

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2017.01.004

2002—2016年我国地铁施工 安全事故规律性的统计分析

李皓燃, 李启明, 陆莹

(东南大学土木工程学院, 南京 210096)

摘要: 搜集2002—2016年(统计至3月)地铁施工事故246起,从时间、事故类型、施工工法、发生位置、站台形式、死伤人数等8个方面分析、描述事故发生的规律性。结果显示,事故发生的总数呈上升趋势,但每千米死亡人数呈下降趋势;每年1月、5月、7月、11月,每天0:00—1:00、8:00—11:00和15:00—18:00地铁施工事故发生较为频繁;坍塌是地铁施工项目中发生最频繁的事故类型,占43%;明挖法施工数占地铁施工事故的31%;盾构法施工数占区间工程施工事故的62%;火灾爆炸是区间工程施工中较常发生的事故,而在车站工程中发生较少。最后,结合长三角地区主要特点,从技术、管理、政策3方面有针对性地提出对策和建议。

关键词: 地铁建设; 施工事故; 统计分析; 规律性; 长三角

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2017)01-0012-08

Statistical Analysis on Regularity of Subway Construction Accidents from 2002 to 2016 in China

LI Haoran, LI Qiming, LU Ying

(School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096)

Abstract: The data of subway construction accidents in China from 2002 to March, 2016 are presented in order to analyze the regularity of these accidents from the perspective of years, months, hours, accident types, construction methods, locations, numbers of deaths and so on. The results show that the total number of accidents is on the rise, but deaths per kilometer gradually decline. Most construction accidents occurred frequently in January, May, July and November every year and during 0:00—1:00, 8:00—11:00 and 15:00—18:00 every day. Collapse is the most common accident type, occupies 43%; Open cut method accounts for 31% of subway construction accidents, and shield method 62% of section construction. Fire and explosion often took place during section constructions while seldom happened during station constructions. Finally, according to the regularity, some countermeasures and the suggestions of subway construction safety are put forward considering the characteristics of Yangtze River Delta region from the aspects of technology, management and policy.

Keywords: subway construction; construction accidents; statistical analysis; regularity; Yangtze River Delta

1 研究背景

自1965年北京首条地铁开工建设以来,地铁建设

收稿日期: 2016-09-19 修回日期: 2016-11-28

第一作者: 李皓燃(通信作者),男,硕士研究生,从事城市轨道交通
建造与管理研究,3073418548@qq.com

导师简介: 李启明,男,博士,教授,博士生导师,从事地铁工程建设
安全管理研究。

基金项目: 国家自然科学基金项目(51578144);国家自然科学基金
青年基金项目(51308113);江苏省基础研究计划(自然科学
基金)青年基金项目(BK20130616)

正在中国如火如荼地开展。据有关机构统计,截至2015年底,中国内地地区共26座城市开通城市轨道交通运营线路,总长3 618 km^[1]。江苏省是地铁建设大省,截至2015年底,已有14条轨道交通线路投入运营,占全国的12.5%,运营总里程约385 km,超过全国总量的10%。仅2015年,江苏省完成轨道交通建设投资约400亿元,建成两条线路,新开工建设项目3个,12个项目在建^[2]。可见,中国正处于地铁项目建设大发展的高潮期和繁荣期,而江苏省正是其中的排头兵。

我国地铁建设至今只有 51 年的时间,因地铁工程本身的特殊性,包括施工环境复杂、涉及工种繁多等,这些都增加了地铁建设过程中的不确定性,导致我国近年来地铁建设过程中事故时有发生。

目前,住建部安全质量司每年均组织专家进行全国巡视,并有报告,体现出我国对于地铁工程质量安全监督工作的重视。现有的研究主要从以下 3 个角度对地铁施工事故进行统计。

第一,基于时间跨度,从面上对事故案例做了宏观的统计,并从不同角度揭示了地铁施工安全事故发生的规律。东南大学的邓小鹏等人统计了 1999—2008 年期间国内的 126 个地铁施工事故案例^[3];同济大学的胡群芳统计分析了 2003—2011 年的我国地铁隧道施工事故 89 起^[4];北京工业大学的李凤伟等人统计分析了 2003—2010 年国内地铁施工事故 118 起^[5]。

第二,以某一地区、某一线路或某一事故类型为研究对象,结合实际,给出了具有地区或项目特色的对策方案,使得地铁统计结果得以在实践中运用。北京交通大学的侯艳娟等人以北京地铁施工事故为研究对象,总结了该地区事故出现的原因及特点,给出了相应的防治对策^[6];中国铁道科学研究院的杨晨则以深圳地铁二期工程建设过程中发生的安全事故为研究对象,统计部分事故 43 起,结合项目中施工具体工法和安全薄弱环节,为地铁建设提供安全技术和管理经验^[7];东南大学的周志鹏等人集中收集了 2009 年 4 月前的坍塌事故 55 起,构建了地铁坍塌事故鱼刺图,实证分析了杭州地铁坍塌事故^[8]。

第三,以搜集的地铁事故数据为依托,结合某种模型机理或者调研的方法,进行前瞻性的理论研究,为安全管理决策等献计献策。东南大学的陆莹等人通过构建事故案例库,用案例推理的方法来为地铁运营事故提供决策依据^[9],这种思考对地铁施工事故的决策有着重要启示,深化了事故统计的意义。华中科技大学的丁烈云等人通过对“五方”的问卷调查,获得了他们认为影响地铁安全管理的五大影响因素,进一步利用因子分析法、方差分析法等得到各因素的影响因子数值,为安全管理量化研究做出了贡献^[10]。

由以上综述可知,事故统计作为一项基础工作,对后续研究分析的开展起到了关键作用,但是近 5 年来的统计数据尚未补充更新。目前笔者已经搜集 2002—2016 年(统计到 3 月)期间地铁施工事故 246 起,对新老数据重新分析,得出地铁施工事故发生的规律,为

“十三五”期间地铁建设提供前车之鉴,同时也为进一步的完善构建地铁施工事故案例库做足准备。

2 数据来源与统计方法

笔者研究的对象是地铁施工事故,地铁运营事故、其他类型铁路施工事故等不属于本文研究范围。

数据的来源主要包括国家住建部事故快报网站、新闻网页,以及其他一些书籍文献^[10-12]。

事故统计分析方法主要为综合分析法,数据处理主要采用 Excel 软件汇总事故案例,从地铁建设安全管理的特点出发,具体围绕技术和管理两个主题,通过对年、月、旬、小时、事故类型、施工工法、发生位置、站台形式、死伤人数等方面的分析,绘制图表,包括柱状图、折线图、饼状图、散点图等,形象表述事故发生的规律性。

3 数据统计与结果分析

3.1 按年份的事故统计分析

根据统计得到 2002—2016 年期间地铁施工事故 246 起,按事故发生年份进行频率统计,并结合年度死亡人数,结果如图 1 所示。

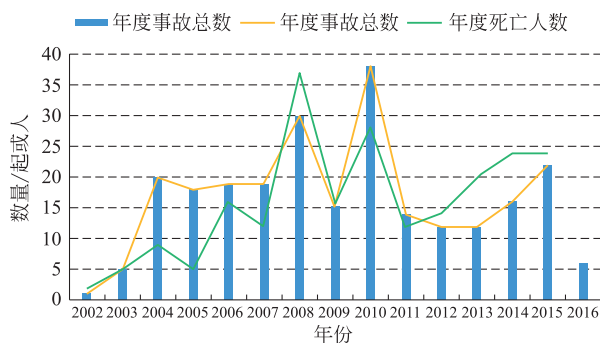


图 1 地铁事故统计分析(按年份)

Fig. 1 Statistical analysis on subway accidents (by years)

由图 1 可以看出,地铁施工事故发生具有很强的规律性。

1) 2008 年和 2010 年是近 15 年来地铁施工事故发生次数最多的两年,均突破 30 起。经有关机构统计,这两年在建地铁线路数分别为 73 条^[13]和 70 条^[14],处于地铁建设蓬勃发展的时期,说明随着我国地铁大规模兴建,地铁施工安全管理的压力随之增大。

2) 除 2002、2003、2016(统计到 3 月底)这 3 年外,其余 12 年每年地铁施工事故发生次数均在 10 起以上,这说明自 2004 年开始,国内地铁建设处于高速发展期,也是事故频发期。由于技术和管理水平没有跟

上,加之对地铁安全的忽视,造成了事故的频发。

3) 近5年,事故次数较早期10年有明显下降的趋势,而每年在建地铁线路数明显比早期10年多出许多,这反映了随着时间的推移在建设过程中对安全问题越来越重视,技术和管理水平不断提升。

3.2 按月份的事故统计分析

按事故发生的月份进行频率统计,结果如图2所示。

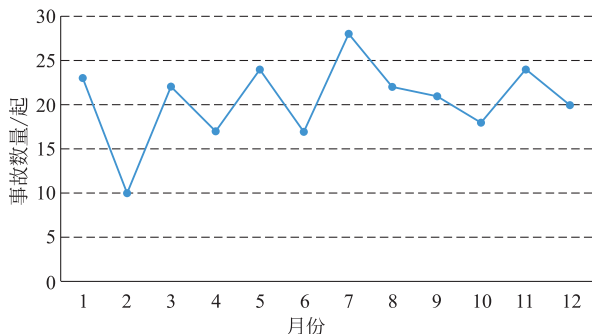


图2 地铁事故统计分析(按月份)

Fig.2 Statistical analysis on subway accidents (by months)

由图2可以看出,事故发生数量与月份有着一定联系,具体规律如下:

1) 近15年中,事故发生最多的是7月和11月,这说明炎热和寒冷的天气对地铁施工安全性有着很大的影响,所以在夏季施工过程中应注意防暑降温,冬季施工要提高安全的警惕性。

2) 近15年中,事故发生次多的是1月和5月。5月是我国长江中下游地区“入梅”的时候,而降雨对地铁施工影响是很大的,也就增加了事故发生的可能,从而印证了规律性;1月临近我国春节,是施工安全意识最为薄弱,也是事故频发的时候,所以应根据此规律加强对现场人员的安全督促。

3) 近15年中,事故发生最少的是2月,因为我国春节基本上在2月,工地放假。

3.3 按小时的事故统计分析

在246起地铁施工事故中,发生时刻(精确到小时)记录明确的有193起,对它们进行频率统计,结果如图3所示。

由图3可以看出,事故发生次数与一天中的具体时间有着明显的联系,具体规律如下。

1) 事故发生次数最多的时间段是0:00—1:00,这是因为该时间段内人体困乏,思想和行为上的安全性均有所下降,并且光线昏暗,事故发生不易被发现,无法及时采取措施。因此,施工单位因避免在该时间段

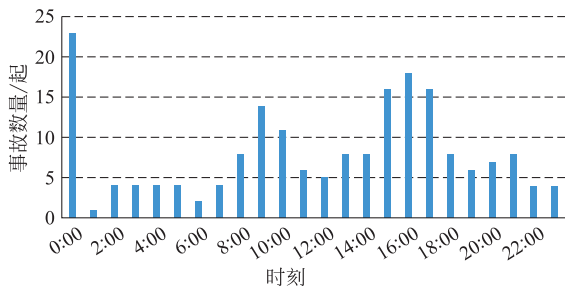


图3 地铁事故统计分析(按时刻)

Fig.3 Statistical analysis on subway accidents (by hours)

内施工,并加强在该时间段的现场巡视工作,确保工人的休息时间对有效控制事故发生有积极的作用。

2) 事故发生次数多的时间段是8:00—11:00和15:00—18:00,主要是由该时间段内施工任务集中决定的,并且11:00和18:00通常为中午和下午的换班时间。

3.4 按事故类型的统计分析

按事故类型分别进行频率统计和单次事故死伤人数统计,结果如图4~5所示。

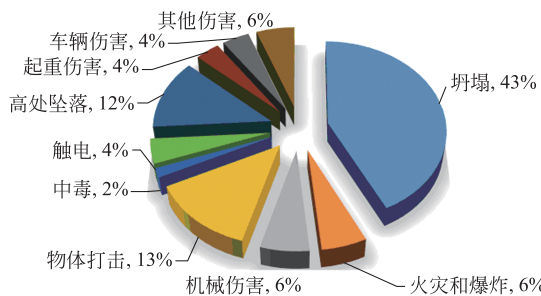


图4 地铁事故统计分析(按事故类型)

Fig.4 Statistical analysis on subway accidents (by types)

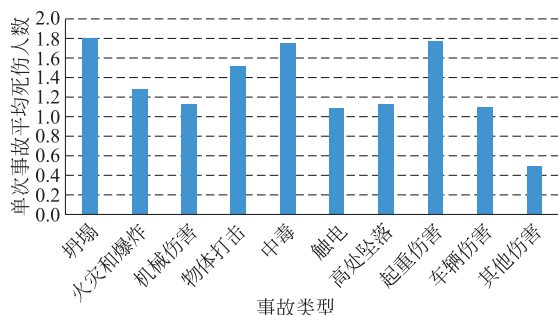


图5 单次事故平均死伤人数

Fig.5 The average number of casualties in a single accidents

1) 由图4可知,地铁施工事故的最主要类型为坍塌,次主要类型为高处坠落和物体打击。

2) 由图5可知,单次死伤人数最多的事故类型是坍塌、中毒和起重伤害。

3) 结合图4、5可知,坍塌为高发生、高死伤事故类

型,一旦发生,往往造成群死群伤和重大经济损失,社会影响严重,为最主要风险源,施工中应尤其重视管线渗漏、地质变化、开挖支护结构、管棚施工、地下水水位、施工中各开挖导洞的施工步距^[8];中毒和起重伤害事故虽然发生频率较低,但一旦发生,将造成较大人员伤亡,因此容易形成盲区,要特别注意。

3.5 按施工工法的事故统计分析

在 246 起地铁施工事故中,具体工法记录明确的有 90 起,对它们进行频率统计,结果如图 6 所示,同类工法下的累计死亡人数如图 7 所示。

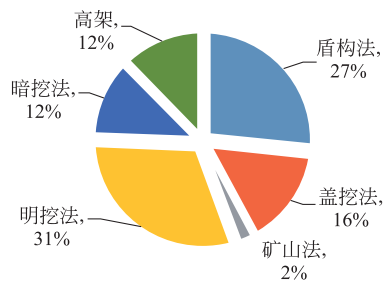


图 6 地铁事故统计分析(按施工工法)
fig. 6 Statistical analysis on subway accidents (by methods)

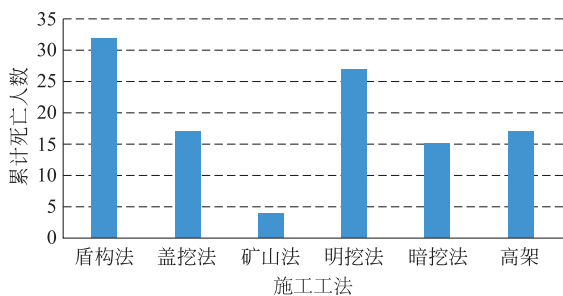


图 7 不同工法地铁事故下的累计死亡人数
Fig. 7 The number of casualties in accidents with different construction methods

由图 6、7 可以看出,事故发生次数和施工工法有着紧密的联系,具体规律如下。

1) 图 6 说明,明挖法和盾构法是目前发生地铁施工事故中最多的工法,二者之和接近 60%。究其原因,一方面,因为这两种工法本身就存在一定安全风险,会导致安全事故的发生;另一方面,由于这两种工法是目前国内地铁施工最常用的工法,采用这两种工法施工的总数较多,也就增加了发生安全事故的可能性。因此,这两种工法施工中应格外加强技术和管理方面的投入,以控制事故的发生。

2) 图 7 说明,近 15 年事故累计死亡人数最多的工法依旧是明挖法和盾构法,其中盾构法事故死亡人数

超过 30 人;其次是盖挖法和高架施工。对于上述工法应加强安全意识教育和安全管理投入,减少因为工程事故对项目以及社会的不利影响。

3) 综合图 6、7 数据,应该意识到地铁盾构法和明挖法施工事故,不仅发生频率高,而且死亡人数多。

3.6 按发生位置的事故统计分析

在 246 起地铁施工事故中,具体发生位置记录明确的有 238 起,对它们的比例、不同位置采用的工法进行统计,结果如表 1~3 所示。

表 1 地铁事故统计(按发生位置)
Tab. 1 Statistical analysis on subway accidents (by places)

工程类型	事故数量/起	比例/%
区间工程	108	43
车站工程	130	57
合计	238	100

注:该指标下的有效案例数为 238 起。

表 2 不同位置下地铁施工工法的统计
Tab. 2 Statistics on construction methods in different places

施工工艺	车站工程/%	区间工程/%
盾构法	0	62
盖挖法	25	3
矿山法	2	3
明挖法	39	21
暗挖法	20	3
高架	14	10
合计	100	102

注:该指标下的有效案例数为 238 起。

表 3 不同位置下发生事故类型的统计
Tab. 3 Statistics on accidents types in different places

事故类型	车站工程/%	区间工程/%
坍塌	44	44
火灾和爆炸	5	7
机械伤害	6	7
物体打击	13	14
中毒	1	2
触电	3	5
高处坠落	19	7
起重伤害	4	3
车辆伤害	3	5
其他伤害	4	7
合计	102	101

注:该指标下的有效案例数为 238 起。

由表1~3可以发现,事故的发生和工程位置有着一定的联系。

1) 在搜集的案例中,有57%为车站工程,有43%为区间工程,车站工程事故数超过区间工程,这与胡群芳等人^[4]的统计结果不一致,可能的原因:第一,样本总量不同,胡群芳等人统计的地铁施工事故总数为89起,笔者统计的事故总数为246起;第二,样本采集的时间跨度不同。胡群芳等人统计了发生在2003—2011年的地铁施工事故,时间跨度为9年,笔者统计了发生在2002—2016年的地铁施工事故(2016年统计到3月底),时间跨度为14年。这些都造成了统计结果的不一致。

2) 由于车站和区间在施工工法上存在着较大的差异,因而它们的风险源各不相同。在搜集的事故中,盾构法施工占区间工程总数的62%,其次是明挖法,占21%,这说明对于区间工程,盾构法和明挖法是主要风险源,施工时应该对技术方案的安全性进行全面评估。对于车站工程,最常见的施工工法是明挖法,占39%,其次是盖挖法,占25%,施工单位应对上述方法的方案安全性进行论证,加强安全管理工作。

3) 对于区间工程,发生事故类型最多的是坍塌,其次是物体打击;对于车站工程,发生事故类型最多的是坍塌,其次是高处坠落及物体打击。

3.7 按车站形式的事故统计分析

2002—2016年期间,按车站形式进行频率统计的车站工程事故55起,结果如表4~6所示。

表4 地铁事故统计分析(按车站类型)
Tab.4 Statistical analysis on subway accidents (by stations)

车站类型	事故数量/起	比例/%
岛式车站	39	71
侧式车站	16	29
合计	55	100

注:该指标下的有效案例数为55起。

表5 不同类型车站采用施工工法的统计
Tab.5 Statistics on construction methods in different stations

施工工法	岛式站台/%	侧式站台/%
明挖法	44	23
盖挖法	32	15
暗挖法	21	15
高架	3	46
合计	100	99

注:该指标下的有效案例数为55起。

表6 不同类型车站发生事故类型的统计
Tab.6 Statistics on accidents types in different stations

事故类型	岛式站台/%	侧式站台/%
坍塌	33	50
火灾和爆炸	—	—
机械伤害	8	4
物体打击	18	7
中毒	—	—
触电	5	2
高处坠落	21	14
起重伤害	8	3
车辆伤害	3	2
其他伤害	5	2
合计	101	84

注:“—”表示无,即没有发生。

1) 在车站工程事故中,岛式站台形式占比超过70%,需要说明的是,由于地铁车站一般为地下站,选用岛式居多,也就增加了岛式站台施工安全事故发生的可能性。在站台的选择上,如果是地下车站,一般选用岛式站台,如果是地面或高架车站,则一般选用侧式站台,所以出现这种结果的原因也与地铁车站本身的特性有关。

2) 岛式与侧式站台在施工工艺方面存在差异,也影响着事故的发生。在上述55起事故中,能明确施工工法的案例共47起,对它们分析得出,其中采用明挖法和盖挖法的岛式站台占比分别为44%、32%,是运用最多的2种工法;而采用明挖和盖挖的侧式站台分别只占23%、15%,采用最多的是高架施工,占比46%。这些表明,在具体车站施工时,应根据车站设计形式,避免选择安全风险大的施工工法,这对实际工程具有一定的指导意义。

3) 对岛式和侧式站台发生事故类型进行分别统计后,发现岛式站台事故主要类型为坍塌、高处坠落、物体打击;侧式站台事故主要类型为坍塌、高处坠落。这表明无论何种站台形式,坍塌、高处坠落都是车站施工过程中较大的风险源,应编制相应的应急预案,予以重视。

3.8 按死亡人数的事故统计分析

结合每年在建地铁里程数,按每1 000 km死亡数进行统计,结果如图8所示,由于2016年属于部分统计的数据,故没有将该数据列出。

另外笔者还统计了目前地铁建设过程中和安全相关的规范标准,共14部,如表7所示。

1) 从总体上看,每1 000 km死亡人数呈下降趋势,尤其是最近5年,从2011—2015年,每1 000 km死亡人数被控制在7人左右,相比2006—2010年,维持在一个较低的水平,这充分说明了我国地铁施工技术不

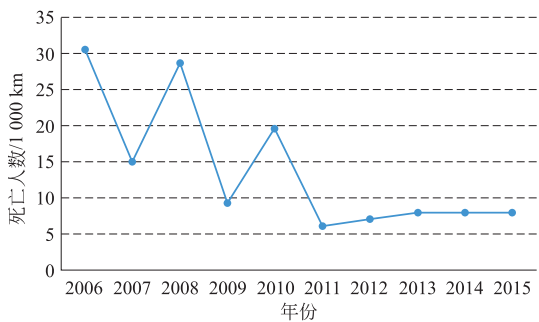


图8 地铁事故统计(按死亡人数)
Fig. 8 Statistical analysis on subway accidents (by casualties)

表7 城市轨道交通工程建设安全规范标准统计
Tab. 7 Statistics on urban rail transit construction safety standards

序号	名称	标准号
1	地下铁道工程施工及验收规范	GB 50299—1999
2	城市轨道交通工程安全验收评价细则	AQ 8004—2007
3	城市轨道交通工程安全验收评价细则	AQ 8005—2007
4	地铁及地下工程建设风险管理指南(2007)	—
5	盾构法隧道施工与验收规范	GB 50446—2008
6	城市轨道交通工程项目建设标准	建标 104—2008
7	城市轨道交通工程安全规范系统技术要求	GB/T 26718—2011
8	城市轨道交通地下工程建设风险管理规范	GB 50652—2011
9	城市轨道交通建设项目建设管理规范	GB 50722—2011
10	地铁工程施工安全评价标准	GB 50715—2011
11	城市轨道交通岩土工程勘察规范	GB 50307—2012
12	城市轨道交通工程监测技术规范	GB 50911—2013
13	城市轨道交通工程安全控制技术规范	GB/T 50839—2013
14	地铁设计规范	GB 50157—2013

断成熟,安全管理水平不断提高。

2) 结合国家颁布的与地铁安全相关的规范标准,表明2010年之前关于地铁施工安全方面的规范标准较少,且多集中于2007、2008两年,由于地铁建设周期较长,政策落实具有滞后性,所以统计到2010年之前每1 000 km死亡人数居高不下;从2011年开始,经过3~5年的建设周期,这一时期内死亡人数得到了有效控制,不仅得益于2007、2008年出台相关规范标准的落地,提高了施工过程中的安全性,而且国家和地区对地铁安全问题也日益重视,2010后出台的规范标准达到了8部,且多集中于2011年,这也从另一个方面解释了从2011年开始我国1 000 km死亡人数稳定在一个较低的水平。

4 统计分析结果

根据事故统计结果,从多角度、多因素对事故进行了统计分析,总结分析统计结果如下。

1) 趋势。按事故发生年份分析,随着地铁建设在

我国的大规模兴起,年度事故总数有可能呈上升趋势,但随着我国地铁施工技术和管理经验不断成熟,每1 000 km的事故数呈下降趋势。

2) 时间。虽然每一次事故发生都有其偶然性,但统计结果表明,每年1月、5月、7月、11月,每天0:00—1:00、8:00—11:00和15:00—18:00为地铁施工事故发生较为频繁的时间。

3) 事故类型。地铁施工会引起多种类型的事故,其中发生最多的是坍塌事故,占43%。高处坠落是在车站工程发生频率仅次于坍塌的事故,占19%,物体打击是在区间工程发生频率仅次于坍塌的事故,占14%。火灾爆炸是在区间工程施工中较常发生的事故,而在车站工程中发生较少,说明这种事故的发生具有特殊性,因此在区间工程施工中,项目经理应特别留意明火、用火情况,防止火灾爆炸的发生。

4) 施工工法。就目前主流的施工工法而言,盾构法和明挖法是引发事故最多的工法,也是造成死亡人数最多的工法。这样的统计结果与地铁施工实践中多采用这两种工法有一定关系。其中,明挖法和盖挖法事故多发生于车站工程,盾构法事故多发生于区间工程,因此采用盾构法时,应做好各种安全分析,包括盾构机刀具的选择、隧道上浮、过江问题等^[15]。

5) 车站与区间。在238起有效事故中,车站130起,区间108起,这说明与车站工程相比,虽然区间工程线路长,作业面呈现动态等特点^[16],但随着我国施工技术的不断进步,对于前方地质和环境条件的勘查越来越准确,提高了施工过程中的安全性。

6) 车站形式。车站形式和施工安全性存在一定关联。在55起有效车站工程事故中,岛式站台形式超过70%,这与地铁车站一般是在地下,岛式站台居多有一定关系。明挖法和盖挖法是引起岛式车站事故最多的工法,引起侧式站台事故最多的是高架施工。

7) 死亡人数。从总体上看,每1 000 km死亡人数呈下降趋势,在近5年,每1 000 km死亡人数稳定在7人左右,较前5年死亡人数大大下降。这与我国颁布地铁安全规范标准有一定的关系。

5 长三角区域地铁建设对策与建议

5.1 长三角区域施工环境的主要特点

1) 地下水量丰富。长三角区域滨江临海,河湖众多,受地表水补给影响,地下水源较充沛,水量也充沛。丰富的地下水为该区域开展地下工程带来挑战。

2) 土体性质以软土砂土为主。在南京、镇江、扬州、

苏州、南通和盐城地区的沿江沿海区域,存在着深厚的长江冲积成因土层,其中以砂土居多,而饱和的松散砂土易出现振动液化的现象,不利于地下工程的开展。

3) 梅雨季节。长三角区域位于长江中下游,通常每年6月中旬到7月上旬,是梅雨季节,会有持续性的降雨,有时还会有短时间的强降雨天气。尤其是在2016年的梅雨季节中,许多南方城市突降暴雨,导致城市被淹,这些都成为长三角区域施工时不得不考虑的因素。

5.2 对策与建议

1) 重视并加强降排水工作,严防梅雨季节可能出现的极端天气。地下水是开展地下工程的重要风险源之一,因此,在降水和地下水都很丰富的长三角地区更要引起足够的重视。前述内容已经揭示,坍塌是地铁施工中最常发生的事故类型,而坍塌事故的发生又与水密不可分,因此充分考虑降排水井的布置位置、数量和抽水量,对控制坍塌事故显得极为重要;同时,对江淮梅雨季节可能发生的极端天气,也要做好应急预案。

2) 积极开展地质勘查工作,加强基坑的支撑和围护体系。很多地下工程事故的发生是因为前期地质勘查工作不到位,而准确的地质勘查报告能够为后续地下施工工作排查安全隐患,这对土质不好的长三角区域有着更加重要的意义。以砂土软土为主的地基土,在地下施工中进行基坑作业时,要预先做好完善的支护措施。然而很多时候施工企业为了贪图一时之利,偷工减料,只做了挡土墙等围护结构,而没有采用混凝土支撑来加固,由此造成基坑开挖时的坍塌事故屡见不鲜。

3) 做好职工安全培训,提高企业安全意识,强化档案管理工作对安全管理的重要性。企业管理层要加强安全监管工作,现场人员应加强安全培训和考核工作,科学安排工作时间,尽量避免因安全意识松懈而引发的事故,很多事故(比如盾构法施工中主要存在的机械故障和操作问题),都可以通过控制人的合理行为来解决。同时,加强档案备案,一旦有事故发生,从前期方案及处理方案再到后续方案、分析报告都要存档,对企业而言,前车之鉴,后事之师。

4) 出台并更新相关的标准规范,促进区域性的立法和统一建设标准。统计结果表明,出台或更新地铁安全相关的标准规范文件对控制地铁施工事故的发生和抑制死亡人数可起到有益的效果。随着近年来我国开通地铁的城市不断增多,地铁施工过程中遇到的岩土工程问题因区域的不同而显得非常复杂,创造出新的带有区域特色的工法和技术,因此通过更新相关规

范标准,对新技术的安全使用显得很有意义。

5) 构建事故案例库,尤其是具有长三角区域特色的案例库。目前行业中还没有形成完整的事故案例库,对于事故整体性的把握还比较缺乏。对施工事故进行持续性的统计,采用定量法和综合分析法进行深入研究,选择典型案例,构建并不断完善案例库,通过对已发生事故的统计和应对措施的整理,充实案例库,经过推理分析获得有效的解决方案,同时结合长三角区域特点,因地制宜,这将对现实的安全管理更具有针对性的指导意义。

6) 加强政府执法部门的监管力度,建立并完善地铁施工事故统计调查和报告制度。实践证明,政府监管是保证施工安全的关键环节,因此应该加强发挥政府执法部门在地铁施工过程中的把控作用。在美国,城市轨道交通法规中明确了城市轨道交通统计报告和事故调查制度^[17],英国的城市轨道交通事故调查和报告也有相关法律法规作为依据^[18-19],这些都为我国地铁施工安全管理提供了宝贵的经验,应该结合我国和区域特点,建立并完善地铁施工事故统计调查和报告制度。

7) 政府对数据公开透明,加强媒体舆论监督。国家住建部事故快报网对于案例的整理始于2012年,2011年以前没有,并且记载的都是发生死伤的事故,对于很多零伤亡的事故并没有记载,一些事故虽然发生了,但网上很难再找到媒体的相关报道,这些都给案例的搜集工作带来许多困难,不利于还原案例发生时的真实场景及构建案例库工作的开展。同时,媒体应该发挥舆论的监督作用,将更多的精力投入到曝光事故背后的原因中,而不是仅仅停留在事故表面。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会.城市轨道交通2015年统计和分析[J].都市轨道交通,2016,29(4):6-11.
China Association of Metros. Statistics and analysis of urban rail transit in 2015[J]. Urban rapid rail transit, 2016, 29(4): 6-11.
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.2015年江苏省城市轨道交通保持快速发展[A].北京,2016.
National Development and Reform Commission. Rapid urban rail transit development in Jiangsu province in 2015 [A]. Beijing: 2016.
- [3] 邓小鹏,李启明,周志鹏.地铁施工安全事故规律性的统计分析[J].统计与决策,2010(9):87-89.
DENG Xiaopeng, LI Qiming, ZHOU Zhipeng. Statistical analysis on regularity of subway construction safety acci-

- dents[J]. Statistics and decision, 2010(9): 87-89.
- [4] 胡群芳,秦家宝. 2003—2011 年地铁隧道施工事故统计分析[J]. 地下空间与工程学报, 2013(3): 705-710.
HU Qunfang, QIN Jiabao. Statistical analysis on accidents of subway tunnel construction from 2003 to 2011 in China [J]. Chinese journal of underground space and engineering, 2013(3): 705-710.
- [5] 李凤伟,杜修力,张明聚. 地铁工程建设施工事故统计分析[J]. 地下空间与工程学报, 2014, 10(2): 474-479.
LI Fengwei, DU Xiuli, ZHANG Mingju. Statistical analysis of accidents in metro construction[J]. Chinese journal of underground space and engineering, 2014, 10(2): 474-479.
- [6] 侯艳娟,张顶立,李鹏飞. 北京地铁施工安全事故分析及防治对策[J]. 北京交通大学学报(自然科学版), 2009, 33(3): 52-59.
HOU Yanjuan, ZHANG Dingli, LI Pengfei. Analysis and control measures of safety accidents in Beijing subway construction[J]. Journal of Beijing Jiaotong University (natural science edition), 2009, 33(3): 52-59.
- [7] 杨晨,张佐汉. 深圳地铁二期工程建设期安全事故分析[J]. 铁道建筑, 2013(1): 45-48.
YANG Chen, ZHANG Zuohan. Safety accident for second phase projects of Shenzhen metro [J]. Railway engineering, 2013(1): 45-48.
- [8] 周志鹏,李启明,邓小鹏,等. 基于事故机理和管理因素的地铁坍塌事故分析——以杭州地铁坍塌事故为实证[J]. 中国安全科学学报, 2009(9): 139-145.
ZHOU zhipeng, LI Qiming, DENG Xiaopeng, et al. Analysis of metro collapse accidents based on accidents mechanism and management factors with the collapse of Hangzhou Metro as an example[J]. China safety science journal, 2009(9): 139-145.
- [9] 陆莹,李启明,高原. 基于案例推理的地铁运营安全事故案例库构建[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2015(5): 990-995.
LU Ying, LI Qiming, GAO Yuan. Construction of accident case database for subway operation based on case-based reasoning[J]. Journal of Southeast University (natural science edition), 2015(5): 990-995.
- [10] YU Q Z, DING L Y, ZHOU C, et al. Analysis of factors influencing safety management for metro construction in China [J]. Accident analysis & prevention, 2014(68): 131-138.
- [11] 杨晨. 城市轨道交通工程建设期安全事故分析与研究[D]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2012.
YANG Chen. The research and analysis of safety accidents in the construction of urban rail transportation [D]. Beijing: China Academy of Railway Sciences, 2012.
- [12] 杨乾辉. 地铁深基坑工程安全风险辨识和评价研究[D]. 长沙: 中南大学, 2013.
YANG Qianhui. Research on safety risk identification and assessment in deep foundation of metro project [D]. Changsha: Central South University, 2013.
- [13] 中国城市轨道交通年度报告课题组. 中国城市轨道交通年度报告 2008 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009: 285.
Annual report of China urban rail transit. 2008 annual report of China urban mass transit [M]. Beijing: China railway publishing house, 2009: 285.
- [14] 中国城市轨道交通年度报告课题组. 中国城市轨道交通年度报告 2010 [M]. 北京: 北京交通大学出版社, 2011: 302.
Research Group of Annual Report of China urban rail transit. 2010 annual report of China urban mass transit [M]. Beijing: Beijing Jiaotong University Press, 2011: 302.
- [15] 竺维彬,鞠世健. 地铁盾构施工风险源及典型事故的研究[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2009.
ZHU Weibin, JU Shijian. Research on the risk sources and typical accidents of metro shield construction [M]. Guangzhou: Jinan University Press, 2009.
- [16] 张雁,宋敏华,冯爱军. 城市轨道交通可持续发展研究及工程示范[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
ZHANG Yan, SONG Minhua, FENG Aijun. Research on the sustainable development of urban rail transit and its engineering demonstration [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.
- [17] 陈燕申,李强. 美国城市轨道交通的安全统计与事故调查制度[J]. 城市轨道交通研究, 2012, 15(9): 1-5.
CHEN Yanshen, LI Qiang. Urban rail transit safety and accident investigation system in the United States [J]. Urban mass transit, 2012, 15(9): 1-5.
- [18] 陈燕申,陈思凯,李昂. 英国城市轨道交通事故通报和调查制度对我国的启示[J]. 都市快轨交通, 2013, 26(6): 201-204.
CHEN Yanshen, CHEN Sikai, LI Ang. Enlightenment from the system of rail transit accident notification and investigation in Britain [J]. Urban rapid rail transit, 2013, 26(6): 201-204.
- [19] 陈燕申,陈思凯. 英国城市轨道交通的安全统计和报告解析[J]. 城市轨道交通研究, 2014(1): 7-12.
CHEN Yanshen, CHEN Sikai. Probing into to safety statistics and the report of British urban rail transit [J]. Urban mass transit, 2014(1): 7-12.

(编辑: 郝京红)