

摘要:围绕轨道交通地下车站的施工工序,对地下车站的施工风险进行了分析,并有针对性地提出了一些风险控制措施。通过研究其中潜在的风险发生机理,将有助于建立轨道交通建设风险控制体系,减少并控制轨道交通地下车站施工中的风险事故。

关键词:轨道交通;地下车站;施工风险;应对措施

至 2012 年,上海轨道交通网络的运营总长度将超过 500 km。如此大规模的轨道交通土建工程需要在短时间内建设完成,对工程的建设管理、设计、施工及监理队伍都是一个巨大的挑战。为了确保工程的质量、安全始终处于受控状态,必须要对工程施工风险有一个清晰的认识,并有针对性的制定相应的风险应对措施。

轨道交通地下车站的施工风险可以按其基本工序,从围护结构施工风险、基坑降水风险、基坑加固风险、基坑开挖风险及车站主体结构风险等 5 个方面展开分析。

1 围护结构施工风险

根据上海地区工程水文地质情况及地下车站等地下工程建设的实践经验,地下车站及配套结构的基坑围护结构可采用地下连续墙、SMW 工法、钻孔灌注桩加水泥土搅拌桩隔水帷幕等。

在工程建设中,各地下车站围护结构常采用地下连续墙。一般来说,地质状况越复杂,开挖深度越大,墙体厚度越大就导致地下连续墙的施工风险越大。

根据对轨道交通地下车站施工工法、周围环境的分析,地下连续墙施工中主要风险点如下(见图 1)。

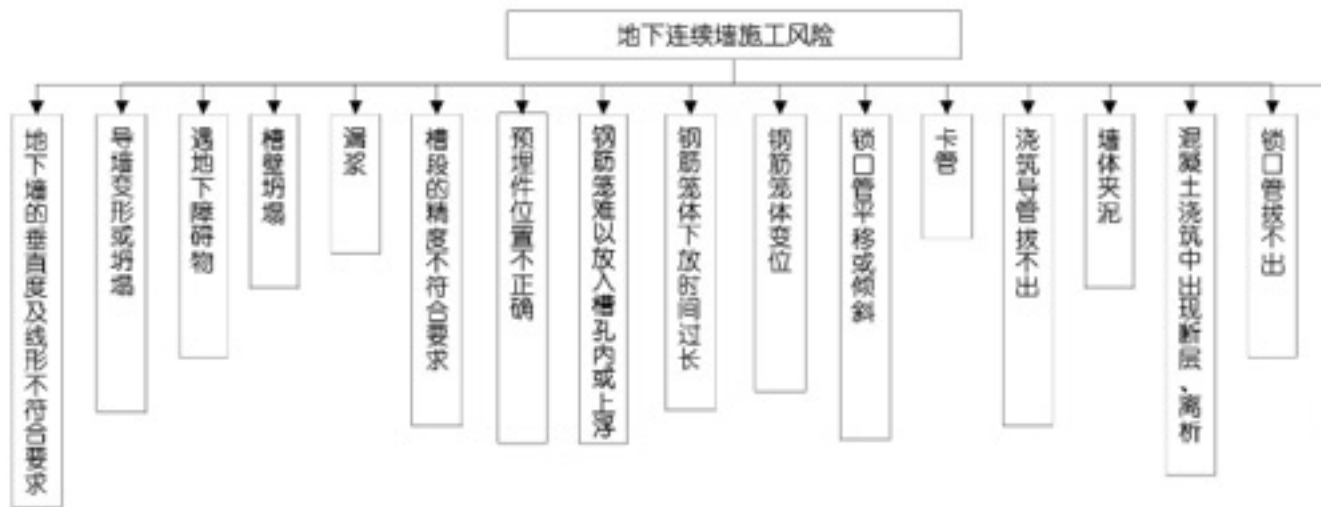


图 1 地下连续墙施工风险

1.1 施工风险的原因

(1)槽壁坍塌。遇到软弱土层或泥沙土层;泥浆不符合要求;单元槽过长;地下水位过高或孔内出现承压水;地面附加荷载过大;槽壁受到扰动;成槽后泥浆搁置时间过长等。

(2)钢筋笼难以放入槽内或上浮。槽壁凹凸不平或弯曲;钢筋笼尺寸不准,纵向接头处产生弯曲;钢筋笼质量太轻,槽底沉渣过多;钢筋笼刚度低,从而发生变形;混凝土浇灌速度过慢等。

(3)墙体夹泥。部分角落灌注不到被泥渣填充;泥浆渗入导管内;导管提升过猛管口涌入泥浆;混凝土浇灌间断或浇灌时间过长;混凝土浇灌时局部塌孔等。

(4)锁口管拔不出。锁头管本身弯曲或安装不直;抽拔锁口管千斤顶顶力不够或不同步;拔管时间未掌握好,混凝土已经终凝;锁头管表面的耳槽盖漏盖等。



(5)地下连续墙其余事故及原因见表 1。

表 1 地下连续墙其余事故及可能原因

序号	风 险	可能原因
1	地下墙的垂直度及线形不符合要求	导墙的垂直度及线形没有控制好
2	导墙变形或坍塌	导墙内侧未设置足够的支撑;作用在导墙上的荷载过大
3	遇地下障碍物	物探勘测不准
4	漏浆	泥浆沿孔隙与沟洞大量流失
5	槽段的精度不符合要求	垂直度没有控制好;挖槽机每次定位不一致;复测不准确或沉淀物未清理干净
6	预埋件位置不正确	安装时候位置不正确;吊装时碰撞变位;钢筋笼没有下放到位
7	钢筋笼体下放时间过长	开浇时间有时要比规定时间长的多
8	钢筋笼体变位	钢筋笼体未固定或固定不牢
9	锁口管平移或倾斜	锁口管入土深度不够;浇筑混凝土对锁口管的侧压力太大
10	卡管	混凝土质量原因;混凝土在导管内停留时间过久;最初灌注的混凝土已经凝
11	浇筑导管拔不出	停浇混凝土时没有活动导管;混凝土中杂物卡住导管;导管在埋深过大
12	混凝土浇筑中出现断层、混凝土离析	导管管口提出混凝土面;质量不稳定导致混凝土离析;混凝土浇筑不连续
13	槽段接头处渗漏水	成槽后混凝土面上泥渣未清除掉就浇筑;笼体倾斜导致两幅槽段的接缝离大

1.2 控制风险的措施

- (1)组织专家评审,严格依照审核后的设计图纸施工,并建立完善的质保、安保体系。
- (2)对施工单位、人员的资质和施工设备、材料的质检资料严格把关。
- (3)审核方案应完整、正确、合理、可行,审批手续须完整。
- (4)全场地下障碍物勘探应详细准确,根据勘探报告将障碍物全部进行清除。
- (5)在施工中,应对机械维修和故障排除有专门应急措施;对发生停电、停水和其他突发事件要早作准备。

2 基坑降水风险

基坑降水有轻型井点、喷射井点、电渗井点、管井井点、深井井点等方法,各种方法的降水深度,适用土层也各不相同。在设计降水方案前,除应查明工程地质情况外,还应着重查明开挖范围内及邻近场地地下水特征,包括含水层分布规律、地下水的水位、流量、流速、渗透系数及补给来源和排泄方向等水文地质资料。基坑在降水过程中可能遇到的风险事故见图 2。



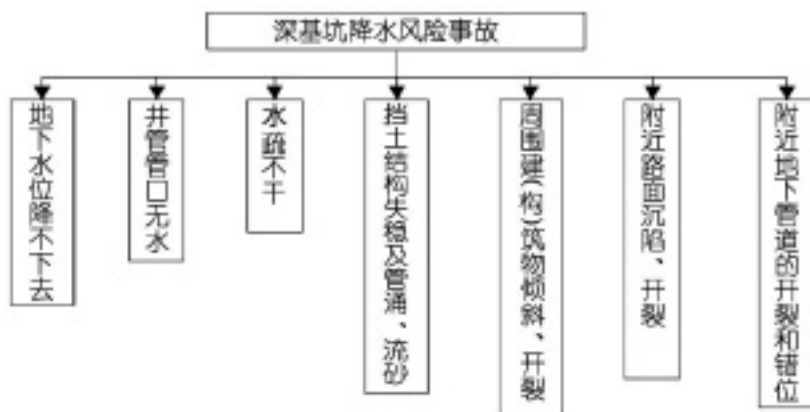


图 2 基坑降水风险事故

2.1 基坑降水风险的原因

- (1)抽水管口无水。原因包括:滤管、芯管堵塞,管道堵塞,管道接头处漏水等。
- (2)水疏不干。原因包括:待疏干区内外地下水存在水位差,垂直井点的布置存在间距及区外水源的相对无限性等。
- (3)基坑降水其余事故及可能原因见表 2。

表 2 基坑降水其余事故及可能原因

序号	风 险	可能原因
1	水位降不下去	离心泵流量太小;井点数量和布置问题
2	挡土结构失稳及管涌、流砂	基坑下部有承压水层;挡土桩墙未进入透水层或插入深度不够
3	周围建(构)筑物倾斜、开裂	降水造成房屋基础不均匀沉降
4	附近路面沉陷、开裂	降水造成道路地基不均匀沉降
5	附近地下管道的开裂和错位	降水造成管道下土层不均匀沉降

表 3 基坑加固事故及可能原因

序号	风 险	可能原因
1	坑底隆起	坑底土抗剪强度太坑底加固不当
2	坑底管涌、流砂	井点降水或坑底加固失效;连续墙未进入土层或插入深度不够
3	踢脚破坏	连续墙插入深度不够坑底土质差或坑底加固失效
4	附近路面隆起、开裂	基坑加固不当
5	附近地下管道的开裂和错位	基坑加固不当

2.2 基坑降水风险控制措施

- (1)基坑内降水或基坑开挖引起的基坑外水位下降不能过快。
- (2)应在降水井与受保护建筑物和地下管线之间设置回灌井或回灌砂井、砂沟,防止土的流失。
- (3)基坑降水时,邻近基坑的建筑物及各类地下管线应设置沉降监测点,掌握沉降量及变化趋势。
- (4)一般情况下,井点管的埋置深度应使基坑内降水曲面在基坑底下 0.5~1.0 m 处。
- (5)降水井布设方式宜根据场地水文地质条件,基坑围护结构形式,是否设隔水帷幕及帷幕深度,基坑平面尺寸及槽深,邻近建筑物的安全要求等再予确定。
- (6)停止降水时间应根据工程实际要求及地下结构施工情况确定。

3 基坑加固风险

基坑加固从加固方式一般分为抵抗坑底承压水的坑底地基加固,基坑外设防水帷幕,围护挡墙被动区加固法以及坑内降水预固结地基法。基坑加固不当的主要风险及导致各风险事故的原因见表 3。

为避免基坑加固风险,有如下控制措施。



(1)根据实际情况,选择合理的深基坑加固方案,保证基坑本身施工安全。

(2)对附近的地下管线、道路采用切断影响途径法进行保护。

4 基坑开挖风险

基坑工程开挖事故可分为两类:一类是设计、管理及其它原因引起的本基坑支护体系的破坏;另一类是基坑土方开挖引起支护体系变形过大以及降低地下水水位造成基坑四周地面产生过大沉降和水平位移,导致影响相邻建(构)筑物及市政管线的正常使用,甚至破坏。本节分析只考虑基坑开挖过程中基坑本身部分。基坑开挖中可能出现的风险事故及导致各风险事故的原因见表4。

表4 基坑开挖风险事故及可能原因

序号	风险	可能原因
1	基坑围护渗漏	在饱和含水地层(特别是含有粉砂层等其他透水性较好的地层),由于围护墙的止水效果不好或止水结构失效,可能导致大量的水夹带砂土涌入基坑
2	支护结构整体失稳	支护结构底端插入深度不够,施工时没有及时加支撑
3	坑底隆起破坏	在软土地基中,当基坑内土体被不断挖出,坑内外土体的高差使支护结构外侧土体向内方向挤压,造成基坑土体隆起,导致基坑外地表沉降,坑内侧被动土压力减小,引起支护体系失稳破坏
4	坑底管涌、流砂	粉砂层基坑在不打设井点或井点降水失效时,或围护结构插入深度不够时,可能会产生流砂和管涌
5	踢脚破坏	围护结构插入深度不够;坑底土质差,被动土压力小。都可能造成支护结构踢脚失稳破坏
6	基坑系统失稳	支撑强度不够或由于支撑架设偏心较大达不到设计要求,可能会导致基坑失稳
7	坑内滑坡	在放坡挖土,由于放坡较陡、降雨或其他原因可能会引起滑坡,冲毁基坑内先期施工支撑及立柱
8	围护结构折断或大变形	由于施工抢进度,超量挖土,支撑架设不及时;围护墙缺少设计上必须的大量支撑;或由于施工单位不按图施工少加支撑,都可能导致支撑轴力过大而破坏,致使围护墙产生危险的大变形甚至折断
9	基坑内倾破坏	由于支撑设计强度不够,或由于支撑架设不及时,围护墙自由面过大,使已加支撑轴力过大,或由于外力撞击,或由于基坑外注浆、打桩、偏载造成不对称变形等等导致围护墙向坑内倾覆破坏

针对上述基坑开挖风险分析,有如下风险控制措施。

(1)必须严格根据设计图纸施工,不得随意修改设计或破坏支护结构。

(2)合理安排施工工序,施工时挖土不要太快,及时施作支撑,要严格按照“先撑后挖”的原则,尽可能减少基坑无支撑暴露时间,分段开挖不宜太长。

(3)严格按照施工要求进行放坡,恶劣天气提前预报并采取相关措施。

(4)定期对设备维护和保养,做好设备验收和检查工作,加强对相关人员的技术培训。

(5)加强对支护的质量验收,定期对支护进行检查。

(6)做好施工中的防水、排水、降水措施;基坑内的明排水设施完备并配备足够的排水泵;基坑边设挡水墙;设专人清理、疏通集水井并监护水泵运行。

(7)加强施工管理,严禁在坑外滑动区内超重搭设办公室、仓库、材料库、维修间甚至民工宿舍等工棚。基坑浇筑混凝土时,混凝土搅拌机与泵车不要离支护结构太近。防止支撑体系受到外力撞击以及支撑上堆重物。

5 车站主体结构风险

地下车站主体结构施工可能遇到的风险事故及导致各风险事故的可能原因见表4。



表 4 地下车站主体结构施工风险事故及可能原因

风险事故	可能原因	
连接节点不牢	施工中预埋件位置不正确;后续焊接不牢靠	
裂缝及渗漏水	内衬墙裂缝	气候突变;不均匀沉降
	诱导缝渗漏	橡胶止水带施工不到位
	变形缝渗漏	止水带埋设位置偏移;混凝土与止水带结合不紧密
	施工缝渗漏	遇水膨胀止水条膨胀量不足
其他部位	车站底板裂缝;底板混凝土施工质量差;预埋件周围发生渗漏;混凝土浇筑不密实;钢筋接驳器处发生渗漏	
地下结构上浮	未按规范要求采取合适的抗浮措施;施工组织抗浮防范意识不强	

针对上述基坑开挖风险分析,有如下建议风险控制措施:

(1)合理选用车站施工方法,在条件允许时,尽可能采用明挖顺作法施工,保证施工质量。

(2)车站结构设计按最不利情况进行抗浮稳定计算,并满足相应抗浮安全系数。当结构抗浮不能满足要求时,应采取相应的工程措施。

(3)车站结构混凝土由于受到干缩、温度变化、边界约束、不均匀沉降、应力集中等诸多因素的影响,会产生裂缝,应沿车站纵向每隔不超过 24m 设置一条诱导缝或视具体情况增设施工缝和后浇带,孔口及板边适当增加纵向构造筋,并在地下墙墙底进行注浆。

(4)车站结构防水应确立以钢筋混凝土结构自防水为根本,诱导缝、施工缝、变形缝等接缝防水为重点,附加防水层为辅的多道防线、整体防水体系。

6 结语

轨道交通地下车站往往设置于城市交通最繁忙、人流最密集的地段,一旦在施工过程中发生事故,就会造成极大的社会和经济负面影响。因此,轨道交通建设过程中,从业主单位、设计单位、施工单位到监理单位,都应对施工风险高度警惕,建立完善的风险控制体系和应急预案,扎扎实实地把城市轨道交通地下车站做成安全可靠的百年工程。

