

地铁隧道近距离下穿既有车站施工技术研究

刘年卓

粤水电轨道交通建设有限公司

摘要:随着我国城市地铁轨道线路的建设和运营,大量上跨或下穿既有线路建设,形成了与既有铁路的交互联系,不可避免地会面临新建车站既有地铁车站、平面交叉穿越或邻近侧穿等复杂工况,同时还会对既有建筑物、市政管线及地面附属设施产生严重影响。本文拟在已建地铁基础上,根据实际工程地质条件,准确预测车站的沉降,并据此调整施工方案,采取有效的方法控制沉降。在城市轨道交通日益密集的今天,地铁车站施工中,将面对密集分布的既有线路。因此,本文拟以地铁既有线下穿隧道为研究对象,从审查预报、沉降预测等几个角度,对工程的施工技术进行了详细的论述。

关键词:下穿既有线;地铁隧道;车站;施工技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.07.200

一、项目概况

(一) 项目介绍

本工程是某城市地下铁路下穿既有铁路的一条隧道。该车站总体埋深达10米,既有线与区间线之间的拱高0.55米,且与既有线的水平方向基本一致。在隧道施工阶段,采用了暗挖、喷锚工法。下穿隧道宽7.6米,高7.6米,格栅间距50厘米,在开挖过程中采用了临时仰拱与阶梯相结合的方法。第一次喷浆采用C20混凝土,喷浆厚度300mm,内衬C40混凝土300mm,控制防渗等级为P12。在选择防水卷片时,采用了1.2毫米厚的自黏性模具。

二、地铁隧道近距离下穿车站施工技术

(一) 加强地质审查预报

对于目前正在施工的地铁隧道下穿既有车站,在施工过程中,必须对地质调查、制定施工方案审批、监测测量等各个环节进行质量控制,确保施工质量。而在下穿既有车站的工程地质勘察阶段,为保证施工质量,必须根据现行的隧道工程建设规范,开展地质调查工作。在地铁隧道下穿既有车站施工之前,施工单位可以派出一名专业的地质勘测人员,对隧道施工现场的地质状况进行勘察,弄清施工现场的地质状况是否符合施工要求,以及施工过程中可能发生的地质问题。同时,将勘测资料编制成表格提交给上级主管部门,以便管理部门制定施工计划。其次,地铁隧道建设单位要及时与隧道施工单位取得联系,获取其原隧道施工时的施工图纸和施工方案,以便指导地铁隧道施工,防止在施工过程中发生对高速公路产生不利影响的地质问题。通过强化地质勘察、预测等手段,可有效地改善下穿既有线工程的施工质量。

(二) 沉降预测技术

在既有线隧道建设中,沉降预测是一项非常重要的工作,只要选用合适的方法,就能对施工过程中的地面沉降进行准确的预报。本采用经验公式法、理论分析法和数值模拟法。这一理论最早是由 Peck教授在1969年所提出来的,是在试验资料的基础上,用来预测隧道建设中的地表沉降。并给出了以下公式:

$$S(x) = S_{\max} \exp\left(-\frac{x^2}{2i^2}\right); S_{\max} = \frac{v_i}{i\sqrt{2\pi}} \approx \frac{v_i}{2.5i}$$

以上式中, $S(x)$ 表示以 m 为单位,在距离隧道中央 x 米处形成的地面沉降; S_{\max} 表示以 m 为单位的隧道中线地面最大沉降量; v_i 表示以 m^3 为单位长度的地层损失; i 表示以 m 表示的地面沉降沟槽的真实宽度。

利用这一公式,可以较精确地预报上述参数。地基的沉降与实际的水文地质条件,施工方案,管理水平,工艺水平等有关。工程地质情况是影响工程质量的重要因素。对于这一点, Farmer建议使用以下公式:

$$i = KZ_0 = \frac{H + R}{\sqrt{2\pi} \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)}$$

其中, K 为沟槽宽度,与工程土壤有关,在本课题中取0.36~0.60; Z_0 表示以 m 表示的隧道轴线与地面的垂直距离; H 表示以米为单位的隧道覆盖层厚度,在本工程中取为15.20米; R 为地道等效半径,以米为单位,在本次工程中取为3.30米;其中, ϕ 表示上覆土层的摩擦系数,在22%~30%。

本工程隧洞上部含中砂层,对地面沉降节点进行了分析,并按不排水条件下地基抗剪强度进行了分析。在基坑工程中,采用阶梯施工方法,控制台阶间距5米。

首先,对隧道左侧线进行开挖,控制网格间距0.5米,左、右两条支撑面间隔20m,这样,在施工过程中,地面沉降就是隧道的累积沉降。采用此种计算方法,可得到轴线部位的地面沉降量为42.33毫米;在距轴线2米处,地面沉陷达到41.17毫米;在距轴线4米处,地面沉陷达到39.67毫米;距轴线6米处地面沉陷35.58毫米;距轴8米处地面沉陷为32.63毫米;在距轴线10米处,地面沉陷达到30.81毫米;距轴线12米处的地面沉陷是29.42毫米。

(三) 利用WSS加固的方法进行轨道结构加固

针对工程场地的地质情况,提出了WSS加固处理方案,以改善地基的承载力。在开挖之前,开挖面要进行封闭,并将其与整个截面的钢结构进行对接。再用两层钢网对混凝土进行封闭。混凝土浇筑时间为2—3小时。为了使挖掘机能够灵活地移动,在巷道中设置一个平台。在保证掘进角度8—100度,钻杆距拱顶距0.5—2米的基础上,按WSS加固工艺的具体施工程序,对巷道进行加固。

(四) 超前支护技术

在施工方面,为避免在开挖过程中造成施工区周边岩石松动,造成既有车站产生较大的沉陷,采用大管棚对掘进工作上面的外部轮廓实施超前支护。管棚长25米,厚6毫米,直径108毫米,间隔300毫米。首先,将水泥砂浆打入地下,然后在钢管内进行灌浆,以确保混凝土与周围岩石的紧密结合,并通过灌浆的过程来提高管棚的刚度。在实际施工中,要根据实验结果,对钻进过程进行适当的控制,确保钻进的深度、角度恰当,以避免发生塌孔。采用 $\Phi 108\text{mm} \times 6\text{mm}$ 规格的无缝管,配以钢花管和I18型钢为支撑,内衬C25混凝土套拱,C25混凝土为衬砌材料。

(五) 加固注浆技术

在下穿隧道段前,先采用深孔灌浆法对已有车站周边土进行加固,范围从隧道轮廓向外3米、纵向35米、底板3米。灌浆结束后,基坑周边土的侧向强度大于0.5MPa,周边土的强度大于1.0MPa。底部采用细浆,下部采用普通泥浆。在施工阶段,采用双管注浆技术,在距端头2m处设置止水帷幕,确保一个周期12米的施工周期。2次补强,分两个周期进行,第一次补强,第二次补强,全部补强泥浆采用普通泥浆。在深孔灌浆阶段,以环向布置4个“扇形”钻孔,周边钻孔与上部倾角0—12°,间隔不超过1米,保证各段拱部结构满足灌浆设计要求。

(六) 隧道施工技术

在隧道建设过程中,要确保工艺参数的选取,避免施工环节对既有线的正常运行产生不利影响。在下穿隧道施工前,首先要进行15米以上的试作区,并对管棚支护的支护参数进行合理的确定。对于邻近车站10米以内的区间,采用格栅式钢结构,并在其上增设纵向加强筋,并在台阶处增加临时仰拱。在拱脚与边墙的连接处安装锚管锁脚,对锁脚的长度、角度、间距及数量进行控制,灌浆压力控制在0.4—0.6MPa。初步支护工作结束后,应在初支部位形成闭合圈,将泥浆及时地挤入初支部位。边开挖边注浆,在施工阶段,严格按照注浆紧密贴合初支围岩,纵向注浆间距3米,水平注浆间距2米,确保压力 $\leq 0.5\text{MPa}$ 。当第二衬混凝土强度大于75%时,进行第一次和第二次衬砌之间的灌浆。灌浆段采用与二层同一种浆液,使灌浆管纵向间隔5米,横向3米,灌浆压力控制在0.2MPa以内。另外,在施工过程中,应注意所有的注浆管均采用DN25型,且应呈“梅花形状”安装。

同时,在隧道建设中,也需要利用小型地质钻机进行钻探,对发现异常的掌子进行勘察,确定施工场地周边土中是否有地质突变、孔洞、积水等灾害。钻进段控制各孔的直径100毫米,在一段中钻3个孔。另外,在隧道建设中,要严格控制基坑间距,确保基坑间距在网格钢框架间,不能过深,否则会出现沉降的危险。

(七) 测量监控技术

在既有铁路邻近隧道的施工中,对其进行量测与监控是非常重要的。在工程实施前,需要在既有线周围布设测量和控制点,在下穿既有线的过程中,应加大对既有线的监控频次,并将观测资料及时反馈给有关方面,并根据实测的成果,对隧道的设计参数进行合理的调整。其主要步骤是:首先对既有线隧道进行测量放样,然后在邻近既有线的区间隧道内放设测点,然后对测点做好标识,并安装试验器件及设备,做好仪器的防护工作。

采集测点数据,安装调试后,在距工作面20米处进行各测点的初始读数并做好记录。在距测量点10米处,根据设计频率对测量点进行试验,对隧道结构的沉降变形等进行分析,结果和经验公式预测的曲线值具有高度的相似性,能够保证施工安全。

(八) 洞顶加固技术

为了对地铁隧道施工过程中的影响进行有效的控制,需要对其进行管片灌浆。通常,距离隧道中线10米

以内的两个环腰部位为对称注浆，10~50米以内的环腰部位为4圈。在一次灌浆施工中，需要采用两套灌浆设备，并在管片的两个部位同时施工。这样，就能有效地推动注浆施工质量不断提升。注浆时，若注浆区域的岩层渗透性能良好，则可采取开式注浆。在软弱、渗透性较差的地层中，通常使用花管进行注浆，花管长约2 m。只有严格按照施工规范进行灌浆，才能保证灌浆工作的顺利进行，为进一步提升地铁建设的质量打下坚实的基础。

（九）进行支护挖掘和二衬施工

在支护中，首先将矩形断面分为6个区段，每个区段间距约为5米。小导洞是一种分步开挖的方法，在此基础上，先进行超前灌浆加固，再用钢架网支撑。注浆作业面可在不稳定处施工。在基坑施工中，为防止沉降，宜采取分段闭合的方法。在二次衬砌施工中，应特别重视后浇带的存在，其浇注效果不好，一次支护产生大的裂缝。为防止这一现象，可在返灌之前，在返灌处埋设注浆管，在二次衬砌施工之前，先灌注水泥浆，再进行二次灌浆。

三、施工注意事项

在施工之前，要对设计文件进行充分的了解，核实路线资料，设计标高，各结构尺寸，并根据有关的规范和规定，对工地进行检查，并制定出具体的施工组织设计和施工方案。在建设过程中，要充分评估可能出现的安全隐患，做好应对计划，配备足够的通风设施和应急物资，确保工程的顺利进行。“管超前，少动，短进尺，强支护，早封闭，严注浆，勤量测”的原则；在下穿地铁车站房售票大厅和行包房段隧道的施工过程中，必须严格按设计图纸，首先施做大管棚，然后用人工和机械进行开挖，并严格遵循“一榀一榀，初期支护及时成环”的原则，不能过早地推进。在施工期间，要加强对地质的超前预测，并在此基础上对支护方案进行相应的调整；如果围岩中有不利于围岩稳定性的软弱带、节理、顺层等条件，则有可能出现塌方、落石等现象，因此，在施工过程中需要适当地调整支护体系。

在施工过程中，要认真组织，合理安排各工序，最大限度地减小对周围环境的干扰，保证初期支护的质量；为缩短支护时间、控制围岩变形、预防围岩松动、保证工程安全，必须紧跟开挖面进行初期支护。初支钢架必须在工厂生产，并在出厂前进行检验；下穿铁路车站房售票厅和行包房部分，要加强对施工过程中的监控量测，在施工之前，要对地铁站站房售票厅及行包房

现状进行调查测量、摄像取证，施工过程中，应加强隧道洞内、房售票厅及行包房、地表沉降、结构裂损情况的监测，根据监测结果，由设计院根据检测结果对原有设计进行调整；在工程建设中，除了加强工程本身的监测工作，还要进行第三方的监测，保证所得到的资料能够真实地反映工程的真实状况。

监理测量，必须按照图纸中所述的内容、测点的布设、观测、测量的要求进行。要对监测的数据进行整理和分析，绘制出各项相关曲线，基于实测数据绘制的曲线的变化状况和发展趋势，判断结构的稳定程度，预测危险程度，决定其在以后的建设中的应用，同时也可以为修正设计提供参考。

在开挖期间，要保证开挖面和洞口没有水，遇到有水的地方，要及时将其引出来。在施工过程中，要严格控制过挖，超挖部位要及时进行与初支同级的混凝土喷射，避免初期支护与围岩之间的空隙，并对顶板和周围的沉陷进行严格的控制。如果在施工过程中出现了显著的沉降（大于7mm）或快速变化，必须立即对掌子面进行封堵，并尽早施作竖向钢支撑，以延缓或防止拱顶进一步下沉，并告知有关方面采取相应措施。

四、结语

因此，在邻近既有铁路隧道施工阶段，必须结合工程的具体要求，对其进行合理的预测。本项目采用经验方法，在施工过程中，对施工方案进行优化，对各施工阶段进行综合分析，对关键技术进行有效的控制，确保施工标准化，加强测量与监测，从而提升工程建设的安全性与质量。

参考文献

- [1] 马腾飞. 新建地铁车站及隧道对临近既有地铁车站稳定性的影响研究[D]. 云南大学, 2018.
- [2] 王斌. 区间隧道下穿既有地铁车站的设计方案研究及施工技术分析[J]. 工程建设与设计, 2017.
- [3] 马腾飞. 新建地铁车站及隧道对临近既有地铁车站稳定性的影响研究[D]. 云南大学, 2018.
- [4] 李越. 新建地铁下穿既有区间隧道的暗挖工法对沉降变形的影响分析[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [5] 李兆平, 黄庆华, 马天文. 下穿大型铁路站场的地铁车站施工对线路变形影响的监测分析[J]. 岩石力学与工程学报; 2015年S2期
- [6] 王春, 刘应清. 地下铁道中的环境控制系统[J]. 地下空间; 2019年03期