

汶川地震对尾矿库设计与管理的启示

沈楼燕^{1,2}, 龙卿吉³

(1. 武汉大学经济与管理学院, 武汉 430000; 2. 中国瑞林工程技术有限公司, 南昌 330002;

3. 江西省安全生产监督管理局, 南昌 330002)

摘 要:汶川大地震给震区的尾矿库工程带来了较大的影响,特别是对私营矿山小型尾矿库工程影响尤甚。笔者借鉴四川省内受灾水库大坝的险情进行科学分析,从尾矿库的设计和管理角度总结出一些尾矿库抗震防震的工程经验,以启示未来的尾矿库设计与管理工作。

关键词:地震;尾矿库;设计与管理;启示

中图分类号: TV64 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4172(2009)01-0075-03

Enlightenments of Wenchuan Earthquake to Design and Management of Tailing Ponds

SHEN Louyan^{1,2}, LONG Qingji³

(1. Economics and Management School of Wuhan University, Wuhan 430000, China;

2. China Nerin Engineering Co., Ltd, Nanchang 330002, China;

3. Jiangxi Safety Production Supervision Bureau, Nanchang 330002, China)

Abstract: Wenchuan megaseism brought great impact to tailing ponds in seismic zone, especially to the small-size tailing ponds of private mines. The author summarized some experience in antiseismic engineering of tailing ponds in terms of design and management of tailing ponds through a scientific analysis on dangerous conditions of affected reservoir dams in Sichuan province, which are expected to have some help for future design and management of tailing ponds.

Key words: earthquake; tailing pond; design and management; enlightenment

2008年5月12日14时28分,四川省汶川县发生8.0级强烈地震,震中最大烈度达11度。这次地震是新中国成立以来震级最强、波及的范围最广、造成的灾害损失最大、抗震救灾难度最大的一次地震,给震区特别是震中附近广大范围内造成重大灾害。作为一名专业尾矿库工程技术人员,职业的本能使笔者特别关注震区的尾矿库状况。多方搜寻关于震区尾矿库的震后资料,希望从血的教训中得到一些启示,以警示后来的尾矿库设计、施工及管理者们。

1 汶川地震对尾矿库设计的几点启示

据初步统计,受四川地震影响,四川省4座尾矿库受损,甘肃有26座受损^[1],陕西省仅一个略阳县就有33座尾矿库不同程度受损:其中煎茶岭原华澳公司黄家沟尾矿库子坝发生溃坝(约3万m³尾砂下泄);小汉钢木瓜岭尾矿旧库子坝出现裂缝、新库基础坝出现移位现象;鑫峰何家岩铁矿尾矿库子坝、宏源公司尾矿库排洪沟出现明显裂缝;风华公司大坝尾矿库子坝移下沉,险情较为严重;四川米易县安宁铁钛尾矿库溢洪洞盖板产生裂纹、裂缝。所幸此次地震没有引起较大的尾矿库次生灾害^[2]。

由于震区尾矿库调研资料非常有限,而震区水库大坝的灾后调研资料较为丰富,笔者考虑到我国数量70%以上的尾矿库属小型尾矿库(此处小型尾矿库是指等级为五等、库容小于100万m³且坝高小于30m的尾矿库^[3]),且近年尾矿

作者简介:沈楼燕(1970-),女,高级工程师,在读博士研究生

坝主流坝型为土(石)坝,因此,笔者认为完全可以借鉴水库大坝的灾后调研资料来进行分析。

1.1 尾矿坝坝型设计优先选择柔性坝—堆石坝

四川省是我国水库数量最多的省份之一,目前有6678座水库。5.12汶川大地震导致1803座水库出险,出险率达27%。险情主要表现为大坝裂缝、渗漏、坝坡滑塌、溢洪启闭设备变形等,其中,坝体裂缝占震灾险情的66.3%。以纵缝居多,横缝次之,很少发现有水平缝(仅砌石坝才发现有,土坝未发现);纵缝表现在坝顶中部、与刚性结构相接触部位,最长的有200m以上,宽超过40cm;横缝大多表现在两岸坝肩,少量在坝中部。出现灾情的大坝以土坝居多,其次是砌石坝^[4]。

分析认为,当地震发生时,由于地震波对坝体在水平和垂直两个方向剧烈震荡作用,再加上坝体边坡偏陡,坝身受拉应力作用部位便会产生裂缝。沿土坝轴线方向刚度大而上下游方向刚度小,主要表现为纵缝;若坝身和坝基发生不均匀沉陷,也会引起裂缝,沿坝轴线方向容易有不均匀沉陷,所以大多表现为横缝,特别是两岸坝肩由于土坝与山体连接部位刚度差异大而产生不均匀沉陷。纵缝往往是滑坡的先兆;横缝有发展为集中渗漏通道的危险。

2005年江西九江地区瑞昌地震(5.7级),江西铜业股份有限公司武山铜矿2003年尾矿库扩容时建设的两座尾矿坝,其中2号坝为浆砌石重力坝,震后大坝裂缝纵、横缝交错,而1号主坝是机械碾压堆石坝,并且还是构建在赤湖湖

湾深厚淤泥层上(最大淤泥层厚 14 m),居然安然无恙。

笔者力荐尾矿坝(或尾矿库初期坝)坝型采用机械碾压堆石坝。从上个世纪八十年代开始,机械碾压堆石坝逐渐成为水工大坝中的一种主流坝型,它以其筑坝速度快、施工不受天气气候制约、坝体稳定性好、大坝适应地基变形能力强等显著的优点而迅速推广,特别是作为尾矿堆坝的初期坝坝型时,它具有良好的渗透性能,有利于加速尾矿堆积坝渗透固结,提高尾矿坝的抗滑稳定性。由于它自身的筑坝孔隙率在 28~35%之间,号称“柔性坝”,所以它适应地基变形能力极强,能较好地抵抗地震波的震荡作用。土坝作为一种便于实施的经济坝型在国内数量众多,但因此种坝的设计碾压压实度规范要求不得小于 0.96,它适应地基变形能力较砌石坝强,但是比碾压堆石坝就逊色多了。

1.2 设计者要严格把握尾矿库库址选择的安全性及合理性

小型水库虽然库容不大,但对当地老百姓来说其作用很大。地震发生前夕正值春耕时节,许多水库发挥了很大灌溉作用。地震发生后,部分水库出现了险情,且相当一部分险情水库直接位于乡镇的上游不远处,水库一旦失事,直接冲刷范围内的居民较多,将造成巨大损失。使得水库的抢险者们面临着抢险安全与供水的巨大矛盾。

无独有偶,近期山西省临汾市新塔矿业有限公司尾矿库“9.8 特大溃坝事故”中的尾矿库就是位于矿山办公楼及一个集镇的上游,且高出这些居民区 50 m 之多^[5]。还有 2006 年陕西镇安金矿尾矿库溃坝,坝下游毗邻着村户住宅;2000 年广西南丹县鸿图选矿厂尾矿库“10.18 垮坝尾矿坝下游正对着民工棚等事故”^[6]。因此,尾矿库的设计者在库址选址论证时,一定要实地踏勘,本着科学负责的态度,库址选址时要确保尾矿库直接冲刷范围内无居民村户、良田,选址尽可能远离人民群众生产生活相对集中的区域。在《选矿厂尾矿设施设计规范》(ZBJ1-90)里已经对尾矿库选址作了较为详尽的规定,设计者在工程设计实践中一定要严格遵循规程规范,理论联系实际,实事求是地分析每个尾矿库的选址的安全性及合理性,从源头上规避事故的发生。

1.3 尾矿坝坝坡适当放缓、坝顶宽度适当放宽

此次震后核查结果表明,大坝坝坡滑塌的占震损水库的 12.4%。主要原因是由于边坡偏陡、坝顶宽度偏窄、施工质量差等^[4],在地震惯性力的作用下,产生坝坡滑塌现象。

许多小型尾矿库的设计者们,因小型尾矿坝的坝高不高,首先思想上不够重视,加上业主们期望节省筑坝工程量的原动力驱动,导致小型尾矿坝的坝坡较陡、坝顶宽度不足,连设计规范的下限值都难以满足,加之小型尾矿坝的施工质量往往很差(因造价缘故缺乏正规的施工),使得尾矿坝不能满足抗滑稳定要求而导致坝坡滑塌。设计者应当考虑到小型尾矿坝实际施工的压实度小于规范要求的压实度这一客观因素,在坝坡坡度、坝顶宽度两个要素上留有一定的安全储备,坝坡应比理论计算值(或规范下限值)适当放缓,坝顶宽度相应适当放宽,从而有利于尾矿坝的稳定安全。

1.4 正确设置尾矿库排洪系统的型式及高程

地震现场调查发现,许多小型水库的泄洪设施位置比较高,水库放空能力低,出现震害后,仅靠灌溉、供水管放水,放水速度很慢,难以起到应急降水的作用^[4]。笔者曾踏勘过近百座私营矿山的小型尾矿库,发现尾矿库排洪系统大多数为坝下埋管式,泄流进水构筑物多为排水管壁上开孔或加盖板

的排水斜槽,随着库内尾砂滩面的升高,排水孔或斜槽上的盖板都将被逐一封堵严实,当尾砂滩面升高至相当高度时,倘若遭遇地震或其他不测情况,仅靠剩余的未封堵的排水孔或斜槽口无法及时排泄洪水,降低库内水位。笔者认为:小型尾矿库的排洪系统设计时应当遵循“大水大走,小水小走”的原则^[7],采用溢洪道—小断面坝下排洪系统的联合排洪系统。即通过改变尾矿库放矿方式,另建地表溢洪道排泄低频率(大流量)洪水,而高频率(小流量)洪水从坝下排洪系统排泄,从而减小坝下排洪系统的泄流横断面并大大缩短排洪系统纵向长度,显著降低坝下排洪系统的投资;同时因排泄大流量洪水的溢洪道是地表构筑物,较之坝下排洪系统而言其施工、管理、维护都非常简便,较大地提高了尾矿库排洪系统的安全可靠性。

2 汶川地震对尾矿库管理的启示

5.12 汶川大地震导致四川省 1 803 座水库大坝出险,其中小型水库出险 1742 座,占出险水库的 96.6%。379 座高危险情以上水库中,有小型水库 364 座,占 96%。

笔者曾在 2008 年 1 月 5 日的《中国有色金属报》上撰写过一篇名为《关于尾矿库安全管理的思考》文章,文中指出:小型尾矿库的数量占据了我国尾矿库总数的 70% 以上。但小型尾矿库失事造成的灾难和损失同样是巨大的,而导致小型尾矿库失事的主要原因是安全生产的漠视和失职,因为 90% 以上的小型尾矿库隶属非国有经济性质的矿山企业,由于非国有经济追求利益最大化的固有特性和无主管部门性质带来的信息和专业技术指导的缺乏,导致其不能按照生产的规律和经济的特点组织生产,而采取短期化的冒险行为,降低安全要求^[6]。2000 年广西南丹县鸿图选矿厂尾矿库“10.18 垮坝事故”、2006 年陕西镇安金矿尾矿库“4.30 溃坝事故”、2007 年辽宁海城尾矿库“11.25 溃坝事故”以及近期 2008 年山西省临汾市新塔矿业有限公司尾矿库“9.8 特大溃坝事故”都主要涉及私企的小型尾矿库。

2003~2004 年,国家安全生产监督管理局开展了金属非金属尾矿库安全状况的调查工作,此次共调查 2 692 座具有代表性的尾矿库,按照《尾矿库安全管理规定》的标准衡量我国的尾矿库,其中正常库不足 30%,而危库、险库、病库,则占 2/3 以上^[8]。由此可见,尾矿库的安全状况不容乐观。总体上看,三等及三等以上的大、中型尾矿库安全状况较好,四等及四等以下的小型尾矿库较差;国有企业尾矿库安全状况较好,民营企业的尾矿库较差^[8];因此加强对尾矿库尤其是私营矿山的小型尾矿库的安全生产管理必须引起高度地重视。

3 结语

汶川大地震对矿山尾矿库工程的影响比较大,特别是对私营矿山小型尾矿库工程影响尤甚。除了由于地震作用产生了震害外,普遍是原来就已经存在一定的病患、隐患,此次地震加重了病患的危害。分析其主要原因有设计不当、施工质量不良等,最为重要的原因是安全生产管理的不力和矿山技术力量的薄弱。因此,加大矿山的技术投入和加强安全生产管理很有必要。

(下转第 78 页)

品。美国的铝公司现在也基本停产,转而每年从中国进口。

韩国也公布了和日本类似的一些政策,增加国家储备。

法国罗地亚公司已经在中国合资生产稀土,同时缩减了在其它国家的产量。

3 我国稀有资源的贸易状况

以稀土为例,我国稀土有 2/3 出口国外,占世界市场 90% 以上的销售份额,按照国际定价惯例,一个企业或者国家如果拥有某类产品的一半市场份额,就应该有市场价格的决定权。但国际市场稀土价格完全不受我国主导,而是受制于国外市场控制,结果形成对我国稀土发展的不利国际环境

4 对策及结论

1) 从国家安全和经济发展战略的高度制定严格科学的资源保护政策和组建统一的管理机构。

尽快制定并颁布有关政策法规,并据此设立相应的管理各类战略资源的专门机构,对国家战略资源的开发、保护和贸易政策,进行持续系统的科学研究和规划。

2) 加强出口管制。尽快控制各类稀有金属矿产原料和初级加工品的出口,严格堵截走私出口,将战略矿产列入限制外资进入产业名录。

3) 促进产业整合

目前我国稀土企业约有 100 多家,大型企业少,而中小型企业多,中小企业的生产能力只有几百 t 或几十 t。这样很容易造成稀土企业之间的恶性竞争,相互压低稀土价格,贱卖国家的宝贵资源,造成自然资源和社会结构性浪费。同时稀土企业由于部门和地方利益分割,行业集中度低,企业规模小,造成稀土资源利用率低。再有就是技术含量低,开采利用率只有 10% 左右,对资源的浪费惊人。

因此积极整合国内的稀有金属资源,着力建立几家综合实力强,研发水平高的大型企业进行稀有金属的开发迫在眉睫。

4) 利用外汇资金,加大储备稀有资源

我国拥有如此充足的外汇储备,可利用我国的部分外汇资金进行收储国外的稀有资源,积极开发国外资源,在国家层面上,对国内资源进行战略储备,尽量封存国内的矿产资源,充分利用国外资源,实现国家资金的保值增值。

5) 充分发挥举国体制的优势,增加战略矿产资源的科研投入,对核心技术形成联合攻关,研发具有我国自主知识产权的专利技术,提升我国矿业产品的科技含量,生产出高附加值的产品,改变目前出口大量初级产品,消耗巨大的矿产资源和能源,对环境造成较大的破坏才能换回少量外汇的贸易局面。

参 考 文 献

- [1] 孔锐,王文杰,雷涯邻. 由中国稀土贸易现状而引发的战略思考[J]. 资源. 产业, 2002(6): 71 - 73.
- [2] 孙立会. 稀有金属贸易战略须引起高度重视——国外稀有金属战略对我国优势资源敲响警钟[J]. 中国金属通报, 2006(17): 6 - 8.
- [3] 余集良. 去年日本稀有金属进口增加[J]. 中国有色冶金, 1982(07): 69 + 94.
- [4] 扬子. 日本加紧储备稀有金属[J]. 中国资源综合利用, 2006(04): 38.
- [5] 张莉霞. 日本悄悄储备稀有金属[J]. 稀有金属快报, 2006(04): 50.
- [6] 中国国际战略研究网. 稀有金属: 中国资源战略的一大致胜利器! [N/OL]. [2006 - 11 - 19]. <http://future.chinaiaiss.org/content/2007-04-07/252.shtml>
- [7] 朱敬. 美日扼住中国咽喉国家管制战略矿产资源刻不容缓[N/OL]. 国家知识产权战略网. [2007 - 02 - 08]. http://www.nip-sa.cn/zhd/gvdt/200805/t20080507_396410.html
- [8] 院士工作局. 徐光宪、师昌绪等 14 位院士紧急呼吁保护白云鄂博矿区和稀土资源避免黄河和包头受放射性污染[N/OL]. 中国科学院. [2005 - 10 - 20]. <http://www.cas.cn/html/Dir/2005/10/20/4944.htm>.

(上接第 76 页)

参 考 文 献

- [1] 陕西省安康市安全生产监督管理局. 关于切实做好地震期间尾矿库安全监管和防止发生次生事故工作的通知(安市安监管发[2008]61号), [2008 - 5 - 29].
- [2] 李想. 陕甘两省灾后紧急排查尾矿坝安全[N/OL]. 中国有色金属数字报, 2008 - 5 - 27. <http://paper.cmmn.com.cn/Content.aspx?id=12083&q=2651&v=1>
- [3] 中国有色金属工业总公司. ZBJ1 - 90, 选矿厂尾矿设施设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1991.
- [4] 刘志明. 四川震损水库的特点及震害处理[J]. 中国水利, 2008

(14): 9 - 12

- [5] 特稿: 襄汾溃坝祸从何来[N/OL]. 国际新闻网, 来源: 瞭望. [2008 - 09 - 13]. http://news.xinhuanet.com/legal/2008-09/13/content_9960906.htm.
- [6] 沈楼燕. 关于尾矿库安全管理的思考[N]. 中国有色金属报. [2008 - 1 - 5].
- [7] 沈楼燕. 尾矿库双设计洪水频率的联合排洪系统[J]. 有色金属, 2008(4): 50 - 52.
- [8] 田文旗. 政府和企业对尾矿库安全管理的重点[J]. 劳动保护, 2003(9): 20 - 21.