

文章编号: 1007-2284(2017)06-0158-04

堰顶高度可调的控水设备研发

谢崇宝¹, 张国华¹, 黄斌², 董建幸³, 王全民³

(1. 中国灌溉排水发展中心, 北京 100054; 2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048;
3. 陕西兴源自动化控制系统有限公司, 西安 710016)

摘要: 堰流和孔流是闸门过流的2种工作方式, 相应地, 堰上水头和闸门开度就构成了灌区水量控制的关键技术要素。根据水力学原理, 渠系水量控制中的配水设备宜采用能够形成孔流的配水闸, 而为了更好地稳定渠道水位, 宜采用能够形成堰流的控水设备, 但实际应用中缺少能够调节堰顶高度的控水设备。根据实际需求, 开发了底升式测控一体化控水设备和活页式测控一体化控水设备, 这2种闸门均集测控于一体, 采用顶面溢流方式, 具备为下游配水提供稳定供水条件的功能。

关键词: 水量控制; 闸门; 堰顶高度可调; 研发

中图分类号: TV736; TV663 **文献标识码:** B

1 灌区水量控制关键技术要素

闸门是用来控制水位, 调节流量的, 它是蓄水及引水建筑物中必不可少的组成部分。过闸流量一般采用通过监测过流建筑物的上下游水位及闸门开度, 再选定适当的流量系数及流量公式, 从而计算出流量的方法。闸门的形式有很多种, 闸门的选型和布置, 应根据闸门的受力条件、控制运行要求和闸室结构布置等因素选定。目前的闸门自动控制技术主要是在传统螺杆、卷扬、液压启闭机的控制系统上增加自动控制功能, 不仅可以实现远控、集中控制, 还能根据上、下游水位, 实现过流量、闸位开度等闭环控制。由于闸门一般位置偏远, 对能源供给、防尘防水、防盗防破坏的要求较高, 近年来这方面也有大量研究, 尤其是太阳能光伏发电技术已比较成熟, 更是有力促进了自动控制闸门的研究和应用。

1.1 堰上水头

堰上水头指上游静水位高出堰顶的深度。过闸水流形态

收稿日期: 2016-12-05

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目“灌溉用水实时调控技术与方法”(2011BAD25B03)。

作者简介: 谢崇宝(1965-), 男, 教授级高级工程师, 从事农田水利与饮水安全方面的研究。E-mail: xchb@263.net。

通讯作者: 张国华(1980-), 男, 高级工程师, 从事农业水利工程方面的研究。E-mail: zgh311133@163.com。

可分为: 自由堰流、淹没堰流、自由闸孔出流和淹没闸孔出流4种。堰流和闸孔出流是2种不同的水流现象, 它们的水流特征及过流能力也不相同。对于同一水闸, 在某种条件下出流属于堰流, 在另外的条件下可能变为闸孔出流, 这种水流的转化条件与闸孔的相对开度以及闸底坎、闸门的形式等有关。

对分水口而言, 一方面期望上游来水尽量保证水位的稳定, 另一方面, 期望下游配水流量尽量稳定。分析堰流和孔流的流量公式可知, 当上游流量增加一倍时, 堰前水位只增加1.6倍, 而闸前水位却需要增加4倍, 因此, 堰流具有很好的稳定水位功能, 而孔流具有很好的稳定流量功能, 理想的配置是节制闸采用堰流而配水闸采用孔流。但传统的堰无法灵活调节堰顶高度, 实际应用中不得已仍采用闸代替堰。若能研发一种能够调节堰高的闸门作为节制闸来改造现有的渠道输配水系统, 实际应用中能够产生堰流, 则能实现最理想的堰闸配置取水模式, 即可稳定干支渠的输水水位, 也可稳定支斗渠的取水流量。

1.2 闸门开度

闸位监测点的选择、闸位信息的采集和闸门开度控制方式选择是闸门开度监测系统建设的主要任务。灌区水闸设置数量的确定取决于管理方式和投资规模, 设置水闸建设点的顺序一般是先骨干, 后分支, 也有按控制区域开展, 沿某一渠系(如某一支渠)自上而下成片建设。因此, 在选择闸位监测点时应根据灌区工程运行的实际需要, 合理规划建设闸位信息采集

点。通常在沿渠泄洪闸和节制闸所在位置布置控制点,以保证渠道的安全稳定运行和水资源的合理调度。闸位信息的采集是通过闸位传感器来实现。闸位传感器安装于闸门启闭机上,当闸门处于静止状态时,定时采集闸位数据。当对闸门进行启闭操作时,传感器自动实时采集闸位数据。所采集的数据通过数传设备传输,实现闸位信息的自动监测,并据此进行闸门的远程操作。

闸门是否需要实行自动控制主要是根据其调节频繁程度确定,是否要实行远程集中控制则需要根据控制对象的相互关联程度确定。对于灌区而言,需要进行自动控制或远程集中控制的闸门并不普遍,对其必要性应逐个进行技术经济论证和方案比较。实行远程集中控制时还必须对通信可靠性、安全措施以及相关职责等进行具体分析和调整。无论采用何种控制方式,均应符合现地优先的原则,以确保安全运行。为了优化配置水资源,灌区实行统一调度是必要的,但并不一定要实现远程集中控制,实践中可根据供水条件和需水要求,合理分配用水指标和用水时段,根据运行情况统一下达调度指令,各级执行机构按照操作规程人工或自动执行调度指令,调度部门通过适宜的技术手段监视调度指令的执行情况,并对执行效果及时跟踪反馈。

2 底升式测控一体化控水设备研发

2.1 研发目的

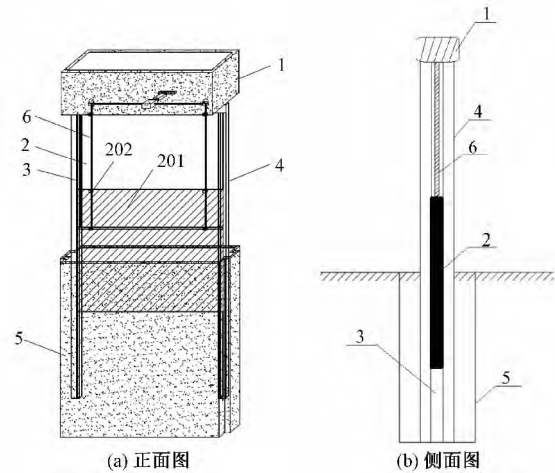
在渠道输水灌溉过程中,通常采用闸门以孔流方式进行泄水,而在泄水时,对于灌溉分水口而言,不仅期望来自干支渠的上游来水的水位尽可能保持稳定,还期望去支斗渠的下游配水的流量尽可能稳定。因此,为了保证上游来水的水位以及下游配水的流量尽可能稳定,理想的配置是上级渠道上宜采用能够形成堰流的控水设备(如堰),而下级渠道上宜采用能够形成孔流的控水设备(如配水闸)。然而,传统的堰多为固定在水渠或者河道中的泄水建筑物,其堰顶的高度一般为固定不变的,如此难以确保上游来水水位的稳定。因此,亟须提供一种可调节堰顶高度(简称堰高)的堰,对于稳定来自干支渠的上游来水的水位,以及稳定去往支斗渠的下游配水的流量具有十分重要的意义。

2.2 技术方案

2.2.1 结构组成

底升式测控一体化控水设备如图1所示,主要包括防水控制箱、闸板、闸板滑槽、门型闸框、埋藏式闸板箱和调节螺杆。

如图1所示,防水控制箱包括箱体、设置在箱体内的电动机、电源、多模式闸板控制器、闸板开度仪、通讯模块;防水控制箱的箱体通过不锈钢板制备得到,并采用橡胶密封;电源用于对电动机、多模式闸板控制器、闸板开度仪以及通讯模块提供电能;多模式闸板控制器内置控制软件、数据采集软件、数据计算软件,用于控制电动机的运行,进而控制闸板的运动;闸板开度仪用于获取闸板的位置信息,并通过数据线传输至多模式闸板控制器进行计算,并根据计算结果控制闸板的运动;通讯模



1-防水控制箱;2-闸板;201-安装凸台;202-限位台;3-闸板滑槽;4-门型闸框;5-埋藏式闸板箱;6-调节螺杆

图1 底升式测控一体化控水设备结构示意图

块用于与外界终端设备连接,用于数据通信。防水控制箱的箱体通过不锈钢板制备得到,并采用橡胶密封。闸板为实心的不锈钢板、铝合金板或镁合金板;闸板的厚度为3~10 cm,具体依据强度需要确定;高度超出水渠最大深度10~20 cm。闸板的上部沿宽度方向设置有一条安装凸台,闸板顶部设置有两个具有通孔的限位台;2个调节螺杆的下端穿过限位台上的通孔后,焊接在安装凸台上。闸板滑槽中设置有橡胶层。闸板顶部和埋藏式闸板箱顶部覆盖有防渗布。埋藏式闸板箱采用混凝土预制成型。

埋藏式闸板箱安装在水渠的渠底以下的土层中,门型闸框下部固定在埋藏式闸板箱中,闸板滑槽固定在门型闸框相对的左右侧壁上,闸板的左右两侧分别配合地插入闸板滑槽中。防水控制箱设置在门型闸框顶部,2个调节螺杆的一端连接防水控制箱,另一端连接闸板,防水控制箱通过驱动调节螺杆,带动闸板在闸板滑槽中上下运动。当闸板上升至最高点时,闸板的底部与水渠的渠底持平;当闸板下降至最低点时,闸板的顶部与水渠的渠底持平。

2.2.2 工作方式

研发的底升式测控一体化控水设备,通过在水渠的渠底以下安装埋藏式闸板箱,使得防水控制箱驱动调节螺杆带动闸板在闸板滑槽中上下运动,当闸板上升至最高点时,闸板的底部与水渠的渠底持平;当闸板下降至最低点时,闸板的顶部与水渠的渠底持平。当需要调节水位时,通过调节闸板的高度,使闸板的高度与水位的设定高度相一致,实现了堰高可调节的目的。当不需要调节水位时,可将闸板下降至最低,使其置入渠底以下的埋藏式闸板箱,从而不会对水渠的正常输水造成影响。此外,由于水中通常含有泥沙,当调节水位时,泥沙将沉积到闸板前方,待不需要调节水位时,闸板置于埋藏式闸板箱中,其顶部与水渠的渠底持平,所沉积的泥沙能够随水流流向下游,同时还解决了传统堰或闸泥沙淤积的问题。现场应用方式如图2所示。



图2 底升式测控一体化控水设备工作状态

3 活页式测控一体化控水设备研发

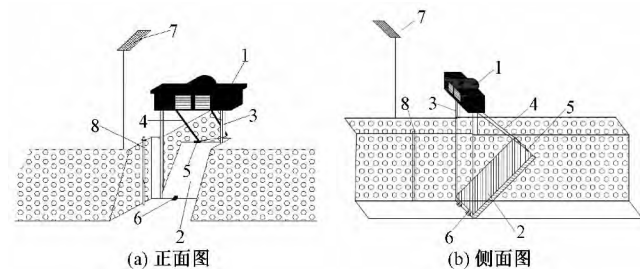
3.1 研发目的

如前所述,针对实际应用中缺乏能够调节堰顶高度的节制闸或堰,除上述底升式测控一体化控水设备外,还研制一种活页式测控一体化控水设备,进一步拓宽闸门的功能是十分必要的。

3.2 技术方案

3.2.1 结构组成

活页式测控一体化控水设备如图3所示,主要包括防水控制箱、闸板、门型闸框、调节丝杠、万向螺母和活页。



1-防水控制箱;2-闸板;3-门型闸框;4-调节丝杠;5-万向螺母;6-活页;7-太阳能板;8-堰前水位计

图3 活页式测控一体化控水设备结构图

防水控制箱内设置有电连接的电源和电动机,还包括:箱体、设置在箱体内且与电源电连接的多模式闸板控制器、闸板开度仪、通讯模块,以及设置在箱体内且与电动机电连接的同步器、与同步器电连接的蜗轮蜗杆减速器;多模式闸板控制器内置控制软件、数据采集软件、数据计算软件,用于控制电动机的运行,进而控制闸板的运动;闸板开度仪用于获取闸板的位置信息,并通过数据线传输至多模式闸板控制器进行计算,并根据计算结果控制闸板的开度;通讯模块用于与外界终端设备电连接,用于数据通信;同步器用于将电动机的驱动力同步地传递至蜗轮蜗杆减速器;蜗轮蜗杆减速器用于驱动调节丝杠在万向螺母内旋转。防水控制箱的箱体通过不锈钢板制备得到,且各连接处采用橡胶密封。

闸板为实心的不锈钢板、铝合金板或镁合金板;闸板的厚度根据强度需求确定为3~10 cm,高度超出水渠最大深度10~

20 cm。闸板表面镀有一层耐腐蚀涂层。在水渠的渠底设置有与闸板的外轮廓结构相一致的闸板安放槽,当闸板转动至水渠的渠底时,闸板位于闸板安放槽内,且闸板的板面与水渠的渠底持平。闸板安放槽采用混凝土预制成型。

活页式测控一体化控水设备还包括:与电源电连接的太阳能板以及设置在水渠中且位于闸板上游的堰前水位计,堰前水位计与多模式闸板控制器电连接,用于计量堰前水位信息并传递至多模式闸板控制器。

在门型闸框的位于底部、左侧部和右侧部的内壁上设置有止水弹性件。

防水控制箱固定在门型闸框的顶部,门型闸框的下端固定在水渠两侧的渠堤上;闸板的底部通过活页与门型闸框的底部可转动连接,万向螺母设置在闸板的顶部两侧,调节丝杠的上端与电动机连接,下端与万向螺母螺纹连接;

电动机驱动调节丝杠在万向螺母中旋转,进而带动闸板以门型闸框的底部为轴在 90° ~ 180° 之间转动,当闸板转动至竖直状态时,闸板与门型闸框的底部、左侧壁和右侧壁密封接触,使水流被完全切断;当闸板转动至水平状态时,闸板平放于水渠的渠底。

3.2.2 工作方式

在电动机的驱动下,调节丝杠可在万向螺母中旋转,进而带动闸板以门型闸框的底部为底轴在 0° ~ 90° 之间转动。当需要完全挡水时,使闸板由下自上转动至闸板为竖直状态,即闸板与水流方向成 90° 夹角,使活页式测控一体化控水设备处于完全关闭状态,此时闸板进入门型闸框中,并和门型闸框的底部、左侧壁和右侧壁密封接触,水渠中的水流将被活页式测控一体化控水设备完全切断,如图4(a)所示。当堰顶需要溢流时,且不苛求闸板两侧精确止水时(这是因为在顶部溢流的情况下闸板两侧精确止水的实际意义不大),此时通过实际挡水需求,使闸板自上而下转动特定的角度以对应特定的开度,同时达到堰高可调的目的,进而实现对水流流量的调节与控制,如图4(b)和图4(c)所示。当闸板运动至水平状态时,闸板将平放于水渠的渠底,此时闸板与水流方向成 0° 夹角,如图4(d)所示,此时不仅可使水渠正常输水,也便于将沉积在水渠渠底的泥沙随水流排向下游。现场应用方式如图4所示。丝杠

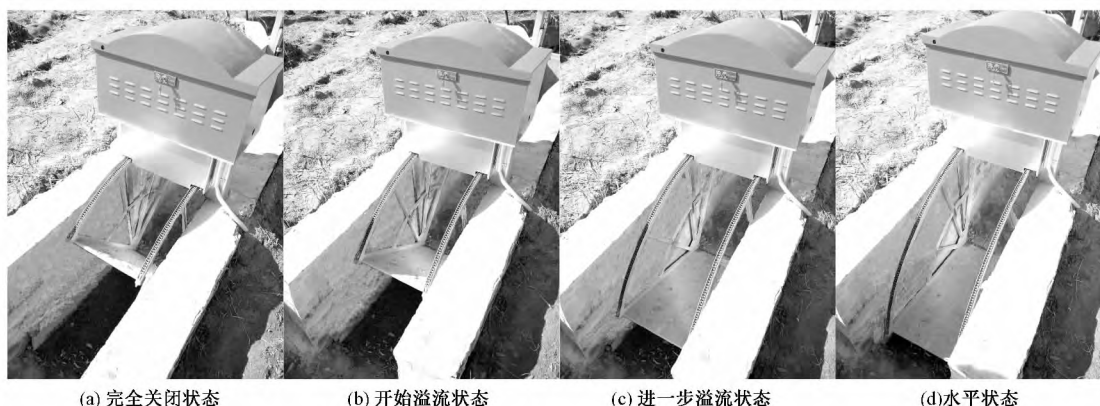


图4 活页式测控一体化控水设备工作状态

连接有多种形式,图4弧形框架连接为其中一种方式,实际应用中可根据加工及生产条件合理选择。

4 结 语

(1) 底升式测控一体化控水设备,通过在水渠的渠底以下安装埋藏式闸板箱,使得防水控制箱驱动调节螺杆带动闸板在闸板滑槽中上下运动,当闸板上升至最高点时,闸板的底部与水渠的渠底持平;当闸板下降至最低点时,闸板的顶部与水渠的渠底持平。当需要调节水位时,通过调节闸板的高度,使闸板的高度与水位的设定高度相一致,实现了堰高可调节的目的。当不需要调节水位时,可将闸板下降至最低,使其置入渠底以下的埋藏式闸板箱,从而不会对水渠的正常输水造成影响。此外,由于水中通常含有泥沙,当调节水位时,泥沙将沉积到闸板前方,待不需要调节水位时,闸板置于埋藏式闸板箱中,其顶部与水渠的渠底持平,所沉积的泥沙能够随水流程向下游,解决了传统堰或闸泥沙淤积的问题。

(2) 活页式测控一体化控水设备,可在电动机的驱动下,使调节丝杠在万向螺母中旋转,进而带动闸板以门型闸框的底部为底轴在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 之间转动。当需要完全挡水时,使闸板由下自上转动至闸板为竖直状态,即闸板与水流方向成 90° 夹角,使该水流控制堰处于完全关闭状态,此时闸板进入门型闸框中,并和门型闸框的底部、左侧壁和右侧壁密封接触,水渠中的水流将被完全切断;当堰顶需要溢流时,实际上并不苛求闸板两

侧精确止水,闸板自上而下转动到特定的角度以对应特定的开度,达到堰高可调的目的,进而实现对水流流量的调节与控制。当闸板运动至水平状态时,闸板将平放于水渠的渠底,此时闸板与水流方向成 0° 夹角,不仅可使水渠正常输水,也便于将沉积在水渠渠底的泥沙随水流排向下游。活页式测控一体化控水设备,对传统闸门止水理念进行了创新,基于简单的构造实现堰高可调节,对于稳定来自干支渠的上游来水的水位,以及稳定去往支渠的下游配水的流量具有重要的意义。 □

参考文献:

- [1] 谢崇宝,黄斌,高虹,等.灌区用水管理信息化结构体系[M].北京:中国水利水电出版社,2010.
- [2] 谢崇宝,张国华.我国灌溉现代化技术与设备[J].中国水利,2015(17):66-68,70,72.
- [3] 谢崇宝,高虹,张国华.灌区输配水全渠道控制系统关键设备特性分析[J].中国水利,2009(19):48-49.
- [4] 谢崇宝,高虹,黄斌.灌区水管理信息化建设应注意的问题[J].中国水利,2007(15):45-46.
- [5] 谢崇宝,黄斌,高占义.灌区用水管理调度技术[J].中国水利,2001(8):69-70,5.
- [6] 谢崇宝.太阳能闸门自控系统[N].中国水利报,2003-04-22.
- [7] 吴润兰,谢崇宝,高虹,等.测控一体闸测流精度校验与分析[J].中国农村水利水电,2011(8):124-127,131.
- [8] 吴彩丽,黄斌,谢崇宝.灌区引水口过闸流量计算方法比较研究[J].中国农村水利水电,2008(5):71-74,77.

· 信 息 ·

摘要编写须知

摘要(abstract)是对科技论文、学术报告的主要内容(primary contents)的准确概括而不加任何注释和评论的简短陈述(brief)。其内容可分为两大类:一类是说明性或陈述性摘要(descriptive or indicative abstract)。说明性摘要或称指示性摘要,只说明论文或报告的主题思想,一般不介绍文章的内容。而陈述性摘要除了陈述主题思想外,还要陈述论文的中心句及中心事物。另一类是资料性摘要(informational abstract)和报道性摘要(informative abstract)。这类摘要除了介绍文章的要点外,还要扼要地介绍文章的主要内容,即主要信息(primary information)。一般摘要的篇幅以200~300字为宜。从语言修辞上讲,应是开门见山,直入主题,准确简练,内容精练。从语言结构上讲,尽量不要使用复杂的长句,应广泛使用非谓语句和被动语态常见形式。英文摘要的基本内容:①从事此项研究的目的,即研究工作的缘由、问题、重要性;②研究内容及过程;③所取得的成果或结论;④所获成果或所获结论的意义及重要性。(本刊编辑部)