

影响南水北调中线工程输水调度运行安全因素的风险分析

段振振

中国南水北调集团中线有限公司河南分公司 河南 郑州 450016

摘要: 南水北调中线工程输水调度运行面临建(构)筑物及生产设备设施、作业活动、安全管理等各种类型风险的考验, 严抓风险分级管控工作, 定期开展风险辨识, 坚持风险预防, 关口前移, 做到各项安全管控措施有效落实, 有效降低风险等级, 确保南水北调中线主干渠建(构)筑物稳定, 机电设备及自动化设施稳定运行, 检修维护作业可靠, 安全管理制度完善, 对保证南水北调中线工程输水调度运行安全十分重要。

关键词: 南水北调; 输水调度; 风险分析; 安全管控

引言

南水北调工程是国家重大战略性基础设施, 供水安全直接影响着北京、天津等40多座大中城市280多个县市区1.5亿人用水安全保障, 中线工程全长1432公里, 沿线布设64座节制闸, 54座退水闸, 98个分水口, 61座控制闸, 输水调度过程主要通过对各节制闸的闸门调节控制水位、流量、流速的方式进行长距离输水, 因此工程建(构)筑物的稳定性、金结机电及自动化设备设施的可靠性、调度人员的管理水平等是保证输水调度安全平稳运行的最重要的因素。

1 工程概况

南水北调中线干线总干渠采用明渠输水, 新郑段工程与沿途河流、灌渠、公路、铁路的交叉工程全部采用立交布置, 沿线布置节制闸、控制闸、检修闸、退水闸、分水口、大型河渠交叉建筑物、铁路交叉建筑物、左岸排水建筑物、排水泵站、公路桥, 生产桥, 铁路桥等各类建筑物, 主要建筑物内布置有液压启闭机、固定式卷扬机、台车、电动葫芦、闸门、柴油发电机、高压输电线路、高低压配电柜、自动化控制柜等液压、金结机电及自动化设备设施。

南水北调中线工程全线通水已近9年, 总干渠工程建(构)筑物的稳定性受地震、山洪等自然灾害及高地下水位的威胁, 金结机电及自动化设备设施老化、技术落后问题日益加剧, 南水北调中线各类建(构)筑物、金结机电及自动化设备设施面临着严峻考验。

对辖区建(构)筑物及生产设备设施、作业活动及安全管理进行全面风险辨识和评估, 切实摸清各方面安全风险底数, 并根据现场实际情况变化及时落实各项安全管控措施, 确保工程输水调度平稳运行十分重要^[1]。

2 术语和定义

2.1 危险源

可能导致人身伤害、健康损害以及财产损失的根源、状态或行为, 或它们的组合。在水利水电工程施工过程中有潜在能量和物质释放危险的、可能导致人员死亡、健康严重损害、财产严重损失、环境严重破坏, 在一定的触发因素作用下可转化为事故的部位、区域、场所、空间、岗位、设备及其位置。包含《安全生产法》定义的重大危险源。

2.2 风险

发生风险事件或事故的可能性与随之引发的人身伤害、健康损害以及财产损失的严重性的组合。风险 = 可能性×严重性。

2.3 风险辨识

识别危险源的存在并确定其分布和特性的过程。

2.4 风险因子

可能导致风险事件发生的源事件或初始事件, 是发生风险事件的驱动力。

2.5 通水运行安全事故

因运行管理不当造成的工程设施设备发生严重损毁、人员伤亡, 或者严重影响工程正常通水的事件。

2.6 伤亡事故

在通水运行过程中, 发生的人身伤害、急性中毒等事故。

2.7 风险评估

对危险源导致的风险进行分析、评估、分级, 对现有控制措施的充分性加以考虑, 以及对风险是否可接受予以确定的过程。

2.8 风险分级

采用科学方法对危险源所伴随的风险进行定量或定性评估, 对评估结果进行等级划分。

2.9 现实风险

在采用了风险管控措施后, 危险源依然存在的风险。

3 风险因子及可能造成的风险事件况

3.1 建(构)筑物存在的主要风险因子及风险事件

3.1.1 高填方渠道:高填方渠道主要风险因子包括暴雨洪水,地震,极端严寒天气,渠道渗漏,穿渠建筑物渗漏,渠道沉降变形,蚁穴、鼠洞危害,排水建筑物淤堵。可能造成的事件主要包括边坡冲刷,洪水浸泡渠堤外坡,渠坡失稳,渠堤溃决,衬砌板隆起、开裂。

3.1.2 深挖方渠道:深挖方渠道主要风险因子包括暴雨洪水,地震,极端严寒天气,地下水位超过设计水位变幅,排水孔堵塞。可能造成的事件包括边坡冲沟、滑塌,渠坡失稳,衬砌板隆起、开裂,衬砌板滑塌,渠道边坡开裂,衬砌板开裂变形,渠道边坡滑塌。

3.1.3 高地下水位渠道:主要风险因子包括暴雨洪水,地震,极端严寒天气,地下水位超过设计水位变幅,渠道水位骤降。可能造成的事件包括边坡冲刷破坏,水污染,渠坡失稳,衬砌板隆起、开裂,衬砌板局部隆起、开裂、位移、失稳。

3.1.4 针对河道倒虹吸和排水倒虹吸:河道倒虹吸主要风险因子包括暴雨洪水,地震。可能造成的事件包括河床冲刷造成管身失稳,裹头边坡失稳,建筑物失稳。排水倒虹吸主要风险因子包括暴雨洪水,地震,止水破坏,河道采砂、取土。可能造成的事件包括排水倒虹吸进出口结构破坏,整体失稳,结构变形、破坏。

3.1.5 渡槽:针对渡槽主要风险因子包括暴雨洪水,地震,极端严寒天气,闸门、机电设备故障。可能造成的事件包括槽墩冲刷破坏,裹头边坡失稳,建筑物失稳,结构缝渗漏水,过流能力过小、漫顶。

3.1.6 穿跨邻接项目:针对穿跨邻接项目主要风险因子包括石油管道泄漏,天然气管道泄漏、爆炸,桥面(管道)渗漏水,桥梁垮塌,线缆断落、垂幅过大。可能造成的事件包括水质污染,结构破坏,渠道破坏。

3.2 金结机电、自动化等设施设备存在的主要风险因子及风险事件

3.2.1 液压启闭机:液压启闭机主要风险因子包括电缆绝缘降低,潮湿或其他原因短路,控制油渗(泄)漏,密封损坏。可能造成的事件包括触电,污染,设备损坏。

3.2.2 固定式卷扬机、台车、电动葫芦:固定式卷扬机、台车、电动葫芦主要风险因子包括控制系统故障,现场电缆损坏破损,电缆绝缘降低、潮湿或其他原因短路,控制油渗(泄)漏,钢丝绳磨损、断裂。可能造成的事件包括设备损坏,触电,火灾,污染。

3.2.3 闸门:闸门主要风险因子包括闸门无法动作,

闸门卡阻,闸门异动,闸门误动,极端严寒天气。可能造成的事件包括输水异常设备事故,输水设施破坏。

3.2.4 金结设备控制系统:金结设备控制系统主要风险因子包括控制系统故障,现场电缆损坏破损,电缆绝缘降低、潮湿或其他原因短路,控制油渗(泄)漏。可能造成的事件包括水灾,设备损坏,触电,火灾。可能造成的事件包括火灾,设备损坏。

3.2.5 金结设备及其基础:金结设备及其基础主要风险因子包括启闭闸、检修闸、控制闸等各类金结设备基础沉降超标,密封损坏,安全设施存在缺陷。

3.2.6 自动化控制系统:自动化控制系统主要风险因子包括通信设备故障。可能造成的事件包括火灾、输水事故。

3.2.7 干式变压器:干式变压器主要风险因子包括铁芯及外壳接地没有接地或接地不良、变压器短路、过热接触不良等造成故障、各保护遮挡有缺陷、变压器后台管理系统显示异常,管理运行数据显示异常。可能造成的事件包括火灾、触电、设备损坏、调度运行安全事故。

3.3 作业活动存在的主要风险因子及风险事件

3.3.1 正常输水运行调度:正常输水运行调度主要风险因子包括异常问题未交接清楚,数据采集、分析、上报不及时、不准确,调度人员工作失误,指令未及时接收、传达,未按要求对指令执行结果进行复核、反馈,内容编写不全。可能造成的事件调度运行安全事故。

3.3.2 应急事件运行调度:应急事件运行调度主要风险因子包括未按要求对应急事件进行核实、上报,指令未及时接收、传达,未按要求对指令执行结果进行复核、反馈,设备设施及自动化系统故障导致数据缺失、错误,未按要求审核数据,未按要求开展调度预警接警、核实、分析、处理、上报、消警等工作,未及时复核^[2]。可能造成的事件调度运行安全事故。

3.3.3 设备操作:针对设备操作主要风险因子包括操作人员未经培训,操作人员生理或心理异常,操作负责人未对操作人员进行风险辨识和交待安全注意事项、没有监护人或监护人不在现场操作启闭机,操作前未按检查卡检查并记录,设备缺陷未及时发现或发生液压系统漏油等情况,无票操作或未按规定流程操作金结机电设备,操作指令不准确、不清晰,未按操作流程要求进行操作后的检查^[3]。可能造成的事件包括水质污染,机电设备安全事故。

3.3.4 针对工程巡查:主要风险因子包括安排未经培训合格人员上岗,安排健康状况异常的人员上岗,未向巡查人员交待安全风险及注意事项,未按规定佩戴防护

用品,一人单独巡查,极端天气,巡查过程中注意力不集中,巡查人员未按规定路线巡查,巡查过程中蛇虫伤害,两人巡查没有做到相互监护。可能造成的事件包括摔伤,淹溺,中暑,雷击,触电,高处坠落,车辆伤害,中毒及其他伤害。

4 风险分析事例

以节制闸、退水闸调度运行设备为例。

4.1 安全风险分析

调度运行设备是保障节制闸、退水闸正常调度运行的重要设施,调度运行设备主要存在的风险因子包括通信故障,供配电故障,计算机网络故障,金属结构变形或损坏,机电设备故障,闸控系统启闭设备故障,数据采集故障,运行管理软件故障,可能造成的事件设备事故、输水异常^[4]。

4.2 风险辨识

经安全风险辨识,调度运行设备存在的主要风险可能造成的事件设备事故、输水异常。

4.3 风险评价

依据《安全风险分级管控管理标准(试行)》(Q/NSBDZX 409.28—2019),设备设施采取风险矩阵分析法(简称LS)计算风险值,确定风险等级。

$$R = L \times S$$

R为风险值,事故发生的可能性与严重性的结合,R值越大,说明该系统危险性大、风险大。

L为事故发生的可能性,闸控系统启闭设备故障危险的发生容易被发现,依据事故发生的可能性(L)判定准则,L=3。

S为事故后果严重性,闸控系统启闭设备故障引起设备事故、输水异常,依据事故后果严重性(S)判定准则,S=5。

$$R = L \times S = 3 \times 5 = 15$$

风险值R=15,依据安全风险等级判定准则(R)及控制措施,确定风险等级为较大风险,针对此较大风险采取相应的风险管控措施,将固有风险降低到可控范围内。

5 风险管控

5.1 按现实风险大小进行分级管控,重大风险、较大风险、一般风险、低风险进行一级进行分级管控,确保管控措施持续有效。

5.2 低风险属于可接受风险,应确认现有管控措施持续有效,保持当前风险水平和状态。

5.3 重大风险、较大风险、一般风险应采取有效的管控措施,降低风险值,直至风险可接受。将采取的管

控措施录入安全风险清单,建立安全风险数据库,绘制“红橙黄蓝”四色安全风险空间分布图。

5.4 风险管控措施要求遵循、消除、预防、减弱、隔离、联锁、警示的原则,采取工程、技术、管理、培训等手段,降低风险值。

5.5 要对安全风险进行分级、分层、分类、分专业管理,明确各层级的风险管控责任单位和责任人,并逐级落实。

5.6 根据岗位培训计划对员工进行安全风险管控和应急知识培训,使其具备风险防控能力和应急处置能力,降低人员伤害和财产损失的风险。

5.7 根据风险的动态变化,应及时更新和调整风险管控措施。

应对安全风险实施有效的动态监控,实时掌握现场安全风险状态和变化趋势,采取有针对性的动态管控措施。现场发现异常后,应发出预警信息,采取应急措施。

5.8 应在工作场所醒目位置、重点区域设置作业场所安全风险告知卡,标明危险源名称、风险描述、风险等级、可能引发的事故类型、管控措施、应急措施、管控层级及报告方式等内容。

5.9 当发生生产安全事故或同行业其他单位发生生产安全事故时,相关管理层级要根据事故原因,分析相应管控措施的正确性、完善性和有效性,并针对不足采取管控措施。

结束语

风险分级管控能够有效辨识出影响输水调度运行安全的风险,坚持风险预防,关口前移,针对存在风险等级采取相应的安全防护措施,严格落实各项风险管控措施,提高应对风险的能力,加强风险管理的水平,很大程度上能够降低风险等级,降低故障发生的概率,保障各类建(构)筑物的稳定性、金结机电及自动化设备设施的可靠性,确保南水北调中线工程供水安全。

参考文献

[1]《安全风险分级管控管理标准(试行)》(Q/NSBDZX 409.28—2019)

[2]林伟志,杜迎莉,周立伟.基于风险管理的南水北调中线工程输水调度风险评估.水利科技进展,2019,39(1): 33-38.

[3]贾培文,林登庆,张沛锋.南水北调中线硬件风险的评估和应对策略.人民长江,2020,51(1): 95-100.

[4]杨旭,蒋志权,周胜利.南水北调中线工程调度器的安全评估及应对策略.水文,2019,5: 53-59.