

# 黄河公伯峡水电站水土流失预防及治理技术初探

王海<sup>1</sup>, 星玉寿<sup>2</sup>

(1. 青海省农林科学院, 青海 西宁 810016; 2. 黄河上游水电开发公司 建设分公司, 青海 化隆 810902)

**摘要:** 结合黄河上游公伯峡水电站建设具体情况, 针对该区域内独特的地质、土壤和气候条件, 在主体工程和辅助工程施工区内, 划分出了不同的治理区域。在分析该区水土流失成因的基础上, 采取工程治理和植物治理相结合的方法, 提出了适合该区域内的主要治理措施, 为黄河上游同类水电站的开发建设与水土流失治理提供了借鉴。

**关键词:** 公伯峡; 水土流失; 预防; 治理

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2003)05-0066-04

中图分类号: S157

## Primary Exploration of Soil Erosion and Harnessing Technologies of Gongbo Gorge Hydropower Station in Upper Reaches of the Yellow River

WANG Hai, XIN Yu-shou

(1. Qinghai Academy of Agricultural and Forestry, Xi'ning 810016, Qinghai Province, China; 2. The Hydropower Exploitation Company of Upper Reaches of Yellow River, Hualong County 810902, Qinghai Province, China)

**Abstract:** Considering the construction of the Gongbo Gorge Hydropower Station in the upper reaches of the Yellow river, and the areas unique geology, soil and climate, the different harness areas are identified in both the major and subsidiary project construction regions. On the basis of an analysis of the causes of soil erosion, methods combining project treatment with vegetation treatment are adopted, and the main treatment measures suited to the area are brought forward. This study also provides references relating to the exploitation and construction of homogeneous hydropower stations and the treatment of soil erosion in the upper reaches of the Yellow river.

**Keyword:** Gongboxia; soil and water loss; prevent; harness

### 1 工程概况

黄河公伯峡水电站位于青海省化隆县与循化县交界处的黄河干流上, 坝址上游 76 km 处为已建的李家峡水电站, 下游 148 km 处为已建的刘家峡水电站, 电站距青海省省会西宁市 153 km, 水电站坝址库区水位设计海拔高程 2 005 m, 枢纽主要任务是发电, 兼顾灌溉及供水。本着电站主体工程与环境工程同步建设的原则, 在制订水土保持规划的基础上, 进行水土流失预防及治理工作, 通过场区绿化, 有效地改善了厂区的气候条件和自然景观。初步遏止了工程建设中严重的水土流失现象。水土保持治理措施主要包括工程措施和植物措施 2 大类, 工程措施主要包括混凝土与浆砌石挡土墙、浆砌石护坡、砼网格护坡、防洪渠、截排水系统以及沟道治理中的钢筋笼石坝等; 植物措施主要包括种草植树 2 大类, 通过土质改良和草坪、

树木品种筛选, 逐步摸索出一些适合该区域种植的草坪、树木优良品种。

### 2 自然环境状况

公伯峡水电站坝址区属于典型的高原半干旱型气候, 具有降雨量少, 太阳辐射强、日照长、蒸发量大、日温差大, 无霜期短、气候干燥等明显的大陆型气候的特点。据循化水文站观测数据。多年平均输沙量  $7.05 \times 10^6 \sim 7.43 \times 10^6$  t, 多年平均含沙量  $0.32 \sim 0.33$  kg/m<sup>3</sup>, 实测最大含沙量 67.8 kg/m<sup>3</sup>, 属于侵蚀模数较小的地区。工程涉及的河谷及阶地, 土壤母质系冲积或洪积次生黄土, 主要土壤类型为钙土、灰钙土、灌淤型灰钙土。坝址区的荒地土壤母质为黄土, 富含粉沙和碳酸根盐, 抗蚀能力低。加之坡陡干旱, 植物生长稀疏, 在大风和暴雨等自然因素影响下, 水土流失较重, 造成较多裸地。场区土质多为灌淤型灰钙

收稿日期: 2003-07-03 修回日期: 2003-09-10

资助项目: 黄河上游水电开发公司资助

作者简介: 王海(1963-), 男(汉族), 甘肃庆阳市人, 副研究员, 主要从事林业、水土保持科研工作。电话(0971)5311157。

土、淡栗钙土土壤为主,盐碱含量大,有机质含量低,土壤贫瘠,因而改良土壤、选择耐盐碱树种、草种为植物治理的首要条件。天然植被类型以旱生为主,多为中亚成分,如碱蓬、骆驼蓬、鬼箭锦鸡儿、枸杞等。河谷川台区以四旁植树和农田防护林为主。

### 3 水土流失治理区域划分

据水电站工程布置和特点,结合区域地貌类型、水土流失类型强度、治理的难易程度等,确定水土保持分区及治理区域,形成全范围水土保持防护体系。

(1) 坝址区。工程开挖面土石方量大,工程两岸边坡及基础处理标准高,通过永久工程防护及合理安排施工作业等措施,基本控制开挖作业面和弃渣过程中的水土流失,并在部分区域进行绿化。

(2) 渣场区及土石料场区。在弃渣堆放中,采取拦挡施工堆渣确定合理的堆渣边坡,并采取表面压实防冲防风措施,防止弃渣进入河道。对料场开采区进行修筑围堤和铅丝笼护坡进行防护,防止开挖面及料场废弃覆盖弃渣产生的水土流失。

(3) 生产生活区和场区道路系统。该区域内各单位工程结束后,应及时建立场区截排水系统,在场区内清除建筑垃圾和覆土后,结合改良土壤进行绿化。对于左、右两岸上坝公路,应采取必要的边坡防护工程和排水工程,坡面植草种树进行稳定。

(4) 水库淹没岸区和移民安置区。在该区域主要进行水土保持预防监督和宣传教育工作,严格贯彻水土保持法规。在坡面超过 $15^\circ$ 地段严禁开荒种植或移民,并在重点危险区域进行滑坡处理和护岸处理。在移民安置区内,建立农田防护林网和实施水土保持耕作措施,防止移民点建设中造成新的水土流失。

### 4 工程治理措施

公伯峡水电站坝址河道蜿蜒曲折、河谷狭窄、岸高坡陡,其坡度多在 $30^\circ\sim 40^\circ$ ,岸坡基岩裸露,而坍塌、变形体以及崩坡积等重力堆积体多有分布,主要风化岩体有花岗岩、片麻岩、片岩等。由于在水电站建设过程中,有较多的边坡开挖工程,这些边坡中的大部分地段在施工设计中,已采取了措施保护边坡坡面,如对于岩石边坡根据需要进行喷砼或砼衬砌护坡的处理。但有些边坡,如一些非重要部位的永久边坡、尤其是黄土和沙砾石边坡,仍然是裸露的。从辅助工区的场地平整、修筑道路系统及生产生活设施,到主体工程的土石方开挖及混凝土工程。由于取土炸石、破坏了原始植被,形成挖损面,产生大量弃土、弃渣及二次搬运过程,易产生水土流失。

#### 4.1 主体工程施工区主要防治区域及治理措施

公伯峡水电站主体工程施工区的水土流域防治从地域上划分,主要分为左、右岸两大部分。

(1) 黄河左岸防治区域由于工作面开挖幅度大,砾石及砂壤土较多,加之地形各异,易形成松动层及碎石滑坡,因而根据地形与坡度,因地制宜采取不同治理措施。

对于坡度陡于 $1:0.5$ 的边坡,如公路的部分土质采用浆砌石防护。

对于坡度缓于 $1:1$ 的边坡,如左泄工作闸室的土质溢洪道的部分土质及沙砾石边坡,由于设计时这些边坡均为稳定边坡,可采用砼格状框条。在解决灌溉的条件下,可在框条内铺草或栽种攀缘爬坡植物;在无灌溉条件下,可栽植极耐旱禾本科类、羊茅类草种或低矮小灌木品种。

对于坡度介于 $1:0.5\sim 1:1$ 的边坡,如左岸进厂公路的上质及沙砾石边坡,黄河大桥左岸公路的土质边坡,可采用浆石和砼格状框条相结合的方法,即下部采用浆砌石防护,上部采用砼格状框条护坡。

(2) 右岸防治区域开挖面坡度总体来说较为陡峭,上层分为破碎砾石及淡栗钙土,土质疏松,易形成滑坡或崩塌。

对于坡度陡于 $1:0.5$ 的边坡以及未防护水雾影响区,如右岸上坝公路的土质边坡,厂房及尾水系统的部分边坡,采用浆砌石进行防护。

对于坡度缓于 $1:1$ 的稳定坡面,可采用砼网格状框条进行固定,或内栽植耐旱草皮或灌木。也可采用坡脚用浆砌石固定,坡面用砼网格状框条,栽草皮或灌木。

右岸导流洞顶部,如1920平台,在进行人工平整场地以后,回填 $0.5\text{ m}$ 厚的种植土(栽植乔木局部换土深度达到 $1\sim 1.2\text{ m}$ ),用树木草坪覆盖场地固沙固土,防治水土流失。

#### 4.2 辅助工程施工区治理区域及主要治理措施

辅助工程施工区主要包括生活区、仓库区、场区防洪渠、黄泥沟沟道综合整治区及左岸黄河边浆砌石防护墙。公伯峡水电站生活区及仓库区北临高山沟壑,东接季节性河沟——黄泥沟,季节性洪水和泥石流时有发生,尤其是夏季,暴雨强度大,可达 $20\sim 30\text{ mm/h}$ ,汇流时间短,容易形成地表径流,水力侵蚀和重力侵蚀成为水土流失的主要形式。因而,因害设防,针对成因,采用不同的水土保持措施,在实践中取得了较好的效果。

(1) 防洪渠工程。场区北部多为石砾山地或淋溶地形,由于坡度陡、植被稀疏、坡面沟蚀现象严重、强

暴雨及冰雹容易导致坡面大量积水、进而形成径流或泥石流,对场区安全造成一定威胁。因而在山脚底部修建了一座东西走向的浆砌石防洪渠,主干渠长600 m,辅之以一定的支渠,汇流后排入黄河,有效地防止了洪水的侵害。主干渠顶宽5 m,底宽2.5 m,以浆砌石固定水渠坡面,水泥砂浆压顶。

(2) 黄泥沟沟道治理工程。场区东部的黄泥沟,是一条侵蚀沟道,主要是季节性沟道,沟宽15~35 m,深5~8 m,沟道长550 m,由于结构破碎常遭冲刷侵蚀,每当夏季洪水来临时,沟底下切沟岸扩张,不少地段滑坡溜塌甚至崩塌,此区域是水土流失的主要工程治理地段。在沟道两岸修建了浆砌石防洪墙,防洪墙基础深2~3 m,底宽2~3 m,顶宽1.5~2 m,高3~6 m,每长10~15 m设伸缩缝一处,在重点危害区域修建了钢筋笼石坝。既拦蓄了大量的泥沙、砾石,亦削减了洪峰强度,发挥了束窄河道的功能,合理引导洪水下泄,使之有规律排出,防止了边坡下切及崩塌现象的发生。

(3) 左岸黄河沿岸防洪墙工程。公伯峡水电站从坝址到下游场区有近1 000 m的距离,此区域是生活区的主要部分,由于近临黄河沿岸,特别是雨季或丰水期河水暴涨,造成沟道下切,河岸塌陷,直接威胁了河岸设施和生产、生活区。黄河沿岸修建的防洪墙,有效地防止了河水对沟岸的冲刷和侵蚀。防洪墙基础深2 m,宽3 m,顶宽0.8 m,高2.5~3 m。

(4) 左、右岸上坝公路排水沟工程。由于上坝公路全由山体大面积开挖、碾压而成,原生植被全被破坏,土质疏松,坡面由淡栗钙土或碎砾石堆积而成。在上坝公路及进场公路两边全部修建了排水沟或涵洞,阻止了路面径流沿坡面而下,而造成坡面水土流失加剧现象。排水沟均为浆砌石结构,V型槽砼抹面。

## 5 生物治理措施

水电站场区是在原农田或荒山基础上经大规模平整碾压而修建的人工场区,左岸生活区及仓库区主要土壤是灰钙土,右岸上坝公路周围坡地主要由灰钙土、栗钙土组成。这些土壤的共同特点是土壤结构差,微生物活动少,肥力及有机质含量低。由于是重黏土,往往是雨天泥泞,表层土壤容易流失,晴天质地坚硬。土壤中富含碳酸根钙盐,因而土壤呈强碱性,pH值一般为8.4~8.8,给植物生长及土壤改良带来一定难度。出于改善场区及整个库区生态环境及防止水土流失的目的,植物治理措施也是电站建设的一个重要方面。几年来,生活区共种植草坪 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^2$ 余,场区栽植各类乔、灌木共 $1.8 \times 10^4$ 株,使场区景观得到

了一定程度的改善,起到了绿化、美化的效果。根据公伯峡地区的土壤、气候条件,应选用适合海拔在1 800~2 100 m之间,无灌溉条件下降水量在250~300 mm下能正常生长,且具有较好的耐旱、耐盐碱,越冬表现好,根系较发达的乔、灌木品种。在人工补灌的条件下,要适当扩大树木和草品种。

### 5.1 主要土壤改良措施

公伯峡地区土壤种类是重黏性灰钙土,以及表层熟土埋后经堆积碾压而形成的土壤,理想的草坪和树木栽植土壤应是土层深厚,排水良好,pH值在6.5~7.5之间。土壤贫瘠或酸碱过度均对草坪和树木生长带来严重问题。草坪土壤的改良是在草坪种植区全面清除建筑垃圾,挖除表面土层30 cm,用农田土或腐殖土进行回填,如果土源问题难度大,成本高或运距太远,可利用土壤结构较为疏松的栗钙土类代替,并掺以10%~15%的细沙,拌均匀后回填。土壤改良可在草坪建植地块初步完成平整和选型后进行。改良重黏土常用有机肥(牛粪、羊板粪或人粪尿等),石膏、硫酸亚铁、过磷酸钙等措施,然后用铁锨或旋耕机翻入,均匀掺和至土壤上层15~20 cm。

乔、灌木种植采用局部换土的方法,针叶树及大乔木挖坑深度一般为1 m左右,规格为1 m×1 m;灌木栽植挖坑深度一般为0.6~0.8 m左右,规格为0.6 m×0.6 m;集中栽植的小灌木或花卉,进行栽植区整体换土,换土深度为0.4~0.5 m。

苗木栽植后,用腐熟的农田土进行回填。

### 5.2 草坪品种选择及种植

主要选择耐盐碱、耐旱、根系发达、绿期长、固土能力强的冷季型草种,选用美国、丹麦、加拿大等国的进口品种。主要有黑麦草类、早熟禾类、紫羊茅类、高羊茅类等4大类,早熟禾主要品种有康尼、公园、普拉蒂尼、巴林等;高羊茅品种有可奇斯、猎狗5号;黑麦草品种有萨卡尼、德比、托亚;紫羊茅品种有派尼、艾克。通常是黑麦草、早熟禾与高羊茅或紫羊茅混播,播种量通常在 $20 \sim 25 \text{ g/m}^2$ 。另外试种的豆科小叶型白三叶品种——瑞文德,也表现出良好的农艺性状,特别适合黏性土壤,具有叶色鲜嫩,覆盖地面迅速,枯黄期晚,抗病强,综合性能好,同时还具有固氮作用,是很好的水土保持和固沙植物。

### 5.3 树种选择与种植

树种选择主要从场区水土保持和绿化美化效果来考虑,同时要考虑到具有根系发达、叶片茂密、生长迅速,又具有较强的抗旱、耐盐碱、抗病虫能力和良好的越冬性。树种选择从当地原生植被和乡土树种着手,掌握适地适树的原则,既要考虑苗源就近、价格低

廉,又要考虑提高品种档次和成活率。经过几年的绿化工程实施,初步掌握了适合该地区生长的树木品种。栽植的常绿树种有青海云杉、刺柏;落叶乔木树种有国槐、刺槐、垂榆、旱柳、沙枣、新疆杨、白榆、红花槐、山杏等。落叶灌木树种有紫丁香、黄刺玫、华北珍珠梅、连翘、榆叶梅、紫穗槐、怪柳、沙棘等;经济树种有苹果、梨、杏等;多年生花卉品种有荷兰菊、石竹、月季等;一、二年生花卉品种有三色堇、美女樱、一串红、矮牵牛、万寿菊等。从场区绿化效果看,国槐、刺槐、旱柳、垂榆、黄刺玫、杏、新疆杨等树种表现良好,具有生长迅速、成形快、成活率高等特点;从左右岸绿化效果看怪柳、沙枣、沙棘、白榆、紫穗槐等品种具有较强的耐盐碱和固沙、固土能力,在坡地栽植效果更好,可在两岸坡地大面积栽种和推广。

## 6 结 语

水电资源开发由于成本低、见效快、无污染,而日渐成为青海省经济建设和西部大开发中的重点项目,但是水电开发中也带来了一系列的环境问题,如在施工过程中大面积取土、开山取石及工程设施建设,破坏了原生植被和原始地貌,造成一定程度的水土流

失,同时由于水库淹没给库区带来了一定的环境影响。因而,工程建设项目除制定详尽的水土保持规划和环境评价报告外,水电站环境综合整治也成为工程建设的重要内容,作为水土保持治理措施中的工程治理和植物治理,也在各水电站建设中普遍接受和实施。公伯峡水电站由于其特殊的地质地貌和气候条件,水土保持治理工作存在一定的难度。水电站水土保持预防和防治工作,从该电站工程建设的实际入手,突出重点,合理配置,已初步形成了防护体系。为以后进一步开展水土保持工作和治理打下了良好基础,并为黄河上游流域其它相同条件水电站建设,提供了成功的经验和做法。

### 参 考 文 献

- [1] 国电公司西北勘察设计院. 公伯峡水电站初步设计报告[R]. 1993.
- [2] 林国华. 青海省水土流失现状及防治对策[J]. 青海水利, 1990(2): 23-25.
- [3] 高志义. 水土保持林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 196-212.
- [4] 李柯甫. 小流域综合治理理论与方法[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.

(上接第65页)

洪泽湖西部湖滨还应在大中小学课外教育和群众科普教育中发挥重要作用,可利用其向人们进行环境教育,提高保护生物多样性和生态环境的意识。

### 5.3 旅游与娱乐

生态旅游是未来旅游的主旋律,是一种对生物资源的非消耗性利用。洪泽湖西部湖滨具有得天独厚的自然风光和生物多样性,可以开发成为游人休闲、娱乐场所,在其中可以进行钓鱼、划船、摄影、野餐、观察野生动物等活动。但洪泽湖西部旅游资源开发应限制在一定区域内,严禁游客涉足保护区的核心区和缓冲区。旅游的配套服务设施的建设应尽量远离湖滨,禁止在洪泽湖西部湖滨区内修建除观鸟台和科研中心等必要设施以外的任何楼堂馆所。

当前洪泽湖西部湖滨生物多样性保护面临的最大问题是资金严重不足,仅靠宿迁市的微薄投入,只

是杯水车薪。要考虑从国家淮河流域污染防治资金和南水北调工程建设资金中申请拨出一部分用于此项工作,还要使洪泽湖西部湖滨可持续发展产生一定的经济效益,以弥补建设资金的缺口。

### 参 考 文 献

- [1] 杨士建. 洪泽湖湿地资源保护与可持续利用[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(2): 15-17.
- [2] 王磊, 刘敏, 许世远, 等. 上海滨岸潮滩生物多样性及其利用与保护[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(2): 132-137.
- [3] 杨士建, 赵秀兰. 骆马湖富营养化防治[J]. 污染防治技术, 2002, 15(3): 33-31.
- [4] 贾文泽, 田家怡, 潘怀剑. 黄河三角洲生物多样性保护与可持续利用的研究[J]. 环境科学研究, 2002, 15(1): 35-39.