

无电液控应急操作器在郑州引黄灌溉龙湖调蓄工程 2#出口闸的应用

杜军虎¹，王斌² 姜达³

1.杜军虎：郑州引黄灌溉龙湖调蓄工程建设管理处，邮编 450008，联系电话 15137158703，DUJNUHU

2 王斌：北京世纪合兴起重科技有限公司，邮编 102627，联系电话 13521429029，WANGBIN

3 姜达：北京世纪合兴起重科技有限公司，邮编 102627，联系电话 18513567967 JIANGDA

第一作者简介：河南东龙控股集团有限公司郑州引黄灌溉龙湖调蓄工程建设管理处，工程师，水利工程管理，dlkgdjh@163.com

摘要：本文对无电液控应急操作器的结构和操作原理做了详细介绍，并就其对引水灌溉、调蓄工程的安全性作用进行了分析，以郑州引黄灌溉龙湖调蓄工程中无电液控应急操作器的成功应用为例，介绍无电液控应急操作器对水利工程闸门挡水安全的保障，为今后同类工程提供参考。

关键词：启闭机；无电启闭闸门；应急操作器；挡水安全；安全保障

前言

2014 年习总书记指出，何川之危、水源之危是生存环境之危、民族存续之危。全党要大力增强水忧患意识、水危机意识，从全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的战略高度，重视解决好水安全问题。

2016 年 7 月，习总书记在河北唐山调研中还指出“坚持以防为主、防抗救相结合，坚持常态减灾和非常态救灾相统一，努力实现从注重灾后救助向灾前预防转变、从应对单一灾种向综合减灾转变、从减少灾害损失向减轻灾害风险转变”，提出了灾前预防的重要性。

2019 年 9 月 18 日，习总书记在黄河生态保护和高质量发展座谈会上的讲话提出：洪水风险依然是流域的最大威胁。

宁可十防九空 不可一次不防

宁可备而不用 不可用而无备

1 无电液控应急操作器成果

2008年5月12日四川汶川县发生8级强烈地震,震区部分水电站因电源中断而无法开启闸门,形成漫坝事故,给下游城镇人民生命财产和抗震救灾造成了威胁。受此启发,北京世纪合兴起重科技有限公司通过多年的调研、研究、试验,研发了MQHGTD系列卷扬启闭机液控应急操作器、MQHGYD系列液压启闭机应急操作器和MQHGKD系列螺杆启闭机应急操作器,并于2011年获得国家发明专利。无电液控应急操作器能在启闭机电源及备用电源出现故障,或柴油发电设备、电动机出现故障、电气元器件出现故障、电气控制系统、液压元器件出现故障时,或极端天气、自然灾害造成的大面积设备损坏等情况下,无电液控应急操作器,显著提升了启闭机设备运行的可靠性,是水利、水电工程的重要安全保障。无电液控应急操作器平时与启闭机处于脱离状态,对启闭机的正常运行无任何影响,需要应急操作时连接上启闭机进行操作,并经过了国家权威机构的性能检测。“无电液控应急操作器”不仅是电源供应备份,还是闸门启闭设备的操作备份。

2 无电液控应急操作器现状与特点

泄洪设施的挡水设备为闸门设备,操作设备为启闭机设备,SL74-2019《水利水电工程钢闸门设计规范》、NB/T 10341.1~3-2019《水电工程启闭机设计规范》《水电站大坝运行安全评价导则》对泄洪设施的启闭机设备均提出了更高的要求,并作出了相关运行可靠性的规定。

液压启闭机靠液体的压力能来传递能量控制闸门的开或关,一般由液压系统和液压缸两部分组成。经过液压系统的控制,液压缸内的活塞体内壁做轴向往复运动,从而带动连接在活塞上的连杆和闸门做直线运动,通过这样的运转方式可以开启和关闭孔口。

启闭机设备是由机械和电气两部分组成^[1],机械部分运行的可靠性一般较高,出现故障的可能性较小,电气部分受各种因素的影响较大,如温度、湿度、程序、电网稳定性等,出现故障的环节较多。对于引水调蓄工程设施的启闭机设备,常规提高运行可靠性的措施为引水调蓄工程设施的启闭机提供备用电源,从提高电源的可靠性方面来提高启闭机运行的可靠性。但电源仅是启闭机设备运行的要素之一,若启闭机电机出现故障,或是电气元器件出现故障,或液压泵站和液压元件,亦或是电气控制系统出现故障等,即使供电电源正常,启闭机也不能正常工作。

2.1 无电液控应急操作器具备以下特点:

1) 启闭机闭门操作时,不需要电源和任何动力,通过油路循环实现闭门功能;启门操

作时，使用动力单元，通过油路循环实现实现启门功能；

- 2) 启闭机应急运行速度快，完美替代手摇机构（电机额定速度的 1/2-1/5）；
- 3) 本产品不使用时与启闭机处于完全分离状态，互不干扰；
- 4) 使用时连接迅速、简单（卷扬启闭机应急操作器使用花键离合，液压启闭机应急操作器使用开关阀组）；
- 5) “液压启闭机应急操作器”有液压锁功能，闸门可长时间保持在某一位置；
- 6) “卷扬启闭机应急操作器”动力单元可一对多个闸门，实现逐一起升功能，可连续作业；
- 7) 低转速大扭矩最大限度的对现有启闭机进行扩容，应急启升闸门；
- 8) 无电操作、无漏电风险，可避免突发事件来临时电源导致的二次安全事故。

MQHGYD 系列液压启闭机应急操作器是液压启闭机失效时，使油缸正常工作的应急设备。使用时，通过高压软管将各接头与相应控制管道连接，即可对闸门进行启闭操作，如图 1 所示。

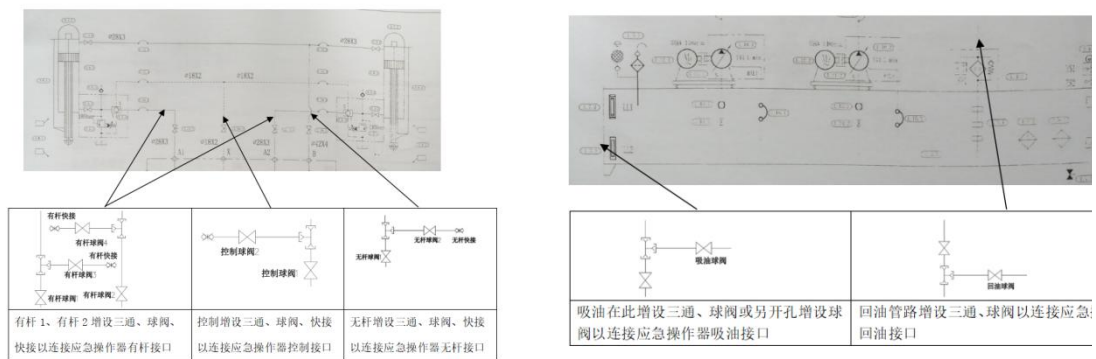


图 1 接口连接位置

MQHGYD 系列液压启闭机应急操作器执行闭门或开门操作时无需电源，通过软管及阀组连接液压启闭机的执行油缸和油箱，通过燃油机带动液压泵组，与液压调控模块配合，从而能在液压启闭机电源或电机出现故障时，应急控制执行油缸动作，进行闸门的开门及关门操作，减少因无电和其它故障时导致闸门不能开关造成的损失。

3 无电液控应急操作器在工程中的应用

3.1 工程背景

工程位于郑东新区，湖面水域将与流经老城区的金水河、熊儿河、贾鲁河、东风渠和人工运河连为一体，构成完整的城市生态水系景观。工程主要由水源及引水工程、龙湖调蓄池工程和灌区工程等组成。工程建成后，水域面积约 5.6 万 Km²，总库容 2680 万 m³，具有调蓄、灌溉、景观、气候调节等多种功能，充分体现了郑东新区“生态城市”、“共生城市”的绿

色城市可持续发展理念。^[2]

3.2 工程特性

龙湖出口 1、2、3 号闸均采用卧倒门，双吊点液压启闭机。1 号闸共 3 孔，3 扇闸门，闸门孔口净宽 28m，孔高 5.2m，底槛高程为 82.70m，支铰中心高程 82.25m；2 号闸共 3 孔，3 扇闸门，闸门孔口净宽 28m，孔高 5.2m，底槛高程为 82.50m，支铰中心高程 82.05m；3 号闸共 3 孔，3 扇闸门，闸门孔口净宽 28m，孔高 5.2m，底槛高程为 82.20m，支铰中心高程 81.75m。

闸门支铰安装在闸门底部大梁和闸底板预埋件之间，使闸门与闸底板保持铰接状态。在闸门两侧靠近闸墙处设两个支臂，启闭设备通过驱动支臂，使支臂带动闸门绕支铰轴线转动，从而达到转动启闭闸门的功能。闸门的操作设备采用液压启闭机，油缸活塞杆吊头与闸门支臂铰接，油缸中部铰点布置在河道闸墙上，1、2、3 号出口控制闸分别设 3 套液压系统，一门一机布置。液压泵站集中布置在一侧边墩的液压泵站房里。

每套液压泵站设备包括 1 套油箱、2 套油泵电动机组(一主一备)、1 套操作液压缸所必须的电气，油箱、油泵电动机组和电气放置在两侧管理房内，一侧管理房布置一套泵站，另一侧布置两套泵站。油管路通过闸下廊道送至每扇闸门的液压油缸，液压启闭机具有现地控制和远方集中控制。

2020 年 1 月 10 日，龙湖出口 2 号闸卧倒门，因不能正常供电，加上控制系统故障，闸门不能正常关闭，闸门开启约 200mm，过水非常严重，在下游段安排 3 台大功率抽水机日夜施工 10 几天也不能抽干积水，造成下游工程不能正常实施，需要关闭闸门进行挡水。致电北京世纪合兴起重科技有限公司，希望提供技术支持，北京世纪合兴起重科技有限公司非常重视，连夜安排技术人员从北京赶到工程现场，专业技术人员赶到现场后立即有序开展工

3.3 液压启闭机应急操作器选型计算

郑州引黄灌溉龙湖调蓄 2#闸卧倒门，采用 2×1600kN-62m 液压启闭机启闭，其参数如表 1-1 所示。

表 1-1 液压启闭机参数

序号	项 目	参 数	备 注
1.	闭门力（拉力）	2×1600 kN	
2.	持住力（拉力）	2×1600 kN	
3.	启门力	2×1000 kN	
4.	缸体内径	410mm	

5.	活塞杆直径	240mm	
6.	有杆腔工作压力	18.44MPa	
7.	无杆腔工作压力	7.57MPa	
8.	有杆腔试验压力	23 MPa	
9.	无杆腔试验压力	12 MPa	
10.	设计行程	6200mm	
11.	工作行程	6005mm	
12.	启门速度	0.2-0.5m/min	

$$\begin{aligned}
&= (\text{油缸内截面积} - \text{油缸杆截面积}) \times \text{工作行程} \\
&= (132025 \text{ mm}^2 - 45239 \text{ mm}^2) \times 6005 \text{ mm} \\
&= 86786 \text{ mm}^2 \times 6005 \text{ mm} \\
&= 521152906 \text{ mm}^3 \\
&\approx 521 \text{ L}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \text{油缸内截面积} \times \text{工作行程} \\
&= 132025 \text{ mm}^2 \times 6005 \text{ mm} \\
&= 792812701 \text{ mm}^3 \\
&\approx 793 \text{ L}
\end{aligned}$$

13.	闭门速度	0.2-0.5m/min	
-----	------	--------------	--

计算数据如下：

起升时工作需油量

下降时工作需油量

起升时工作需油量 521L

下降时工作需油量=793 L

即：工作时 2 个油缸的总用油量约为 1042 L，不同型号液压启闭机应急操作器对应的完全提起闸门所需时间见下表：

(注：时间=总油量÷液压启闭机应急操作器额定流量)

型号	额定流量 (L/min)	启门用时约 (min)	闭门用时约 (min)
HGYD-25-1	25	41.69	63.42
HGYD-40-1	40	26.06	39.64
HGYD-63-1	63	16.54	25.16

选用机型：MQHGYD-40-1 型液压启闭机应急操作器

3.4 现场操作

A 开启操作

- 1) 关闭液压站与油缸有杆腔间管路上的球阀，将换向阀调整到【0】位；
- 2) 将有杆腔 1 球阀、有杆腔 2 球阀、控制球阀、无杆腔球阀全部打开；
- 3) 确认所有管路连接正确，打开吸油球阀、回油球阀，确认吸油回油管路畅通；
- 4) 启动柴油机，确认柴油机运转正常，加油提速正常；
- 5) 观察全部压力表（表值小于 5MPa）
- 6) 将换向阀调整到【起升】位；
- 7) 加大油门，观察油缸运行状态及压力；
- 8) 待油缸运行到位，减小柴油机油门，同时将换向阀调至【0】位，关闭有杆腔 1 球阀、有杆腔 2 球阀、无杆腔球阀和控制球；
- 9) 观察油缸是否处于静止状态；
- 10) 使柴油机熄火；
- 11) 关闭吸油球阀、回油球阀，油缸与应急设备间的球阀；
- 12) 打开液压站与油缸有杆腔、无杆腔间管路上的球阀；

B 关闭操作

- 1) 关闭液压站与油缸有杆腔间管路上的球阀，将换向阀调整到【0】位；
- 2) 将有杆腔 1 球阀、有杆腔 2 球阀、控制球阀、无杆腔球阀全部打开；
- 3) 确认所有管路连接正确，打开吸油球阀、回油球阀，确认吸油回油管路畅通；
- 4) 启动柴油机，确认柴油机运转正常，加油提速正常；
- 5) 观察全部压力表（表值小于 5MPa）
- 6) 将换向阀调整到【下降】位；
- 7) 加大油门，观察油缸运行状态及压力；
- 8) 待油缸运行到位，减小柴油机油门，同时将换向阀调至【0】位，关闭有杆腔 1 球

- 阀、有杆腔 2 球阀、无杆腔球阀和控制球；
- 9) 观察油缸是否处于静止状态；
 - 10) 使柴油机熄火；
 - 11) 关闭吸油球阀、回油球阀，油缸与应急设备间的球阀；
 - 12) 打开液压站与油缸有杆腔、无杆腔间管路上的球阀；

3.5 运行情况

龙湖出口 2 号闸卧倒门启闭机为 $2 \times 1000\text{kN}$ 液压式启闭机，成功通过液压启闭机应急操作器两次起降闸门，将闸门顺利关闭达到了止水效果，说明 MQHGYD 系列液压启闭机应急操作器具有高度的运行可靠性和实用性。

至此顺利通过液压启闭机应急操作器对挡水闸启闭机进行了应急开关闸门的操作，使闸门在无电情况下，通过液压启闭机应急操作器将闸门关闭到正常位置，迅速止住了因闸门不能闭合造成的过水情况，消除了下游水位高不能正常施工的一项重大安全隐患，为保证工程进度提供了有力保证。实践证明，应急操作器为龙湖出口 2 号闸卧倒门运行提供了更高一层的安全保障，特别在不能提供正常电源及控制系统出现故障的情况下，也为其它工程类似工程提供了实践及借鉴经验。

4 结语

引水灌溉、调蓄水利项目安全是经济、社会多方面的要求，挡水、泄洪设施的启闭机设备运行的可靠性是引水灌溉、调蓄工程安全的基础之一，液压启闭机应急操作器在郑州引黄灌溉龙湖调蓄工程 $2 \times 1000\text{kN}$ 液压式启闭机上成功应用，说明无电液控应急操作器具有很高的实用性、广泛性和通用性，无电液控应急操作器占启闭机设备的投资比例非常小，同时无电液控应急操作器平时与启闭机处于脱离状态，对启闭机的正常运行无任何影响，紧急情况下操作快捷、简单，维护方便，并可使启闭机设备运行的可靠性提高到一个全新的层面，社会、经济效益突出，具有广泛的推广应用意义。

引水灌溉、调蓄水利项目是水利工程的重要组成部分，引水灌溉、调蓄水利项目的安全是实现引水工程巨大功能和社会效益的前提条件。保证其安全，防范化解灾害及突发事件带来的重大风险威胁，是水利工程管理工作的重中之重。引水工程的挡水设施作为水利工程重要组成部分，其主要功能和作用是为引水、挡水调蓄安全，因此，启闭设施是否能够确保正常、安全运行直接影响到引水工程周边的城市安全，以及周边的人民生命及财产安全。

参考文献：

- [1]陈少霞. 液压启闭机启闭闸门失效事故分析及处理措施《科技与创新》2014 年第 05 期
- [2] 郑伟达, 液压启闭机的特点与在水利水电工程中的应用 [文章编号] 1674-1900 (2018) 09-0191-02