

无电液控应急操作器 在四川龙潭水电站抢险中的应用

王宇观¹，宋思雨²，韩超¹

(1.中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司，北京，100024

2.北京世纪合兴起重科技有限公司，北京，102605)

摘要：水利水电工程遇突发应急事件后果较为严重，且其影响范围广，提前储备应急预案，培养高精尖应急队伍，方能切实做好应急工作，保障人民生命和财产安全。本文对“无电液控应急操作器”的结构特点和操作方式进行详细介绍，并结合相关应用案例进行分析。

关键词：启闭机；应急操作装置；水库泄洪；安全保障

1 前言

新中国成立以来，尤其是改革开放以后，我国水利水电工程建设如雨后春笋，开发数量之多，建设速度之快，水利水电工程在人民生活条件改善和清洁能源利用中，起到了举足轻重的作用。然而水利水电工程生产工艺复杂、技术要求高、工期紧、地质条件复杂等特点，使突发应急事件的风险居高不下，而“突发性”、“后果严重性”及“影响范围广”是水利水电工程突发应急事件的突出特点。特别是因地震、山洪暴发后引发的泥石流等自然灾害引起的险情，严重时会造成水利水电工程失电、电缆折断有电无法供应、电机损坏或配电柜失效等极端情况，闸门无法正常开启泄洪，给电站泄洪设备和下游百姓带来了巨大的风险。如何做好水利水电工程泄洪设备应急预案，保证大坝的安全成为了重中之重和首要工作。水利水电工程在突发事件来临时，闸门能否实现正常启闭功能对当地百姓生命及财产安全有着重要意义。

2 无电液控应急操作器

2.1 启闭机设备现状

在卷扬启闭机机械部分、液压启闭机液压油缸完好的情况下“无电液控应急操作器”可正常操作应用。启闭机常见故障分为机械部分和电气部分，机械部分运行可靠性较高一般不会出现故障，但电气部分由于不稳定因素较多，可靠性较低，极容易出现电源故障，电动机故障，电气元器件故障，电气控制系统故障，液压泵站故障以及液压元件故障。

当启闭机出现电源故障时，柴油发电机、二次电源可以实现闸门的正常启闭功能；但当出现电动机故障，电气元器件故障，电气控制系统故障，液压泵站故障以及液压元件故障时，即使有柴油发电机，二次电源仍无法使闸门实现启闭功能。

“无电液控应急操作器”，又称“应急闸门启闭器”，均可实现以上情况闸门的正常启闭功能，二次电源、柴油发电机仅仅是电源供应备份；而“无电液控应急操作器”不仅是电源备份，还是闸门启闭设备的操作备份。

2.2 应急操作器成果

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，并引进先进技术，研发出来 MQHGTD 系列卷扬启闭机无电液控应急操作器、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，能在启闭机电源及备用电源出现故障，或柴油发电设备，或是电动机出现故障，或是电气元器件出现故障，或是电气控制系统出现故障，或是液压元器件出现故障，或极端天气、自然灾害造成的大面积设备损坏等情况下，应急操作启闭机设备，可使启闭机设备运行的可靠性提高到一个全新的台阶，是水利、水电工程的重要安全保障。启闭机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对启闭机进行操作。

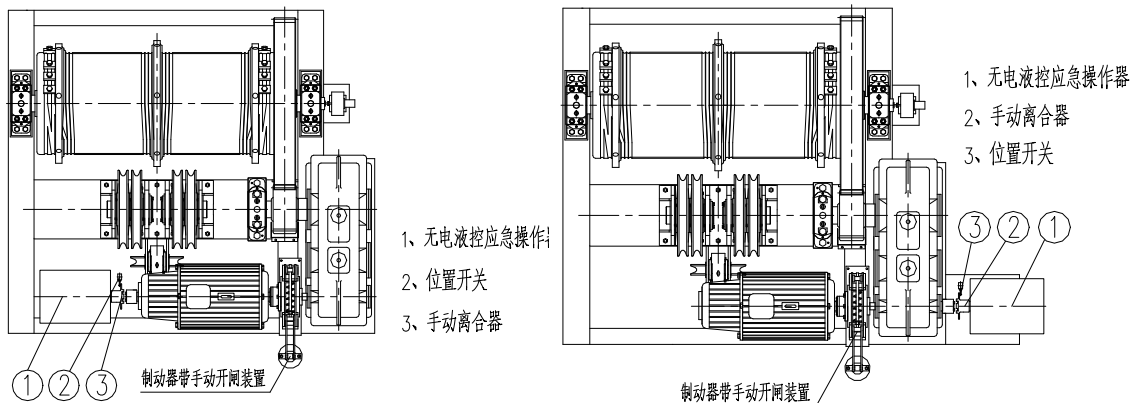


图 1(a) 安装在电机后出轴端

图 1(b) 安装在减速器输入轴端

“卷扬启闭机应急操作器”执行启闭闸门操作无需电源。下降操作时其利用自身内部的液压阻尼系统可平稳控制闸门下降运行。启闭机与应急操作器连接时在电机后出轴处连接手动离合器一端，另一端则与应急操作器的输出轴连接。起升操作时动力单元通过快速接头经三条高压管路与无电液控应急操作器连接。通过动力单元产生压力油驱动急操作器工作，从而驱动启闭机平稳操作闸门开启。下降操作时利用应急操作器的阻尼原理靠闸门自重匀速下降。

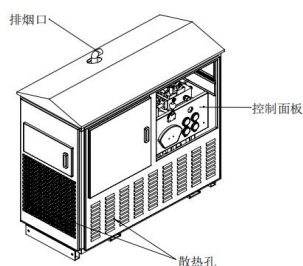


图 2 (a) 液压启闭机应急操作器

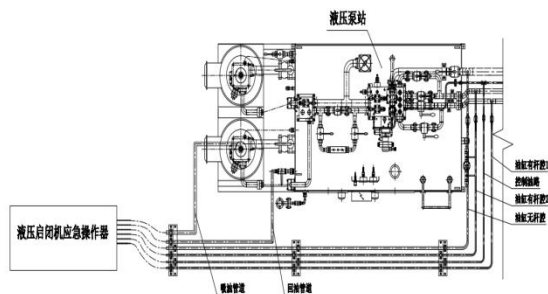


图 2 (b) 液压启闭机应急操作器 原理图

“液压启闭机应急操作器”可不涉电启闭闸门。在启闭机泵站外侧增加个旁路。把原泵站油箱里的液压油抽到应急操作器里加压，通过原管路打入闸门油缸，实现启闸功能。再通过原管路把闸门油缸里的液压油返回到应急操作器降压，打回原泵站油箱，实现落闸功能。

3 应急操作器在工程中的应用

3.1 电站概况

龙潭水电站位于四川汶川卧龙特区耿达镇，是岷江一级支流渔子溪干流上的第四级电站距成都 115km，为一引水式日调节电站。电站总装机容量 24MW，大坝为混凝土坝，坝顶高程 1637.3m，泄洪闸底坎高程 1622m，三孔泄洪闸尺寸为 8m×6.5m 闸门为弧形门，门重 40t，采用 2×25t 固定卷扬机启闭，启闭机室底板高程为 1638.5m。冲沙闸采取“Y”字形布置，坝前设置 2 个冲沙孔，1、2 号冲沙孔尺寸分别为 1m×2.5m 和 2m×2.5m，冲沙孔底板高程为 1621m，汇至 3 号冲沙孔尺寸为 3m×2.5m。坝高 20.35m，正常蓄水位 1636m，水库总库容为 379600m³，1996 年 8 月 3 台机组全部投产发电。

3.2 事故背景

2019 年 8 月 20 日，四川省阿坝州汶川县突发强降雨特大山洪泥石流灾害，龙潭水电站发生漫坝险情。由于机房内渗水严重，淤泥已到坝下 2m 位置，洪水位达坝上 4m 位置，有随时发生溃坝失稳的可能性。

此千钧一发之际，泄洪闸固定卷扬机启闭，已无法完成启闭动作：

结构上，金结专家考虑到由泥沙、砾石、树木的混合体介质导致门前淤堵的情况，估算弧形闸门需要启门力达到 3000 kN ~ 4000kN。同时水工专家给出结论，启闭机房大梁的承载力只有 1440kN。

电气上，由于启闭机房严重泡水，闸首工作电源和备用电源全部失效，从现有设备考虑，泄洪闸已无法开启泄洪。



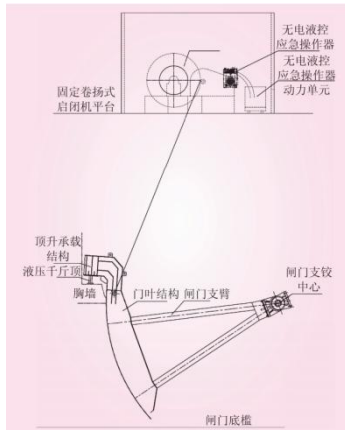
3.3 工程应用

现场应急指挥部由此决定采用“液压千斤顶”辅助“无电液压应急操作器”驱动的弧门启闭机，共同加载形成合力，提升闸门的方案。

洪水稍退后，救援人员和设备被汽车吊“吊”进泄洪闸启闭机房内，将“无电液压应急操作器”安装就位。将泄洪闸固定卷扬式启闭机电动机与减速器之间得联轴器拆掉，减速器的高速轴直接与“无电液压应急操作器”输出轴连接，准备用“无电液压应急操作器”将泄洪闸固定卷扬式启闭机转动起来，进而开启闸门泄洪。

9月2日，完成第一个千斤顶行程，闸门开度0.95m，“无电液控应急操作器”驱动的弧门启闭机提升力保持1160kN，3个千斤顶加载 $3 \times 700\text{kN}$ ，此时门楣顶部出水，但闸门底部未出水。第二个千斤顶行程闸门开度1.1m，门楣先出水，但“液压千斤顶”被水头淹没无法工作。这时经过“无电液控应急操作器”单独进行多次闸门起升、下降操作，使闸门前泥沙松动，泥沙大量冲吐，现场险情有所缓解！底部出水后，顶部出水减小，才有条件实施第三个千斤顶行程。

进行第三个千斤顶行程，此时现场仅有1个千斤顶可以有条件加载700kN，另外两个千斤顶由于被水淹严重无法继续工作，“无电液控应急操作器”提升力保持1160kN，总提升力为1860kN，泄流量增大。第四个行程闸门开度1.35m，唯一的千斤顶加载500kN，“无电液控应急操作器”继续保持1160kN，总提升力1660kN。当天估计泄流量 $50\text{ m}^3/\text{s} \sim 60\text{ m}^3/\text{s}$ 。翻坝水流减小，坝前水位有所下降，此时国道已露出水面。抢险过程中“无电液控应急操作器”在被淹过的启闭机房内充分发挥无漏电风险，连续作业，实现低转速大扭矩，最大限度对现有启闭机进行扩容等优势，达到原始容量 $2 \times 250\text{kN}$ 的2.7倍，克服了灾害带来的种种困难，经过反复试提，使闸门前泥沙松动压力减小，成功过流，在破除1#闸门叶与门楣之间的淤堵树木等杂物后，“无电液控应急操作器”驱动的弧门启闭机单独启门，将闸门提至全开，使电站转危为安。应急提门任务完成，电站险情彻底解除。



3.4 应急操作器选型计算

四川龙潭水电站抢险中，采用 $2 \times 250\text{kN}$ -15m 固定卷扬式启闭机启闭，其参数如表 1-1 所示。

表 1-1 固定卷扬式启闭机参数

额定启门力(kN)	2×250	传动比	减速器	ZS ₂ G95
起升高度(m)	15		总传动比	248.8
启门速度(m/min)	1.5	电动机	型号	YZ168L-8
吊点距(m)	4		功率(kW)	7.5
卷筒底径(m)	1		转速(r/min)	705
钢丝绳	$6 \times 37 + 7 \times 7 - \text{Ø}48.5 - 170$	工作制动器		TT _Z -200

应急操作器选型功率： $P_{\text{应急}} = P_{\text{电机}} \times SF = 7.5\text{kW} \times 1.15 = 8.625\text{kW}$

式中： $P_{\text{电机}}$ ——电机功率，7.5kW

SF——增容系数，1.15

$P_{\text{应急}}$ ——应急选型功率

根据选型功率选用 HGTD-40 无电液控应急操作器，其主要参数如表 1-2。

表 1-2 应急操作器主要参数

功率	192.1kW
额定扭矩	520N.m
额定输出转速	176r/min

根据 HGTD-40 的参数，计算得到启升闸门速度为：

$$V_{\text{应急}} = V_{\text{固卷}} \times n_{\text{应急}} / n_{\text{固卷}} = 1.5 \times 176 / 705 = 0.3745 \text{ m/min} , \text{ 启升速度约为原启升速度的 } 1/4。$$

4 结语

制定针对某一类突发风险隐患的专项应急预案, 针对重点危险的现场处置方案, 形成完善的应急预案体系, 是突发事件来临时可以快速响应的基础; 汶川龙潭电站克服失电条件, 采用“无电液控应急操作器”成功实现开闸泄流, 解除险情, 是对水利水电工程应急提门的一种创新突破, 安全可靠, 便于现场实施, 为后续类似应急抢险工作提供了借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 柳志丹, 秦家月. 水利水电工程应急管理研究[J]. 水利水电工程 2014(35):382-383
- [2] 黄发涛, 王安, 谭啸. 龙潭水电站泄洪闸门应急开启方案制定及实施[J]. 水力发电, 2019(2):73-74