**卡通画

中度可信度描述已自动生成**

T/ CECS 1XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

城市下凹桥区排水设施智能调控技术导则

Guide for technical intelligent control of waterlogging prevention and control in urban underpass road

（征求意见稿）

中国XX出版社

中国工程建设标准化协会标准

城市下凹桥区排水设施智能调控

技术导则

Guide for technical intelligent control of waterlogging prevention and control in urban underpass road

**T/CECS 1\*\*-202\***

主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

批准单位：中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会

施行日期：202\* 年 \*\*月 \*\* 日

中国 XX 出版社

202X 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《中国工程建设标准化协会关于印发2022年第一批转会标准制订、修订计划的通知》（建标协字［2022］13号）的要求，本导则由中国市政工程华北设计研究总院有限公司等有关单位编制而成。

本导则在编制组遵循国家有关法律法规和技术标准规程，经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，充分吸纳城市内涝防治与智能控制方面的科技成果后形成。

本导则共设置10个章节，主要内容包括：总则、术语、基本规定、智能调控系统设计、状态感知与数据治理、积水情态预测预警、排水设施联调联控、应急抢险与交通联动、智能调控系统养护、竣工验收与质量保障。

本导则的某些内容可能直接或间接涉及专利，本导则的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本导则由中国工程建设标准化协会智慧水务专业委员会归口管理，由中国市政工程华北设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。本导则执行过程中，各单位可随时将相关意见和建议反馈给中国市政工程华北设计研究总院有限公司（地址：天津市河西区气象台路99号，邮编：300074）。

主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

参编单位：中国城市规划设计研究院 北京市市政工程设计研究总院有限公司 国家城市给水排水工程技术研究中心 常州市排水管理处 天津市政工程设计研究总院有限公司 无锡市水务集团有限公司

主要起草人：

主要审查人：

**目 次**

[**前 言** 1](#_Toc145689276)

[**1.** **总则** 6](#_Toc145689279)

[**2.** **术语** 7](#_Toc145689280)

[**3.** **基本规定** 9](#_Toc145689281)

[**4.** **智能调控系统设计** 9](#_Toc145689282)

[**5.** **状态感知与数据治理** 10](#_Toc145689283)

[**5.1 一般规定** 10](#_Toc145689284)

[**5.2 降雨量与积水深度** 11](#_Toc145689285)

[**5.3 客水量** 11](#_Toc145689286)

[**5.4 管道流量** 11](#_Toc145689287)

[**5.5 泵池水位** 12](#_Toc145689288)

[**5.6 调蓄池容量** 12](#_Toc145689289)

[**5.7 排水出路水位** 12](#_Toc145689290)

[**5.8 感知数据治理** 13](#_Toc145689291)

[**6.** **积水情态预测预警** 14](#_Toc145689292)

[**6.1 一般规定** 14](#_Toc145689293)

[**6.2 降雨量预测** 14](#_Toc145689294)

[**6.3 产汇排预测模型** 15](#_Toc145689295)

[**6.4 积水水位升速预测模型** 15](#_Toc145689296)

[**6.5 客水量增速预测模型** 16](#_Toc145689297)

[**6.6 积水情态研判与预警** 16](#_Toc145689298)

[**7.** **排水设施联调联控** 18](#_Toc145689299)

[**7.1 一般规定** 18](#_Toc145689300)

[**7.2 排水设施控制工况感知** 18](#_Toc145689301)

[**7.3 排水设施控制仿真** 18](#_Toc145689302)

[**7.4 排水设施智能调控** 19](#_Toc145689303)

[**8.** **应急抢险与交通联动** 20](#_Toc145689304)

[**8.1 一般规定** 20](#_Toc145689305)

[**8.2 应急抢险** 20](#_Toc145689306)

[**8.3 交通联动** 20](#_Toc145689307)

[**8.4 故障诊断与排除** 21](#_Toc145689308)

[**9.** **智能调控系统养护** 22](#_Toc145689309)

[**9.1 一般规定** 22](#_Toc145689310)

[**9.2 监测设施养护** 22](#_Toc145689311)

[**9.3 受控设施养护** 22](#_Toc145689312)

[**9.4 模型软硬件养护** 23](#_Toc145689313)

[**10.** **竣工验收与质量保障** 24](#_Toc145689314)

[**10.1 一般规定** 24](#_Toc145689315)

[**10.2 竣工验收** 24](#_Toc145689316)

[**10.3 质量保障** 25](#_Toc145689317)

[**用词说明** 26](#_Toc145689318)

[**引用标准名录** 27](#_Toc145689319)

**附** [**条文说明** 28](#_Toc145689320)

**CONTENTS**

**Introduction** [1](#_Toc144153473)

[**1 General Provisions** 6](file:///E:\下凹桥内涝课题数据\下凹桥导则\初稿-城市下凹桥区排水设施智能调控技术导则(2)%20-%20启动会-去条文说明.docx)

**2 Terms** 7

[**3 Basic requirement** 9](#_Toc134609232)

[**4 Intelligent control system design** 9](#_Toc134609232)

[**5** **State awareness and data governance**](#_Toc134609239) 10

[**5.1 General requirement** 1](#_Toc134609240)0

[**5.2 Rainfall and water depth** 11](#_Toc134609241)

[**5.3 Inflow of passenger water** 11](#_Toc134609242)

[**5.4 Pipe network flow** 11](#_Toc134609243)

[**5.5 liquid level of the pump pool** 12](#_Toc134609244)

[**5.6 Capacity of the storage tank** 12](#_Toc134609245)

[**5.7 Water level in Drainage Outlet** 12](#_Toc134609246)

[**5.8**  **Perceived data governance** 13](#_Toc134609247)

[**6** **Prediction and early warning of water accumulation** 14](#_Toc134609248)

[**6.1 General requirement** 14](#_Toc134609249)

[**6.2 Rainfall forecast** 14](#_Toc134609250)

[**6.3 Prediction model with water production and drainage** 15](#_Toc134609251)

**6.4 Prediction model with water level rise rate** 15

[**6.5 Predictiong model with increasing volume of passenger water**](#_Toc134609253) 16

[**6.6 Analysis and early warning of fwater accumulation**](#_Toc134609254) 16

**7** **Joint regulation and control of drainage facilities** 18

[**7.1 General requirement**](#_Toc134609256) 18

[**7.2 Working condition control perception of drainage facility**](#_Toc134609257) 18

[**7.3 Simulation of drainage facility control**](#_Toc134609258) 18

[**7.4 Intelligent control of drainage facilities**](#_Toc134609259) 19

[**8** **Emergency rescue and** **traffic control**](#_Toc134609261) 20

[**8.1 General requirement**](#_Toc134609262) 20

[**8.2 Emergency rescue**](#_Toc134609263) 20

[**8.3 Traffic control**](#_Toc134609264) 20

[**8.4 Fault diagnosis and troubleshooting**](#_Toc134609264) 21

[**9** **Maintenance of intelligent control system**](#_Toc134609261) 22

[**9.1 General requirement**](#_Toc134609262) 22

[**9.2 Maintenance of monitoring facilities**](#_Toc134609263) 22

[**9.3 Maintenance of controllable facilities**](#_Toc134609264) 22

[**9.4 Maintenance of model software and hardware**](#_Toc134609264) 23

[**10** **Completion acceptance and quality assurance**](#_Toc134609261) 24

[**10.1 General requirement**](#_Toc134609262) 24

[**10.2 Completion acceptance**](#_Toc134609263) 24

[**10.3 Quality Assurance**](#_Toc134609264) 25

[**Explanation of wording**](#_Toc134609261) 26

[**List of quoted standards·**](#_Toc134609261) 27

[**Addition: Explanation of provisions**](#_Toc134609261) 28

1. **总则**

1.0.1 为保障人民生命财产安全，提升下凹桥区内涝风险防控能力，加强桥区积水情态预测预警和智能化调控，实现对城市下凹桥区内涝防治的精细化管理，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于我国城市下凹桥区内涝防治智能调控系统的设计、建设与运维。

1.0.3 城市下凹桥区内涝防治智能调控系统除应符合本导则外，尚应符合国家及地方现行有关标准规定。

1. **术语**

2.0.1 下凹桥区内涝防治 prevention and control of waterlogging of underpass road

用于预防和应对城市下凹桥区积水的工程性设施和非工程性措施以一定方式组合成的总体。

2.0.2 下凹桥区排水设施 drainage and flooding prevention facilities in underpass road

下凹桥区域内具有排水功能的各类设施的统称，包括：雨水口、检查井、雨水管渠、泵站、闸（阀）门、雨水调蓄设施等。

2.0.3 高水系统 stormwater discharged by gravity

下凹桥区及其周边地势较高区域内可重力流排出的雨水系统。

2.0.4 低水系统 stormwater discharged by pump

下凹桥区无法重力流排出，需经泵站提升排出的雨水系统。

2.0.5 客水 passenger water

由下凹桥区高水系统区域进入低水系统的水。

2.0.6 桥区降雨预测 rainfall forecast data for underpass road

利用气象预报数据，结合历史降雨数据和实测数据，采用相应趋势预测分析方法，预测桥区未来一定时间段的降雨数据。

2.0.7 产汇排预测模型 prediction model of water accumulation with water production and drainage

耦合模拟地表产汇流、管网转输和调蓄排放过程，接入降雨预测数据，具备模拟未来一定时间段内积水情态和发出预警信号功能的模型。

2.0.8 积水水位升速预测模型 prediction model of water accumulation with water level rising rate

结合桥区几何参数和水位监测数据，模拟桥区低点水位上升过程，具备模拟未来一定时间段内积水情态和发出预警信号功能的模型。

2.0.9 客水量增速预测模型  prediction model of water accumulation with increasing volume of passenger water

结合桥区几何参数和客水水位或流速数据，模拟客水水量增加过程，具备模拟未来一定时间段内积水情态和发出预警信号功能的模型。

2.0.10 排水设施控制仿真模拟 simulation of drainage facility control

基于规则分析和数值求解，构建排水设施控制模型，模拟排水设施运行工况，复现排水系统转输、提升、调蓄与外排等过程。

2.0.11 排水设施智能调控 intelligent control of drainage facilities

实时接入积水情态预测信息和排水设施感知数据，评估排水设施运行状态，融合排水设施控制仿真模拟和优化迭代决策，形成排水设施动态调控策略建议并下发指令，实现实时监控、辅助决策、动态调控、应急抢险等功能的过程。

2.0.12 应急抢险 emergency rescue

指应急或排水管理部门在应对桥区积水风险的事前预防、事发应对、事中处置和事后恢复过程中，采取的技术、规划与组织等措施。

2.0.13 交通联动 traffic control

下凹桥区发出积水预警或已经出现积水时，实施信息共享并由交通管理部门采取的道路通行管理措施。

1. **基本规定**

3.0.1 城市下凹桥区排水设施智能调控系统宜符合城市发展情况，提升下凹桥区应对不确定环境的韧性，加强信息化与智能化运营管理体制，充分保障桥区运行安全。

3.0.2 下凹桥区积水防治包含下凹桥区蓄排控制、应急抢险和交通联动等措施。

3.0.3 下凹桥区排水系统由收集设施、调蓄设施、外排设施和相关附属设施组成，宜符合下列要求：

1 包含雨水口和横截沟等常见收水设施；

2 包含检查井、排水支管、排水干管；

3 调蓄池采用重力进入方式并设置排空泵；

4 排水出路为下游管道或受纳水体；

5 现状泵站、调蓄池等具备自动化运行条件，可升级为智能控制模式。

3.0.4 下凹桥区排水系统供电可按二级负荷设计，并设置备用动力设施或预留供电接口；特别重要地区调蓄排放系统，除按二级负荷供电外，宜设置常备应急供电设施。

3.0.5 下凹桥区排水系统的电气、监测及控制设备，应有应对内涝防治重现期降雨淹渍的措施。配电室、控制室及值班室等宜采用地上式，并设有防淹措施。

1. **智能调控系统设计**

4.0.1 智能调控系统宜实时感知桥区排水系统工况，预测积水情态并发出预警信息，动态优化蓄排设施控制方案，并协同配合应急抢险和交通联动。

4.0.2 智能调控系统设计内容宜包含监测感知设计、积水情态预测预警设计和排水设施联调联控设计。

4.0.3 智能调控系统宜遵循安全性、系统性、可靠性和稳定性的设计原则。

4.0.4 下凹桥区排水系统智能调控设计宜采用现状调研与模拟仿真、状态感知与数据融合、预测预警与主动应对、工程应用与反馈校正等方法。

4.0.5 智能调控系统设计过程宜关注排水设施设计参数、防治措施的匹配性、监测数据治理算法、预测预警模型、联调联控策略优化算法和控制仿真模型。

1. **状态感知与数据治理**

**5.1 一般规定**

5.1.1 状态感知包含对桥区降雨量、排水系统运行工况以及下游排水出路水位的感知；数据治理是对从单个和多个监测设备获取的数据和信息进行关联和综合分析，对排水系统进行全面评估的信息处理过程。

5.1.2 状态感知宜安装监测设备获取桥区雨水的产汇流特征和转输、蓄排状态，感知对象宜包含：

1 桥区降雨量、客水入流量、低洼点位积水深度、排水出路水位；

2 泵池水位、调蓄池容积、管道流量；

3 受控设备的运行工况。

5.1.3 感知点位布设宜遵循系统性、代表性、可靠性和经济性原则。

5.1.4 监测设备宜在桥区分水岭、收水口/渠、提升泵池、调蓄池、检查井等关键点位布设，亦可根据模型识别的指标突变位置布设。

5.1.5监测设备的数据采集时间间隔宜符合下列规定：

1 降雨量、流量监测数据间隔宜设定为10 s ~ 15 min；

2 降雨期间，在线监测数据采集时间间隔适当选取低值；

3 非降雨期间，在线监测数据采集时间间隔适当选取高值。

5.1.6 监测设备的数据传输，宜符合下列规定：

1 具有数据传输功能，并采用通用数据格式和通用接口；

2 降雨期间，最小通信时间间隔不低于最小采集时间间隔；

3 非降雨期间，最大通信时间间隔不超过120 min。

5.1.7 监测设备的安装宜符合下列规定：

1 配备持续、稳定供电条件，亦可设置太阳能辅助供电系统；

2 不影响道路交通、管道排水等基础设施功能；

3 具有防水、防雷功能或措施。

5.1.8 监测设备的数据精度宜满足预测预警模型构建和排水智能控制的要求。

5.1.9 监测感知设备宜具备过滤、排除干扰信号的功能。

**5.2 降雨量与积水深度**

5.2.1 降雨量可以从当地气象部门获取，也可通过在桥区布设雨量计进行自主监测。

5.2.2 邻近的两个或多个桥区，所在区域地形无明显变化时，可共用一套雨量监测数据。

5.2.3 雨量计宜具备实时监测功能，测量精度宜满足推导分钟级降雨强度的要求。

5.2.4 雨量计宜安装于空旷、平坦的场地，且符合下列要求：

1 避开强风区；

2 避开突变地形、建筑物、树木、及烟尘的影响；

3 无法完全避开建筑物、树木等障碍物的影响时，雨量计至障碍物边缘的距离宜为障碍物高度的2倍以上。

5.2.5 积水深度监测宜选用电子水尺，可选择类型包含压力式、触点式、红外感应式、超声式以及磁致伸缩式等，亦可选择复合检测类型的电子水尺。

5.2.6 电子水尺宜布设在桥区低点，且水尺刻度变化方向应与水平面垂直。

5.2.7 电子水尺安装时宜外加护管，采用耐锈蚀材料固定。

**5.3 客水量**

5.3.1 桥区入流客水量可通过布设水深、流速、流量等监测设备获取。

5.3.2 宜在桥区易发生客水入流点位布设客水量监测设备。

5.3.3 客水量的监测点位布设宜符合下列要求：

1 桥区两端有分水岭时，水位监测点位宜在分水岭的桥区高水侧布设，流速和流量监测点位宜在分水岭顶端或低水侧布设；

2 无分水岭时，宜在桥区汇水区边界低水侧布设。

5.3.4 监测设备可实时获取桥区监测点水深、流速、流量等数据，并根据道路横断面几何参数和监测点水深，计算桥区客水入流量。

**5.4 管道流量**

5.4.1 管道流量可通过布设流量计获取，也可通过监测管道水位、流速并计算获得。

5.4.2宜在桥区管道末端、泵池进出水口等关键点位布设流量监测设备。

5.4.3 监测设备布设点位宜选择水流相对平缓区段，避开汇流井、跌水井等位置。

5.4.4 宜根据管道的断面形式、埋深、水流状况、检查井构造等因素，选择适宜的流量监测设备。

5.4.5 流量监测设备宜能在排水管网复杂、多变工况环境中持续、稳定工作。

5.4.6 流量监测设备的安装宜符合下列要求：

1 不妨碍排水管道正常通水；

2 采取措施减少因设备造成的异常壅水；

3 传感器的测量方向宜与管道的水平中心线保持平行。

**5.5 泵池水位**

5.5.1 宜通过布设电子水位计感知泵池水位，且感知范围覆盖泵池水位上下限。

5.5.2 水位计宜布设在满足监测要求，且水体流态稳定、方便检修的位置。

5.5.3 在自动化控制模式中宜感知泵池固定水位，包含停泵水位、启泵水位、溢流水位、警戒水位等，以及在多泵组情景下的梯级启泵和停泵动水位。

5.5.4 在智能控制模式中宜感知泵池实时水位。

5.5.5 泵池水位监测宜采用超声波、雷达、压力等类型水位计，可采用两种水位计组合校验。

**5.6 调蓄池容量**

5.6.1 下凹桥区雨水调蓄池宜按控制方式和监管部门的要求设置在线监测仪表，监测指标宜包含运行水位、进出水流量，可包含水质指标。

5.6.2 在调蓄池设置的水位监测装置，宜采用超声波、雷达、压力等类型水位计，可采用两种水位计组合校核。

5.6.3 宜将监测水位、进出水流量、水泵启闭状态等数据及时上传至智能调控系统，实时分析调蓄池容量变化趋势。

**5.7 排水出路水位**

5.7.1 宜结合排水方式，通过布设监测设备感知排水出路水位，评估排水出路的转输或受纳能力。

5.7.2 管道水位监测可选用接触式或非接触式水位监测设备；受纳水体水位监测宜选用非接触式水位监测设备。

5.7.3 接触式水位监测设备安装宜考虑管内淤积对监测结果的影响；非接触式水位监测设备宜保证传感器姿态稳定，且设备周围没有干扰物；监测管道水位时，宜避开盲区或配备补盲传感器。

5.7.4 下凹桥区排水出路各环节测量数据，宜及时上传至智能控制系统。

**5.8 感知数据治理**

5.8.1 下凹桥区排水设施监测数据上传至智能控制系统时，按照现行国家标准《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》GB/T 51187-2016和其他相关规定，结合数据来源及格式差异，进行数据采集、清洗、存储、集成、质量管理，将数据规范化、标准化。

5.8.2 宜根据数据特征差异，选择下凹桥区排水设施监测数据的采集通道，且符合下列规定：

1 宜支持2G、3G、4G、5G、NB-IoT等通信模式；

2 宜支持蓝牙通信，以便现场使用手机APP对终端参数进行本地配置；

3 通信接口宜选用市场通用接口，如RS485、RS232等。

5.8.3 监测数据清洗过程宜通过以下途径：

1 分析数据所反映的现象或结果的可靠性，排除不可信数据；

2 设置清洗条件，使清洗后数据具有代表性和有效性；

3 宜根据监测设备采集参数和监测需求设定清洗参数。

5.8.4 宜建立规范化存储模块，存储不同来源、不同格式数据，并可进行分类、碰撞、融合，形成基础数据库、监测数据库、业务专题库、模型分析库等；数据量大时可建设数据中心。

5.8.5 桥区蓄排单元流量宜与排水管、泵池进水口流量关联校核，并与对应降雨量数据相关联验证。

5.8.6 宜查验与校核监测数据的完整性、合规性、匹配性，并补充修正，方法包含但不限于：

1 采用异常值检查、拓扑关系检查等方法；

2 采用人工经验判断、模型模拟等方法；

3 经过统一的数据中台标准化处理。

1. **积水情态预测预警**

**6.1 一般规定**

6.1.1 积水情态预测宜包含降雨量预测和积水演变预测，宜结合降雨量预报数据处理、排水状态感知和数值模型模拟共同完成。

6.1.2 下凹桥区积水情态预测宜采用产汇排预测模型、积水水位升速预测模型和客水量增速预测模型，可采用两个或多个模型的组合。

6.1.3 下凹桥区积水情态预测宜包含下凹桥区径流产汇、雨水收集、雨水调蓄、雨水外排、积水形成及客水入流等过程。

6.1.4 数值模型宜结合智能调控需求，确定各模型模块精细程度，并进一步确定模型基础数据及算法要求、参数率定和模型验证的标准。

6.1.5 数值模型宜具备数据输入出、数据检查、计算参数选择、辅助决策及输出结果图形化展示功能。

6.1.6 数值模型宜具备良好的运算性能，输出结果的频率要求宜与算力硬件匹配。

6.1.7 数值模型预测过程宜建立数据输入、计算、调整及输出等过程日志。

**6.2 降雨量预测**

6.2.1 桥区降雨量预测宜采用具有迭代学习能力或气象降尺度分析能力的降雨量预测模型。

6.2.2 桥区降雨量预测宜结合气象预报数据、降雨量历史数据和降雨量监测数据开展。

6.2.3 桥区预测降雨量可采用所在区域的气象预报数据，经桥区实测降雨量校核修正后使用。

6.2.4 降雨量预报数据宜从气象部门获取，获取数据无法满足预测要求时，可由降雨量预测模型获得。

6.2.5 降雨量预报数据需要周期性持续获取，预报时间间隔不宜高于30 min，以5 min为宜；预报提前量不宜低于24 h，以72 h为宜。

6.2.6 监测数据宜实时积累，并进行预测数据监测数据对比，以实现降雨量预测模型迭代学习和反馈校核。

**6.3 产汇排预测模型**

6.3.1 产汇排预测模型可模拟预测时段内的径流产生、收集转输、蓄存排放和积水形成全过程，包含降雨量预测、地表产汇、收集转输和蓄排等模块。

6.3.2 产汇排预测模型的基础数据宜包含桥区降雨数据、地面高程数据、汇水区地表构筑物数据、下垫面数据、排水设施数据、下游受纳水体水位等。

6.3.3 宜根据精度不低于1:2000的地形图，结合现场踏勘确定下凹立交桥区汇水面积。

6.3.4 产汇排预测模型的搭建过程宜包含模型构建、参数率定、模型验证等步骤，并符合下列规定：

1 模型模拟包含地表产汇流、管网输送和蓄排过程；

2 模型参数包含边界条件、下垫面参数及管网参数。

6.3.5 宜根据所在地区相应的设计标准，结合道路、桥梁及周边地形情况以及低区和临近高区的排水系统，合理确定下凹桥区排水系统的汇水面积。

6.3.6 模型宜在运算前进行参数率定，包含初始条件设置、桥区边界条件设置、参数敏感性分析、预测结果稳定性分析等。

6.3.7 产汇排预测模型的率定和验证宜符合以下要求：

1 基于实测数据进行参数率定与模型验证时，宜满足至少两场独立降雨事件的模拟结果与实测数据的拟合程度符合相应标准；

2 当缺少实测数据时，可采用历史记录进行参数率定和模型验证；

3 模型输入和输出数据的精度和数量应满足模型需要；

4 模型预测结果和实测值的偏差不宜大于20%。

6.3.8 产汇排预测模型根据下凹桥区设计、建设等实际情况，可简化产汇过程模拟，简化后模型精度应满足预测预警求和智能控制需求。

**6.4 积水水位升速预测模型**

6.4.1 积水水位升速预测模型应实时收集低区水位监测数据，模拟桥区积水水位升速趋势，预测桥区积水深度变化过程。

6.4.2 下凹桥区积水水位升速预测模型宜采用相应公式，对预测时段内的积水深度变化过程进行预测。

6.4.3 构建积水水位升速预测模型的基础数据宜包含水位实时监测数据、桥区几何参数。

6.4.4 积水水位升速预测模型适用于水位监测精度满足模型预测精度要求的场景。

**6.5 客水量增速预测模型**

6.5.1 客水量增速预测模型宜实时收集客水水位变化数据，模拟桥区客水量变化趋势，预测桥区因客水入流导致的积水深度变化过程。

6.5.2 下凹桥道路的客水入流量计算宜根据下凹桥高区水位的变化趋势，推演高区水位超过低区分水岭或挡墙上沿的时间、超高高度以及演变情态。

6.5.3 客水量增速预测模型适用于低区道路两端具有驼峰且道路两侧溢流量易于监测的城市下凹桥。

6.5.4 下凹桥区易发生客水入流点位宜设置客水水位监测设备，布设位置宜符合下列要求：

1 布设在分水岭外侧时，设备监测客水区水位升速趋势；

2 布设在分水岭内侧时，设备监测入流客水流量。

**6.6 积水情态研判与预警**

6.6.1 积水情态预测结果触发预警值并形成预警信息后，宜经过情态研判形成预警指令，并输出至控制仿真模型。

6.6.2 下凹桥区预警指标宜结合历史积水数据和模型模拟预测结果筛选，宜选择桥区积水深度，可选择降雨量、客水入流量、下游受纳水体水位等。

6.6.3 预测结果可依据关联规则，通过系统中相互联系的监测数据验证。

6.6.4 存在两个及以上预测模型时，宜将不同模型的预测结果交互检验。

6.6.5 宜根据预警时间和预警值进行情态研判，且符合下列规定：

1 预警时间设定和预警等级划分宜与城市应急抢险能力、交通管理能力、社会经济发展水平、道路等级等因素相匹配，并满足应急预案启动的时间要求；

2 预警指标、预警值与预警等级对应关系宜符合表6.6.5的规定。

表6.6.5 积水水位预警值与预警等级对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **预警指标** | **预警值** | **预警等级** |
| 积水水深 | ＜10 cm | 蓝色 |
| 10 ~ 19 cm | 黄色 |
| 20~ 29 cm | 橙色 |
| ≥30 cm | 红色 |

1. **排水设施联调联控**

**7.1 一般规定**

7.1.1 排水设施智能调控宜建立完善的控制工况感知系统、控制仿真模型及联调联控系统。

7.1.2 排水设施智能调控宜构建控制仿真模型、衔接响应预测预警信息、形成智能调控策略、下发控制指令及接收指令执行反馈。

7.1.3 排水设施控制点宜具备指令接收、执行和工况感知、输出功能；信号宜采用专线形式传输，并设置相应的控制冗余。

7.1.4 宜由专业的运维人员根据智能控制仿真模型可靠性，决定是否执行联调联控策略。

7.1.5 宜及时收集、分析排水设施及控制系统的运行数据，优化智能控制仿真模型。

**7.2 排水设施控制工况感知**

7.2.1 排水设施运行控制工况感知宜采用以下方式：

1 采用监测设备直接感知排水设施的运行工况；

2 无法直接感知的，可通过上下游设施运行工况或模型模拟间接感知。

7.2.2 泵组运行工况感知内容宜包含泵组启闭状态、工作台数、运行时长等；感知指标宜包含监测泵组通电信号、泵池水位、排水流量等。

7.2.3 闸（阀）门运行工况感知内容宜包含闸（阀）门启闭状态、开启度、水位差等。

7.2.4 雨水调蓄设施运行工况感知内容宜包含进水起止时间、水位、排空时间、淤积深度等。

**7.3 排水设施控制仿真**

7.3.1 控制仿真模型宜能接收积水情态预测和设备工况感知信息，模拟不同控制方案的实施效果，优选并形成同预测预警信息相应的排水设施智能调控策略。

7.3.2 控制仿真模型宜建立智能调度任务和条件约束的数学描述模型。

7.3.3 控制仿真模型宜具备调控策略建议功能，并迭代优化控制方案。

7.3.4 宜能将智能调控策略执行后的实测数据与控制仿真模拟结果进行对比，调整或优化控制仿真模型参数。

7.3.5 存在短历时强降雨风险时，除模拟调控排水设施外，宜能模拟应急抢险措施的实施效果，包含但不限于应急挡水和应急排水。

**7.4 排水设施智能调控**

7.4.1 排水设施调控方式应包含人工调控、自动化调控、智能化调控，宜建立智能化调控方式，并将人工调控方式作为其他两种方式的运行保障。

7.4.2 具有非线性和变结构桥区特征及调控对象复杂时，宜采用智能化控制方式。

7.4.3 启用人工控制方式时，宜能实现运维人员完全控制排水设施。

7.4.4 智能化调控宜根据桥区积水预测信息和预警指令，优化蓄排设施调度方案，充分发挥排水能力，主动应对积水风险。

7.4.5 调控系统形成的控制指令宜具有可执行性，受控设备宜高效、准确、及时完整地执行调控系统指令。

7.4.6 受控设备宜及时、准确、完整的向调控系统反馈运行信息，调控系统接收反馈信息后宜进行工况分析和执行效果判断。

7.4.7 宜采用分布式智能控制器，对受控设施下发指令和接收反馈信息，强化智能调控中心联调联控能力。

1. **应急抢险与交通联动**

**8.1 一般规定**

8.1.1 桥区积水情态预测结果或积水深度已达相应预警等级时，应开展应急抢险或交通联动，应急抢险包含应急挡水、应急排水等措施；交通联动包含信息发布、交通疏导、道路断交等措施。

8.1.2 下凹区排水及附属设施出现非正常状态时，应开展故障诊断与排除。

8.1.3 宜建立下凹桥区内涝应急管理机制，制定与内涝风险等级相应的应急响应方案，根据气象预报数据和下游受纳水体水位，提前进入应急准备状态。

8.1.4 宜与应急、交通、水利、公安、宣传等部门建立信息共享机制，细化数据共享和安全传输方案。

**8.2 应急抢险**

8.2.1 宜对有内涝风险的下凹桥区制定应急管理预案，包含下列内容：

1 由应急管理指挥中心统一调度，设置应急管理装备库；

2 接入智能调控系统预警信息，建立智能调控系统预警信息的响应机制；

3 明确预警等级对应的预案内容。

8.2.2 下凹桥区存在积水风险时，提前降低周边管网和下游受纳水体水位。

8.2.3 存在积水风险时，人员管理具体内容宜符合下列规定：

1 指挥人员到达指挥岗位，防汛人员提前进入责任区内；

2 准备防汛物资，保障各类设备正常运行；

3 泵站值班人员全部在岗，保证定岗定人定责。

8.2.4 在桥区客水入侵风险点位宜采取应急挡水措施，应急挡水措施包含挡水沙袋、挡水板、挡水围栏等。

8.2.5 达到预警等级时，宜启用应急排水单元、排水车等强排措施。

8.2.6 应急处置结束后，应及时清理下凹桥区，撤离应急处置设备、物资和人员，确保道路通畅。

**8.3 交通联动**

8.3.1 接收到预警信号后，及时组织协调交通联动措施。

8.3.2 宜通过媒体及时向外界通报区域交通管制信息，可发送至交通管理平台或同步至导航软件。

8.3.3 采取桥区道路管控措施时，宜统筹区域交通管控，提前疏导下凹桥区相临道路节点的车辆和人员。

8.3.4 宜及时采取交通信号管控措施，包含下列措施：

1 将进入桥区的交通指示灯调整为常红状态；

2 宜将道路管控警告信息发布至交通诱导屏

3 靠近桥区的路段宜设置电子提示信息牌，便于交通部门及时显示积水警示和交通管控信息。

8.3.5 在缺乏信号管控的桥区，宜增派交通管理人员进行引导和警示，包含下列工作内容：

1 通过手势或喊话指示驾驶员避开积水区域；

2 使用警示灯提示驾驶员行驶路线；

3 摆放道路交通隔离警戒设施。

8.3.6 宜在桥区分隔带适当位置设置掉头隔断，方便桥区排队车辆转移。

**8.4 故障诊断与排除**

8.4.1 故障诊断与排除宜遵循先外部后内部、先简单后复杂、先局部后全局、先备用后排除的原则。

8.4.2 宜及时解除排水设施不良运行状态，包含下列具体内容：

1 当系统感知水泵开启状态异常后，立即启动备用泵并上报数据至应急管理指挥中心；

2 当系统感知排水管道流量异常，应立即上报至应急管理指挥中心，采取对应维护措施；

3 宜综合分析排水设施故障类型与数量，制定故障诊断与排除方案。

8.4.3 宜通过水位、流量等监测信息和历史数据感知故障信息，或进行趋势分析获取异常报警信息。

8.4.4 宜建立并定期修订应急预案，对出现报警信息的设施首先进行故障诊断，并根据故障情况采取相应的应急处置措施。

8.4.5 及时对监测数据的监测设备进行诊断并维修，监测设备故障处理周期不应大于5天，或及时调配备用设备。

1. **智能调控系统养护**

**9.1 一般规定**

9.1.1 宜统筹建立模型软件、监测设施、受控设施、计算机硬件、传输网络和通信模块的系统养护制度，由专业团队运行和养护管理。

9.1.2 定期进行智能调控设施养护，雨季宜提高设施养护频率，雨后及时修复故障设施。

9.1.3 宜根据下凹桥区智能调控设施配置情况，确定巡检养护内容，宜包含以下内容：

1 通过视频、监测仪器识别各单元运行工况；

2 综合监测信息和历史过程数据识别各单元运行工况；

3 巡查雨水口、检查井、管渠等排水设施；

4 检查闸（阀）门的启闭、开启度和密闭性等运行工况；

5 校核泵组的启闭和抽排性能。

9.1.4 涉电设施、配电设备间宜做好防渗、防漏、防涝措施。

9.1.5 养护过程中宜做好设施检查和维护记录，形成标准化信息台账。

**9.2 监测设施养护**

9.2.1 监测设施的养护内容宜包含检查、校准、维修与更新。

9.2.2 宜定期检查各设备外观、性能、精度，并进行相应保养。

9.2.3 宜及时维修故障设施，无法维修时及时更新。

9.2.4 结合实地勘测、历史监测等数据，调整和优化监测设施布设点位。

9.2.5 结合实际运行情况，及时对无法满足要求的监测设备重新选型。

9.2.6 宜做好监测数据备份，备份数据量和保存时间根据当地需求决定。

**9.3 受控设施养护**

9.3.1 受控设施养护内容宜包含对闸（阀）门、泵组等设施的检查、校准、维修与更新。

9.3.2 宜定期对受控设施执行命令的准确度、灵敏度等关键性能指标的巡检。

9.3.3 宜定期实施受控设施的防腐、防锈养护。

**9.4 模型软硬件养护**

9.4.1 模型软硬件养护宜包含运行环境检查，维护与更新升级。

9.4.2 宜定期对服务器、存储系统、网络设备等设施进行巡检、清洁、维修和升级工作。

9.4.3 宜根据历史数据及时更新模型背景值、率定条件，对模型灵敏度、可靠性、稳定性进行检查和修正。

9.4.4 宜定期识别和评估软件漏洞，并进行补丁更新、代码重构、结构调整等漏洞修复，修复后进行全面测试和验证。

9.4.5 定期对数据库进行养护，宜符合下列规定：

1 更新用户访问权限，加密敏感数据；

2 加强数据备份的管理，规范备份策略和频率；

3 调整优化数据库结构、索引查询、文件大小等数据库性能；

4 规范数据库日志的编写与更新。

9.4.6 宜定期保养和升级通信模块，检测信号强度，保持通信设备内部清洁、附属器件齐全。

1. **竣工验收与质量保障**

**10.1 一般规定**

10.1.1 竣工验收的对象是智能调控系统，包含积水情态预测预警模型、控制仿真模型、感知设备及相关的排水设施。

10.1.2 质量保障宜以确保智能调控系统的有效性和可靠性为目标。

10.1.3 竣工验收宜由项目批准部门或其授权单位组织，宜按照筹备阶段，材料验收阶段，现场检查阶段、功能性测试阶段，安全评估阶段，竣工审批阶段和验收交接的流程组织推进。

10.1.4 调控系统质量宜作为竣工验收的主要内容，符合相关验收要求的，方可竣工验收；未达到要求的要及时整改，直至符合相关验收要求后，方可通过验收并交付使用。

**10.2 竣工验收**

10.2.1 智能调控系统验收宜具有明确要求，验收过程宜包含设备测试、软件功能验证、系统协调检查、运行记录验收、报告审查等内容。

10.2.2 智能调控系统的验收材料宜包含且下列内容：

1 感知仪表的进场检测报告；

2 软件验收测试报告；

3 系统试运行检测报告。

10.2.3 智能调控系统的验收宜符合下列要求：

1 软件系统性能符合软件开发规范和软件技术标准；

2 硬件系统符合技术规范和设计要求；

3 与其他相关设备和系统协调；

10.2.4 质量检验、验收过程使用的计量器具和检测设备，须经计量检定、校准合格后方可使用。

10.2.5 智能调控系统交接宜满足下列条件：

1 仪表安装到位，信号显示准确；

2 电气系统供电稳定，整定值及各参数按照设计值调试到位；

3 完成系统调试，并已修复单机验收阶段发现的设备故障和其它缺陷。

10.2.6 竣工验收的文件、档案应完整、准确、系统，宜满足下列要求：

1 有竣工图且符合竣工图相关编制要求；

2 档案文件经过档案行政管理部门专员审查；

3 有建设施工、设计及使用等有关单位负责人做出的档案自检报告；

4 由验收组最终形成档案验收报告且内容完整。

**10.3 质量保障**

10.3.1 进行智能调控系统验收时，宜组建专业的验收团队，团队成员具备相关技术和经验，并拥有相应的资质证书。

10.3.2 智能调控系统设计、建设和运维全过程宜建立完善的议事协调制度，明确各部门、单位与岗位的职责。

10.3.3 从事智能调控系统设计、建设和运维的单位和人员宜具备相应的资质。

**用词说明**

为便于在执行本导则条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**引用标准名录**

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《室外排水设计标准》GB 50014

《城市排水工程规划规范》GB 50318

《城镇雨水调蓄工程技术规范》GB51174

《城市排水防涝设施数据采集与维护技术规范》GBT 51187

《城镇内涝防治技术规范》GB 51222

**城市下凹桥区排水设施智能调控技术导则**

Guide for technical intelligent control of waterlogging prevention and control in urban underpass road

条文说明

编制说明

《城市下凹桥区排水设施智能调控技术导则》XX-XXXX经XXXX2023年XX月XX日以第XXX号公告批准发布。

本标准制订过程中，编制组进行了大量的下凹桥调查研究，总结了国家有关法律法规和技术标准规程、工程实践经验、内涝防治策略及排水智能管理体系等方面，对我国城市下凹桥区的内涝预测预警系统和排水智能调控系统的设计、建设与运维提供有力支撑。

为便于广大工程咨询、设计、施工和运营管理等有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《城市下凹桥区排水设施智能调控技术导则》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

[**5 状态感知与数据治理** 34](#_Toc144153598)

[**5.1 一般规定** 34](#_Toc144153599)

[**5.2 降雨量与积水深度** 34](#_Toc144153600)

[**5.3 客水量** 35](#_Toc144153601)

[**5.4** **管道流量** 35](#_Toc144153602)

[**5.5** **泵池水位** 36](#_Toc144153603)

[**5.6** **调蓄池容量** 36](#_Toc144153603)

[**5.7 排水出路水位** 36](#_Toc144153604)

[**5.8 感知数据治理** 37](#_Toc144153605)

[**6** **积水情态预测预警** 37](#_Toc144153606)

[**6.1 一般规定** 37](#_Toc144153607)

[**6.2 降雨量预测** 37](#_Toc144153608)

[**6.3 产汇排预测模型** 37](#_Toc144153609)

[**6.4 积水水位升速预测模型** 38](#_Toc144153610)

[**6.5 客水量增速预测模型** 39](#_Toc144153611)

[**6.6 积水情态研判与预警** 40](#_Toc144153612)

[**7** **排水设施联调联控** 41](#_Toc144153613)

[**7.2 排水设施控制工况感知** 41](#_Toc144153614)

[**7.3 排水设施控制仿真** 41](#_Toc144153615)

[**7.4排水设施智能联控** 41](#_Toc144153616)

[**8** **应急抢险与交通联动** 42](#_Toc144153617)

[**8.1 一般规定** 42](#_Toc144153618)

[**8.2 应急抢险** 42](#_Toc144153618)

[**8.3 交通联动** 42](#_Toc144153619)

[**8.4 故障诊断与排除** 42](#_Toc144153619)

[**9** **智能调控系统养护** 43](#_Toc144153620)

[**9.1 一般规定** 43](#_Toc144153621)

[**9.2 监测设施养护** 44](#_Toc144153622)

[**9.3受控设施养护** 44](#_Toc144153623)

[**9.4 模型软硬件养护** 44](#_Toc144153624)

[**10** **竣工验收和质量保障** 45](#_Toc144153625)

[**10.1 一般规定** 45](#_Toc144153626)

[**10.2 竣工验收** 45](#_Toc144153627)

[**10.3 质量保障** 45](#_Toc144153628)

CONTENTS

[**5** **State awareness and data governance**](#_Toc134609239) 34

[**5.1 General requirement**](#_Toc134609240) 34

[**5.2 Rainfall and water depth** 34](#_Toc134609241)

[**5.3 Inflow of passenger water** 35](#_Toc134609242)

[**5.4 Pipe network flow** 35](#_Toc134609243)

[**5.5 liquid level of the pump pool** 36](#_Toc134609244)

[**5.6 Capacity of the storage tank** 36](#_Toc134609244)

[**5.7 Water level in Drainage Outlet** 36](#_Toc134609246)

[**5.8**  **Perceived data governance** 37](#_Toc134609247)

[**6** **Prediction and early warning of water accumulation** 37](#_Toc134609248)

[**6.1 General requirement** 37](#_Toc134609249)

[**6.2 Rainfall forecast** 37](#_Toc134609250)

[**6.3 Prediction model with water production and drainage** 37](#_Toc134609251)

**6.4 Prediction model with water level rise rate** 38

[**6.5 Predictiong model with increasing volume of passenger water**](#_Toc134609253) 39

[**6.6 Analysis and early warning of fwater accumulation**](#_Toc134609254) 40

**7** **Joint regulation and control of drainage facilities** 41

[**7.2 Working condition control perception of drainage facility**](#_Toc134609257) 41

[**7.3 Simulation of drainage facility control**](#_Toc134609258) 41

[**7.4 Intelligent control of drainage facilities**](#_Toc134609259) 41

[**8** **Emergency rescue and traffic control**](#_Toc134609261) 42

[**8.1 General requirement**](#_Toc134609263) 42

[**8.2 Emergency rescue**](#_Toc134609263) 42

**[8.3 Traffic control](#_Toc134609264)**42

[**8.4 Fault diagnosis and troubleshooting**](#_Toc134609264) 42

[**9** **Maintenance of intelligent control system**](#_Toc134609261) 43

[**9.1 General requirement**](#_Toc134609262) 43

[**9.2 Maintenance of monitoring facilities**](#_Toc134609263) 44

[**9.3 Maintenance of controllable facilities**](#_Toc134609264) 44

[**9.4 Maintenance of model software and hardware**](#_Toc134609264) 44

[**10** **Completion acceptance and quality assurance**](#_Toc134609261) 45

[**10.1 General requirement**](#_Toc134609262) 45

[**10.2 Completion acceptance**](#_Toc134609263) 45

[**10.3 Quality Assurance**](#_Toc134609264) 45

1. **状态感知与数据治理**

**5.1 一般规定**

5.1.3 桥区路面上游和下游至少各布设1个监测点，桥区排水管道上游和下游至少各布设1个监测点，在满足预测模型计算要求，获取足够具有代表性的监测数据的前提下，尽可能减少布设点位数量。

5.1.4 关键点位指的是对排水系统运行状态具有决定性作用的点位，包含转输、储存、消纳等过程中的重要点位等。对于的城市下凹桥排水单元关键节点，增加监测点位及手段。对于模型模拟过程中缺失数据点位或模拟结果出现较大突变点位，视情况增加监测点位数据，

5.1.5 感知设备采集数据间隔根据感知设备基本状况和模型模拟需要进行综合判断，不同的设备性能和不同的预测预警数据要求对于采集时间会有不同的需求。

5.1.6 监测设备监测得到的数据暂时储存并且发送至智能调控系统数据处理模块，为保障数据传输过程的通畅、数据接受的完整需要采用一致的数据编码格式，并且设置统一、稳定的数据交换接口。监测设备和上位机之间的通信时间间隔满足智能调控系统进行数据处理的要求，及时将采集数据及运行工况发送至调控系统数据处理模块。

5.1.8 布设感知设备是获取桥区排水单元各种信息的途径，感知设备得到的信息经过处理后作为后续积水情态预测预警模型及排水设施智能调控的数据基础，有必要增加感知设备的数据精度。感知精度满足设备运行过程中的触发精度要求，精度不宜过高或过低。过高的精度容易导致触发信号误判频率高，过低的精度会增加设备接收控制信号的时间，造成启动过慢或空转损耗。

**5.2 降雨量与积水深度**

5.2.1 桥区降雨量是城市下凹桥积水与否的关键数据，也是预测预警模型模拟过程的基础数据之一，原则上要求必须有降雨数据作为智能调控技术的基础。

5.2.4 桥区降雨量监测设备获取的气象数据要具有确性和代表性，根据桥区安装条件和设备使用标准规范安装降雨。雨量计周围存在突变地形和高大遮挡物时，发生倾斜降雨时，四周地形或物体影响降雨落入雨量筒内，桥区降雨监测设备不能准确的降雨数据。

5.2.5 市场中存在多种类型的电子水尺，电子水尺在安装和使用过程中，要避免出现误报和漏报现象，现场可采用适当的方式避免电子水尺受到污泥、污染物、沉淀物等外界环境因素的影响。

5.2.6 桥区积水点位中最具有代表性的为桥区最低点，该点位积水过程中水位变化幅度最大，积水时间最长，在桥区最低点能够快速、明显的获得水位演变情态。水位尺的安装要符合设备的测量要求，准确获得水位数据。

**5.3 客水量**

5.3.1 客水进入城市下凹桥区后，极易造成内涝情况，布设监测客水入流情况的感知设备，采集超出桥区排水能力的客水入流量数据，为桥区应急管控提供基础数据支撑。

5.3.2 桥区客水入流量监测点位满足代表性、准确性和稳定性要求。分水岭明显的桥区，可充分利用分水岭高点流速慢的特点，布设客水入流监测设备；分水岭不明显的桥区可在分水岭外的汇水区内代表点位布设监测设备。不同的下凹桥由于其设计参数、周围环境以及实际建设情况的不同，容易发生客水入流的点位也不相同，需要根据不同的下凹桥特点制定客水入流监测方案。

* 1. **管道流量**

5.4.1 桥区排水系统中，排水管网排水量是关键数据。掌握排水管网输水状况数据，可为后续预测预警模型和智能调控方案提供数据支撑。流量、流速监测设备安装在检查井内时，要注意检查井水位变化引发的测量误差。管网流量和降雨量之间也存在一定的关联性，现场通过同时监测管网流量和对应降雨量可以达到相互校核的目的，增加数据的可信度，但在校核过程中，要注意降雨量和管道流量之间的延迟响应。

5.4.3 排水管网基础信息的监测主要针对上下游排水管网、暗渠、检查井、窨井、雨水篦子等排水设施的基础运行状况。作为排水管网的重点基础信息，数据准确性十分关键，将直接影响对排水管网的水力工况分析、输水能力模拟和运行调度方式。

5.4.5 流量监测设备需具备工作稳定性。流量监测设备在排水管网中长时间使用过程中不可避免收到环境因素的影响，但采集数据的仍需具有稳定性和准确性。稳定性和准确性好的设备可以保证长时间稳定的运行，同时也可以减少设备维护和更换的频率。

5.4.6 流量监测设备使用过程中，保持传感器监测水流动力轴线与管道中心线平行，避免出现夹角。

* 1. **泵池水位**

5.5.1 泵池中需要布设相应的水位感应装置，获取泵池内水位数据，为格栅运行控制、泵组运行控制和泵站管理人员调度提供基础数据。

5.5.3 雨水泵站泵池启动水位根据实际来水情况及降雨量预测趋势动态调整，尽量保持或提高泵站的排水余量，以应对后续降雨。

5.5.5 泵池水位计采用一种水位计存在感应误差几率，可以采用水位计互相校核的方法，两种水位计组合校核可以提高监测精度和自动化控制质量。

* 1. **调蓄池容量**

5.6.1 调蓄池运行状态对于智能调控系统调控桥区积水具有决定性影响，对调蓄池的水位和运行工况流量感知，可以为智能调控系统充分利用调蓄池剩余容量，以及为提前进入和排空调蓄池提供调控依据和安全保障。调蓄池感知设备也可以增加水质监测设备，保障调蓄池排空时满足相关管理部分对雨水使用或排放的环境保护要求，在完成调蓄作用的前提下，为调蓄水体出路选择决策提供依据。

5.6.3 对调蓄池的进出流量和池内水位进行监测，掌握调蓄池的运行工况，便于控制系统可根据实时水位数据下发控制指令。智能调控系统区别于一般的自动化调控系统，对于调蓄池可能存在提前进水或排空的要求，因此需要掌握调蓄池剩余容量变化趋势，在安全的前提下提高调蓄池的使用效率。

**5.7 排水出路水位**

5.7.1 下凹桥区采用重力流排水时，对排水管道及下游受纳水体的水位监测，分析重力流排水能力；采用泵提升方式排水时，对下游受纳水体水位监测，分析泵排能力。

5.7.3 接触式水位监测设备要具备过滤、排除干扰信号的功能。一方面，下凹桥发生积水情况时，道路上杂物会随水流对监测设备造成影响；另一方面，发生积水时过水行人和车辆溅起的水花和形成的涌浪会对监测设备造成影响。监测设备一般位于地势较低或空间有限甚至极度狭小的位置，因此也要注意其他设备的干扰信号对监测设备的信号影响。

**5.8 感知数据治理**

5.8.1 数据治理是一个重要的数据处理过程，需要遵循一定的原则和方法。在进行数据汇总、清洗时，需要关注数据的完整性、准确性、一致性、可信度和适用性，以确保清洗结果的准确性和可靠性。只有通过合理的数据清洗，才能得到具有实际意义和科学价值的数据，为决策和分析提供有力支持。

5.8.3 在进行数据清洗时，排除不可信的数据，确保清洗结果的可信度。常见的数据可信度问题包含数据来源不明、数据收集方法不当、数据采样偏差等。

1. **积水情态预测预警**

**6.1 一般规定**

6.1.1 降雨量预测可以从地方气象部门获取，也可以从桥区布设的雨量监测装置进行实时降雨量采集，通过气象数值模型进行未来降雨量预测。桥区排水系统运行工况通过布设感知设备进行状态采集，为模型模拟提供基本的数据支持。

6.1.2 积水演变预测包括产汇排模型、积水水位升速模型和客水量增速模型三种，这三种预测模型在实际管理过程中可以选择适合桥区的一种模式，或者多种模式组合的方式进行。

**6.2 降雨量预测**

6.2.1 降雨量预测模型对桥区降雨量进行预测时选择具有迭代学习能力的模型算法，即具备将实时监测降雨数据和模型模拟结果添加到原模拟过程中重新计算，并对原模型模拟结果不断自动进行修正和趋近的功能模块。

6.2.4 采用本地气象管理部门的降雨量预测数据精度不能满足桥区积水预测要求且没有其他数据来源时，可以直接由搭建好的降雨量预测模型计算获得。

6.2.5 气象预报数据间隔过大会导致预测模型无法进行小范围、高精度的模拟计算。预报提前量为雨积水情态预测模型提前接收降雨量预报数据的时间，足够的预报提前量可为模型模拟留出足够的运算时间。

**6.3 产汇排预测模型**

6.3.2 收集目标下凹桥桥区基础数据及参数，在划定的汇水区范围内建立桥区积水演变预测模型。在模型搭建完毕后的使用过程中，输入桥区预测降雨量数据，输出桥区积水演变情态。

6.3.4 模型可接入降雨量预测结果，并耦合地表产汇流二维模型、管网水动力一维模型及蓄排控制仿真模型。

**6.4 积水水位升速预测模型**

6.4.1 在降雨量和降雨强度确定的条件下，根据桥区低区设计和建设具体参数，以及排水管网和泵站的转输能力，通过建立桥区低区积水量和积水水位的对应关系，可以预测积水水位的变化趋势。这个过程中汇水量一般较大，对于雨水的渗透和蒸发量可以忽略不计，也不必考虑由于汇水产生的水动力条件影响。

6.4.2 下凹桥区积水水位升速模型中对于桥区的积水升速预测采用适合桥区特点的公式进行计算，针对桥区概化特征，提出关于积水水位和产流量的公式，本导则对桥区概化为倒棱台形，沿车流方向的桥区水平道路长度为*l*，宽度为*m*，两侧引道与水平车道的夹角分别为*a*和*b*，水位高度为*h*。具体公式如下：

（6.4.2）

式中：——产流流量（m3/s）；

*m*——水平路面横向距离（mm）；

*l*——水平路面长度距离（mm）；

*t*——入流时间（s）；

*h*——积水高度（mm）；

*a,b*——路面引道与路面夹角（°）；

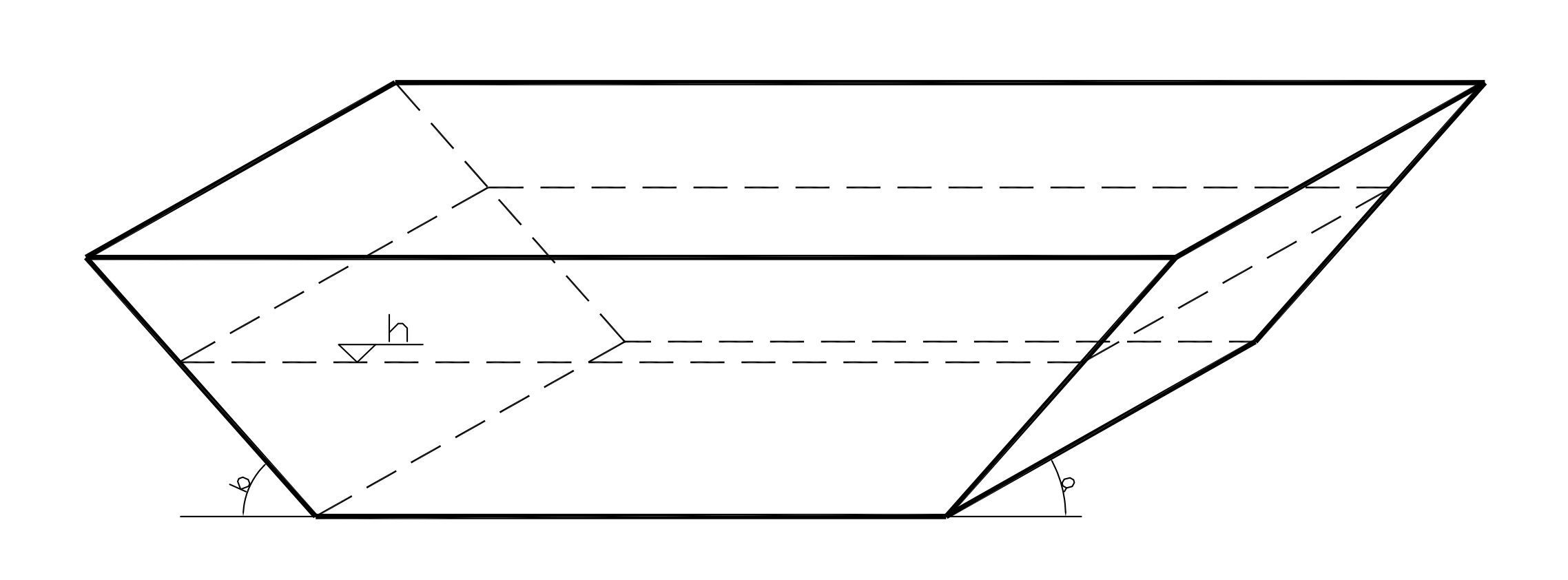


图6.4.2 桥区道路概化图

6.4.3 积水水位升速预测模型的下垫面基础数据包括桥区低区及周边的高程数据、构筑物参数及对桥区汇水速率和汇水量影响的挡水墙、路缘石等结构参数。

6.4.4 监测水位的变化可以在一定程度上反映积水演变过程，但是造成水位变化的原因繁多，所以监测水位感知积水演变过程需要较高密度的监测设备布设以及长期的数据积累。

**6.5 客水量增速预测模型**

6.5.1 监测客水入流下凹桥区的水量，可以更精准的对桥区积水演变情态进行分析。在某些情况下，桥区排水系统可以满足汇水区内所有来水，但超过排水系统排水能力的客水进入会产生积水情况。

6.5.2 下凹桥客水入流流量计算重点考虑因子包括降雨量（降雨强度）、高区高程数据、高区构筑物数据等，具体公式如下：

1 抛物线型横坡，客水入流流量可按下式计算：

（6.5.2-1）

式中：——客水入流流量（m3/s）；

*m*——路面横向距离（mm）；

*b*——路面竖向高程（mm）；

*h*——积水高度（mm）；

*V*——过水断面流速（m/s）。

2 下凹桥道路横坡若为直线型，客水入流流量可按下式计算：

（6.5.2-2）

式中：——客水入流流量（m3/s）；

*m*——路面横向距离（mm）；

*b*——路面竖向高程（mm）；

*h*——积水高度（mm）；

*V*——过水断面流速（m/s）。

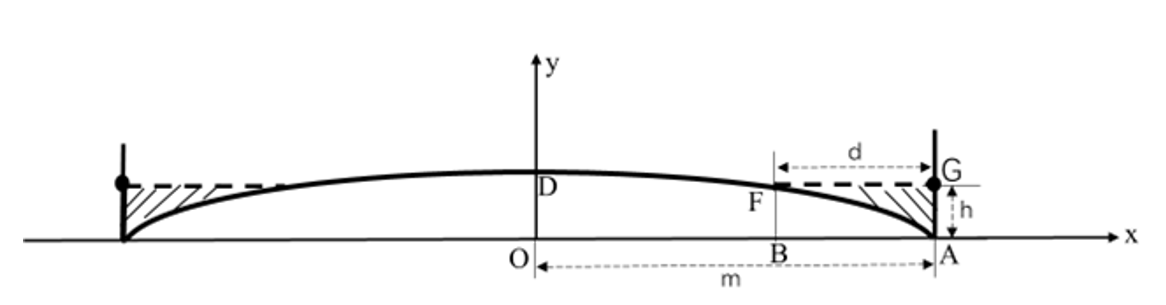


图6.5.2-1 抛物线型横坡客水入流情况

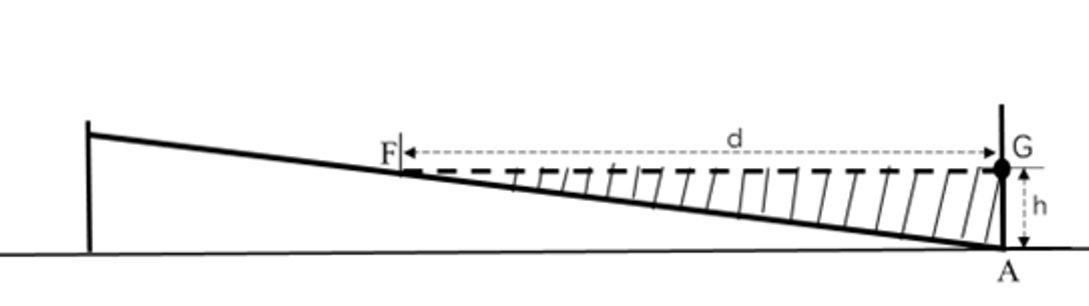


图6.5.2-2 抛物线型横坡客水入流情况

6.5.3 客水量增速预测模型适用于具备高区高程及构筑物数据，掌握低区客水入流点位并且点位相对固定的下凹桥。下凹桥道路两侧具有挡墙，道路两端具有分水岭的下凹桥以及四周开阔但客水入流点位固定的下凹桥均在本预测模型的使用范围之内。

**6.6 积水情态研判与预警**

6.6.1 模型模拟结果在不经过研判即使用的情况下，极易出现模型结果偏差较大的情况，形成偏离实际情况的预警信息。因此，需要对模型各项参数进行率定以及模型结果进行研判。

6.6.2 模型模拟结果与实际情况对比时，应重点关注积水内涝发生频次较高的区域、地势低洼区域以及重要设施所在区域。

6.6.5 按照《城镇内涝防治技术规范》GB51222-2017规定，“将积水深度小于15厘米的判定为轻微积水点，积水深度大于等于15厘米但小于25厘米属于较低风险易涝点；积水深度大于等于25厘米但小于40厘米属于中等风险易涝点；积水深度大于等于40厘米属于高风险易涝点”。由于下凹桥积水风险更加突出，本导则调整下凹桥预警等级和预警等级对应积水深度，加强城市下凹桥区排水防涝工作和道路安全保障。

1. **排水设施联调联控**

**7.2 排水设施控制工况感知**

7.2.1 排水设施工况是感知的重点对象，感知方法可以选择直接感知和间接感知两种途径。直接感知及采用监测设备对需要感知的排水设施进行信息采集；间接感知是通过对需要感知的排水设施相关联的设施工况信息进行采集，或通过建立数学模型，通过推算或数学模型模拟得到需要感知的排水设施的工况信息。

**7.3 排水设施控制仿真**

7.3.1 通过积水预测信息输入、实时工况信息处理与优化决策输出迭代等环节，一方面提高仿真结果的准确性，另一方面不断的更新蓄排调控方案，以达到下凹桥区蓄排设施最优化控制的目标。

7.3.2 桥区控制仿真模拟一般采用具备控制仿真模块的数学模型计算。对桥区排水设施进行机理和概化，输入桥区关键建设参数包括桥区几何参数、排水管道参数、泵组运行参数等，搭建控制仿真模型。

7.3.4 下凹桥区排水设施调控运行方案形成并经确认后，由智能调控系统执行该排水策略。方案执行后对所关注的运行指标，如合流制溢流量、调蓄池利用率等统计分析，并与控制仿真模型模拟结果和目标对比。运行指标和结果有差距的情况下，对模型中的参数进行优化调整；结合运行工况仿真模拟结果和调度控制规则，对下一次制定排水设施调控方案提供迭代学习帮助。

**7.4 排水设施智能调控**

7.4.1 智能化调控方式属于自动化调控方式的一种，是自动化调控方式的高级形式，本导则基于自动化调控方式，根据降雨量、客水入流量、下游收纳水体水位等条件变化，自动调整蓄排设施控制方案，建立针智能化调控方式，提出相应技术要求，提高蓄排系统的排水效能，增加下凹桥区主动应对内涝的能力。

7.4.7 智能化调控方式是指通过传感器、控制器、通信网络等信息化设备和系统，结合预测模型和控制仿真模型体系，对排水设施中能自动调节、检测、加工的设备、仪表，根据工作模式选择开环控制、闭环控制或复合控制等进行实时控制操作，实现随外界条件变化的自主分析、自动调整运行控制模式。

1. **应急抢险与交通联动**

**8.1 一般规定**

8.1.3 建立桥区内涝应急管理机制是应对短历时强降雨极为有效的手段。发生强降雨事件时，采取智能系统调控、应急人员现场管理相结合的方式，确保所有排水设施无故障且可满负荷运行，调蓄池与下游管网排水能力最大化，降低桥区积水风险。

**8.2 应急抢险**

8.2.1 与传统应急预案相比，针对智能调控系统的应急预案突出应急管理人员与系统的互动性，强调智能调控系统指令与应急排水管理部门的配合。应急过程中相关人员能够快速、准确地理解并实施智能系统的预警指令，服务于智能调控系统指令的传达与实施。当出现智能调控系统发出错误指令、运行故障（或失效）时，应急管理部门强制接管桥区排水设施运行权限并承担后续调控与指令发布职责。

8.2.2 协调气象监测、水利水务等多部门联动，实现下凹桥区排水系统、周边排水管网与下游江河湖海、水库等联合调度，通过提前腾空或降水位方式，提升下凹桥区的排水能力。

8.2.3 在智能调控模式中，防汛人员安全仍是积水治理的重要因素，配置管理人员、抢险人员、技术人员等专业人员共同开展工作。针对降雨过程中发生的排水设施故障抢修，遵循“安全优先”的原则，在优先确保应急管理人员生命安全的情况下开展抢险工作。当预测结果无法维持作业环境安全时，及时向抢险和相关管理人员发出警报。

8.2.4 当降雨预测模型或气象部门预测出现强降雨并且桥区存在严重积水风险时，应急管理部门宜及时响应，保障桥区排水设施最大排水能力。通过调控系统协调各部门提升管网与排水河道转输能力，设置挡水装置和导水装置，避免客水大量汇入桥区低水区，从而降低桥区积水风险。

**8.3 交通联动**

8.3.1 和交通管理部门联动是在桥区积水情态下避免人民群众生命财产受到损害的重要举措。与应急、交通等多部门建立沟通机制，做到接收到预警信号后，多部门之间能够及时组织协调交通联动措施。

8.3.2 应急管理系统要及时将应急状态向外界发送，将实施道路断交的桥区状态更改为封闭路段；待桥区风险解除，交通管理信息或导航可恢复为可通行状态。

8.3.3 在保障人员生命安全的基础上统筹规划桥区道路管控，合理引导车辆通行，避免因道路局部断交导致交通系统大面积拥堵甚至瘫痪。桥区断交可能导致周边辅路或非主干道车流量增加，造成拥堵，增加车祸风险，提前采取交通疏导措施。

**8.4 故障诊断与排除**

8.4.3 当接收到排水设施不良运行状态信息后，及时组织专业技术人员解除不良状态，技术人员管理应符合应急抢险人员管理的相关规定。

1. **智能调控系统养护**

**9.1 一般规定**

9.1.1 日常养护是保障应急响应质量的重要手段。定期对排水设施、受控设备，计算机及通信网络设备等硬件设施和预测预警模型、控制仿真模型等软件设施进行养护，养护内容为保持智能调控系统各单元（仪器、软件以及传感器等）执行效果及运行性能等工作。

9.1.2 对智能调控系统设施进行常规检查与重点保养。常规检查每月不少于1次，重点保养每年不少于1次。分别建立健全雨季与非雨季维护制度，非雨季定期进行设施养护，雨季提高检查频率，确保降雨时数据传输流畅，设施正常运行。设施完好性、精密度、使用年限等常规检查每月不少于一次；涂抹润滑、更换零件等重点保养每年不少于一次。

9.1.4 泵组、控制器、配电箱等涉电设施和设备间具备有效防水和排水措施，每次降雨后检查有无进水、渗水、漏水和泡水等情况，如有则及时排水，更换涉电设备且增加防水等级。

9.1.5 通过数据库中积累的历史数据可获取各设施历史故障信息，包括故障类型、现象、原因、相关要素，结合实时工况数据，可判断设施运行状态，还可预测可能出现的故障信息。若存在历史维修数据，便于出现故障时及时采取恢复应对措施。

**9.2 监测设施养护**

9.2.1 检查摄像头、电子水尺、流量计、雨量计等设备完好性；摄像头是否存在损坏或遮挡；电子水尺标识是否清晰，传感器是否反映灵敏；流量计阀门等是否有松动、泄露，零点是否满足要求；雨量计是否存在较大误差；确定设施设备的正常使用年限，确保其正常发挥监测预警作用。

**9.3 受控设施养护**

9.3.1 对于受控设施的养护，以预防受控设施故障、保持受控设施性能和减少与消除影响受控设施因素为原则，受控设施包括闸（阀）门、泵组等可被智能调控系统控制的设施。

9.3.2控制系统的关键性能指标有：稳定性指标、稳态性能指标、动态性能指标、全局性能指标等，保持受控设施的良好性能，是智能调控系统有效运行的基础。

**9.4 模型软硬件养护**

9.4.1 软件适时对算法的有关性能进行优化，如时间复杂度、空间复杂度、正确性、健壮性。由于算法应用情景变化很大，算法优化可以使算法具有更好泛化能力，如迭代算法、遗传算法、差分算法等模型计算方法的引入，优化后对系统进行验证和评估，并定期对模型进行全面更新。

9.4.2 模型定期进行检查更新，与桥区排水系统新建、修复、更新内容保持一致，并设置相关参数进行率定，重新调整模型。

9.4.3 在软件安装上，通过正规渠道，规范安装流程，避免因安装软件而导致病毒、木马等安全问题的发生；在软件升级上，宜及时更新操作系统、数据库、网络安全软件等，及时修补已知的漏洞并加强密码学技术保护；在软件维护上，宜及时修复系统的故障，使其运行效率达到最高化；在软件保护上，宜使用防病毒软件、防火墙和恶意程序保护软件等，加强网络安全防护；在软件安装、升级、维护后，应进行充分测试以验证软件的稳定性和安全性。

9.4.5 对模型数据进行备份，以防数据损坏或丢失。每日新增数据每日自动备份1次，全部数据每月自动备份1次，维修、更新系统前人工备份1次。参照现行国家标准《信息安全技术 数据备份与恢复产品技术要求与测试评价方法》GB/T 29765-2021的有关规定，对备份数据进行恢复测试，测试备份和恢复的有效性、安全性、可靠性，包括测试恢复的速度、数据完整性和准确性等。数据库的更新与维护日趋重要，不仅可以保证数据库的稳定性，还能对提升系统用户体验和性能有重要帮助。

1. **竣工验收和质量保障**

**10.1 一般规定**

10.1.1 智能调控系统中包含大量的自动化仪表及受控电子设备，需要满足《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB 50093-2013的要求。

10.1.3 智能调控系统竣工验收宜制定明确的验收计划。制定验收计划时，应与相关人员进行充分的沟通和协商，以确保计划的可行性和同步性；验收计划具备灵活性，允许在实际执行中进行必要的调整和变更。验收计划中明确定义验收的标准、要求以及验收检查、测试、测量和评估的具体步骤和方法，确保验收过程中的一致性和客观性。

**10.2 竣工验收**

10.2.2 在开展智能调控系统验收前完成各项前期工作并出具相应报告，包括进场仪表、材料的质量检测，单项软件测试，以及系统试运行数据分析与调整等。

10.2.4 计量器具和检测设备质量检测过程应符合计量器具检定与校准管理的相关规程，计量器具和检测设备应符合相关仪表标准的技术参数标准。

**10.3 质量保障**

10.3.1在智能调控系统质量保障过程中，验收团队把握对质量的承诺，完成质量保障目标。制定规范的质量保障工作流程，针对质量问题和运行反馈信息持续改进，提高智能调控系统质量。