

# 水利工程水闸金属结构施工方法研究

唐明 方芳 唐国良

浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310051

**[摘要]** 水闸作为水利工程的重要组成部分,其金属结构的施工方法对整个工程的质量、安全及运行效率有着至关重要的影响。随着科技的进步和工程需求的多样化,金属结构的施工方法也不断创新。文中通过对水闸金属结构施工的各个环节进行分析,探讨了当前施工方法中存在的问题,并提出了一系列优化措施。通过实际工程案例验证,这些优化措施能够有效提高金属结构施工的质量和效率,为我国水利工程的发展提供有力支持。

**[关键词]** 水闸; 金属结构; 施工方法; 优化措施

DOI: 10.33142/hst.v7i8.13180

中图分类号: TV6

文献标识码: A

## Research on Construction Methods of Metal Structures for Water Conservancy Sluices

TANG Ming, FANG Fang, TANG Guoliang

Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

**Abstract:** As an important component of water conservancy engineering, the construction method of metal structures in water gates has a crucial impact on the quality, safety, and operational efficiency of the entire project. With the progress of technology and the diversification of engineering needs, the construction method of metal structures is constantly innovating. This article analyzes the various links of metal structure construction in water gates, explores the problems in current construction methods, and proposes a series of optimization measures. Through practical engineering cases, these optimization measures can effectively improve the quality and efficiency of metal structure construction, providing strong support for the development of water conservancy engineering in China.

**Keywords:** sluices; metal structures; construction methods; optimization measures

### 引言

水闸作为水利工程的关键设施,承担着防洪、排涝、灌溉、航运等重要任务。金属结构作为水闸的重要组成部分,其施工质量对水闸的安全、运行效率及寿命有着直接影响。因此,对水闸金属结构施工方法的研究具有重要意义。本文从施工准备、施工工艺、施工管理等方面对水闸金属结构施工方法进行探讨,以期为我国水利工程金属结构施工提供有益参考。

### 1 水利金属结构特点

水利金属结构的制作和安装需要遵循严格的技术规范和标准,在制作过程中,需要对金属材料进行精确的测量和切割,以确保结构的尺寸和形状符合设计要求,同时还需要对金属表面进行防腐处理,以提高其耐腐蚀性能和延长使用寿命;在安装过程中,需要根据具体的水利工程要求进行合理的布局和固定,确保结构的稳定性和安全性。

(1) 水利金属结构的稳定性。在水利工程中,金属结构需要承受来自水压、地震、风力等多种力的作用,因此必须具备足够的强度和刚度。为了提高结构的稳定性,可以采用不同的设计和施工技术,如使用加固材料、增加支撑柱等。此外,还需要定期对金属结构进行检测和维护,及时发现和解决可能出现的问题,确保其长期稳定运行。

(2) 水利金属结构的耐久性。在水利工程中,金属结构需要长期暴露在潮湿、盐分等恶劣环境中,容易发生

腐蚀和损坏,为提高结构的耐久性,以采用高质量的金属材料 and 防腐涂层,减少腐蚀的发生<sup>[1]</sup>。此外,还可以采用合理的结构设计和施工技术,降低结构的应力集中和疲劳损伤,延长其使用寿命。

(3) 水利金属结构的适用性。不同类型的水利工程需要不同形式的金属结构,以满足其特定的功能要求。例如,水坝需要使用大型的金属板材和支架来承受水压,而水闸则需要使用可调节的金属门来控制水流。为提高结构的适用性,可以采用灵活的设计和制造工艺,使其能够适应不同的工程需求和环境条件。

### 2 水闸金属结构施工方法分析

#### 2.1 施工准备

水闸金属结构施工是水利工程中的重要环节,涉及到金属结构的安装、焊接、防腐等多个方面。施工的质量和进度直接影响到整个工程的成功与否。因此,施工前的准备工作至关重要。

首先,要进行充分的市场调研和材料选择。水闸金属结构的材料通常是钢、不锈钢或其他特殊合金,需要根据工程的具体需要和使用环境来选择合适的材料。同时,要了解不同供应商的材料质量和价格,选择性价比最高的材料。

其次,要对施工现场进行实地考察。了解地形地貌、水文地质等条件,为施工方案的制定提供依据。例如,如果施工现场地处偏远地区,需要考虑运输材料的途径和成

本；如果施工现场的水文地质条件复杂，需要采取特殊的施工方法来保证施工的顺利进行。

最后，要制定详细的施工计划和流程。根据工程的设计文件和施工准备，制定出详细的施工计划和流程，包括施工的顺序、时间、人员、材料等，确保施工的顺利进行。

对施工现场环境，施工人员需要进行有效的管理和协调，确保施工的顺利进行，同时要与设计师、监理等密切沟通，及时解决施工中出现的問題。

## 2.2 施工工艺

(1) 构件运输。根据金属结构的具体尺寸、重量和运输条件，选择合适的运输方式是至关重要的。对于体积较大、重量较重的构件，应选择卡车或船只进行运输；而对于体积较小、重量较轻的构件，可以选择铁路或公路运输。在运输过程中，应采取适当的固定和保护措施，确保构件不受损坏，避免因运输原因导致的构件变形或破损。

(2) 构件安装。根据设计图纸和施工方案，采用合适的吊装设备进行构件安装。安装过程中应保证构件的位置、标高和连接尺寸准确无误。对于大型构件的安装，需要进行精确的测量和调整，确保其符合设计要求，同时在安装过程中，应注意构件之间的连接和焊接质量，确保连接牢固、焊接饱满，避免出现漏焊、虚焊等质量问题<sup>[2]</sup>。

(3) 焊接。在进行焊接作业时，必须选择合适的焊接方法、材料和工艺，并严格控制焊接质量。焊接质量的好坏直接决定了金属结构的稳定性和耐久性。在实际施工过程中，焊接人员应根据金属结构的材质、厚度和形状等因素，选择合适的焊接方法和工艺，并严格遵守焊接操作规程，确保焊接质量符合国家标准和行业规定。此外，焊接后应进行严格的质量检测，及时发现并处理焊接缺陷，确保金属结构的焊接质量达到预期要求。

(4) 防腐与防锈。常用的处理方法包括涂层、阴极保护和防腐涂料等。涂层是一种常见的防腐防锈方法，通过在金属结构表面涂抹一层抗腐蚀材料，形成防护层，隔绝金属结构与外界环境的接触，从而达到防止腐蚀和锈蚀的目的。阴极保护是通过在金属结构表面施加外部电流，使金属结构成为电解质溶液中的阴极，从而减缓或阻止腐蚀过程。防腐涂料则是将特殊配方的涂料涂覆在金属结构表面，形成一层坚硬的保护膜，有效防止腐蚀和锈蚀。在实际施工中，应根据金属结构的用途、环境和腐蚀程度，选择合适的防腐防锈方法，并确保处理效果符合相关标准和要求。

## 3 水利金属结构常见问题

### 3.1 结构安全性问题

水利金属结构承载着水压力和各种荷载，因此结构必须能够承受来自水的压力、土压力、冰压力以及各种外部荷载，如水流的冲击力、地震力等。因此，金属结构的设计、制造和安装都必须严格按照相关规范进行，以确保其安全性和可靠性。

在实际应用中，水利金属结构仍然存在一些问题。由于设计不当或材料质量不达标，有些金属结构可能无法承受预期的荷载，导致结构变形、破坏甚至倒塌。连接件是金属结构中起到连接、传递荷载作用的部件，其性能直接影响到整个结构的安全。如果连接件出现松动或断裂，会导致结构整体失稳，甚至引发事故。此外，稳定性问题主要表现为结构在受到外部荷载作用时，容易产生过度变形、屈曲或失稳，将会导致结构无法正常工作，甚至发生破坏<sup>[3]</sup>。

### 3.2 腐蚀问题

由于水环境的特殊性，水利金属结构容易受到腐蚀的影响，尤其是在盐水或海洋环境中，将会导致金属结构的损坏和减弱，甚至引发严重的结构失效。

水利金属结构的腐蚀主要是由水和氧气导致的。当金属与水 and 氧气接触时，会形成电化学反应，产生电流。这个电流会导致金属发生氧化还原反应，从而产生氧化物，锈会不断地侵蚀金属，导致金属结构的损坏和减弱。在盐水或海洋环境中，腐蚀的速度会更快。这是因为盐水中含有大量的氯离子，氯离子会加速电化学反应的进行，从而加速腐蚀的过程。腐蚀不仅会导致金属结构的损坏和减弱，还会影响工程的安全运行。例如，如果水利工程中的金属结构受到严重的腐蚀，可能会导致工程结构的承载能力下降，甚至引发结构失效。

### 3.3 误差累积问题

在现代水利工程中，金属结构的制作与安装是至关重要的环节。这些结构通常承担着支撑、保护和导流等重要功能，其质量直接关系到整个水利工程的安全性与可靠性。然而，在金属结构的制作和安装过程中，常会遇到误差累积的问题，这不仅威胁到工程的质量，可能引发安全隐患。

水利金属结构对精度的要求极高，因为任何微小的误差在累积起来后，都可能导致最终的结构无法满足设计要求。这些误差可能源自多种因素，如原材料的尺寸公差、加工设备的精度、操作工人的技术水平，以及安装过程中的环境因素等。尺寸误差可能导致结构部件间的配合不良，角度误差可能导致结构部件无法正确对接，而连接误差则可能影响结构的整体稳定性。

## 4 水利金属结构的设计与优化的策略

### 4.1 结构荷载

水利金属结构的设计与优化是确保水利工程安全、可靠和高效运行的关键。在水利金属结构的设计与优化过程中，需要对结构荷载的进行合理分析

水利金属结构所承受的荷载类型多样，主要包括静荷载和动荷载。静荷载主要包括结构自重、土压力、水压力等。其中，结构自重是不可避免的荷载，它取决于结构材料的密度和结构尺寸。土压力则与土体的性质、结构尺寸和土体与结构之间的接触条件有关。水压力是水工结构中常见的荷载，其大小取决于水的深度、水的密度以及结构在水中的位置。动荷载主要包括波浪力、流体冲击力、地震

作用等。波浪力是海洋工程和海岸工程中常见的动荷载，它取决于波浪的高度、周期和波浪谱。流体冲击力主要出现在水流速度较快的水域，如瀑布和急流。地震作用则与地震动的特性、结构所在地的地震烈度以及结构的抗震性能有关。

在进行结构荷载分析中，需要对各种荷载进行详细的分析和计算，以确保结构在各种工况下的安全性，需要考虑荷载的组合效应，即不同荷载共同作用时的效应。此外，还需要对荷载进行时程分析，以考虑荷载随时间变化的影响。时程分析可以采用傅里叶级数、三角函数或其他数学方法进行。在时程分析的基础上，可以绘制荷载随时间变化的曲线，以便在结构设计和优化过程中参考。

#### 4.2 强度和刚度

水利金属结构的设计与建造其核心目标是为人类提供安全、可靠和高效的水利设施。

首先，强度是指水利金属结构抵抗外部力量的能力。在水利工程中，金属结构需要承受的荷载包括自重、水压力、风压力、冰压力等。此外，还有各种人为因素，如施工过程中的临时荷载、运行过程中的设备荷载等，为确保结构的安全，设计者必须对这些荷载进行精确计算，并选择合适的材料和尺寸，以满足结构的强度要求。

其次，刚度是指水利金属结构在受力时抵抗变形的能力。在水利工程中，刚度的重要性体现在两个方面。一是防止结构过度变形导致功能失效，如水坝的刚度不足可能导致漏水；二是保证结构的稳定性，防止在荷载作用下产生不稳定的振动或失稳现象。因此，在设计过程中，设计者需要对结构的刚度进行充分考虑，确保其在各种工况下的稳定性<sup>[4]</sup>。

在实际设计过程中，设计者需要根据具体情况和水工规范，对金属结构的强度和刚度进行计算和验证，包括对材料性能的选用、对结构尺寸的优化、对抗力系的确定等。此外，设计者还需考虑结构的耐久性，确保其在长期的运行过程中能够承受各种自然和人为因素的影响。随着计算机技术和材料科学的不断发展，现代水利金属结构的设计与建造已经取得了显著的进步。例如，通过有限元分析软件，设计者可以对结构在各种工况下的应力、应变进行精确模拟，从而优化结构设计，提高其安全性和经济性。同时，新型材料的研发和应用也为水利金属结构的发展提供更多可能性。

总之，在设计过程中，设计者应充分考虑各种荷载作用，合理选择材料和结构形式，并进行严格的计算和验证。随着科技的进步，我们有理由相信，未来水利金属结构的设计与建造将更加先进、高效和安全。

#### 4.3 CAD 和数值分析

现代化设计工具如计算机辅助设计（CAD）和数值分析

软件在水利金属结构设计中发挥着至关重要的作用。水利金属结构设计是一项复杂的任务，需要精确的计算和精细的图形展示。CAD 软件和数值分析软件正好提供了这样的功能。

首先，CAD 软件可以进行三维建模，让设计师能够直观地展示结构，不仅有助于设计师更好地理解设计对象，还可以方便地进行工程分析和设计。通过 CAD 软件，设计师可以轻松修改和优化设计，提高设计效率。其次，数值分析软件能帮助进行结构强度、刚度、稳定性和疲劳分析等，提供科学的数据支持。这些分析对于确保水利金属结构的可靠性和安全性至关重要。此外，现代化设计工具还可以实现参数化设计，让设计师能够更快速、更准确地进行设计，参数化设计可以让设计师通过调整参数来优化设计，大大提高了设计的效率和质量<sup>[5]</sup>。

总的来说，现代化设计工具如计算机辅助设计（CAD）和数值分析软件在水利金属结构设计中发挥着至关重要的作用，不仅可以帮助设计师更好地展示和理解设计，还可以提供科学的数据支持，实现参数化设计，提高设计的效率和质量。

#### 5 结语

本文对水闸金属结构施工方法进行了研究，分析了当前施工方法中存在的问题，并提出了一系列优化措施。实际工程案例验证表明，这些优化措施能够有效提高金属结构施工的质量和效率。因此，本文的研究成果为我国水利工程金属结构施工提供了有益参考。在今后的工作中，还需不断探索和总结新的施工方法和技术，为我国水利事业的发展贡献力量。

#### [参考文献]

- [1]高学先. 水利工程水闸金属结构施工方法[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(3): 92-96.
- [2]陈宇航. 水利工程中水闸施工技术研究[J]. 水利科技与经济, 2022, 28(10): 145-148.
- [3]张彬. 水利工程水闸金属结构施工方法研究[J]. 珠江水运, 2022(7): 89-91.
- [4]赵大海. 水利工程水闸金属结构施工方法[J]. 珠江水运, 2021(15): 110-111.
- [5]刘志宏. 水利工程水闸除险加固的施工方法研究[J]. 地下水, 2021, 43(4): 291-292.

作者简介：唐明（1976.9—），重庆大学，工程管理，浙江江能建设有限公司，分公司经理，高级工程师；方芳（1981.9—），天津理工大学，工程造价，浙江江能建设有限公司，培训中心主任，高级工程师；唐国良（1970.9—），重庆大学，机电一体化技术，浙江江能建设有限公司，项目经理，助理工程师。