

# Application of condition verification before construction of key joints in deep foundation pit excavation of subway

Zhangping He

Shanghai Tunnel Engineering Co., Ltd., Shanghai, 200082, China

## Abstract

In the construction of urban rail transit project, due to the lack of risk control of key nodes of the project, a number of production safety accidents have occurred in recent years, resulting in greater loss of life and property. In order to further strengthen the safety and quality management of subway construction, reduce the implementation risk of deep foundation pit engineering, ensure the safety of the surrounding building environment and pipelines, and promote the project construction smoothly, combined with the complex and changeable hydrogeological conditions in Kunming, Through the elaboration of the organization process and verification contents of the pre-construction condition verification of key excavation joints of Dianchi International Convention and Exhibition Center Station, it can be used as a reference for similar deep excavation projects.

## Keywords

subway construction; deep foundation pit excavation; key node; condition verification

## 地铁深基坑开挖关键节点施工前条件核查的应用

何张平

上海隧道工程有限公司, 中国 · 上海 200082

## 摘 要

在城市轨道交通工程建设中, 由于缺乏对工程关键节点的风险管控, 近年来发生多起生产安全事故, 造成较大的生命财产损失。为进一步强化地铁工程建设施工安全质量管理, 降低深基坑工程实施风险, 确保周边建筑环境和管线安全, 顺利推进工程建设, 结合昆明地区复杂多变的水文地质条件, 通过对滇池国际会展中心站附属结构基坑开挖关键节点施工前条件核查工作的组织流程、核查内容的阐述, 可以为类似深基坑工程开展施工前关键节点核查工作起到借鉴作用。

## 关键词

地铁施工; 深基坑开挖; 关键节点; 条件核查

## 1 引言

为了充分发挥各方责任单位在轨道交通工程建设中对关键节点的管控职责与使命, 强化关键节点的管控力度, 明确关键节点的管控流程, 遏制生产安全事故。国家住房和城乡建设部办公厅下发了《关于加强城市轨道交通工程关键节点风险管控的通知》(建办质〔2017〕68号), 北京市住房和城乡建设委员会编制了《北京市城市轨道交通建设工程关键节点施工前条件核查管理办法》(京建法〔2018〕1号), 山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监管局主持编制了地方标准《地下工程关键节点施工前条件验收标准》(DB37T 5198-2021), 各地方的建设主管部门也相继下发了关于关键节点施工前条件核查、验收标准的通知及要求。

由此可见, 开展关键节点施工前条件核查工作在轨道

交通工程建设工作中的必要性与紧迫性。

## 2 工程概况

滇池国际会展中心站位于环湖东路道路下, 车站所在地块北面 and 南面为昆明国际会展中心。车站沿环湖东路由西向东布置, 已建成的环湖东路下穿隧道位于车站上方, 与车站同步建设。【如图 1 所示】

车站属 2 号线与 5 号线换乘站, 为明挖地下二层(双岛)岛式站台车站。车站设 4 个出入口及两组风亭。A、B 出入口及 1B、2B 风亭设置在南侧(与 5 号线同侧), C、D 出入口及 1A、2A 设置在北侧(与 2 号线同侧)。A 出入口与 3 号消防疏散口同时施工, B 号出入口与 5 号线无障碍电梯同时施工, C 出入口要与 2 号消防疏散口同时施工, D 出入口与 2 号线无障碍电梯同时施工, 出入口及消防疏散口、电梯均设置在会展中心连廊盖板下方。

【作者简介】何张平(1989-), 男, 中国云南大理人, 本科, 工程师, 从事市政工程研究。

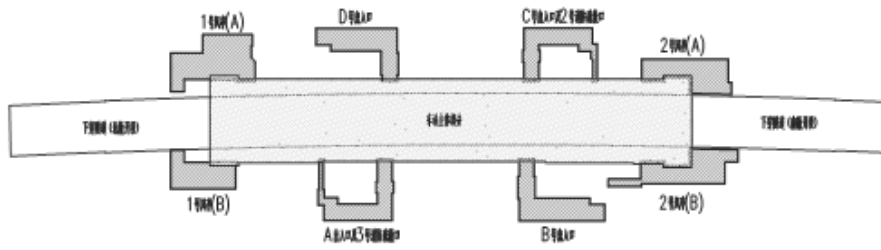


图1 滇池国际会展中心站平面布置图

### 3 基坑开挖施工的重难点

① 2、5号线盾构分别下穿滇池国际会展中心站附属结构2组风亭，基坑开挖过程的变形监测工作尤为重要。②本工程各基坑深度范围内富含泥炭质土层（中~高灵敏度、易触变、流变）以及粉砂层（易液化、粘性差、透水性高），在外加荷载的作用下，易产生变形，造成地面沉降，基础下陷，使建筑物产生破坏；同时在围护结构施工中易塌孔导致成槽、成孔稳定性较差。因此对围护结构施工的质量控制要求较高，开挖前期需加强围护结构检测，发现问题及时采取补强措施。③基坑开挖阶段处于雨季，降水量大、频率高，项目南临近滇池、西靠小清河，日常地下水位高，如何在基坑开挖施工过程中降低降雨和地下水对施工的影响是本工程的重点。④附属结构共设四个出入口、两组风亭、四个消防疏散口。出入口基坑深度为2~15.15m，风亭基坑深度6~15.26m，较常规车站附属基坑深度更深，开挖难度更大。

### 4 条件核查工作流程

工程开工前，制定了《滇池国际会展中心站单位工程关键节点识别清单》，清单将该站附属结构每个基坑纳入必须进行条件核查的关键节点，并报监理单位审批。

具体条件核查工作流程如下：施工单位对自检情况进行小结→监理单位对核查工作进行监理总结→设计、勘察单位、第三方单位、风险管理单位对核查工作发表建议和意见→核查小组进行现场踏勘并检查相关资料→专家及核查小组成员进行技术评估→监督机构对本次核查程序进行监督→核查小组形成关键节点核查报告。

若核查合格，对核查小组提出的局部需处理问题进行整改，并上报监理单位复查后进行基坑开挖施工；若核查不合格，应继续整改、完善，重新上报核查。

核查参与单位人员：建设单位（专业负责人），设计单位（专业设计负责人），勘察单位（勘察负责人），施工单位（项目经理、总工、监测负责人），第三方单位包含监测、测量、检测单位（项目负责人），风险管理（项目负责人），监理单位（总监、总监代表），专家组（原附属结构基坑开挖及降水专项施工方案评审专家组）2名成员等人员。

### 5 条件核查内容

在正式开展基坑开挖关键节点条件核查前，完成了以下准备、自检工作。

#### 5.1 方案审批

分别编制了附属结构基坑开挖、支撑、降水、堵漏、测量、监测、文明施工、应急预案等专项施工方案，上述方案均已按要求报批完成。其中，基坑开挖、降水工程属危大工程，对两个方案组织召开了专家评审，通过评审后，评审小组提出的意见已予以落实或整改。

#### 5.2 交底

在附属基坑围护结构施工前，完成了围护结构设计、勘察交底。交底重点针对围护结构施工、基坑开挖的施工要点、风险以及地质风险。并根据上述报批完成的专项方案，开展了三级安全技术交底，并形成了相关书面记录。

#### 5.3 专项制度建立

①首件验收制度。在围护结构导墙施工完成后，针对不同支护形式，分别开展了出入口首根咬合桩（包含荤、素桩）、风亭首幅地下连续墙验收，并一次性通过。后续严格按照首件工程施工标准、流程进行施工，以确保围护结构施工质量。

②开挖任务单制度和支撑安装记录制度。为保证严格遵守基坑开挖流程，建立了开挖任务单制度和支撑安装记录制度，且指派专人负责。在表层土开挖阶段就执行了该制度，严格按照开挖任务单要求开挖，包含：开挖任务单规定的层数、块数、方量、时限、开挖方向；支撑安装时限、编号、轴力；以及开挖时该段区域监测数据分析。

通过在表层土开挖过程中对任务单制度的顺利执行，充分验证了该制度的可行性与精准性，也为后续基坑分层、分段开挖提供依据、执行标准。

#### 5.4 围护结构强度、效果检验

该站附属结构风亭基坑采用800mm厚连续墙+内支撑，出入口基坑采用直径1000@800mm全套筒钻孔咬合桩+内支撑的围护方案。2组风亭、四个出入口均设三道支撑（第一道为混凝土支撑，第二、三道为钢支撑）。水平支撑与冠梁（围檩）形成水平支承系统，部分风亭采用型钢柱插入钻孔灌注桩形成竖向支承系统。

①围护结构咬合桩、地下连续墙。咬合桩、地下连续墙的28d混凝土标准抗压试块经试验检测均满足设计强度要求，抗渗试块经试验检测均满足设计抗渗要求。

本工程咬合桩荤桩406根，素桩421根，共计827根。桩身检测采用低应变动测法检测，检验数量不小于同出入口数量的20%。且不少于5根。经现场检测判定的桩身完整性均为Ⅰ、类或Ⅱ类桩，满足设计图纸要求。

本工程地下连续墙共计 97 幅，墙身检测采用声波透射法检测，检验数量不小于同风亭槽段数量的 20%。且不得少于 3 幅。经现场检测判定，墙身质量均合格。施工过程中主要质量控制资料齐全完整。

以上内容在施工单位自检基础上，及时通知第三方检测单位及监理单位按要求进行平行抽检。

②圈梁、混凝土第一道支撑。应要求，本工程在条件核查前已进行表层土开挖，后施作圈梁及第一道混凝土支撑。待支撑强度满足设计要求后方可进行基坑开挖施工。圈梁、混凝土第一道混凝土支撑的 28d 混凝土标准抗压试块经试验满足设计强度要求。施工过程中的主要质量控制资料齐全完整。

以上内容在施工单位自检基础上，及时通知第三方检测单位及监理单位按要求进行平行抽检。

### 5.5 地基加固强度检验

该站施工过程中属结构范围内基底存在砂土液化，且开挖范围内存在较厚的粉砂层，设计采用  $\varnothing 850@600\text{mm}$  三轴搅拌桩进行处理，本工程的三轴搅拌桩共计 4402 幅。

基坑开挖前，全部成桩完成 28d 后，采用双管单动取样器钻孔取芯检测，检验数量为施工总桩数的 0.5%，且不少于 6 点。经检测，加固后的水泥土无侧限抗压强度均  $\geq 1\text{MPa}$ ，满足设计要求。施工过程中主要质量控制资料齐全完整。

在施工单位自检基础上，及时通知第三方检测单位及监理单位按要求进行平行抽检。

### 5.6 降水及排水

本工程多层含水层交错分布且厚度较大，水量较大，渗透性较好，埋深相对较浅；基坑开挖深度大，基坑开挖范围内存在厚度达十多米的粉砂层，开挖过程中需对开挖深度

范围内的粉砂层进行疏干；基坑开挖到一定深度时，需考虑粉砂、粉砂承压含水层的基坑坑底突涌的风险。

因此，根据设计要求及审批的降水专项施工方案，共布置疏干井 34 口，坑外观测兼备用井 20 口，降压井 7 口。基坑开挖前，对每个基坑均预先进行坑内降水并抽水试验，确定单井抽水量、水位恢复速率，验证得出原降水方案可行、围护结构及止水帷幕的止水效果满足开挖条件。抽水试验结束并总结分析满足开挖条件后，在基坑开挖前 20d，采用坑内疏干井对坑底进行预降水、疏干，含水层的水位降至坑底以下 1m，以加固坑内土体。

坑外排水措施采用排水沟的形式，排水沟位于疏解道路边，流向为自东向西，最终汇入场地三级沉淀池，经沉淀过后最终流入市政污水管网。

### 5.7 构筑物、管线保护

该站位于环湖东路道路下，南侧为昆明国际会展中心规划用地，无建筑物，北侧为昆明国际会展中心，建筑物距离基坑边距离约为 62.5m。附属结构施工范围内管线均已经改迁至南北两侧永迁管廊位置。

由于上述管线已分别布设在管廊内，无需采取措施另行加固保护。根据上述管线与基坑空间位置以及能承受变形的能力，每天派专人巡查情况，重点针对两侧永迁管廊及主要管线进行监测。开挖前已布设监测点、采取初始值，过程中若发现超过管线最小要求的变形极限，及时采取有效措施进行保护控制。

### 5.8 基坑监测、测量

①基坑监测。根据周边环境及基坑支护的特性，按照批准监测方案布设监测点，且已测取初始值，并上报第三方监测单位进行复核。并加强对监测点的保护，专人每天进行巡视。

表 1 附属基坑周边管线情况表

序号	管线种类	管径 / 规格	埋深 (m)	迁改位置	管线走向	备注
1	雨水管	DN800/ 砼	$\geq 2\text{m}$	北侧永迁管廊	东西	距离基坑位置约 6.39m
2	煤气	DN325/ 钢 / 中压	$\geq 2\text{m}$	北侧永迁管廊	东西	距离基坑位置约 12.35m
3	联建管线	光纤 / PVC	$\geq 1.0\text{m}$	北侧永迁管廊	东西	距离基坑位置约 4.89m
4	自来水	DN300/ 灰口铸铁管	$\geq 2\text{m}$	北侧永迁管廊	东西	距离基坑位置约 11.65m
5	电力高压	10kv	$\geq 2\text{m}$	南侧永迁管廊	东西	距离基坑位置约 2.61m
6	输配水	DN600	0m	南侧永迁管廊	东西	距离基坑位置约 1.51m

表 2 附属结构基坑主要监测点

序号	监测点类别	单位	数量	测点材质
1	水准工作基点	点	3	L 型测钉或水准钉
2	水平位移工作基点	点	3	顶部带刻画的圆钉
3	墙 ( 桩 ) 顶水平位移	点	24	顶部带刻画的圆钉
4	墙 ( 桩 ) 顶竖向位移	点	24	顶部带刻画的圆钉
5	墙 ( 桩 ) 体深层水平位移 ( 测斜 )	点	24	PVC 管
6	混凝土支撑内力	组	19	钢筋计
7	地下水位	孔	16	PVC 管
8	基坑周围地表沉降	点	96	钢筋
9	周围地下管线沉降	点	26	钢筋

②围护结构测量。在附属围护结构地下连续墙、咬合桩导墙施工前，根据设计图纸、测量方案要求放线。结合前期主体围护结构施工经验及施工水平，风亭、出入口均外放5cm，以保证后期满足结构的净空净宽要求。

在导墙中心线放样阶段，及时通知第三方测量单位、监理单位进行复核。

### 5.9 围护结构施工阶段遗留问题处理

该站1A风亭两幅地下连续墙成槽时，在16m深度位置（原地下连续墙设计深度为24.272m）发现侵入槽段的隧道盾构接收时的端头井加固M15砂浆咬合桩，平面位置与两幅地下连续墙重叠约20~60cm，无法正常成槽。

鉴于该问题，编制了专项处理方案，上报业主、设计、监理单位，审批通过后严格按照该处理方案实施。具体措施：将两幅地下连续墙的深度调整为现场可施工至的深度18.2m，紧贴原地下连续墙，增加一排 $\phi 1000@1200$ mm的钻孔灌注桩（与原设计地下连续墙标高一致），并且与相邻幅地下连续墙搭接3m，在桩顶设置一道冠梁，尺寸为 $1.2 \times 1$ m，以弥补地下连续墙插入深度不足的缺陷，控制基坑变形。后期在灌注桩间采用11根MJS工法桩（桩径2400mm）进行加固，以防止围护结构渗漏及基底突涌。【如图2所示】

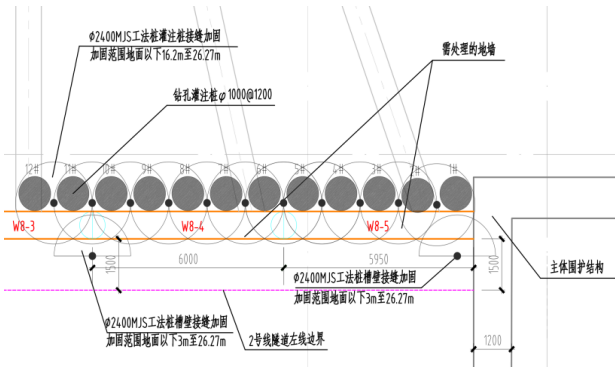


图2 补强平面示意图

### 5.10 质量、安全保证资料

核查前，专职人员负责管理、收集相关的质量、安全资料，并整理成册、分类保管。主要质量、安全保证资料如下：

①围护结构质量检验牌、施工记录表等齐全完整。

检验批资料主要包含：地下连续墙（成槽、钢筋、混凝土），钢或混凝土支撑，降水与排水，导墙（钢筋、模板、混凝土）、冠梁（钢筋、模板、混凝土）、水泥土搅拌桩地基，混凝土灌注桩（成孔、钢筋、混凝土）等。

②围护结构原材料报验齐全完整。

原材料主要包含钢筋、混凝土、钢支撑、水泥的出厂证明（产品合格证）、质量保证（证明）书、检验报告（出厂试验报告性能检测报告）等。

③围护结构检测、试验报告齐全完整。

主要包含：钢筋原材检测报告、钢筋焊接试验报告、

机械连接试验报告；水泥检测试验报告、3天、28天强度报告；混凝土28天抗压强度报告、抗渗试验报告，混凝土配合比设计验证报告等，以上均有见证取样记录；咬合桩低应变动测检测报告、地下连续墙声波透射检测报告、水泥土钻芯取样强度报告等。

④资质、人员、机械设备报验完成。

资质主要包含劳务作业分包，桩基、降水等专业分包等。特种作业人员包含焊工、电工、起重信号司索工、起重机械司机等。机械设备包含挖掘机、汽车吊和钢筋切断机等。

⑤技术资料齐全完整。

监测、测量资料主要包含相关人员资质、仪器设备校准记录、初始值采集记录、围护结构施工放样记录等。其他技术资料包含上述方案、交底、图纸会审等资料等。

### 5.11 应急演练、应急仓库

①开展应急演练。

根据《会展中心站附属结构基坑开挖专项应急预案》要求，组织各部门、施工班组开展基坑开挖应急演练工作。重点针对基坑开挖过程中，由于地质原因或围护结构渗漏，导致基坑内出现涌水涌砂的险情，开展应急演练。

②设置应急仓库。

根据现场工况要求，就近设置应急仓库，并按清单要求配置足够的应急物资。主要针对基坑涌水、涌砂险情，包含：钢支撑、水溶性聚氨酯、双快水泥、水玻璃、纺织带、砂、棉絮、草包、钢板、注浆设备、大功率水泵等。

## 6 实施效果

本工程附属结构基坑均通过条件核查后方进行开挖施工，所有基坑已于2021年5月顺利开挖完成，全过程均未发生生产、管线等安全质量事故。围护结构施工阶段存在遗留问题的1A风亭基坑已于2021年4月实施完成，满足安全及功能使用需求。该地铁车站现已通车运营。

## 7 结语

地铁工程深基坑在开挖施工前进行关键节点的条件核查工作，一定程度上消除了基坑开挖过程中存在的风险、隐患，为实现工程质量、工期进度、安全目标工作奠定了基础。本文旨在阐述深基坑施工前关键节点条件核查的流程、内容及效果，以期在轨道交通工程建设中的关键节点管控工作提供借鉴与参考。

### 参考文献

[1] 赵兴友.围护插入深度不足时的基坑支护与开挖施工技术[J].建设研究.2023(2):144-146.  
 [2] 王锐.关键节点施工前条件核查的重要意义及推广应用[J].工程建设与设计.2021(6):186-188,191.  
 [3] 陈兴华.地铁施工关键节点质量安全风险评估与防范[J].产品可靠性报告.2025(1):80-81