

明挖隧道异形超大断面拱形结构安全建造关键技术研究

郭弘宇 肖彬 符瑞良

中建五局土木工程有限公司 湖南 长沙 334000

摘要: 随着城市化进程的加速,隧道工程在穿越复杂地质条件和城市密集区域时,异形超大断面拱形结构的应用日益增多。这类结构不仅施工难度大,而且安全风险高。本文以赣州蓉江新区凤岗大道至蓉江四路过江隧道工程为例,深入研究了明挖隧道异形超大断面拱形结构的安全建造关键技术,包括工程概况、施工重点与难点、以及围绕“施工工艺技术”的关键技术环节,旨在为类似工程提供详细的施工指导和参考。

关键词: 明挖隧道;异形超大断面;安全建造;关键技术

引言

明挖隧道因其施工速度快、对周围环境影响小等特点,在城市隧道建设中得到广泛应用。然而,异形超大断面拱形结构的施工难度大、安全风险高,对模板支撑体系、施工工艺等方面提出了更高的要求。因此,研究明挖隧道异形超大断面拱形结构的安全建造关键技术,对于保障施工安全、提高施工质量具有重要意义。

1 工程概况

赣州蓉江新区凤岗大道至蓉江四路过江隧道工程位于赣州市,全长约2.412km,主要包含过江隧道(2洞)、出入口匝道2对及接线地面道路。隧道采用明挖法施工,其中异形超大断面拱形结构段是工程的重点和难点。该段结构长度不等,断面类型最大为10-10断面,断面最宽达26.7m,最高达14.4m,支模架体系搭设高度最高达10.7m,跨度最大为24.5m,结构拱圈最大厚度为1.1m,总荷载超过59.88KN/m²。

2 工程特点与难点

该过江隧道工程在明挖施工部分展现出显著的特点与挑战,具体体现在以下几个方面:

隧道明挖异形过渡段的设计尤为复杂,其顶板不仅混凝土重量大,而且支架搭设的跨度也异常大。更为特殊的是,该段采用了圆弧线拱架体设计,整体搭设高度较高,形成了大跨度和超线荷载型的支模体系^[1]。这种设计对施工技术的要求极高,需要精确的计算、周密的计划和精细的施工操作,以确保支模体系的稳定性和安全性,从而顺利完成异形过渡段的施工。

3 关键技术

3.1 模板支撑体系设计

3.1.1 模架体系选择原则

模板支撑体系的设计应遵循安全、科学、经济合理、施工简便的原则。结合本工程实际情况,采用了承插型盘扣式钢管支架A类(60系列),该支架具有强度高、构造合理、承载力大、稳定性好等优点。

3.1.2 模架基础设计

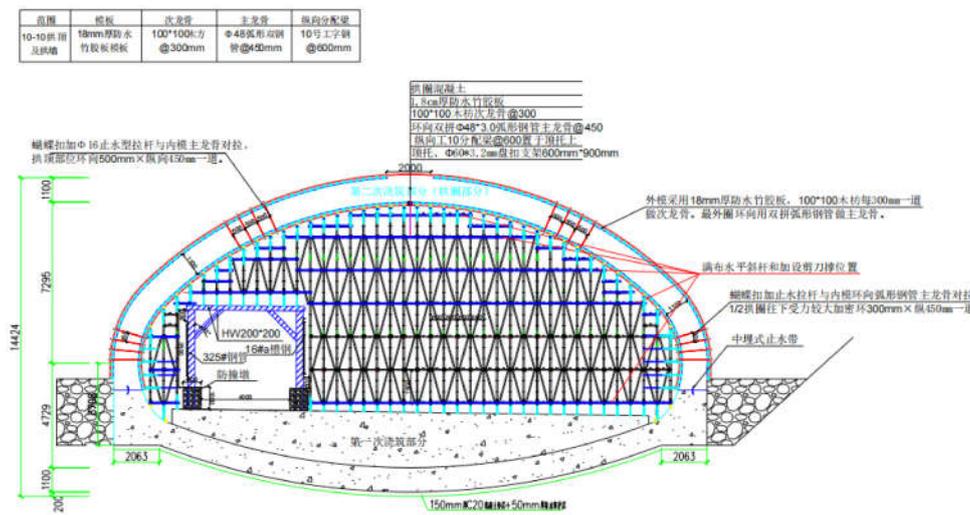


图1 模架体系设计

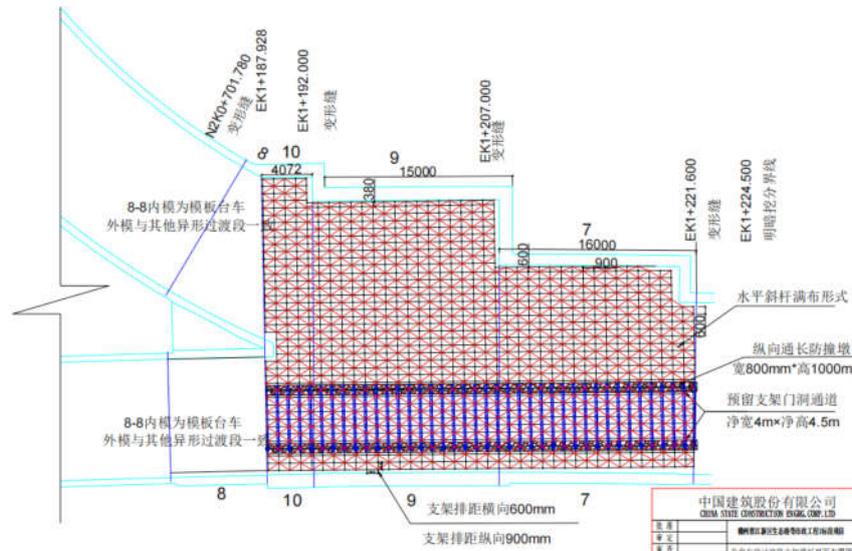


图2 模架平面体系设计

支架基础应满足施工对基础的强度、稳定性及变形的要求。本工程支架搭设基础在结构仰拱填充上，基础强度可满足使用要求。

异形过渡段支模架系统设计：搭设高度根据仰拱填充顶面高程和拱圈底标高确定，最高达10.7m。结构立杆横向间距0.6m，纵向间距均为0.9m。采用A型60×3.2mm盘扣式钢管支架，钢管支架布置间距与箱形结构相同。模板采用1.8cm厚防水竹胶板，次龙骨采用100×100mm的方木弧面中心间距为300mm，主龙骨采用弯成拱形断面形式的小48×3.0双拼钢管，间距为450mm。

3.2 施工工艺流程

异形过渡段支模架施工工艺流程：搭设前准备、测量放线→安装门字形钢架→浇筑防撞墙砼→盘扣型支架搭设→安装内模板系统→支模体系整体预压→调整支模架标高→安装过渡段拱圈钢筋→安装外模系统→浇筑过渡段结构砼→养护→拆除支模架系统。

3.3 模板施工方法

3.3.1 模板加工与安装

模板加工

模板制作需确保规格尺寸精确，棱、角平直光洁，切割边角需刨光并涂刷模板封边漆。面板拼缝应严密且面层平整，节点与背肋设置需符合设计要求。木方需用压刨刨平，厚度一致。组装时，模板应严格按照施工图纸尺寸进行，并在面板拼缝背面加木方以防漏浆，确保模板整体性。加工前，向木工班组进行技术交底，并发放配板图和加工质量标准。加工过程需严格遵循图纸，发现问题应及时向技术部门反馈，合理意见将由技术部门下达整改通知。管理人员需每日巡回检查木工车间，

现场整改发现的问题。每批或每段模板加工完成后，需经质检员验收合格后方可使用^[2]。大钢模板加工需严格遵循《建筑工程大模板技术规程》JGJ74-2017。

模板安装及固定

模板在钢筋加工场加工并验收合格后，运至施工现场。安装前需清理模板面板，并均匀涂刷脱模剂。在垫层上测放出结构侧墙内、外角点及外角点标高，对模板底部垫层面不平处用同强度砂浆处理，确保模板底部在同一水平面上。根据测量放出的角点，用墨斗弹出侧墙内、外边线，便于模板就位。使用汽车吊吊起模板，人工辅助就位，再用撬棍微调，确保模板底口与边线一致。模板拼缝处粘贴双面胶带防漏浆，模板间用木枋铁钉连接。检测模板垂直度与内空及对角线，满足要求后拧紧连接螺栓。安装对拉螺杆，并用脚手管斜撑临时加固模板。固定方法如下：按流水段顺序吊装内外墙模板至安装位置，用撬棒调整模板位置，对穿模板的对拉螺栓需错开布置并调节至大致水平。用托线板测垂直并校正标高，确保模板垂直度、水平度、标高符合设计要求。横向钢管就位后，立即拧紧螺栓。合模前需检查钢筋、预埋管件等是否遗漏、位置准确、安装牢固，并清理墙内杂物。

表1 模板及预埋件安装的允许偏差和检验方法

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
轴线位置	15	量尺每边不少于2处
表面平整度	5	2m靠尺和塞尺不少于3处
高程	±20	测量
两模板内侧宽度	-5 ~ +10	量尺不少于3处
相邻两板面高低差	2	量尺

3.3.2 变形缝及施工缝处理

技术参数概述

变形缝结构采用中埋式钢边橡胶止水带为核心,结合外贴式止水带、丁腈软木橡胶板填充及内外侧密封胶封堵,形成多层次防水体系。外部再加强防水构造,包括聚乙烯隔离膜、防水涂料加强层、聚氨酯涂料防水层、耐穿刺防水卷材、油毡隔离层及细石砼保护层。施工缝结构同样采用中埋式钢边橡胶止水带,并配以单组分聚氨酯缓膨胀密封胶。外部防水构造与变形缝类似,但防水涂料加强层宽度有所调整。

止水带施工要点

施工缝是防水体系中的薄弱环节,需严格按照工艺要求施工,确保防水质量。纵、横向变形缝及施工缝止水带采用厂家定做的“十”字形接头,确保连接牢固。施工工艺流程如下:准备材料,处理接头切口,铆钉锚固,打毛焊接面,填充生胶片,加压焊接并冷却。制作定位卡,测量放样,安装止水带并固定定位卡^[3]。环向止水带利用主筋和挡头模定位。采用人工分侧布料,振捣密实,保持止水带内外侧标高一致,及时凿毛处理。

3.4 盘扣支架施工方法

盘扣支架具有搭设速度快、稳定性好、承载力高等优点在异形超大断面拱形结构施工中得到广泛应用。盘扣支架的施工方法包括以下几个步骤:

基础处理:根据地质勘察报告和支架荷载要求对基础进行处理确保基础承载力满足要求。同时设置排水措施防止基础浸泡和沉降。

立杆搭设:按照设计要求在基础上立起立杆并调整至垂直状态。立杆间距需满足规范要求和施工经验。在搭设立杆时需注意立杆的接头位置应错开布置以增强支架的整体稳定性。

横杆和斜杆搭设:在立杆上搭设横杆和斜杆形成稳定的支撑体系。横杆步距和斜杆设置需满足规范要求和施工经验。在搭设过程中需注意横杆和斜杆的方向和位置应正确无误以增强支架的承载力和稳定性。

可调托座和模板安装:在支架顶部安装可调托座并调整至设计标高。然后在可调托座上安装模板并固定好。在安装过程中需控制模板的垂直度、水平度和位置准确度确保满足施工要求。

预压监测:在浇筑混凝土前需对支架进行预压监测以检验支架的稳定性和承载力是否满足要求。预压荷载需按照设计要求进行分级加载并监测支架的变形情况。根据监测结果及时调整支架标高和预拱度确保浇筑后的结构尺寸和线形满足设计要求。

3.5 混凝土浇筑与养护

3.5.1 混凝土浇筑

在浇筑混凝土前需对模板、支架和钢筋等进行全面检查确保满足施工要求。同时需准备好振捣器、输送泵等施工设备并检查其性能是否良好。还需对浇筑现场进行清理和围挡确保施工安全和文明施工。采用分层对称浇筑的方法浇筑混凝土。每层浇筑厚度需控制在振捣器的有效作用范围内以确保混凝土振捣密实无空洞和蜂窝现象。浇筑过程中需控制浇筑速度和振捣器的移动间距和插入深度确保混凝土均匀分布且振捣密实。同时需注意观察模板和支架的变形情况如有异常需及时停止浇筑并采取措施进行处理^[4]。浇筑完成后需及时对混凝土表面进行收面处理确保表面平整光滑无裂缝和凹陷等现象。然后按照设计要求进行养护处理包括覆盖保湿、洒水养护等措施以确保混凝土强度和耐久性满足要求。

3.5.2 混凝土养护

根据混凝土强度和气温条件确定合理的养护时间。一般情况下养护时间不得少于14天。在气温较低或混凝土强度增长缓慢的情况下需适当延长养护时间。采用覆盖保湿、洒水养护等方法对混凝土进行养护处理。覆盖材料可选用塑料薄膜、湿麻袋等保湿性能好的材料。洒水养护需根据气温和湿度条件确定合理的洒水次数和洒水量以确保混凝土表面保持湿润状态。同时需注意避免养护过程中对混凝土造成冲击和振动等不利影响。

结语:明挖隧道异形超大断面拱形结构的安全建造涉及多个关键技术环节包括模架体系选择与设计、模板施工与固定、变形缝及施工缝处理、盘扣支架施工方法以及混凝土浇筑与养护等。通过合理选择模架体系、严格控制模板施工与固定质量、妥善处理变形缝及施工缝问题、规范盘扣支架施工方法以及科学进行混凝土浇筑与养护等措施可以有效确保施工过程中的安全性和结构质量。本研究为类似工程提供了详细的施工指导和参考具有重要的实践意义和推广价值。

参考文献

- [1] 豆世康,彭可云,刘艺,等.蓉江四路越江隧道工程设计关键技术[J].城市道桥与防洪,2024,(02):266-270+293+25.
- [2] 阮孝辞,杨艳红,李富成,等.复杂明挖异型隧道施工力学效应及控制措施研究[J/OL].施工技术(中英文),1-11[2024-12-05].
- [3] 韩其鹏,金大鹏,赵世华,等.明挖隧道施工质量控制及预防处理措施[J].建筑技术,2024,55(14):1722-1724.
- [4] 孙云博,李其俭,柴亮,等.明挖隧道马蹄形断面衬砌台车应力特征分析[J].工程机械,2024,55(06):118-123+12.