

资料范本

本资料为 word 版本，可以直接编辑和打印，感谢您的下载

物联网智能公交运营管理系统 总体设计方案

地点：_____

时间：_____

说明：本资料适用于约定双方经过谈判，协商而共同承认，共同遵守的责任与义务，仅供参考，文档可直接下载或修改，不需要的部分可直接删除，使用时请详细阅读内容

物联网智能公交运营管理系统

总体设计方案

神州数码信息系统有限公司

2012 年 4 月 16 日

目 录

TOC \o "1-4" \h \z \u [HYPERLINK \l "_Toc326076851" 一、业务研究及软件需求分析](#) [PAGEREF _Toc326076851 \h 2](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076852" 1.1 需求分析、总体设计及关键策略研究](#) [PAGEREF _Toc326076852 \h 2](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076853" 1.2 智能公交运营组织与调度](#) [PAGEREF _Toc326076853 \h 2](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076854" 1.3 大型活动地面公交运力资源优化配置](#) [PAGEREF _Toc326076854 \h 3](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076855" 1.4 应急联动系统研究](#) [PAGEREF _Toc326076855 \h 4](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076856" 1.5 大型活动场馆地面公交运输仿真系统](#) [PAGEREF _Toc326076856 \h 5](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076857" 1.6 抢修救援调度技术研究](#) [PAGEREF _Toc326076857 \h 6](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076858" 二、系统关键技术设计](#) [PAGEREF _Toc326076858 \h 7](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076859" 2.1 智能公交运营组织与调度](#) [PAGEREF _Toc326076859 \h 7](#)

[HYPERLINK \l "_Toc326076860" 2.1.1 实现了专用线路与常规公交线路的混合运营计划编制](#) [PAGEREF _Toc326076860 \h 7](#)

HYPERLINK \1 "_Toc326076861" 2.1.2 实现了公交运营实时监控和调度	
PAGEREF _Toc326076861 \h 8	
HYPERLINK \1 "_Toc326076862" 2.1.3 “生成与选择”模式下及遗传禁忌混合策略在公交司售人员调度方面的研究	PAGEREF _Toc326076862 \h 10
HYPERLINK \1 "_Toc326076863" 2.2 大型活动地面公交运力资源优化配置系统	PAGEREF _Toc326076863 \h 11
HYPERLINK \1 "_Toc326076864" 2.2.1 面向大型活动的地面公交运力资源优化配置及驻车优化	PAGEREF _Toc326076864 \h 11
HYPERLINK \1 "_Toc326076865" 2.2.2 智能公交运营组织与调度软件系统和运力资源优化配置软件系统	PAGEREF _Toc326076865 \h 13
HYPERLINK \1 "_Toc326076866" 2.3 地面公交应急联动系统	PAGEREF _Toc326076866 \h 16
HYPERLINK \1 "_Toc326076867" 2.3.1 公交应急预案体系的建立	PAGEREF _Toc326076867 \h 16
HYPERLINK \1 "_Toc326076868" 2.3.2 应急调度模型的建立	PAGEREF _Toc326076868 \h 17
HYPERLINK \1 "_Toc326076869" 2.3.3 应急调度算法研究	PAGEREF _Toc326076869 \h 19
HYPERLINK \1 "_Toc326076870" 2.4 大型活动场馆地面公交运输仿真系统	PAGEREF _Toc326076870 \h 24
HYPERLINK \1 "_Toc326076871" 2.4.1 适合于大型活动的公交线路客流预测方法	PAGEREF _Toc326076871 \h 24
HYPERLINK \1 "_Toc326076872" 2.4.2 公交仿真优化与评价方法	PAGEREF _Toc326076872 \h 27
HYPERLINK \1 "_Toc326076873" 2.4.3 交通压力测试方法	PAGEREF _Toc326076873 \h 29

HYPERLINK \1 "_Toc326076874" 2.5 智能公交抢修救援调度技术研究

PAGEREF _Toc326076874 \h 31

HYPERLINK \1 "_Toc326076875" 2.5.1 集中与分布式相结合的智能公交抢修救援调度模式 PAGEREF _Toc326076875 \h 31

HYPERLINK \1 "_Toc326076876" 2.5.2 “智能公交抢修救援调度系统”软件 PAGEREF _Toc326076876 \h 33

HYPERLINK \1 "_Toc326076877" 2.5.3 提出并实现了最优化路径的救援任务调度算法 PAGEREF _Toc326076877 \h 36

HYPERLINK \1 "_Toc326076878" 三、 软件功能系统 PAGEREF _Toc326076878 \h 41

HYPERLINK \1 "_Toc326076879" 3.1 大型活动地面公交运力资源优化配置系统 PAGEREF _Toc326076879 \h 41

HYPERLINK \1 "_Toc326076880" 3.1.1 智能公交运营组织与调度系统 PAGEREF _Toc326076880 \h 41

HYPERLINK \1 "_Toc326076881" 3.1.2 智能公交运力资源优化配置系统 PAGEREF _Toc326076881 \h 50

HYPERLINK \1 "_Toc326076882" 3.2 地面公交应急联动系统 PAGEREF _Toc326076882 \h 56

HYPERLINK \1 "_Toc326076883" 3.3 大型活动场馆地面公交运输仿真系统 PAGEREF _Toc326076883 \h 61

HYPERLINK \1 "_Toc326076884" 3.4 智能公交抢修救援调度技术研究 PAGEREF _Toc326076884 \h 65

HYPERLINK \1 "_Toc326076885" 四、 系统应用效果对比与分析 PAGEREF _Toc326076885 \h 67

一、业务研究及软件需求分析

1.1 需求分析、总体设计及关键策略研究

针对大型活动会特殊的公共交通服务需求，结合公交日常运营调度指挥需求，满足智能公交管理与指挥调度的需要，对物联网智能公交运营管理系统的需求进行分析和研究，在此基础上进行课题总体建设方案设计，确立智能公交运营管理系统的总体框架及技术方案建设内容，形成对其他子任务研究的支持。具体研究内容包括：

针对大型活动及常规公交调度进行需求分析

形成物联网智能公交运营管理系统建设的总体方案

配合其他子任务进行关键策略研究及科技攻关

1.2 智能公交运营组织与调度

1、理论与方法研究

1) 专用线路与常规公交线路的混合运营计划编制方法研究

智能公交运输和常规公交的虽然各有特点，但仍可进行混合优化调度，因此需要研究专用线路与常规公交线路的混合运营计划和编制模型与算法。主要包含以下内容：

大型活动调度和普通调度的特点研究；

时刻表编制适用模型与算法研究；

车辆调度适用模型与算法研究；

司售人员调度适用模型与算法研究；

实时调度适用模型与算法研究；

禁忌搜索算法，遗传算法在调度中的应用研究

2) 数据统计分析方法研究

对线路行车计划数据，实际发车记录等数据统计，并建立分析评价模型。
主要包含以下内容：

统计方法研究；

道路情况、客流、车辆配比、发车间隔的关联度研究

2、构建系统平台

在以上理论研究的基础上开发以下系统：

1) 公交运营计划编制系统

主要包含以下功能：客流调查，发车方案建立，计划编制，劳动班次，假日换班，计划审批，计划安排，包专车，站务设施检查，人员劳动排班，固定替班，管理备班管理及多种报表。

2) 公交车队运营调度系统

主要功能包括：实时调度（多种调度模式），行车日志，司售签到，突发事件行车方案，异常到达电子路单，车辆实时地图监控，车辆数据的存储和回放。GPS 通信子系统（支持二级转发功能）。支持转发中心、转发分中心、客户端三级模式。

3) 数据统计分析系统

主要功能包括：电子路单、车队车辆动态全日车次统计表、车队运营指标汇总表、车队调度日报、车队客流资料统计表、车辆动态明细表、客流分析、行车记录、行车计划汇总等。根据需要，将统计报表进行打印和导出操作。系统支持将报表导出为 EXCEL、PDF、WORD 等多种格式。

1.3 大型活动地面公交运力资源配置

1、理论与方法研究

1) 专用线路专用资源根据赛程变化动态调整研究

公交线路类型的研究；

公交线路车辆规模变化对运力影响研究；

大型活动场馆比赛时间与运送客流需求研究；

大型活动线路车辆配置根据场馆赛事变化动态调度方法研究；

2) 专用线路驻车模型研究

以场站规模与专用运营计划作为智能公交车辆驻车优化的约束条件，提出智能公交车辆驻车的目标规划和双层规划模型和相应的求解算法。主要包含以下内容：

大型活动线路的驻车需求研究；
大型活动线路驻车的特点研究；
公交原有的驻车地点和规模研究；
大型活动新增的驻车地点和规模研究；
车辆调度适用模型与算法研究；
司售人员调度适用模型与算法研究；
目标规划和双层规划的应用研究；

3) 大型活动公交运力组织研究

大型活动公交运力需求研究；
大型活动公交运力组织方法研究；
大型活动常规公交和智能公交混合组织模式研究。

2、构建系统平台

在以上理论研究的基础上开发以下系统：

1) 公交驻车配置管理系统

主要功能包括：场站实际地图显示，场站逻辑地图显示，场站分类显示，场站属性组合查询，场站驻车实际地图显示，场站驻车逻辑地图显示。

2) 大型活动地面公交运力资源优化配置系统

主要功能包括：专用线路与常规公交线路的混合运营计划编制、专用线路驻车和普通线路驻车管理等。

1.4 应急联动系统研究

1、理论与方法研究

基于突发事件和动态路况的应急预案自动响应和联动模型研究

建立智能公交应急预案完整的预案体系。包含总预案及总预案涉及的部门相应的应急处置预案。并确定联动机制和响应模型。主要包含以下内容：

智能公交突发事件的类型研究；

智能公交应急预案体系研究；

系统联动接口研究；

系统联动响应模型研究；

预案自动匹配模型研究；

2、构建系统平台

大型活动会等大型活动及突发事件应急调度指挥系统

该系统包含以下功能：预案管理、预案自动选取、联动接口管理、应急通讯系统管理、自动报警、应急预案自动生成等功能。

1.5 大型活动场馆地面公交运输仿真系统

（1）场馆对应地面公交场站的分担率预测方法研究

需求预测是安排运营组织计划的基础，其结果对方案的客观性、合理性起到关键作用。需求预测主要包括以下内容：

1. 各比赛项目观众上座率
2. 各比赛项目观众公交分担量预测
3. 观众空间分布预测

（2）公交站台布置的适用性研究

公交停靠站虽然只占城市道路很短的一段或整个场站的一部分，也只是公交线路上一个站点，公交站台的布置形式直接影响到了公交车辆的进出站时间，进而影响公交车辆的运行效率。

（3）场站交通组织设计的仿真优化方法

-在大型活动比赛散场时，将有大量的观众涌向各个公交场站，有必要对观众进行组织和引导，使观众能有序上下车，并保证乘客在公交站内的安全和顺利疏散，所以对站台区域的行人交通组织方案的设计与优化具有重要意义。

同时公交车辆是否能顺利的进出站、正常运行也是场馆地面公交系统中一个非常重要的问题。本部分研究如何利用仿真手段，测试行人和车辆混合系统的组织方案的设计和优化方法。

（4）场站行人交通评价方法研究

本部分针对行人交通安全评价方法展开研究，建立评价安全性的指标体系，并对安全性提出分级的量化指标。

（5）公交车辆动态运行方案及压力测试方法研究

公交车辆的动态调度方法旨在分析观众进散场特性及时空分布的基础上，进行动态的车辆调度，以充分满足观众的出行需要。

同时，在大型活动比赛时，由于比赛本身的特点、散场时间和观众的组织和管理等各种因素，观众对公交的需求可能会出现较大的波动。本部分对公交调度方案进行压力测试，通过对观众散场特性及其影响因素进行分析，从而得到观众散场时的弹性变化。通过仿真方法来对不同压力条件下的公交调度方案进行测试。

（6）典型场馆仿真测试分析

在众多大型活动比赛场馆中，根据各赛场和赛事的特点，选择代表性场馆进行仿真测试分析。所选择的大型活动比赛场馆主要包括：奥林匹克公园、五棵松场馆群、工人体育场馆、城市工业大学体育馆。

针对以上场馆，建立周边路网交通仿真平台。仿真平台覆盖范围应至少涵盖场馆四周各个方向的一条主干路或更高等级道路，仿真对象应包括仿真区域内的道路和场站等。

仿真测试中涉及的主要内容有：

- 1) 场馆周边路网交通组织方案
- 2) 公交场站行人交通组织方案
- 3) 公交调度方案及压力测试

1.6 抢修救援调度技术研究

子任务“智能公交抢修救援调度”的主要研究内容为：

1. 研究智能公交抢修救援调度模式及实现技术
 - (1) 提出智能公交抢修救援调度模式；

(2) 进行智能公交抢修救援调度实现技术研究。

2. 开发具有集成功能的智能公交抢修救援调度软件系统

(1) 设计实现智能公交抢修救援调度软件，能够支持大型活动会期间全部公交运营、保障车辆的抢修救援任务；

(2) 改进、更新、扩展现有公交抢修救援数据库，能够支持大型活动会期间保障任务、抢修救援作业，能够支持分布式运行方式，具备可靠性及一致性要求，更新响应电子地图数据及地图显示。

3. 大型活动期间公交抢修救援调度系统运行保障

(1) 在大型活动抢修救援分中心及公交抢修救援调度总中心安装、实施“智能公交抢修救援调度软件系统”，并按照大型活动会的要求进行演练。

(2) 大型活动会期间“智能公交抢修救援调度软件系统”的现场技术保障。

4. 与智能公交运营调度系统接续衔接接口软件的开发及实施

(1) 按照课题总体组要求，确定公交抢修救援的后应急联动接续衔接方案，制定数据传递协议；

(2) 开发“公交抢修救援应急联动接续衔接接口”软件，并与智能公交运营调度系统集成。

二、系统关键技术研究

2.1 智能公交运营组织与调度

2.1.1 实现了专用线路与常规公交线路的混合运营计划编制

基于智能公交线路调度的构成、涉及的问题、基本措施等特点分析研究，进行了车辆调度适用模型与算法研究，在此基础上，对面向大型活动的专用线路与常规公交线路的集成化混合运营计划编制方法进行了模型研究，并采用双向竞拍算法、拉格朗日启发式算法结合遗传算法求解了算法，实现了智能公交运输和常规公交的混合优化调度，合理有效地利用了公交资源。

集成化混合运营计划编制方法的主要模型设计如下：

首先对问题作如下约定：

- (1) 只考虑一个车场的问题，所有车辆都是相同的；
- (2) 班次成本=员工成本+车辆成本；
- (3) 连续驾驶段的合法性只受最小和最大持续时间的限制。

其次，建立公交线路集成化调度模型，如下：

其中： K ——全部班次集合；

——班次的成本；

——对的惩罚，反映的有效性

E ——车次间非载客驾驶段的集合，包括停站待发驾驶段

——载客驾驶段的集合；

——覆盖了载客驾驶段 p 的的班次的集合，；

——覆盖了非载客驾驶段的班次的集合，；

——决策变量，表示班次 k 是否被选中；

——决策变量，表示一辆车是否完成了车次 i 后又将开始车次 j 。

求解集成化的车辆驾驶员调度问题主要步骤归纳如下：

- 1) 基于行车时刻表，利用双向竞拍算法求解车辆静态调度的准分配问题，得到行车计划；
- 2) 基于(1)中得到的行车计划，利用拉格朗日启发式算法结合遗传算法求解驾驶员调度的集合覆盖问题，得到班次计划；
- 3) 以(2)中的班次计划为初始列集合，利用拉格朗日启发式算法估计集成化调度问题的下界，并生成相应的行车计划；
- 4) 基于(3)中得到的行车计划，再次利用拉氏启发式算法结合遗传算法求解驾驶员调度的集合覆盖问题。

2.1.2 实现了公交运营实时监控和调度

大型活动会的举办，对于公交系统提出了新的要求。基于对智能公交调度构成、智能公交调度涉及的问题、基本措施和发展方向等方面的分析，提出开

展实时调度是满足智能公交出行需求，应对公交系统突发状况，维护正常运行秩序，确保及时运送乘客的重要手段。

针对传统公共交通运营静态调度的不足，结合大型活动实际需求和公交日常运营中的主要问题，课题基于神经网络模型建立了公交智能实时调度模型，即由智能实时调度系统模型担当知识工程师的任务，将 GPS 数据与历史行车数据转化为系统知识，利用车辆智能调度算法，进行基于运行时间预测的提前调度，实现了一般情况下的调度及智能调度的算法。其主要模型如图 23 所示。

图 23 公交智能实时调度模型

公交智能实时调度模型主要分为三个主要模块：

（1）数据处理分析模块：公交智能实时调度模型的基础模块，数据来源两个部分，一是公交历史行车数据，这包括车辆发车时刻、运营时客流、天气等数据；二是 GPS 定位系统采集的实时数据，主要是各个时刻实时采集的车辆运行信息。该模块根据下一个预测模型的需要，选择合适输入数据，并且对数据进行处理分析。

（2）预测模型模块：通过对现有数据的分析、预测，得到车辆到达调度站的运行时间预测结果。基于 BP 神经网络，课题建立了车辆运行时间预测模型。

（3）智能实时调度模块：输入预测模型得到的车辆运行时间结果，结合调度站的运营调度数据，通过多种不同类型的智能调度算法，解决不同调度问题，提出解决措施，下达调度指令。

在此基础上，基于 GIS 系统，实现了公交车队面向行车计划的实时执行和监控。智能公交实时调度系统是一个以公交日常调度管理模块、GPS 信息模块、GIS 地图显示模块、数据库模块为支撑，集合了 BP 网络预测模型、智能实时调度算法的智能系统。该系统不仅满足了公交企业日常的调度管理作业需求，也利用高效的数据分析、预测技术对大量数据进行了知识挖掘，给予了调度员更多的辅助决策信息，从而提高了公共运营管理的“实时性”和处理突发事件的能力。

2.1.3 “生成与选择”模式下及遗传禁忌混合策略在公交司售人员调度方面的研究

公交驾驶员调度问题是一个复杂的组合优化问题，具有多目标、大规模、约束条件众多等复杂因素制约。针对大型活动调度的特点，建立了“生成与选择”模式下的驾驶员调度模型及基于 IDEF0 的劳动配班问题模型，并实现了算法。同时，基于上述研究，开展了遗传禁忌混合策略（GATS）的驾驶员调度问题研究，建立了模型，并实现了算法。禁忌搜索与遗传算法混合策略能够在求解大规模的问题时，对逃离局部最优解，快速获取全局最优解有很大的帮助，有能力进行驾驶员调度问题的求解工作（详细内容参见研究报告）。

基于上述算法，结合大型城市公交实际调度情况，开发完成劳动配班管理子系统。该子系统可建立平日行车计划推班模版，得到各日劳动配班情况。系统提供单替休、双替休、轮班、轮休四种推班模式，并支持线路间混合配班，单班与整班不同劳动班型配班。同时提供模版复制、班型互换、以及连续配班功能。配班结果可以分类查询，包括上班、休息、全部，并可以对配班结果中的车辆及人员进行修改。此外，固定替班管理模块对实际中固定替班的情况进行管理，并于劳动配班时进行班次替换。并支持线路间班次替换。

劳动配班管理子系统的研究和开发实现，解决了传统公交集团劳动配班工作由于采用手工完成而带来的过程复杂、工作量巨大的问题，提高了现有公交系统的运作效率和编制的灵活性。

2.2 大型活动地面公交运力资源优化配置系统

2.2.1 面向大型活动的地面公交运力资源优化配置及驻车优化

以城市市公共交通客流调查数据和大型活动期间的交通流量预测值为基础，提出智能公交线路发车频率优化的双层规划模型，并基于优化的发车频率模型，建立线路车辆配置模型。由此计算大型活动期间专用线路和普通线路的配车量在不同时段的变化值，为大型活动会期间公交资源优化配置提供了决策依据。

同时，基于大型活动会期间分时段的公交 OD 分布量数据，以场站规模、专用运营计划、大型活动交通流量集散时段等为作为智能公交车辆驻车优化的约束条件，提出智能公交车辆驻车的目标规划和相应的求解算法。

上述研究实现了各条线路人员、车辆的集中管理，统一调度，实现运输资源在多条线路之间的动态优化配置，提高智能公交资源的使用效率。

具体来讲，其创新思路和过程如下：

（1）智能公交线路 OD 客流反推、预测及分配

采用 TransCAD 软件，基于城市市公交客流调查数据进行 OD 客流反推，并结合大型活动交通流量预测值，完成大型活动期间公交客流的预测。在此基础上，建立面向大型活动的公交线路客流分配模型，并开发相应的计算机系统软件。形成的线路配流结果将为混合运营计划编制及专用线路驻车管理提供基础。

图 24 智能公交线路 OD 客流反推、预测及分配思路

具体思路为：

公交 OD 反推：首先，基于城市市公交线路客流调查数据，利用线路站点的上下客人数反推出现状公交 OD 分布，同时，由现状公交 OD 分布量来进行配流模型标定，同时得到各小区（站点）生成交通量；

公交 OD 预测：基于上述 OD 分布，根据平均增长系数法预测年各小区（站点）生成交通量，此时生成交通量为年常规公交客流量，即专用线路开设前的常规公交客流量。再把大型活动会期间产生的公交客流量加载到常规公交客流量所在小区上，得到年大型活动会期间各小区（站点）公交客流量；

公交客流分配：结合城市市实际情况，建立符合大型活动居民出行特征的城市市公共交通网络配流模型，把预测得到的大型活动会期间公交客流量分配到专用线路及常规线路，得到大型活动会期间公交线路的 OD 分布量，由此，得到公交线路的端面流量。

开发相应软件功能：通过软件开发，对预测结果和配流结果以表格形式体现公交线路 OD 分布、各站的上下车人数以及最大断面流量。

（2）专用线路与普通线路车辆优化配置

专用线路与普通线路车辆优化配置研究思路为：

首先，结合城市实际，以乘客费用和公交公司运行费用最小化为目标，建立基于公交线路客流量的车辆优化配置模型；

其次，以线路断面流量、车辆容量、满载率等作为智能公交车辆配置优化的约束条件，建立线路车辆配置的目标规划模型；

基于上述配流所得的专用线路和普通线路的断面流量，根据车辆配置模型计算大型活动会期间线路上的配车量，包括：a. 专用线路配车量；b. 普通线路高峰时段配车量；c. 普通线路平峰时段配车量；

最后，比对和计算大型活动期间普通线路高峰和平峰时段配车量的变化值，以此作为车辆调拨到专用线路优化的依据。

（3）专用线路驻车优化

基于上述成果，通过公交车辆驻车模型，建立专用线路不同时段的动态驻车情况，具体内容如下：

双车场条件下的智能公交车辆驻车研究：针对专用线路调度多目标、多变量的动态特点，以线路运输能力与运输需求（公交客流）选到最优匹配为目标，以场站规模、专用运营计划等作为约束条件，建立双车场多目标规划模型，完成求解算法，求得专用线路车场分时段的动态驻车规模；

单车场条件下的智能公交车辆驻车研究：以乘客的平均不方便程度和公交变公司的成本达最小为目标，以场站规模、专用运营计划等作为约束条件，建立单车场多目标规划模型，完成求解算法，求得专用线路车场分时段的动态驻车规模。

2.2.2 智能公交运营组织与调度软件系统和运力资源优化配置软件系统

基于城市 [HYPERLINK \l "_Toc186271370" 智能公交系统的需求分析](#)，结合上述理论研究开发实现了基于 GIS 模式的公共交通运营组织与调度系统，包括公交运营计划编制系统、公交车队运营调度系统、基于 GIS 的车辆监控系统、劳动配班管理子系统、数据统计分析系统等子系统。同时，基于 TransCAD 软件，开发实现了公交驻车配置管理系统以及大型活动地面公交运力资源优化配置系统。

系统的硬件架构如图 25 所示：

图 25 系统硬件架构图

公共交通运营组织与调度系统软件架构如图 26 所示：

图 26 系统软件架构图

其中，运营计划编制管理子系统可合理安排公交车各趟发车时刻，生成劳动班次，为公交运行的配车、劳动配班管理计划提供基础。系统可编制多个行车方案，通过调整各种参数值反映运营中出现的各种指标值的变化，进而可通过不同方案的运营指标值的比较，确定适合运营目标的调度计划。

借助公交车队运营调度子系统，在各种计划编制的基础上，可根据调度计划和劳动配班管理计划安排公交车辆进行实际组织运营。同时，基于 GIS 车辆监控子系统，可根据用户权限选择车队或线路，生成线路站点地图，进而可对车辆的运行过程进行实时监控和跟踪，获取车载设备发送的异常信息。在此基础上，通过实时调度系统，结合道路情况和客流变化，合理调整调度方案，高效处理公交运营过程的突发情况，合理地利用公交调度资源。

开发实现的劳动配班子系统，可根据调度计划安排相应的车辆以及司售人员，并可根据推班类型和推班规则进行智能推班。系统采用替休、轮班、轮休等方式保证各驾驶员在一个调度周期内的劳动工作量的平均性，进而保证排班计划的合理性。通过科学、合理的安排司售人员工作排班，实现了公交人力资源的合理、高效运用，同时由于取代了传统的手工劳动配班方式，提高了公交运营管理的效率。

通过公交运营统计方法研究，基于线路行车计划数据，实际发车记录等数据统计，建立分析评价模型，对道路情况、客流、车辆配比、发车间隔等因素开展了关联度研究，实现了公交运营数据的实时统计管理。

公交驻车配置管理子系统和大型活动地面公交运力资源优化配置子系统实现，不仅有助于掌握智能公交客流信息，为线路管理提供决策基础，同时由于实现了运输资源在多条线路之间的动态优化配置，满足了公交线路服务质量，提高了公交资源管理的便利性和高效性，。

总体而言，软件系统的实现，实现了公交运力资源的合理、动态优化配置，可以进行有效的公共交通运营组织与调度，从而为观看体育比赛的观众及

志愿者和工作人员提供快速、及时的公共交通服务；同时，提高了现有公交系统运作效率以及管理的便利性，保障了公交运营的安全性，为决策者提供了决策支持。

2.3 地面公交应急联动系统

2.3.1 公交应急预案体系的建立

根据对公交突发事件的分类和等级划分，在对国内外应急预案体系研究的基础上，建立公交应急预案体系。该体系主要包括的预案编制的目的、依据以及预案发布、执行的单位，预案执行的流程以及预案的评价与更新等内容。

2.3.2 应急调度模型的建立

2.3.2.1 应急调度模型的分类与建立

公交应急响应就是包括应急信息的发布、应急预案发布和应急车辆的调度。应急调度要解决的问题是车辆从驻车点出发，去完成将参加大型活动或大型活动的人群紧急疏散到目标疏散地（这里的疏散地是广义的概念，指的是车辆的目的地，可以是大型公交枢纽、公园、学校等等）的任务。为了提高车辆的利用率，可以考虑车辆循环将人群由事发地疏散到疏散地。

公交应急调度可描述如下：有几个驻车点，每个驻车点配备辆应急公交车辆；有个大型场馆发生突发事件需要疏散人群，已知每个场馆需要疏散的人员数量为 n ，假设每辆公交车的载客数均为 C ，则每个场馆疏散人群所需的公交车数量为 $\lceil n/C \rceil$ ；为每个事发地点（大型场馆）指定一个最便捷的目标疏散地，所有待疏散群众均被疏散到该目标疏散地。求如何合理的分配调度应急公交车辆，以使得疏散能耗最小，同时尽量使调用的公交车辆总数最小。

公交应急疏散示意图如图 27 所示：

图 27 单场馆公交应急疏散示意图

为了便于研究，我们引入公交紧急疏散拓扑结构的概念。拓扑学是一个数学概念，它把物理实体抽象成与实际大小和形状无关的点，把连接实体的线路抽象成线，进而研究点线面之间的关系。公交应急疏散也采用拓扑学中的研究方法，将驻车点、场馆和疏散地定义为点，把驻车点与场馆、场馆与疏散地之间的连接道路定义为链路（在本文中，其有效长度定义为驻车点与场馆、场馆

与疏散地之间的最小行程距离)。从拓扑学的观点来看, 公交应急疏散的网络结构也是由一组点和链路组成的几何图形, 这种几何图形就是公交紧急疏散的拓扑结构。最简单的单驻车点、单场馆的公交紧急疏散拓扑结构见图 28。

图 28 单驻车点、单场馆的公交紧急疏散拓扑结构

针对单场馆, 我们讨论了单场馆不循环调车、单场馆循环调车两种情况。同时针对多场馆的情形, 也分别讨论了多场馆不循环调车、多场馆循环调车的情况。无论是单场馆不循环调车模型、单场馆循环调车模型还是多场馆不循环调车模型, 都可以统一为多场馆调车模型。当循环次数为 0 时, 多场馆循环调车模型就简化为多场馆不循环调车模型; 当驻车点数为 1 时, 多场馆循环调车模型就简化为单场馆循环调车模型; 当循环次数为 0 并且驻车点数为 1 时, 多场馆循环调车模型就简化为单场馆不循环调车模型。因此我们重点研究了多场馆循环调车模型及拓扑结构图求解过程, 其拓扑结构图如图 29。

图 29 多场馆循环公交应急疏散拓扑结构图

2.3.2.2 模型所需的信息

为了透彻的研究公交应急调度模型, 下面把模型所需要的基本信息详尽的表示出来。在本文的研究问题中, 将利用一下的基本信息进行优化:

- = 1 * GB2 (1)各驻车点与大型场馆之间的最小行程距离;
- = 2 * GB2 (2)各大型场馆与其对应临时疏散点之间的最小行程距离;
- = 3 * GB2 (3)应急公交车由在大型场馆与临时疏散地之间循环利用次数的上限;
- = 4 * GB2 (4)发生突发事件的大型场馆需要紧急疏散的人员数量或所需的公交车数量;
- = 5 * GB2 (5)每个驻车点停放的公交车数量以及平均每辆公交车的载客数量。

2.3.3 应急调度算法研究

2.3.3.1 基本算法

1 单纯形法

线性规划问题包括两种求解方法，即图解法和单纯形法。图解法简单直观，但只适用于求解含有两个决策变量的线性规划问题。单纯形法可用于求解含有多个决策变量的线性规划问题，是求解线性规划问题的一般方法。

单纯形法求解线性规划问题的基本思路是：选择初始基可行解，即从可行域的一个顶点出发。判断该顶点是否为最优解，若最优则结束，否则，寻找改进的顶点，即转换到另一个基可行解，改进的含义是使目标函数值优于前一个顶点对应的目标函数值，再判断该顶点是否为最优解，如此循环往复，直到使目标函数达到最大值，目标函数最大值的基可行解（对应于可行域的顶点）即为问题的最优解。该过程如图 30 所示。

图 30 单纯形法的求解思路

2 表上作业法

运输问题虽然也属于线性规划范畴，但如果采用单纯形法求解就比较复杂。由于运输问题的约束方程组的系数具有特殊的结构，因此采用表上作业法比单纯形法更为合适。

表上作业法是单纯形法在求解运输问题时的一种简化方法。其实质仍是单纯形法，但具体的术语和计算方法有所不同。表上作业法求解运输问题的过程如下所示：

= 1 * GB2 (1)确定初始基可行解。即在一个产销平衡表格中给出个数字格。

= 2 * GB2 (2)求各非基变量（在表格中即为空格）的检验数。判别是否达到最优解。如果是，则停止计算，否则转到下一步。

= 3 * GB2 (3)确定换入变量和换出变量，利用闭回路法进行调整，找出新的基可行解。

= 4 * GB2 (4)重复上面的 = 2 * GB2 (2)、 = 3 * GB2 (3)两个步骤，直至找到最优解。

3 迪杰斯特拉算法

在本文的算例分析中驻车点与大型场馆、大型场馆与临时疏散地之间的最小行程距离均通过 Dijkstra 算法得出，下面对 Dijkstra 算法进行介绍。

= 1 * GB2 (1) Dijkstra（迪杰斯特拉）算法简介

Dijkstra 算法最早由 E.W. Dijkstra 于 1959 年提出，该算法是一个适用于所有弧的权均为非负的最短路算法，也是目前公认的求解最短路问题的最经典算法。它可以给出某指定节点到图中其他所有节点的最短路，该算法的时间复杂度为 $O(n^2)$ ，其中 n 为网络中节点的数量。假定我们需要在某赋权有向图中计算某一指定节点到其他指定节点 v 之间的最短路，算法首先从源点开始，给每一个节点记一标号，标号分为标号和标号两种，标号从源点到该点的最短路权的上界，又称临时标号；标号从源点到该点的最短路权，又称固定标号。在标号过程中，标号一直在改变，已得到标号的节点其标号不再改变，凡是没有标号的节点，都标上标号。算法每执行一步，把某一节点的标号改变成标号，经过有限步以后，就可以把所有的标号都改变成标号，即获得了从源点到网络中任一节点的最短路径，标号过程结束。

记 V 为节点集合， S 为第 k 步时具有标号节点的集合， P 为节点的父节点， w 为路段的权重， d 为节点到节点的最短路权。

Dijkstra 算法描述：

Step0：初始化。令 $d_s = 0$ ，令 $d_v = \infty$ （表示一个很大的正数），置 $S = \{s\}$ 。

Step1：若 $S = V$ ，停止迭代，转入 Step4，此时，均有 d_v ，否则转入 Step2。

Step3：在所有的 T 标号节点中寻找一个最小的标号值，该节点并将标为标号，即令 $d_u = d_u$ ，同时置 $d_v = d_u + w_{uv}$ ，令 $S = S \cup \{u\}$ ，转入 Step1 中继续进行迭代计算。根据并利用反向追踪的方法即可以获得制定节点到网络中其它任意节点 v 的最有路径以及最短距离，算法终止。

Dijkstra 算法的优点是适用于计算两点间的最短路径问题，只要路权为正，能 100%找到两点间的最短路径。

= 2 * GB2 (2)改进的 Dijkstra 算法

Dijkstra 算法适用于计算某指定节点到图中其他所有节点的最短路，算法迭代终止的条件为 $S = V$ 。假设我们现在要计算某指定起点到某指定终点之间的最短路，则只需将迭代终止条件修改为：“若 $s = t$ ，则迭代停止”（即当终点获得了标

号时，则表明已经找到了从指定起点到指定终点的最短路），其余的计算过程完全一致，得到改进的算法，此算法不再赘述。

2.3.3.2 应急响应模型求解

在前述内容中已提到无论是单场馆调车模型还是多场馆不循环调车模型最终都可以归结为多场馆循环调车模型，理论只需对多场馆循环调车模型的求解进行探讨即可。但考虑到单场馆调车模型的解法有其特殊的简便性，以下仍分别讨论各调车模型的解法。

1 多场馆调车模型求解

多场馆循环调车模型为：MACROBUTTON MTEditEquationSection2 方程段
PAGEXXX 1 部分 PAGEXXX 4 SEQ MTEqn \r \h * MERGEFORMAT SEQ MTSec
\r 4 \h * MERGEFORMAT SEQ MTChap \r 1 \h * MERGEFORMAT

其中，表示车辆在循环利用情况下所消耗疏散能耗。

在本文中我们提出了等效驻车点的概念，等效驻车点是指虚拟的驻车点，它们距离大型场馆的最小行程距离在原驻车点到大型场馆最小行程距离的基础上呈等差数列分布，其公差为大型场馆到疏散地最小行程距离的两倍，即。等效驻车点的数量是由每个驻车点的派出车辆的最大循环次数上限决定的，在实际应用中由人工指定。

加入等效驻车点后的多场馆调车模型的拓扑结果如图 31 所示。

图 31 K=1 时含等效驻车点的多场馆公交应急疏散拓扑结构图

在定义了等效驻车点之后，多场馆循环调车模型就可以简化为多场馆不循环调车模型：

其中

多场馆不循环调车的一般模型为：

其中，右半部分表示车辆由大型场馆到疏散地所消耗的疏散能耗，为常数，并不影响模型的优化求解。在求最优解时只需关注左半部分，不难看出，这是一个供需不平衡的运输问题。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/638136012120007024>