

明挖地铁车站主体结构受力计算分析

朱 培

中铁二院工程集团有限责任公司 四川 成都 610031

【摘要】：本文主要针对明挖地铁车站主体结构的受力进行分析，结构相关规范以及文献，分析得出了结构计算模型的选取原则。并且对于结构分析计算中常用的平面框架模型、空间板壳模型，本文例举某地铁站进行研究，采用了有限元分析软件对其展开建模，根据不同的计算形式体现不同的结果，并进行对比分析，为其主体结构受力提出相应的策略，以为类似的工程提供借鉴。

【关键词】：地铁明挖车站；建模；结构计算

如今社会生活节奏加快，人们对出行要求也越来越高。如今交通工具多种多样，飞机、轮船、高速列车等人们的选择也变的更多，其中地铁在人们的生活工作中扮演了重要角色，它安全方便经济实惠。很多人几乎每天上下班都要乘坐地铁出行。而保证地铁主体结构受力强大，其设计在为地铁平稳行驶，让乘客享受一个惬意的旅途，默默做着自己的贡献。

1 工程概况

此次分析的地铁站为外形为双层双跨式的结构，（局部三跨结构），轨面埋深约 17.23m，顶板覆土厚度为 3.5m，标准段宽度可达 19.9m，总长 232m，吃地铁站的结构安全等级可以达到一级，其使用年限可达到 100 年，所以使用明挖施工方法非常合理。

2 结构设计计算模型

2.1 计算模型的的基本假定

（1）地铁车站结构计算一般假定结构构件均位于弹性工作阶段，国家对明挖木柱支护目前无专门规定。锚杆+锚网+锚索支护，对于顶板比较脆弱的地段，外加拱形工字钢梁支护。钻孔设备顶部用锚杆机，根据安装的材料确定打孔的深度。一般锚杆长度有 1 米，1.4 米的，锚索有 4 米、6.3 米、8.3 米长的，还有 1 米的。

（2）在施工进行中，还要展开技术交底以及安全交底。根据所提供的导线以及水准线展开验收。技术完毕后，对于施工质量展开验收。

（3）机电设备运行过程中场会出现故障，而故障的存在以及高频率的发生，必然会导致设备的损坏。尤其是在针对明挖工作时，机电设备会处于较为恶劣的操作环境下，若缺乏有效的管理，必然会影响工作的安全运行，从而造成意外事故。

2.2 计算模型的选取

（1）荷载-结构模型

荷载-结构模型是将以地下结构作为承载主体，根据施工的结果分析，顶板沉降变形出现移位。主要集中在一个位置，如果没有及时安装支护，那么顶板移位会非常严重，此时的移位数据可以达到 23mm。但是使用锚索+锚杆的联合支护方案中，顶板移位的数值可以达到 26mm。而岩土体的承载力则是在确定岩土压力和弹性支承的约束效果时来间接考虑的。

（2）地层-结构模型

地层-结构模型是将岩土体为承载主体，以此为基础进行挖掘，并且按照施工中的相应规范。在施工进行中，还要展开技术交底以及安全交底。根据所提供的导线以及水准线展开验收。技术完毕后，对于施工质量展开验收。在整个施工过程中，合理使用相关技术，提高了工作效率及安全性。

地铁明挖车站一般属于浅埋地下工程的范畴，作业主要以安全为主，其次以经济利益为辅。目前支护技术已经受到了社会各界的关注，在众多类型项目中，目前应用较为广泛。根据相关计算，可为企业带来更多的经济利益，所以在此方面应该不断研究，不断改善，促进明挖业能够稳定的发展。超前支护技术，简单的讲，就是在破碎岩体上展开支护作业，这种技术是在近几年新兴的技术，所以在施工中实际应用后可以符合。分为平面框架模型、空间板壳模型两种：

（1）平面框架模型

针对此次开挖进行数值模拟及分析，其分钟内容包含的材料参数，岩体的力学参数、支护结构的参数等。根据施工的结果分析，顶板沉降变形出现移位。主要集中在一个位置，如果没有及时安装支护，那么顶板移位会非常严重，此时的移位数据可以达到 23mm。但是使用锚索+锚杆的联合支护方案中，顶板移位的数值可以达到 26mm。两种方案进行

对比，其移位量出现了缩减的情况，可达到 23%。

（2）空间板壳模型

采用这种方式进行结构计算时，所以采用锚杆+小导管注浆可以优先选择，可见在开挖中顶板预支护方案可行。明挖工程进行中，会有很多不安全因素产生，例如人员踩踏以及爆破作业都会出现一系列的损害。对于洞下的整体安全环境会出现降低的情况，所以会产生塌方等情况。要确保开挖率获得提升，首先应该安排施工人员以及技术人员进行培训，要保证施工绝对安全。根据设计来进行开挖，可以及时找到开挖资源。提高开挖的效率具有一定的便捷性，但是在开挖时依然会面临着安全风险。在开挖施工时，自身承重会导致安全隐患的出现，并且还会随时出现变化。由于在施工中会出现强烈的震动，塌方的事故屡见不鲜，所以在回踩时进入的间距应该在 5m 之内。

综上所述，平面框架模型和空间板壳模型主要区别是平面假定和空间假定问题。上述介绍的方法都有它们的准确性以及合理性，以下，通过 MIDAS GEN 有限元分析软件对两种计算模型下车站结构的内力进行比较。

3 不同计算模型下结构内力分析比较

3.1 单元类型选取及材料属性

平面模型中，墙、板、柱采用梁单元模拟（梁单元）。三维模型中，梁、柱采用梁单元模拟（6 个自由度），壳单元用于模拟厚度远小于高度和宽度，车站顶板（顶纵梁）、中板（中纵梁）、底板（底纵梁）均采用 C35 混凝土，柱采用 C45 混凝土，地铁车站结构所采用的材料属性如表 3.1-1 所示。

表 3.1-1 地铁车站结构材料属性表

型号	弹性模量（MPa）	泊松比	密度（kg/m ³ ）
C35	31500	0.2	2420
C45	33500	0.2	2420

3.2 主要构件尺寸

顶板厚度：800mm；中板厚度：400mm；

底板厚度：900mm；侧墙厚度：700mm；

中柱截面尺寸：800*1200mm（700*1100mm）；

顶纵梁尺寸：1200*2000mm（1100*1800mm）；

中纵梁尺寸：900*1000mm；

底纵梁尺寸：1200*2300mm（1100*2100mm）。

3.3 荷载及组合

（1）荷载分类

其主体结构在通过计算后，可体现出永久荷载以及可变荷载，荷载分类如表 3.3-1 所示：

表 3.3-1 荷载分类表

荷载类型	荷载名称	荷载取值
永久荷载	结构自重	按实际重量
	覆土重	容重为 20kN/m ³ ，覆土厚度沿车站纵向变化
	侧水、土压力	采用水土分算
	水浮力	使用阶段按抗浮最高水位的全部水浮力进行计算。
	设备重量	设备区荷载按 8kPa 计，当设备荷载大于 8kPa 时按实际荷载计
可变荷载	地面超载	按 20kPa 计
	人群荷载	公共区人群荷载按 4kPa 计
	车辆荷载及其动力作用	车辆荷载按列车满载条件确定
	施工荷载	一般按 5kPa 计
偶然荷载	地震荷载	地震荷载按 6 度地震基本烈度考虑
	人防荷载	按常 6 级、核 6 级人防抗力考虑

（2）荷载组合

①在施工进行中，对于施工单位来讲，绝境是非常棘手的问题，因为在掘进时很难找到切入点，所以无法按照主体设计来展开施工，此时工作效率会大大降低，而且还遇到更多的问题，所以及时找到解决的方法是重中之重。是目前所引进的机械支护方法，能够看出在挖掘时可以达到高效率，同时机械设备的挖掘，可以促进高效率的稳定安全。超前支护技术可以和悬臂纵轴挖掘充分的融合，可以促进高效率完成任务，同时也可以提升安全性，尤其是支护设备。

②按照《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）的相应规定，效应组合的设计值仅仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况，所以一般采取对荷载进行组合后作用在结构构件上进行分析。

③《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）（2015 版）中，在三级裂缝控制等级下，对于正常使用极限状态放宽要求，可使用准永久组合进行相应计算。

对于此次结构计算分析,荷载组合系数如表 3.3-2 所示:

表 3.3-2 荷载组合表

荷载种类组合	永久荷载	可变荷载	人防荷载	地震荷载
1 (基本)	1.3	$1.5 \times (0.7) * 1.1$	0	0
2 (准永久)	1.0	0.8	0	0
3 (人防)	1.2	0	1.0	0
4 (地震)	1.0×1.2	0.5×1.2	0	1.3

3.4 边界条件的拟定

地铁明挖车站是主体结构、为了满足目前的自动化运行路线,提高效率以及促进经济的发展,于定位及安全要求,所以要针对全自动运行系统目前具备的优点展开分析,对其运营模式展开分析。这种系统最明显的特点就是自动化程度高,在运行中以及控制中可以达到无人化。被全自动运行线路的管理单位提供支持,尤其是运营人员的配置以及增长效益,降低成本等,全自动系统对于设备中的 ram s 有很高要求,对目前先进技术的应用以及对设备监控都能够实现。另外,全自动运行系统可以分析各项运营指标,也会有非常好的表现,在无人值守时可以使用 uto 模式,如果发现突发情况,运行人员需及时赶到现场进行处理。如果这样的情况非常多,一般会对运营指标产生很大影响,所以优化现场以及应急处置要有较为完善的方案,可使运行效率提升。配合要具备流畅性,要有相应的管理模式,为线路运行提供高效安全的方案,全自动运行系统目前是运营管理中的重中之重。

基坑开挖阶段是围护桩受力的最不利阶段,一般在此阶段围护桩出现了超出容许值并且无法修复的裂缝,耐久性是否可以与主体结构保持一致,尚且值得研究;其次是常用做法中,将围护桩和结构侧墙之间采取弹簧进行模拟,忽略了两者之间防水层的作用,这与实际受力情况不符。所以本次结构计算分析时不考虑围护桩的作用,结构底板与周边岩土体均采用仅受压的弹簧进行连接。

3.5 模型的建立

以上,该地铁车站平面有限元模型、空间有限元模型。

参考文献:

- [1] 王呼佳,彭帅.地铁明挖车站主体结构计算中的几个关键点[J].现代城市轨道交通,2013(2).
- [2] 王博.明挖地铁车站整体建模结构受力分析[J].铁道标准设计,2012(11).
- [3] GB 50157-2013.地铁设计规范(附条文说明)[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [4] GB 50009-2012.建筑结构荷载规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [5] GB 50010-2010(2015 年版).混凝土结构设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.

作者简介:朱培(1988.11-),男,四川成都人,工程师,硕士,从事地铁结构设计与研究。

3.6 计算结果分析

地铁车站的设计中,首先应该考虑荷载组合,并且对计算结果进行对比分析,底板弯矩计算结果:

将空间模型的计算结果与平面模型的计算结果对比可知,两者内力计算结果并不完全一致。空间模型的标准段横截面分为两种情况:柱上板带、可以在挖掘中起到搭建支护的作用,使用后及时将其拆除即可。设备的正确使用以及支护的正常安装,可以为下一环节带来技术保障,同时在挖掘中可以体现出整体效率,降低成本的投入,避免人力资源过多的投入。临时的支护装置,在挖掘过程中起到重要作用,尤其是施工中取供油装置可以为挖掘提供有效支持,如油路的连接等。机器在工作中,如果工作坊将支付装置油路充分连接,那么油路相互之间会产生互通。中柱上板带的内力趋势与平面模型计算较为符合,并且计算结果小于平面模型。通过对空间模型计算结果分析可知:柱上板带影响范围可取中立柱间距的 1/4,跨中板带范围弯矩最大值约为柱上板带范围弯矩最大值的 80%。

4 结论

以某地铁车站为例,对该结构的受力特性分析得出如下结论:

- (1) 从空间模型受力云图上看,未开洞区段的顶板、整个底板受力云图规则,具有明显的柱上板带和跨中板带,基本上可以按照单向板考虑。
- (2) 对比分析二维和三维模型标准段计算结果发现,三维模型的柱上板带计算结果与二维计算结果近似,但是由于考虑了双向受力,结果比二维计算更加合理,如果只是采取平面模型结果来配筋,对于柱上板带而言可保证结构安全,对于跨中板带而言,负弯矩配筋略保守。
- (3) 板带效应与中立柱间距、梁板刚度比值有关,在后续类似明挖车站结构设计中,可根据平面模型计算结果进行柱上板带范围内板的配筋,跨中板带范围内板的配筋可根据平面模型计算结果乘以 0.8。