

# 浅谈江苏某高速公路装配式箱涵施工技术

张远萍 孙 鸿

中建三局集团有限公司 北京 100071

DOI:10.12238/etd.v3i11.6840

**【摘要】**: 装配式箱涵是指将传统施工方法中的大量现场作业迁移至生产工厂内进行,在预制的生产工厂制造好箱涵节段,再运送到建设施工现场,采用辅助配件连接的方法在现场装配并安装而成。装配式箱涵主要包括预制节段、遇水膨胀止水胶条、密封胶、螺纹钢、链接器、钢板等构件。因为采用了标准化产品设计、工厂化生产、组装机建造、现代信息化管理工作、自动化应用,是当下箱涵施工的主流,现就江苏某高速公路装配式箱涵施工工艺作出简要概述。

**【关键词】**: 节段预制; 翻转; 防水; 装配式

中图分类号: TU74

## The Discussion on the Construction Technology of Prefabricated Box Culvert for a Highway in Jiangsu Province

Yuanpin Zhang<sup>1</sup>, Hong Sun<sup>2</sup>

China Construction Third Engineering Bureau Group Co., Ltd., Beijing 100071

**Abstract:** The prefabricated box culvert refers to the relocation of a large number of on-site operations in the traditional construction method to the production plant, the box culvert segment is manufactured in the prefabricated production plant, and then transported to the construction site, and the method of connecting auxiliary accessories is assembled and installed on the site. The prefabricated box culvert mainly includes prefabricated segments, water-swelling water-stopping rubber strips, sealants, rebars, linkers, steel plates and other components. Because of the use of standardized product design, factory production, assembly construction, modern information management, automation application, is the mainstream of the current box culvert construction, now a brief overview of the construction process of a highway prefabricated box culvert in Jiangsu province.

**Keywords:** Segmental prefabrication; Turn over; Watertight; Assembled

### 引言

此项目全线按双向六车道高速公路规范施工,设计时速为120km/h,道路总宽度为34.5m。因多数箱涵与主线路基均是斜交,且角度不定,故设计采用“预制安装段+现浇段”施工。现浇段为箱涵两端斜角部分,预制段为中间若干标准节段。此工程地下水水位较高,河塘较多,属于软土地基,需采用管井降水配合水泥搅拌桩或换填碎石施工地基。

### 1 箱涵节段预制

#### 1.1 钢筋加工及安装

箱涵钢筋采用数控钢筋弯曲中心、数控钢筋弯箍机加工,整体式钢筋绑扎胎具,钢筋在现场加工区加工,根据下料单要求加工成半成品,在钢筋存放区分编号堆码,钢筋在胎具上安装完成,采用钢尺进行丈量钢筋间距,保护层采用强度C70垫块控制,数量5个/m<sup>2</sup>,采用专用桁架<sup>①</sup>整体起吊钢筋骨架,整体入模<sup>①</sup>。

#### 1.2 模板制作与安装

外模由四块平模组成,平移式加固及拆除,平移距离600mm,外模之间采用5颗锁紧螺栓进行锁紧,外模与底模之间单边采用4颗锁紧螺栓进行锁紧,外模、内模与底模接合处均布置有密封橡胶条;内模由四块倒角模板、四块平模组成,采用铰链式活动丝杠连接,拆除时可倾倒约5°;外模、内模与底模接合处均布置有密封橡胶条,防止漏浆;浇筑时覆盖可拆卸式模盖,确保施工安全。

1.3 混凝土施工混凝土浇筑采用龙门吊吊料斗多点布料、一次浇筑成型的方式。节段采用立式浇筑<sup>②</sup>,节段高3m,钢筋较密,为防止混凝土离析,箱涵底部1m范围需采用串筒进行下料,串筒长度1.5m,直径为110mm,待浇筑1m高后,去除串筒,直接布料;为保证混凝土放料厚度及箱涵底部振捣密实,开始放料时四个倒角采用0.5m<sup>3</sup>料斗放料,理论厚度20cm,每斗平均放料时间10min,每个倒角循环放料2斗后换大料斗;混凝土班组由五名工人组成,1名负责操作龙门吊、3名振捣工、1名负责检查模板、1名负责放料。

1.4 采用2条 $\phi 50$ 插入式振动棒进行振捣, 顶面1条 $\phi 30$ 振捣棒进行顶面插口、凹凸面细部振捣, 辅助盖板气泡排出。振捣时快插慢拔, 达到混凝土停止下沉, 不冒气泡, 表面平坦泛浆后才徐徐提出振动棒。振点布置间距30~40cm, 每点插入下层混凝土深度5~10cm, 与侧模、PVC预应力管道保持5cm的间距, 振点持续振捣时间严格控制, 在20s~30s, 振捣严格按布料顺序进行, 并不得欠振或超振, 1名工人振捣20S, 一名振捣30S, 19:05浇筑完成, 共用时130min。

1.5 混凝土浇筑成型后, 其上表面要求抹平压光。

1) 粗抹平: 用铝合金压尺, 刮去多余的混凝土(或填补凹陷), 进行粗抹。

2) 中抹平: 待混凝土收水并开始初凝用灰匙抹光面, 使起表面平整、光滑。

3) 精抹平: 在初凝后, 使用精工抹平, 力求表面无痕迹。

## 2 拆模、养护

为保证台座的有效周转, 预制箱涵节段混凝土强度(75%)时, 采用吊带从箱涵底面兜起, 吊运至存放区, 搁置在柔性垫条上(10×13cm的木方)进行养生。起吊时, 必须保证平稳、吊点垂直, 注意保护好混凝土的棱角, 不得有碰撞破损等情况。

箱涵存放后, 采用土工布(300g)覆盖、自动喷淋、时间节点器控制30min洒水一次养护, 养护7天以上。

## 3 翻转、起吊

预制箱涵一般采用“立式”浇筑, 但预制箱涵节段拼装时的状态是“躺式”的, 从“立式”状态转换为“躺式”状态, 需要一种特殊装置。<sup>[2]</sup>

传统起吊翻转方式采用龙门吊配合人工完成, 操作机械局限性受限, 且人工配合翻转过程中, 人员安全性无法得到保障。

本工程采用一种特殊翻转装置, 此装置可将预制箱涵翻转任何角度, 并且安全, 快捷、高效。

原理为采用一个固定端的电动机为箱涵涵体翻转提供动力, 因为电动机转速太快, 不能使箱涵涵体缓慢翻转, 不可控制, 又安装一个差速箱(类似于汽车的变速箱), 使传动轴与电动机的转芯转速不同; 活动端主要作用一是为箱涵涵体翻转提供一个轴心, 使涵体在垂直面翻转, 二是通过它在底座上位置调节与固定端之间的距离, 三是其轴杆前后移动通过滑槽实现, 轴杆前后移动动力由人工机械控制。轴杆前后移动使插入到预制箱涵提前预留的插孔内, 从而将预制箱涵涵体“安装”在翻转装置上。

## 4 箱涵安装

### 4.1 主要施工方法

#### 4.1.1 测量放样

首先, 用全站仪精确定出涵洞中央线和纵向轴线位置。基坑坡度斜率, 可依地质状况按工程设计和标准要求的坡度进行施工。一般基坑宽比涵洞基础的底角尺寸超宽约0.5m, 方便工人辅助作业。

#### 4.1.2 基坑降水

降水井沿基坑周边布设, 降水井布设间距15m, 井深20m, 直径30cm, 每管并配备一台潜水泵。当沟塘沿路基纵向超过25米时, 在沟塘中间增设一排管井。考虑到成井后泥水沉淀的时间过程, 一般需24小时后开始下泵抽水。每口井均单用1台 $\phi$ 式的三相双叶轮潜水泵, 并要求潜水泵的出水能量必须等于每单井的最大出水量。

#### 4.1.3 基坑开挖

降水完成后, 再按照1:0.75的标准边坡, 使用挖掘机完成基坑开挖, 挖掘机开挖至设计高程以上约20-30cm后, 由人工配合机械挖出多余浮土, 并重新整平至设计标高。在基坑周边设置宽度为30cm、深度为20cm的临时排水沟, 在地形低洼处设置集水坑, 利用水泵抽出积水。基坑施工完毕后, 检验地基承载力能否满足设计要求, 对平面位置、宽度、高程进行检验。

#### 4.1.4 基底处理

基坑开挖至设计基底标高并符合地基承载力后, 进行砂砾垫层施工。砂砾垫层填筑平面尺寸每边比结构物尺寸宽出50cm。

#### 4.1.5 基础施工

箱涵基础形式采用砂砾垫层+C25混凝土基础, 砂砾垫层中部厚度40cm, 端部厚度70cm, C25混凝土基础厚度20cm。砂砾垫层分两层施工, 采用22T压路机碾压。砂砾垫层浇筑工作结束后, 再浇筑C25砼垫层, 基础整体为一次浇注成型, 当水泥强度超过1-1.5Mpa时, 使用切割机进行切缝, 4.0-6.0m一道, 具体依据涵身沉降缝而定, 切缝深度为3cm。

#### 4.1.6 节段运输

箱涵预制节段装运时, 每辆车横向装运一节预制箱涵, 在装车时一定要避免在装运过程箱涵的打滑。预制箱涵一定要安置在车辆的中部。运送时一定要控制好车辆时速, 不能过快, 将速度限制在35km/h, 以确保箱涵无损伤地送到施工现场。要配合吊车安装, 按照运输前预先准备箱涵时的先后顺序, 将箱涵运送到现场, 装卸搬运的地点一定要便于吊车的布置。箱涵运送到现场后, 尽可能做到直接在搬运车上吊装或下钩, 并

尽量减少二次搬运,需要存放在现场的,一定要注意场地的平整,严防碰撞。

#### 4.2 预制节段拼装

##### 4.2.1 节段安装

构件架设之前,先检验基层高度、平顺性,对标高误差较大的地方进行适当处理,处理完毕后放出箱涵中心线、边线,在测量班放样结束后,由施工队在基层上弹墨线进行标记,并标记出各节段位置。同时严格按照吊挂选型的试验结果选用起吊吊车,并调节吊机工作幅度和就位位置,若现场不能满足设计要求,则采用挖掘机协助装载机整修吊车支立地面,以保证起吊安全。<sup>[2]</sup>安装结构之前应对各种结构进行检测,经验收合格后方可进行。人工配合吊车施工,调节好结构的位移方向和高度,同时结构也必须放置平稳,与基础紧贴密实。

箱涵安装顺序为:从涵洞低侧往高侧吊装第一节就位,然后吊装第二节段,每完成一节段都要对纵向拼缝进行处理,纵向每1个标准节段纵向预应力钢筋张拉一次。节段安装前,需在预制构件承插口位置粘贴遇水膨胀止水胶条及密封胶,保证在构件连接后能够有效阻水。

##### 4.2.2 吊运步骤

(1) 吊装工作之前,应当进行全面细致地进行检验核对工作。检验构件安装的位置标记、方位线标记是否准确,检验材料码放是否满足吊装条件。

(2) 吊装索具的系接必须牢固。

(3) 在吊挂前进行试吊试验,以确保各组成部分均具备工作协调性与安全性;复查各部位的情况等。

(4) 当构件就位时,须严格按信号工指令慢慢落,必要时应由作业工人协助吊装。

(5) 两个节段在承插过程中,需人工采用撬棍配合安装。吊车将第二节吊运至第一节连接位置后,缓慢降落至与第一节平齐,然后人工用撬棍从第二节外侧斜着往第一节方向撬动,直至承插紧密,然后吊放下放到位,在撬动时,需在撬动的受力点铺好土工布,做好成品保护,严禁撬动过程中在成缺棱掉角。

##### 4.2.3 构件连接

###### (1) 预应力张拉

箱涵节段间纵向连接方式采用 $\phi 25\text{mm}$ 无黏结预应力精轧螺纹钢对称张拉,锚具连接器为Q345钢,垫板为Q235B钢。张拉控制应力为 $0.52f_{pk}$ ,预应力筋张抗拉强度为 $200\text{kN}$ ,伸长率为 $0.24\text{cm/m}$ ,在张拉时采用张抗拉强度和延伸量的双重控制方式,以张抗拉强度为主。

箱涵节段从第二节开始,安装一节,张拉一节,采用4个千斤顶在涵洞四角采用对称的方式进行张拉连接,详见下图1所示:

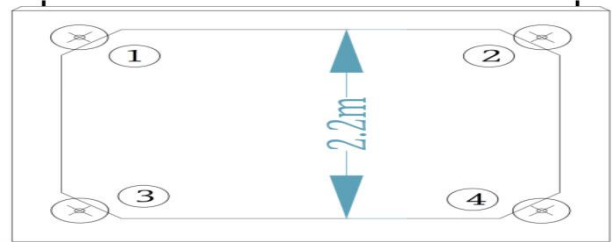


图1 千斤顶布置图

张拉时,首先张拉序号3、4,然后张拉序号1、2。首先,穿入预应力钢棒,从节段B一端往节段A方向穿入A节段连接箱,然后分别在A、B节段连接箱内安装钢垫板及YGM-25锚具,然后节段A连接箱内锚具拧紧,节段B连接箱内锚具保持松动,预留出张拉伸长值。利用YDC220千斤顶进行张拉,张拉力与伸长量符合要求后,停止张拉并拧紧B节段连接箱内与A节段连接的锚具,最后松开千斤顶,利用无齿锯切断节段B连接箱内预应力钢棒,完成节段连接。

###### (2) 孔道压浆

当所有预制节段张拉完毕后,开始进行压浆工作。孔道压浆严格按照《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T3650-2020)执行,水泥浆液强度不小于 $50\text{MPa}$ ,要求孔道内压浆饱满,禁止边掺加原材料,边拌合,边压浆<sup>[4]</sup>。压浆过程及压浆后2d内室外气温低于 $5^{\circ}\text{C}$ 时,在无可靠保温措施情况下禁止压浆作业。

压浆时由连接箱内的压浆孔压入,当发现有浆液由另一端上溢并由较稀状态变为较浓(与灌入的浆体相同时)状态后,立即闭合出浆口,并持续压浆使压力达 $0.5\sim 0.6\text{MPa}$ ,持压 $2\text{min}$ 为宜。无漏浆状况时,立即封闭进浆液阀并及时拆除注浆胶管。

浆体初凝时(约 $5\text{h}$ ,具体时间根据气温由试验确定),拆除及清洗装设于压浆端和出浆端的球阀,并彻底清洗所有压浆装置和设备。

每一工作班应制作留取不少于3组尺寸为 $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ 的试件,标准养护 $28\text{d}$ ,进行抗压强度和抗折强度试验,作为评定质量的依据。

接缝防水现浇段与预制段接缝处采用 $2\text{cm}$ 厚浸沥青木板,外侧粘贴 $50\text{cm}$ 宽防水卷材。预制节段之间采用双层防水构造,内部为挤压 $20\ast 15\text{mm}$ 遇水膨胀止水条孔内压浆完毕后,待压浆量强度达到 $100\%$ 后,连接箱采用砂浆进行填充。

## 5 结语

(1) 箱涵预制节段由预制场直接加工完成, 现场吊装作业, 比原始现浇作业提高了工作效率, 规避了现场施工的不可预见性, 根据工期计划提前定制, 施工工期可控。

(2) 资质齐全、质量管理体系完善的箱涵预制场, 由于管理规范, 质量信息化, 构件加工更标准, 流水线作业, 整体制造效率更高, 相应的构件生产成本也会降低, 结合工厂的数字化管理模式, 整个预制装配式工程的价格比会更高。

(3) 箱涵预制场场所固定, 排碳量标准可控, 在绿色环保和节能方面, 装配式建筑要优于现浇施工作业。

(4) 随着时代的进步, 科技的振兴, 工程中的装配式应用继往开来。预制装配式箱涵比现浇箱涵施工更具有竞争力。因此, 在日后工程施工工艺中, 建议大规模推广。

## 参考文献:

[1] 李博. 公路预制装配式混凝土箱涵施工技术[J]. 交通世界, 2021(36):33-34. DOI:10.16248/j.cnki.11-3723/u.2021.36.013.

[2] 阎君, 刘发奎, 张露等. 预应力预制箱涵安装工艺[J]. 低碳世界, 2019, 9(04):91-93. DOI:10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2019.04.056.

[3] 熊玉铭. 装配式建筑的发展趋势及质量把控[J]. 四川建筑, 2020, 40(02):334-336.

[4] 国务院办公厅发布《关于大力发展装配式建筑的指导意见》[J]. 中国建筑金属结构, 2016(11):18-19.