

231-236

## 人为地质灾害成因及其对策\*

X45

王存玉

(中国科学院地质研究所工程地质力学开放研究实验室 北京 100029)

P642.2

**摘 要** 本文通过大量事例阐述了人为地质灾害产生的主要原因及其防治对策。指出,对工程区地质情况认识不清楚,设计不合理或设计失误,施工质量达不到要求等是人为地质灾害产生的主要原因。同时指出,人为地质灾害具有可防治性,人们完全可以通过规范自身的行为——增强科学性,减少盲目性来达到避免和减轻人为地质灾害的目的。

**关键词** 人为地质灾害 成因 防治对策

**中图分类号**: X45:P694 **文献标识码**: A

灾害成因

## 1 前 言

随着社会的进步和科学技术水平的提高,人类工程经济活动的频度更高、强度更大。人类工程活动作为影响地壳表层地质环境演化规律和演化速率的一种地质营力,其作用强度极大地增强,甚至超过了自然地质营力的作用强度。据世界范围不完全统计,人类每年消耗约 500 亿吨的矿产资源,超过大洋中脊每年新生成的岩石圈物质约 300 亿吨的数量,更超过河流每年搬运物质约 165 亿吨的数量<sup>[1]</sup>。就我国而言,目前已建成 8 万余座水电站,近 6 万公里铁路和百多万公里的公路,200 余座金属矿山和 500 余座大型煤矿。数量如此之多的大型工程,其开挖和堆填土石方量之大是惊人的,对地质环境所造成破坏和恶化程度也是可以想见的。不仅如此,大规模的人类工程活动还经常引发各种人为地质灾害。据统计,约有 50% 的地质灾害的发生与人类活动有关<sup>[2]</sup>。有人估计,全球滑坡灾害的 70% 是人类活动引起的。美国尼尔森等指出,加利福尼亚州康错考斯塔郡将近 80% 的滑坡与人类活动有关;布立格兹等认为,宾夕法尼亚州阿利享郡的滑坡 90% 由人类活动引起<sup>[3]</sup>;在我国四川省渡口市所统计的 45 例滑坡中有 43 例是人类工程活动触发的,占 96.5%<sup>[4]</sup>。广而言之,在地质灾害的灾种中,除了天然地震和火山喷发外,几乎都可以认为是人为地质灾害,它们或是直接由人类的工程活动所引发,或是和人类工程活动有关,是人类工程活动诱发的次生地质灾害。比如,滑坡、崩塌、泥石流等灾害除与大气降水有关

\* 收稿日期:1999-01-04;收到修改稿日期:1999-05-10.

**作者简介**:王存玉,(1942-),男,副研究员,工程地质专业.

外,与人类的开挖、堆填和用水有极大关系;地面沉降、地裂缝、海水入侵等灾害主要是过量抽取地下液体所致;煤与瓦斯突出、矿坑突水、矿震以及矿区地面沉降等是由人类矿业活动所致;水库诱发地震、库岸滑塌等则主要是人类修建水利工程的结果,等等。总之,人类工程活动作为一种强大的营力,不仅正在日益强烈地改变着和破坏着地壳表层地质环境及其演化规律和演化速率,而且还经常触发和诱发大量的人为地质灾害;从而对人类的生存构成严重威胁,严重影响着国民经济持续、稳定和协调发展。因此,减轻和防治人为地质灾害是当前一项重要任务。本文在实践的基础上论述了人为地质灾害的主要成因及其防治对策,以对防灾减灾有所裨益。

## 2 人为地质灾害成因分析

人为地质灾害可定义为由于人类工程活动而引发的地质灾害。它是人类盲目的和不科学的工程行为的结果。从这个意义上讲,人为地质灾害的广义的总的成因只有一个,那就是人类的不合理的违背自然规律的工程活动。但是,人类工程活动的类型是多种多样的,人为地质灾害的种类也是多种多样的。不同类型的工程活动可以引发不同类型的人为地质灾害,而同一种人为地质灾害又可以由不同类型的人类工程活动所引发。如此看来,人为地质灾害产生的原因还比较复杂。那么,人类在进行工程活动时为什么会引发人为地质灾害呢?作者认为主要有以下 3 方面的原因。

### 2.1 由于对工程区的工程地质条件认识不清而引发人为地质灾害

大多数人为地质灾害的发生都是由于对工程区的工程地质情况不清楚所致,这方面的例子是很多的。如,1928 年 3 月 13 日美国圣弗朗西斯大坝的垮坝灾害,造成 500 多人丧生<sup>[5]</sup>,1959 年 12 月法国马尔巴塞拱坝的溃坝灾害,1963 年 10 月 9 日意大利瓦依昂坝水库区的大规模滑坡灾害,造成 1926 人死亡,1961 年 3 月 6 日我国湖南柘溪水电站库区塘岩光滑坡灾害(死亡 266 人)等都是由于工程地质条件不清楚所致。再如,1987 年 6 月 30 日开滦钱家营矿 203 工程的泥石流灾害,也是由于工程地质水文地质条件不清楚,把副井 450 水平井口和车场布置在断层密集地段,此处岩性为粘土岩和泥质砂岩,岩体破碎,强度很低,遇水崩解,而此处含水层的水量又很丰富<sup>[8]</sup>。总之,如果对工程地质条件了解清楚了,并采取了相应的措施,这些灾害是完全可以避免的。

值得一提的是,在各类工程建设中除了上述人为地质灾害外,还普遍存在着各种工程事故和工程病害,它们或延误工期,或提高工程造价,或降低工程效益,所造成的损失也是不可低估的。究其原因,许多也是由于工程地质条件不清楚所致。江西省病险水库的调查显示,在所调查的 191 座大、中型水库中,大坝基础存在各种工程地质问题的约占 78.3%<sup>[6]</sup>;绵阳地区中小型水库病害调查中发现,由于工程地质问题造成病害的,占总数的 78.9%<sup>[7]</sup>;据国际大坝委员会统计,在工程失事的原因中属基础地质问题的约占 40%。可见,重大工程建设中工程地质工作,无论对于减轻和避免人为地质灾害,还是防止工程事故和工程病害,降低工程造价,保证施工和运营的安全都是非常重要的,是不可缺少和不能轻视的基础性工作。

所谓搞清工程地质条件也只是相对的,没有必要也不可能绝对地搞清楚,只要能满足工程设计、施工的需要就可以了。那么,为什么有些工程的工程地质条件搞不清楚并因此而常常造成工程事故、工程病害或人为地质灾害呢?主要有以下三方面的影响因素,一是勘察阶段、勘察精度的限制和取得资料的手段的限制;二是勘察技术人员认识水平的限制和重视程度不够;三是某些工程区地质情况的复杂程度。三者中的任何一个都可能造成对工程区地质条件的认识不清,如果三个方面同时起作用则更会造成对地质条件认识不清楚。比如,大秦线军都山隧道地处火成岩地区,地质构造相当复杂,初设时所确定的Ⅱ、Ⅲ类围岩为18%,实际则高达69%;京广线大瑶山隧道所遇到的零号断层地表没有任何迹象;美国的科罗拉多州(Colorado)的罗伯特(Roberts)隧道,在地表测绘时所确定的断层和岩脉的数量仅是隧道开挖中所实际遇到数量的1%~9%,即使较大的断层和岩脉,其地表和地下的符合程度仅达12%~47%;再如西班牙的Talave输水隧洞,地表测绘、钻探和电测资料给出的大断层17条,而最终开挖出69条,地表测绘时未发现的断层糜棱岩,最终开挖出567 m。这些都说明了在地质条件复杂的地区,地表和地下深部地质条件的差异性客观存在的,地表和地下地质情况的符合程度很低,反映出地质体不仅在水平方向上而且在垂直方向上的不均一性客观规律。由此可知,仅依据地面地质测绘和少量钻探等手段所取得的资料还远远不能准确地推断地下深处的地质情况就是不难理解的了。

## 2.2 由于工程设计不合理或设计失误而引发人为地质灾害

由此种原因所引发的人为地质灾害许多也是跟对工程地质条件认识不清或是跟对某些参数选取不当相关联,单纯由于设计原因而产生人为地质灾害的为数不多。如成昆线利子依达沟泥石流灾害。该沟汇入大渡河,沟口无典型的冲积扇地貌标志,也没做认真细致的考察,便认为是一条已趋于稳定的老泥石流沟,所以在修建铁路时将桥墩置于主流位置,1981年7月一场大暴雨,凶猛的泥石流将桥梁冲垮,导致一列正在行驶的客车颠覆,死亡275人,损失惨重;还有矿山的废弃土石堆放不当,排土场选址不合理而形成的人工泥石流灾害,也时有发生。如威尔士的阿伯芬矿把高180 m的废石堆放在一个小丘的陡坡上,形成泥石流,淹没了城市的一部分,毁坏了一所学校,使150多人丧生;1970年的一次暴雨把四川省泸沽铁矿的大量弃渣和修公路时在山坡上堆积的土石沿明沟冲下,形成人工泥石流灾害,摧毁一个村庄并掩埋了成昆线新铁村车站;四川石棉矿、云南个旧锡矿和易门铜矿等都曾发生过人工泥石流灾害,其原因也都是由于不恰当的设置排土场所致。而成昆线狮子山滑坡群和襄渝线安康附近滑坡群灾害则是与广泛分布于裂隙粘土中的光滑裂隙面的抗剪强度认识不清,取值不当有关。

## 2.3 由于施工质量不合要求或施工方法不当导致人为地质灾害

这里所说的施工质量是指地质工程(如边坡工程、地下工程、地面和地下采掘工程、地基基础工程等)的施工质量,而不是指地面上部建筑结构的施工质量。由于施工质量达不到设计要求而导致人为地质灾害的事例是很多的。如,1989年1月7日漫湾水电站坝基开挖时左岸上游侧的坝肩和右岸下游侧的泄洪洞、导流洞出口处的边坡先后发生了较大规模的滑坡灾害<sup>[9]</sup>。左岸开挖边坡共设计布置锚固洞32个,锚筋桩( $L=8.5\text{ m}$ ,  $\varphi=40$

mm $\times$ 3)138根,以及大量系统砂浆锚杆( $L=4\text{ m}$ ,  $\varphi=22\text{ mm}$ , 间距 $2\times 2\text{ m}$ ),坡面挂网( $\varphi 4$ ,  $0.3\times 0.3\text{ m}$ )并喷混凝土(厚 $0.1\text{ m}$ )。从理论上讲,这些措施能足以保证边坡的稳定,是不应出现滑坡灾害的。但滑坡灾害还是发生了,经事后调查分析,人们找到了滑坡发生的原因。除削坡减载不够,边坡岩体结构面发育,岩体的整体质量低下等原因外,支护工程的施工质量差,没有起到应有的作用是造成滑坡灾害的重要原因。如施工中的钢筋以圆钢代替螺纹钢;钢筋接头处未进行帮焊而仅仅是用细铅丝绑扎的,滑坡后全部从绑扎处脱开;许多锚固洞的混凝土未浇注满,存在许多空洞(如6号锚固洞断口处空洞尺寸为 $2\times 1.7\times 0.6\text{ m}$ ,4号锚固洞根部断口处空洞尺寸为 $2.5\times 2\times 1.7\text{ m}$ ,3号锚固洞断口处空洞尺寸为 $4.3\times 1.73\times 0.92\text{ m}$ 等)或未捣实,存在许多“蜂窝”;砂浆存在分异现象;许多长度为 $7\text{ m}$ 的锚杆由于深度不够,连同滑体整体下滑,未起到锚固作用;锚筋桩长度不够,坍塌时锚筋桩连同滑体整体滑移,根本没起到锚固作用;还有相当部分的砂浆锚杆注浆不满,降低了支护能力;更有甚者,在坍塌后的堆碴中发现有相当部分的砂浆锚杆根本不见砂浆的痕迹!等等。另外,云南锡业公司的老厂锡矿14-5矿体1992年1月发生的冒顶灾害,事前工作人员已发现顶板有易脱落的不稳滑面,领导也很重视,并已着手架箱支护工作,但在支护工作中由于作业人员工作马虎,没按支护规程施工,架设的支柱间距太大( $2.7\text{ m}$ ),完全没有达到安全规程的要求,不能承受冒落体的冲击力。另外,支柱架设后没有关紧顶棚,没能将支护达到冒落顶面,对围岩没起到多少支护作用,顶板岩层得以继续发生离层,致使顶板冒落时岩石直接砸断所架设的支架,工作人员来不及躲避而造成伤害。还有,山东济南市某大厦的深基坑工程,该基坑深度为 $14\text{ m}$ ,完全处在第四系中。基坑的东边墙(东侧边坡)采用锚喷网加固方案,共设计12排锚杆(或称土钉),间距 $1\times 1\text{ m}$ ,然后挂网加混凝土喷层。工程实践证明,加固方案使用的技术是成熟的,且完全适合该工程的情况,不应出现问题,但施工到底以后不久,整个东边坡全部滑塌,感到非常意外和奇怪。后经调查发现,其原因不在设计和技术方面,而是由于施工人员偷工减料,私自改变设计方案,把原设计的12排锚杆减掉了10排,只做了2排!所以这次滑坡事故的原因不在设计方面,而完全是施工质量差所致。

### 3 人为地质灾害防治

#### 3.1 人为地质灾害的基本属性—可防治性

前面已经述及,人为地质灾害是由人类不合理的违背自然规律的工程经济活动引发的,是人类盲目行为和不合理行为的结果,因此,人类就完全可以通过规范和限制自己的行为来达到减轻和防治人为地质灾害的目的。此即人为地质灾害的可防治性,也是和其他自然灾害的根本区别之所在。在这方面,人类是站在相对主动的地位,有相当大的主动权,而完全不像对待诸如地震、火山喷发等自然地质灾害那样,人类只是处在被动地位,即人类只能进行预测、预报而不能通过自身的行为阻止它们的发生。

#### 3.2 人为地质灾害的防治原则

人为地质灾害的防治应遵循如下基本原则:针对性、综合性和及时性。

### 3.2.1 针对性

所谓针对性是指有的放矢,对症下药,针对人为地质灾害的不同类型和同一类灾害的不同发生机理而采取不同的防治措施和方法,只有这样才能达到预期效果和目的,否则将事倍功半,或造成防治失败。如用防治崩塌的方法去处理滑坡灾害,或用治理煤与瓦斯突出灾害的措施去治理水土流失,或去防治沙漠化,显然都是行不通的。因此,防治措施应具有明确的针对性才能收到预期效果。

### 3.2.2 综合性

许多人为地质灾害的发生往往都是多因素的,而不是单因素的,因此,在防治时也应针对致灾的多种因素采取综合性的防治措施,而不应采取单一措施。比如,对泥石流灾害的防治工作就应进行全面规划,综合治理。把工程措施(固床工程、护坡工程、拦挡工程、排导工程等)、生物措施(植树造林、封山育林、水土保持等)和行政管理措施等结合起来综合考虑,才能收到良好效果。

### 3.2.3 及时性

人为地质灾害的发生往往有个发展过程,或者说其发生有阶段性,故其防治应特别注意及时性,应根据灾害发展的不同阶段而采取不同的措施。灾害防治的及时性对防治效果,乃至成败有极大关系。

## 3.3 人为地质灾害防治的基本对策

(1) 重视工程地质条件的勘测工作。严格执行工程地质勘测规程、规范,努力提高工程地质勘测水平;努力克服勘测、设计、施工三者脱节现象,大力提倡三者的紧密结合;坚决摒弃边勘测、边设计、边施工的“三边”政策;应尽量提高工程地质技术人员的理论水平,尽量采取新技术、新方法。

(2) 重视施工中的预测预报工作。实践证明,预测预报是防治人为地质灾害产生的一种行之有效的方法,它可以及早发现灾害隐患,及时采取有效措施,从而避免灾害发生。尤其是在地质条件复杂地区,仅靠前期地质勘测还不能很好地查清工程地质条件,甚至一些可致灾的不良地质条件有时也不能被查清,在这种情况下,施工中的预测预报显得尤为重要,效益也甚佳。

(3) 建立由提供工程地质条件和有关地质参数的地质专家参与设计,或参与审核设计的措施。

(4) 建立严格的监理制度,对施工质量进行严格监督和检查。同时,施工中应提倡使用新技术、新工艺,不应片面提倡“土法上马”、“因陋就简”等口号。

## 4 结 语

综上所述可知,人为地质灾害同自然地质灾害的根本区别是它的可防治性,即人类可以通过规范自己的行为来达到防治人为地质灾害的目的。人类只要做到在工程规划阶段选址合理,在勘测阶段尽量搞清工程地质情况,再加上正确的设计、高质量的施工,则人为地质灾害是完全可以避免的,至少也可以大幅度地减轻灾害。这是一项非常有意义,非常

有效益的工作。

## 参 考 文 献

- [1] 张倬元等. 大力加强人类工程活动与地质环境互馈作用机理及对策研究(代序)[A]. 典型人类工程活动与地质环境相互作用研究(1)[C]. 北京:地震出版社, 1994.
- [2] 马宗晋等. 减轻自然灾害系统工程初议[A]. 中国自然灾害灾情分析与减灾对策[C]. 武汉:湖北科学技术出版社, 1992.
- [3] 张咸恭等. 人类活动与诱发灾害[A]. 中国自然灾害灾情分析与减灾对策[C]. 武汉:湖北科学技术出版社, 1992.
- [4] 王思敬, 黄鼎成等. 攀西地区环境工程地质[C]. 北京:海洋出版社, 1990.
- [5] 李鄂荣等编. 环境地质学[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- [6] 陈克俭. 江西省病险水库工程的主要工程地质问题初探[A]. 工程地质科学新进展[C]. 成都:成都科技大学出版社, 1989.
- [7] 张德藩. 绵阳地区中小型水库病害的工程地质因素[A]. 第五届全国工程地质大会文集[C]. 北京:地震出版社, 1996.
- [8] 李成栋. 河北开滦钱家营矿 203 工程泥石流突出灾害[R]. 岩石工程事故与灾害实录. 中国岩石力学与工程学会工程事故专业委员会, 1994.
- [9] 张林洪. 漫湾水电站左岸滑坡工程实录[R]. 岩石工程事故与灾害实录. 中国岩石力学与工程学会工程事故专业委员会, 1994.

## ON THE CAUSES AND THE COUNTERMEASURES TO ANTHROPOGENIC GEOLOGIC DISASTERS

WANG Cun-yu

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

### Abstract

Main causes and countermeasures for prevention and control of anthropogenic geologic disasters are discussed in the paper. The author considers there are three main causes for occurrence of anthropogenic geologic disasters; (1) The geological situation (background) at the engineering area did not be clearly understood; (2) Unreasonable design; (3) Low quality of construction. The author also points out that the anthropogenic geologic disasters can be avoided or mitigated by means of standardization of human activities.

**Key words** Anthropogenic geologic disaster, Cause, Countermeasure.