌陷是开发排水(包括矿坑突水)为主导因素引发的岩溶塌陷,主要发生在具备岩溶塌陷条件的莱芜铁矿谷家台及叶庄矿区、蒙阴洪沟煤矿区、沂南铜井金矿区等,其中以莱芜铁矿岩溶塌陷最为发育。

2 矿山地面塌(沉)陷地质灾害发育现状

2.1 采空地面塌(沉)陷地质灾害发育

采空塌(沉)陷是由于矿层(体)采出后,采空区上方岩层在重力作用下发生弯曲、离层乃至冒落而形成,其发生发展过程和地表变形程度,主要取决于矿层条件、顶板岩性特征、地质构造和采高、开采条件等。据2004年调查资料^①,我省各类矿山采空塌(沉)陷面积为

收稿日期:2005-04-22

基金项目:中国地质调查局典型矿山地质环境评估项目(200212300004)

作者简介:邱希青(1967-),女,高级工程师,主要从事水文地质工程地质研究工作。

①董强.山东省矿山地质灾害调查与评估.山东省地质环境监测总站,2004.

403.01 km²,其中煤矿采空塌(沉)陷最大,占采空塌(沉)陷面积的97%。

2.1.1 煤矿采空塌(沉)陷

山东省采煤历史悠久,开采方式从以往的小规模开采转入现在的机械化深部大规模开采,随着采空区面积的不断扩大,各采煤区相应

地发生了一系列规模不等、形状各异的采空地塌(沉)陷。据不完全统计,截止2002年底,全省因采煤造成的采空塌(沉)陷已达800余处,累计塌(沉)陷面积392.625 km²,其中绝产面积大于50 km²,平均采万吨煤地面塌(沉)陷率为0.0037 km²(表1)。

表1 山东省煤矿区采空地塌(沉)陷情况统计

Table 1 Statistics for ground subsidence of coal mined-out area in Shandong Province

采煤区	泰安	济宁	枣庄	坊子	莱芜	龙口	临沂	淄博	济南	累计
1997年累计塌(沉)陷面积(km ²)	93.1	60.8	43.83	29.2	0.409	11.03	3.385	1.053		242.807
2002年累计塌(沉)陷面积(km ²)	127.96	105.84	79.01	30.93	27.82	14.74	4.82	1.47	0.035	392.625
常年积水面积(km ²)	18.0	29.4	季节性积水	无	无	0.8	季节性积水	无	无	48.2
土地复垦率(%)	28.2	40.8	71.05	99.5	62.2	34.37	67	68.3	64	59.49

煤矿塌(沉)陷的平面形态多为圆形、椭圆形的塌(沉)陷盆地,盆地中心下沉深度各地不一,最大下沉深度12.50 m(肥城王瓜店),最小下沉深度0.10 m(枣庄黄庄煤矿)。其中塌(沉)陷区最大下沉深度<1.50 m、地表形态相对变化较轻的塌(沉)陷区面积累计124.6 km²,占全省总塌(沉)陷面积的31.74%;塌(沉)陷区下沉深度>1.50 m、地表形态相对变化较大的塌(沉)陷区分布面积累计达268.03 km²,占全省塌(沉)陷区总面积的68.26%。此类塌(沉)陷分布区,地表地形起伏较大,在第四系沉积厚度较大或地下水位埋深较浅的地段,常形成季节性乃至常年性积水洼地,导致土地复垦困难或不能复垦。据不完全统计,目前,全省部分老塌(沉)陷区的常年积水面积已达48.2 km²以上,造成了耕地的大面积绝产和荒废。

由于各地区成煤条件(厚度、埋深、顶底板岩性等)的差异,以及各采煤区开采方式的不同,使得各采区采空塌(沉)陷的发育规模差异较大。省内济宁、枣庄、泰安、龙口、临沂、淄博和坊子七大采煤区,除淄博采煤区的采空塌(沉)陷的发育规模较小外,其他地区的采空塌(沉)陷均较严重。尤其以泰安、济宁、枣庄三地市所辖煤田区的采空塌(沉)陷最为严重,累计塌(沉)陷面积达312.81 km²,占全省采空塌

(沉)陷总面积的79.67%。不但塌(沉)陷分布面积大,下沉深度深,而且积水面积广,造成的损失和社会影响亦极大。

2.1.2 铁矿采空塌(沉)陷

山东省内铁矿采空塌(沉)陷相对较轻,虽然目前济南、莱芜、淄博等铁矿主要产地的矿山开采已具规模,但由于矿石采出后对采空区大都进行了尾矿充填,因此,铁矿采空塌(沉)陷的发生得到了有效地控制。至2002年底,全省仅发生3处采空塌(沉)陷,淄博1处、莱芜2处,累计塌(沉)陷面积2.673 km²。

2.1.3 金矿采空塌(沉)陷

金矿采空塌(沉)陷主要分布于胶东金矿区的招远、莱州、牟平、威海等地。据不完全统计,到目前为止,金矿开采区发生采空塌(沉)陷160多处,累计塌(沉)陷面积约0.851 km²。塌(沉)陷的形态多为条形,走向与矿脉走向一致。表现为塌坑两侧边坡陡立,地表岩体内沿矿脉走向的张性裂隙发育,裂隙宽度可达20 cm。受矿脉地质特征和开采规模的控制,塌坑的发育规模(长、宽、深等)差异悬殊。塌坑长度一般10余米到数十米不等,最长达800 m。

2.1.4 石膏、滑石等其他矿产采空塌陷

(1)山东省石膏矿储量十分丰富,石膏生产量逐年上升,因此矿区采空塌(沉)陷也越发突

出。目前采空塌(沉)陷主要分布于临沂市平邑县、苍山县石膏矿区和枣庄底阁石膏矿区,累计塌(沉)陷面积 1.774 km²。

(2)滑石矿采空塌陷区主要分布于栖霞、莱州等地,现已发生采空塌(沉)陷3处。最大的一处发生在莱州市滑石矿采空区,塌陷形态为椭圆形盆地状,面积约 0.45 km²,塌(沉)陷中心下沉深度 3 m 左右,该塌陷的发生对位于其西部的莱州市滑石矿构成了很大威胁,目前厂院围墙已有多处倾斜开裂,墙体裂缝最宽达 10 cm。

(3)临沂、潍坊等地在开采重晶石矿的过程中,亦先后发生较大规模的采空塌(沉)陷,并造成了严重的人员伤亡事故。

2.2 岩溶地面塌陷地质灾害发育现状

矿山岩溶地面塌陷是因开采矿产资源疏排地下水(包括矿坑突水)而导致的岩溶塌陷。目前,全省岩溶塌陷面积约 0.31 km²。相对于采空塌(沉)陷,岩溶塌陷面积较小,目前只局限于莱芜铁矿、蒙阴洪沟煤矿、沂南金矿 3 个矿区。

3 矿山地面塌(沉)陷趋势分析

3.1 煤矿采空塌(沉)陷

现阶段煤矿开采主要在鲁西地区的淄博煤田、肥城煤田、新汶煤田、兖州煤田、滕州煤田、陶枣煤田、临沂煤田和鲁东地区的黄县煤田。就目前采空塌(沉)陷情况分析,山东煤矿采空塌(沉)陷基本分 2 种情况^[1]:①淄博、陶枣、临沂等煤田,多处于低山丘陵区,煤层薄,上覆第四系厚度均小于 100 m,开采深度多在 500 m 以下,煤层采出顶板冒落后,很快自动压实,地表只出现小规模地面变形、斑纹或裂缝,对地表或农业耕作不产生重大损害;②兖州、滕州、肥城、黄县等煤田,多处于山前冲洪积平原或盆地中,第四系覆盖层厚度大,开采煤层厚度大,多 8~12 m,煤层产状平缓,采出后,顶板煤层失去支撑,形成破碎冒落、弯曲下沉,随着采空面积的逐渐扩大,在地面出现缓慢、连续的盆状塌(沉)

陷坑,严重破坏了地质地貌景观,对农田、村庄等破坏严重,给矿山建设和矿区农业生产、生活造成重大影响,也为矿山带来沉重经济负担。由此可见,后者采空塌(沉)陷规模及危害要大于前者。

根据煤矿开发规划^①,近期煤炭生产的重点地区是济宁、兖州、滕州、新汶(含莱芜)、肥城等深部煤田。煤矿采空塌(沉)陷也主要发生在济宁、兖州、滕州煤田,其次是肥城、龙口、新汶煤田。淄博煤田面临闭坑期,采煤塌(沉)陷影响很小。也就是说,除了淄博煤田外,其他各煤田采空塌(沉)陷仍将继续发展^②,尤其是济宁、兖州、滕州 3 大煤田,开发潜力大,采煤塌(沉)陷又属于第②种情况,故其采空塌(沉)陷规模和危害程度显得尤为突出。

据山东省煤炭工业局资料,近期山东省煤矿采空塌(沉)陷面积年均增长 20.4 km²,按此推算(以 2002 年采空塌(沉)陷面积 392.625 km² 为基础),2005 年和 2010 年山东省由于采煤将增加塌(沉)陷面积分别为 102 km² 和 204 km²。

未来煤炭资源开发远景区在鲁西南及黄河北煤田,此处煤田正处于黄河冲积平原区。尽管煤层埋深大,但由于具有上覆第四系厚度大、煤层厚度大、煤层产状平缓(与济兖煤田类似的自然地质条件),推测未来开发会产生严重的塌(沉)陷危害。采用采煤塌(沉)陷系数法,结合 2010 年规划采煤量 9 000 万吨,预测采空塌(沉)陷面积为 21.6 km²。

3.2 铁矿采空塌陷

山东省内铁矿采空塌陷相对较轻,目前主要发生在淄博黑旺铁矿朱崖矿区庙子采空区、鲁中矿业公司(莱芜)张家洼小官庄矿山区及莱芜铁矿马庄矿区三处。据 2002 年调查资料,庙子采空区由于当地乡镇和个体采矿影响,范围有所扩大,仍存在发生采空塌陷的隐患。张家洼、小官庄、马庄矿区作为莱芜市重点恢复治理区,采用了科学合理的采矿方法(砂土、尾矿充填法),区内采空塌陷面积将逐年减少。

①《山东省矿产资源总体规划》(2001~2010). 山东省人民政府,2002.

②《山东省地质灾害防治规划》(2003~2020). 山东省人民政府,2004.

3.3 金矿采空塌陷

据金矿开发规划,2003~2010年,采空塌陷将随着采空范围的不断扩大而加剧。由于三山岛、新城、金城等金矿已经转入海底或深部开采,故其采空塌陷发生规模不会增幅太大。而牟平、乳山、龙口,尤其是招远金矿,由于资源相对丰富,加上国有矿山和集体、个体矿山的联合无序开采,采空塌陷面积将不断增大,采空塌陷危害将越发突出。

3.4 石膏、滑石矿采空塌陷

山东省石膏矿产资源集中分布于鲁中地区,尤以泰安、枣庄、临沂三区资源较为丰富。滑石矿资源主要集中分布于鲁东北部地区。目前石膏、滑石开发强度较高,采空塌陷时有发生,给矿区安全造成了严重危害。随着开采强度的加大,其采空塌陷亦会愈发突出。

3.5 矿山排水岩溶塌陷

矿山开发排水(包括矿坑突水)为主导因素而引发的岩溶塌陷,主要发生于莱芜铁矿区第三系缺失的“天窗”内及断裂带附近。据监测资料,该区岩溶塌陷近年来发展迅速。1997年塌陷面积6320 m²,2000年达到8450 m²,2002年达9912.17 m²。塌陷面积年均增长700 m²以上,累计塌陷坑228个,塌陷密度最大达252.5处/km²。随着矿山开采强度的增大及部分矿山恢复(如顾家台矿区等)建设,区内岩溶塌陷面积将不断增大。

4 矿山地面塌(沉)陷防治措施

矿山地面塌(沉)陷是由人类开采矿产资源诱发引起的,因此,防治应首先考虑人类活动因素,既要预防和减轻灾害带来的破坏和损失,又能保障矿产资源有序开发。根据前人生产实践经验,提出如下防治建议。

4.1 探索科学的采矿方式

4.1.1 充填法采矿

预防采空塌(沉)陷最为有效的方法是充填法采矿^[2]。这里推荐中国矿业大学研制的高水速凝充填材料,该充填材料具有充填速度快、强度高且较稳定等特征。充填液只需20 min便连砂带水一起固化成高结晶充填体,其强度一天可达3 MPa,三天可达4~5 MPa,最终可达5

MPa以上。该充填材料不需脱、排水且有一定膨胀性,充盈系数优于混凝土,在招远金矿进行充填试验,效果良好。

充填法采矿防止采空塌(沉)陷,在目前开采的铁、金矿山中具有较强的可操作性,因为这类矿山矿体多呈脉状或条带状发育,相应采空区也呈条带状,便于充填,所需充填材料也相对少,经济上不需投入太大而且效果明显。充填法开采铁、金矿目前在全省已进行了全面推广和应用,其中莱芜铁矿区及招远金矿区基本上都采出了此种采矿方式。而煤矿等沉积型矿产开采采空区范围广,即使所有的煤矸石全部回填,仍存在大范围的采空区,从煤矿开采经济效益上分析不合算,因此,目前煤矿开采以顶板陷落法为主。

4.1.2 煤炭地下气化工程研究

煤炭地下气化(UCG)工程^[3]是指煤层在地下直接燃烧变成可燃气态燃料的过程,是一种化学采煤方法,属洁净煤新技术研究开发项目。气化炉所产煤气目前除用于矿区居民生活用气和小型工业锅炉燃气外,主要用于燃气发电机组发电。另外,还可以用于煤气化工,生产甲醇、二甲醚等化工产品。此技术方法的应用可有效减轻煤炭生产对矿区生态环境的压力,改善矿区及周边区域生态环境,具有较高的经济效益、社会效益、环境效益,是今后煤炭生产发展的主要方向,值得很好的研究发展推广。

目前,山东新汶矿业集团公司鄂庄煤矿在这方面作了有益探索实验,并于2002年投入生产,综合效益良好。莱芜鄂庄煤矿煤炭地下气化站工程是新汶矿业集团公司“十五”期间的重点科技攻关项目,重点进行煤炭地下气化稳定控制技术的研究,目前已被列入国家高技术研究发展计划(863计划)实验研究基地。

4.2 科学采煤方式研究

4.2.1 “自下往上”异向开采

煤矿开采一般是从上层煤起自上往下采,这样对煤矿建设来说,具有见效及投资回收快等优势。但对于采空塌(沉)陷来说,是愈采愈烈,许多塌(沉)陷区是反复塌了再塌,同时浅部采空塌(沉)陷也构成对深部采矿的威胁。比如,在汛期,大气降水直接通过塌(沉)陷坑进入

巷道,增加矿坑排水量乃至造成淹井事故的发生等等。

湘潭矿业学院与煤炭部门立项研究煤矿开采方式,提出具有多层煤的煤田,采用自深部→浅部开采的方式,可有效的减轻采空塌(沉)陷危害。目前,这一研究已经通过国家正式鉴定,是值得参考、借鉴的。

4.2.2 加强科学研究,提高采煤技术水平

目前,世界上有些国家井下采煤排矸石不出井,用来充填井下采空区,既可以减轻采空塌(沉)陷又可避免排矸对地质环境的影响,如此真可谓一举两得。省内煤矿的采煤方式与我国大多数煤矿一样,使得利用煤矸石充填井下采空区变得复杂化且费用较高,这在新汶矿务局张庄煤矿及国内其他煤矿都已得到证明。目前技术水平条件下,欲使矸石不排向地表直接充填采空区是不现实的,因此,需加强科学研究,努力改进采煤技术,赶上国际先进水平。在目前经济技术条件下,可考虑:①同一煤层多工作面协调开采,减少地表不均匀下沉,减少倾斜和水平变形对民房的影响,②分煤层交错布置工作面,可减少不均匀下沉和静态变形值,使部分变形得以抵消,不同煤层开采边界交错布置,错距控制在40~80m,③积极推广沿空送巷、沿空留巷等采煤新工艺、新方法,实行无煤柱开采,以使地表均匀下沉,④积极开展新技术、新方法的研究,如华丰矿通过注浆减沉,取得较好的效果。汶南矿在采13层、15层煤时,采用矸石充填老硐,既减少了矿井排矸量,又减缓了顶板下沉,减轻了采动对地表的影响。

4.3 帷幕注浆堵水法

采用大型帷幕注浆工程既可以治理水害保

护地下水资源,又可以减轻岩溶塌陷,已成为除疏干法以外,可供选择的另一种行之有效的治理矿区灾害的方法。该方法在济南张马屯铁矿、肥城矿务局陶阳煤矿等矿区得到了成功应用。

4.4 矿山矿坑水预先疏干排供结合

据本次调查不完全统计,仅鲁中地区,国有煤矿和铁矿矿坑排水量就达 $4 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,造成大量水资源浪费,还诱发岩溶塌陷等地质灾害。采用该法不仅使水资源提前利用,同时降低了产生岩溶塌陷的水动力因素。

4.5 合理有序开采及灾害治理恢复

采矿前,在压矿地区实行一次性征地,减少采空塌(沉)陷损失。为减轻采空塌(沉)陷危害,除了进行村庄搬迁、重点交通和水利设施布置禁采区或留设防护煤柱以保护人民生命财产和国家重点建筑物不受损害外,更重要的是对于塌(沉)陷地区进行治理和复垦利用。根据实际情况,塌(沉)陷区内大部分土地可以复垦还田,少部分地区塌(沉)陷程度严重,常年积水或地形起伏过大,不能复垦,可以发展水产养殖业,亦可修建公园,既美化环境又丰富人们的文化生活。

参考文献:

- [1]张倬元. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社, 1980.
- [2]纪万斌. 工程塌陷与治理[M]. 北京:地震出版社, 1998.
- [3]朱维根. 矿产资源开发与可持续发展[J]. 中国矿业, 2004,13(9):44-46.

The Analyses of the Actuality of Ground Subsidence and the Development Trend and the Prevention Measures of the Major Mine in Shandong Province

QIU Xi-qing, WANG Zong-xiang, SHOU Ji-ping

(The Shandong Station of Geo-Environment Monitoring, Jinan, 250014)

Abstract: Shandong Province is one of the major diggings in China. It has a long history of mining, which plays an important and foundational role in civil economy and social development of Shandong province. As the economic development of mining, aggrandizement in scale and intensity of mining exploitation, the problem of the ground subsidence is more and more appeared, and it has become the major mine geologic hazard. In this paper, the authors draw the measures such as integrating the filling, dissimilar direction mine "from bottom to top", water stop by curtain grouting and fore-drainage in mining pit by analysis the actuality of subsidence hazard which is leaded by exploiting mine such as coal, aurum, iron, gypsum, steatite, and the development trend of the major digging.

Key words: ground subsidence; geologic hazard and development trend; mine; prevention measure; Shandong Province

国际空间站预想预报大地震

据《nature》的 Micheal Hopkin 报道,国际空间站上的一个试验,将检验巨大地震可以在空中被发现的理论。研究者希望在整个地球辐射层中的所跟踪指标的变化,能提前给出几百公里以下的地震警报,此事如果成功,将给在卫星上建立一个观察装置铺平道路。地震学家知道地震前的轰隆声能引起一个可被无线电装置接受的很宽频率的扰动,这种破坏被认为是岩石开始变形形成微小断裂时引起的。在地面上监视这些影响需要一个巨大的全球范围的天线网,而卫星却具有这种天然功能网,即地球磁场中叫作 Van Allen 带的一些带电颗粒,它是保护地球防止宇宙辐射的天然屏障。意大利 Lazio - Sirad 区 Perugia 大学的 Roberto Battiston 认为,电磁平衡在地震前的 Van Allen 中是可以测量到的。但是他又补充说,现在还没有人能够证明这种影响能在地震前的几个小时的有效时间内发报出去。国际空间站在距地面 370 km 的高空中巡航,它轨道的某些点擦过最低的 Van Allen 带,这就为预报大地震提供了一个非常的有用观测点。

(刘新秒供稿)