

隧道爆破施工安全控制措施探讨

隋庆堂

中交一航局第五工程有限公司

摘要：隧道工程普遍需要开展爆破施工活动，但是爆破施工中容易受到爆破施工技术、安全管理等多方面因素的影响，存在较多安全风险隐患，从而难以保证施工活动开展的安全可靠性。因此，本文主要阐述隧道爆破施工特点，分析隧道爆破施工安全管控现状，并以实际工程案例，积极探讨隧道爆破施工安全控制措施，旨在保证隧道施工质量和效率。

关键词：隧道爆破施工；安全控制；措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.104

隧道工程在施工建设过程中，对爆破技术的依赖性较强，但在爆破施工过程中存在不同类型的安全隐患，容易引发一系列安全事故，导致负面影响较大，对施工安全的管控工作做得不到位。在这种情况下，结合同类工程安全管理经验，积极引入先进的安全管理理念，创新安全管理方式方法，最大程度降低各类安全事故发生概率，确保隧道爆破施工工作安全顺利进行，保护施工人员生命财产安全，需要相关施工人员在隧道爆破作业中更加注重安全控制和管理工作。

一、隧道爆破施工特点

（一）施工外部环境复杂，内部环境封闭

大多数隧道工程位于偏远区域，高速公路建设爆破施工所处地理环境较为复杂，部分隧道临近村落、高压线路、古迹等，从整体上进行分析，无论是偏远区域的爆破还是高速公路建设的爆破工作都呈现出施工条件复杂的特点。隧道爆破施工现场通常为一个出口，这就造成爆破施工工作整体相对封闭，因此在隧道进口位置隔离布置相适应的安保警戒，可以有效控制人员误入爆破现场，也可以有效避免爆破器材物品被盗的可能性^[1]。

（二）物品管理难度大

隧道爆破工作开展过程中在掌子面周围会产生大量碎石堆积现象，并且在其中掩埋拒爆雷管炸药，在这个过程中出现管理不当的问题可能造成雷管炸药等遗失遗漏问题等现象，大大增加物品管理难度。

（三）事故发生概率增加

即使每次隧道工程爆破单次的用药量不多，但是整个爆破施工过程中应用的次数较多。

夜以继日施工的高速公路项目较多，给周边居民的日常生活和工作带来了较大的影响，特别是夜间施工的项目可能会出现施工人员注意力不集中等现象，使得各类安全事故的发生概率不断提高。如部分隧道施工工作开展中整体作业环境复杂，在施工区域内应用钻机、电焊机等多种类型的机械设备，当爆破施工现场针对爆破物品未进行科学合理的管理，可能产生较多安全事故。此外，在隧道设计高度较高时，安装药品、钻孔等相关

工作需要利用台架合理进行，而常规台架一般高度在4.5米左右，容易发生物品坠落导致爆破危险，一旦雷管与台架发生碰撞，将给人员生命财产安全带来更大威胁。

二、隧道爆破安全控制现状

（一）安全管控制存在问题

隧道爆破施工活动开展过程中，需要管理人员综合分析处理，在隧道爆破施工活动开展过程中，由于安全管理工作不到位，容易引发各类安全问题。如：（1）坑道塌方。隧道爆破施工作业中，当爆破设计不合理、支护不规范等问题突出时，爆破施工可能造成区域隧道坍塌现象，为施工单位带来较大经济损失；（2）爆破作业事故。隧道爆破施工操作中，由于爆破施工人员自身专业知识和技术水平较低，存在操作不规范等现象，容易造成爆破施工活动未严格按照规定流程进行，从而引发一系列爆破安全事故，对现场人员产生较大安全事故。在隧道爆破施工作业中，由于爆破施工人员自身的专业知识和技术水平较低，存在作业不规范等现象，容易造成爆破施工活动没有严格按照规定的流程进行，从而引发现场人员发生较大安全事故的一系列爆破安全事故。隧道爆破工程施工过程中，存在持续降雨等天气，对周边土层水文地质环境产生较大影响，增加施工作业的安全隐患^[2]。

（二）安全控制制度建设的现状

隧道爆破工程施工过程中具有较强的复杂性，涉及多种关键技术和知识，当发生安全事故的情况下，就会带来十分严重的不良影响。因此，施工单位需要结合实际情况和工程建设要求，制定相适应的安全控制制度体系。但是，结合我国高速公路、城市轨道交通等隧道爆破施工现状进行分析，依然存在较多类型的隧道爆破施工安全问题，充分表明另外我国隧道爆破工作创建了相应的安全控制制度，但是这些制度内容需要不断改进和完善，同时要增强制度的执行力，保证各项制度全面落实到相关隧道爆破施工作业中。隧道爆破安全控制制度未获得理想的应用效果，需要相关人员在今后工作和发展中深层次探索和分析，提高爆破作业安全控制水平。

（三）安全控制问题的成因

隧道爆破施工作业中，安全管理工作在隧道爆破施工作业中成效不大，致使一些爆破施工作业安全事故类型较多。

1) 隧道爆破施工工作自身受到不同因素的干扰，增加安全控制工作难度，同时缺乏科学完善的动态安全管控体系，难以有效开展各项安全管理工作，从而造成安全管理活动存在明显的滞后性，难以及时发现和处理安全问题^[3]。

2) 部分安全管理人员缺乏安全参数计算等专业能力,在实际工作开展中普遍结合自身的工作经验,存在一定的主观性和随意性,造成安全控制工作存在较多不合理规范的现象,难以达到预期的安全控制效果。此外,由于安全参数计算分析模块在国内较多的隧道爆破施工中没有积极引进现代化的先进信息技术,导致各项工作的开展存在问题,难以提供有效的参考数据供管理者做出正确的决策,给安全控制工作的开展造成了较大的不良影响^[4]。

3) 安全管控人员在隧道爆破施工正式开展前,在安全事故发生后,内部管理混乱,现场影响严重的情况下,未结合工程施工情况,规范、设计完善、切实可行的应急预案体系,无法对隧道爆破施工中存在的安全隐患进行准确识别。

4) 隧道爆破施工中部分施工技术人员在实际爆破作业中,没有严格按照有关标准和刘生合理开展施工作业,导致隧道爆破施工中,自身安全意识不强,同时安全防范能力不足,大大增加了爆破安全事故的发生概率^[5]。

三、工程概况

京秦高速公路遵秦段经唐山遵化市、迁西县、迁安市,以及卢龙县、抚宁区、海港区、秦皇岛市山海关区,京秦高速公路遵秦段路线全长约166公里,设计最高时速120公里/小时。京秦高速公路遵秦段工程采用路基宽33.5米、隧道净宽14.75米的双向六车道高速公路整体式路基标准横断面。

本爆破作业项目为京秦高速公路遵秦段小峪隧道掘进爆破工程爆破作业项目,爆破作业区域横跨秦皇岛市卢龙县和抚宁区,隧道掘进施工从北京端单向掘进,爆破作业归属秦皇岛市卢龙县公安局管辖。

本项目施工隧道掘进爆破区域位于河北省秦皇岛市卢龙县燕河营镇小峪村东南约500m,施工区域地处山区,周围均为山地。隧道左线进口北距本工程小临驻地最近47米,北距小峪村民宅74米;隧道右线进口距离110千伏架空输电线路陈大线塔基最近距离224米,右线南侧距离110千伏架空高压输电线路陈大线塔基70米,陈大线在隧道左线出口处与隧道相交。

该工程隧道开挖爆破为地下岩土类爆破工程,采用浅孔松动爆破的爆破方式,按《爆破安全规程》(GB6722-2014)爆破工程分级4.1的规定,计划最大一次爆破装药量127.4千克,初步认定该爆破工程等级为“露天岩土类钻孔爆破D级”。依据《爆破安全规程》4.2条规定,距爆区100m范围内有110KV陈大线架空高压输电线路的重要保护对象,需提高一个工程级别。本工程爆破级别最终确定为:“地下岩土类浅孔爆破C级”。

四、隧道爆破施工具体措施安全管控

(一) 隧道施工要求与方法

隧道进口明洞段采用浅孔爆破法进行施工,主要考虑对洞口保留岩体稳定性的保护,以保证后期隧道进口防护安全。以新奥法组织实施隧道掘进施工为主,机械

化施工是其主要工序。隧道洞身段掘进爆破,IV级围岩根据岩石稳定性和软硬程度的不同,采用三步掘进法施工,V级则采用双侧壁导式坑道施工。人行横通道,采用全断面一次爆破法,“多循环、短进尺”减弱松动爆破进行施工。三步开挖法施工步骤:施工时先对上部断面I进行开挖,再对下部断面II进行开挖,最后对下部断面进行开挖。

(二) 安全警戒方案

1) 装药警戒范围为以红旗为标志的爆破作业区50米范围,爆破作业现场禁止任何无关人员进入。

2) 爆破安全警戒范围:在隧洞施工时,必须按照露天爆破安全警戒距离的有关规定设置安全警戒范围,浅孔爆破安全警戒范围不能低于300米。工程爆破时,对防护对象,本工程爆破时个别飞石对人员、设施设备等保护对象的安全距离不小于300m。

3) 爆破作业区与周边分界线为安全警戒范围。警戒区边界应设置禁止无关人员进入的明显标志。

4) 讯号。爆破指挥部要与可使用警戒旗、哨子或便携式扩音器、无线电话或对讲机的爆破施工现场、起爆站和主要警戒哨建立并保持通信联络。警卫人员要手持警戒旗、哨子或随身携带的喊话器,并佩戴警衔袖章。起爆前30分钟开始清场,把爆破警戒范围内的人员撤离,爆破前任何人不得进入,指挥部与各警戒点间保持联系。预警信号:警戒到位,爆破前所有人员全部撤离出爆破安全警戒线以外,设备应撤离至安全地点,并做好安全防护。起爆前10分钟发出预先警报信号,准备爆破的哨音一长一短。起爆信号:在确认人员、设备等全部撤离爆破警戒区,所有警戒人员就位,具备安全起爆条件时发出起爆信号,爆破前1分钟发出起爆信号,起爆信号发出后,执行起爆准备和发出起爆口令,持续短音哨音,对负责起爆的人员,准许实施起爆,起爆信号发出后,起爆。解除信号:检查人员在安全等候时间后,进入爆破警戒范围,对道路通行是否造成影响进行检查和全面检查。爆破解除警戒信号必须确认安全后才能发出。在此之前,哨位不得疏散,爆破警戒范围内不得进入非巡视人员,信号哨音要解除2短1长。

(三) 安全防护措施

1) 隧道爆破警戒范围:隧道掘进进洞小于50m,可适当以正对隧道口前方300m范围为安全警戒范围,隧道人员全部撤离至隧道口两侧50m范围以外;隧道掘进进洞50m后,安全警戒范围可缩小至正对隧道口前方200m,隧道人员全部撤离至隧道口两侧50m范围以外。

2) 要求两洞一作业面之间间距小于20米的地方实施爆破时,通知相邻巷道作业面作业人员撤离到安全位置。

3) 施工爆破前要贴出爆破告示。

4) 开始装药作业时,在爆破区域洞口施工便道两侧设置爆破作业警示牌,并配备安全警戒人员,对进入爆破现场的工作人员,要佩戴施工工作证胸标,涉爆人员一律持证上岗,对进入爆破现场的所有涉爆人员,一律实行安全警戒、安全保卫。

5) 起爆前15min警戒人员到岗,在警戒区域以外的安全地方,分片负责疏散警戒区域内的无关人员。爆破洞口按计划通过,或在发出解除警戒信号前,经爆破点道路离开警戒位置。

6) 负责疏散的责任人必须及时向负责爆破的人员报告,完成疏散任务后方可撤离。

7) 人员撤离后,再次进入爆破警戒区域,直至解除信号未发出。

8) 爆破负责人用对讲机倒计时的方式,在确认所有人员撤离安全警戒范围后,下达起爆命令。

9) 相邻隧道采用统一警戒方式或者分开爆破。

10) 警戒与起爆信号

(四) 爆破后检查的安全控制措施

1) 露天爆破,爆破后要超过5分钟,爆破作业现场允许检查人员进入;如果不能确认是否存在盲炮,要进入爆破区检查,时间要在15分钟以后。

2) 隧道爆破时,允许爆破作业人员进入爆破作业地点,经通风吹排浓烟,经检查确认井下空气合格,等待时间超过15分钟

3) 露天爆破在对爆破点进行检查确认安全后,允许作业人员进入爆破区,并征得当班爆破项目技术负责人同意

4) 巡视人员发现盲炮等危险情况,要及时报告,及时处置;无关人员不得靠近,应当在处理前在现场设置危险标志,并采取相应的安全措施

5) 发现爆破器材残余的,要收缴上交,集中销毁。

6) 由安全员和爆破员共同执行爆破后的检查工作。

7) 爆破后要检查的内容是:确定是否存在盲炮的情况;露天爆破炮堆稳不稳,有没有出现危险的边坡和乱石;公用设施和重点保护的建筑物(构筑物)在爆破警戒区域内的安全。

8) 隧道爆破后应进行充分通风,检查处理边邦、顶板情况,做好支护,确认爆破作业场所通风良好、环境安全后方可进行下一循环作业。

(五) 盲炮处理的安全控制

1) 爆破工程技术负责人应在处置盲炮前划定警戒范围,并将警戒设置在区界,无关人员在处置盲炮时不得进入警戒区域。

2) 对盲炮要派经验丰富的爆破手进行处置。

3) 炮眼内的起爆药包严禁强行拉出或拔除。

4) 处理完盲炮后,对爆堆再进行一次认真检查,收集残余爆破器材,统一进行销毁处理;要防患于未然,派专人监督爆堆挖掘、运输作业,才能确认爆堆无残留爆破器材。

5) 对盲炮的成因、处理方法和结果、预防措施等,处理完毕后由处理人填写登记卡或提交报告进行解释。

6) 盲炮处理法,露天浅孔爆破。爆破网络未被破坏,最小阻力线路没有变化的,可重新连线起爆;在联

线起爆前应计算安全距离并增加警戒范围,最小抵抗线有变化者。

(六) 爆破振动及飞石的安全控制

1) 精细设计钻爆孔网参数,严格控制炸药单耗系数和各孔的装药量,露天爆破采用逐孔爆破技术,隧道爆破尽量减小最大单段起爆药量,起爆网路采用数码电子雷管起爆网路,避免对高压线塔和民房造成损坏。

2) 严格按爆破设计钻孔,并随时检测修正。个别误差较大的孔,装药时要特别处理,或者报废不装药。

3) 控制填药长度,控制填药质量。孔洞内的积水被清除干净,受水饱和的填充物很容易被冲断,同时要分层填充物进行填充物的捣碎处理。

4) 对地质构造如断层、软弱带、裂隙开放、成组发育、间隔填塞、药量调整、避免过量装药等,要慎重对待。

5) 要选择合适的延迟时间和起爆方式,控制个别飞石朝向较安全的方向。

6) 在隧道进口明挖段露天爆破时,根据爆破的孔网参数,选择合适的起爆方式,控制最小抵抗线的方向背离或平行保护目标。

7) 在爆破时,爆破警戒线范围内的人员必须全部撤离。

8) 对高压线附近和B6标临建实施爆破时,采取将沙袋压在炮孔洞口,对爆破区域采取覆盖草帘、篱笆或炮筒等防护措施,控制爆破飞石对防护对象的冲击。

9) 在爆破时进行爆破振动监测,根据监测结果,合理调整炸药单耗、每孔装药量。

五、结束语

需要施工单位高度关注和重视的是,隧道爆破施工过程中,安全控制工作的合理开展至关重要。安全管理人员要创建全过程安全管理活动,结合隧道爆破工程施工特点,积极关注各项安全管控细节内容,在各项爆破作业细节中全面贯彻落实,制定合理完善的安全管控体系,为爆破作业提供强有力的支撑和保障。

参考文献

[1] 廖辉.隧道爆破施工对既有隧道安全影响分析及控制标准研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):4-4.

[2] 韩荣星.隧道爆破施工安全控制技术的探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(3):2-2.

[3] 马会力.下穿输水隧道工程爆破施工及安全控制措施[J].浙江水利水电学院学报,2021,33(6):5-5.

[4] 李海龙.隧道爆破施工中现场安全管理的具体措施[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(8):2-2.

[5] 宋青波,张奇,单洪涛,等.交叉隧道施工安全监测及控制技术[J].河北建筑工程学院学报,2021,39(3):52-59.