**[类 型]** 设备工具微改造和技术工艺微创新

**[关键词]** 公路隧道，中心排水沟，倒“凸”型，标准化，快速，施工

公路隧道中心排水沟倒“凸”型标准化快速施工技术

JWC2021-161

甘肃路桥建设集团有限公司

马慧宇、王芳、杜祥宇、王龙飞、谢一龙

**1.成果施工技术产生背景**

隧道工程修建于地下岩土中，整个隧道结构可能会处于地下水的包围之中。而地下水无孔不入，经常会由于对地质勘探的认识不足，设计、施工及运营管理各环节工作的不到位，造成隧道防排水系统产生缺陷，引起隧道发生渗漏水现象。截止目前，隧道渗漏水已经成为影响我国公路隧道的主要病害之一，是影响公路隧道正常运营及全寿命的至关重要的因素之一。

公路隧道防排水是一项系统工程，同时，其永久性防排水结构全部是隐蔽工程，因此，隧道防排水的勘察、设计、施工和运营管理都有很大难度，而且，公路隧道的防排水技术涉及因素多，影响因素也很多，要形成完善、有效的防排水系统是一项重大的挑战。

公路隧道中心排水沟纵向贯穿整条隧道,是整条隧道集水、排水系统的关键环节。隧道结构之外地层中的渗水，通过环向排水盲管的集水、纵向排水管的汇聚，由横向排水盲管最终汇入中心排水沟，并由中心水沟排入隧道外排水系统。因此，中心排水沟的集水、排水能力是重点和薄弱环节，而通过良好的施工控制达到从根本上保证该功能发挥良好效果，是最优的策略。

传统的中心水沟施工，通常有两种方法：

一种方法是分两次分别施做排水沟边帮，然后再施做填充层。这种方法的弊端是：（1）施工工序过多，间隔时间过长，不利于施工组织。（2）施工缝多，留下的接缝隐患也多，容易产生渗漏水，且线形不顺畅，不利于排水。（3）交叉作业多，严重制约进度，不利于快速、标准化施工。（4）劳动强度高，生产效率低，合格率也低。

另一种方法是在中心排水沟位置预埋大直径的波纹管或预制水泥管，将预埋管安置在基座上，并用硬质材料填实，在预埋管上层铺设一层碎石滤水层，然后完成填充及路面面层。这样施工有很多弊端：（1）由于施工误差，预埋管道往往存在线形不平顺，排水不畅问题，严重处发生积水。（2）连接处对接不严密，经常发生渗漏水。（3）横向排水盲管和排水沟衔接处经常出问题，导致横向排水盲管管头排水不畅，或直接汇集于预制管外，造成长期积水。（4）中心排水管透水孔的开孔率有限,在使用一段时间后,透水孔易被堵塞，造成失效。（5）波纹管或预制水泥管的安装需要小型吊装机械，基座施工要严格控制，很多工作需要人工完成，劳动强度高，生产效率低，合格率低。

中心排水管（沟）经常性地排水不畅、积水浸泡，会导致中心排水管（沟）破裂、损坏，以及路面开裂、积水，隧道拱部遭受经常性浸泡，下渗后会软化地层，急剧降低承载力，发生隧道不均匀沉降，隧道拱脚收敛、下沉，甚至路面开裂、隆起等严重病害，存在安全隐患，严重影响隧道正常运营安全。

**2.施工技术产的目的**

《公路隧道施工技术规范》（JTJ/ F60-2009）与《公路隧道施工技术细则》（JTJ/T F60-2009）只规定了洞内排水沟布置、结构形式和纵向坡度等项目的允许偏差检查方面的规定，但对如何施做，如何更有效地控制洞内排水沟的各项检查内容等问题并未提及。

隧道防排水技术的核心是“防堵结合，快速引流”，以结构实现防排水技术，在施工中形成完善有效的防排水系统。为此，为了实现中心水沟有效集水、快速排水，避免积水，同时实现准确控制中心排水沟几何尺寸，保证中心排水沟纵向整体线型平顺，无接缝（只是每次的施工缝，施工缝位置不渗水），实现快速、标准化施工，提高工作效率，经研发人员认真思考、论证和实践，通过简化、整合仰拱填充和中心排水水沟(包括纵向、横向排水盲管)施工工序，将仰拱填充和中心排水水沟两道工序合并为一次施工，而发明了一种公路隧道中心排水沟快速标准化施工的倒“凸”字型整体装置。

**3.施工技术装置及施工工艺流程**

**（一）公路隧道中心排水沟快速标准化施工的倒“凸”字型整体装置的发明思路及制作方法：**

1、施工段落划分及模板单元划分

为了实现快速、标准化施工，将仰拱填充(包括纵向、横向排水盲管埋设)和中心水沟合并施工，利用该装置，每个循环仰拱填充后即可形成同等长度的中心水沟。该整体装置纵向长6m，由4节1.5m长的“凸”字型装置拼装连成整体，这样便于安装、拆卸和抽移。

2、每节“凸”字型装置的制作（如图1）

（1）根据中心排水沟的几何尺寸，采用钢模板加工成每节长度150cm，上部高36cm，水平台阶腰宽10cm，下部高40cm，底脚宽10cm的定型模板；并形成左右对称结构。要注意采用模板纵、横加劲肋的密度，防止应力集中造成变形和破坏。

（2）两半幅底板之间用活动铰连接，活动铰撑开，即为设计底宽，同时底部横向固定；活动铰撬起打开，底部自动脱模。纵向每50cm设置一道，和花篮螺丝上下对应。

（3）模板顶面加工成宽5cm的平面，平面上每50cm预留一直径为2cm的圆孔，用于模板拆卸时撬杠撬松。

（4）在模板顶面向下10cm加劲肋位置，纵向每50cm设置一道花篮螺丝，在同位置同时设置一道同宽木横撑。

花篮螺丝两侧模板上对称设置连接孔，花篮螺丝两端钩在连接孔上。花篮螺丝拧紧，则限制对称模板张开，相当于受拉杆件，安装过程中防止对称模板散开。

同时，紧邻花篮螺丝旁，设置总长为模板间距（此处为40cm）的截面为4cm×4cm的方木横撑，横撑两头垫设8cm×8cm，厚2cm木板。当花篮螺丝拧紧时，则木横撑限制对称模板合拢，相当于受压杆件，仰拱填充过程中防止对称模板受到压力合拢位移。

该装置拆卸时，只需松开花篮螺丝，打掉方木横撑一端垫木，则木横撑自动掉落，打开底部活动铰，卸开节与节之间的连接螺栓，则每节“凸”字型装置即可轻松拆下。

图1 隧道中水沟倒“凸”字型整体装置断面图



1、活动铰，2、连接孔，3、花篮螺丝，4、方木横撑，5、垫木，6、撬孔，7、8、︹形定位拉筋，9、定位筋，10、锚固筋，11、仰拱横断面顶面，12、仰拱纵断面顶面，13、连接螺栓，14、横向盲管预留孔。

3、在每节中间，底部向上20cm处，面板上预留Φ12 cm的圆孔，圆孔中心位置为横向排水盲管中心（如图2）。

图2 隧道中水沟倒“凸”字型每节装置对称内侧立面图



4、每节之间的连接方式

每节之间用连接螺栓固定，和普通模板安装方法一致。

图3 隧道中水沟倒“凸”字型整体装置对称内侧立面图



5、倒“凸”字型整体装置的定位方式（图1）

(1)在倒“凸”字型整体装置底部两侧各预埋8根定位钢筋，用于限制该装置左右位移，通过打开两半幅底板之间活动铰，固定底部。

(2)通过花篮螺丝和木横撑固定中上部。

(3)在8根定位钢筋断面方向外1.5m处埋设锚固钢筋，通过顶部卡槽，设置︹形拉筋，并焊接在锚固筋上，形成斜拉筋，限制该装置左右位移，同时防止倾覆和该装置上浮。注意卡槽、定位筋和锚固筋在同一横断面上，有利于受力和固定。

**（二）公路隧道中心排水沟快速标准化施工的倒“凸”字型整体装置施工中心水沟的施工工艺过程：**

1、通过测量放样，在仰拱钢筋绑扎时，预埋倒“凸”字型整体装置底部两侧预埋8根定位筋和8根锚固筋，分别出露10cm即可。

2、在定位钢筋上标出倒“凸”字型整体装置安装的平面位置和顶面高程。

3、仰拱混凝土终凝后，即可根据平面位置和高程进行拉线放样，根据墨线逐节安装倒“凸”字型装置。

安装前，对“凸”字型装置外表面抛光、涂刷脱模剂。

安装时，底脚紧贴在仰拱表面。根据放样位置，将每节该装置安装在定位钢筋之间，打开底板之间活动铰，准确固定平面位置；根据高程放样，垫设或凿除装置下混凝土，准确确定高程位置。安装花篮螺丝和木横撑，拧紧花篮螺丝，通过该装置顶面卡槽，将︹形拉筋焊接在锚固筋上。

逐节安装该装置，并通过连接螺栓连成整体装置，注意节与节之间接缝平整、严密。这样的整体装置安装后结构稳固，位置准确，线形平顺。

将该装置与填充外侧堵头合理连接，为仰拱填充做好施工准备。

由于每次仰拱超前中心排水沟50cm，除过第一循环施工端头平齐外，以后循环的该装置一端固定在已成型的中心水沟上，上口只加设横木撑即可（此处省去花篮螺丝固定方式），其余部位固定方式不变，且伸入上一循环水沟10cm，因此每个循环实际施工的中心水沟长度是5.9m。

4、将横向排水盲管穿过预留圆孔，并对纵、横向排水盲管进行临时固定；排水管管口用无纺布填塞包裹。

5、倒“凸”字型整体装置安装完毕，检查装置顶面位置和高程，自检符合要求后，将底脚处用仰拱填充混凝土高一级标号的砂浆进行填塞，防止漏浆（根据实际情况，需要时才施做），再请监理工程师检查验收。

6、浇筑过程中，注意在该整体装置左右两侧逐层大致对称浇筑，按要求振捣密实，防止单侧压力过大造该装置错位、移动和跑模等现象发生。

7、混凝土达到拆模强度后，从斜拉筋出露填充层位置将斜拉筋割断，拆去︹形限位钢筋，卸掉每节间连接螺栓；松开花篮螺丝，打去垫木，卸掉木横撑，打开底部活动铰，用撬杠辅助，逐节卸掉该装置，并抽移至下一待施工位置，准备继续重复作业。

8、该装置拆除后，在倒“凸”字型沟腰上（每边10cm），安装中心水沟预制盖板，盖板上再填充混凝土并和填充层顶面平齐。

**4.实施效果**

公路隧道中心排水沟快速标准化施工的倒“凸”字型整体装置的应用，与传统的中心排水沟作业相比较，具有以下优点：

1、该装置贯彻隧道防排水理念，实现结构排水，“防堵结合，快速引流”，从根本上解决了中心水沟系统的病害发生，保证了隧道结构的稳定性和耐久性，提高隧道的运营和全寿命效果。

2、该装置发明的思路清晰，加工、制作简单；本发明形成的装置安装和拆卸方便，具有可靠的固定性和灵活性，安全可靠，经济实用，可以重复使用，最后回收残值率大于95%。

3、将仰拱填充和中心水沟合并施工，大幅度提高了工作效率，大幅度降低了劳动强度，节约了人工60%以上，大幅度提高了仰拱填充和中心水沟的工程质量。

4、把中心排水“管”换成了中心排水“沟”，增大了中心排水沟空间，大幅度提高了中心水沟的集水、排水能力；且在中心水沟顶面可以分段设置检查井，检查井内设置沉砂池。

5、施工中，通过该装置两端顶面，即可准确控平面位置和高程；根据拉线放样，准确控制长段落仰拱填充及中心排水沟几何尺寸，且控制后的中心水沟整体线形平顺、排水通畅，控制措施可靠，控制手段易于实现，控制效果明显，提高了整体施工水平。

6、通过不透水的施工缝代替了预制管接头，避免了接头渗水、积水，避免了采用预埋管时接头处的渗漏水。

7、全部横向排水管能直接、及时、顺畅地排入中心排水沟，杜绝了衔接不畅和旁溢斜流；而且杜绝了预埋管透水孔堵塞失效等现象的发生。

8、该装置的使用，便于标准化、规范化、集约化组织施工，便于组织流水作业，施工时间可以缩短50%以上，也提高了该装置的周转率。

9、施工完成后的中心排水沟，可以方便地按规范要求实施通水试验，且观察结果直观、有效。

**5.工程实例**

在甘肃路桥建设集团有限公司中标承建的十堰至天水高速公路甘肃段徽县（大石碑）至天水公路ST11合同段小川隧道、成州隧道等多座隧道开挖过程中地下水丰富，突水严重，小川隧道左线3428m，右线3374m；成州隧道左线2066m，右线2120m，中心排水沟施工均采用快速标准化施工的倒“凸”字型整体装置进行施工，有效控制了隧道中心排水沟的几何尺寸和线型平顺，保证了排水通畅，通过不透水的施工缝代替了预制管接头，避免了接头渗水、积水；全部横向排水管能直接、及时、顺畅地排入中心排水沟，杜绝了旁溢斜流；较大断面的中心排水沟空间大幅度提高了中心水沟的集水、排水能力，有效降低了隧道周围的水压力；该装置的使用，便于标准化、规范化、集约化组织施工，便于组织流水作业，施工时间可以缩短50%以上，提高了该装置的周转率，将仰拱填充和中心水沟施工合并，大幅度提高了工作效率，大幅度降低了劳动强度，节约了人工60%以上，大幅度提高了仰拱填充和中心水沟工程质量，有效的集水和排水，防止了渗漏水的各种病害，提高了隧道结构的稳定性和耐久性。同时，该装置的使用是对重点部位、薄弱环节开展精细化施工的一次重大突破。



图4 一种公路隧道中心排水沟快速标准化施工的倒“凸”字型整体装置



图5 应用该装置完成的施工完成的中心排水沟