

# 第 1 章

## 人群异常行为图像研究背景与意义

---

### 【本章引言】

针对我国轨道交通客流运输的发展现状，指出了当前轨道交通客流运输所面临的安全问题，阐述了人群异常行为图像研究的重要性。并根据人群异常行为图像研究内容的需求，提出了人群异常行为图像研究的思路与方法。

### 【内容提要】

- 1.1 人群异常行为图像研究背景
  - 1.2 人群异常行为图像研究的意义
  - 1.3 人群异常行为图像研究现状
  - 1.4 人群异常行为图像研究内容
  - 1.5 人群异常行为图像研究思路和方法
-



## 1.1 人群异常行为图像研究背景

随着我国经济和城镇化的快速发展，城市规模和人口不断扩大，在火车站、地铁站、公交站、机场、广场等公共区域常常容易出现人流高峰的情况。高密度、超大量的人流潮及其人群不确定行为给城市客流运输及公共安全带来了极大压力和巨大隐患。图 1-1 所示分别是北京市、广州市早高峰时段中地铁站里的客运人流高峰潮。从图中的场景就可以感受到高密度人流给轨道交通客流运输运营单位带来的巨大压力和挑战。



(a) 北京地铁人流高峰



(b) 广州地铁人流高峰

图 1-1 北京、广州地铁人流高峰场景



更让人值得注意的是近些年来出现的一系列各类型人群异常行为事件，引发了社会和政府对于交通运输行业公共安全的激烈讨论和高度关注。以轨道交通领域为例，2012年10月7日，广州地铁4号线上一名老伯和一名男青年发生口角，进而引发斗殴，造成恶劣影响。2014年3月1日，云南省昆明市火车站发生了严重暴力恐怖袭击事件，事件造成29人死亡、143人受伤。2014年03月4日，广州地铁5号线列车从广州火车站行至西村时，因列车尾部车厢有人喷射刺激性气体导致乘客惊慌发生踩踏事故，造成多人受伤。2014年10月25日，广州万胜围地铁站D口附近发生砍人事件（一名高大男子持菜刀砍伤一男一女后逃逸）。2015年4月20日，深圳地铁2号线黄贝岭站发生踩踏事件，一名乘客因不明原因在站台上晕倒，引起站台部分乘客恐慌拥挤，引发混乱踩踏，造成多人受伤。2017年2月10日，香港港铁一辆由金钟开往荃湾的列车发生纵火事件，造成多人受伤。2017年3月26日，一名年轻男子在南京南站跳下站台翻越轨道，被入站高铁列车挤压致死。2018年1月5日，由蚌南开往广州南站的G1747次高铁列车在合肥站停站办客时，一名带着孩子的女旅客以等丈夫为名，用身体强行阻挡车门关闭，扰乱了铁路车站、列车正常秩序，造成该列车晚点发车，并险些造成大面积列车延误。2018年8月21日发生在从济南开往北京的G334次列车上的霸坐男事件，以及发生在9月19日从永州—深圳北G6078次列车上的霸坐女事件。2018年9月24日，南京地铁3号线从大行宫站前往诚信大道站的列车上发生的打人事件。

这些事件的出现，引发了政府的高度重视和公众的高度关注。尤其是在人流高密度的情况下，如果发生此类事件，若不能及时发现和有效处置，必将导致更为严重的后果。从这些事件中我们也可以看出，事件发生虽然具有突发性或偶然性的特点，但是同时还伴有涉事人员的异常行为等特征。因此对涉事人员的异常行为有必要进行深入研究，特别是对事件发生的相关现场视频、图像等进行记录和分析，并对相近的、类似的行为进行识别和判断，以便在后续发生类似行为或事件时能够防患于未然，使事件得到及时控制和处置，从而避免类似事件的重演和再现。事实上，在公共区域人流密度的情况下，人群异常行为（例如打架、拥挤、点火等突发异常行为）往往成为影响公共安全的重要隐患和主要因素之一。上述这些人群突发异常行为事件的发生



为我们敲响了公共安全的警钟。做好安全防范、安全监控与安全保护工作已经刻不容缓。

为防止此类事件的发生，政府部门在公共场所（街道、火车站、地铁站、公交站、机场、广场等公共区域）设置和安装了大量的监控视频系统，以便实时监控、预防突发和调查取证。然而大量的监控每时每刻都会产生海量的视频数据和图片数据，这使得监控人员难以通过传统的人工方式来察觉和判断异常情况的发生。此外，公共区域内的人群异常行为事件发生常常是偶发性或突发性的，这使得以人工方式及时对这些异常行为进行实时识别、判断和分析困难重重。有鉴于此，对突发异常行为事件的监控及其相关研究越来越倾向通过在已知或已获取的视频和图像数据分析的基础上，对实时发生的人群异常行为进行机器识别和判断。而这些针对突发异常行为事件的视频或图像数据的分析，往往基于对人群异常行为图像的处理与分析研究的基础上，因此人群异常行为图像研究对公共领域人流密集、管控场所，如轨道交通客流运输、航空客流运输、城市公交客流运输等突发异常事件的分析、识别和预测具有愈来愈重要的作用和应用价值。近年来，对公共区域内的人群异常行为研究和判断识别日益得到关注，特别是随着城市轨道交通的快速发展，该研究越来越受到政府、学者、社会公众的重视，成为研究的热点。

近年来随着安全形势越来越严峻，地铁对安防的呼声和要求也越来越高。目前在地铁运营中，对安防和乘客拥堵的问题主要通过设置安防监控和人工疏导来完成。事实上，设置的安防设备及系统只具备单一的监控功能，且监控过程仍然需要人工进行实时观测。这种单一的安防系统功能虽然发展很快，但已经遇到瓶颈，其自动化、信息化和智能化程度还很低，不能第一时间发现问题和进行处置，只能作为数据存储用于事后查询。并且受其单一功能的局限已无法进一步提高系统能力。

随着各大城市地铁交通运输系统中乘客拥挤的现象越来越频繁，安防的要求愈来愈高，地铁运营单位及社会对人群拥挤下的人流密度分析、火苗烟雾发现、人群异常行为事件分析等愈发重视，这给当前安防监控提出了更高的标准和要求。随着监控系统智能视频分析技术的发展，如视频智能追踪技术、入侵监测技术、遗留物品检测技术、



人脸识别技术等的出现和快速发展，为城市轨道交通系统的安防预警提供了新的技术方法和解决途径。这些技术虽然为运营安防解决了一些问题，但是没有真正从人流安全预警的角度考虑需求，仍然没能很好地解决对人群拥挤下的人流密度分析、烟火检测、人群异常行为等关键技术和难点问题。鉴于此，在此背景下，有必要基于智能视频技术分析下，对地铁人群异常行为的数字图像处理与分析技术进行研究。

### 1.1.1 我国轨道交通客流运输的发展现状

随着我国改革开放和社会经济的不断发展，人口移动和迁移的数量规模不断扩大，传统的公路运输和航空运输难以满足需求。从 20 世纪 90 年代开始，我国开启了高速铁路和城市轨道交通铁路的建设。经过二十多年建设和发展，我国已形成了全球最大的轨道交通市场，成为全球轨道交通发展最快的国家。随着列车车辆和铁路技术的不断创新，轨道交通运输种类越来越多元化，出现高铁、地铁、轻轨、有轨电车、磁悬浮轨道系统、单轨系统（跨座式轨道系统和悬挂式轨道系统）及自动旅客捷运系统等多种轨道交通客流运输方式。并呈现出以下的发展现状和发展趋势。

#### 1. 高速铁路和城轨交通迅速发展

随着我国经济持续快速发展和城镇化规模的不断扩大，人们对铁路客流运输的运力和速度的要求也在不断提高。高速铁路作为一种快速、先进的轨道交通方式，较好地解决了铁路客流运输的速度和运力的问题。

中国铁路高速化始于 1999 年兴建的秦沈客运专线，它是中国铁路第一条客运专线，也是我国“八纵八横”高速铁路网的重要组成部分。从 2008 年我国第一条 350 km/h 的高速铁路——京津城际铁路开通运营以来，高速铁路在我国得到迅猛发展。按照国家中长期铁路网规划和铁路“十一五”“十二五”规划，提出了以“四纵四横”快速客运网为主骨架的高速铁路建设。在近二十年时间里，我国建成了京津、沪宁、京沪、京广、哈大等一批设计时速 350 km、具有世界先进水平的高速



铁路，形成了比较完善的高速铁路客运专线体系。在“四纵四横”等客运专线规划构建的基础上，国家提出了“八纵八横”的高速铁路中长期铁路网规划，勾画出我国新时代高速铁路网的宏大蓝图。由此可见，继续快速发展高铁客流运输，仍将成为我国铁路发展的一大趋势。

近些年来，我国城市轨道交通发展迅猛，已有北京、上海、广州、深圳、香港、武汉、天津、南京、沈阳、成都、佛山、重庆、西安、苏州、昆明、杭州、哈尔滨、郑州、长沙、宁波、无锡、大连、青岛、南昌、福州、东莞、南宁、合肥、石家庄、长春、大庆、吉林、贵阳、温州、齐齐哈尔、厦门、兰州、乌鲁木齐、徐州、常州、太原、洛阳、济南、开封、商丘、安阳、焦作、新乡、平顶山、南阳、芜湖、汕头、马鞍山、绵阳、泸州、佛山等城市建成或正在建设地铁。我国城市轨道交通发展迅速，构建了以地下铁道为骨干、多种类型并存的城市轨道交通体系。不仅建设的城市多、势头猛，还形成了地铁、城际轻轨、有轨电车、磁悬浮高速线、自动旅客捷运系统、单轨等相互并存、接驳的多元化发展模式。可以预见，对于特大城市，轨道交通持续发展是城市交通发展的必然趋势。

## 2. 国内轨道交通发展格局已具规模

2014年，我国铁路营业里程突破11.2万千米，高速铁路营业里程超过1.6万千米，居世界第一。2017年随着石济高铁正式运营通车，我国“四横四纵”高铁骨干网络的最后“一横”完美收官。2016年，国家《中长期铁路网规划》又提出了“八纵八横”高铁网主框架及城际铁路的相关规划。至2018年底，我国高铁运营里程超过2.9万千米，占全球高铁运营里程的2/3以上，超过全球其他国家总和。由此可见，我国轨道交通发展格局已具规模。

除此之外，国内城市轨道交通也蓬勃发展。不仅需要建设的城市多、势头猛，建设规模也不容小觑。2015年，我国城市建成并投运的城轨线路就达116条，运营线路长度达到3612千米，新增15条运营线路。其中地铁就有2658千米，占73.6%，而轻轨也占到6.6%。据中国城市轨道交通协会发布的《2017中国城市轨道交通统计年报》显示，至2017年底，中国内地已开通并运营城轨线路共计165条，运营线路



长度达 5033 千米，位居世界第一。许多省会城市或重要城市已形成城市轨道交通与航空交通、高铁运输、公路客运相接驳的完善客流运输体系，极大地丰富和改善了客流运输运力和规模，使乘客出行更加方便，有效地缓解了因城市规模扩大所引发的人口移动所需的公共交通运输问题。

### 3. 轨道交通成为各大城市群解决拥堵和提升发展空间的重要手段

以高铁、城际铁路、市域（郊）铁路、城市轨道交通为代表的现代综合交通体系具有运量大、速度快、能效高、排放低的特点，正在逐步发展成为城市群之间和城市群内部的骨干运输方式，有利于疏解中心城市人口压力，提高中小城市和特色小（城）镇的要素聚集能力，优化城市群内各城市空间布局，对我国城市群的健康发展具有重要支撑作用。

目前，轨道交通系统已经成为各大城市解决道路拥堵问题、提升发展空间的首选。通过发展轨道交通能帮助解决拥堵和污染等问题，促进产业和人口的疏解。

### 4. 公众对轨道交通客流运输的依赖性和关注度（安全）日益提高

随着城市轨道交通的迅速发展，极大地方便了城市居民的出行，公众对轨道交通客流运输的依赖也越来越高，在北、上、广、深等大城市，乘坐轨道交通工具已成为市民上下班的常用方式。然而随着乘客越来越多，安全隐患问题（如防恐防爆、人群拥挤、消防火灾等突发事件）也日益突出。尤其是上下班人流密集高峰期，人群异常拥挤，一旦发生恐袭、火灾、踩踏等事件，后果不堪设想。可见，一是安保问题，二是拥堵问题，使得地铁交通运输面临的压力非常大。

近年来随着安全形势越来越严峻，轨道交通发生的一些突发事件引发了公众的高度关注，公众对轨道交通安防的呼声和要求越来越高。

## 1.1.2 我国轨道交通客流运输面临的安全问题

轨道交通运输是我国客流运输的主要载体，已成为大众出行的首



选。随着大众对轨道交通的依赖，乘客和公众对轨道交通客流运输的安全问题也愈发重视。目前我国轨道交通客流运输面临着以下一些安全形势和安全问题。

#### 1. 列车行驶里程长和开行密度大，运行过程发生事故概率增大

我国铁路运输水平有了很大的提高，人们乘坐高铁在我国辽阔的铁道线上朝发夕至已经成为现实，高铁速度的提高缩短了城市之间的距离，为人员移动提供了便利。但是，随着我国轨道交通规模的不断扩大发展，列车班次开行的频率越来越高，列车行驶的总里程也越来越长，这意味着运行过程面临产生突发事件概率也在不断增加。2011年的“7·23”甬温线特别重大铁路交通事故，造成40人死亡、172人受伤，中断行车32小时，直接经济损失近2千万元，为铁路运输的安全问题敲响了警钟，引发了社会公众对高速列车事故的高度关注。铁路运输安全，是铁路运输最重要、最核心的部分，所有旅客的运输安全都取决于行车安全。事实上，随着国内轨道交通快速发展和规模的不断扩大，以及公众出行对轨道交通的依赖逐年升高，铁路部门在运营管理和运输安全上都面临着越来越大的压力。

客流量需求量的快速增长给运营组织带来极大挑战，需有效调整运力资源配置、加强线网间运输能力协调、严格防控客运安全风险。

#### 2. 车站及列车内乘客密度及流量大，突发异常事件时有发生

随着轨道交通快速发展，我国大多数城市的轨道交通客流量呈现出井喷式快速增长的特点和趋势。根据中国城市轨道交通协会发布的《2017年城市轨道交通行业统计报告》，2017年国内累计完成客运量已达185亿人次，其中北京轨道交通全年累计客运量就达到37.8亿人次，日均客运量达到1035万人次，居全国首位；上海累计完成客运量35.4亿人次，日均客运量969.2万人次；广州累计完成客运量28.1亿人次，日均客运量768.7万人次；深圳累计完成客运量14.5亿人次，日均客运量396.2万人次。四座城市客运量均创历史新高。从客流强度来看，北、上、广、深四大一线城市超过了1万人次/日·千米的水平，其中，广州的客流强度最大，达到了1.97万人次/日·千米，其次是北京、深





圳、上海、武汉、杭州、成都、重庆。由此可见，轨道交通承载的运力、密度以及流量的规模之大。

所以近年来，随着我国城市轨道交通业的快速发展，运营安全问题逐渐凸显出来，各类突发事件时有发生，并呈现逐年上升之势。例如“2·10”香港地铁纵火事件、高铁挡车门事件、南京南站高铁夹人事件、高铁霸车男（女）事件等突发异常事件的发生，引发了公众对轨道交通运营安全的激烈讨论和关注。也突显了这些突发异常事件对轨道交通运营安全和乘客出行安全的影响。研究表明（赵娟，2016）这些突发异常事件会对轨道交通客流运输安全造成不同程度的影响与危害。一是这些突发异常事件具有随机性、传递性、扩散性的特点，会导致轨道交通网络的局部中断、客流拥堵和列车延误。轻者造成乘客出行不便，降低运输能力，重则路网瘫痪，危及生命安全。二是发生安全问题，轨道交通运输的疏散难度大。由于轨道交通乘客车辆大多空间密闭、车站出入口通道比较长，突发异常事件极易造成乘客短时间聚集挤压，而且乘客不可控、不确定因素较多，利用有限通道将客流在极短时间内快速疏散出去非常困难。因此，对于突发异常事件的预警、及时处置以及快速疏散客流措施还需要进一步加强。

### 3. 轨道交通受天气环境等因素影响，容易引发大客流事件

作为陆上交通，轨道交通极易受到自然灾害、天气、地理环境以及人为破坏等因素影响，从而造成交通网络中断、列车延误，进而引起客流拥堵，发生大客流事件。例如2008年初我国南方雪灾造成大范围交通瘫痪，铁路、高铁、航空等交通大面积中断，由于当时正值春节返乡期间，上亿返乡人被滞留，因灾造成的直接经济损失达到了537.9亿元。

此外，在轨道交通系统正常运营时若发生一些事故（如暴雨洪灾、山体落石、人员卧轨等），也将导致相关轨道交通线路运行中断，造成乘客在轨道交通列车和车站内大量滞留、积压，从而也会引发大客流事件。例如，2012年，因大风吹起异物引发沪杭高铁设备故障，导致有列车停驶，长时间等待和闷热，引发乘客不满，怒砸车厢窗户玻璃。2015年，北京地铁10号线出现信号故障，一列车因为停车时间过长，导致空气流通不畅，有乘客抡起安全锤，将车窗玻璃砸开透气。大客流事件由于具有人数众多、人流路径复杂、流动性大等一些不确定因



素的特点，再叠加长时间高强度的常态客流，对轨道交通网络的运输能力、安全可靠、协调调度等各方面都是巨大的考验。同时，大客流事件期间也极易发生突发公共事件，且一旦发生又往往会造成重大人员伤亡和财产损失。由于“涟漪反应”的存在，其负面影响会在轨道交通网络上不断传播并引发一系列次生事件，甚至造成重大人员伤亡和财产损失，这也是轨道交通系统需要应对的一类主要安全事件。

#### 4. 轨道交通面临恐袭等安全形势依然十分严峻

伴随着城市轨道交通的高速发展，轨道交通安全也引起了人们的极大关注。由于轨道交通处于封闭空间中，人员密集、疏散困难，一旦受到破坏和袭击，便具有全线性、连带性、局限性和群体性等特点，造成的人员伤亡、财产损失和社会影响都是无法估量的。因此，轨道交通常常成为恐怖袭击的对象。例如，1995年东京地铁沙林毒气事件、2005年伦敦地铁连环爆炸事件、2009年雅典地铁纵火事件、2010年莫斯科地铁爆炸事件、2011年明斯克地铁爆炸事件等都说明了这一问题。

2014年发生在云南省昆明市昆明火车站的一起火车站暴力恐怖袭击事件，造成29名无辜群众死亡、130余人受伤。事后查明是以阿不都热依木·库尔班为首的新疆分裂势力一手策划组织的严重暴力恐怖事件。这一恐袭事件表明，和全球面临的恐袭形势一样，我国同样面临着恐怖袭击的危害，安全形势同样严峻。考虑到我国轨道交通规模和乘客的体量巨大，恐袭引发的伤害和二次危害的后果都会非常严重，因此该类安全事件是我国轨道交通客流运输所必须防范的首要安全问题。

#### 5. 人的因素对轨道交通运输安全影响越发引人关注

随着轨道交通的四通八达，越来越多人选择轨道交通工具作为出行的便利工具。由于列车客流运输的主体主要是人，因此人的因素对轨道交通运输安全的运营具有非常重要的影响。与此同时，列车车厢和城轨车站属于封闭空间，在有限空间的人流密集往往容易引发突发异常事件，从而导致营运安全事故，造成人身安全和财产损失。基于此，人的因素对轨道交通运输安全影响就越发引人关注。

影响轨道交通运输安全的人员可以分为运营系统内的工作人员、运营系统外的乘客两类。其中运营系统内的工作人员主要是因为工作