

59-64

地下连续墙治理地下水污染

X 523

丛蒿森

(北京乾坤基础工程有限公司·北京·100094)



作者学术简历 丛蒿森,男,高级工程师,国家有突出贡献专家,国际基础工程协会(ADSC)会员。

1964年大学毕业后,先后在北京市政工程设计院和北京市水利规划设计研究院工作,曾任工程师和大型工程项目的设计总负责人,两次参加防渗墙施工规范的修订工作,已完成水电部“六五”和“八五”期间的科研课题。曾获北京市优秀设计二等奖和科技进步三等奖。

从1965年以来,做为第一批参加引进和研制国内第一座橡胶坝主要成员,多年从事该项技术的科研试验、设计、制造、施工和推广工作以及技术规程的编写工作。该项技术获1978年科学大会奖。

已写各种总结、论文等60多万字,在各种杂志上发表论文15篇,翻译英、俄文资料约18万字。

摘要 介绍一种治理已被严重污染的地下水的方法。即修建一道底部深入到不透水岩层的地下墙,把污染物封闭在由底部不透水岩层和周围地下防渗墙组成的“地下盆”中,降低周围地下水中有毒物质的浓度,然后再治理封闭圈内的污染物,以达到彻底根治地下水污染的目的。

关键词 防渗墙 污染 治理 六价铬

1 污染情况和治理方案

1.1 铬污染情况

某铁合金厂50年代末开始生产金属铬,至今已有20多年的历史。自投产以来其积存铬渣25万t,现每年约排放15000t铬渣,这些铬渣露天堆放在该厂西南角,形成了一个占地4万m²,高约15m的铬渣山。从制铬车间排出的铬渣中,含有30%~40%的水和0.8%~1.3%的可溶性六价铬(有剧毒),被渗水带入地下,污染了土壤和地下水,使15~20km²范围内的1800多眼水井遭受污染,7个居民点的生活用水需从外面引水解决,各种农作物也受到不同程度的污染(图1)。当

前地下水污染前锋已接近了某水源厂,威胁着当地生活用水的安全。十几年来,该厂曾花费了1000多万元进行治理,虽使污染有所减轻,但污染问题仍未得到解决。

铬渣场位于女儿河左岸一级阶地上,表层为厚4~5m的粘土,塑性指数17~21,垂直节理比较发育,故垂直渗透比水平渗透性强。粘土层下面是厚度5m左右的砂卵石和砂砾石含水层,渗透系数40~160m/昼夜,地下水埋深约5~6m。

取样进行物理化学试验,得到:

(1)在地面以下2~3m处的地层内,六价铬含量较大,其最大含量在地面以下0.5~1.5m处。

(2)在地下水位以上的砂砾石层中也含有相当多的六价铬。

(3)基岩表层的土状风化带中尚未发现六价铬。

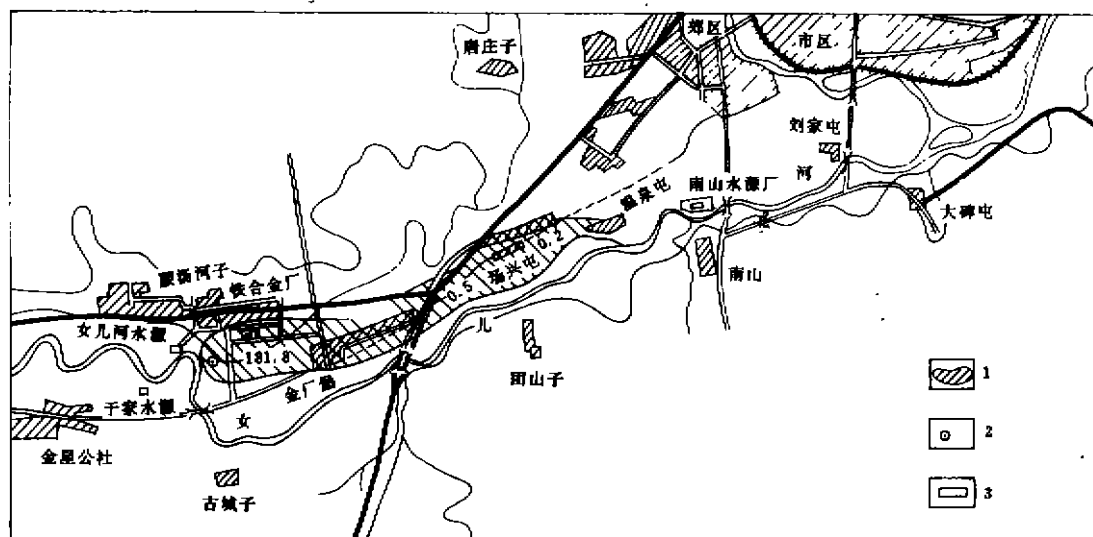


图1 某铁合金厂六价铬污染现状图

1—地下水六价铬污染范围;2—地下水污染源数字含量(mg/l);3—水源地

根据上述分析,可将六价铬的污染过程分为垂直渗透(富集)和水平运移两个环节。由于本工程的水文地质特点,入渗的六价铬除被水流带走一部分外,另一部分仍滞留在地下水位上、下一定深度的地层内。

观测资料还表明,曾在铬渣场开挖的一些抽水井和观测孔中,产生了含铬地面水的集中渗漏,把大量六价铬带进了地下水中,这也是造成地下水污染的原因之一。

1.2 治理方案

彻底改革铬的生产工艺,不再生产含六价铬的废渣,乃是消除铬污染的根本办法,但是目前还难以实现。

对于多年积存下来的大量铬渣所造成的污染,可以采用以下2种办法进行治理:一是象日本等国那样,根据目前治理铬污染的标准,设法把铬渣中的六价铬变成不溶性的三价铬,将其作为建筑材料、肥料或其他工业原料并加以使用;二是采取工程措施,把铬渣场封闭起来,使其与周围的地下水分隔开来。

该厂曾投资360多万元,在铬渣场附近建成了一个以铬渣和硅锰渣为主要原料的制砖车间(几年试生产后已停止制砖),但每年亏损100多万元。同时每年还要支付铬渣污染罚款120多万元,污水处理及居民区供水费15~20万元。因此经过比较分析,认为目前切实可行的办法是将铬渣山封闭起来,与地下水隔开,先解除当前存在的污染公害,然后研究经济有效的治理铬渣的方法。封闭的方法有2种:一种是在现有铬渣山表面做一层不透水的保护层,以隔绝降水或地面垂直渗透(富集)的途径;一种是在铬渣场地基中建造防渗帷幕(墙),把含铬水封闭起来。第一种方法实行起来有许多困难,也不能根除污染。根据国内施工技术水平,经过技术经济比较后,选用了地下防渗墙方案。本方案的主要内容是:沿铬渣场周边修建墙底深入基岩内的地下防渗墙(见图2、3),把污染源(铬渣和含铬粘土以及地下水)封闭起来。

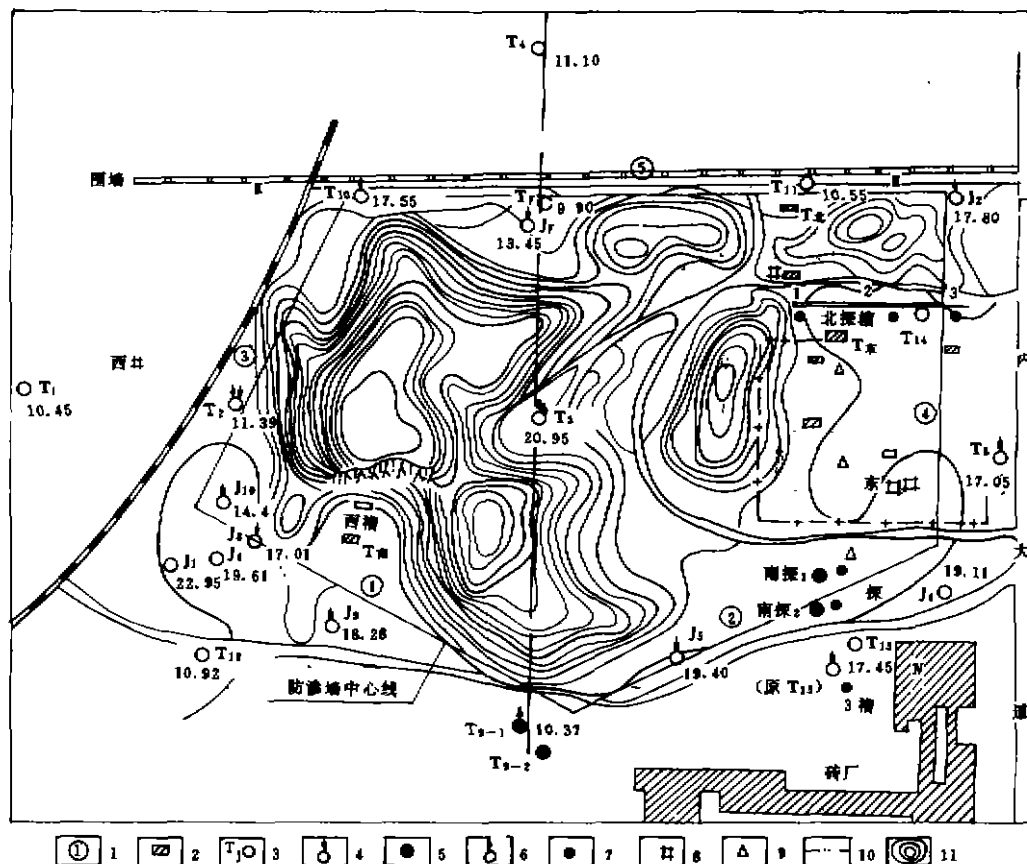


图2 铬渣场防渗墙工程平面图

1—施工点;2—探槽;3—孔号、孔、孔深(m);4—压水钻孔;5—渗水试验;6—抽水钻孔;7—探槽取样点,下部为取原状土;8—测地下水流速并;9—厂过去打的井;10—渣场范围界线;11—渣场等高线,线距 1m

2 铬渣场防渗墙的试验研究

用地下防渗墙治理环境污染,目前还没有成熟经验,有些新问题需要通过试验研究。防渗墙要达到预期效果,必须解决好以下3个问题。

(1)地下防渗墙的墙体材料须经受得住含铬地下水的长期渗透和化学溶蚀。

(2)须能消除含铬地下水对防渗墙施工的不利影响。

(3)须能控制防渗墙施工过程中不加重原有的污染和产生新的(二次)污染。

为了解决地下水六价铬离子对墙体材料

的影响问题,进行了近一年时间的试验研究。试验结果表明,混凝土的抗污染能力强,抗压强度和抗渗标号随龄期的增加而增加,养护水质对它没有明显的影响,即使在养护水中六价铬离子浓度为现场地下水六价铬离子浓度的30倍,其结果也是如此。六价铬离子对混凝土有一定的增强作用。此外,我们还在受铬侵蚀的环境中工作了10~20年的混凝土结构中取试样,经X射线衍射试验表明,在强酸和强碱条件下的混凝土中检测出了铬的化合物,而在铬浓度很高但pH值较低环境中工作了十多年的无渗渣场混凝土中,尚未检测出铬来。这说明在铬浓度较低和pH值

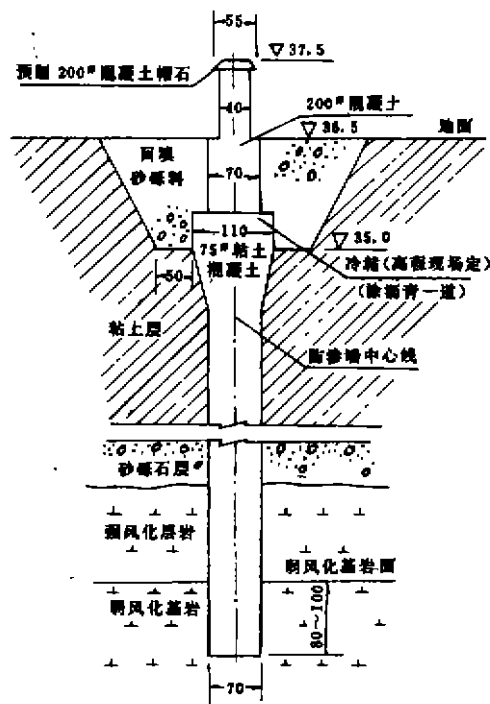


图3 防渗墙标准横断面图

为7~8.5的地下水中,铬对地下防渗墙的正常工不会有什么影响。

泥浆是防渗墙施工中必不可少的材料。地下防渗墙的造孔和浇注工作都要在槽孔泥浆中进行,所以含铬地下水对泥浆的影响如何,也是一个很重要的问题。为此,我们调查了好几个土料场,根据开采运输条件、泥浆性能和造价等方面的要求,最后选定了辽宁省黑山县八道壕公社的200目膨润土粉,作为本防渗墙的造浆材料。实践证明,我们所选用的膨润土和泥浆配比完全满足要求。

地下连续墙施工需使用大量的泥浆和水,会将地表的铬渣带到地下水中或其他未被污染的地方去。如果控制不好,还会加重污染或造成新的污染(二次污染)。为此,进行了专题研究,在施工中提出了相应的措施和要求,达到了预期的效果。

3 防渗墙设计

3.1 平面布置

根据工程地质条件、施工场地布置,及受到周围各种建筑物和设施的限制,对4个方案进行了比较,并征得冶金部有关部门的意见,将防渗墙的总长度定为800m。

3.2 墙厚

根据防渗墙的受力情况、渗透稳定条件、造孔设备、施工水平以及所用墙体材料(粘土混凝土),墙厚宜采用70cm。计算了墙体应力,并对墙体的抗渗能力进行了核算。

3.3 墙体材料

考虑到墙体材料在矿化度较高的地下水中化学溶蚀和六价铬离子的渗透作用,采用了密实度和抗侵蚀能力较高的粘土混凝土作为本防渗墙的墙体材料,要求其28天龄期抗压强度达到 $70\sim 80\text{kg/cm}^2$,抗渗标号达到 S_6 ,弹性模量控制在 $140,000\text{kg/cm}^2$ 左右。

3.4 墙底深入基岩的深度

根据地质条件和墙体受力情况,要求墙底深入弱风化安山质凝灰岩内 $0.8\sim 1.0\text{m}$ 。施工中取样鉴定查明,在基岩表面分布着一层厚 $2\sim 3\text{m}$ 的粘性土层,这对增加墙体的防渗效果是很有好处的。

3.5 地面建筑物

为了防止雨水和地面水携带着铬渣而到处漫流,造成新的污染,在防渗墙顶部设有一道混凝土拦墙,高出地面1m。在墙的内外两侧设有排水沟,封闭圈内设有抽水泵房,作为抽取地下水之用,在铬渣场周围新设了一部分观测孔(井)。

4 施工简况

本防渗墙是一项环保治理工程,其施工工艺与水利工程防渗墙有很多不同之处。防渗墙通过的地段多被污染,有的则直接位于铬渣上。在造孔过程中,地表铬渣被带入地下水,同时污染了槽孔中的泥浆,在抽砂和换浆过程中,又将这些污染物带到地面,且泥浆和混凝土生产系统每天都产生大量废水,这些

废渣、废浆和废水,如果任其流放,可能加重原有污染或造成新的污染。为此,提出了以下措施。

(1)将钻机布置在防渗墙封闭圈外侧,排浆沟设在内侧,以便将造孔过程中产生的铬渣岩屑直接堆放在封闭圈内。施工中应避免扰动老渣山,不要将含铬很高的部位暴露出来。

(2)将整个防渗墙分成五段,按次序进行施工,以达到逐步降低地下水位和六价铬离子浓度,控制施工污染的目的。

(3)施工过程中产生的三废(渣、浆和水)必须经过检验和处理后,再排放到指定地点。在造孔过程中,发现槽孔内泥浆含铬量过高时,须及时投药加以处理。

(4)加强对地下水的监测工作,增加观测次数和化验项目,发现问题需及时处理。

在施工过程中,能做到满足施工组织设计中提出的要求,各方面进行配合,顺利地解决了施工污染问题。

在施工组织设计中,采用装备式钢导墙,以代替常用的木导墙或钢筋混凝土导墙。实践证明,这种钢导墙的安装、拆卸和运输都很方便,周转次数多,造价便宜,保证了防渗墙的顺利施工。

通过对砂石料场的调查,最后采用了质量较好的缓中石子,要求用造孔泥浆拌和混凝土,并加入高效外加剂,得到了和易性与流动性都很好的混凝土,每立方米混凝土可以节约水泥100多kg,节省了工程投资。

为了评价防渗墙的工程质量,我们提出了下面4个办法:①在墙体内打检查孔进行压水试验;②在有代表性部位,将防渗墙两侧土体挖去5m以上,实地观察测量墙体质量;③在防渗墙封闭圈内打一眼抽水井,通过抽水观测封闭圈内外地下水位和六价铬浓度的变化情况;④在封闭圈内外补打一批观测孔,以观测分析铬渣场地下水位和水质的变化情

况。

墙体材料试验结果表明,防渗墙共有82个槽孔,混凝土试块的抗渗合格率达到100%,平均抗压强度为 84.1kg/cm^2 ,离差系数 $C_v=0.15$,均方差 $\sigma=12.6$,平均弹性模量为 14.4万kg/cm^2 。在防渗墙工程中,墙体材料的主要指标能同时达到设计要求是很不容易的。墙体内钻孔压水试验结果表明,墙体的透水性是极小的。墙体钻孔和开挖情况表明,墙体质量均一,外观良好,墙面没有发现混凝土分界缝或夹缝(洞),墙体接缝处夹泥很少。

5 工程效益

经过一年多的运行和观测,位于铬渣场下游40m的5号和6号截流井中六价铬含量已比建防渗墙之前下降了85%~90%;封闭圈内外六价铬含量相差50~100倍。内外水头差达0.5~0.8m,实现了设计上提出的圈外水位高于圈内水位的要求。在下游污染区内,检测井超标率和六价铬含量均有所下降,铬污染前锋正在后退(见表)。所有这些都说明防渗墙的防渗效果显著。

防渗墙建成后,切断了地下水中六价铬的来源,使水中含铬量迅速下降,加上地下水本身的净化作用,使受污染区地下水水质迅速好转,从而降低了这部分受污染水的处理费用,还可将抽出来的水作为工业生产用水(已经这样做了)。而封闭圈内六价铬浓度很高的地下水抽送到制铬车间,可作为铬盐的浸出液。

防渗墙建成后,将在短期内解除下游污染公害,并解除铬对某城市主要产菜区的威胁,保护该城市主要水源地的安全和人民的健康。同时使工厂和环保部门有充足的时间去研究综合治理铬渣的办法,在尚无改变目前生产工艺前,为工厂提供了一个不会产生新污染的铬渣堆场,并为今后铬渣的回收利用创造了条件。

附表 污染前锋地下水六价铬含量变化表

(mg/l)

项 目		最高值	平均值	最高值	平均值	最高值	平均值
1981 年		0.141	0.077	0.14	0.106	0.111	0.046
竣	1982 年	0.090	0.021	0.16	0.061	0.056	0.022
工	1983 年	0.032	0.010	0.056	0.026	0.040	0.0064
后	1984 年	0.016	0.0063	0.032	0.015	0.016	0.0037

注:饮用水六价铬含量不得超过 0.05mg/l。

实践说明,本防渗墙已达到了原设计所预期的效果。防渗墙工程的总投资(决算)为 421 万元,相当于过去 18 年铬污染治理费用(1100 万元)的 1/3 左右,从资金回收年限来看,防渗墙建成后 3~4 年,就能抵偿全部投资。

6 结语

(1)采用地下防渗墙把铬渣场封闭起来,

制止污染源继续进入地下水,对于其他工业废渣造成的地下水污染也是可行的。在目前条件下,无论从技术上,还是从经济上看,都是一种切实可行的办法。

(2)位于污染环境中的抗渗墙,与普通的防渗墙有许多不同之处,它的设计和施工方面都必须解决一些特殊问题。

GROUNDWATER POLLUTION CONTROL BY UNDERGROUND CONTINUOUS WALL

Cong Aisen

A controlling method of seriously polluted groundwater is introduced in this paper. That is a underground wall is built, its bottom end goes down to the impermeable rock strata, and a "underground basin" is formed, so that the pollutant can be enclosed in it, then controlling the pollutant in the closed trap so as to bring groundwater pollution under permanent control.

Key words impervious wall, pollution, control, Cr⁶⁺

(上接第 30 页)

等做出的,文内方法已用于《中国地壳演化与矿产分布图集》的编制^[3],特此说明并表示感谢。

参考文献

- 1 蒋志.统计地球化学若干理论问题.地质与勘探,1987(2):55~68.
- 2 蒋志.地质体运动理论及其应用.北京:地质出版社,1995.237~249.
- 3 蒋志等.中国地壳演化与矿产分布图集.北京:地质出版社,1996.98~102.

STATISTICAL DIVISION ON THE SCALE OF ORE DEPOSITS

Jiang Zhi

Abstract On the basis of statistical geochemistry, reserves distribution of ore deposits is lognormal, the mean of the reserves logarithm and the variance are respectively m and σ^2 . Accordingly, a new formula, $\eta_n = \exp[m + (n - \frac{1}{2})\sigma]$, $n = 0, 1, 2, 3, 4$, of division on scale for ore deposits was advanced in this paper.

Key words reserves of ore deposits, statistical distribution, division of scale