

石灰岩区蓄水工程防渗技术研究与推广

何凤明¹, 王焕业¹, 佟永亮²

(1 山东省蒙阴县水利局 276200; 2 山东省蒙阴县科委 276200)

摘 要:通过对石灰岩区蓄水工程渗漏机理进行了科学分析,摸清了石灰岩区地表水资源和地下水资源的水力联系,经济合理地确定了防渗处理的各项经济技术指标,并总结出一整套科学完整的施工工艺。

关键词:石灰岩区;蓄水;防渗

中图分类号: S277 文献标识码: B 文章编号: 1005-3409(2001) 03-0068-04

Studying and Popularizing Storage Project
and Seepage Resistance Technology in Limestone Areas

HE Feng-ming¹, WANG Huan-ye¹, TONG Yong-liang²

(1 Water Conservancy Bureau of Mengyin County 276200, Shandong Province, China;

2 The Science and Technology Commission of Mengyin County 276200, Shandong Province, China)

Abstract: Scientific analysis was carried out in respect to the seepage mechanism limestone areas storage project; waterpower connection of surface and underground water resources in limestone area was clarified various economic and technological indexes were determined rationally. And a complete set of scientific and integrated construction technology is summarized.

Key words: limestone areas; storage; seepage-resistance

1 概 述

蒙阴县地处沂蒙山区腹地,总面积 1 605 km²,其中灰岩区面积 373. 3 km²,占总面积的 23. 3%。至 2000 年底,全县灰岩区共建成水库、塘坝、谷坊等水利工程 228 座,由于大部分工程为 20 世纪 50 ~ 60 年代兴建的“三边”工程,在建时未对工程地质情况作详细勘察,施工质量差,造成 137 座蓄水工程渗漏严重,不能正常发挥蓄水作用,近一半工程根本无法蓄水。灰岩区多年平均水资源总量为 12 029 万 m³,可利用水资源量为 9 227 万 m³。目前已开发利用水资源量仅为 645 万 m³,远远不能满足灰岩区工农业生产和人畜生活用水需求,缺水成为制约灰岩区农业发展和人民生活水平提高的关键问题。自 1997 年蒙阴县水利局成立课题组对全县灰岩区蓄水工程进

行了水文地质勘探和历史运行调查,全面掌握渗漏情况,制定解决措施,并通过对会泉峪、箴篱坪两座塘坝进行防渗处理,取得了显著成效。本文通过对灰岩区蓄水工程渗漏原因,防渗处理和效益等进行科学研究,总结出一套较为完整的勘测设计与施工技术,对改善全县灰岩区水资源状况,促进灰岩区经济发展具有深远意义。

2 渗漏原因分析

通过对全县 137 座灰岩区蓄水工程进行水文地质勘测和工程实际运行状况调查,总结出工程主要存在以下几个方面问题。

- 2.1 自局部地质结构分析存在的问题
- 2.1.1 坝基渗漏较为严重 由于灰岩区岩渗、裂隙较为发育,溶洞断层出露较多,而建坝时受经济技术

* 收稿日期: 2001-06-06
山东省人民政府可持续发展科技示范工程“山区生态资源保护及综合开发利用技术的研究与示范”项目资助。
作者简介: 何凤明,男,(1970-),1992 年毕业于山东工业大学农田水利系。现就职于蒙阴县水利局,工程师,任农水站站长职务。

条件限制, 没有全面进行地质水文勘测和分析, 未对存在的问题妥善处理, 造成坝基渗漏严重, 不能按设计蓄水甚至无法蓄水。

2.1.2 坝肩绕渗严重 据统计, 全县有 25 座灰岩区蓄水工程是由于坝肩绕渗导致不能正常蓄水, 这是由于两岸坝肩为风化较严重的破碎带, 或存有溶洞断层等地质构造, 水流经过这些通道渗漏到坝下而造成的。

2.1.3 库底地质情况未详细调查和处理 经调查分析, 全县 83 座蓄水工程通过库底渗漏, 大致分为三类: 第一类是径流区的灰岩区蓄水工程, 库底岩溶裂隙及破碎带通向坝体下游, 水流顺着这些通道渗漏到坝下, 导致无法蓄水; 第二类是排泄区工程, 此种情况则由于岩溶及破碎带断层, 从坝上游通到库底出露, 下游则为变质岩或为第三纪黏土等不透水层, 遇较大降雨时, 上游水流经通道流向库底, 遇不透水层阻隔后在库底出露, 形成涌泉; 第三类是排泄和径流并存的蓄水工程, 这种情况的断层及裂隙出现在库底的不同部位; 或断层从上游延伸到坝下, 并通过库底破碎带与库底相连; 或在其他部位仍存在岩溶裂隙。

无论哪种情况, 均导致上游来水不能利用, 且库存余水随破碎带渗漏。

2.2 自水文地质单元分析存在的问题

设计水位以下, 地形、地质、水文条件复杂, 岩溶、裂隙等各种地质条件并存, 始建时, 由于坝址选择, 基础处理及施工等几个环节, 存在着不同的渗漏隐患。建成后, 岸坡及库底跑、冒、滴、漏严重, 各种渗漏形式并存, 形不成一个完整的蓄水结构, 又无更好的防渗处理措施, 导致已建工程不能蓄水。

3 蓄水工程防渗设计

课题组针对存在的不同渗漏问题, 找出具有针对性和可操作性的防渗处理设计方案。

3.1 认真做好工程水文地质勘测和历史运行情况调查

摸清渗漏的真正原因和具体部位, 使防渗处理工作做到有的放矢, 针对不同的渗漏设计采取不同的处理措施。

(1) 对于单纯的坝基或坝肩局部渗漏, 主要是因为坝基或坝肩开挖时, 基础或岸坡处理不当, 未封堵住透水岩层或未开挖到新鲜层面, 造成水流从透水层渗漏至坝下。对于此种情况, 找准渗漏部位和面积, 采取帷幕灌浆技术封堵透水层, 或将坝坡削至新

鲜层面后与老坝充分结合, 这两种设计方案都具有造价低廉, 运行可靠, 蓄水效果好等优点。

(2) 对于径流区的蓄水工程, 由于库底岩溶及破碎带断层直接形成渗漏通道, 通向坝体下游, 极易形成集中渗漏。设计时采用空库勘测具体渗漏部位和面积, 若面积不大, 可直接清除干净表层破碎岩层至新鲜层面, 采取局部灌浆方式就能起到较好的防渗效果, 而不必全部在库底采取防渗处理。

(3) 对于排泄区的蓄水工程, 由于库底岩溶及破碎带断层与上游径流区相通, 遇降雨时, 水流通过以上通道在库底出露, 形成涌泉。针对这种情况, 设计时可将涌泉部位清理出新鲜层面, 四周均拓宽至不透水层各 1 m, 然后在四周将 PE 塑料薄膜埋至地下 0.5 ~ 0.8 m, 紧贴薄膜内侧浆砌石墙至出露库底 0.5 m, 使之与四周不透水层相结合, 然后用砂砾石加填涌泉坑, 这种设计方案简便易行, 且弥补了其他处理方法无法充分利用涌泉水量的不足, 避免了不处理容易引起薄膜鼓起甚至被破坏的弊端。

(4) 对于破碎带断层从高位岩层通向坝下游并在库底出露的情况, 由于降雨产生的径流直接补给到地下表层形成地下暗流, 极易冲蚀塑膜下壤土垫层, 导致薄膜破坏、失去防渗作用, 设计时将破碎带适度开挖后, 浇筑砼, 再按一般铺设方法设计。

(5) 对于库底及岸坡风化裂隙分布广、面积大, 难以具体渗漏部位, 很难针对不同部位采取不同防渗处理措施时, 则需要大面积进行防渗处理。传统的砼铺盖防渗设计, 虽对防冲要求低, 但存有对砼浇筑要求高、施工不便、抗剪能力及适应不均匀变形能力差、伸缩缝难以处理、造价较高等缺点; 而采用 PE 防渗膜及土工膜技术进行设计, 则具有施工程序简单、柔性强、勿需留伸缩缝、工程造价低等优点。据测算第二种方案比第一种方案投资要节省 40% ~ 50%。

3.2 薄膜防渗方案选择及薄膜厚度设计

据相关资料, 多层薄膜和单层薄膜各有优势: 单层薄膜优点是在垫层中稍遇较大的粒径, 不易穿透薄膜, 便于施工, 缺点是柔性相对较差; 多层薄膜柔性好, 但工程造价较高。实际设计时, 因单层薄膜只要在施工中稍加注意, 即可达到满意效果, 所以设计为单层薄膜防渗。薄膜厚度设计, 需根据工作水头、施工条件、薄膜拉应力、弹性模数等资料进行分析计算, 并充分考虑市场供货条件和工程所在村经济基础现状, 合理设计塑料薄膜厚度。

3.3 薄膜的防冲设计

薄膜防渗效果在静态水流时最好, 但在山丘区

蓄水工程防渗中,由于降雨产生径流时,水流速大,极易冲刷薄膜上覆盖土层,造成漂起,失去作用。因此,除在库区死水位以下不考虑防冲外,其余部位均要进行防冲设计、通常在石料丰富地区采用薄膜上覆盖 25 cm 壤土垫层,上铺 30 cm 干砌石防冲,薄膜埋至最高蓄水位以上 0.2 m,在石料不丰富地区,可采用 8 cm 砣铺盖防冲。

3.4 破碎带、涌泉和特殊部位防渗设计

(1) 对于径流区破碎带,因为有薄膜防渗,施工时只需将表层破碎严重部分清除干净后与库底的其他部位找平压实,用 10 cm 壤土填平夯实后即可铺塑。

(2) 对于排泄区易出现的涌泉部位,考虑汛期时涌水会破坏薄膜下壤土垫层并将薄膜顶破,失去防渗作用,设计为将涌泉处清理出新鲜层面,在四周将塑料薄膜埋入地下 0.5 ~ 0.8 m,然后内侧浆砌 40 cm 片石,并用砂砾石回填涌泉坑。

(3) 对于出现在上游兴利水位线附近的破碎带及裂隙设计,采用黏土、砣等防渗墙阻断通向库底通道,避免下游水流在薄膜下产生扬压力破坏薄膜,失去防渗作用。

(4) 对于上游降水时易形成小股汇流处,设计薄膜上壤土垫层厚度 25 cm,表层用 30 cm 干砌石护砌,表层灌浆勾缝防冲。

4 蓄水工程防渗施工

通过对会泉峪、箴篱坪塘坝的防渗实践,总结出施工技术重点如下:

(1) 先清理工作面,排除积水,利于基槽开挖和薄膜铺设,清理原则为去除表层卵石,露出新鲜层面。开挖前若遇到库底生长芦苇杂草,应用化学除草剂灭茅,待根部腐烂后,清理干净树根,避免刺破薄膜,超挖部分要回填夯实。

(2) 基槽开挖后,为确保铺设质量,先进行夯实,然后铺 10 cm 厚潮湿壤土,夯实整平,上铺塑料薄膜再铺 10 cm 壤土垫层,按设计保护层填实。

(3) 薄膜铺设应分幅进行,每次铺设视宽幅而定,一般控制在长度小于 50 m,宽度不小于 5 m,以利于铺设的整体性和方便施工。

(4) 薄膜铺设采用粘接法或焊接法,采用粘接法时顺水流方向进行,由下而上,粘接缝宽以 15 ~ 20 cm 为宜,接缝处用砂纸打磨擦净,用聚乙烯粘接材料均匀涂抹后压实,此法具有方法简单,造价低,施

工快等优点,虽不如焊接法,但只要注意施工程序,能够满足工程需要。

(5) 铺膜时应保持基土湿润,以保证薄膜紧贴基土,铺膜时应自然平铺,不宜拉的太紧,留有 3% ~ 5% 的松动感,并均匀留有折皱,从一端向另一端铺,注意排出空气,以免产生气泡,造成回填不密实。

(6) 薄膜铺好后,回填土要轻放,由一边向另一边依次回填,回填土要去除杂草、树根等,按设计保护层要求分层填实,边坡要削光铲平。

(7) 薄膜铺设速度应与保护层回填速度紧密配合,尽量缩短薄膜露天暴晒时间,不能长时间暴露。

(8) 凡岸坡大于 1 : 3 时,均采用 30 cm 干砌石护坡,以防止薄膜脱落;当垂直高度大于 6 m 时,应留有宽为 0.5 ~ 1.0 m 的台地,并开挖梯形沟埋入薄膜,防止薄膜脱落。

(9) 对于库坝上游小股汇流处,将薄膜上保护层回填 25 cm 厚,表层用 30 cm 干砌石砌筑,表层灌浆勾缝。

(10) 按一般技术处理,当薄膜铺设完成,保护层回填应反复碾压,使干容重不小于 1.6 t/m^3 ,但是通过实践证明,水库、塘坝大面积防渗工程在回填保护层后,水库蓄水可使薄膜上土壤自然沉实,不必要碾压,且碾压不好,还易使土粒或硬物刺破薄膜,起到反作用,省去碾压后不但大大降低了造价,还提高了工效,确保了质量。

5 箴篱坪工程效益分析

5.1 经济效益分析

工程总投资 12.4 万元,年灌溉效益 9.84 万元,年费用 4.62 万元,经计算得效益费用比 $R = 11.4$,年净效益 5.22 万元,静态投资回收年限 2.2 a,说明工程经济合理。

5.2 社会效益分析

该项目竣工后,不但可以灌溉 53 hm^2 粮田,而且解决 1 100 口人和 910 头大小牲畜的饮水困难,年节约抗旱劳力 0.8 万个,并可使这些劳力转入到养殖业和个体工商业中,村民饮上洁净自来水,促进了村民体质状况的改善,具有显著的社会效益。

5.3 生态效益分析

工程完成后,涵养了该小流域水源,对于促进该区粮食、经济作物和经济林、水保林的发展,改善小流域生态环境,都是有显著的作用,具有良好的生态效益。

6 石灰岩区蓄水工程防渗研究与推广前景分析

会泉峪和箐篱坪塘坝防渗工程的成功运行, 为其他石灰岩区渗漏水库、塘坝、谷坊的防渗处理提供了很好的示范类型。预计全县 137 座渗漏工程防渗处理总投资 1 408 万元, 处理后可增加地表蓄水 2 781 万 m^3 , 盘活 3 300 万元的水利固定资产, 扩大灌溉面积 0.21 万 hm^2 , 年增产粮食 1 900 t, 果品 6 800 t, 解决 1.2 万人及 1.19 万头大、小牲畜的饮水困难, 年可增加效益 870 万元。对于改善占全县 23.3% 的石灰岩区水资源紧缺状况, 使广大灰岩区群众尽快脱贫致富, 为蒙阴县农村经济的快速发展奠定坚实基础。推而广之, 若将此防渗成果用于全市

乃至全省的灰岩区渗漏蓄水工程防渗中, 其经济、社会、生态效益更是难以估量。

7 小 结

石灰岩区渗漏蓄水工程防渗技术包括了水文、地质、水力、土力、材料力学、结构力学等多门学科。该成果通过对石灰岩区蓄水工程渗漏的内部机理进行探索和研究, 总结归纳了在规划、设计、施工中的各项技术要点, 并通过两座塘坝的成功实践, 积累了成熟的设计与施工经验, 为石灰岩区渗漏蓄水工程防渗处理提供了一套科学有效的处理方法, 特别是对库内断层、破碎带、涌泉及特殊部位的处理措施, 方便可靠, 具有较强的可操作性和实用性。

(上接第 64 页)

抗旱节水的另一有效措施是喷洒旱地龙, 使用保水剂等。旱地龙是一种植物抗旱生长调节剂, 其功能并非单一的抗旱节水, 还可提高作物产量, 改善作物品质, 抗寒防冻, 促进农作物早熟, 活化土壤有效养分, 防治土壤板结等功效。实践已证明, 使用旱地龙具有“有旱抗旱保产, 无旱节水增产”的功效, 是一项较理想的非工程科技抗旱节水措施。在干旱缺水地区更有推广价值。

3.6 退耕还林, 涵养水源, 优化生态环境, 促进农业可持续发展

改革开放以前, 由于农村流通体制不健全, 农产品生产采取了划地为牢式的自求平衡, 山区农业生产的区位优势得不到发挥, 比较效益较高的林果生产发展缓慢, 而比较效益低下的粮食种植面积居高不下。为保各地的粮食安全, 当地政府逐年下达产量指标, 为了完成指标任务, 农民大面积毁林开荒, 陡坡耕种, 使土壤裸露, 造成严重的水土流失, 生态环境恶化, 气候失调, 土壤越种越瘠薄。水源条件越来越差, 粮食产量低而不稳, 形成了恶性循环。改革开放后, 随着农村改革的不断深入, 农村经济结构不断调整, 改广种薄收为少种高效, 在保证粮食安全的基础上, 退耕还林优化生态环境。到 2000 年, 蒙阴县经济林面积已发展到 2.19 万 hm^2 , 水保林 3.96 万 hm^2 , 提高了林草覆盖率, 改善了生态环境, 有效地防止了水土流失, 增强了涵养水源的能力。

地面还林还草以后, 树冠及树下草层和枯枝落叶具有很强的拦截雨水的能力, 因为草丛、枯枝落叶及纵横交错的根系可以保护和疏松土壤结构, 增大土壤孔隙率来调节地面径流, 强化降雨就地入渗, 吸收和延长径流时间, 有效地回灌地下水。据实验观测, 天然林的蓄水能力为 1 018 m^3/hm^2 , 次生林为 1 209 m^3/hm^2 , 也就是说, 一片 1 000 hm^2 的林木, 相当于一座库容 100 万 m^3 的水库, 俨然一座性能良好的“绿色天然水库”。因此, 在山丘区实现退耕还林还草是解决山区农业缺水的又一重要途径, 特别是发展经济林和饲草, 不但具有良好的经济效益, 而且具有良好的社会效益和生态效益, 也是改善山区农业生产条件, 增强农业后劲, 立足于山区长远利益的需要。

针对我国农业生产中存在的问题和改革开放农村经济的发展状况, 专家指出, 今天中国的粮食安全已不再是每一个局部地区的人们只在地区范围内所要平衡的问题, 相反, 面对资源枯竭, 生态系统恶化, 我们已经有能力而且必须实施“战略撤退”——从那些与我们资源不相称的领域内坚决退出来, 有所为有所不为。退耕还林使粮食播种面积减少, 不是“丢卒保车”, 而是实现可持续发展之举; 不是生产的凋敝, 而是发展的代价; 不是饥饿的先兆, 而是富足的开端。是优化结构, 扬长避短, 实现由弱质农业走向高效农业的必由之路。

参考文献:

[1] 白清俊, 庞清江. 浅谈调亏灌溉农业节水新技术[J]. 山东水利, 2001(3).