

隧道施工中预制仰拱的技术应用

Application of prefabricated research in tunnel construction

魏进才 马晓杰 肖密涛 顾文俊 刘毅

Wei Jincai, Ma Xiaojie, Xiao Mitao, Gu Wenjun, Liu Yi

(中建八局第二建设有限公司 山东济南 250022)

(China Construction Eighth Bureau second Construction Co., LTD., Shandong Jinan 250022)

摘要:现如今,随着科学技术的不断发展,隧道工程的建设数量不断增加,其在我国交通系统中的地位也在逐年增加。而随着时间的不断推移,社会给隧道工程提出了更加严格的要求,在此背景下,原有的施工技术逐渐难以满足当前社会发展需求,积极研发与应用全新的隧道施工技术势在必行。基于此,本文将以太田枢纽C匝道隧道仰拱预制及安装工程为例,简要分析隧道施工中预制仰拱技术的具体应用,以供参考。

Abstract: Nowadays, with the continuous development of science and technology, the number of tunnel engineering construction is increasing, and its position in China's transportation system is also increasing year by year. With the passage of time, the society has put forward more strict requirements for the tunnel engineering. In this context, the original construction technology is gradually difficult to meet the current social development needs, so it is imperative to actively develop and apply the new tunnel construction technology. Based on this, this paper will take the prefabrication and installation of Niantian Hub C ramp tunnel as an example to briefly analyze the specific application of prefabricated inverted arch technology in tunnel construction for reference.

关键词: 隧道工程; 施工; 预制仰拱技术; 应用

Key words: tunnel engineering; construction; prefabricated back arch technology; application

引言

隧道施工是一个复杂而艰巨的工程,而传统的施工方法存在诸如耗时耗力且效率低下等问题,难以满足当前社会发展需求。为了改善隧道施工的效率和质量,预制仰拱技术应运而生。该技术利用先进的材料选择和模块化设计原理,将仰拱分为若干个独立的模块,通过精确加工和运输安装来实现快速施工,同时有效地提升了隧道施工的质量。正因如此,相关人员需要重视预制仰拱技术,掌握该技术的相关应用要点,以为高品质隧道工程的施工提供有力的技术支持。

1 确定相关技术参数

隧道施工中,相关施工人员在应用预制仰拱技术前,首先需要做的便是根据隧道的几何形状、地质条件和预期的荷载情况来确定预制仰拱的尺寸、形状和厚度等参数需,以此来保证后续施工环节的安全性、稳定性与工程整体施工质量。本工程施工前,通过相关调查以及数据分析,确定了相关技术参数。

第一,仰拱构件基本截面尺寸如下图:

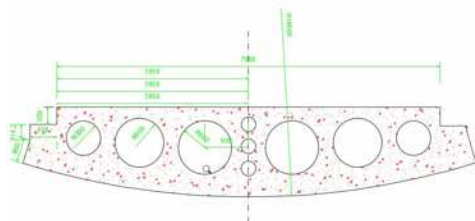


图1 仰拱构件截面尺寸

第二,仰拱预制构件底部设置50cm宽,7cm厚的注浆条带。中部两侧分别设置注浆孔及排气孔,确保注浆饱满、密实。

第三,每个预制构件顶部预埋四根吊杆,每个吊杆承重0t。吊杆长度25cm,直径40mm。

第四,仰拱预制构件安装前,应严格检查表面,保证安装面无积水、无杂物残渣等。

第五,仰拱构件采用C40钢筋混凝土预制。

2 仰拱预制施工

2.1 仰拱预制施工工艺

当确定相关技术参数后,便需要以这些参数为基础,按照以下施工流程完成预制仰拱的生产与加工。

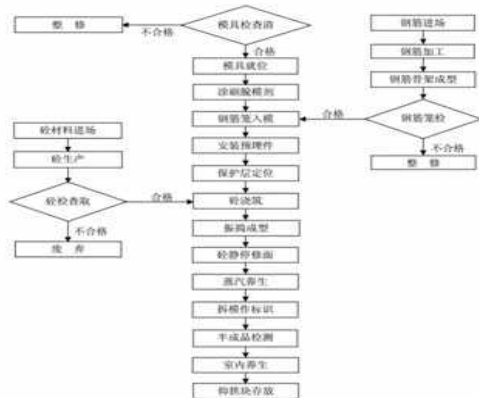


图2 仰拱预制生产工艺流程图

2.2 钢筋骨架加工制作

预制仰拱技术应用过程中,钢筋骨架也发挥着重要作用,其承担着承担着提供强度支撑、抗挠性、连接稳定和防止裂缝开裂等功能,确保预制仰拱在施工和使用过程中具有足够的稳定性和可靠性。在进行钢筋骨架加工时,应当严格按照以下流程。

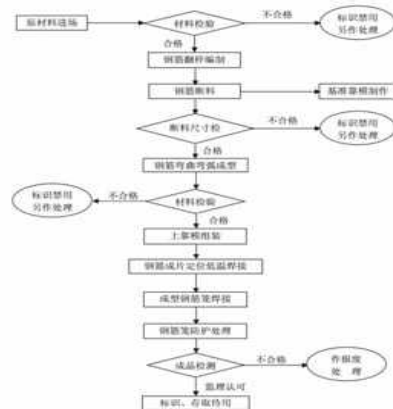


图3 钢筋骨架加工工艺图

当前在进行钢筋骨架加工环节,普遍会采用数控钢筋弯曲设备进行钢筋下料和加工,利用胎具进行钢筋绑扎及安装,其优势之处在于可以消除以往人工操作环节中存在的误差,提升钢筋骨架的施工质量。而为了进一步保证钢筋骨架的质量,相关人员需要注意以下几点。

首先,在钢筋加固环节,施工人员需要进行试弯,以此来确定数控设备的相关参数,以保证后续钢筋加工的准确性。之后再结合相关图纸完成下料图及大样图的绘制。做好相关准备工作后,按照要求完成钢筋加工。最后对加工出半成品分类码放整齐、并标识,便于后续工作提取使用。

其次,在胎具制作环节,相关人员应当确保胎具制作台座与仰拱构件预制台座保持方向一致,以便在起吊门架的可吊装范围内完成整体式钢筋骨架的吊装、平移和入模。同时,胎具中预埋筋、支撑筋、定位筋的加工必须严格按照钢筋骨架尺寸进行配筋计算,确保各部位钢筋的结构尺寸和使用数量符合设计要求。在钢筋绑扎时,要注意严格控制钢筋保护层厚度,并按照先底板后顶板的顺序进行绑扎,确保钢筋接头不超过50%的断面,并按规定进行错开安装。

最后,当钢筋骨架制作完成后,将仰拱预制块的吊杆预埋件依次安装。在距构件横向截面中心线两侧.6m位置分别设置4个吊杆(每个吊杆承重10t)

2.3 钢筋骨架吊装入模

钢筋骨架在胎膜上组焊焊接成整体骨架后,通过龙门吊整体吊装至仰拱预制台座上。将加工好的整体式钢筋骨架利用桁架进行起吊。起吊后平移至外模已安装好的预制台座上,入模过程中通过调整吊装桁架上的临时固定支架,可减少整体式钢筋骨架入模摆动幅度,避免钢筋骨架变形及混凝土保护层垫块的损伤。

骨架吊装过程应注意吊点位置的选择,吊点因对称分布于骨架长度方向的两侧,起吊时,吊绳与吊物水平夹角不宜小于 60° 。吊装时应慢速匀速吊装,切忌紧急制动。

2.4 模板系统安装

在隧道施工预制仰拱技术中,模板系统的重要性也不容小觑,其承担着提供支撑和保护、提供支撑和保护、提供施工便利。因而做好上述工作后,还应当按照既定流程完成模板系统的安装。通常情况下,应当按照轨道及预埋件安装、底模安装、侧模安装、吊入钢筋骨架的顺序完成施工。同时每次安装模板时,需要测量和校核其位置、水平度及垂直度,以保证模板安装质量。此外,还应当注意以下内容。

第一,端模

端模采用 $\Phi 0\text{mm}$ 厚钢板制作,使用激光切割和CO保护焊方式进行加工。端模在模板系统中的精度要求较高,安装时端模的模面应垂直于待浇段的中轴线,并保持在水平方向上垂直;期间需要对端模的上缘进行标高检测,确保其水平度;此外还应当确保端模支撑牢固,并且具有足够的刚度。

第二,侧模

侧模采用 $\Phi 2\text{mm}$ 厚的优质Q235b钢板制作,并配备纵向和横向助,通过钢结构支架进行支撑,支架上设有螺旋调节装置,可进行竖向调整。在侧模安装过程中需要确保加工精度,以保证平顺过渡和严密的接缝。同时侧模与端模以及移动台座之间的拼缝必须紧密,为此应当设置止浆措施以防止浆料渗漏。此外,侧模安装完成后,施工人员需要上下拉杆,促使侧膜与底模连接紧密。

第三,芯模

芯模面板 $\Phi 4$ 至 $\Phi 6\text{mm}$ 钢板,设有加劲肋内模设计成自动开合式,可实现自动支拆模板,芯模主要由模板片、中心机构及液压系统组成。各模板片之间通过中心机构调节拼缝,整个芯模系统固定在滑梁上,可由液压系统完成收缩并横移(也可以用倒链人工拉出,暂存在侧模上)。下一循环的钢筋骨架就位后。

再通过液压系统或人工推入钢筋骨架内腔,用液压系统将内模展开,形成仰拱的预制芯模。

所有模板均采用智能液压模板构成整个模板系统。智能液压模板系统由整体模板、液压系统及智能控制系统组成。通过位移传感器和同步控制系统,实时控制模板开合状态,自动工序衔接。配合应力应变传感器,可以有效避免模板意外变形,避免了梁体损伤。

2.5 混凝土浇筑

本工程施工期间采用C40混凝土,混凝土由拌合站集中供料,采用砼运输车运至预制场。混凝土运至浇筑现场进行放料前,应进行混凝土坍落度检测,坍落度满足施工要求方可进行浇筑,若发现混凝土出现离析现象无法正常使用,应先进行调整,经调整后仍然无法使用应废弃。同时应留取至少3个为一组的混凝土立方体试块,进行同条件养护。

仰拱预制构件浇筑采用泵送混凝土入模,浇筑时应分层浇筑,同一截面混凝土分层浇筑高差不得大于50cm。入模高度不得超过2m,超过2m应采用溜槽放料。实际浇筑期间应加强振捣,振捣采用附着式振捣器振捣。振捣器应采用一机一闸方式接电,避免局部混凝土过振。

2.6 脱模、蒸汽养护

构件混凝土浇筑完成后,通过移动台座进入到蒸汽养护区进行养护。蒸汽养护分静停、升温、恒温、降温四个阶段。混凝土的升、降温速度不得超过下表规定值。采用普通硅酸盐水泥时,养护温度宜不超过 80°C 。

表1 加热养护混凝土的升、降温速度($^\circ\text{C}/\text{h}$)

表面系数 (m^{-1})	升温速度	降温速度
≥ 6	15	10
< 6	10	5

(1) 静停期

混凝土浇筑完成后,需要进行静停,即让混凝土保持静止状态,时间一般为5~8小时。这段时间内,混凝土会自行固化和进行初步硬化,使其具备足够的抗压强度和稳定性。静停期的具体时间会根据现场实际情况来确定。

(2) 送汽蒸养

1) 升温阶段

在静停期之后,需要将混凝土升温至养护温度。在这个阶段,升温的速度不能太快,否则混凝土表面可能会因为体积膨胀过快而产生裂缝。升温过程中可以采用送汽蒸养的方法,即通过供应热源,如蒸汽,使混凝土温度逐渐升高。

2) 恒温阶段

升温阶段结束后,混凝土需要保持在养护温度下一段时间,这个阶段被称为恒温阶段。在恒温阶段,混凝土的强度增长速度最快,通常需要持续养护8~10小时,这样可以确保混凝土达到设计强度和性能要求。

(3) 降温阶段

当混凝土达到拆模强度或张拉强度时,需要进行降温。过快的降温速度会导致混凝土表面产生裂缝,因此必须严格控制降温速度。可以采用温度逐渐降低的方式,例如逐渐停止加热源供应或采取其他措施来降低混凝土的温度,以确保混凝土的安全性和稳定性。

2.7 移梁、洒水养护

预制构件经过蒸汽养护一段时间后便可移动至存梁区进行正常养护,养护方式一般可采用洒水养护、薄膜覆盖养护等。洒水养护采用自动喷淋系统,根据养护时间的需要,自动进行洒水养护。

3 仰拱吊装施工

3.1 仰拱吊装工艺

仰拱开挖后隧底找平或施作仰拱初支→仰拱预制块运输及就位→仰拱预制块精准定位与安装→仰拱预制块底部注浆回填

→预制块拼装后回填混凝土。

3.2 隧底开挖

仰拱开挖采用机械开挖,土方运输车配合出渣,如遇坚硬岩机械无法正常开挖时,应采用浅眼松动爆破的方式将围岩破碎后,再配合机械进行开挖。

仰拱开挖应严格控制超欠挖,欠挖部分应采用补炮或者机械破碎的方式予以清除,保证仰拱开挖深度及厚度满足设计要求,超挖部分应将隧底虚渣清理干净后采用喷射混凝土回填,不得采用洞渣回填。

3.3 基底处理、仰拱初支施工

仰拱开挖完成后应对隧底进行处理,清理虚渣,IV级围岩不设仰拱初支的段落清理虚渣之后进行喷射混凝土初喷,对V级围岩,要先进行仰拱初支的施作。

因仰拱预制块安装时要求精准定位,因此,对于隧底平整度要求较高,未设置仰拱初支的断面,在开挖完成后应清理虚渣,及时采用喷射混凝土封闭,并基本找平,对于设置有一个初支的断面,应确保仰拱初支施工质量,喷射混凝土表面平整,无坑洞。喷射混凝土表面平整度的控制值为30mm。

3.4 构件运输、吊装

仰拱构件运输采用平板运输车运输至隧道内。

装配式隧道预制仰拱块在预制场经过养护达到图纸规范要求的强度之后通过运梁板车运输至隧道内安装位置,进行仰拱构件的拼装。

构件在吊装之前首先应对隧底或仰拱初支面进行找平处理,通过回填喷射混凝土找平,以便确保构件下放后顶面高程符合施工要求。

仰拱开挖后隧底找平或施作仰拱初支→仰拱预制块运输及就位→仰拱预制块精准定位与安装→仰拱预制块底部注浆回填→预制块拼装后回填混凝土。

3.5 仰拱注浆

为防止构件底部与隧底或仰拱初支之间存在空隙,同时为防止仰拱底部脱空,在仰拱构件拼装完成后应立即进行注浆,注浆料采用GRM超早强自流平基灌浆料。

注浆时注浆压力不宜过大,注浆速率不宜过快,注浆量不宜过大,预制块临边部分使用止浆布填塞。注浆时需配备流量

计,将注浆速率控制在24L/min以内(力求达到浆液扩散速率与浆液注入速率相平衡)。按照量控为主,压力为辅的双控原则,进行压灌,注浆压力为0.2~0.5Mpa,待排气孔有均匀浆液流出停止灌注,同时关闭注浆塞阀门,视该孔灌注结束。同时实时观测注浆过程中浆液的流量及压力变化,如遇流量或压力骤增骤减的情况,应及时调整浆液凝固时间,做到浆液最佳扩散。

3.6 预制块空腔回填

仰拱预制块吊装完成后应对构件空腔进行回填,通常回填材料主要为粉煤灰、矿渣、砾石等。本工程采用C5素混凝土作为回填料完成空腔回填。实际回填过程中,应当根据设计要求,在每次连续吊装完成5块预制块后进行一次空腔回填。在回填过程中,需要注意确保排水系统的畅通。可以设置合理的排水装置来保证回填材料的排水性能,避免积水造成不良影响。此外,在此过程中,应当进行实时的施工监测。为此,相关人员可以采用测试仪器对回填材料的密实度、温度和湿度进行监测,以确保施工质量和效果。

4 总结

综上所述,本文以念田枢纽C匝道隧道仰拱预制及安装工程为例,简要分析了隧道施工中预制仰拱技术实际应用过程中的相关技术要点,希望可以借此为相关从业人员提供一些理论参考,从而更好地应用预制仰拱技术来提升隧道工程的施工效率及质量。

参考文献:

- [1]林江.预制仰拱在隧道施工中的应用[J].城市建设理论(电子版),2022(28):79-81.
- [2]刘骞,黄干辉.高速公路隧道仰拱施工[J].云南水力发电,2020,36(06):3-6.
- [3]高辉.浅谈隧道仰拱的技术要点及病害机理[J].山西交通科技,2020(02):66-68.
- [4]白雪.隧道仰拱施工工艺研究[J].工程技术研究,2020,5(04):66-67.
- [5]孔庆波,于洋,李霞.隧道仰拱施工工艺的探讨[J].中国新技术新产品,2012(07):51.