

山阳路立交桥连续箱梁一次浇筑成型施工工艺

王 文 成, 蒋 爱 民

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610081)

摘 要: 由于连续箱梁桥具有线形舒展、伸缩缝少、刚度大、行车平稳、养护简便等优点, 对于跨度变化大、曲线复杂的立交桥(如城市立交桥或跨河的曲线匝道桥)来说具有其它结构不可替代的优越性, 已成为首选的结构型式。为了保证梁体轻盈、美观、降低建筑高度、有效控制工程造价, 梁体断面高度也正在逐渐被优化, 导致已经成熟的桥梁施工工艺产生了新的问题。介绍了在南水北调中线焦作市山阳路立交桥混凝土连续箱梁采用的一次浇筑成型工艺, 加快了施工进度, 保证了梁体美观。

关键词: 互通式立交桥; 混凝土连续箱梁; 一次性浇筑; 施工工艺

中图分类号: U44; TV52

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2014)06-0033-05

1 工程概述

山阳路互通式立交桥位于河南省焦作市, 上跨南水北调中线总干渠, 为该市交通主干线, 也是焦作市最大的一座立交桥。主干道全长 840.906 m, 跨渠道主桥长 75 m, 主跨长 35 m, 引桥长度为 289.5 m, 机动车道宽 16.5 m, 非机动车道宽 13 m, 现浇连续箱梁 8 联, 混凝土 5 862 m³; 匝道桥全长 1 520.32 m, 现浇连续箱梁 27 联, 混凝土 9 923 m³; 匝道路基全长为 3 966.29 m。

山阳路互通式立交桥上部结构为现浇混凝土连续箱梁, 其中预应力箱梁 12 联、钢筋混凝土箱梁 23 联。箱梁高度均为 1.668 m, 梁内箱室为 1~5 个, 箱室最大净高 1.228 m。

2 箱梁施工的技术难点分析

矮断面箱梁设计高度一般小于 1.8 m, 箱梁内部净高一般为 1.2 m 左右。对于箱梁的施工, 传统工艺采用二次浇筑, 第一次只浇筑梁底板和部分腹板, 有的则是将底板和腹板同时浇筑, 留下顶板和翼缘板, 分界线在翼板腋下 5 cm 处, 待底板混凝土达到一定强度后, 再浇筑剩余部分的腹板和顶板混凝土。这样施工的优点是操作人员对底板混凝土可进行充分振捣, 底板质量较好。控制时可视性好, 看得见, 摸得着并可减轻支架荷载, 对地基承载能力要求相对较低; 缺点是增加了一次施工循环, 对接茬部位需进行凿毛、接浆处理, 并在梁体外侧留有明显的施工接缝。这种施工工艺不仅工期长, 腹板钢筋容易污染, 接缝影响

美观, 而且腹板接缝处容易出现质量隐患。端横梁和墩顶横梁为钢筋极密区, 同时也是波纹管的交叉区, 混凝土凿毛和钢筋除污处理的难度极大。

实验证明: 二次施工的试件无论抗压、抗折强度均较一次成型的试件有不同程度的降低。影响混凝土结合面强度的主要原因是结合面的凿毛质量。如果结合面不凿毛或结合面凿毛质量差时, 其抗拉强度竟然接近于 0。有资料表明, 闭口杆件的最大容许扭矩与开口杆件相比相差近 17 倍。由此可见, 箱梁的纵向水平缝质量对梁体的抗扭能力有巨大影响。

由于施工增加了一个循环和接缝的处理, 从而明显造成工期延长。

因此, 为取得质量、外观、工期几个因素的综合统一, 必须克服箱梁内部空间狭小和一次性浇筑混凝土方量大的困难。项目部通过采用专门的芯模保证作业箱内的空间和条件, 确保了混凝土一次浇筑的质量。

3 混凝土箱梁一次性浇筑的施工要点

3.1 芯模的制做

要保证一次性混凝土的底板施工质量, 必须加强对底板混凝土的振捣。由于单室底板净宽为 2.15~2.9 m, 底板混凝土不可能像空心板小直径芯模那样通过腹板混凝土的振捣就能保证底板混凝土密实。因此, 必须采用无底芯模以保证对底板混凝土的直接振捣并尽可能地加大混凝土的施工作业空间, 而且芯模顶板要留进人孔, 使工人能够进入箱内。为保证工人在箱内的操作空间以及

收稿日期: 2014-09-06

芯模的拆卸方便,对芯模必须采取特殊的施工措施。

(1) 芯模的典型形状。

采用木板和多层板加工,箱内采用木撑,芯模

不设底板。这样实施,工人在浇筑时可站在箱梁底模板上进行操作,箱内的净空可达 70 ~ 80 m,一般身材的工人可以半蹲或趴着施工。中幅箱梁内模支撑排架典型形状如图 1 所示。

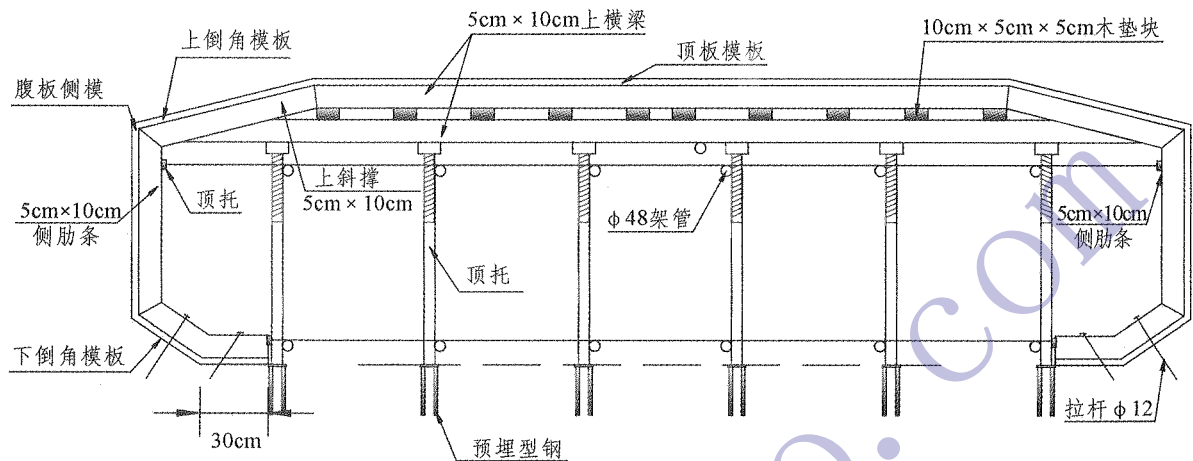


图 1 中幅箱梁内模支撑排架系统图

(2) 芯模框架采用 10 cm × 10 cm 方木制作,每个框架设支撑,立杆之间的净距应保证有充足的操作空间;框架方木采用楔形连接形式,在支点处用木板钉紧,即保证了支撑牢固,又方便了拆卸。

(3) 由于木板或多层板刚度较小,框架木支撑每隔 75 cm 设置一道,并且在横撑上钉纵向方木条,使各支撑联成整体以增加其安全系数,底板浇筑后,工人可在横撑上趴着施工。

(4) 每节芯板长度为 3 m,便于芯模的重复组装、利用,从而尽可能地提高骨架及多层板的周转次数和利用率。

(5) φ48 架管带顶托安放在芯模底脚预埋件上,预埋件用 φ12 螺纹钢筋焊接成马凳,马凳下垫塑料垫块,这样实施,芯模的重量全部作用在马凳上,不会对底板钢筋造成挤压,从而可以保证底板的厚度。

(6) 为防止箱内的施工人员对底层钢筋间距的影响,按每层钢筋的位置高度加工 φ12 螺纹钢筋骨架。钢筋骨架间用 φ12 螺纹筋按 0.3 m 间距焊接成型。钢筋骨架在箱梁横断面上按间距 1.5 ~ 2 m 布置,在进入孔处加密,增加支撑力,以保证其在箱梁内部施工时不变形。

(7) 在芯模外侧筋上绑塑料垫块,控制保护层厚度,防止因钢筋保护层厚度不足或裸露腐蚀

而产生混凝土裂缝;芯模两侧与大箱侧板之间采用钢筋撑杆加塑料垫块固定,以确保腹板的厚度。

(8) 每个芯模的拆除均从进入孔处开始向两边进行,边拆除边外运,完整拆除一个芯模后向里推进,使空间逐渐增加。

采用以上措施可以保证在箱内有适当的操作空间,能够充分振捣混凝土,从而保证底板混凝土的浇筑质量。

3.2 梁体混凝土的施工质量

3.2.1 混凝土配合比设计

连续箱梁的浇筑一般采用混凝土泵车,因此,混凝土塌落度必须满足要求。根据规范中的有关规定,在泵送混凝土配合比中,对碎石级配的空隙率、砂子的细度模数及砂率、粉煤灰和外加剂(主要为减水缓凝剂)的掺量都做了严格的控制。由于施工高度较高,控制入仓塌落度为 170 ~ 190 mm(视浇筑温度调整大小)。由于粗骨料为碎石,当混凝土塌落度过大时,梁体外观颜色较差且易出现流砂、水纹等质量通病,故塌落度不易过大。

由于单联混凝土量大(单联 1 300 m³)且地基承载不均匀,加之支架高度差较大,为保证在混凝土初凝前全部浇筑完毕,防止因上述不利因素可能导致的箱体开裂,在混凝土配合比设计中加入了缓凝剂,以控制混凝土初凝时间为 14 ~ 16 h。

3.2.2 混凝土的现场施工控制

箱梁混凝土总的浇筑原则是从低处向高处浇筑,尽可能地在混凝土初凝前全部浇筑完毕。

(1) 混凝土的浇筑速度。

为达到单联结构的整体性并防止浇筑上层时破坏下层,并保证其在先浇筑的一层混凝土初凝前完成,根据以下公式确定浇筑参数。

$$h \geq s/t$$

式中 h 为浇筑时混凝土面上升速度的最小允许值; s 为搅动深度,以浇筑时的规定为准,一般为 0.25~0.5 m; t 为水泥实际初凝时间。

综合现场实际条件,计划浇筑 15 h 。

(2) 混凝土纵向入模顺序。

该顺序为从低到高,分三层台阶浇筑;第一层的临时施工缝设在横梁处。

(3) 混凝土横向入模顺序。

从两肋对称灌入混凝土,通过振捣使之溢出底三角。施工时注意观察两肋倒角混凝土是否密实。由于底板较宽,需从进人孔将泵管深入箱内补充底板混凝土,并注意底板混凝土与斜角溢出混凝土的结合,在结合区间内保证混凝土骨料的含量。

(4) 严格控制腹板混凝土的入灰量。

混凝土在腹板振捣过程中,须在箱梁内倒角处进行引流,使混凝土从两腹板向底板中间流动,致倒角处达到密实。由于采用的是无底芯模施工,若腹板下料过多,易造成箱内底板混凝土上翻,从而导致底板超厚。

(5) 加强底板混凝土的质量控制。

① 箱梁底板由于从腹板下料溢出和底板补灰,往往造成结合部混凝土不足和骨料不均,为此,要人为地进行骨料均匀或补充混凝土。

② 由于箱梁内操作空间狭小,工人施工极不方便。为保证施工质量,振捣设备应完好适用, $\phi 50$ 、 $\phi 30$ 振捣棒和平板振动器均需配备。

③ 振捣时振捣棒不能触碰底板,振捣棒操作人员与振捣棒开关人员应相互协调,振捣棒离开混凝土后要及时关闭,防止振捣棒触击芯模造成不良影响。

④ 振捣方向为从中间向两侧振捣,防止底板中部砂浆过多而影响局部混凝土强度。

⑤ 振捣工在振捣前可站在箱梁底模上施工,

振捣完毕应蹲在芯模支撑上进行收面,不许踩踏底板混凝土,箱内的振捣人员应与箱外人员及时进行沟通,振捣好腹板底角,不能产生过振和漏振。

(6) 控制好工作时间的间隔。

底板振捣完后,应间隔一定的时间再上升浇筑腹板和顶板,以底板混凝土初凝前为准。实际施工中,应根据底板混凝土的情况、天气情况,适当调整间隔时间,使底板混凝土塌落度适当损失(条件允许时,底板混凝土的塌落度可适当减小,以能泵送为原则),减少其流动性,防止底板混凝土受压后上翻。腹板浇筑时,振捣棒应插入下层混凝土中充分振捣,使两层混凝土良好结合,不留下施工缝的痕迹。

3.3 现场管理要点

3.3.1 天窗的设置

作为出入箱室的通道,天窗的大小应方便正常体形人员的进出,形状以方型或椭圆形为宜。考虑到内模拆卸后从天窗运出,天窗的尺寸以长边为 1 m,短边为 0.8 m 为宜。天窗的尺寸不易过大,以尽量减少对梁体受力的影响,其位置设置在梁的 1/4 跨径处,天窗位置的顶板钢筋要断开并留足焊接长度。芯模拆除后,天窗即可回补。回补前应对天窗四周顶板混凝土进行凿毛和顶板钢筋焊接,清除仓内的垃圾并在天窗位置吊好底模板后即可浇筑。

3.3.2 箱内人员和设备的配备

箱梁因工作面小,人员配备不宜过多,每箱室内一般配备 4~5 名工作人员。其中,振捣工一人,负责底板及腹板底角处的振捣并及时移动照明灯具;开关振捣棒一人,负责按振捣工的意图及时开关、移动振捣器;底板收浆抹面一人,及时对底板顶面进行处理;加固芯模及信息传递一人,负责加固芯模并及时沟通箱内外信息;箱外配备一人,天气炎热时,还应配一定数量的通风降温设备。质量控制人员应旁站,处理可能发生的其它事宜。

3.3.3 工作面的管理

箱梁由于底板与顶板浇筑有时间间隔,总体上形成两个工作面,底板一般比腹板超前浇筑 6~10 m,施工管理难度较大。施工中应重点控制两工作面的间隔时间,通过下料控制两工作面的

施工进度,及时沟通箱内外信息,协调箱内外人员及设备的调配并严密观察箱内的支撑及梁底支架的情况,做到分工明确,人员各司其职,施工井然有序。

4 质量通病的防治

其存在的主要缺陷有烂根、裂缝、烧底模、漏振等,笔者从中选择出几项并介绍了如何控制缺陷的方法。

4.1 烂根

通常也称“烂脚丫”,一般发生在腹板底角部分。造成的原因是模板侧模与底板处不密贴,混凝土停滞时间过长,接头处初凝不能再塑和前引混凝土坡度过陡。

处理办法:严格注意腹板侧模和大底的密贴,锁固紧固件,并在混凝土浇筑过程中不应使领先混凝土停滞时间过长。间隔停滞时间以混凝土初凝前为宜,并保持混凝土的分层浇筑程序。

4.2 裂缝

箱梁的裂缝一般有后张法梁端锚固处的裂缝、腹板收缩裂缝、底板裂缝、顶板裂缝等。

4.2.1 后张法梁端锚固处出现的裂缝

通常发生在梁端或预应力筋锚固处,裂缝比较短小。其发生在梁端多与钢丝束方向一致,在锚固处与梁纵轴的角度多呈 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$,运营初期有所发展,以后会趋于稳定。其产生的主要原因是端部应力集中,锚固区金属结构件密集,混凝土质量不良所致。

处理方法:锚固区金属结构件要认真安装,保证其几何尺寸。在混凝土浇筑过程中,要保证该区的骨料含量,不能使砂浆过分集中。因该处钢筋密集,要采用“插信子”的办法,保证混凝土振捣密实。

4.2.2 腹板的收缩裂缝

该裂缝大多在脱模后2~3 d内发生,裂缝通常从上梁肋到下梁肋,整个腹板裂通宽度一般为0.2~0.4 mm,施加预应力后大多会闭合。

产生的原因是混凝土收缩和温差所致。

处理办法:脱模后及早张拉 $1/3$ 或 $1/2$,以控制裂缝的发生。对混凝土的内外温差应严格控制,尤其是在极低的外界温度时要加设暖棚保暖。在夏季,混凝土初凝后及时将箱室内装满水并洒水覆盖养护至少7 d。

4.2.3 底板裂缝

由于梁的横向受力性能与横向不变形截面有很大的不同,箱梁底板上发生不规则裂缝系因腹板与底板受力不均匀所致。

处理办法:在支架设计时,要充分考虑腹板和底板的重量分配,加密腹板支架的支撑能力,使支架受力均匀。

4.2.4 箱梁弯曲裂缝

由于混凝土抗拉能力不足而导致箱梁弯曲裂缝的产生。在分段式箱梁中,一般出现在接缝内或接缝附近,梁底裂缝宽度可达0.1~0.2 mm。

处理办法:在支架上现浇混凝土要进行程序控制,以避免使支架产生横向荷载或模板部分受力集中。

4.2.5 顶板的裂纹

其产生的原因一般为箱梁混凝土标号高,而商品混凝土塌落度波动大,往往造成“过振”现象。商品混凝土一般水泥用量大,易使混凝土在硬化过程中出现较大的干缩而形成裂纹。

控制干缩裂纹的措施:在顶板混凝土收面作业时,从一头开始全断面抹面并注意排除泌水。

在混凝土初凝前,采用高压喷雾对已收面的混凝土进行湿润,延缓干缩时间,待混凝土表面有一定强度后(以手指触混凝土表面不沾灰浆为标准)立即用透水无纺布进行覆盖,覆盖后随时洒水,保持混凝土表面的完全湿润;炎热天气更要适当加大喷水。严格控制操作人员不得进入混凝土表面,避免踩踏出坑。

4.3 振捣不足或漏振

其产生的原因是混凝土的一次浇筑厚度过大,或未水平分层,或分层不清而振捣不足;振捣间距过大,在振捣器振捣不到的地方形成漏振;在预留孔、预埋件及钢筋密集区浇筑,振捣方法不当。

预防措施:对于腹板和钢筋及预埋管多的部位,采用以 $\phi 30$ 、 $\phi 50$ 棒振捣为主并适当“插信子”,同时在模板上安置1.5 kW的附着式振捣器(可吊挂在模板背面的备管上),将每次振捣时间控制在5~10 s。还可以施加人工插捣和橡皮锤敲击等辅助手段。

严格掌握插入式振捣器的操作方法:快插、慢抽,上下抽动5~10 cm以观察混凝土表面不再下

降、不再出现气泡、表面水平、泛出水泥砂浆为宜。建立岗位责任制,采取定人、定岗、定责任,现场挂牌监督。

混凝土浇筑上料人员应服从振捣人员指挥,后台人员服从前台人员的指挥,下级人员服从上级人员的指挥,以防组织混乱,避免浇筑时分层、分条不清而造成漏振。

5 结 语

箱梁一次性浇筑的关键工艺之一是优化和改进芯模设计,在保证底板混凝土质量的前提下,使芯模尽可能地少占箱内空间,在保证其有足够刚度的前提下便于装拆。

在一次性浇筑工艺中,要认真选择混凝土的

塌落度并控制好底板和腹板、顶板混凝土的间隔时间,使底板既不拱起,腹板又不出现施工缝痕迹。

严格控制混凝土的浇筑质量,控制质量通病的发生。

要以为人为本,对箱梁内外的配合要求应非常严格。因此,在提前做好施工布署的情况下,加强现场工作的管理与协调。

作者简介:

王文成(1975-),男,四川中江人,项目总工程师,工程师,从事水电工程施工技术及管理工作的;

蒋爱民(1966-),女,河南封邱人,工程师,从事水电工程施工技术及管理工作的。

(责任编辑:李燕辉)

锦屏水电站机电设备及金属结构总结会在工地召开

9月24~26日,锦屏水电站机电设备及金属结构总结会在锦屏电厂召开。雅砻江流域水电开发有限公司副总经理张肇刚、成都院副总经理宋胜武、王劲夫参加了会议并讲话。锦屏水电站工程建设安全可控、质量优良、造价节约,顺利实现了发电目标。投产以来,机电设备运行稳定,机组稳发满发,截至2014年9月20日,累积发电量约136亿kW·h,取得了较好的发电效益和社会效益。为总结锦屏工程机电设备及金属结构设计、制造、安装、运行等方面的经验,雅砻江流域水电开发有限公司和锦屏电厂组织设计、设备制造厂、机电安装、监理等参建单位召开了锦屏水电站机电设备及金属结构总结会。会上,业主对机电及金属结构设计质量、服务工作给予了高度评价,同时提出了部分设计在细节、人性化方面的不足。本次总结会分为主机及辅机、电气一次、电气二次及金属结构4个小组。成都院副总工、项目经理周钟,机电处副处长李勇、机电处各专业项目主设人员及主管室主任参加了分组讨论,各小组讨论热烈,成果丰富。院领导根据本次会议精神,要求各专业重视业主提出的设计精细化、人性化的理念,认真研究业主的各项总结和要求,积极配合电厂进行整改,并在雅砻江流域后续电站中提供更优质的设计及服务。

能源“十三五”规划编制启动

国家能源“十三五”规划编制工作已经启动。2014年4月21日,国家能源局组织召开“十三五”能源规划咨询工作组成立暨第一次全体会议,确定规划编制思路、时间表等。国家能源局委托电力规划设计总院牵头组建能源规划咨询工作组。中国工程院、水电水利规划设计总院、国网能源研究院、中国煤炭工业发展研究中心、中国石化经济技术研究院、中国石油经济技术研究院等研究机构是规划咨询组成员单位。国家能源局重组后,注重在能源发展战略、规划和政策拟订和实施方面的职能。与以往五年规划不同,“十三五”能源规划采取“开门做规划”方式,强调统筹发展,科学研究规划目标与指标。能源规划的价值在于其对投资决策有一定指导性,能源项目一旦列入规划相当于提前拿到“准生证”。为加快项目审批,此前在规划编制过程中不乏地方政府、能源企业“公关”影响。规划部门已明确能源“十三五”规范不是为了批项目,而是为了落实国家能源战略、优化稀缺资源配置、统筹能源发展,突出对重大工程、重大项目的指导作用。国家能源局规划司司长俞燕山在会议上提出,能源“十三五”规划的重点任务是落实《国家能源发展战略行动计划(2014-2020)》,构建安全、清洁、高效、可持续的现代能源战略体系。能源规划要实现“九大统筹”,包括供需统筹、国内与国外统筹、西部与东部统筹,时间上的统筹,不同能源品种间的统筹,上、下游生产环节的统筹,开发时序的统筹,能源、经济社会与生态环境间的统筹,中央与地方的统筹。具体而言,我国资源生产和消费呈逆向分布,西部资源丰富,东部有主场需求,需要统筹能源输出地与能源接收地间的供需关系,做好东西部产业布局;国内国外统筹则是指在资源供应上加强国际合作,在开放中维护能源安全。时间上的统筹基于能源项目建设周期各不相同,一些项目建设周期长则10余年,短则1~2年,需要协调未来能源需求和项目建设进程;煤、电、油气、新能源不同能源品种之间是替代关系,有此消彼长的特性,需要统筹不同能源品种发展规模。能源生产链统筹则是解决煤炭与电力用户、电源和电网之间、油气生产与管输之间的脱节问题;开发时序的统筹强调优先开发经济效益好、市场需求大的能源项目,开发难度大的、经济差的项目则由规划来安排。能源发展兼顾对经济社会、环境影响,统筹能源需求、资源条件、水资源、环境容量之间的关系;中央与地方之间的统筹则要协调国家利益与地方利益,如控制能源消费总量与地方发展诉求之间的矛盾。