瓦斯隧道的界定及施工安全防治措施

张　延
(西南交通大学,四川 成都 610031)

摘　要:讨论了铁路隧道施工中的瓦斯隧道合理的界定标准、监测方法、正常防范的施工安全技术和紧急防范对策,并通过黄莲坡瓦斯隧道工程实例,强调瓦斯隧道施工安全技术的重要性。

关键词:瓦斯隧道;界定标准;监测;防范措施
中图分类号:U456.3+3　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1000-3746(2001)04-0065-03

1　问题的提出

在瓦斯隧道的施工过程中,由于存在着瓦斯突出和爆炸的隐患,一些先进的隧道施工技术和成熟的施工方法的应用受到一定的限制。据不完全统计,建国以来,我国修建了 13 座铁路瓦斯隧道,总延长米 40 km 左右,积累了许多宝贵的经验。但是由于瓦斯隧道较少,铁路基建队伍对瓦斯缺乏了解,重视也不够,也未进行弱瓦斯隧道合理的界定标准、监测方法、正常防范的施工安全技术和紧急防范对策等方面的研究,直接影响了对铁路弱瓦斯隧道修建经验的系统总结与整理。因而到目前为止,我们仍没有一个完整的瓦斯隧道工程技术标准,致使我国的铁路瓦斯隧道的勘测、设计、施工一直处于无章可循的境地。铁路施工单位按照《煤矿安全规程》的有关规定组织施工似乎是无可厚非的,然而铁路隧道施工不同于建井采矿,隧道选线时即应尽量避免不良地质和煤与瓦斯突出的地带,只有在万不得已时才出现穿越煤层瓦斯的情况。因此,一般来说瓦斯隧道所发生的瓦斯涌出现象不象煤矿采煤那么严重,那么复杂;煤矿的煤巷是沿着煤层布置,煤巷中的瓦斯规律便于掌握,而在煤岩中穿行的隧道施工,其瓦斯涌出的规律就很难预测,很难掌握。同样的原因,隧道勘测选线阶段的瓦斯预测比煤田矿井的瓦斯预测要难得多,预测精度也低得多。铁路隧道的开挖断面通常为 50~120 m^2,而煤巷掘进断面通常为 7~12 m^2;铁路隧道的大型的开挖、装运、衬砌设备,多工序交叉作业,大风量、长独头的通风等都带来一系列的技术难题。因此,总结瓦斯隧道施工技术已成为当务之急。

2　瓦斯隧道合理的界定标准

瓦斯隧道的定义是在隧道勘测或施工中,在其通过的煤或岩层中发现有瓦斯的隧道,而没有规定瓦斯涌出的指标,包罗着一个相当大的范围。瓦斯涌出量有大有小,涌出形式有自然状态下的溢出和复杂动力条件下的突出。隧道内涌出瓦斯大小不同,对安全施工生产的威胁不同,必须采取不同的安全保证措施。因而对瓦斯隧道进行等级划分是十分必要的,然而如果按日产 1 t 煤的瓦斯涌出量为指标对隧道进行等级划分显然不适合铁路隧道。笔者认为可根据隧道所穿越的煤层或煤线的煤化程度和通过测定绝对瓦斯涌出量 2 方面入手对隧道进行瓦斯含量的界定。

2.1　根据煤层或煤线的煤化程度来界定

煤化程度越高,产生的瓦斯量也越多,即各种煤层含瓦斯量由少到多的顺序为:长焰煤、气煤、肥煤、焦煤;瘦煤、贫煤、无烟煤。当煤化程度进一步提高,超过无烟煤阶段时,瓦斯含量将急剧下降,到达石墨阶段时瓦斯含量为零。这些经由煤的变质过程而产生的气体部分保存在煤层和岩层中,当隧道开挖通过煤层或这些岩层时,瓦斯通过煤层或岩层的裂隙、孔洞等涌向隧道,同时吸附瓦斯转化为游离瓦斯。因此,可依据隧道穿过煤层的矿化程度及煤层的厚度来判断瓦斯隧道的强弱。

2.2　通过测定绝对瓦斯涌出量来界定

考虑到铁路瓦斯隧道断面大,洞身穿过煤层等施工特点,认为绝对瓦斯涌出量 < 3 m^3/min 的隧道称为弱瓦斯隧道,因为 3 m^3/min 为煤矿抽放瓦斯的判据。

3　监测方法

瓦斯监测是保证瓦斯隧道安全施工的必要手段,必须全方位、全过程的进行监测,以便掌握全隧道的瓦斯浓度分布状况,特别是隧道顶部、断面变化处等瓦斯易积聚部位更应严密监测。

在一个施工循环中,瓦斯含量增加最大的工序是在凿眼过程中和放炮后,这是因为炮眼可能成为与前方瓦斯层的连接通道;放炮之后,由于突然揭露出大面积的新鲜岩层,有可能使封闭的瓦斯层逐渐释放甚至完全暴露,致使瓦斯沿围岩裂隙缓慢渗漏甚至大量涌出。因此,加强凿岩过程中及装药前和放炮后的瓦斯监测至关重要。

瓦斯比空气轻,而且有很强的扩散性。当隧道内的风速 < 0.25 m/s 时,瓦斯将游离出来,并在隧道顶部和死角处聚积起来,甚至局部超限达到爆炸浓度。因此,隧道顶部超挖的空洞、避车洞和断面变大处(此处风速较小)等是监测的重点。此外,各种作业机械、电动机及开关附近 200 m 以内的风流中也应加强监测,以防机电设备防爆性能下降而引发瓦斯爆炸事故。

收稿日期:2000-06-23;**改回日期**:2001-05-16

作者简介:张延(1972-),男(汉族),湖南新化人,西南交通大学博士在读,工程师,副科长,桥梁及隧道工程专业,从事地下及隧道工程施工技术管理工作,云南省水富县云水宾馆指挥部(657800),(0870)8635785,zy100@ynmail.com。

万方数据

4 安全技术措施和紧急防范对策

4.1 通风

4.1.1 通风管理

在瓦斯隧道中,加强施工通风是防止瓦斯与煤层燃烧、爆炸的重要手段和行之有效的方法。为确保工作面瓦斯浓度≯1%,距工作面后方20 m回风流中的瓦斯浓度≯0.75%,每人每分钟供应新鲜风量≮4 m^3,洞内风速0.25~6.0 m/s,以及隧道中没有瓦斯积聚,必须加强通风管理,保证洞内有充足的新鲜空气,严禁产生循环风。

4.1.2 通风设计

(1)按同时工作的最多人数计

$$Q = K_m M q \tag{1}$$

式中:Q——需要风量,m^3/min;K_m——风量备用系数,取1.10~1.25;M——同时在洞内工作人数,人;q——每个工作人员需要的新鲜空气量,取4 m^3/min。

(2)按冲淡爆破产生的有害气体计算风量

$$Q = AC/(100tC_0) \tag{2}$$

式中:A——同时使用的最大炸药量,kg;C——每千克炸药产生的CO,取100 L/kg;t——通风时间,min;C_0——CO的允许浓度(体积百分浓度),一般取2%。

(3)按瓦斯涌出量计算风量

$$Q = 100GK \tag{3}$$

式中:G——绝对瓦斯涌出量,m^3/min;K——瓦斯涌出的不均衡系数,取1.5~2.0。

(4)按最小排尘风来验算风量

$$V_{min} \cdot 60S \leqslant Q \leqslant V_{max} \cdot 60S \tag{4}$$

式中:V_{min}——隧道内最小风速极限,m/s;V_{max}——隧道内最大风速极限,m/s;S——隧道断面积,m^2。

4.2 杜绝火源

火源是瓦斯燃烧和爆炸的必要条件之一。没有火源,即使瓦斯浓度达到爆炸范围也不会发生爆炸。所以在洞内防止出现火源是十分重要的。

4.2.1 电气设备

洞内均采用矿用防爆型机电设备,即把所有设备的电机、电器等装在具有防爆性能的外壳里。这样,即使壳内产生火花,其火焰的热量随即散失而不致引燃壳外的甲烷。出渣进料采用有轨运输,各种类型的汽车和装载机因不防爆故严禁进洞。洞内电缆采用导电芯为铜绞线的防爆软电缆,它能避免铝芯电缆在短路时飞溅出来的铝金属蒸汽引起的瓦斯爆炸事故。电缆的连接与分路,使用防爆接线盒,电缆与电器设备的连接,使用与电器设备性能(防爆性或矿用性)一致的接线盒。洞内的弱电设施如照明等均选用矿用安全火花型。这些防爆设施严格按《煤矿安全规程》有关规定安装使用,而且经常检查维修,保持其防爆性能良好。

洞内严禁电焊、气焊作业。特殊情况下必须焊接的,在焊接过程中,瓦检员要旁站检测,瓦斯浓度应低于0.5%。

为避免地面雷击波在隧道内引起瓦斯爆炸,经由地面架空线路引入隧道内的供电线路,均在洞口安装避雷装置;地面直接铺入隧道的轨道、露天架空线引入(出)的管路,均在洞口附近将金属体进行2处以上的良好集中接地;通风线路在洞口处装设熔电器和避雷器;每月对接地网的接地电阻进行测量,确保接地网上任一点的接地电阻≯2 Ω。

4.2.2 爆破

在煤层以及距煤层10 m径内的爆破工作面,或甲烷浓度>0.3%的岩层爆破工作面,都必须使用取得产品合格证的煤矿许用炸药和煤矿许用电雷管,采用安全电力引爆。若岩层工作面及前后各20 m范围内的甲烷浓度在爆破全过程中均≯0.3%,可以使用非煤矿许用炸药和非电系统起爆;严禁使用含水量>0.5%的铵梯炸药及硬化的硝铵类炸药;使用最后一段延期时间≯130 s的煤矿许用毫秒电雷管;使用防爆型起爆器作为起爆电源,并且每个工作面每次只使用一台起爆器;电爆网路均用串联联接方式。

采用普通光电测距仪测量时,确保工作面范围内的甲烷浓度<1%;洞内装渣前将石渣润湿,装渣机铲斗不得猛力与石渣碰击;钻眼、装药、起爆前均进行瓦斯浓度检测,确保钻眼、装药、起爆时工作面20 m以内的风流中甲烷浓度<1%;采用湿式钻机钻眼,并保证钻眼深度>0.65 m;为避免炽热固体颗粒及爆炸时产生的空气冲击波等引起瓦斯爆炸,采用正向装药结构,并做到:在岩层中爆破,炮眼深度在0.9 m以下时,装药长度不得超过炮眼深度的1/2,炮眼深度在0.9 m以上时,装药长度不得超过炮眼深度的2/3;在煤层内爆破,装药长度不得超过炮眼深度的1/2;所有炮眼的剩余部分都用粘土炮泥堵塞;起爆前,将放炮地点20 m以内的碎石、煤渣、矿车或其他阻塞巷道断面的物体排除,确保巷道断面2/3以上未被堵塞;炮眼内有异状、温度骤高骤低、煤岩松散或者风量不够、风向不稳、工作面有循环风时均停止放炮;爆破后,确保瓦斯浓度<1%,CO浓度<1.5%时,撤出警戒,准许工作人员进入工作面。

5 工程实例

5.1 工程概况

黄莲坡隧道是新建内昆铁路第一长隧道,全长5306 m。施工里程为DK188+424~DK193+730,隧道入口位于小河口的悬崖峭壁中部。隧道设2座横洞作为辅助导坑,1号横洞全长70.80 m,与正洞交叉里程为DK188+512.81,距进口洞门88.81 m,为单车道单联结构,主要为解决洞口无施工场地而设。2号横洞为单车道双联结构,长424.30 m,与正洞垂直,交叉里程为DK190+675,主要为增开工作面而设。设计文件要求黄莲坡隧道按弱瓦斯隧道组织施工,却没有给出瓦斯涌量、瓦斯压力等指标。

5.2 瓦斯隧道强弱的界定

黄莲坡隧道经过地层主要为三叠系上统~侏罗系下统香溪群(T_3~J_{1x})之中厚~巨厚层状砂岩、泥岩及薄煤层或煤线,上覆侏罗系中流自流井组(J_{2z})泥岩夹砂岩,多属软石~次坚石。隧道穿越煤层均属煤化程度很低的长焰煤,而且煤层很薄,仅2~3 cm,因此产生的瓦斯量很少。从而可以初步预测该瓦斯隧道为弱瓦斯隧道。

为测定黄莲坡隧道绝对瓦斯涌出量,我们分别在DK188+700、DK193+500及距2号横洞入口200 m处设置了测风站,测风站设在回风侧,测定时间从1998年10月4~10日,放炮后立即测定测风站的风速和瓦斯浓度,从而计算出测风站到掌子面的所有顶底两侧的最大瓦斯绝对涌出量。测定

万方数据

结果表明,黄莲坡隧道洞内最大瓦斯涌出量为 0.43 m^3/min (< 3 m^3/min)。因此说黄莲坡隧道为弱瓦斯隧道。

5.3　监测方法

在黄莲坡隧道中,采用了多种瓦斯监测仪对瓦斯进行监测。在动力电源线路上安装了 ABD - 21 型瓦斯自动监测断电仪,工作面及回风道上安设了数台 KJ - 15 型瓦斯自动监测探头。每班在工作面配有专职瓦检员,负责监测瓦斯浓度并作好记录;另配有一名专职瓦检员在回风道巡回监测瓦斯浓度和通风情况并作好记录;还配备了监测风量、氧气和其他有害气体的监测设备;为保证测试结果的准确性,对测试设备除每旬进行一次调试、校正外,还要严格做到发现问题及时处理,确保及时准确地监测瓦斯浓度变化情况,保证了施工安全。黄莲坡隧道动态设计流程如图 1 所示。

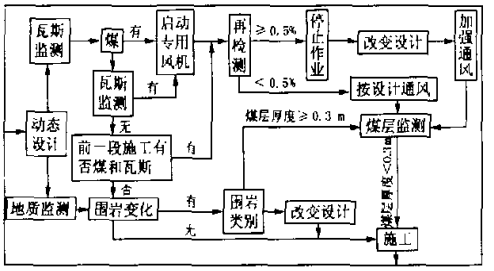

图 1　黄莲坡隧道动态设计流程图

5.4　通风措施

每个工作台面布置 2 台风机,一旦使用中的风机出现故障,保证 10 min 内起动备用风机;装配风机设避锁装置;为保证洞内昼夜连续通风,在各工区设有备用电站,进口和出口工区备用电站分别由 2 台 200 kW 柴油发电机组成。2 号横洞工区备用电站由 2 台 160 kW 柴油发电机组成。洞内供电采用双回路,一回路运行,另一回路带电备用。

通风管的安装通过测量放线,保证风管在同一水平位置上;通风管路派专人负责安装及修补,保证风管的百米漏风率≯2%;各工区风机由专职司机值班,一旦风机停止运转,负责通风管理的工作人员马上到现场主持工作,通知施工人员停止隧道施工,切断洞内电源,工作人员全部撤出到地面,并抓紧恢复通风工作。通风恢复后,由瓦检员检测瓦斯浓度,确保瓦斯浓度已降至安全范围内时才恢复洞内供电,通知工作人员上班。

由式(1)~(4),取 M = 180 人,计算得:黄莲坡隧道洞内供风量≮900m^3/min。因此,1号横洞及正洞DK188 + 424 ~ 532 段施工,采用 11 kW 轴流式矿用通风机,Ø600 mm 软式橡胶风管压入式通风,1 号横洞与正洞进口贯通后,采用 2 台 SDF - NQ10 防爆型通风机(1 台备用),Ø1300 mm 双抗(抗燃烧、抗静电)软风管压入式通风;2 号横洞施工过程中采用 28 kW 轴流式矿用通风机,Ø600 mm 软式橡胶风管压入式通风,2 号横洞进入正洞施工后,采用 4 台 SDF - NQ10 防爆型通风机(2 台备用),Ø1300 mm 双抗软风管压入式通风;出口工区采用 2 台 SDF - NQ10 防爆型通风机(1 台备用),Ø1300 mm 双抗软风管压入式通风。

5.5　施工效果

通过对黄莲坡隧道绝对瓦斯涌出量的测定和对瓦斯浓度变化情况及时准确的监测,使我们对黄莲坡隧道的瓦斯情况有了比较深入的了解,并针对其采取切实可行的安全技术措施,保证了施工安全。而且,在全长 5306 m 的黄莲坡隧道开挖中,由于采用非防爆方式施工,没有使用在瓦斯隧道中一般使用的煤矿许用毫秒电雷管和煤矿许用炸药,明显提高了工效和施工进度,创下了连续 14 个月隧道月成洞上百米的成绩,多次获得各级领导及部门的表彰。

6　结语

(1)随着山区铁路建设的发展,铁路瓦斯隧道逐渐增多,加紧整理和总结瓦斯隧道的安全施工经验和技术已成当务之急。

(2)瓦斯隧道工程的安全技术问题不应该停留在照《煤矿安全规程》有关规定办理的要求上,应在吸取矿业瓦斯技术的同时,研究出适合铁路瓦斯隧道工程特点的专业技术。

(3)瓦斯隧道的安全技术主要在于对瓦斯事故的防治。引起瓦斯爆炸的两大火源是电火花和爆炸火焰。电火花可通过将所有电气设备、照明装置等换成矿用防爆型,并加强管理的办法进行防治;爆炸火焰必须在爆破设计、施工及管理方面采取相应措施进行防治。

(4)加强瓦斯管理包括多方面的工作,如:控制洞内工作地点的瓦斯浓度不超限;加强通风,冲淡瓦斯浓度;坚持洞内风量和瓦斯观测工作,认真填写记录牌和通风报表;每班定人、定点、定时进行瓦斯检测,并形成制度;对于积聚的瓦斯及时处理;爱护洞内一切通风设施,保证其完善等。

参考文献:

[1]　TB 1020—97,铁道隧道锚喷构筑法技术规则[S].
[2]　TB 10003—99,铁路隧道设计规范[S].

"海峡两岸城市地下工程与环境保护学术研讨会"征文通知

由中国建筑业协会深基础工程分会与台湾财团法人地工技术发展基金会联合主办的"海峡两岸城市地下工程与环境保护学术研讨会"定于 2002 年 4 月在上海举行。

会议将就海峡两岸城市中各类地下工程(含地下建筑、地下交通工程、地下市政设施、地下空间开发利用、建构筑物深基础、深基坑工程以及人防工程等)的勘察、设计、施工、检测与监理等方面的主要经验教训与科研成果,以及地下工程施工对环境的影响和保护技术等进行交流和研讨。欢迎全国各地专家学者踊跃投稿。论文集将在会前正式出版,并在海内外发行。

请应征者于 2001 年 8 月 31 日前将论文摘要(中英文,不少于 500 字)报送本次会议论文编审委员会,9 月 20 日前将通知初审录用论文的作者按统一格式提交论文中文全文及英文摘要。来信信封上及来电开头均请注明"两岸会议稿件"。

联系地址:杭州市莫干山路武林门新村 13 号(310012)杭州市勘测设计研究院;联系人:周建群、张美珍;传真:(0571)88842651;电话:(0571)88089465;E-mail:shipcidong@163.net。

万方数据