

# 新型材料在水利水电工程中的应用研究

谭勇 郭盈 秦红亮

湖南博旺水电建设有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6102

**[摘要]** 水利水电工程行业是国民经济的支柱产业,水利水电工程的设计、建设和运行对材料的技术指标、性能等也有严格的要求和限制。近年来,随着新材料不断地出现和发展应用,因此为了保障水利水电工程质量安全,本文以水电场用新材料典型应用实例为基础阐述新材料解决了传统材料制约水利水电工程发展的问题,从而提高了水利水电工程的科技含量和安全性能。

**[关键词]** 新型材料; 水利水电工程; 应用研究; 工程性能; 可持续发展

**中图分类号:** TV5 **文献标识码:** A

## Research on the Application of New Materials in Water Conservancy and Hydropower Engineering

Yong Tan Ying Guo Hongliang Qin

Hunan Bowang Hydropower Construction Co., Ltd.

**[Abstract]** The water conservancy and hydropower engineering industry is a pillar industry of the national economy. The design, construction, and operation of water conservancy and hydropower engineering also have strict requirements and limitations on the technical indicators and performance of materials. In recent years, with the continuous emergence and development of new materials, in order to ensure the quality and safety of water conservancy and hydropower projects, this article uses typical application examples of new materials for hydroelectric fields as the basis to explain how new materials have solved the problem of traditional materials restricting the development of water conservancy and hydropower projects, thereby improving the technological content and safety performance of water conservancy and hydropower projects. Guidelines for promoting the application and development of water conservancy and hydropower projects.

**[Key words]** new materials; Water conservancy and hydropower engineering; Applied research; Engineering performance; sustainable development

随着全球水资源开发需求增长和基础设施老化问题加剧,水利水电工程面临材料性能升级的迫切需求。传统建筑材料在抗腐蚀、耐久性和环境适应性等方面已难以满足高水压、复杂地质和极端气候条件下的工程要求。尽管近年来国内外学者在新型建筑材料领域取得进展,但针对水利工程特殊工况的系统性研究仍存在理论体系不完善、长期性能数据匮乏等瓶颈问题。本研究旨在系统评估新型材料在水利水电工程中的适用性,为水利工程材料选型规范修订提供理论依据,推动行业向高耐久、低能耗方向发展。

### 1 新型材料概述

#### 1.1 新型材料的分类与特性

新材料因特有的性能和广泛的适用性,对于水利水电工程的发展具有颠覆性的意义。进行新材料讲解,可以先对各种新材料进行细化,详细叙述新材料的性能,并为较为深入地理解新材料在水利水电工程中的运用打下基础。

#### 1.1.1 高分子复合材料

高分子复合材料是将两种甚至多种不同性能的材料通过一定方法组合在一起形成一种新型材料,这种材料具有重量轻、强度高、耐腐蚀、抗磨损等特性,因此在水文水电工程结构和机械制造中有着广泛应用,如聚氨酯复合材料具有良好的强度、韧性等特性,因此其在水力发电机方面得到了更为广泛的应用,可提高强化水电场输水发电设备的运行效率和使用寿命。

#### 1.1.2 纳米材料

纳米材料是粒径在1~100nm的一种特殊物质,具有不同于大尺寸材料的物理、化学、力学等特性。纳米材料在水利水电工程中的应用主要体现在对材料的强度、抗腐蚀能力、自洁能力等性能的提升。例如,纳米二氧化钛因其具有良好的光催化活性,可应用到水质处理领域中,进而净化水质,具有较好的环境治理功能。

### 1.1.3防腐材料

防腐材料是专门用于解决存在的环境腐蚀问题的材料,可通过提供物理障壁或存在化学反应的形式来改善金属结构内部腐蚀,其典型代表有高聚物涂料和金属涂料等。它们可较为有效地保护水力发电机组,并延长使用寿命,降低维护费用。

### 1.1.4绿色环保材料

随着可持续发展理念的不断深入,越来越多的绿色材料被应用于水利水电工程。其中,有些材料不仅低污染,还具有可循环等绿色环保特性,如生物降解塑料、再生原料等,使用这些材料可以降低工程对环境的破坏,更好地实现工程与环境的和谐发展。

新材料品种繁多,有针对性地使用新材料,实现了针对性的效果。由于不同类型新材料使用性能与适用场合不一,了解常用新材料特性,可以有的放矢地着手解决实际工程建设问题,从而更好地发挥新材料的优势,有力推动工程建设过程绿色、高效、安全发展。

### 1.2新型材料在工程领域的应用现状

新型材料在水利水电建设中的应用,将使水利水电工程技术发生巨大变化。从高分子复合材料到纳米材料,从智能材料到防腐蚀材料,从绿色环保材料到超材料,每一种新型材料都将在相应的工程中发挥其独特作用<sup>[1]</sup>。高分子复合材料的质量轻、强度高且耐腐蚀等特性,既可以减少设备重量、提高运行效率和使用年限,又能降低工程安装和设备的运行成本。例如,水利水电工程中应用的聚氨酯复合材料不仅减少了水电站大型水力发电设备的维护量,还延长了设备折旧年限,降低了设备运行成本。

鉴于纳米二氧化钛及其他有关纳米材料具有超细尺寸和出色的性能,在净水除污方面表现更为突出。纳米材料在改善材料力学理化性能、抗蚀性、自洁功能等方面有很大的潜力,可以提高和保证水利水电工程的运行安全性和可靠性<sup>[2]</sup>。

水利水电工程中应用智能材料,可以使水利水电工程具备一定的智能化和自适应能力,形状记忆合金等智能材料可以感知环境改变并产生响应,可广泛应用于水保闸闸门放水刮胶上,可自动调节密封线轮与闸面间的压力,保证闸门的密封性,减少维护次数,使水利水电工程更加安全可靠。

防腐材料的广泛应用可以从根本上解决水环境腐蚀问题,而应用聚合物涂层和金属镀层等的防腐材料可以有效地保护金属结构,延长水利水电工程设备的使用寿命,减少水资源利用的维修费用,保障工程长期稳定运行。

随着人们环保理念的日益深入,很多水利水电工程及其零部件制品采用了较多的绿色环保材质,部分生物降解材料、再生资源等甚至较好地克服了工程自身存在的一些环境问题,使工程与自然环境更好地结合,并完成了水利水电工程向绿色可持续水利水电的转变<sup>[3]</sup>。

## 2 新型材料在水利水电工程中的应用案例

### 2.1新型混凝土材料在大坝建设中的应用

大坝是水利水电工程的主要构筑物,大坝所选用的材料将直接影响其安全性、稳定性和使用寿命<sup>[4]</sup>。近年来随着国内外很多新型混凝土材料的研发与应用,改变了传统混凝土材料对大坝应用的局限,满足了目前大坝建筑中经常遇到的一些瓶颈问题,如提高了大坝结构技术性能和防护水体材料抗腐蚀性、耐磨性、自修复性等,将大坝的使用寿命持久化,并提高其防护水体建筑水平。下面将结合这些新型混凝土材料具体阐述其在大坝上的应用实例。

#### 2.1.1自密实混凝土的应用

自密实混凝土(Self-Compacting Concrete, SCC)因可流动性好、可密实性好、抗渗透性能好而被用于大坝施工作业。自密实混凝土不同于一般的混凝土,具有很好的流动性,不受外力作用就能沿壁面流动填满板与板之间的空间,提高了施工效率,保证了混凝土浇筑质量。大坝采用自密实混凝土浇筑会使大坝体内的气孔与裂缝大为减少,使大坝获得更好的抗侵蚀性和耐久性。

#### 2.1.2活性粉末混凝土的应用

RPC(Reactive Powder Concrete, RPC)是一种超高强混凝土,抗压强度高达200MPa,强度明显高于普通混凝土。RPC经过微硅粉、钢纤维改性,强度和韧度均较高,常用于大跨度大重力负荷等环境下的大坝等结构,能够较好满足该类型结构的承载和防止开裂的要求<sup>[5]</sup>。此外RPC密实性高,具有较好抗渗和抗侵蚀性能,因此适合在恶劣环境下对大坝进行保护修复。

#### 2.1.3纳米改性混凝土的应用

利用混凝土自身控制混凝土开裂,可以使混凝土较松散的部位得到致密,降低混凝土的导水性,从而提高混凝土的抗渗、抗侵蚀性能。通过纳米改性混凝土改善了水泥基体的微观孔隙结构,使大坝混凝土得到致密化处理,且可改善水泥浆体与混凝土本体的附着性。在大坝施工中大面积应用纳米改性混凝土可大幅提高大坝结构的寿命与安全性,从而延长大坝的使用时间。

#### 2.1.4绿色混凝土的应用

绿色混凝土是利用粉煤灰、矿渣粉等矿业环保混凝土拌合料将原混凝土拌合料部分或完全替换,由于其可以全面有效地节约利用资源降低环境压力,或使大坝体材料力学性能至少等于甚至高于普通混凝土,大坝施工建设中发展、普及绿色混凝土的强度标号将是通向绿色低碳环保隔热建筑之路。另外,绿色混凝土拥有很好的热屈服系数由此可减小大坝体温度应力,增加整体稳定。

#### 2.1.5智能混凝土的应用

智能混凝土是一种具有自感知能力的新型材料,如微胶囊混凝土中的自愈合功能。将智能混凝土引入大坝,可以实现对大坝结构的监测,发生裂缝之前对结构进行预警,在大坝结构产生微裂缝时进行自动修复,提高大坝结构的安全性;同时,智能混凝土的使用还可以减少大坝的日常养护费用,延长大坝的使用年限。

新型混凝土材料的发展为重力混凝土大坝的发展提供了有

力的支撑,并将进一步推动水库水电工程的可持续发展。随着新型混凝土的不断涌现和应用,重力混凝土大坝将走向更高性能、更长寿命、更环保、更安全的道路,为改善人类社会经济发展环境和保障人类社会能源安全作出新的更大贡献。

## 2.2 高性能防水材料在水电站维护中的应用

水利水电工程中,高性能的防水材料应用是工程安全可靠运行的重要条件,其不仅能防止水的渗透,还能保障工程的结构不会被水侵蚀,从而减轻维护工程的费用,延长工程的使用年限。下面通过几种典型水电工程中的高性能防水材料的应用实例,说明高性能防水材料的使用后,工程具有优良的技术经济效益。

### 2.2.1 聚氨酯防水涂料的使用

聚氨酯防水涂料是一种具有高弹性、高抗拉强度、耐化学介质腐蚀的防水涂料,适用于水轮机室、发电机房等水电站关键装备,涂刷后可形成高强度、高韧性、耐老化、致密、连续的薄膜,既可有效防止水分渗透,还可防腐保护,确保水电站关键设备安全长效运行,聚氨酯防水涂料抗老化能力强,经长期恶劣环境作用的水电站仍然能保持较好的防水效果,有效延长水电站养护周期。

### 2.2.2 纳米硅烷基防水剂的应用

硅烷基纳米防水剂是一种防水材料,具有分子很小的特点。它可以渗入混凝土表面并在毛细孔中形成大量的结晶,以阻止水分和一切有害气体进入混凝土内部,提高混凝土的致密性和抗渗性。此外,混凝土充填结构中使用硅烷基纳米防水剂保护混凝土属于耐水和耐酸碱的耐用品,它可以减小混凝土的孔隙率。水分和有害物质都不能通过,从而保护水电站的结构,延长水电站的使用寿命。

### 2.2.3 橡胶基防水卷材的部署

橡胶基卷材是一种韧性、延展性好、耐老化性好的优质弹性防水材料,在水电站建筑屋面、溢流坝表面等渗漏部位敷设橡胶基卷材可直接形成防水层,有效地阻止雨水、风蚀物对工程建筑结构的渗漏侵蚀。同时,橡胶基卷材还具有抗撕裂及抗冲击性能,具有能在高寒、酷热及异温等恶劣施工环境中保持材料本身防水功能的能力。

### 2.2.4 水性环氧树脂防水涂层的使用

电厂设备上的管道、阀等表面被水性环氧树脂防水涂料形成具有一定膜厚且能防腐蚀的保护膜,形成保护膜后,这些设备

不会被水及能腐蚀的一些金属离子等物质侵蚀,从而能够起到一定的使用目的,提高设备的使用寿命。而且与一些目前使用的环氧树脂涂料相比,水性环氧树脂涂料防水涂料施工简单、无溶剂,无异味,对仪表企业的生产自动化提供一定的安全保证。

## 2.2.5 无机防水涂料的运用

无机防水涂料是以无机硅酸盐为基础材料的防水涂料,它具有耐高温、耐酸碱的特性。作为水电厂设备热力工艺管道设备及化工工艺设备等高温腐蚀场地的防水材料,无机防水涂料在水电厂坝场设备上作为被水浸泡之后仍保持结构稳定、持久的防水膜,能有效阻止水分和腐蚀性介质的侵蚀,使设备免遭腐蚀损伤。此外,无机防水涂料具有良好的防火性能,可以在一场大火灾等极端情况下扮演附加保护的角色。

## 3 结论

综合以上研究内容讨论,不难看出,近年来新材料在水利水电工程中的应用及新材料对工程性能提升的作用。基于新材料的抗腐蚀、提升工程材料力学性能、提供工程材料更好的抗腐蚀等特性,高分子复合材料轻质耐腐蚀、纳米材料主要解决了过去水利水电工程传统材料所面临的问题,以及新材料提高了工程经济效益及安全性和可持续性。因此,通过不断技术创新和新材料的研发,利用跨领域研究合作和政策支持,可望水利水电工程将实现高性能化、高寿命化、低环境污染化,为国家社会发展提供保障,为我国能源供给安全提供基础支撑,真正实现人类与自然环境的和谐发展。

## 【参考文献】

- [1]王积勋.新型材料在水利水电工程建设中的应用[J].大众标准化,2024,(09):150-152.
- [2]黄影.生态理念在水利水电设计过程中的应用[J].中国高新科技,2022,(03):113-114.
- [3]于淳蛟.生态理念在水利水电设计过程中的实践与探讨[J].工程建设与设计,2019,(12):130-131.
- [4]林建.水利施工中新型混凝土材料的应用[J].科技展望,2015,25(27):92.
- [5]王新,侯中杰.水工混凝土建筑物表面修护新型材料[J].黑龙江科技信息,2015,(01):137.

## 作者简介:

谭勇(1953—),男,汉族,湖南郴州人,本科,高级工程师,研究方向:水利工程施工设计。