

·安全与环保·

# 铁笼坝废水净化技术的研究与应用

林奕宗 林 华 邓承亮

(广西大学)

**摘 要** 阐述了铁笼坝的主要特点、铁笼坝废水净化原理和主要技术经济指标。当尾矿废水通过铁笼坝(或堤)后,废水中主要重金属离子和悬浮物等,均达到工业废水排放标准。而且投资少,成本低,见效快。

**关键词** 尾矿废水 铁笼坝 净化废水

## The Development and Application of the Technology of Waste Water Purification by Iron Cage Dam

Ling Yizong Ling Hua Deng Chengliang

(Guangxi University)

**Abstract** The paper presents the main features of the iron cage dam, the principle of its purification of waste water and the main technical and economical indexes. The contents of the main heavy metal ions and suspended matter in the tailings water which has passed the iron cage dam (dyke) have come up to the standards for industrial waste water discharge. This technology of waste water purification has the advantages of small investment, low cost and quick effect.

**Keywords** Waste water of tailing, Iron cage dam, Waste water purification

广西地处于岩溶发育的石灰岩地层,设想建造不漏水的坝实际很困难,广西某铁矿总结了筑坝的教训,大胆试验了铁笼坝<sup>[1]</sup>。经20多年的使用,既使钢筋生锈断裂,也未发生坝体崩塌事故,获得了较好的技术和经济效果。

所谓铁笼坝(或堤)就是用钢筋焊成铁笼装片石造成挡墙来代替浆石坝、堆土坝等,并利用尾矿或泥石流冲刷下来的岩土作为上一层铁笼的基础,从而使尾矿或废石也变成了坚实的坝体。

铁笼坝是拦挡坝的一种,属于透水坝类型,其实质就是泥浆坝演变的形式。它是利用尾矿废水或泥石流和雨季地表水冲刷下来上游岩土而产生的冲力、重力、溶解与沉陷作用,代替人力或机械运输岩土并夯实的筑坝方法。

铁笼坝应用条件比较广,而且灵活,上游

坝、中游坝或下游坝都适用,同时大、小坝也适用。甚至公路和铁路边坡塌方用铁笼墙当挡土墙,效果也不错。使用20多年仍然没有发生边坡塌方事故。地震区亦适用。

铁笼坝废水净化的方法就是一次性在铁笼坝(或堤)迎水面敷设过滤和净化材料层,达到长期使用,并净化废水的目的。

### 1 铁笼坝的主要特点

现行透水堆石坝、草土坝或不透水浆石坝、混凝土坝等,都是刚性坝,而铁笼坝则是柔性坝,后者与前者相比,有如下特点:

(1) 铁笼坝具有柔性。其含义包括两点:其一,坝基由于地震等原因下陷,铁笼坝也随之

林奕宗,广西大学矿冶系,副教授,530004 广西南宁市广西大学矿冶系457信箱。

下沉,不影响坝体的稳定。而刚性坝则会断裂或倒塌;其二,铁笼坝除了挡墙作用外,主要的是利用尾矿或废石作上一层铁笼的基础,并使两者形成坚实的坝体。就是说,利用尾矿筑坝拦阻尾矿。刚性坝没有这种作用,不透水坝主要靠坝体自重力阻挡尾矿废水;透水坝也是靠坝体自重力阻挡尾矿的侧压力。

(2) 铁笼坝技术新颖可靠,工艺简单,效果好,见效快,所需廉价材料,可就地取材。所以投资少,成本低,而且是分年投资。

(3) 应用范围广。除了适用所有矿山拦砂坝和尾矿坝之外,也可以适用公路和铁路边坡塌方工程等,尤其是适用地震地区各类工程。此外,城乡工厂亦适用。

## 2 铁笼坝的实践依据

铁笼坝稳定的主要依据是泥浆坝的理论以及铁笼拦砂坝长期实践经验结合的结晶。尾矿或废石在铁笼坝内沉积疏水后,增强了尾矿或废石的凝聚力、内摩擦力;加上尾矿或废石含有泥浆,起到胶结作用,不但尾矿间或废石间胶结,而且在铁笼片石中以及铁笼与尾矿或废石之间胶结。与此同时,还利用铁笼装片石挡墙,下一层尾矿或废石做一上层铁笼坝的基础,即利用尾矿或废石来筑坝。就是说,将刚性坝变成柔性坝。加上铁笼坝是透水坝,这样则大大削弱水压对坝体的作用力和尾矿堆积侧压力,相反还增强了尾矿或废石与铁笼坝的凝聚力以及它们的内摩擦力。此外,随着铁笼坝加高,铁笼坝基础不断地往迎水面移动,所以原坝基承受尾矿或废石正压力不断减少,实际上尾矿或废石垂直正压力全部落在它们身上,这对坝体稳定起到十分重要的作用。

理论和实践表明,铁笼拦砂坝已使用 20 多年,最大坝是某铁矿东乡鼻坝,轴心长 40 多米,坝高也达 40 多米,暴雨时泥石流从坝顶溢出,废石在坝顶上堆高达 10 多米,部分铁笼生锈断裂,但坝体依然坚实稳定;铁笼尾矿坝使用时间虽然不长,但施工和管理只要严格按图施工,保证铁笼坝具有疏水良好性能,即使遇到 1994 年

广西 100 年一遇特大山洪冲击,坝体还是保持稳定的。

## 3 铁笼坝净化废水原理

图 1 为铁笼坝净化废水示意。

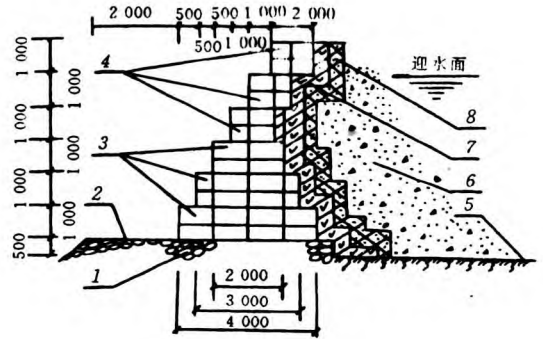


图 1 铁笼坝净化废水示意

- 1—浆砌片石;2—海幔;3—基础铁笼(内装片石);
- 4—铁笼(内装片石);5—防渗漏层;6—尾矿废水;
- 7—净化材料层;8—过滤材料层;图中单位 mm

当尾矿废水通过铁笼坝后,废水中悬浮物、重金属离子及其他有机物等,就会与过滤和净化材料进行物理化学作用,从而达到净化废水的目的。

## 4 铁笼坝净化废水的优点

铁笼坝废水净化的方法可省去沉淀池、过滤池和药物等。即将筑坝、过滤和净化废水三大工艺结合起来设计与施工,一次性在铁笼坝(或堤)迎水面内敷设过滤和净化材料层。

广西某县两个矿山采用的是铁笼坝代替浆石坝,用价格便宜且来源广的过滤和净化材料来取代昂贵的药物,加上省去沉淀池和过滤池等设施,所以总投资和经营费很低,仅为现行方法 10%~20%。而且基建速度很快,第一期工程(基础铁笼以下)只用半个月至一个月即可建成投产;以后随尾矿堆高再逐年加高铁笼坝,改巨额一次性投资为陆续分年投资。因此,有利于大、中、小型矿山推广使用。

对于那些已建成,且无净化的尾矿坝(或需要回收贵金属、稀土金属新建尾矿坝),若要净化尾矿坝排出的废水(悬浮物最好基本达

表1 尾矿废水在过滤净化前后的化验结果

采样时间	采样地点	样品在坝内 停留时间/min	mg/l							
			悬浮物	pH	As	Cu	Pb	Zn	Cd	酚
1994年 1月7日	尾矿坝进口	0	68 621.5	5.4	0.415	22.48	58.73	9 930	15.15	0.005
		5	23 368	5.4	0.008	15.32	13.04	158	0.63	0.005
	铁笼坝背水面	10	14 193.5	5.4	0.007	10.07	1.61	19.80	0.50	0.003
		20	570.5	5.4	0.006	1.14	0.50	6.73	0.24	0.003
1994年 4月1日	尾矿坝进口	20	34 221.5	5.4	0.28	4.61	20.95	57.50	2.05	0.002
		30	59.2	5.4	0.005	0.259	0.074	4.73	0.099	0.002
	铁笼坝背水面	40	31.7	5.4	0.004	0.178	0.021	2.13	0.075	0.001
		工业废水排放标准		500	6~9	0.5	1	1	5	0.1
	饮用水标准		10~20	6.5~8.5	0.02	1	0.1	1	0.01	0.002

标),也可以在原尾矿坝下游适当的地方,建设一个结构和过滤净化材料与上述尾矿坝相同而高度较低的铁笼堤,只要保证废水与过滤净化材料所需要停留时间,同样可达到净化废水的目的。而且净化材料可以更换和回收价格高的金属,如金、银、镉等,还能节约可观的净化材料及提供合格的回头水供给选矿厂,从而提高矿山综合的经济效益。

### 5 铁笼坝废水净化技术的主要技术经济指标

图中基础铁笼为4 m×4 m×1 m、4 m×3 m×1 m和4 m×2 m×1 m,一般铁笼为3 m×2 m×1 m,圆钢 $\varnothing 6 \sim \varnothing 10$  mm。在铁笼中装片石,将模拟试验优选好的过滤和净化材料装到铁笼坝中。测算的净化废水的效果及其主要技术经济指标见表1,表2。

由表1可见,从坝体渗透出的清水,无臭、无毒、无放射性物质,达到工业废水排放标准。其中砷、铜、铅和酚达到饮用水标准,悬浮物接近饮用水标准。

由表2广西某县两矿实际的资料可见,尾矿废水与过滤净化材料接触时间有关,当尾矿废水在坝中停留时间越长,其过滤净化效果越好。根据美国资料报导<sup>[2]</sup>,废水应在净化材料中停留1 h,而我们试验研究表明,接触时间可缩小一半。与此同时,还能节约工程量及其投资额80%以上,而且尾矿废水净化后还能达标。

### 6 结 语

本专利的关键技术,在于优选好来源广、价

表2 主要的技术经济指标对比

序号	项目名称	原设计方案 (浆石坝)		铁笼坝废水 净化方案	
		广西某 铅锌矿	广西某 铜矿	广西某 铅锌矿	广西某 铜矿
1	选厂规模/t·d <sup>-1</sup>	100	80	100	80
2	尾矿粒度/mm	0.074	0.074	0.074	0.074
3	尾矿率/%	90	90	90	90
4	尾矿坝库容量/万m <sup>3</sup>	9	4	9	6
5	工程量 /万m <sup>3</sup>	1.4	1.8	0.254	0.125
	尾矿坝 过滤池 沉淀池	0.015	0.030		
6	总投资/万元	172	218	25.30	19.40
7	节约额 / %			82.00	93.16
	节约工程量 节约总投资			85.30	91.10
8	达标情况	超标 排放	超标 排放	达标 排放	达标 排放

格便宜的过滤净化材料,其特点是将铁笼坝技术与过滤及净化工艺三者结合起来设计与施工。从而,突破了目前国内外长期以来尚未解决的废水净化的技术难题。

本技术最显著的优点是工艺简便、坝体稳定、过滤净化效果好、工程量少,所以基建时间短,见效快,投资及经营费用低,而且应用范围广及其效益好。即除了矿山适用外,其原理也适用城市工厂废水及农村饮用水处理,地震区亦能适用。

### 参 考 文 献

- 1 林奕宗. 铁笼拦砂坝在屯秋铁矿的应用. 金属矿山, 1984, (9):22~24
- 2 叶镇杰. 矿山环保工程. 长沙:中南工业大学出版社, 1987;262~268,298~301

(收稿日期 1996-08-20)