

水泵盘车器失效引发人身伤害事故的分析与防范

苏增来

山东金岭化工股份有限公司

摘要：水泵作为化工和工业生产中的重要设备，其安全运行直接关系到生产的稳定性和人员安全。本文以某乙二醇水站盘车器失效事故来举例，将事故的发生背景、直接原因、间接原因进行分析，并探讨如何优化安全管理、设备维护和操作规程，将类似事故的发生率降低。通过改进盘车器设计、加强安全管理、优化操作流程以及提高员工安全意识，企业可以有效降低此类机械伤害事故的发生频率，增强生产安全性。

关键词：水泵盘车器；安全管理；事故分析；防范措施

化工企业中，对于生产流程来说水泵的稳定运行至关重要。水泵启动前的盘车作业主要用于检查泵轴是否顺畅运行，以避免因长期静止导致轴承损坏或泵体卡滞的状况。盘车器的设计和使用方式如果不足以达到安全规范的标准，则可能会引发严重的机械事故，导致设备损坏或人身伤害。在实际操作过程中，盘车器未能完全脱开、操作人员对设备状态判断失误或启动程序执行不当的缘故，均可能致使水泵主轴反转，从而引发盘车器高速旋转，甚至导致破损飞溅的危险情况。本研究以乙二醇水站3#水泵盘车器失效事故为例，将事故发生的具体情况、技术原因及管理漏洞详细分析，并提出相应改进措施，以提高化工设备的安全性，使企业的安全管理体系进一步改善。研究表明，设备本质安全、操作规程标准和员工安全意识强是降低此类事故发生率的关键，企业应从技术和管理两个层面入手，综合提升生产安全水平。

1 事故背景

1.1 事故基本情况

本次事故于2025年2月发生，事故地点位于北区乙二醇水站3#水泵处。在计划性的设备倒泵过程中，操作人员因盘车器未完全脱开，导致水泵主轴反转的情况发生，进而引发盘车器高速逆向旋转，最终盘车器手轮破裂，并击中一名操作人员的右手拇指，造成骨折。事故发生后，企业立即将应急预案启动，对受伤人员进行救治，并展开对事故原因的调查，以查清事故原因和责任归属。从直接影响来看，此次事故造成了一名员工受伤，并导致水泵设备运行异常，影响了生产进度。事故的发生使现场安全管理存在一定漏洞问题展现出来，如操作规程执行不标准、设备维护不足、人员安全意识薄弱等问题。为避免类似事故的再次发生，需要将设备设计、操作流程、安全培训等方面进行改进^[1]。相关设备结构说明盘车器是水泵系统中的关键辅助设备，其主要功能是在

水泵启动前用手转动水泵主轴，以检查转动是否顺畅，避免由于长期停机导致出现轴承损坏或泵体卡滞的状况。盘车器通常由盘车手柄、啮合机构和固定装置组成，脱开和闭合状态如图1和图2所示，盘车器的脱开和啮合状态是其能否顺利工作的直接因素。当盘车器未完全脱开时，若强行启动水泵，可能会导致盘车器手轮受力破碎，进而发生高速飞溅伤人。

图1展示了盘车器在脱开状态下的示意，当手柄处于脱开位置时，固定块会将盘车器分离，使其不影响水

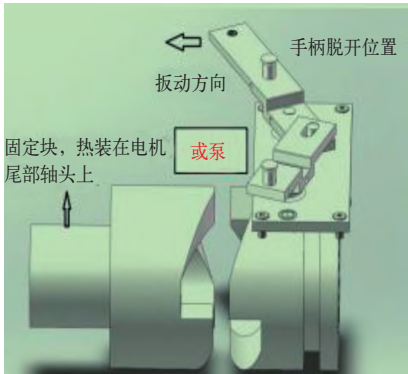


图1 盘车器脱开状态

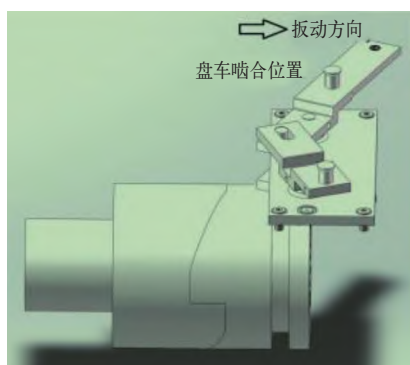


图2 盘车器闭合状态

泵主轴的运转。在本次事故中，盘车器未能完全脱开，致使水泵主轴发生异常反转，进而造成严重机械伤害事故发生。

1.2 事故发生前的工作情况

事故发生前，乙二醇水站3[#]水泵的盘车作业已进行准备，并处于有计划地倒泵操作之中。根据操作流程，当一台水泵需要停止运行并切换至另一台水泵时，通常需要进行盘车，以确保泵体内部无异常阻力。在本次作业过程中，设备运行出现异常，为事故发生原因。

事故发生当天凌晨，一名夜班值班人员开始准备3[#]水泵的倒泵。按照标准操作，需先进行盘车，确保水泵主轴能够自由转动。在起动过程中，水泵电动机仅运行10 s后发生跳闸。夜班值班人员将设备异常向维修技术员报告，并联系电气和检修人员进行排查。维修人员抵达现场后，进行初步检查，并尝试恢复设备运行。由于盘车器状态未能完全确认，操作人员尝试手动盘车并起动水泵^[2]。因为盘车器未完全脱开，水泵主轴发生反向旋转，导致盘车器手轮发生高速旋转并破裂，碎片飞溅击中维修技术员的右手拇指，造成其骨折。

事故现场情况如图3所示，事故现场设备包括水泵机组、盘车器、电动机等核心部件。从现场图可见，水泵与电动机之间通过轴联接，盘车器安装在电动机尾部，其脱开状态是水

泵主轴的运转的直接因素。在事故发生时，由于盘车器未完全脱开，出现其受力异常现象，最终导致盘车器的手轮部分断裂并击伤人员。

2 事故原因分析

2.1 直接原因

盘车器未完全脱开是本次事故主要直接原因，进而使水泵主轴反转，导致盘车器高速旋转，最终造成盘车器手轮破裂并击伤操作人员的现象。通过调查事故现场和分析设备运行记录，可以明确以下关键因素。

盘车器的功能是在水泵起动前辅助转动主轴以检查是否卡滞。在本次事故中，盘车器的脱开装置未能恢复原位，导致在起动时盘车器仍能对水泵主轴产生影响。当水泵主轴反向旋转时，盘车器被强烈冲击，使其手轮部分高速旋转，最终导致手轮破裂，若没有完全拔出手柄，可能会导致盘车器在水泵起动时仍处于啮合状态，从而发生危险^[3]。盘车器的设计高速旋转可能导致的破损风险未被考虑。当手轮破裂时，其产生的碎片在高速旋转过程中产生离心力，于是碎片高速

飞溅并使操作人员的手部负伤。现有设计中，缺少防护罩，也未安装额外安全限位装置的盘车器手轮，使得盘车器在异常情况下仍然能够参与水泵主轴的运动，提高了事故的发生率。

事故发生时，水泵电动机起动约10 s后跳闸，导致主轴反向旋转。这种现象可能由以下几个原因导致：1) 水泵出水口阀门开启过快，使叶轮被水流冲击，进而导致水泵主轴短时间内进行反向转动；2) 盘车器未完全脱开，仍然对主轴施加阻力，进一步加剧了反向旋转的可能性。

2.2 间接原因

虽然事故发生的主要原因是盘车器未完全脱开，但事故的发生还反映出企业在安全管理、设备维护、人员培训等方面的不足。事故调查显示，值班操作员在水泵起动前检查盘车器是否完全脱开的操作不标准。规定流程要求起动前对盘车器状态进行确认，但由于缺乏严格监督，便使操作员在未充分检查的情况下起动设备，从而引发事故。企业的设备巡检制度存在漏洞，对盘车器状态的检查不够深入。长期使用后，盘车器可能出现机械磨

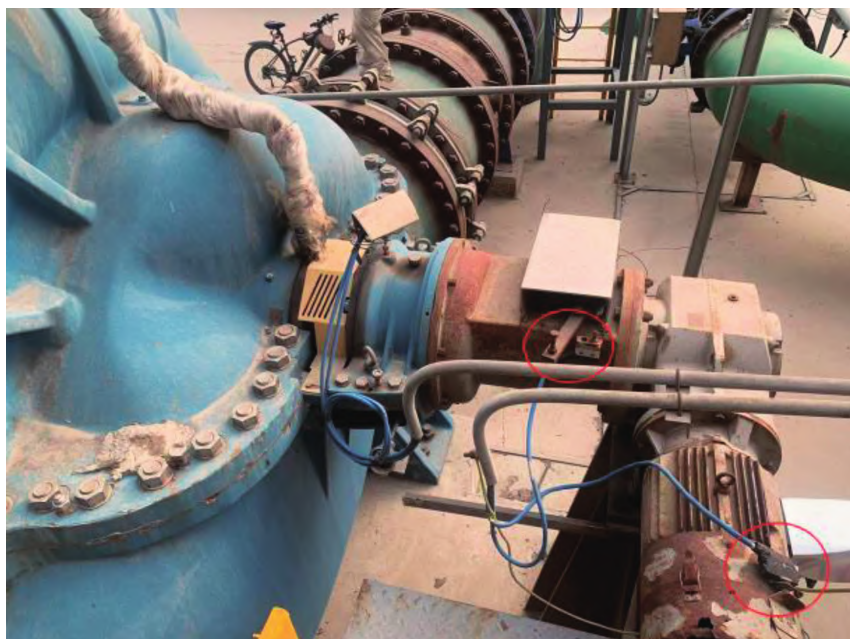


图3 盘车器双触点

损、松动等问题，若没有及时发现并维护，会增加设备在关键时刻发生故障的可能性。

本次事故中，盘车器可能已存在一定程度的松动，但由于巡检未能识别这一隐患，导致事故的发生。现场操作人员对水泵系统的潜在风险缺乏了解，特别是在检查盘车器脱开状态、设备异常处置等方面未能掌握正确标准的方法^[4]。操作员在发现水泵电动机跳闸后，没有进行完整的安全检查，而是直接尝试重新启动设备，进一步增加了事故风险。事故发生时，现场人员未采取科学的应急处理。在电动机跳闸后，应立即停止所有相关操作，对所有可能导致故障的因素进行检查，但操作人员并未做到这一点，而是尝试手动干预，加剧事故发生。

3 事故防范与改进措施

3.1 设备改进

本次事故的发生暴露出盘车器设计上的缺陷，特别是在防止误操作和意外损坏方面存在明显漏洞。为了防范类似事故再次发生，首先应优化盘车器的机械结构，增加强制脱开锁定装置。现有的盘车器对操作员手动调整脱开状态具有依赖性，缺乏强制锁定机制，这说明操作员在盘车器未完全脱开的情况下误启动水泵，设备反转或高速旋转导致机械损坏风险依然存在。建议在盘车器上增加机械联锁装置，确保在盘车器处于未完全脱开状态时，水泵电动机无法启动。这样可以从根本上杜绝因误操作引发的设备反转问题。

应加强盘车器的手轮设计，采用更高强度、抗冲击的材料，降低其在高速旋转情况下的破裂风险。目前使用的手轮在高速旋转后容易碎裂，并形成高速飞溅碎片，对周围人员构成安全威胁。建议对手轮材料进行升级，例如使用耐冲击的复合材料或铝合金

材质，以增强其抗断裂能力。以防碎片飞溅，建议为盘车器增添防护罩，在设备有异常时，有效阻挡碎片伤人。对于盘车器啮合机构设计，可以引入弹性缓冲装置，减缓水泵主轴反转时对盘车器造成的冲击，从而降低手轮破损的概率。

为提高设备的智能化水平，可以在盘车器上安装状态监测传感器，当盘车器未完全脱开时，传感器能够检测其异常，并在水泵控制系统中触发警报，提醒操作人员检查状态。这一改进不仅可以减少人为误判，还能通过自动化技术完备设备的安全可靠。通过以上对相应问题的改良，能够有效减少盘车器在极端工况下的故障率，增强安全度。

3.2 操作流程优化

设备的安全运行不仅依赖于其本身的设计，还高度依赖于操作流程的规范性。本次事故中，操作人员在未完全确认盘车器状态的情况下启动水泵，是导致事故发生的重要因素之一。

企业应强化标准操作规程，明确盘车器在水泵启动前的检查步骤。建议采取双人确认的方案，即在水泵启动前，必须有两名人员分别确认盘车器的状态，并在确认无误后进行记录签字。这一机制可以有效减少单人操作可能带来的疏漏，使操作更加严谨规范。在水泵启动前，必须由设备负责人或班组长进行最终检查，避免因操作员的经验不足或疏忽产生安全隐患。

应建立安全审批制度，特别是针对具有高风险的操作，如水泵的起停、倒泵等作业。应事先向安全管理部门报备有关紧要设备的具体操作，并在审批通过后，由专人监督实施。这一制度可以有效避免未经审核的违规操作，提高对其安全的管控。应要求所有操作人员严格执行水泵起停的标准化步骤，并在作业结束后进行记录，以形成可追溯的操作日志。

企业应对事故发生应急处理制度深化完善。当水泵出现跳闸或其他异常情况时，操作员应立即停机，并按照预先设定的故障排查步骤采用举措，而不是贸然尝试重新启动。建立完善的应急预案，有助于操作人员在紧急情况下采取正确的应对措施，减少事故发生的可能性。通过这些操作流程的优化，可以在制度层面降低人为误操作的风险，确保设备能够安全运行。

3.3 维护管理

设备的安全性不仅依赖于优化设计和操作规程，还需要定期的维护和检查。本次事故的发生在一定程度上反映了企业缺少对盘车器及相关设备的日常维护，使得设备在使用过程中出现问题而未能被及时发现。加强设备维护管理是防止类似事故的重要手段。

企业应建立定期巡检制度，确保水泵盘车器处于良好状态。建议制定详细的设备检查计划，例如每周进行一次基本检查，每月进行一次全面维护，每季度进行一次深度检修。在检查过程中，将重心放在盘车器的啮合状态、手轮固定情况、轴承润滑情况等关键部件状况，并对所有可能影响安全性的隐患排查。对于发现的问题，应建立故障报告机制，要求维修人员在规定时间内进行整改，并由设备管理人员进行复核^[5]。

可以引入智能监测系统，利用物联网（IoT）技术对关键设备进行实时监测。在盘车器的脱开装置和水泵主轴处安装状态传感器，当检测到异常情况（如盘车器未完全脱开或主轴反转）时，系统可以自动发出警报，并阻止水泵启动。这种自动化监测方式可以将人为误判风险降低，使设备运行具有更高安全保障。

企业应进一步分析设备故障数据，对以往发生的故障进行分类统计，并通过大数据分析找出设备维护的薄弱环节。可以分析不同时间段盘车器的

故障率，以及不同操作人员的误操作率，从而针对性地改进设备维护策略。通过以上措施，能够有效优化企业设备管理安全度和预见性，对事故发生的可能性有效减少。

3.4 安全培训

在生产管理中，安全文化的建立是重中之重。即使设备设计、操作流程和维护管理都得到优化，如果员工安全意识薄弱专业技能不足，仍然难以避免安全事故的发生。提高员工的安全意识和专业能力，是预防此类事故的关键。企业应定期组织安全培训课程，覆盖水泵系统的基础知识、盘车器的操作要点、事故案例分析、紧急情况应对措施等内容。培训应与实际案例关联，例如本次盘车器事故，通过模拟演练的方式，让员工直观地认识到错误操作可能带来的严重后果。企业应建立安全考试和考核制度，确保员工在培训后对安全操作技能真正掌握，考核不合格者不得从事相关工作。

企业应推行岗位技能认证制度，对涉及水泵操作的员工进行分级考核，只有通过考核的员工才能独立进行设备操作。这一制度不仅能提高员工的专业水

平，也能有效减少因经验不足导致的误操作。应定期举办事故应急演练，让员工在模拟环境下熟悉应急处置流程，使其在突发情况下更好地应对。

为了进一步增强安全意识，企业可以采用激励机制，例如对积极参与安全培训、提出有效安全改进建议的员工给予奖励，并对长期无违章操作的员工进行表彰。这种方式能够有效促进安全文化的形成，让员工自觉遵守安全操作规程，从根本上减少安全事故的发生。

4 结语

本研究分析了乙二醇水站盘车器失效导致的事故，找出了盘车器未完全脱开、水泵主轴反转等直接原因，并指出操作规程执行不严、设备维护不足、安全培训欠缺等管理问题。针对这些问题，提出了优化设备设计、强化操作流程、加强维护管理、提升安全培训等改进措施，以降低类似事故的发生风险。

企业的安全管理不仅依赖于设备优化，还需要严格的操作规范、定期维护和员工培训。建议引入智能监测

系统和联锁装置，加强安全审批制度，提升管理精细化和智能化水平。企业应持续推进安全文化建设，增强员工的风险意识和应急处置能力，从被动防护向主动预防转变。希望本研究能为类似设备的安全管理提供参考，推动企业整体安全水平提升。

参考文献：

- [1] 李雨聪, 徐铭悦, 张燕明, 等. 某火力发电厂承压部件失效分析[J]. 能源研究与管理, 2024, 16(04): 165-171.
- [2] 陈卫华, 曾兵, 钟明月, 等. 大型水泵关键零部件疲劳失效原因分析[J]. 自动化与仪器仪表, 2024(12): 115-120.
- [3] 李文福. 某给水泵汽轮机叶片失效分析及结构优化[J]. 热力透平, 2024, 53(04): 270-275.
- [4] 李子杰, 丛子龙, 孙嘉徽, 等. 海水泵密封环失效特征与加速腐蚀速率试验研究[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2024, 42(06): 47-53.
- [5] 万天, 吴冰冰. 搅拌车水泵蜗壳隔舌穿孔失效分析[J]. 中国铸造装备与技术, 2024, 59(04): 60-65.



扫二维码
关注Sievers分析仪官方微信
查看行业应用文集
电话: 400 887 8280
sievers.china@veolia.com
cn.sieversinstruments.com

Sievers* M 系列、TOC-R3 与 InnovOx 系列 TOC 分析仪用于检测水样中的有机碳浓度，适用于各种排入 / 排出的水流，测量浓度范围极广，广泛应用于石油炼化、化学品制造及环境监测。



Sievers* 总有机碳 TOC 分析仪 ——石油化工行业有机物监测解决方案

- 锅炉补给水 TOC 监控
- 蒸汽冷凝液、热交换器泄漏监测
- 源水、回用水有机物监控
- 生物污水处理厂前后有机物监测及优化
- 废水排放监测，COD/BOD 相互关系
- 高盐海水和卤水有机物监测
- 零排放过程及副产盐有机物监测
- 含实验室、在线、便携不同型号
- 部分在线型号已获得 NEPSI 一体化防爆认证



* 威立雅的商标，可能在一个或多个国家注册。