

文章编号:1009-6825(2010)11-0334-02

某海底隧道典型施工风险分析

洪 选 华

摘 要:简要介绍了事故树法原理,在此基础上,以胶州湾隧道工程为例,使用事故树法对该工程突水涌泥事故进行风险分析,并根据胶州湾海底隧道现状,针对分析结果提出了相应的风险对策。

关键词:海底隧道,事故树法,风险分析,风险对策

中图分类号:U459.5

文献标识码:A

由于海底隧道施工条件的复杂性,施工必须以安全为前提,防止隧道施工过程中出现突水涌泥事故。海底隧道一旦出现突水涌泥事故,将会造成海水直接灌入隧道,直接危害到人员、机械设备以及隧道本身,延误隧道施工工期,并带来巨大的经济损失。

海底隧道施工时主要风险来源于水,海底隧道不具备排水条件,施工过程中要采用多种措施,建立施工作业安全保证体系。本文将利用事故树法对海底隧道突水涌泥风险进行风险分析,并提出一些风险对策。

1 事故树法原理

事故树分析方法^[1]既可以定性分析,又可以定量分析。定性分析主要参考指标是结构重要度系数,定量分析主要参考指标是概率重要度系数和临界重要度系数。

结构重要度分析,是不考虑基本事件发生的概率,仅从事事故树结构分析各基本事件的发生对顶上事件的影响程度。事故树是由众多基本事件构成的,这些基本事件对顶上事件均产生影响,但影响程度是不同的,在确定工程安全时必须要考虑基本事件的重要程度。结构重要度分析虽然是一种定性分析方法,但在缺乏定量分析数据的条件下,这种分析显得很重要。

结构重要度分析方法归纳起来有两种:第一种是计算各基本事件的结构重要度系数,将系数由大到小排列各基本事件的重要顺序。第二种是用最小割集和最小径集近似判断各基本事件的结构重要度系数,并排列次序。本文选用第二种方法^[2]。

2 突水涌泥事故树法风险分析

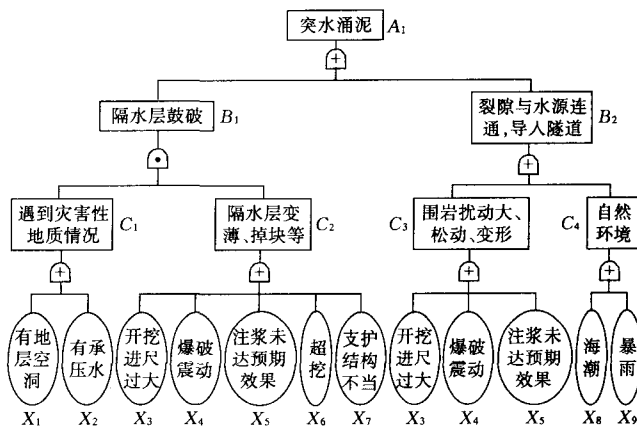
胶州湾隧道工程所处胶州湾,平均水深 7 m 左右,最大水深 65 m,其中湾口最大水深 40 m。据地质报告提供资料,海底大部分无覆盖层,地形起伏较大,基岩为中风化和微风化花岗岩与火山岩,而且中风化层很薄,岩石完整性好。隧址处无大断裂构造,所发现断裂大部分为高角度、中新代脆性断裂构造,以压扭性为主,其宽度在数米至数十米不等。断层内以压碎岩、碎裂岩、糜棱岩为主。部分断裂具有张性,断层两侧有数米宽的影响带。通过对地震危险性分析,场地的地震基本烈度均为 6 度,工程场地不存在砂土液化及软土震陷与地震滑坡崩塌等地震地质灾害^[3]。

根据地质情况,胶州湾海底隧道的典型风险存在于断层破碎带处,故本文只对断层破碎带处的突水涌泥风险加以评估与研究,其他地层的风险不在本文讨论范围。结合国内外海底隧道施工经验,通过专家调查分析,对可能引起突水涌泥的基本事件得出如图 1 所示的事故树。

将图 1 用布尔代数化简得出:事件 A_1 最小割集有 9 个,最小径集有 2 个,所以,利用最小径集进行计算比较简便。

最小径集分别为:

$$P_1 = \{X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_8 X_9\}; P_2 = \{X_3 X_4 X_5 X_6 X_7 X_8 X_9\}。$$



注: $\square$ 与门,表示仅当所有输入事件发生时,输出事件才发生;
 $\oplus$ 或门,表示只要有一个输入事件发生时,输出事件就发生;
 $\square$ 顶上事件或中间事件,需要进一步往下分析的事件。
A 为顶上事件,B,C 分别为二、三级中间事件;
 $\bigcirc$ 基本事件,不能再往下分析的事件。X 表示基本事件

图 1 突水涌泥事故树图

由上述四项基本原则得出各基本事件的结构重要度顺序为:

$$I_g(3) = I_g(4) = I_g(5) = I_g(8) = I_g(9) > I_g(1) = I_g(2) = I_g(6) = I_g(7)。$$

因此,从事事故树结构看,基本事件 X_3, X_4, X_5, X_8, X_9 对突水涌泥事件的发生影响最大。为避免突水涌泥事件的发生,首先要控制这几个风险因素,减少它们的发生概率。

对基本事件的发生概率,由于缺乏足够数据,只能利用专家调查法作初步研究。基本事件及其概率如表 1 所示。

表 1 各基本事件及其概率表

代号	基本事件名称	概率 q_i	代号	基本事件名称	概率 q_i
X_1	有地层空洞	0.007 1	X_6	超挖	0.011 6
X_2	有承压水	0.010 2	X_7	支护结构不当	0.008 4
X_3	开挖进尺过大	0.014 3	X_8	海潮	0.002 2
X_4	爆破震动	0.023 7	X_9	暴雨	0.001
X_5	注浆未达预期效果	0.032 4			

由下式求出 A_1 的发生概率 g 为:

$$g = [1 - \prod_{i=1}^5 (1 - q_i)(1 - q_8)(1 - q_9)][1 - \prod_{i=3}^7 (1 - q_i)]。$$

将表 1 中数据代入上式后得出:

$$g = 7.93 \times 10^{-3}。$$

将上述数值代入公式中,得到:

$$I_g(5) > I_g(4) > I_g(3) > I_g(6) > I_g(2) > I_g(7) > I_g(1) > I_g(8) > I_g(9)。$$

收稿日期:2009-12-18

作者简介:洪选华(1980-),男,助理工程师,广州地铁设计研究院有限公司,广东 广州 510010

文章编号:1009-6825(2010)11-0335-02

隧道斜井进正洞施工方案

辜鼎甲

摘要:结合某隧道工程地质概况,根据斜井进正洞的施工原则,具体阐述了斜井进正洞施工总体方案,并总结了其施工注意事项,以确保该隧道施工安全顺利进行。

关键词:隧道,斜井,挑顶,施工

中图分类号:U455.4

文献标识码:A

岗头山隧道为昆明市三环(西、北段)路的一个控制点工程,为双洞三线大跨隧道,隧道全长左线2 717 m,右线2 747 m。为加快施工进度,增加一座斜井,由斜井进入隧道左线,再进入右线施工,以增加施工作业面,缩短工期。

本文主要介绍从斜井进入左线的交叉口处挑顶施工方法:首先斜井底部设置一段过渡段,将斜井与正洞斜交过渡为正交;再由斜井向正洞施工一个临时导坑,并做好正洞初期支护,完成由斜井施工向正洞施工的过渡;最后拆除导坑临时支撑,向两侧进行正洞的开挖掘进施工。

1 地质概况

斜井与正洞交叉带位于V级围岩断裂破碎带,由泥岩、粉砂质页岩、灰黑色页岩组成,强风化,碎石状。地下水类型为基岩裂隙水、富水性贫乏。在斜井开挖到底部时拱顶部位有大量渗水呈

线状流出。

2 斜井进正洞施工方案

2.1 原则

结合岗头山斜井与正洞交叉口尺寸,结合本工程的特点、重点,以及正洞拱顶与斜井拱顶高差的特点,防止正洞挑顶过程中围岩突变引起隧道正洞坍塌的事故,防止正洞挑顶施工过程中的安全隐患降至最低,时间影响缩至最短。因为挑顶工作对围岩扰动较大,交叉口处隧道结构受力比较复杂,为保证隧道施工安全,将斜井与正洞交叉口里程前后各50 m的正洞(共100 m)按照SSd围岩施工。

2.2 总体方案

1)在斜井井底距离隧道左侧左边开挖线6.06 m段设置渐变段,根据斜井与正洞相交角度,最大侧以60 cm,最小侧以30 cm间

由此可看出基本事件 X_5, X_4, X_3, X_6 发生概率的变化对顶上事件发生概率的影响程度较大。只要能减少这些基本事件的发生概率,就能大大减少顶上事件的发生概率。

经计算得:

$$CI_g(5) > CI_g(4) > CI_g(3) > CI_g(6) > CI_g(2) > CI_g(7) > CI_g(1) > CI_g(8) > CI_g(9)。$$

对突水涌泥来说,基本事件 X_5, X_4, X_3, X_6 的作用比较大,这些基本事件的概率比较容易减少,并且其减少后,会大大减少突水涌泥的发生概率。

由以上分析可知,导致突水涌泥的主要因素是 X_5, X_4, X_3, X_6 。对这几个基本事件,无论是仅与事故树结构有关的结构重要度,或仅与基本事件的概率敏感度有关的概率重要度,包括与敏感度和自身发生概率均有关的临界重要度的值都比其他基本事件的值大,说明这些基本事件无论从哪一个方面来说,都是比较重要的。

3 海底隧道突水涌泥风险对策

本文主要对风险应对中的风险降低进行分析,下面以胶州湾海底隧道突水涌泥为例,提出降低突水涌泥风险的对策。首先,必须做好突水涌泥事故的预防;然后,如出现突水涌泥事故,要及

时、安全的处理事故;最后,对突水涌泥事故进行总结,避免或减小再出现事故的概率。

3.1 突水涌泥事故的预防

1)超前地质预报;2)工作面预注浆加固地层;3)短进尺、弱爆破;4)加强监控量测;5)建立防水闸门系统。

3.2 突水涌泥事故的处理

1)人员救护组织;2)孔口防突;3)快速堵漏;4)注浆封堵;5)迂回导坑或利用服务隧道绕行。

4 结语

本章首先简要的介绍了事故树法原理,然后利用事故树法对海底隧道突水涌泥事故做了详细的分析,最后根据胶州湾海底隧道的现状,针对分析结果做出了相应的风险对策。

参考文献:

- [1] 史定华,王松瑞.故障树分析技术方法和理论[M].北京:北京师范大学出版社,1993.
- [2] 张少夏.隧道工程风险分析方法及工期损失风险研究[D].上海:同济大学硕士学位论文,2006.
- [3] 池帮多.隧道施工中存在的安全问题及对策[J].山西建筑,2008,34(25):327-328.

On analysis of some seafloor's tunnel typical construction risk

HONG Xuan-hua

Abstract: The paper introduces the principle of the accident tree method, taking the tunnel project in Jiaozhouwan as an example, has the risk analysis by using the accident tree method on the water bursting and mud surging, and points some risk strategies by the analysis results according to the seafloor tunnel situation.

Key words: seafloor tunnel, accident tree method, risk analysis, risk strategies

收稿日期:2010-01-02

作者简介:辜鼎甲(1979-),男,助理工程师,中国中铁隧道集团一处有限公司,重庆 400000