

大型机场航站楼雨水收集与利用系统设计及效益分析

于萍波

中国民航工程咨询有限公司 北京 100621

摘要：随着全球水资源短缺问题的日益严峻，大型机场作为城市的重要基础设施，其水资源管理和利用效率受到广泛关注。本文旨在探讨大型机场航站楼雨水收集与利用系统的设计与效益分析，通过科学合理的系统设计，实现雨水的有效收集、储存、处理和再利用，以缓解水资源压力，促进可持续发展。

关键词：雨水收集利用；大型机场航站楼；系统设计；效益分析；可持续发展

引言

大型机场航站楼作为人流密集、占地面积广的区域，其雨水收集与利用具有巨大的潜力。通过构建雨水收集与利用系统，不仅可以减少对传统水资源的依赖，还能有效缓解城市排水压力，改善生态环境。本文将从系统设计和效益分析两个方面进行详细探讨。

1 大型机场航站楼雨水收集与利用系统设计

1.1 设计原则

大型机场航站楼雨水收集与利用系统的设计应遵循以下原则：

1.1.1 综合考虑地域特点

大型机场航站楼雨水收集与利用系统的设计，首先要充分考虑地域特点。这包括当地的气候条件，如年降水量、降雨分布、蒸发量等，这些都将直接影响雨水收集系统的规模和效率。同时，地形因素也不容忽视，如机场所在地的坡度、地势等，将决定雨水汇集和排放的路径。此外，建筑密度和布局也是设计时需要考虑的重要因素，它们将影响雨水收集设施的设置位置和收集能力。因此，我们必须根据这些地域特点，制定合理的雨水收集与利用方案，确保系统既符合实际需求，又具有可行性。

1.1.2 充分考虑经济效益

在设计雨水收集与利用系统时，我们还需要充分考虑经济效益。这意味着在确保水质的前提下，我们应尽可能选择经济实用的设施和技术。例如，可以选用性价比高的雨水收集设备，如高效的过滤器和储水罐，以降低系统建设和运行成本。同时，我们还可以通过优化系统设计，提高雨水利用效率，从而减少对传统水资源的依赖，进一步降低水费支出。

1.1.3 强调环保节能

环保节能是设计雨水收集与利用系统时必须注重的理念。我们应采取有效的技术措施，如设置沉淀池、过

滤装置等，以减少雨水中的污染物，确保收集到的雨水水质达标。同时，我们还可以利用雨水进行绿化灌溉、道路清洗等非饮用用途，从而提高能源利用率，减少对环境的影响。

1.1.4 便于管理维护

最后，系统设计还需考虑后期运营维护的便利性。我们应尽量采用标准化、模块化的产品，以便在需要时快速更换或维修。同时，系统设计应简洁明了，便于管理人员快速了解系统运行状态，及时发现问题并采取措施解决。这样不仅可以提高系统的可靠性，还可以降低维护成本，确保雨水收集与利用系统的长期稳定运行。

1.2 系统组成

一个完整的雨水收集与利用系统通常包括以下几个部分：

1.2.1 收集系统

收集系统是雨水利用的第一步，其核心任务是从屋面或其他适宜区域有效地收集雨水。在大型机场航站楼中，屋面集雨器扮演着至关重要的角色。这些集雨器，如雨水斗，被精心设计并安装在屋面的关键位置，以确保能够最大限度地捕捉雨水。它们通常具有防堵塞、易清洁的特点，以确保雨水的顺畅流入。与雨水斗相连接的，是错综复杂的排水管道网络。这些管道将雨水从屋面引导至汇流管，汇流管则作为雨水的集中收集点，将来自多个屋面的雨水汇聚在一起。排水管道的设计不仅考虑了雨水的流畅性，还充分考虑了结构的稳固性和耐久性，以应对机场地区可能出现的极端天气条件。

1.2.2 储存系统

储存系统是雨水利用的关键环节，它负责将收集到的雨水安全、有效地储存起来，以便在需要时随时提供水源。雨水蓄水池是储存系统的重要组成部分，它通常被建设在地面或地下，具有足够的容量来存储大量的雨水。蓄水池的设计考虑了防水、防渗和防污染的要求，

以确保雨水的质量和安^[1]。除了雨水蓄水池外，地下储水罐也是储存系统的一种常见形式。这些储水罐通常被埋设在地下，不占用地面空间，且能够有效地利用地下空间进行雨水的储存。它们具有密封性好、耐腐蚀、使用寿命长等优点，是雨水储存的理想选择。

1.2.3 处理系统

处理系统是确保雨水水质达到使用标准的关键环节。它一般包括粗滤设备、消毒装置和精细过滤器等设施。粗滤设备用于去除雨水中的大颗粒杂质，如树叶、尘土等；消毒装置则通过物理或化学方法杀灭雨水中的微生物，确保雨水的卫生安全；精细过滤器则进一步去除雨水中的悬浮物、细小颗粒等杂质，提高雨水的清澈度和透明度。处理系统的设计充分考虑了雨水的特性和使用需求，采用了先进、可靠的技术和设备，以确保处理后的雨水水质符合相关标准和要求。同时，处理系统还具备自动控制和监测功能，能够实时监测雨水的水质和处理效果，确保系统的稳定运行。

1.2.4 分配系统

分配系统是将经过处理的雨水送至用户终端的最后一环。它包括输水管线、给水泵站和计量仪表等设备。输水管线负责将处理后的雨水从储存系统输送至各个用水点；给水泵站则提供必要的动力支持，确保雨水的顺畅输送；计量仪表则用于监测和记录雨水的使用量和流量，为系统的管理和维护提供数据支持。分配系统的设计充分考虑了机场航站楼的用水需求和布局特点，确保了雨水的合理分配和高效利用。同时，分配系统还具备灵活性和可扩展性，能够根据实际需求进行调整和扩展，满足未来可能出现的用水需求变化。

1.3 具体设计措施

以北京大兴国际机场为例，其航站楼雨水收集与利用系统的设计采取了多项创新措施：

1.3.1 无柱设计提升雨水收集效率

北京大兴国际机场航站楼在设计上采用了独特的无柱结构，这一设计不仅为旅客提供了更加开阔、舒适的候机环境，同时也在雨水收集方面发挥了重要作用。航站楼屋面投影面积巨大，如果采用传统的有柱设计，结构柱会占据相当一部分屋面面积，从而遮挡雨水的自然流淌。而无柱设计则最大限度地减少了结构对雨水的遮挡，使得雨水能够顺畅地流向收集系统。具体来说，无柱设计使得航站楼屋面成为了一个连续的、无障碍的雨水收集面。当雨水降落时，它可以直接从屋面流入设置的雨水斗或排水沟，而无需绕过任何结构柱。这种设计不仅提高了雨水收集的效率，还减少了雨水在屋面上的

滞留时间，从而降低了屋面荷载和漏水风险。此外，无柱设计还为航站楼的外观设计提供了更多的可能性，使得航站楼在视觉上更加美观、大气。

1.3.2 虹吸式雨水排水系统加速雨水排放

为了进一步提高雨水排放的速度和效率，北京大兴国际机场航站楼采用了虹吸式雨水排水系统。虹吸式雨水排水系统是一种利用虹吸原理进行雨水排放的先进系统，它能够在雨水流量较大时形成虹吸效应，从而加速雨水的排放速度。相比传统的重力式雨水排水系统，虹吸式雨水排水系统具有显著的优势。首先，它能够显著提高雨水的排放速度，减少雨水在管道中的滞留时间，从而降低管道内的压力和负荷。其次，虹吸式雨水排水系统可以采用较小的管道直径和埋深，这不仅降低了建设成本，还减少了施工难度和对周围环境的影响^[2]。最后，虹吸式雨水排水系统还具有自洁功能，能够在雨水排放过程中自动清洗管道内壁，减少管道堵塞和维护成本。

1.3.3 多级调蓄设施提高雨水利用率

为了有效缓解雨水排放压力并提高雨水利用率，北京大兴国际机场航站楼设置了多级调蓄设施。这些设施包括一级调蓄水池、二级调蓄水池（景观湖）以及排水明渠等。一级调蓄水池是雨水收集系统的第一道防线，它能够在雨水降落时迅速储存大量的雨水，从而减轻后续处理系统的压力。二级调蓄水池（景观湖）则作为一级调蓄水池的补充和备份，它不仅能够储存更多的雨水，还能够通过自然蒸发和渗透等方式消纳部分雨水，同时作为航站楼周边景观的一部分，提升了机场的整体环境品质。排水明渠则是连接各级调蓄设施的通道，它确保了雨水的顺畅流动和有效排放。多级调蓄设施的设置不仅提高了雨水的利用率，还增强了机场对极端天气条件的应对能力。在暴雨等极端天气条件下，多级调蓄设施能够迅速储存和消纳大量的雨水，从而避免雨水对机场运行和周边环境造成不良影响。

1.3.4 智能控制系统实现自动化管理

为了确保雨水收集、储存、处理和利用的高效、稳定运行，北京大兴国际机场航站楼引入了智能控制系统。这一系统通过先进的传感器、控制器和执行器等设备，实现了对雨水收集与利用系统的全面监控和自动化管理。智能控制系统能够实时监测雨水的流量、水质和储存情况等信息，并根据这些信息自动调整系统的运行状态。例如，在雨水流量较大时，系统可以自动开启更多的雨水斗或排水管道，以加速雨水的排放；在雨水水质较差时，系统可以自动启动处理设备，对雨水进行净化处理；在雨水储存量不足时，系统可以自动调度储备

水源,以确保机场的正常运行。此外,智能控制系统还具有远程控制和故障诊断等功能。管理人员可以通过远程终端或手机APP等方式随时随地对系统进行监控和管理,及时发现并处理系统中可能出现的问题。这不仅提高了系统的运行效率和稳定性,还降低了管理成本和维护难度。

2 效益分析

2.1 经济效益

雨水收集与利用系统的首要经济效益在于节约水资源。传统上,机场航站楼等大型建筑的水需求主要依赖城市自来水供应,而随着城市化进程的加速和水资源的日益紧张,水费开支成为一项不小的负担。通过雨水收集与利用系统,机场能够有效减少对传统水资源的依赖。雨水经过收集、处理和储存后,可以满足航站楼内绿化浇灌、道路清洗等非饮用水需求,从而大幅降低水费开支,实现水资源的经济利用^[3]。此外,系统采用虹吸式雨水排水系统等先进技术,显著减小了管道直径和埋深。相较于传统的重力式排水系统,虹吸式系统能够更高效地排放雨水,减少了管道材料的使用和施工难度,进而降低了建设成本。这一技术创新不仅体现了经济性原则,也为机场的可持续发展奠定了坚实基础。

2.2 环境效益

雨水收集与利用系统的环境效益同样不容忽视。通过有效收集和利用雨水,系统显著减小了雨水径流速度和流量,降低了城市低洼地区易发生洪涝的风险。在暴雨等极端天气条件下,系统能够迅速储存和消纳大量雨水,减轻城市排水系统的压力,保障机场及周边区域的安全。同时,雨水收集与利用还有助于改善生态环境。系统通过减少雨水排放对周边环境的影响,改善了土壤结构和植物生长条件,为机场周边的生态系统提供了有力的支持。这不仅维护了生态系统平衡,还促进了生物多样性的保护和发展。更重要的是,雨水收集与利用是一种科学、经济、环保的水资源开发利用方式。它体现了循环经济和可持续发展的理念,有助于推动城市的绿色转型和可持续发展。通过系统的建设和运行,机场不

仅实现了水资源的有效利用,还为城市的环保事业做出了积极贡献。

2.3 社会效益

雨水收集与利用系统的建设和运行还带来了显著的社会效益。首先,它提高了公众对水资源保护和可持续发展的认识。通过系统的宣传和示范效应,公众更加了解了雨水收集与利用的重要性和可行性,增强了节水意识和环保意识。其次,大型机场作为城市的重要窗口,其雨水收集与利用系统的建设和运行有助于提升城市形象。系统展示了城市的环保理念和技术实力,增强了城市的国际影响力和竞争力。这不仅为城市赢得了良好的声誉,还为城市的可持续发展提供了有力支撑^[4]。最后,雨水收集与利用系统增强了社区的适应能力。在面对干旱或水资源供应不稳定的情况下,系统能够提供稳定可靠的水资源保障,提高社区的适应能力和稳定性。这不仅保障了居民的正常生活需求,还为城市的应急管理和防灾减灾工作提供了有力支持。

结语

大型机场航站楼雨水收集与利用系统的设计与实施,对于缓解水资源压力、促进可持续发展具有重要意义。未来,随着技术的不断进步和人们环保意识的增强,雨水收集与利用系统有望在更多领域得到应用和推广。同时,也需要政府和社会各界加大支持力度,推动相关技术的研发和应用,为构建资源节约型和环境友好型社会做出贡献。

参考文献

- [1]彭晶,杨跃敏,王珊珊,等.天津市滨海机场航站楼雨水回用系统设计及研制[J].海河水利,2017,(05):24-26.
- [2]路海锋,葛惟江.北京大兴国际机场全场雨水系统构建设计[J].给水排水,2020,56(12):93-98.
- [3]冯思博,彭晶,罗文凯,等.海绵机场LID设施雨水循环可视化模型构建[J].海河水利,2023,(02):90-94+107.
- [4]苏志能,张康.让雨水回用成为机场能源新动力[J].上海质量,2024,(12):53-57.