

公共建筑（学校）给排水设计中应急供水保障体系构建

刘姣姣

石家庄市建筑设计院有限责任公司，河北 石家庄 050000

[摘要]高等院校是人口密度较大的公共建筑之一，供水的安全直接关系到师生的人身财产安全及正常教学工作的有序运行。而在市政停水、水质被污染或者发生某些灾害事故时，如何制定出合理有效的应急供水预案就成了抵御供水突发事故的一道有力屏障。文章基于高校给排水工程设计的情况，根据应急供水的特点和重要性，从应急供水现状调查、优选水源、供水方案、水质处理措施、应急供水智能化监测控制与调度以及应急管理等方面阐述了应急供水工程的设计方法，提出了具体可行的设计建议，以期为今后进一步完善学校公共建筑的应急供水设施、保证应急供水安全提供借鉴。

[关键词]学校公共建筑；给排水设计；应急供水；保障体系；水质安全

DOI: 10.33142/aem.v7i12.18655 中图分类号: TU82 文献标识码: A

Construction of Emergency Water Supply Guarantee System in Water Supply and Drainage Design of Public Buildings (Schools)

LIU Jiaojiao

Shijiazhuang Architectural Design Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Higher education institutions are one of the public buildings with high population density, and the safety of water supply is directly related to the personal and property safety of teachers and students, as well as the orderly operation of normal teaching work. When municipal water supply is cut off, water quality is polluted, or certain disasters occur, how to develop a reasonable and effective emergency water supply plan has become a powerful barrier to resist sudden water supply accidents. The article is based on the design of water supply and drainage engineering in universities, and according to the characteristics and importance of emergency water supply, it elaborates on the design methods of emergency water supply engineering from the aspects of investigating the current situation of emergency water supply, selecting water sources, water supply schemes, water quality treatment measures, intelligent monitoring and control of emergency water supply, and emergency management. Specific and feasible design suggestions are proposed in order to provide reference for further improving the emergency water supply facilities of school public buildings and ensuring the safety of emergency water supply in the future.

Keywords: school public buildings; water supply and drainage design; emergency water supply; safety system; water quality safety

引言

水是维持生命活动及正常教学秩序的基本要素之一，学校是一个集教学、生活、活动为一体的公共场所，人流量大，用水量集中，用水时间比较固定，对供水的安全性和连续性要求很高^[1]。近年来受全球气候变暖影响导致极端天气频繁出现，再加上市政供水管网老化、突发污染等情况时有发生，对学校的供水安全存在很大的不确定性风险。如果出现停水或者水质受到污染的情况，会影响到正常的工作、学习及生活，并有可能造成广大师生的恐慌情绪，甚至是危及人身安全^[2]。

目前，在国内大部分学校中，给水工程的设计主要考虑的是正常用水需求，对紧急情况下的应急给水措施考虑不足，如缺乏专门的应急给水水源，完全依靠自来水管网供应；或者没有设置应急给水设备，或虽有设置但平时疏于管理，不能及时投入使用；或应急给水与正常给水无法实现有效的切换等。应急供水水质保障措施欠缺，不能保证应急供水水质；应急管理手段不足，缺乏科学有效的应

急预案及演练程序^[3]。因此在学校给排水设计中提前建立完善的应急供水保障体系，并将其与日常供水统一考虑，增强抗风险的能力，是当前学校类公共建筑给排水设计中的热点问题之一。

本文立足于学校公共建筑场所特征，从理论和技术角度，梳理应急供水保障体系的关键组成要素，明晰各个环节的设计要点及技术标准，以期获得一套科学合理可行的应急供水保障体系建设方法，为学校的给排水工程设计提供参考，支持加强学校饮水安全工程。

1 学校应急供水保障体系构建的核心需求分析

1.1 用水特性分析

学校供水具有明显的时段集中性和使用功能多样性的特点，在教学时间内，每日早晨、中午、晚上为用水高峰期，主要包括教学楼厕所冲水、食堂餐饮用水、学生住宿用水等；在非教学时间（例如假期）内，则负荷下降很多，但也要保证在学校的人群的生活用水需求。当发生紧急情况，供水需求首先确保主要场所使用水，即学生老师日常

饮用水、厕所用水、食堂必要饮食用水以及实验室极小部分临时用水(如有),次要用水如浇灌、洗路等可以暂停。

1.2 应急场景分类与需求差异

学校面临的供水应急场景具有多样性,不同场景下的应急供水需求存在显著差异,需针对性设计保障策略。

按照风险来源可分为三类,一是市政供水中断类,包括市政管网破裂、泵站故障、计划性检修等情况,这类场景中水源本身没有被污染,主要诉求为尽快找到替代水源,满足基本用水量^[4];二是水源污染类,包括市政水源受到工业废水、生活污水、突发化学品泄漏等因素的影响而造成水质下降的情况,三是化学袭击事件,主要为针对水源地的投毒,此种情况下主要考虑对受污染水源进行处理,并保障洁净水源供给作为备用水源;二是生物袭击事件,例如在水源中投放霍乱菌株,此种情况下主要考虑对受污染水源进行处理并保障洁净水源供给作为备用水源;三是自然灾害,包括地震灾害、洪水灾害、台风灾害等,此种情况下可能造成供水基础设施损坏及管网破损,核心需求是构建独立的应急供水系统,保障极端条件下的基本用水供应^[5]。

2 学校应急供水保障体系的核心构成与设计要点

2.1 应急水源系统设计: 多元化配置与优化

2.1.1 备用蓄水池(罐)

备用蓄水池(罐)是学校应急水源的核心形式,主要储存市政自来水或经处理后的清洁水,适用于短期至中期应急场景。

具体的设计要点有以下几点:一是容积的设定,应根据最大的在校人数乘以应急用水定额及应急时间并预留10%~20%的安全储备,可按 $V=Q \times N \times T \times K$ 计算, V 为蓄水池容量, Q 为人均应急用水定额, N 为最大在校人数, T 为应急时间, K 为安全系数^[6];二是位置的选择和布置,应在用水负荷中心处设置,如宿舍区及食堂周围均可。避开低凹积水地段,蓄水池(罐)应有防渗漏、防污染措施,内壁做食品级防腐层,并加盖封闭,以防雨淋、杂物及蚊虫进入;三是补水与循环,正常工况下由市政管网定期补水,保持水质新鲜,设置循环泵实现水体循环,避免滞水变质。

2.1.2 再生水应急利用系统

对于规模较大、用水量大的学校,可构建再生水应急利用系统,将经处理后的校园生活污水(如宿舍生活污水、食堂废水)作为应急补充水源,适用于非饮用水场景(如卫生间冲洗、地面清洁)。设计要点:一是处理工艺,采用一体化再生水处理设备,“预处理+生物处理+深度过滤+消毒”的工艺路线,满足出水水质达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920—2020);二是管网分离,再生水应急管网应与生活饮用水管网分离,并采用不同的颜色进行区分(例如再生水管网使用浅绿色),禁止

混接,防止污染水质^[7];三为切换控制,设置自动切换阀,紧急情况下可以快速切换到再生水供水方式,并配置水质监测装置,确保出水水质达标。

2.2 应急供水输配系统设计: 高效衔接与稳定保障

2.2.1 管网系统设计

采取“正常+应急”双网合一的设计方式,即正常供水管道及应急供水管道公用主管,在主要位置安装转换阀门以在不同时间进行切换;对主要使用点(例如:餐厅、宿舍、医务室等)设置专用应急供水管线,保证应急供水情况下满足重要用户用水需求。同时选用耐腐蚀性高、强度高的材料(例如:不锈钢管、PE管),防止应急供水过程中发生管道爆裂而中断供水。同时在管道末端安装泄水阀及排气阀,方便应急供水之前对管道进行冲洗排气处理,保证供水水质^[8]。

2.2.2 加压与稳压系统设计

应急供水加压设备采用“变频加压泵+稳压罐”的方式,变频加压泵可以根据用水负荷变化自动调节转速,保证供水压力稳定(末端供水压力不小于0.15 MPa);稳压罐可以有效消除管网压力波动,防止水泵频繁启动,提高设备寿命。加压设备应设备用机组,一机一备或双机一备的设置方式,即在一台机器发生故障的情况下不影响应急用水,并且加压泵需与智能化监控系统相结合,在检测到水压不足时及时开启另一台加压泵。

2.2.3 防冻与抗震设计

对于北方寒冷地区的应急供水管网,应进行防冻处理,例如深埋敷设(埋深小于当地的冻土层深度)或者包裹保温材料(使用聚氨酯保温管),而对于户外裸露出来的管道及设备,则加装电伴热带以保证在低温环境下的正常使用^[9]。由于存在地震等自然灾害的风险,管网节点处应采用柔性连接,在设备基础上设置减震装置,提高系统的抗震性能,防止自然灾害破坏输配系统。

2.3 水质应急保障系统设计: 全流程风险防控

2.3.1 源头水质控制

根据不同的应急水源采用不同的源头防控方式:备用水库(罐)需对水源进行定期清洗消毒(≥ 1 次/季度),建立水源监控点位,监控项目有浑浊度、余氯、pH值等;中水回用作为应急水源则应在取水口前增加预处理单元(格栅及沉淀池),以去除水中的漂浮物以及较大颗粒物质,保障后续处理流程的稳定性。应急供水车接驳设备应在接驳口处设置前置过滤设施以过滤水中的杂物及悬浮物。

2.3.2 过程水质处理

依据应急水源的水质状况,配备相应的应急处理设施:对水质较好的备用水泵房取水采用消毒装置(紫外线消毒、二氧化氯消毒)杀菌后出水,保证余氯量为0.2~0.5 mg/L;对再生水或者受到轻微污染的水源,选用一体化应急净水机,“过滤-软化-消毒”一体化处理^[10],对水体中有机物、

重金属以及细菌病毒进行去除；针对突发性重污染情况，配备移动式应急水处理车辆，采取深度处理方式（膜处理），保障出水水质。

2.3.3 终端水质监测与预警

在应急供水管网关键位置（如蓄水池出水口、加压泵房出水口、重要用水点末梢）安装在线水质监测仪，检测项目为浊度、余氯、pH值、电导率，将采集的数据上传到智慧监管平台，并对超过国家规定限值的指标进行报警提示以及应急处置操作（如切换水源、加大投氯、停水）。另外配置移动式水质分析仪，在应急情况下进行现场快检，补充在线监控设施的功能缺陷。水质应急保障流程如图1所示。

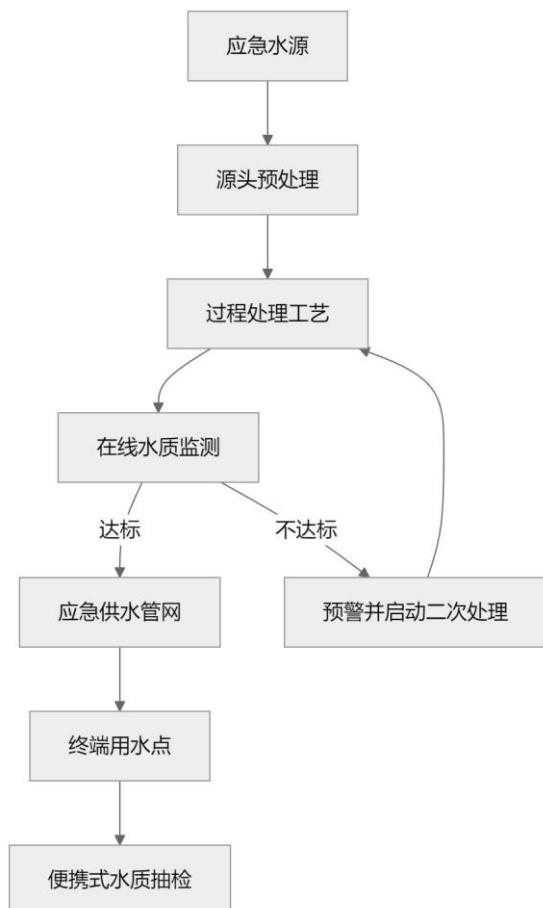


图1 学校应急供水水质保障流程图

2.4 智能监控调度系统设计：精准管控与高效响应

在应急水源、输配系统、水质保障系统的关键节点安装传感器，采集水量、水位、压力、流量、水质等实时数据；采用无线通信技术（如5G、LoRa）将数据传输至智能监控中心，建立数据备份机制，配备可视化监控平台，将采集到的实时数据以图表、地图等形式直观展示，实现对整个应急供水系统的远程监控。当发生供水异常（如管网压力骤降、水质超标）时，系统自动发出预警信号，同

时推送至相关管理人员的移动终端，并启动相应的应急响应预案，指导工作人员快速处置。

2.5 应急管理体系设计：制度保障与能力建设

学校项目的建筑给排水设计工作中，设计人员需要遵循相应的设计要点，按照学校项目建筑的实际情况，制定完善的建筑给排水设计方案和计划，统一相应的设计标准，提升建筑给排水设计的水平，促使学校项目建筑给水和排水系统的良好运行。建立健全应急供水管理制度（含应急水源、设备维护、水质监测、应急预案等制度），明确部门及人员职责。组建专业保障队伍，定期培训应急设备操作、水质检测等技能。建立应急联动机制，加强与多部门协作。制定完善应急供水预案，结合实际定期修订。定期组织实战化演练，每年1~2次，模拟不同应急场景下的供水保障流程，检验应急供水系统的运行效果与队伍的应急处置能力，及时发现并解决体系存在的问题。

3 应急供水保障体系的经济性与可靠性分析

3.1 经济性分析

应急供水保障系统成本主要由建设成本及运维成本组成。在建设成本上，“分阶段、循序渐进”，先实施以应急备用水池、水泵增压装置、简易水质检测仪器为主的应急设施，再结合学校大小、危险程度进行再生水应急回用系统、自动监测系统的建设，不盲目追求一次投入过大。运维成本上，通过优化设备选型、采取节能措施（变频加压泵、太阳能消毒设备）节省电费；通过建立日常维护制度来减少设备损耗及维修费；利用再生水等回用资源，节约水资源采购费用。还可以申请政府专项补助或者寻求社会资本。减轻学校经济负担。

3.2 可靠性分析

系统可靠性的保证主要体现在以下几方面：一是水源可靠，即多个水源供应，不致因为单一水源失效而导致应急供水中断；二是设备可靠，即所用设备的质量合格，性能稳定，并设置一定数量的备用机组，在日常使用中做好维护保养工作以保障其正常运行；三是系统可靠，即通过两路管网合流、柔性连接、抗冻抗震等方法，提高系统的抗风险能力；四是要管得住，完善管理制度及预案，强化队伍建设和演练，保证在应急状态下各项工作的有序开展。此外，可通过可靠性模拟分析，对体系的运行状态进行评估，识别潜在风险点并优化改进。

4 结论

学校作为具有较大社会公共影响力建筑类型，给排水专业在开展此类项目设计工作的过程中需要选择简洁、易用、好管理的系统及设施，减少后期运维期间的风险及成本。根据学校的用水特点和应急供水需求，应急供水保障体系建设应包括应急水源、输配水系统、水质安全、在线监测、管理制度等多个方面。以多种应急水源为依托，以双水源联合输配方式为主导，以水质安全为主线，以在

线实时监测为手段,以管理制度为核心,能够满足应急供水“安全、足量、及时、可持续”的基本要求,切实提高学校应对供水风险的能力,维护广大师生的生命健康及正常的教学工作秩序。

【参考文献】

- [1]吴绮华.基于学校项目的建筑给排水设计要点[J].石油化工建设,2022,44(5):155-157.
- [2]曹智.浅述屋顶花园对城市雨水资源利用的启示[J].城市地理,2015(14):152-153.
- [3]李娜.建筑消防给排水施工中常见问题及防治对策[J].消防界,2021(20):117-119.
- [4]查湘义.BIM 技术在建筑给排水工程设计中的应用[J].魅力中国,2019,22(39):318-319.
- [5]李月婷.应急避难场所给排水设计要点探讨[J].中国房地产业,2020,11(7):69-70.
- [6]程呈,李晓学,方昊,等.我国缺水地区核电厂中水回用技术初探[J].给水排水,2012,48(11):305-309.
- [7]吴震陵.中小学校园建筑的卫生防疫与安全使用[J].中小学管理,2020,4(22):46-48.
- [8]于诗濛,于利国,郑文清.高校消防安全管理现状分析及对策[J].冶金管理,2024,5(21):60-64.
- [9]王雪峰,贾玉贵,李丹.可持续设计教学模式探讨——基于给排水科学与工程特色专业课程创新教学模式研究[J].教育教学论坛,2016(6):209-210.
- [10]李春娟.新时期地方院校给水排水工程专业课程体系的构建[J].广东化工,2010,37(11):177-177.

作者简介: 刘姣姣 (1992.2—), 毕业院校: 河北工业大学城市学院, 所学专业: 给水排水工程, 当前就职单位: 石家庄市建筑设计院有限责任公司, 职务: 设计, 职称级别: 工程师。