

城市轨道交通线路越江长区间内风井设置 对通过能力的影响

乔玘珂

(中铁十一局集团有限公司勘察设计院, 430070, 武汉//高级工程师)

摘 要 从保证列车安全、通过能力、信号系统的控制方式等角度出发,研究了列车发生火灾时,城市轨道交通线路越江长区间内设置风井对区间通过能力的影响,提出了城市轨道交通线路越江长区间通过能力的检算方法。

关键词 城市轨道交通; 越江区间; 风井设置; 通过能力

中图分类号 U442.55

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.05.016

Impact of Ventilation Shaft Setting on Railway Carrying Capacity in Long Crossing River Interval

QIAO Qike

Abstract From aspects of train safety, carrying capability and signal control mode, the impact of ventilation shaft setting on the carrying capacity in the long crossing river interval is studied when a train fire happens. A method of checking the rail transit line carrying capacity in the long crossing river interval is put forward.

Key words urban rail transit; crossing river interval; ventilation shaft setting; carrying capacity

Author's address Survey and Design Institute of China Railway Eleventh Bureau (Group) Co., Ltd., 430070, Wuhan, China

由于受自然条件的限制,地铁线路穿越江河湖泊的区间(以下简称“越江区间”)站间距较一般站间距长。如武汉地铁2号线越江区间积玉桥站—江汉路站长3 285 m,武汉站4号线越江区间复兴路站—拦江路站长3 278 m,长沙轨道交通3号线湘江阜埠河站—书院路站长2 823 m,而一般地铁线路平均站间距为1 km左右。

为保证在越江区间内列车运行安全,在隧道内运行的同一方向上的两列车不能同时处于由两个风井或由风井与车站端部机械风孔组成的区段内。因此,越江区间风井的设置有可能导致列车追踪时

间过长,进而对通过能力产生一定的影响,导致城市轨道交通系统输送能力降低。

1 相关规范对越江区间的规定

建标[2008]57号《城市轨道交通工程项目建设标准》第九章第78条规定:“在长大区间隧道内,应充分研究最不利情况下的救援和疏散模式。按设计运行密度计算,出现在同一区间、同一方向上有2列或3列车同时运行时,应在区间中间设置中间风道或直通地面的专用疏散出口,或其他安全疏散措施。”针对该条规定,条文说明解释为:当站间距在2 km以上的区间隧道内,列车运行密度达30对/h及以上时,需核算高峰时段内该区间同时运行的列车数量;如果在同一方向上有2列或3列车同时运行,应充分研究当前列车突遇故障停运在区间时,后续列车也被迫停运在区间的最不利情况下,如何保证在车辆阻塞条件下送进足够新风,如何救援和疏散乘客。

2 越江区间列车安全的要求

越江区间隧道方案一般有两种:一种为大洞方案,即上下行线路置于一个隧道内;另一种为小洞方案,即上下行线路分别置于两个独立的隧道内。

对地铁系统而言,最为紧急和危险的情况为列车发生火灾。列车发生火灾时,必须将乘客的生命安全放在第一位。而最为不利、最为危险的运行状态为:前行列车在隧道区间发生火灾,后续运行列车已出站驶入隧道区间。

为保证隧道通风及列车安全,长大区间隧道内均设有通风系统,保证不论在何种情况下,在由车站和风井构成的几个区段内,每个区段只能有一列车。

对于大洞方案而言,越江区间隧道内设一个风

道,风道上设置多个排烟口,在由车站和排烟口或排烟口与排烟口构成的区段内,完全可以保证每个区段内一个方向上仅有一列车运行。而小洞方案,风井设在江两岸或江的一端,一个区间被风井分割为三段或两段,会出现同一区间、同一方向上有2列或3列车同时运行的情况。因此,本次研究仅针对小洞方案的越江长区间设置风井对通过能力的影响。

3 越江区间能力的要求

通常情况下,地铁系统设计能力要求不小于30对/h,最小行车间隔不大于2 min。越江地铁线路,在越江段设置中间风井。为保证安全,在由两个中间风井或风井与车站组成的区间内仅允许有1列车运行,在这种情况下,越江区间2列车的行车间隔可能会大于2 min,区间通过能力小于30对/h,该越江区间会成为整个地铁系统的限制区间,对通过能力造成影响。

4 越江区间移动闭塞列车运行方式

由于对地铁系统的运行能力要求较高,目前设计的地铁线路,信号系统一般均采用现阶段最先进的CBTC(基于通信的列车控制)移动闭塞系统。以下是基于移动闭塞情况下的分析。

系统正常运行情况下,如有列车在由风井组成

的区间内运行,则后续运行列车的移动授权点在越江隧道的风井外方,如没有列车在由风井组成的区间内运行,则后续列车的移动授权设置在前行车的尾部。为保证列车在越江隧道区间的正常运行,风井的设置应保证当前行列车在由风井组成的区间内运行时,不影响后行列车的正常运行曲线和导致后行列车制动。越江区间信号系统控制方式见图1。

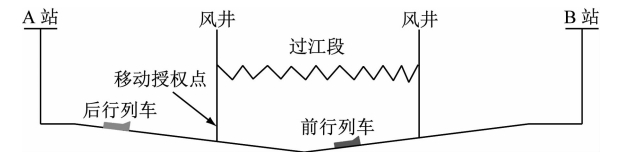


图1 越江区间信号系统控制方式示意图

5 越江区间能力检算分析

对安全行车最不利的情况为:当前行列车为火灾列车,列车尾部正处于前方风井位置时,后行列车得到实施制动的指令,经过 $t_{舒}$ (通信容忍中断时间)走行的距离为 $L_{舒}$;此时列车以该点速度经过 $t_{空}$ (空走时间)的空走距离为 $L_{空}$,以该速度实施常用制动,经过 $t_{制}$ (制动时间)的制动距离为 $L_{制}$,列车恰好停在风井外方距风井为 $L_{安}$ (安全防护距离)处的位置。此时列车的追踪时间 $I_{追}$ 最短,为越江区间的最小追踪间隔,同时也为越江区间最小追踪距离。列车在越江区间追踪运行情况见图2。

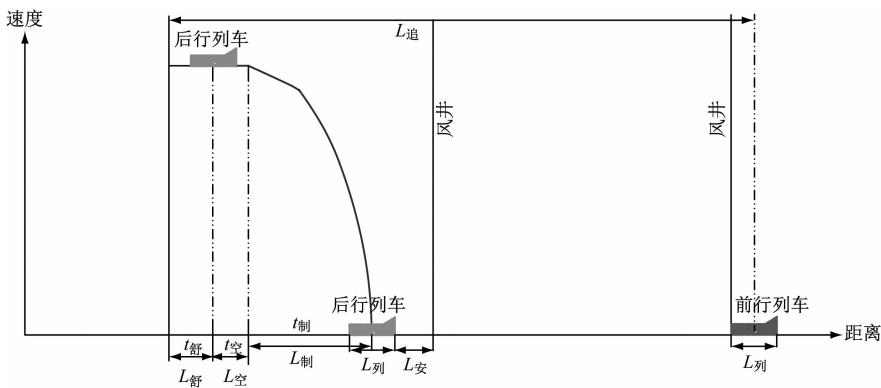


图2 列车在越江区间追踪运行示意图

$$L_{追} = L_{舒} + L_{空} + L_{制} + L_{列} + L_{安} + L_{风井}$$
在追踪距离内,列车运行的时间为追踪时间 $t_{追}$ 。在地铁设计中, $L_{安}$ 取50 m, $t_{舒}$ 取3.0 s, $t_{空}$ 取1.6 s。越江区间通过能力: $n = 3\,600/t_{追}$ (对/h)

在进行追踪距离的计算时,由于速度 v 是一个变化着的参数,确定追踪间隔存在着一定的难度。但可以转换思维方式,把复杂问题进行简单处理。以30对/h作为地铁系统通过能力,运行间隔为2 min,后方风井不做为移动授权点,仍将前方列车尾部做为移动授权点,以2 min作为前后两列车

的运行间隔。当前列车尾部处于前方风井时,判断与前列车间隔 2 min 的后列车在区间内的位置;如后列车此时还未从后方车站出发,则风井的设置对系统能力无影响;如后列车已从后方车站出发进入越江区间,则需分析越江区间的通过能力。越江区间的通过能力分析可从以下三个步骤进行:

第一步,先判断后列车与前列车间隔 2 min 时后列车在区间中的位置。

第二步,后列车得到实施常用制动指令后,又进行了时间为 3.0 s 的舒适驾驶,这时列车的速度为 v ,列车以该速度经过 1.6 s 的空走距离后开始实施常用制动,停在越江区间中。

第三步,判断后行制动列车在越江区间中的位置,如处于两个风井组成的区段内,则越江区间通过能力不能满足 30 对/h 的要求;如处于后方风井外,后列车车头距后方风井距离小于 50 m 的安全距离,则越江区间通过能力亦不能满足 30 对/h 的要求;如处于后方风井外,后列车车头距后方风井距离大于或等于 50 m 的安全距离,则越江区间通过能力能满足 30 对/h 的要求。如越江区间通过能力不能满足 30 对/h 的要求,可通过调整风井的设置位置来满足。

6 本研究成果在城市轨道交通设计中的应用

本研究成果在武汉地铁 2 号线一期、4 号线二期、长沙轨道交通 3 号线、南京地铁 4 号线等多个项目设计中成功地进行了应用,确保了越江区间通过能力不小于 30 对/h,从而保证了系统通过能力。

现以目前已开通运营的武汉地铁 4 号线二期越江区间拦江路—复兴路站为例。拦江路—复兴路区间长 3 278 m,为长大越江区间,两风井间距下行方向为 1 796 m,上行方向为 1 786 m。4 号线采用 B 型车 6 辆编组,最高运行速度为 80 km/h,设计的列车最小运行间隔为 2 min。通过列车运行模拟计算,列车以最大速度、正常速度运行情况下的运行时间,下行分别为 2 min 57 s、3 min 10 s,上行分别为 2 min 56 s、3 min 9 s,均大于 2 min、不超过 4 min。因此,该区间内最多有两列车在同时运行。以 30 对/h 作为 4 号线通过能力,运行间隔为 2 min。

下行列车以最高速度运行情况下,通过上述方法检算,车头距离拦江路风井端 366 m,减去 50 m 的安全距离后尚余 316 m,因此完全可以保证后行列车的安全。详见图 3。

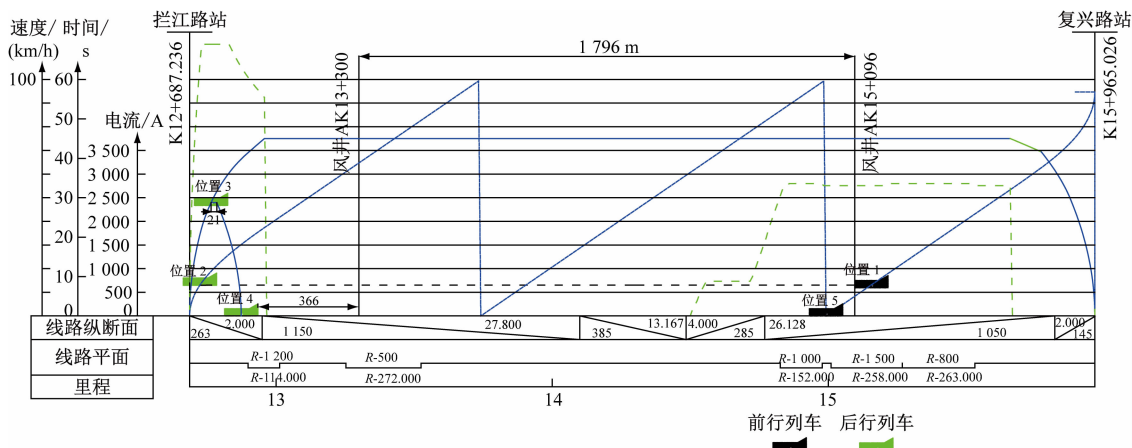


图3 下行列车以最高速度运行时风井设置检算示意图

下行列车以正常速度运行情况下,通过上述方法检算,车头距离拦江路风井端 133 m,减去 50 m 的安全距离后尚余 83 m,因此完全可以保证后行列车的安全。详见图 4。

上行列车以最高速度运行情况下,通过上述方法检算,车头距离复兴路风井端 178 m,减去 50 m 的安全距离后尚余 128 m,因此完全可以保证后行

列车的安全。详见图 5。

上行列车以正常速度运行情况下,通过上述方法检算,车头距离复兴路风井端 59 m,减去 50 m 的安全距离后尚余 9 m,因此可以保证后行列车的安全。详见图 6。

通过检算可见,风井设置可以满足越江长区间拦江路—复兴路站通过能力不小于 30 对/h 的

要求。

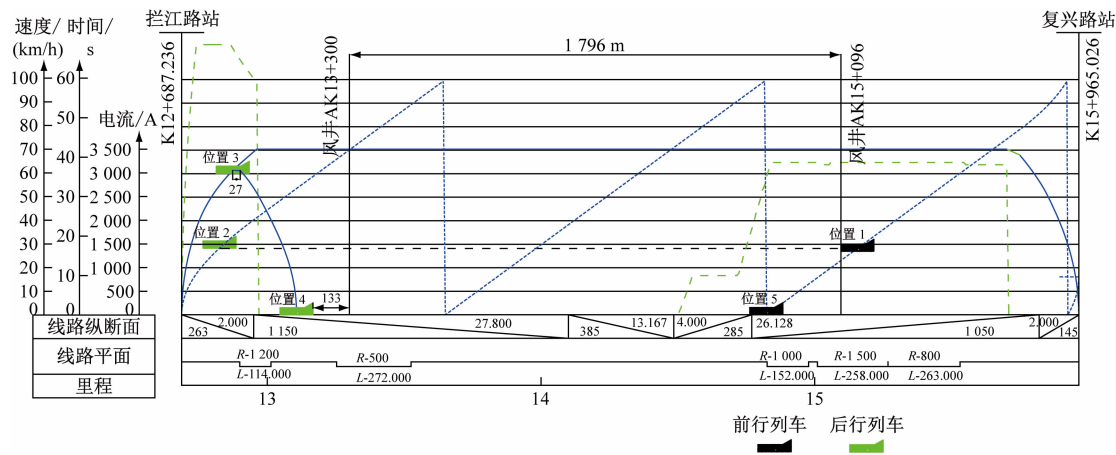


图4 下行列车以正常速度运行时风井设置检算示意图

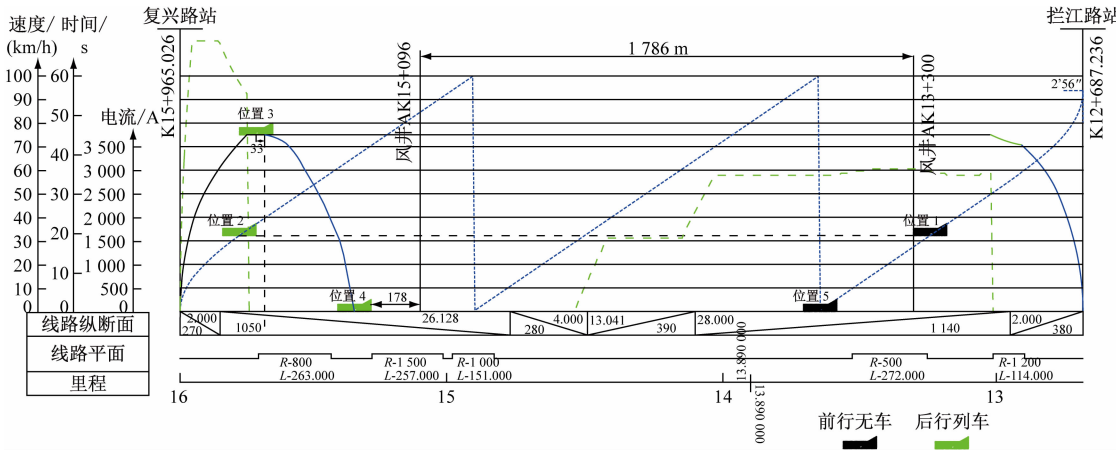


图5 上行列车以最高速度运行时风井设置检算示意图

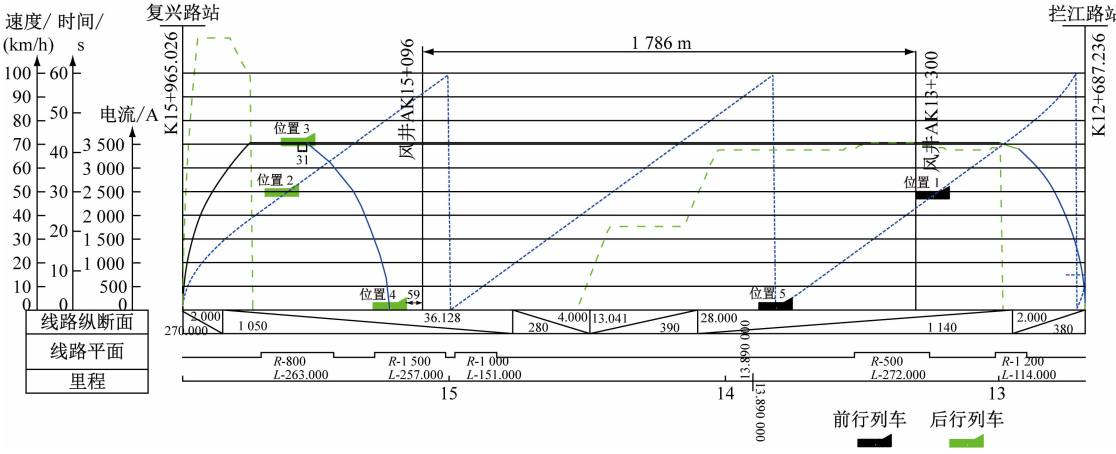


图6 上行列车以正常速度运行时风井设置检算示意图

参考文献

[1] 中华人民共和国建设部,中华人民共和国国家发展和改革委员会.城市轨道交通工程项目建设标准建标[2008]57号[S].北京:中国计划出版社,2008:43.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2014:12.

[3] 赵博.移动闭塞信号系统在越江区间列车运行的研究[J].现代城市轨道交通,2011(3):82.

(收稿日期:2017-08-11)