

水利渠道、管线工程测量施工技术探析

王兴佳

宁夏中卫市水利勘测设计院(有限公司) 宁夏 中卫 755000

摘要:水利渠道与管线是区域农业灌溉、生态输水、城镇排涝的核心线性水工构筑物,施工测量精度直接决定渠管线形平顺度、输水坡度合理性及结构运行稳定性。本文以长线水利渠管工程为研究对象,梳理明渠、暗渠、压力输水管、雨污排管四类构筑物测量差异化特点,对比传统光学测量、数字化卫星测量、特殊工况专项测量三类技术适用场景,梳理工程全流程测量作业工序,从仪器管控、外业作业、数据校核、工况适配多方面提出测量质量管控措施,针对性解决跨水域、老旧改扩建、地下深埋地段测量难点。

关键词:水利渠道;管线工程;测量施工;技术

引言

水利渠道、管线工程跨度长、途经地貌复杂,兼顾自流通水、结构防渗、地下交叉避让多重施工要求,相较于普通土建工程,对平面轴线、流水高程、边坡坡度的测量管控标准更为严苛。现阶段中小型渠管项目依旧依赖水准仪、全站仪传统设备作业,野外长线施工误差累积量大,山谷临水、地下管线密集区域测量手段单一,加之作业人员复测流程不规范,极易引发渠底坡度失衡、管道接口错位、新旧管段衔接错台等施工问题,增加后期运维渗漏、通水淤积隐患。

1 水利渠道及管线工程测量基础概述

1.1 工程分类及施工测量特点

1.1.1 工程分类

水利输水构筑物分为多种主流形式,不同结构在断面形态、受力方式、通水逻辑上存在明显区分,对应的测量放样标准与控制重点也形成差异化要求。(1)明渠依靠开放断面完成水体输送,整体依靠渠底固定坡度实现自流输水,构筑物直接暴露在地表环境,施工测量需要持续管控渠堤边线、渠底高程、边坡坡比多重参数。(2)暗渠采用封闭箱型结构埋设于地面以下,外部覆土覆盖,测量工作除轴线、高程控制外,还要兼顾基坑开挖范围与覆土完成后的断面复核^[1]。(4)压力输水管道依靠密闭腔体承载水压,依靠管节连续拼接形成输水通道,测量核心集中在管中心轴线、管底安装标高与整体流水坡度控制,微小高程偏差会直接改变管内水压分布。(4)雨污排管多用于区域退水排水系统,埋深区间跨度大,常与其他地下构筑物交叉布设,测量作业需要同步采集周边既有管线坐标,规避施工阶段空间冲突

问题。

1.1.2 施工测量特点

(1)长线性布置与复杂地形环境是渠管工程测量最突出的特征,渠管线路普遍延伸距离较长,单条线路经常跨越多种地貌单元,平面控制网布设需要分段布设闭合线路,降低长线累积测量误差。(2)地形起伏区域地面高差持续变化,渠道需要依照设计坡度持续调整开挖深度,管线要随地形设置转折井、沉降缓冲结构,每一处地形变化点位都要加密布设测量控制点。(3)线路途经坡地、洼地、沟谷时,视线遮挡会增加常规仪器放样难度,高程传递工作需要多次转点测量,转点次数增多会同步放大高程误差。(4)长线工程施工多分段同步开展,各施工段测量基准需要保持统一,若控制点位衔接不到位,相邻施工段轴线、高程会出现明显错台。地表土体受雨水冲刷、机械碾压会出现沉降变形,前期布设的临时测量标石容易发生位移,作业期间需要定期复测基准点位。(5)复杂地形下控制点选址空间有限,标石稳固性难以保障,外业测量频次相比普通建筑工程大幅提升,整套测量工作需要兼顾长线连贯性与局部地形适配性,持续保障构筑物线形与通水坡度符合设计规定。

1.2 工程测量核心技术指标

(1)轴线偏差、高程高差、坡度坡比、沉降位移是水利渠道管线施工管控四项核心测量指标,各项指标直接决定水体自流顺畅度、结构拼接贴合度以及后期运行结构安全性,也是外业放样、内业数据核验的核心把控内容。轴线偏差指代渠管实体中心与设计线路的平面偏移数值,偏移量过大极易造成渠道单侧过水断面缩减,

管道接口挤压错位密封失效,长线工程平面偏移还会增加整体通水沿程阻力。高程高差主要管控渠底、管底安装基准高度,是保障自流输水的基础条件,局部高程偏高会形成输水壅水点位,高程偏低则会造成水体淤积杂物堆积。坡度坡比分为渠道纵向流水坡度与渠槽边坡坡度,纵向坡度管控水流流速,避免流速过快冲刷渠体防渗层,边坡坡比管控开挖成型坡面稳定性,防止坡面塌方扰动主体结构^[2]。沉降位移分为施工期临时沉降与完工后长期沉降,重点监测地基土体、成型渠管竖向及侧向形变,及时预判软土基底、临水地段不均匀沉降风险,规避结构开裂渗水问题。(2)水利渠道管线测量作业必须严格遵循现行水利工程施工测量行业规范,结合构筑物等级划定差异化精度限值,杜绝统一粗放化测量作业。普通农用自流明渠施工精度要求偏低,平面轴线允许偏移范围更大,高程测量可放宽单次闭合误差,适配大范围田间线性施工。城镇配套压力输水管道、主干排涝暗渠属于重点水工构筑物,测量精度限值大幅收紧,平面放样、高程复测需执行二级测量精度标准,接口位置、转折点位需加密复测核验。野外长线渠管控制测量,要求平面控制、高程控制必须完成闭合校核,严控往返测量误差,禁止单次测量直接采信数据。边坡放样、断面测绘需匹配坡面施工精度,保证开挖坡面贴合设计坡比,减少土方超挖欠挖。后期沉降位移监测需固定监测点位与观测仪器,遵循周期观测限值,形变数据超出规范允许范围时,及时上报并调整施工方案。

2 水利渠道、管线工程常用测量施工技术

2.1 传统常规测量技术

(1)水准仪高程测控与全站仪轴线放样为核心光学测量技术,水准仪专一承担全场高程测控工作,依托水准视线持平原理,完成渠管基准高程引测、槽底高程标定、堤顶高程复核作业^[3]。作业前完成仪器整平校验,依托场区永久水准点逐级引测高程,长线施工采取往返观测模式,缩减高程传递误差,主要管控渠底流水高程、管道安装底标高、渠坡分级高程,适配自流输水高程精细化管控需求。全站仪依托边角实测原理开展平面轴线放样,依托已知控制点录入坐标参数,定位渠管中线、转角、井位核心点位,实地打设木桩喷漆标记线形。该技术不受地形小幅起伏限制,可灵活校正线路偏移,多用于渠管直线段、转角拐点轴线定位,适合近距离点位校核,应对局部改线、点位微调作业稳定性较强。(2)断面尺人工断面测量与坡度标定技术适配现场土方成型核验作业,人工断面测量以校准完毕的标准剖面尺、竖向测深尺为工具,施工人员定点架设量具,垂

直渠槽走向实测槽体开挖宽度、开挖深度、坡面宽度,逐桩采集横断面数据,纵向沿渠中线采集纵断面数据。外业记录实测尺寸后对比设计断面参数,快速判定渠槽超挖、欠挖范围,方便施工班组及时修整坡面槽底,低成本完成常态化断面自检。坡度标定依托水准配合坡度尺协同作业,结合设计流水坡度、边坡坡比,在渠壁、槽坡标定控制线。明渠施工标定纵向流水坡度保障自流输水顺畅,开挖坡面标定边坡坡度控制线,把控开挖坡面倾角,防止边坡过陡塌方或者坡度过缓增加土方工程量。整套传统技术无需依托电子信号,恶劣天气、密闭基坑内均可正常作业,可配合数字化技术互补使用,补齐盲区测量作业短板。

2.2 数字化高精度测量技术

(1)GNSS卫星全域控制测量技术用于搭建场区统一坐标高程基准网络,作业时依托区域原有高级测量控制点架设基准接收设备,通过多卫星同步观测完成全场加密网点数据采集,经过软件统一平差计算得到稳定的平面与高程参数。长线渠管线路无需频繁转点传递坐标,不受山谷沟壑、植被遮挡带来的视线限制,可一次性完成全线控制网布设。测量得到的网点坐标能够作为后续所有放样、测绘工作的统一基准,消除分段施工基准不匹配引发的轴线错位问题,为其余数字化测量手段提供基础数据支撑。(2)RTK动态实时放样技术依托基准站传输的差分信号实现现场点位快速标定,操作人员手持移动终端录入渠管设计中线、开挖边线、井位坐标,设备可实时显示当前位置与设计点位的偏移数值,作业人员依照提示移动测点即可完成放样标记^[4]。相比全站仪需要架设仪器、后视定向的流程,该技术省去大量辅助准备工序,长距离渠管直线段放样效率提升明显,在地形开阔的野外输水线路中优势突出。施工阶段可随时调取设计参数复测成型构筑物轴线与高程,完成分段工序验收数据采集。(3)无人机载激光地形测绘技术多用于施工前期全域地形数据采集,机载激光雷达可穿透浅层植被,精准捕捉地面真实起伏形态,自动生成场区三维点云数据。依靠点云模型能够批量提取纵横断面、地表高程变化信息,快速核算渠管工程开挖与填筑土方总量。该技术适合大面积复杂地貌场区勘测,人工难以抵达的陡坡、沟谷区域可一次性完成数据采集,采集完成的数字地形模型还能用于后期竣工断面比对,直观呈现施工前后场地地形变化,完善全流程数字化测量资料体系。

2.3 特殊工况专项测量技术

水利渠管施工场地地貌条件复杂多变,常规数字

化、传统测量技术无法适配涉水、改造、地下隐蔽三类特殊施工场景，这类工况干扰因素多、测量校核难度大、精度管控门槛更高，需要采用专属专项测量工艺，针对性消解水域折射、原有结构偏差、地下点位未知带来的测量误差，保障特殊地段渠管衔接贯通、施工合规安全。（1）河道跨水域渠管贯通测量技术适配河道横穿、水上架空、水下埋管施工场景。水域水面存在光线折射、水汽扰动问题，岸边双向通视条件较差，无法直接完成两岸轴线对接放样。作业依托两岸稳固高地布设成对贯通控制点，统一两岸坐标高程基准，规避水面高程传递偏差。测量过程避开正午强光水面反光时段作业，增设多次往返观测环节，抵消水汽带来的观测误差。针对水下管道预埋施工，联动水下测深设备核验河床高程、管道预埋深度，精准把控两岸渠管轴线对接角度与流水高程，严控跨水域段轴线错位、高程高差问题，保证水上水下渠管线形无缝贯通，通水后无壅水、回流问题。（2）老旧既有渠管改扩建复测测量技术适配存量水利设施提质改造项目。原有渠管建成年限较长，早期测量基准缺失，结构长期受水流冲刷、地基沉降发生形变，原始施工图纸数据和现场实体存在偏差^[5]。作业优先复核场区原有留存基准点，重新校核场区测量坐标系，逐段实测既有渠道渠底高程、边坡坡比、管道管径、井位坐标。同步排查结构开裂沉降点位的形变数值，修正原有设计线路参数，结合实测数据优化改扩建接驳段线形高程，严控新旧渠管接驳口断面、坡度差值，避免新旧结构衔接处通水渗漏、过水断面突变。（3）地下深埋管线隐蔽点位探测测量技术多用于城区及农田复合地下管网施工。深埋管线覆土厚度大、无外露标识，管线走向、埋深、材质无法直观判定，极易出现新建渠管破土施工挖断既有管线的问题。作业采用电磁探测、地质雷达结合探测方式，全域扫描施工作业

层地下空间，摸排给排水、电力、老旧输水各类隐蔽管线位置、埋深、走向。标记高危管线管控范围，调整新建渠管放样线路与开挖深度，施工前复测点位坐标留存数据，从测量放样阶段规避地下管线碰撞破损风险，保障深埋渠管施工全过程安全可控。

结语

综上所述，结合工程施工要求得出，常规开阔地段可依托 GNSS 结合 RTK 技术提升放样效率，闭塞盲区、基坑内部搭配传统光学仪器作业，涉水及地下隐蔽工况必须采用专项探测测量工艺，同时落实双人观测、分段闭合、基准复测制度，最大限度降低人为误差与累积误差。未来，可结合三维建模、自动放样技术，优化水利渠管智能化测量模式，进一步提升野外水工测量作业精度与施工效率。

参考文献

- [1] 谢孝平, 郑涛. 水利工程灌溉防渗渠道衬砌施工技术探析 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2026, (2): 143-146.
- [2] 王成新. 老旧水利灌区土渠改建矩形钢混渠道施工技术探析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2026, (3): 099-102.
- [3] 于潇, 姚双彦. 水利灌区渠道改造工程钢筋混凝土衬砌施工技术探析 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2025, (12): 155-158.
- [4] 罗苏. 水利水电工程的防渗渠道施工技术探析 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术, 2025, (6): 086-089.
- [5] 王金俊. 复杂水文条件下水利渠道工程中线测量误差的控制算法开发探索 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2026, (3): 069-072.