水下隧道的防护技术措施

杨成刚

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 油气管道隧道工程作为长输油气管道的关键控制点起着举足轻重的作用, 其中水下隧道的防护技术措施尤为重要, 对水下隧道的防护技术措施作了介绍。只要严格按照相应的要求执行程序, 就能保证水下隧道施工和运营过程的安全和顺利地进行。

关键词: 水下隧道; 防护技术; 措施

文章编号: 1006-5539(2009)03-0049-04 文献标识码: A

随着西气东输等长输管道建设的全面铺开, 隧道工程尤其是水下隧道逐渐成为中国石油工程设计有限公司西南分公司 (简称 CPE西南分公司)的重点发展的项目, CPE西南分公司先后进行了西气东输延水关黄河隧道、陕京二线张家湾黄河隧道、工自线沱江隧道、麻柳场岷江隧道、北干线涪江隧道、中卫黄河隧道、滚子坪鲤鱼塘水库隧道等多条大型河流穿越, 这些均为水下隧道穿越。

水下隧道在设计和施工中的安全防护是极为重要的, 下面介绍水下隧道的主要防护技术措施。

1 各类事故危险、有害因素对策措施

1.1 隧道水灾事故防治对策[1]

a.在选择井口位置时, 其标高一定要高于当地的最高洪水位, 地面的重要生产场所, 如变电站, 压风机房等, 其位置也要建在当地最高洪水位以上。同时地面泄洪排水沟应保持畅通;

b.严格执行有关隧道施工防治水的安全规定, 贯彻“有疑必探, 先探后挖”的原则。超前探水的目的有两个, 一是根据探水钻孔所取岩芯判断开挖面前方岩石破碎状况、裂隙发育情况等, 及早制定应付措施; 二是根据钻孔流量、出水颜色等判断是否与黄河有水力联系, 从而确定是否采取进一步治水措施;

c.对于量少而清澈的出水, 不危及围岩稳定和施工安全的, 可通过排水设施排走, 对于水量较大可能通过裂隙与河水导通的出水, 则必须注浆堵水;

d.隧道开挖范围内有勘探时期的钻孔, 为了防止钻孔导水, 必须排查钻孔的分布情况, 检查其封填情况, 检查封孔质量是否符合要求。当开挖工作面在接近钻孔位置时, 必须采取专门的措施进行探水, 发现问题及时处理;

e.隧道的埋深参照煤矿水下采煤方法, 在采区顶部保留一定厚度的隔水岩柱以防水浸入, 要求隧道与水体之间的距离不小于隧道高度的 10倍;

f.在施工过程中, 尽量降低导水裂隙带高度, 在打眼及爆破作业过程中浅打眼、少装药, 控制裂隙发展和扩散, 使爆破后的实际隔水岩柱大于设计要求, 防止河水涌入开挖面;

g.切实做好职工的安全教育和技术培训, 提高职工的安全知识和技术素质, 使职工能懂得透水前各种征兆和规律, 在透水预兆发生时能及时发现、汇报;

h.坚持安全制度的落实。制定完善的规章制度。杜绝盲目施工现象。安全监察部门应加强安全监察工作, 除加强对违章作业的监察处理外, 要注意工作面的透水征兆;

i.实行探放水的工作面, 应编制探放水作业规程, 在探放水时, 必须根据实际情况, 合理选择各种参数;

收稿日期: 2008-08-17

作者简介: 杨成刚 (1970-), 男, 广东梅州人, 高级工程师, 国家一级注册结构工程师, 国家一级注册建造师, 硕士, 现主要从事土建设计及研究工作。电话: (028)86014442

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

j)安全措施的编制要具有针对性，切合现场实际，并保证技术上可行正确；

k)隧道施工中的防排水设备如水仓、泵房、水泵数量、管路布置等严格按照有关的规定，通过计算来确定，留有一定的备用系数，保证排水系统满足安全生产的需要；

l)在管道运行过程中，为了防止在隧道内出现涌水的情况下露空管道上浮，针对露空管道用管卡卡住，管卡支墩间距根据计算确定。

1.2 隧道围岩灾害事故的防治措施[2]

a)隧道围岩灾害的控制应当从围岩支护设计入手。围岩控制设计关系到开挖工作面围岩的支与护等一系列安全问题，应当遵循以下准则：

a)技术上可行。在隧道方案设计过程和施工过程中进行围岩控制设计时，要注意总结现有隧道围岩管理经验，依据合理围岩控制设计理论指导进行；

b)安全上可靠。对开挖工作面，围岩控制方案主要是合理的确定初期支护设计支撑和工作阻力之间的关系；

c)经济上合理。在保证安全的前提下，所确定的支护参数尽可能最优，以便能最大限度地节约支护材料，降低隧道施工成本，减轻工人的劳动强度，提高工作效率，获得良好的经济效益。

b)依据支护设计，认真编写开挖工作面的作业规程，在作业规程中要明确工作面的围岩管理方式、支护形式、支护方法、控顶距，及时进行二次衬砌。

c)开挖工作面要安装一定的围岩运动监测装置，掌握围岩运动的动态信息，以便分阶段及时加强支护，有效防止各类事故发生。同时也可为进一步优化合理选择支护参数提供依据。

d)开挖工作面通过断层等构造变化带时应采取的安全措施主要有：

a)加强隧道开挖地段的地质调查工作，掌握地质资料，及时制定具体的施工方法和安全措施；

b)减少空顶距离，及时支设临时支架，二次衬砌要跟上，滞后距离不得超过规定距离；

c)施工中严格执行操作规程、交接班和安全检查制度，随时注意观察围岩稳定状况的变化，及时掌握断层等构造带出露时间。一旦发生异常征兆要及时处理，防患于未然；

d)开挖工作面在邻近或穿越围岩较差隧道部分时，采用金属支架或管棚做支撑，棚距要缩小；

e)减少一次放炮的炸药量，降低因放炮对断层带附近破碎围岩的震动；

f)当断层带处围岩特别松软破碎时，要采用超前探梁支护的办法管理端面不稳定顶板围岩；

g)在围岩岩性突变的地段，要采取加强支护的措施。

e)锚杆施工的安全技术措施：指定专人按规定定期进行锚杆抗拔力实验，防止因锚杆滑脱而造成不安全事故。

f)喷射混凝土作业开始前，应详细检查围岩受喷面，彻底清理危石、浮石。

1.3 瓦斯事故预防对策措施

a)在单位经济条件允许的情况下，建议装备隧道安全监控系统，对开挖工作面和重要地点进行监控，提高矿井安全可靠程度；

b)设置专职人员定期检查井下各地点的瓦斯浓度，严禁脱班漏检，发现异常情况及时汇报处理；

c)风机安装位置得当，定期检查和维护各种通风设施，保证井下风流按照计划进行调节分配，防止风流紊乱或者涡流风的现象；

d)隧道开挖工作面按照规定进行风机的计算选型，风机供风能力满足生产需要。加强管理风筒等通风设备，保证开挖工作面有足够的有效风量；

e)隧道开挖工作面必须安装风、电和瓦斯、电闭锁，当出现停风、瓦斯超限事故时，及时切断电源撤出人员，避免灾害发生；

f)使用符合安全规程规定的爆破器材，使用合格的爆破许用炸药、雷管等；

g)因瓦斯突出造成瓦斯燃烧时，如果突出数量较小，而且瓦斯浓度在爆炸界限内，应保持正常通风或加大供风量，以防止瓦斯浓度上升，发生爆炸；

h)隧道内严禁使用大灯泡等违章电器，以防止出现明火；

i)隧道内必须安装使用符合安全规程规定的矿用电气设备，对设备要定期进行检查维修，防止因设备损坏或维修保养不及时而出现失爆现象；

j)加强职工素质教育，坚持正规操作、按章作

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

业，防止因此而造成电气短路或产生电火花，成为造成瓦斯爆炸的火源；

k所有洞内机电设备，不论移动式或固定式都必须采用安全防爆类型。

1.4　提升运输事故防治措施

a斜井提升机及其控制系统要安装齐全的保护装置，具体包括：

a)防止过卷保护装置；

b)过负荷、欠电压保护装置；

c)防止过速保护装置；

d)井口设阻车装置；

e)在井身及井底车场变坡点附近设挡车装置；

f)松绳保护装置；

g)提升机加设定车装置；

h)深度指示器保护装置。

其中，防过卷装置、防止过速装置、和减速功能装置应设置为相互独立的双线式。

b提升机、电机、钢丝绳的选型要根据隧道的实际情况计算确定，并按照有关规定进行校验，确保足够的备用系数，提高安全可靠性。

c提升钢丝绳的选择要根据有关钢丝绳技术规格规定，依据不同的用途选择相应的合格的钢丝绳，并经过安全检查中心或主管部门的检查验收。

d钢丝绳必须坚持日检，加强维护，严格更换标准，具体要做到以下几点：

a)坚持钢丝绳的定期试验，建立钢丝绳档案；

b)严格执行钢丝绳的更换标准，发现钢丝绳断丝超限必须及时更换；

c)根据井巷条件及锈蚀情况，定期涂抹钢丝绳专用油脂进行维护。

e每个提升系统都通过计算确定提升装置的最大载重量和载重差，严格控制提升负荷，不准超载，防止出现打滑或断绳危险。

f按时检查和维修制动装置，保持制动装置符合规定要求。

g当斜井施工穿过煤层以及可能有瓦斯突出时，应设瓦斯报警自动断电仪。

h以井口为中心，在井口与井底之间和井口与绞房之间，用声光信号联系，并安装直通电话，以随时掌握井上井下的运输情况。

i提升信号本身应当符合以下要求：

a)信号本身必须可靠，即选用一些先进的可靠的信号装置；

b)确立执行信号指令的制度。严格约束各种指令，不同指令具有显而易见的特征，特别是紧急信号。信号的初发、转发和接受执行都必须责任明确，不准在无指令或指令不明确的情况下盲目开动设备；

c)发令人员和执行人员必须尽职尽责。

j提升信号与操作机构建立闭锁关系，主要包括：

a)提升信号与提升机闭锁；

b)提升绞车设备联动与信号闭锁。井底车场各种设备的执行机构之间必须联动，又必须与信号连锁，防止发生井口事故。

k斜巷提升安装可靠的防跑车装置。

l倾斜巷道在提升运输车辆运行时，严禁违章脱钩乘车。

m把钩工认真按章作业，谨防未挂钩下放和过早摘钩，防止超挂车辆和车辆超载，注意避免惯性过载。挂车时应认真检查连接装置的完好情况，不合格的插销等装置不得投入使用，并坚持使用保险绳。

n绞车应定期检查维修，运行前，要认真检查工作闸和制动闸的完好情况，及时排除故障。斜巷提升要安装使用松绳保护装置。

o提升倾斜巷道按照隧道设计的有关规定在制定位置设置躲避硐室以及信号硐室。在提升时，下车场的人员要及时进入躲避硐室。

1.5　隧道施工粉尘灾害防治措施[3]

a本次施工在基岩为石炭系中穿越，在施工过程中除了产生大量的岩粉还会产生具有爆炸性的煤尘，所以必须采取综合防尘措施，建立综合完善的防尘供水系统和完善的防尘洒水管路系统。

b在有粉尘危害环境工作的职工，必须加强个人防护，配备个体防尘保护用具，并定期检查身体，保证职工的身心健康。

c开挖工作面采取湿式凿岩，放炮使用水泡泥，净化风流，粉尘比较严重时，使用机械扑尘。

d机械通风可稀释空气中的粉尘含量，是降低洞内粉尘含量的重要手段，因此在主要作业进行期

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

间应始终保持风机的运转。

e.防尘用的供水系统要有过滤或沉淀装置，保证水质清洁；喷雾、洒水、捕尘设备制定专人管理和维护，不得随意拆卸。

f.洗刷岩帮是在放炮后恢复作业以前，利用湿式凿岩的胶皮水管进行，洗刷岩帮时水压一般湿式凿岩相同，宜为 0.3 ~0.5 MPa。

g.穿越煤层时在围岩状况允许的条件下，可以考虑采用煤层注水措施。注水时要保证足够的注水压力、注水时间，合理布置注水钻孔，并密闭严实，确保通过注水使煤层得到充分的湿润，增加煤体的水份，从而减少煤尘的产生量。

h.在开挖工作面和出渣点及其它需要防尘的地点要安装洒水喷雾装置降尘。喷雾洒水不仅能降低因爆破、出渣等产生的粉尘，而且还能够溶解少量的有害气体（如 CO_2，SO_2）并能降低温度。

i.防治煤尘爆炸还要采取措施防治产生火花，此类措施与防治瓦斯爆炸的措施相同，在此不再叙述。

2 安全管理建议

2.1 建立安全保证体系

建议以项目长为核心的各级管理人员，以总工程为首的各级专业技术人员，建立起系统的、分层次的安全保证体系，以保证生产安全。

2.2 安全监察机构和人员

为保证安全生产目标实现，必须有合理而有效的安全监察机构，为安全生产决策、措施的实施提供必要的保证。所以要建立专门的安全监察机构，按规定配备专职的安全管理人员，各生产领导小组也应当设置专职或兼职人员具体负责生产过程中的安全监察工作，检查落实施工过程中存在的安全问题。

2.3 完善各种安全管理制度

包括建立健全安全目标管理制度、安全奖惩制度、安全技术审批制度、安全隐患排查制度、安全检查制度、安全办公会议制度等安全管理制度。

2.4 编制灾害预防与处理计划

根据隧道施工的实际情况，编制隧道施工灾害预防与处理计划，并根据具体情况及时修改。灾害预防与处理计划由项目长负责组织落实。

综上所述，只要严格按照以上要求执行程序，就能保证水下隧道施工和运营过程的安全和顺利地进行。这些安全措施在西气东输延水关黄河隧道、陕京二线张家湾黄河隧道、工自线沱江隧道、麻柳场岷江隧道、北干线涪江隧道、中卫黄河隧道、滚子坪鲤鱼塘水库隧道等多条大型河流穿越均得到了很好的应用。

参考文献：

[1] 王树仁，何满潮，刘招伟. 岩溶隧道突水灾变过程分析及控制技术[J]. 北京科技大学学报，2006，28(7)：613-618.

[2] 霍玉华. 浅埋公路隧道施工塌方事故的预防与整治技术研究[J]. 中国安全科学学报，2005，15(7)：213-215.

[3] 姜德义，郑彦奎，任 松，等. 城市隧道施工的环境影响分析及防治措施[J]. 江苏环境科技，2006，19(6)：119-121.