

# Monitoring Records of Super-Large Rectangular Jacking Pipe Passing under Sewage Tank Culvert

Hongxing Wang Qiu Jin Dan Wang Jiahao Zhang

Shanghai Jianke Engineering Consulting Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

## Abstract

When the jacking pipe goes under the sewage tank culvert, it will disturb the merged sewage tank culvert, causing the sewage tank culvert to sink or the deformation joint changes abnormally. The 3DM monitoring system is used to monitor the sewage tank culvert throughout the process to ensure that the settlement of the sewage tank culvert is controllable, the construction site and surrounding environment are safe, this kind of monitoring form is reasonable, safe and reliable.

## Keywords

pipe jacking construction; sewage tank culvert; 3DM monitoring

## 超大矩形顶管下穿污水箱涵监测实录

王红星 金秋 王丹 张家豪

上海建科工程咨询有限公司, 中国·上海 200000

## 摘要

顶管下穿污水箱涵施工时,对合流污水箱涵会产生扰动,导致污水箱涵下沉或变形缝变化异常。采用3DM监测系统对污水箱涵全程进行监测,确保污水箱涵沉降可控,施工现场和周围环境安全,这种监测形式合理、安全、可靠。

## 关键词

顶管施工; 污水箱涵; 3DM 监测

## 1 工程概况

### 1.1 顶管工程概况

中国上海淞沪路~三门路下立交矩形顶管工程,顶管段全长为 163m<sup>[1]</sup>,包含两条顶管隧道,呈南北走向,下穿一年久合流污水箱涵。施工由一台 9.8m×6.3m 土压平衡顶管机顶进穿越。施工顺序为先东线施工,由始发井顶进至接收井,在接收井拆除顶管机,运回至始发井二次组装调试后,再顶进西线隧道,两次下穿合流污水箱涵。顶管通道最大坡度 3‰,通道顶部埋深 12m,现场概况图见图 1,顶管机示意图见图 2。



图 1 现场概况图



图 2 顶管机示意图

## 1.2 箱涵工程概况

合流污水箱涵于 1993 年 12 月建成使用，为双孔混凝土箱涵，采用天然地基。顶管施工影响范围有 4 条变形缝，间距分别为 16m、15m、16m。东西两侧箱涵尺寸为 9700 × 4300 × 400，中间尺寸为 9850 × 4400 × 450。污水箱涵管型示意图见图 3。

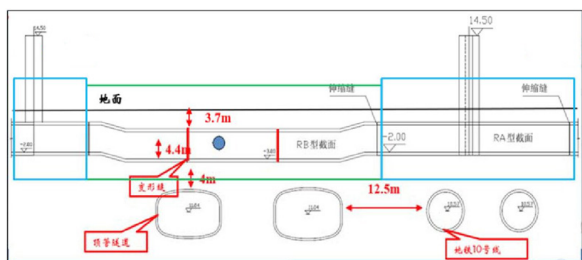


图 3 污水箱涵管型示意图

## 1.3 顶管与箱涵的相对位置关系

顶管段隧道顶距离箱涵垂直距离为 4m。顶管与合流污水箱涵剖面高程位置关系见图 4，顶管与合流污水箱涵平面斜交位置关系见图 5。

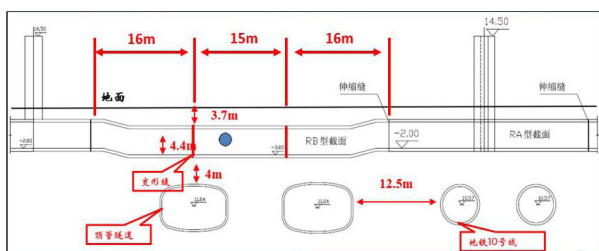


图 4 顶管与合流污水箱涵剖面高程位置关系

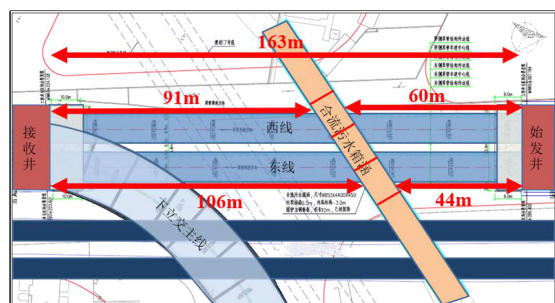


图 5 顶管与合流污水箱涵平面位置关系

## 2 监测的重要性的目的

### 2.1 监测的重要性

合流污水箱涵的日均流量为 170 万 ~360 万 t，是重要的排水设施，承担着上海市近一半的污水排水量。顶管施工造成合流污水箱涵的不均匀沉降、箱节脱开等病害，除了影响污水箱涵的使用寿命外，更会对整个上海市的城市排水造成极其不利的影 响<sup>[2]</sup>。

### 2.2 监测的目的

为了掌控顶管施工可能引起的各种变形，保护地下管线及污水箱涵的安全，在顶管施工过程必须进行地面沉降监测，管线竖向位移监测，及污水箱涵监护测量。论文仅针对合流污水箱涵本体直接点和变形缝监测进行实录，其他点监测不做介绍。监测的主要目的如下。

#### 2.2.1 对污水箱涵及支管进行有效监护

通过自动化的手段在污水箱涵周围土体 MJS 加固期间，以及顶管施工期间，对合流污水箱涵本体及支管的变形情况进行实时跟踪监测，实时了解污水箱涵和支管的变化情况，在发生较大变形时，及时通知各方采取保护措施，最大限度地避免或减轻后果，以保障排水设施的正常使用。

#### 2.2.2 利用监测提供数据

通过跟踪监测顶管顶进期间合流污水箱涵的沉降变形，为施工提供可靠的参考数据。

#### 2.2.3 为保护污水箱涵信息化施工提供参数

为污水箱涵周围土体 MJS 加固，为顶管穿越合流污水箱涵提供参数。通过实时反馈的数据，验证原施工方案的正确性，对下一步施工优化顶管推进参数，做到微扰动穿越甚至不扰动穿越提供支撑。

## 3 直接点监测

直接点就是直接布置在合流污水箱涵本体的监测点。本合流污水箱涵的薄弱点在变形缝处，所以直接监测点布置在变形缝两边，通过对变形缝的变形监测来达到本次监测的目的。

### 3.1 变形缝的变形情况

合流污水箱涵变形缝的变形分为上下错位、前后错位、上下张开几种情况。具体表现为变形缝的差异沉降、变形缝的差异水平位移、变形缝的下张开以及变形缝的上张开，见图 6。

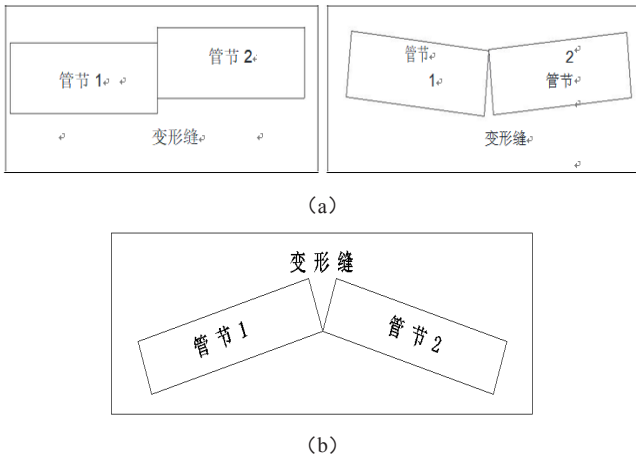


图6 变形缝变形情况

### 3.2 本体沉降和隆起

顶管在顶进过程中, 由于种种原因合流污水箱涵本体可能产生沉降和隆起, 通过对直接监测点标高变化的监测而得到箱涵本体的沉降和隆起的数值。

### 3.3 直接监测点的布置情况

采用直接法在箱涵结构本体顶板上布设直接竖向位移监测点, 监测箱涵本体的绝对竖向变化, 直接监测点布设在开挖暴露的变形缝两侧附近。

(1) 每条变形缝布设2对沉降点, 分别在每条变形缝的两端位置。

(2) 监测3条变形缝, 共布设6对(12点)沉降监测点(最东侧的一条变形缝, 因影响较小未布监测点)。

其中, 合流污水箱涵本体沉降点点位布设示意图见图7。

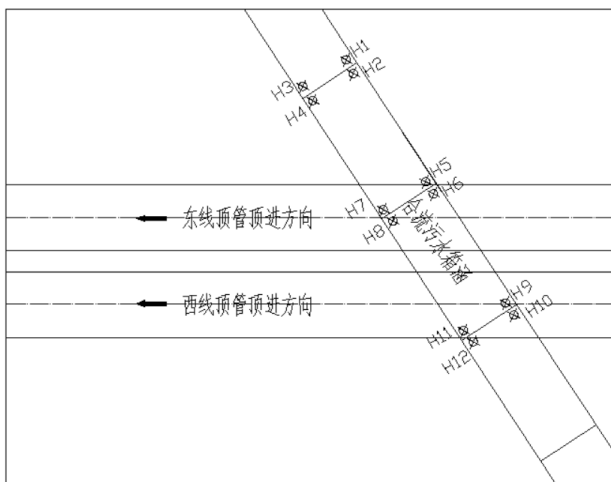


图7 合流污水箱涵本体沉降点点位布设示意图

直接监测点做法: 底座钢板尺寸为 30cm × 30cm, 在沉

降缝两侧 30cm 处, 距箱涵边缘 80cm 处, 将底座钻孔铆固在箱涵本体上, 在底座上焊接钢筋, 钢筋顶部安装小棱镜, 使棱镜头高于地面, 则可通过测量小棱镜, 得到此处的沉降量。在钢筋外侧下套管, 套管内倒入 200cm 灌浆料将底座、钢筋和套管黏连, 其余部分填充黄沙。直接监测点布设剖面示意图见图8, 直接监测点布设平面示意图见图9。

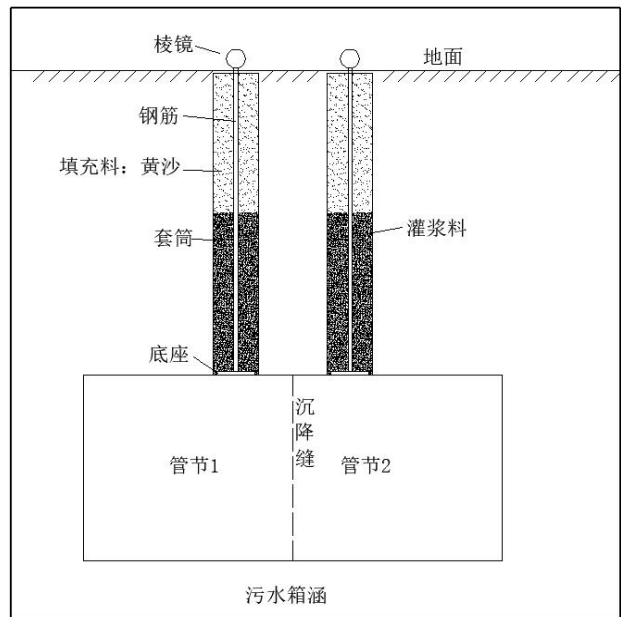


图8 直接监测点布设剖面示意图

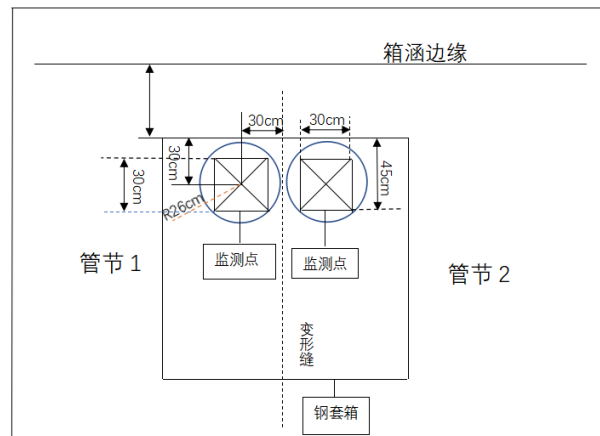


图9 直接监测点布设平面示意图

### 3.4 变形缝相对变形监测

合流污水箱涵的变形是一种三维空间的变形, 有张开、沉降、水平位移。因此, 箱涵节与节之间的相对变形也是三维的, 具体表现为变形缝的差异沉降, 变形缝的张开, 以及变形缝的水平差异位移。

为能准确获知箱涵变形缝的相对变化情况, 直接在变形

缝附近布设 3DM 三向测缝计，测缝计的两端分别布设在相邻的两节箱涵顶板本体上，监测变形缝的相对三维变形情况。

3DM 三向测缝计工作原理是通过测量缝一侧上标点 P 相对于另一侧安装了三支测缝计的坐标板的空间位移来代表该处缝的三向位移<sup>[1]</sup>。以座板上测缝计 2 的安装孔中心为原点，形成一个坐标系。测缝计的三根钢丝交于 P 点，根据三钢丝的长度及安装孔距 H, S (常数)，可以确定标点初始坐标 P (X, Y, Z)。当缝变形时，标点 P 变到新位置 P' (X', Y', Z')。检测仪可测出三根钢丝长度发生的变化，从而算出标点的新坐标 (X', Y', Z')，它的三个坐标分量与初始坐标 (X, Y, Z) 之差即为缝的张缩，错动，沉降位移。此方法的优点是避免了沿三个方向分别设置测缝计时，每个测值中包含其他分量的问题。3DM 三向测缝计原理示意图见图 10。

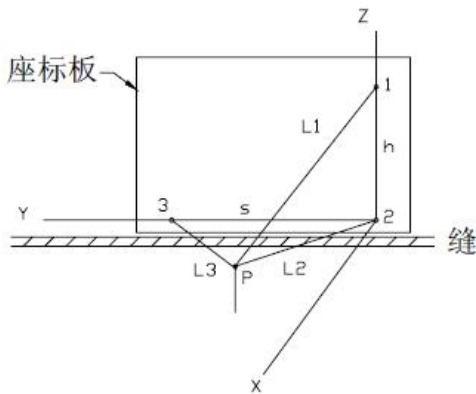


图 10 3DM 三向测缝计原理示意图

除此之外，还要遵循布点原则，具体如下所示。

- (1) 监测点布设在箱涵本体上。
- (2) 每条沉降缝布设 2 对沉降点，分别在每条沉降缝的两端位置。
- (3) 共布设 6 个变形缝监测点。三向测缝计监测点位平面布设示意图见图 11。

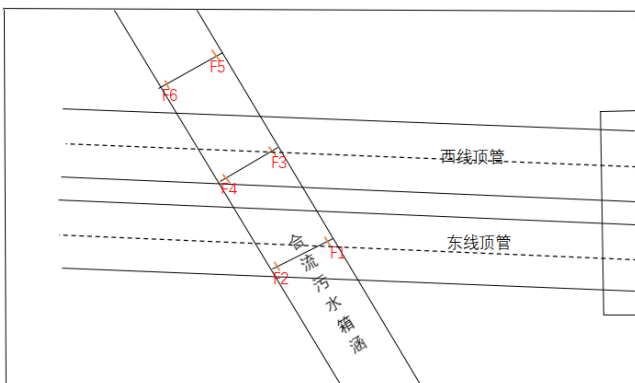


图 11 3DM 三向测缝计监测点位平面布设示意图

三向测缝计直接布设在箱涵本体上，距箱涵边缘 120cm，测缝计两个底座分别钻孔铆固在沉降缝两侧，见图 12、13。

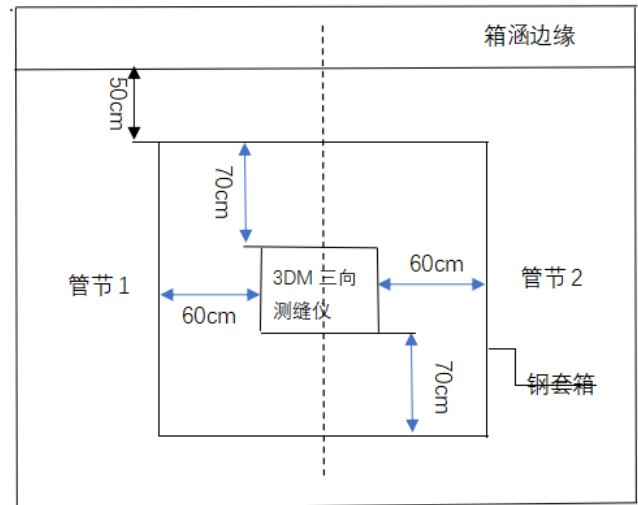


图 12 三向测缝计安装平面示意图



(a)



(b)

图 13 三向测缝计实际布设示意图

## 4 检测过程和结果

### 4.1 检测频度

施工前 3 天应完成监测项目的初始值测定，所有测点和测试项目的初始值测量不得少于 3 次。从穿越影响区域（顶管机头前 30m~后 50m）开始，穿越完成后 3 个月内监测数据基本趋于稳定后，结束本施工段的监测工作。根据收集到的资料，每段施工工期各有不同，因此根据监测工期，制定



了监测频率和工作量预估表，具体监测频率安排见图 14。

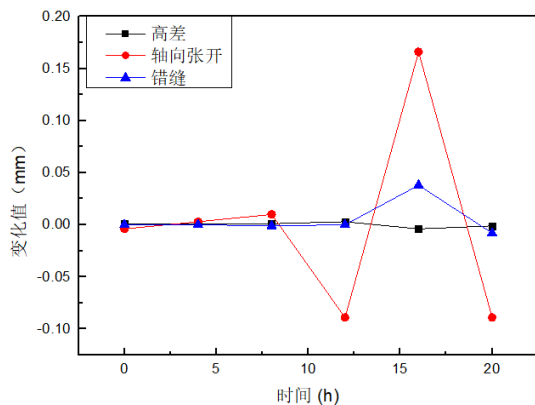
阶段	监测范围	监测频率
MJS 加固期间	箱涵本体	监测：12 次/小时； 报表：1 次/24 小时；
东线始发准备阶段	箱涵本体	监测：4 小时/次； 报表：1 次/24 小时；
东线始发顶进	箱涵本体	监测：正常 60 次/分钟，峰值 20 次/分钟； 报表：2 次/24 小时；
东线顶管车架转换	箱涵本体	监测：4 小时/次； 报表：2 次/24 小时；
东线穿越箱涵	箱涵本体	监测：正常 60 次/分钟，峰值 20 次/分钟； 报表：2 次/24 小时；
东线穿越后顶进	箱涵本体	监测：60 次/分钟； 报表：1 次/24 小时；
东线接收顶进	箱涵本体	监测：正常 60 次/分钟，峰值 20 次/分钟； 报表：2 次/24 小时；
顶管顶进间隙	箱涵本体	监测：6 次/小时； 报表：1 次/24 小时；
西线始发准备阶段	箱涵本体	监测：4 小时/次； 报表：1 次/24 小时；
西线始发顶进	箱涵本体	监测：正常 60 次/分钟，峰值 20 次/分钟； 报表：2 次/24 小时；
西线顶管车架转换	箱涵本体	监测：4 小时/次；
西线穿越箱涵	箱涵本体	监测：正常 60 次/分钟，峰值 20 次/分钟； 报表：2 次/24 小时；
西线穿越后顶进	箱涵本体	监测：60 次/分钟； 报表：1 次/24 小时；
西线接收顶进	箱涵本体	监测：正常 60 次/分钟，峰值 20 次/分钟； 报表：2 次/24 小时；

图 14 自动化监测频率

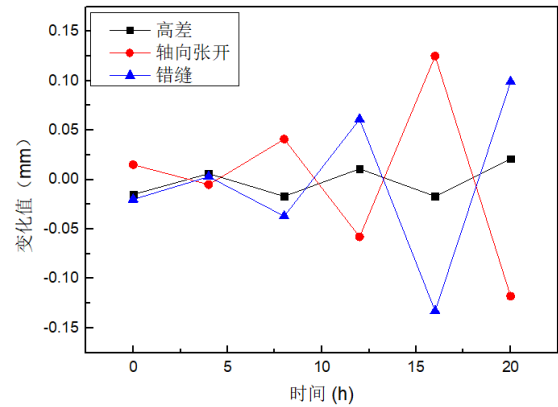
监测工作为信息化安全施工提供了准确的数据。为保证真实、及时、准确地做好监测数据预报工作，满足信息化施工的要求，本项目现场监测人员将 24h 驻扎现场，如变化量异常时（尤其顶管穿越箱涵期间），及时加测，必要时进行跟踪测量。

#### 4.2 监测结果

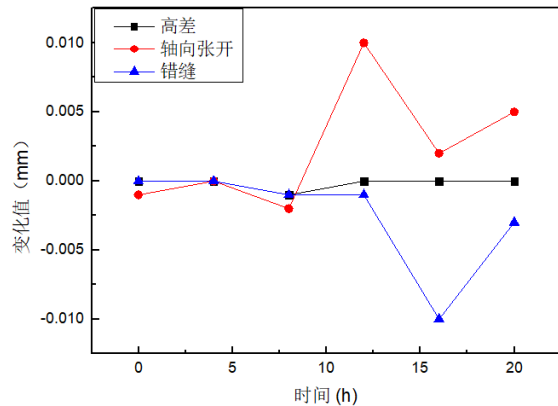
论文仅列举顶管下穿污水箱涵时三向测缝计监测得到的其中一天内不同时间的变化值，变化曲线见图 15，图中分别记录 F1~F6 监测点在一天中的 0 点~20 点的高差、轴向张开、错缝的变化情况。由图看出，偏差范围都在 0.025mm~ -0.002mm，测量精准无误，完全满足工程测量需要。



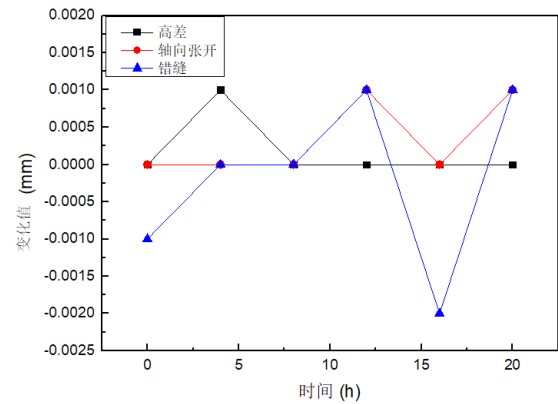
(a) 监测点 F1 变化值



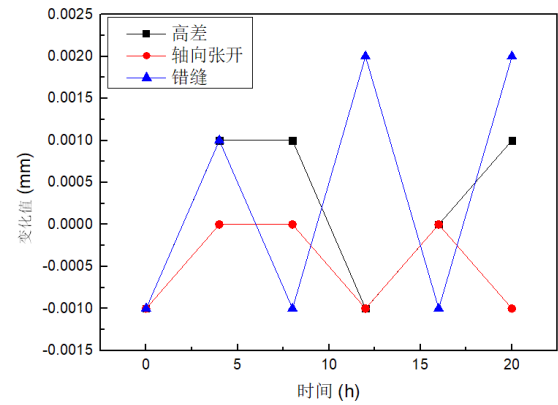
(b) 监测点 F2 变化值



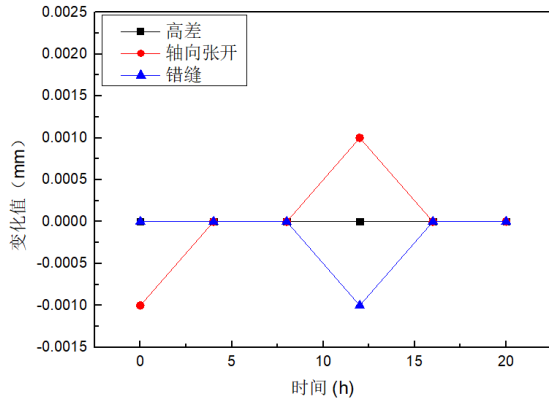
(c) 监测点 F3 变化值



(d) 监测点 F4 变化值



(e) 监测点 F5 变化值



(f) 监测点 F6 变化值

(说明：侧向中，高差含义：箱涵接缝竖向位移差值；轴向张开含义：箱涵接缝沿轴拉伸、压缩值；错缝含义：箱涵接缝垂直于轴向水平切向位移差值。报警值为累计量  $\pm 10\text{mm}$ ，速率  $\pm 2\text{mm/d}$ 。)

图 15 F1~F6 三向测缝计监测数据

## 5 结语

在超大矩形顶管下穿污水箱涵过程中，采用变形缝处布置直接点监测箱涵的竖向变形，采用 3DM 三向测缝计对箱涵变形缝三向变形进行监测，取得了圆满的效果，数据精准及时，为顶管顺利下穿污水箱涵提供了有力的支撑。

## 参考文献

- [1] 王红星, 金秋, 王丹, 等. 超大类矩形顶管下穿压力污水箱涵施工的风险分析及预防控制措施 [J]. 工程技术与管理, 2020(09):165.
- [2] 宋永占. 3DM 型三向测缝计在混凝土面板堆石坝周边缝监测中的应用 [J]. 水利水电技术, 2017(08):126-130.