

大型倒虹吸工程设计与施工

——大口径、高压力预应力钢筒混凝土管与玻璃钢管在倒虹吸工程中的应用

● 主编 石泉 张立德 李红伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



三个泉倒虹吸管线长11km，管沟深160m



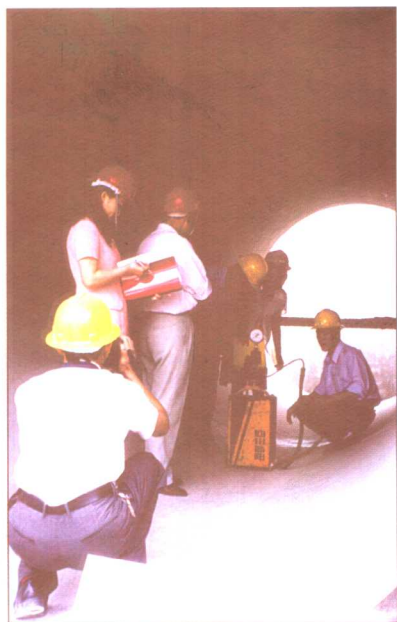
口径为3100mm、长度为12m的玻璃钢夹砂管，已置于试验台上进行内水压力检验



玻璃钢管挠曲水平试验



PCCP管出厂前进行内水压力试验



PCCP管出厂前进行接头水压力
试验



PCCP管出厂前进行外压检验



PCCP管钢筒制造



PCCP管缠丝喷浆



PCCP配件管



口径为2800mm、承受内水压力为1.4MPa、长度为6.0m的PCCP管



三个泉大洼槽进水口施工



三个泉大洼槽进水口混凝土浇筑



小洼槽倒虹吸工程全貌及埋置式玻璃钢夹砂管（RPM管）线



大洼槽倒虹吸工程全貌



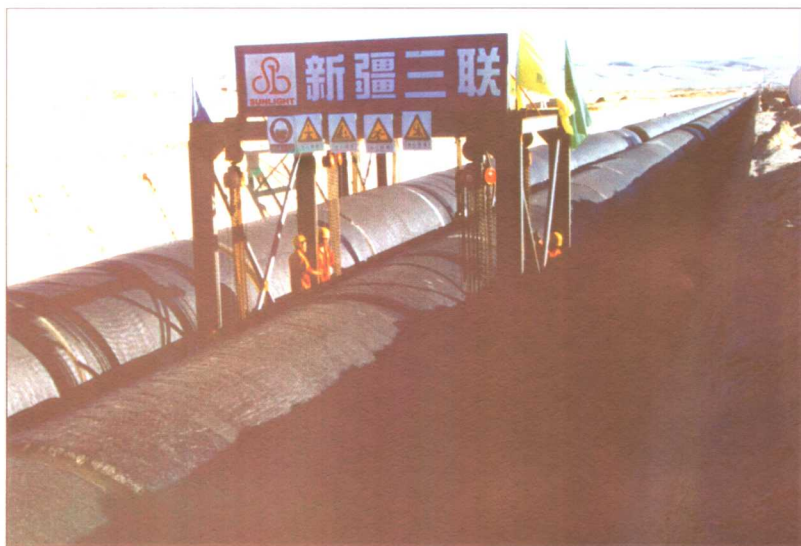
小洼槽倒虹吸进水口



三个泉倒虹吸进水口布置



三个泉倒虹吸口径为2800mm、承受内水压力为1.4MPa的PCCP管



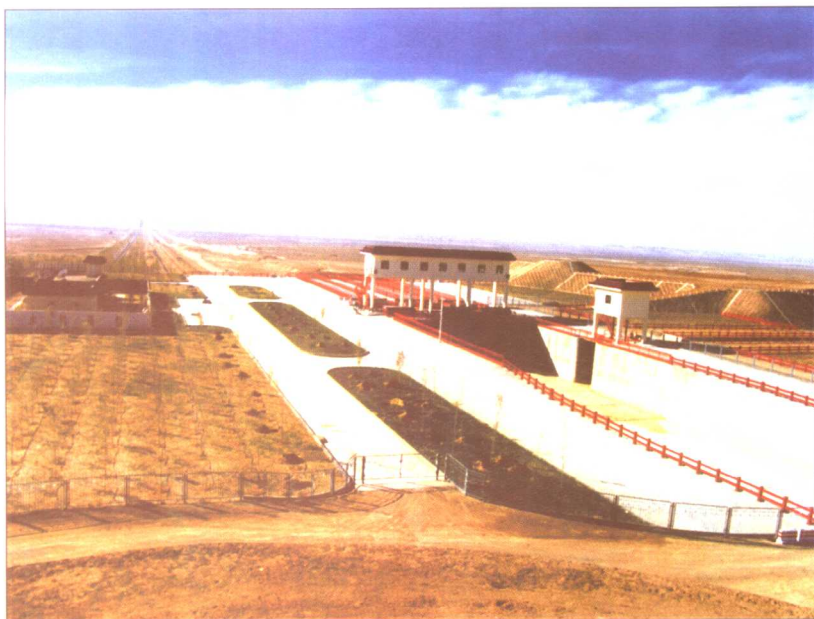
三个泉倒虹吸PCCP管的安装



三个泉倒虹吸工程压力钢管镇墩施工



三个泉倒虹吸口径为2700mm、承受内水压力为1.6MPa的钢管安装



建成后的三个泉倒虹吸工程出口



PCCP管道安装基础处理



PCCP管道安装回填



安装后的口径为3100mm的玻璃钢夹砂管道



小洼槽玻璃钢夹砂管现场安装



小洼槽玻璃钢夹砂管对接



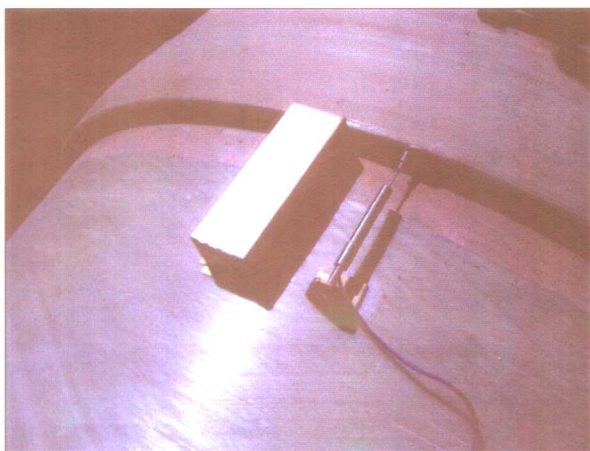
PCCP管材运输



安装后的PCCP管线



PCCP管对接后，进行接缝的质量检测



小洼槽玻璃钢管接缝仪器安装



三个泉PCCP管接缝仪器安装



管道石英晶体压力传感器安装

编写组成员

主 编 石 泉 张立德 李红伟

参加编写人员

王 兵 徐元禄 李文新 马 芳 陈昌雄

蒲振旗 吴 艳 木拉提 洪 新 王 磊

傅学仁 薛元德 和永良 苋登伦 廖 柯

卢冰华 陈学光 邱信蛟 王京宇

主编单位 新疆额尔齐斯河流域开发建设管理局

参编单位 新疆水利水电勘测设计研究院

新疆水利水电科学研究院

河北中意玻璃钢有限责任公司

新疆国统管道股份有限公司

前 言

近年来,随着经济和社会发展对水资源的需求及区域水资源优化配置的需要,各类长距离、跨流域输水工程在水利工程中占有越来越重要的地位,在这些大中型输水工程中,倒虹吸管道是不可缺少的重要建筑物之一。

当前在中大型输水工程中,对中、低水头较大流量的倒虹吸管道,从经济、实用、耐久和方便施工等需要出发,仍以钢筋混凝土管材为主。高水头、大口径的倒虹吸管道正在推广使用各种新型管材,如预应力钢筒混凝土管(简称PCCP管)、热固性树脂玻璃纤维缠绕夹砂管(简称RPM管或玻璃钢管)等,随着其管道制作和安装工艺技术的不断提高,大有取代钢管之势。

我国倒虹吸管道工程虽较多,但管线长、口径大、水头高,尤其是过水流量变幅大、进出口水位差大而采用新型管材的倒虹吸工程却很少,且没有相关的设计、施工等方面的经验。新疆北部供水工程输水线路全长约513.34km,其间布设有两座倒虹吸工程,其中小洼槽倒虹吸管长5.8km,管材选用玻璃钢夹砂管,管内径3.1m;三个泉倒虹吸长11km,管材选用预应力钢筒混凝土管和钢管组合管材,其内径分别为2.8m和2.7m。为了解决上述两个倒虹吸工程的设计和施工问题,工程各有关参建单位开展了一系列的科研和试验,成功地解决了大型倒虹吸工程设计、管材制造和复杂地质条件下管道施工的一些关键技术问题,这些问题是:

(1) 通过理论分析、数字模拟和水工模型试验,对水力控制作了系统研究,确定采用深式进水口与控制出口闸门开度进行水流控制相结合的工程布置,有效地解决了复杂运行条件下水力控制的难题,提出了控制出口闸门水锤压力的工程措施,制定了倒虹吸充水、运行、放空各阶段的控制指标及操作规程。

(2) 小洼槽倒虹吸工程采用了直径3.1m的玻璃钢夹砂管,是目前国内管径最大的玻璃钢管道工程。为寻求大口径玻璃钢管制造技术的突破,从研究玻璃钢管道的结构性能及运行工况入手,合理地确定了管材制造所使用的原材料,科学地确定了管道铺层结构和制造工艺,根据工程特点和运行要求,确定了工程质量控制标准,经原位试验和二次通水检验证明,管道制造及安装质量满足有关规范和设计要求,使大口径玻璃钢夹砂管道在国内首次应用成功。

(3) 三个泉倒虹吸工程所采用的预应力钢筒混凝土管综合难度系数为

3.92 (管径为 2.8m、压力为 1.4MPa), 为我国已建预应力钢筒混凝土管道工程难度系数之最大。为寻求大口径、高水头预应力钢筒混凝土管道制造技术的突破, 深入研究了管体结构、生产工艺、制作质量控制、施工工艺等技术问题, 使大口径、高水头预应力钢筒混凝土管道在本工程中得到了成功应用, 取得了显著的社会效益和经济效益。

(4) 三个泉倒虹吸工程底部放空建筑物工作水头 160m, 放空管出口流速高达 27m/s, 因地层抗冲能力较低, 必须消能后排放, 同时常规阀门又难以保证承受高水头、高流速下正常工作。根据模型试验研究结果, 采用了锥形减压控制阀与竖井式消能工联合放空结构, 充分消能, 使其流速降低到 1~2m/s。

(5) 三个泉倒虹吸工程钢管段地处第三系中软岩和沙漠地层, 其变形性能相差较大, 再加上日夜温差较大, 要求伸缩节既要满足轴向伸缩位移, 又要满足一定的挠曲度和偏位量, 通过对管道各向变形分析, 确定变形量级, 并对引进的可挠式伸缩节进行了技术改进, 使其满足伸缩量 150mm、角变位 $\alpha \leq 5^\circ$ 、径向变位 $\Delta \leq 50\text{mm}$ 的技术指标。

(6) 结合我国目前的相关工业技术水平及有关国家和行业标准, 通过大量室内实验和现场试验及多次相关行业专家研究论证, 制订了倒虹吸工程各环节的质量控制标准, 包括原材料性能要求及控制标准、管道生产制造工艺流程及各环节控制标准、管道质量检测控制标准、管道现场施工安装工艺流程及控制标准。该控制标准是对我国相关标准空白的补充和完善。

新疆北部供水工程中小洼槽和三个泉工程长距离、高水头、大口径新型管材在大型倒虹吸工程的成功建设, 使我国倒虹吸工程技术又上了一个新的台阶, 并积累了宝贵的经验。同时, 大口径玻璃钢管道和预应力钢筒混凝土管道的制造成功及应用, 是我国新型管道运用史上新的起点, 将促进玻璃钢管道和预应力钢筒混凝土管道行业的发展。

本书对工程建设中的经验和教训进行了初步总结, 愿与有识之士共同探讨倒虹吸工程及新型管道工程建设中面临的技术难题, 相互交流、共同提高。

本书成稿后由石泉、赵长海同志校审。

由于水平有限, 书中难免有疏漏或不妥之处, 敬请同行专家和读者批评指正, 不甚感激。

编者

2007 年 1 月