

Design and Construction Technology
Manual for Highway Gas Tunnel

公路瓦斯 设计与施工技术指南

四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院 编著



人民交通出版社
China Communications Press

公路瓦斯隧道设计与施工技术指南

Design and Construction Technology Manual for Highway Gas Tunnel

四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

指南共分为9章,另有10则附录。其主要内容涉及公路瓦斯隧道勘察、设计、施工、揭煤防突、施工安全管理、运营管理、质量检验、工程验收等。本指南具有较强的可操作性及适用性,可在公路瓦斯隧道勘察、设计、施工以及运营管理过程中参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路瓦斯隧道设计与施工技术指南/四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院编著. --北京:人民交通出版社, 2011.12

ISBN 978-7-114-09514-6

I.①公… II.①四… III.①公路隧道:瓦斯隧道-隧道工程-设计-指南②公路隧道:瓦斯隧道-隧道工程-工程施工-指南 IV.①U459.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第244052号

书 名:公路瓦斯隧道设计与施工技术指南

著 者:四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

责任编辑:韩亚楠 崔 建

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969, 59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:4.75

字 数:61千

版 次:2011年12月 第1版

印 次:2011年12月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-09514-6

定 价:25.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

近 30 年来,我国公路特别是高速公路建设发展迅速,高速公路建设由平原、丘陵区向山岭区延伸,公路隧道越来越多。在公路隧道建设管理过程中,不可避免地会穿越煤系地层或含瓦斯地层,如果在穿越含瓦斯地层前对煤、瓦斯没有充分的认识,不仅可能发生严重的安全事故,而且还会增加隧道建设费用,延误工期;同时由于我国公路瓦斯隧道在勘察、设计、施工以及运营管理方面的规定不系统且深度不足,施工中未进行分级设计和施工管理等原因。2007 年交通运输部把“西部地区公路瓦斯隧道设计与施工技术研究”(合同号 2007 - 318 - 000 - 37)项目列入 2007 年度西部交通建设科技项目计划,并委托四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院主持该项目研究。本指南根据该项目研究成果,并在参考煤矿巷道、铁路隧道等相关规范的基础上进行编制。

指南共分为 9 章,另有 10 个附录。其主要涉及公路瓦斯隧道勘察、设计、施工、揭煤防突、运营管理及工程质量验收等内容。本指南具有较强的可操作性及适用性,可作为我国公路瓦斯隧道勘察、设计、施工以及运营管理过程中参考。

鉴于我国公路瓦斯隧道可借鉴的经验较少,同时限于学识水平,本指南有不妥之处在所难免。如发现本指南有需要修改和不足之处,请及时将意见寄交四川省交通运输厅公路勘察设计院(地址:成都市武侯祠横街 1 号;邮编:610041)。

编写委员会名单

主编单位:四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

参编单位:重庆大学

四川都汶公路有限责任公司

中铁一局集团有限公司第四工程公司

主要起草人:王 联 李海清 卢义玉 郑金龙

江中平 周 翔 李玉文 姜德义

李晓红 冯学钢 何 成 许志中

赵 渝 林国进 钟 勇 文玉辉

目 录

1	总则	1
2	术语	4
3	勘察	9
3.1	一般规定	9
3.2	勘察内容及方法	9
3.3	各阶段瓦斯工程地质勘察	11
4	设计	17
4.1	一般规定	17
4.2	衬砌防渗措施	18
5	施工	21
5.1	一般规定	21
5.2	超前预测预报	22
5.3	钻爆作业	23
5.4	施工通风与瓦斯检测	25
5.5	电气设备与作业机械	28
6	揭煤防突	32
6.1	一般规定	32
6.2	突出煤(岩)层超前探测	33
6.3	揭煤前突出危险性预测	34
6.4	防治煤(岩)与瓦斯突出措施	35
6.5	防突措施效果检验	37
7	施工安全管理	38
7.1	一般规定	38
7.2	超前预测预报管理	38
7.3	施工通风与瓦斯检测管理	39

7.4	施工工艺安全管理	40
7.5	电气设备及作业机械管理	41
7.6	消防安全管理	43
7.7	施工人员管理	44
7.8	预防煤与瓦斯突出的安全管理	45
8	运营管理	46
8.1	一般规定	46
8.2	瓦斯检测	46
8.3	运营通风	47
9	质量检验及工程验收	49
9.1	质量检验	49
9.2	交工验收	49
附录 A	煤层瓦斯压力测定方法	50
附录 B	煤的破坏类型分类	52
附录 C	煤的瓦斯放散初速度测定方法	53
附录 D	煤的坚固性系数测定方法	55
附录 E	独头坑道瓦斯涌出量的计算方法	57
附录 F	瓦斯隧道自动监控系统	60
附录 G	钻屑指标法	63
附录 H	综合指标法	64
附录 I	钻孔瓦斯涌出初速度、瞬间解吸压力、钻粉量测定方法	66
附录 J	“R”指标法	68
参考文献		69

1 总 则

1.0.1 为了将研究成果应用到工程实践,供公路瓦斯隧道勘察、设计、施工以及运营管理参考,特制订本指南。

【说明】 本指南是根据西部交通建设科技项目“西部地区公路瓦斯隧道设计与施工技术研究”(项目编号:2007-318-000-37)的研究成果,并参考铁路、煤矿相关规范规程进行编制。

1.0.2 本指南适用于新建、改建及运营中的双车道公路瓦斯隧道,其他公路瓦斯隧道可参照使用。

【说明】 本指南主要是结合双车道公路瓦斯隧道研究成果编制,单车道、三车道及以上公路瓦斯隧道可参照使用。

1.0.3 公路隧道在勘察阶段或施工过程中有一个煤(岩)层发现瓦斯,该隧道即为瓦斯隧道。

1.0.4 瓦斯隧道施工工区分为瓦斯工区和非瓦斯工区。其中瓦斯工区分为微瓦斯工区、低瓦斯工区、高瓦斯工区、瓦斯突出工区四种。瓦斯隧道和瓦斯工区的类型按隧道穿越瓦斯地层的最高级确定。

(1)微瓦斯地层、低瓦斯地层、高瓦斯地层可按隧道内绝对瓦斯涌出量进行判定。其评定指标应按表 1.0.4-1 确定。

表 1.0.4-1 瓦斯地层绝对瓦斯涌出量判定指标

瓦斯地层类别	绝对瓦斯涌出量 $Q_{\text{绝}}$ (m^3/min)
微瓦斯	$Q_{\text{绝}} < 0.3$
低瓦斯	$0.3 \leq Q_{\text{绝}} < 1.5$
高瓦斯	$Q_{\text{绝}} \geq 1.5$

(2) 瓦斯工区内只要有一处瓦斯地层有突出危险,该工区即为瓦斯突出工区。在勘察和施工过程中满足下列条件之一时可确定为瓦斯突出工区。

①对于隧址区穿越的同一煤层,煤矿部门曾发生过突出事故或鉴定为有突出危险时。

②在打钻过程中出现喷孔、顶钻等突出预兆时。

③当采用煤层突出危险性指标进行突出煤层鉴定时,应将实际测定的煤层瓦斯压力 p (测定方法按附录 A)、煤的破坏类型(破坏类型划分按附录 B)、煤的瓦斯放散初速度 Δp (测定方法按附录 C)和煤的坚固性系数 f (测定方法按附录 D)作为鉴定依据。全部指标均处于表 1.0.4-2 所示临界值范围的,确定为突出煤层。

表 1.0.4-2 突出煤层鉴定的单项指标临界值

煤层	破坏类型	瓦斯放散初速度 Δp	坚固性系数 f	瓦斯压力 p (MPa)
临界值	Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ	≥ 10	≤ 0.5	≥ 0.74

【说明】 隧道的一端洞口为一个施工工区,当一座隧道独头掘进时整个隧道为一个施工工区。在一个施工工区内,当穿越含瓦斯的地质层时该施工工区为瓦斯工区。即一座瓦斯隧道当两端对向掘进时划分为进、出口两个施工工区,则一座瓦斯隧道有可能包括非瓦斯工区和瓦斯工区;当一座瓦斯隧道单向掘进时则只有瓦斯工区。瓦斯工区中可能既穿越含瓦斯地层,也可能穿越非瓦斯地层,而非瓦斯工区内则不穿越瓦斯地层,如图 1.0.4 所示。

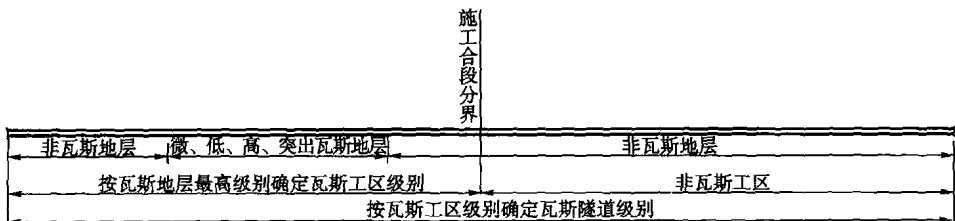


图 1.0.4 隧道施工工区示意图

微、低、高瓦斯指标值的划分主要根据双车道公路隧道在采用全断面开挖最低风速不小于 0.15m/s 时可把洞内平均瓦斯浓度降到 0.3% 以下为微、低瓦斯隧道分界标准;最低风速不小于 0.5m/s 的情况下可把洞内平均瓦斯浓度降到 0.5% 以下为低、高瓦斯隧道分界标准。勘察过程中绝对瓦斯涌出量的计算方法可按附录E执行。

由于煤与瓦斯突出是一种复杂的煤体动力现象,目前对突出机理的认识仍处于假说阶段,煤炭系统所采用的煤与瓦斯突出判定、预测方法都是一些半理论半经验的方法,各种指标只是定性地反映地应力、瓦斯、煤体结构和力学性质等因素。如果要确定公路瓦斯预测敏感指标及临界值。则需要对国内外穿煤隧道进行广泛的突出事例调查,进行大量的试验,才能找出令人信服的公路瓦斯预测敏感指标及临界值。但目前发生煤与瓦斯突出的公路隧道案例很少,使得公路瓦斯隧道预测敏感指标及临界值的确定有较大的难度。因此本指南规定如当地有煤矿生产部门,可借用煤矿部门的鉴定成果;如无煤矿部门可参照表1.0.4-2进行评价。该表引自《防治煤与瓦斯突出规定》(2009版)。

1.0.5 公路瓦斯隧道勘察、设计、施工、运营管理除可参照本指南执行外,尚应符合国家现行的法律、法规及国家、行业现行的标准、规范的规定。

2 术 语

2.0.1 瓦斯 gas

主要由煤层气构成的以甲烷(CH_4)为主的有害气体。

2.0.2 瓦斯地层 gas formation

含有瓦斯的地层。

2.0.3 瓦斯工区 work area with gas

当隧道施工区段内穿越含瓦斯的地层时,该施工工区为瓦斯工区。

2.0.4 绝对瓦斯涌出量 absolute gas emission rate

单位时间涌出的瓦斯量称为绝对瓦斯涌出量,以 m^3/min 计。

2.0.5 相对瓦斯涌出量 relative gas emission rate

平均每采 1t 煤所涌出的瓦斯量称为相对瓦斯涌出量,以 m^3/t 计。

2.0.6 煤(岩)与瓦斯突出 coal(rock) and gas outburst

在地应力和瓦斯压力的共同作用下,破碎的煤、岩和瓦斯由煤体或岩体内突然向采掘空间抛出的异常的动力现象,简称“突出”。

2.0.7 瓦斯浓度 gas concentration

空气中瓦斯占有量与空气体积之比,以百分数表示。

2.0.8 突出煤层 outburst coal seam

在采掘过程中发生过煤与瓦斯突出的煤层。

2.0.9 瓦斯压力 gas pressure

瓦斯在煤(岩)体中所呈现的压力。

2.0.10 瓦斯放散初速度 initial velocity of diffusion of coal gas

在特定条件下,标准煤样在一定时间内解吸出的瓦斯量。

2.0.11 突出预测预报 outburst forecast

利用煤层的煤结构、煤的物理力学性质、瓦斯、地应力等的某些特征参数及其变化或利用工作面的某些特征、突出前的预兆,预测采掘工作面突出的危险性的工作。

2.0.12 突出预测敏感指标 outburst forecast sensitive index

预测煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出具有敏感性的指标。

2.0.13 突出预测临界值 outburst forecast critical value

预测煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出发生的临界指标值。

2.0.14 局部瓦斯积聚 local gas accumulation

隧道内任一体积大于 0.5m^3 的空间内积聚的瓦斯浓度达到 2% 的现象。

2.0.15 矿用防爆电气设备 mining electrical apparatus for explosive gas atmospheres

系指按《爆炸性环境 第一部分:设备 通用要求》(GB 3836.1—2010)标准生产的,专供煤矿井下使用不会引起煤矿爆炸性气体混合物爆炸的电气设备。

2.0.16 煤矿许用炸药 coal permitted explosive

许用于有瓦斯和煤尘爆炸危险的地下工程爆破的专用炸药。

2.0.17 超前探孔 probing hole

为探明开挖工作面前方煤层位置及赋存条件和瓦斯情况的钻孔。

2.0.18 风电甲烷(瓦斯)闭锁装置 fan-stoppage methane-monitor breaker

当掘进工作面的局部通风机停止运转或巷道内甲烷浓度超过规定值时,能立即自动切断该供风巷道中的一切电源,并只有在局部通风机恢复运转和甲烷浓度低于规定值时,且只能通过人工送电才能恢复供风巷道的电气设备供电的安全装置。

2.0.19 甲烷断电仪 methane circuit breaker

当巷道内甲烷浓度超过预置的浓度阈值时,能在发出报警信号的同时自动切断受控设备电源的装置,又称瓦斯断电仪。

2.0.20 甲烷传感器 methane transducer

连续监测矿井环境气体中甲烷浓度的装置。

2.0.21 便携式甲烷报警仪 portable methane detector and alarm instrument

用于检测甲烷浓度,并能在超限的情况下发出声光报警的便携式仪表。

2.0.22 光干涉式甲烷测定器 optical principle methane detector

利用光学原理测试甲烷浓度的装置。

2.0.23 瓦斯排放 gas drainage

对于采掘空间的积聚瓦斯实施的安全排除措施。

2.0.24 综合防突措施 synthesized coal and gas outburst prevention measure

在煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出煤岩体中进行采掘作业前和采掘过程中实施的突出预测、防突措施、措施效果检验和安全保护措施的“四位一体”的防突措施。

2.0.25 喷孔 borehole blowout

在具有煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出危险的煤岩体中打钻时,钻屑和瓦斯(二氧化碳)突然从钻孔中喷射出钻孔口外的动力现象。

2.0.26 卡钻 drill pipe jamming

在具有煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出危险的煤岩体中打钻时,钻杆被钻屑抱死,钻杆无法钻进、退出和旋转的动力现象。

2.0.27 顶钻 drill pipe blocking

在具有煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出危险的煤岩体中打钻时,钻杆无法钻进,但可以退出和旋转的动力现象。

2.0.28 钻屑量法(钻屑法) drill cuttings quantity method

用每单位钻孔体积排出的钻屑量来评估煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出的危险程度的方法。

2.0.29 钻屑量 drill cuttings quantity

单位钻孔长度排出的钻屑质量或体积。

2.0.30 钻屑瓦斯解吸指标 gas desorption index of drill cuttings

用在特定条件下,标准煤样在一定时间内解吸出的瓦斯量来评估煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出的危险程度的参数。

2.0.31 水力冲孔 hydraulic flushing in hole

在具有自喷能力的煤层中打钻孔,利用钻头切割和压力水冲刷煤体,激发喷孔,排出碎煤和瓦斯,释放突出潜能,以减少或消除突出危险

性的措施。

2.0.32 预测孔 forecast borehole

用于预测煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出危险的专门钻孔。

2.0.33 石门揭煤 rock cross-cut coal uncovering

石门自底(顶)板岩层与煤层法线距离 10m 外开始,进入或穿过突出煤层顶(底)板(法线距离大于 2m)的全部作业过程。

2.0.34 排放孔 gas discharge borehole

用于排放具有煤(岩)和瓦斯(二氧化碳)突出危险煤岩体内瓦斯(二氧化碳)的专门钻孔。

2.0.35 防突效果检验 verifying outburst prevention effect

用突出预测的方法对防突措施进行效果检验的技术措施。

2.0.36 安全防护措施 safe preventive measure

在经防突效果检验无突出危险的区域和地点进行采掘作业时采用的保障人身安全的技术措施。

3 勘 察

3.1 一 般 规 定

3.1.1 选择隧道位置时,应结合路线总体设计,并经技术经济比较,尽量绕避瓦斯地层;绕避困难时,宜以较短距离通过。

3.1.2 隧道穿越瓦斯地层或通过邻近瓦斯地层时,应开展瓦斯隧道地质勘察工作,其范围应较一般隧道适当扩大,勘察精度适当提高,其成果应满足瓦斯隧道设计和施工要求。

3.1.3 瓦斯隧道应进行资料收集和区域地质调绘,并加强地质勘探与取样试验工作;在调绘、勘探和试验的基础上,提供隧道煤(岩)与瓦斯基本参数,并进行瓦斯隧道综合分析评价。

3.2 勘 察 内 容 及 方 法

3.2.1 地质调查与测绘

(1)收集区域性地质资料,临近矿井及其他地下工程与瓦斯赋存、突出有关的地质资料。

(2)按坐标将隧道反映在地形地质图上,然后利用勘探地质剖面图中煤层倾角、铅直厚度等有关资料,采用投影计算方法确定隧道穿越各煤层的位置及长度。

(3)分析研究地质构造及其对煤层分布和瓦斯赋存条件的影响。

(4)分析研究含煤岩系沉积环境和岩性特征。

(5)分析研究隧道的水文地质特征。

(6)确定瓦斯隧道的地质设计参数。

(7)分析影响瓦斯含量的其他地质因素。

【说明】 资料收集包括以下方面:(1)区域地质图,地形、地貌资料,气象、地震资料,航摄遥感资料,矿区地质平、剖面图,矿区和矿井瓦斯地质图,有关地质报告、各阶段井田勘察报告、勘探线剖面图、煤系柱状图、煤层对比图及钻孔资料等;(2)既有矿井及其他地下工程的分布、开采水平、通风方式、瓦斯矿等级、采空区等资料;(3)既有矿井有关瓦斯参数的实测资料和瓦斯涌出资料;(4)瓦斯突出的具体资料,包括瓦斯压力、始突深度、时间、地点、强度、频率、突出类型等。

确定瓦斯隧道地质设计参数主要包括:煤的主要物理性质和工业分析如颜色、光泽、容量、硬度、脆性、水分、挥发分、固定碳、灰分等,煤的软分层坚固性系数及煤的破坏类型,瓦斯风化带的深度,瓦斯含量,瓦斯涌出量,瓦斯压力,瓦斯放散指数等。

影响瓦斯含量的地质因素主要包括:含煤地层的沉积环境,煤层顶、底板岩性和透气性、隔气性,煤的变质程度,储气构造分析,水文地质条件,岩浆的侵入作用,煤的埋藏深度等。

3.2.2 地质勘探与测试

(1)瓦斯隧道勘探应以钻探为主,结合测井、现场测试等手段查明煤层的分布;瓦斯隧道除应按一般的非瓦斯隧道布置勘探工作外,对于含煤地层宜适当增加钻孔。

(2)仔细鉴定和描述采取的煤芯,包括颜色、光泽、条痕色、硬度、断口、结构、构造、构造煤特征、裂隙发育特征及充填情况等。

(3)采取煤样和气样进行分析试验(包括视密度、水分、挥发分、灰分、烟煤黏结指数、等温吸附常数、软分层煤的坚固性系数及瓦斯放散初速度等),并进行瓦斯含量、瓦斯压力等测试工作。

(4)各煤层应取样1~2组,隧道顶、底板岩层各取样1组。

【说明】 瓦斯隧道钻孔孔位可结合煤层或储气构造确定,岩芯采取率不宜小于80%,煤层不得小于90%;对存在煤层采空区的瓦斯隧道,应结合地球物理勘探进行。