

# 济南遥墙国际机场道工程7号下穿通道基坑工程岩土设计

刘金鑫

北京中航空港建设工程有限公司 北京 101300

**【摘要】**基坑的支护结构监测以及对其周围环境的监测,是基坑监测工作的两个主要方面。现行常用的几种基坑监测方法都较为准确,监测的项目也较为齐全完善。故此,在现行工程实例中得到了大量的应用,同时也是基坑安全监测中最常规、使用频率最高的方法。为了保证工程建设的质量以及在基坑施工时的安全性,济南遥墙国际机场道桥工程-7号下穿通道基坑工程(以下简称号基坑工程)施工监测项主要运用了其中对于基坑围护桩桩顶水平和竖向位移;基坑周边管线及地表沉降监测;对基坑周围建筑物沉降的观测;对基坑内部支撑轴力监测、以及基坑周围深层水平位移的监测,为7号下穿通道基坑工程保质保量如期完成提供了坚实可靠的理论依据。

**【关键词】**基坑监测;方案设计;预警值

## 1 引言

工程施工过程中,在施工现场进行及时有效的监测可以有效保障施工的进程。本文主要介绍了基坑监测的内容和监测的方法。本文以济南遥墙国际机场二期改扩建工程道桥工程-7号下穿通道基坑工程(以下简称号基坑工程)为例,查阅了工程资料及基坑监测的相关知识,对桩顶水平位移和竖向变形、周围建筑物沉降、锚索内力、支撑轴力、深层水平位移等监测项目进行了设计。

## 2 工程概况

### 2.1 基坑工程概况

7号下穿通道工程位于T2航站楼西侧,主要作用是下穿西一跑道,连接航站区与西一、西二跑道,可供跑道间直升机位、消防站小区等人、车流通使用。7号下穿通道为双向2车道,通道标准断面净宽为11.500m,通道总980.0m,其中暗埋段长554m,敞口段长353.000m,路基段长73.000m。

### 2.2 工程地质及水文地质条件

#### 2.2.1 工程地质

根据《济南遥墙国际机场二期改扩建工程-飞行区工程-7号下穿通道岩土工程勘察报告(详细勘察阶段)》(2022.05),地表层为人工填土,下部地层包括第四系全新统冲积土和第四系上更新统冲洪积土。第一层是耕土(Q<sub>1</sub>ml),颜色为黄褐色,质地可塑,略带湿润,主要由粉土组成,含有少量至多量植物根系。第二层是粉土(Q<sub>4</sub>al),呈褐黄色,密度稍高至中等,湿润,振动反应快速,无光泽,干燥时强度低,韧性差,含有少量云母

片,部分区域夹有薄层粉质黏土。第三层是黏土夹粉质黏土(Q<sub>4</sub>al),呈褐黄色,质地可塑,振动无反应,略具至强烈光泽,干燥时强度中等至高,韧性中等至高,含有少量氧化铁,部分区域夹有薄层粉土。第四层是粉土(Q<sub>4</sub>al),呈褐黄色,非常湿润,振动反应迅速,无光泽,干燥时强度低,韧性差,含有少量云母片,部分区域夹有薄层粉质黏土。

#### 2.2.2 工程水质

根据勘察数据显示,场地地下水属于第四系孔隙潜水,主要补给源包括大气降水渗透和地下径流,其次是来自引清河的侧向补给。地下水主要通过径流排泄,次要途径包括大气蒸发和人工抽取地下水。地下水动态类型归属于降水渗透和河流侧渗至径流型。在勘察期间,通过钻孔监测,地下水稳定水位的埋深在3.60~5.00米之间,水位标高在17.21~18.82米之间,平均水位标高为17.79米。受到北面引清河的影响,场地东侧靠近河流的部分水位较为浅。根据周边勘察数据和水文地质调查,拟建场地的历史最高水位标高接近地表,过去5年内正常水位的变化范围约为2.0~3.0米,因此可考虑将最高水位标高设定为21.00米。

## 3 设计原则及设计条件

3.1除了满足基坑支护体系整体稳定性、抗隆起、抗倾覆等稳定性要求外,设计基坑支护还需要综合考虑类似工程的设计和施工经验,以确保基坑稳定并保障周边环境的安全。

3.2基坑支护体系在施工阶段承担所有外部荷载按强度和变形设计,不进行裂缝验算。

3.3 基坑支护体系为临时结构，结构体系完成后使用年限为1年，地下主体结构完成后尽快回填，消除安全隐患。若超过年限仍需继续使用，需经过专家组对支护体系的安全性进行评估论证，并经原设计单位确认。

#### 4 监测范围等级与精度

##### 4.1 监测工作范围

- (1) 基坑全部开挖面及支护体系。
- (2) 基坑周围建筑物
- (3) 基坑周围管线

##### 4.2 工程影响分区

工程影响分区依据相关规范和标准，结合设计图纸及施工条件，施工影响分区为 I 区、II 区、III 区。工程影响分区划分具体结果参见表 1：

表1 基坑工程影响分区

名称	工程部位	基坑深度 H (m)	主要影响区范围 0.7H (m)	次要影响区范围 3H (m)
7号基坑	I 区	14.05	11.42	48.96
	II 区	14.05	12.65	54.21
	III 区	14.5	13.36	60.15

##### 4.3 监测等级及监测精度

###### 4.3.1 监测等级

依据相关规范结合基坑周边环境情况综合分析后确定：-7号下穿通道基坑工程的监测等级为一级。支护结构使用年限为1年。基坑支护分为3个区，基坑西、北侧的 I 区开挖深度为14.05m，基坑南、东侧的 II 区开挖深度为14.05m，基坑东北角的 III 区开挖深度为14.50m。

###### 4.3.2 监测精度

济南遥墙国际机场二期改扩建工程道桥工程-7号下穿通道基坑工程施工监测精度要求如下表2-1和2-2：

表2-1 水平位移控制值

监测等级		一级	
水平位移控制值	累计值 D (mm)	30 ≤ D < 40	
	变化速率 V <sub>D</sub> (mm/d)	3 ≤ V <sub>D</sub> < 4	
监测点坐标中误差 (mm)		≤ 0.8	

表2-2 竖向位移控制值

监测等级		一级	
竖向位移控制值	累计值 S (mm)	25 ≤ S < 40	
	变化速率 V <sub>S</sub> (mm/d)	3 ≤ V <sub>S</sub> < 4	

监测点高差中误差 (mm)

≤ 1.2

#### 5 监测对象及监测项目

##### 5.1 监测对象

- (1) 基坑自身；
- (2) 受基坑开挖影响的四周地表及周围建筑物；
- (3) 受基坑开挖影响的周围管线；
- (4) 其他有监测要求的对象

##### 5.2 监测项目

依据本工程的规章制度、外部环境、相关工程经验以及基坑支护本身具有的相关特征，本着安全、负责的原则，在工程施工过程中需对现场以及基坑周围的环境设置如下监测项目：见表2-2，基坑周边的位移及沉降监测点应沿基坑周边布置，两点间间距约20m左右。

#### 6 基准点和监测点的布设及保护措施

##### 6.1 基准点和监测点的布设

基准点和监测点的布设见表3：

表3 基准点和监测点的布设

监测项	布设位置	测点数量	布设原则
基准点	不受施工影响的稳定区域	不少于3个	位移观测的基准点（含方向定向点）应该在3个以上，工作基点可以根据需要设置基准点、工作基点要方便校正检验
桩顶水平、竖向位移监测点	基坑围护墙四周	20个	每间隔20~25m布设1个点，关键部位应当加密每侧监测点数目不宜少于3个，布设在围护墙顶的监测点位为水平竖向位移共用点位
管线和地面沉降观测点	应在距基坑边2m、5m、10m处布设点位 地表沉降观测点	88个	管线沉降监测点的布设为纵向距离20m左右并应该在每20m开挖段布设1个点，且同时布设一个管线监测点位，管线位置要以现场实际的位置为准
周围建筑物沉降点	基坑周围建筑	29个	建筑沉降观测点的布设应该要全面反映建筑物沉降以及建筑物地基变形的特征
支撑轴力监测点	布设于钢支撑的端部； 砼支撑应布设在两支点间1/3处的部位。	6个	钢支撑测点布置于基坑各主测断面端部，在同一竖直面内每道支撑均应布设测点，上下保持一致；布设于砼支撑1/3部位
深层水平位移监测点	在围护墙体内部	10个	应在每20~25m之间的开挖段布设1个点，每边至少要布设1个点位，测斜孔深要依据现场的开挖深度和地质情况确定

##### 6.2 基准点和监测点的保护措施

基准点、水平位移监测点应设立保护罩，竖直沉降监测点宜采用螺栓式观测点。项目施工期间，现场点位要用醒目的颜色标记防止被破坏，并且应告知现场施工人员保护测量标志的重要性。当点位遇到破坏，应当及时恢复检核。

## 7 监测点观测方法及相关数据处理

### 7.1 基准网测量

#### (1) 水平位移基准网测量

采用独立坐标系的平面控制网，全站仪作为测量工具进行测量，以二等导线测量标准为要求进行。

#### 2) 水平角观测应符合下列规定：

a. 观测前，观测者要手动输入现场的温度、气压等参数。

b. 观测过程中，要保持仪器的对中整平。

c. 当在观测过程中受到外部环境的影响，仪器超出限差时，要马上停止观测工作。

d. 仪器或反光镜的对中误差不应大于2mm。

#### (2) 沉降观测基准网测量

1) 本次济南遥墙国际机场-7号下穿通道基坑工程的高程控制网采用自建的独立高程系，观测仪器使用电子水准仪，按二等水准测量技术要求进行观测。观测要求应符合表4-1和4-2中相关规定：

表4-1 数字水准仪观测要求

沉降观测等级	视线长度	前后视距差	前后视距差累积	视线高度	重复测量次数
二等	≥3且≤50	≤1.5	≤5.0	≥0.55	≥2

注：1. 室内作业，视线高度不受到使用限制。

2. 使用光学水准仪时，观测要求应符合上表。

表4-2 水准观测的限差

等级	两次读数所测高差之差限差(mm)	往返较差及附合或环线闭合差限差(mm)
二等	0.7	1.0

注：表中n为测站数。

### 7.2 水平位移监测

观测时使用受环境影响较小、精度较高且监测相对来说比较容易的极坐标法进行观测。测量完成后，把现场观测获得的数据通过记录的方式带回到内业，利用自行编写的Excel程序进行数据处理，计算各个测点的坐标数值。

### 7.3 竖向位移监测

此项观测通常应使用电子水准仪，以二等水准测量为技

术标准。沉降网观测通常使用单程双测站方法，此后每次观测都应组成闭合环观测。

数据处理通常采用统计分析法、确定函数法、混合模型法和反分析法。

### 7.4 管线和地表沉降监测

观测管线和地表沉降时，应使用电子水准仪，以二等水准测量为技术标准。管线沉降监测点与地表沉降监测控制网的点在施工过程可以共用，减轻了点位布设时的工作，提高了利用效率。

在数据处理过程中，根据观测数据绘制出等沉降曲线。针对一些具有代表性的观测点，通常会制作沉降量随时间变化的曲线，以便进行进一步分析。

## 8 监测初值、监测频率及报警情况

### 8.1 监测初值

施工监测进行首次观测时应进行3次反复测量，取3次测量值的平均值作为初始值。

### 8.2 监测频率

#### 8.2.1 基准网监测频率

首次观测要在基准点埋设稳定后进行，在施工期间应当每2个月观测一次，待点位稳定后每半年复测一次。

#### 8.2.2 基坑监测频率

基坑监测频率见表5：

表5 基坑监测频率

施工进度	监测频率
基坑开挖深度小于5米时	每2天对基坑位移监测点监测一次
基坑开挖深度超过5米时	每天对基坑位移监测点监测一次（如出现异常情况或险情，则一天24小时连续监测，以确保基坑开挖的安全。）
基础底板浇筑后7天之内	每两天监测一次
基础底板浇筑后7-14天	每两--三天观测一次
基础底板浇筑后14-28天	每五天监测一次
基础底板浇筑后大于28天	每十天监测一次

### 8.3 预警情况

### 8.3.1 预警值

预警值见表6:

表6 预警值

监测项目		速率 (mm/d)	累计值(mm)
桩顶竖向位移 坡顶水平位移		2	20
		2	20
临近建筑物地面沉降		1	南侧3层建筑 10mm, 其它15mm
裂缝宽度	建筑	1.5	持续发展
	地表	10	持续发展
给水道、热力管、污水管、雨水管、天然气管		1	10
联通管、高压线管、电信管		2	15
桩深部水平位移		2	20

注: 观测时除应注意建筑物的沉降值外, 尚应计算建筑物的局部倾斜(沉降差), 当局部倾斜达到0.20%时应报警。

### 8.3.2 预警等级

监测预警值的分级旨在加强施工人员的安全意识, 提高监控密度和预测分析的力度, 以及促使人们密切关注预警的进程, 减少事故发生的突然性。根据现场监测成果, 警戒状态划分为黄色、橙色和红色三个级别。

表7 预警等级

预警级别	监测数据预警值
黄色预警	变化量及变化速率均超过监控量测控制值的 65% 时, 或变化量及变化速率其中一个超过监控量测控制值的 80% 时, 或变化速率超过监控控制值
橙色预警	变化量及变化速率均超过监控量测控制值的 80% 时, 或变化量及变化速率其中一个超过监控量测控制值时
红色预警	变化量及变化速率均超过监控量测控制值, 或实测变化速率是变化速率控制值的 1.5 倍以上

### 8.3.3 预警处理

一旦观测到基坑围护结构监测数据出现显著变化或变化速率加快, 应立即暂停施工。根据现场条件和出现的险情, 选择适当的应急措施进行处理。

- (1) 加强对现场险情段的监测;
- (2) 在出现风险的位置及关键部位进行观测点加密;
- (3) 增加监测项目, 并加强监测频率;

(4) 通过斜撑或增设预应力锚杆等对支护结构临时性加固;

(5) 基坑壁渗水应设流管将水排除;

(6) 施工单位应积极配合监测工作, 并根据监测结果进行信息化施工;

(7) 建立紧急状态下监测工作制度和信息传递机制;

### 结论

通过进行现场踏勘, 以及对相关监测规范的阅读了解和施工图纸的系统分析, 熟悉了监测项目和监测工作的流程, 完成了此次工程项目的施工监测方案设计。

济南遥墙国际机场二期改扩建工程道桥工程-7号下穿通道基坑工程基坑施工监测方案设计中主要对围护桩顶的竖向和水平位移; 基坑围护桩和基坑内部支撑的轴力变化; 基坑周围地下土层的深层水平位移; 基坑周围管线及周边建筑物的沉降等项目的监测, 从而达到确保人身、基坑及周边环境的安全, 保证后续各项施工工作顺利进行的目的。

### 参考文献:

- [1] 徐杨青, 程琳. 基坑监测数据分析处理及预测预警系统研究[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(S1): 219-224.
- [2] 李芒原, 张传浩, 杨二东, 曹明明. 基于BIM+3D激光扫描技术的复杂深基坑监测技术研究及应用[J]. 建筑结构, 2019, 49(S1): 751-755.
- [3] 张凤瑞, 张磊. GIS技术下天津市深基坑监测信息管理系统的设计与实现[J]. 测绘通报, 2016(07): 118-121.
- [4] 刘国光. BIM技术在深基坑监测中的应用与研究[J]. 北京测绘, 2018, 32(03): 359-362.
- [5] 傅理文, 彭渊, 翁湛, 梅智强. 深基坑安全监测与预警平台的开发与应用[J]. 地下空间与工程学报, 2018, 14(S1): 423-429.
- [6] 周二众, 刘星, 青舟. 深基坑监测预警系统的研究与实现[J]. 地下空间与工程学报, 2013, 9(01): 204-210.
- [7] 段秋亚. 建筑中深基坑监测方法与精度分析[J]. 价值工程, 2020, 39(07): 278-279.
- [8] 魏长寿. 自动化监测技术在基坑监测中的应用[J]. 矿山测量, 2018, 46(06): 117-121+126.
- [9] 刘杰, 姚海林, 任建喜. 地铁车站基坑围护结构变形监测与数值模拟[J]. 岩土力学, 2010, 31(S2): 456-461.
- [10] 廖志刚, 蔡德钧, 潘永杰, 魏乾坤. 基于BIM技术的基坑监测管理系统研究[J]. 铁道建筑, 2018, 58(02): 100-103.