

抽水蓄能电站大型压力钢管智能化生产制造的研究与应用

梁加虎 陈云

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810007

摘要: 本文说明了一种抽水蓄能电站大型压力钢管智能化生产制造工法, 智能化生产在提升生产效率、降低制造成本、保证产品质量方面的实际效果。压力钢管的智能化生产制造工法不仅能够提高生产效率, 减少资源浪费, 同时也为抽水蓄能电站的高质量建设提供了坚实保障。在实现可持续发展目标的过程中, 深入研究和推广这一工法具有重要意义。

关键词: 抽水蓄能; 压力钢管; 水电站

前言

随着全球对可再生能源利用的日益重视, 抽水蓄能电站作为一种高效的能源储存和调配系统, 正受到广泛关注。抽水蓄能电站不仅有助于平衡电网负荷, 还能有效调节可再生能源的输出, 为实现低碳经济和可持续发展目标提供了重要支撑。在抽水蓄能电站的建设中, 压力钢管作为输水系统的关键部件, 决定着整个电站的运行效率和可靠性。因此, 优化压力钢管的生产制造工艺, 尤其是实现智能化生产, 显得尤为重要。传统的压力钢管制造方法往往存在工艺流程复杂、生产效率低、质量不稳定等问题, 这些问题在一定程度上制约了抽水蓄能电站建设的进度和质量。为了解决这一难题, 借助现代制造技术, 尤其是自动化手段, 将压力钢管的生产流程进行智能化改造, 实现高效、低成本和高质量的生产, 显得尤为迫切。

1 工法特点

1.1 高效性: 本智能化生产工法将各个生产环节进行系统化安排, 通过标准化的操作流程和设备配置, 显著提高了生产效率。各环节的工艺动作和传递路径进行了优化, 使得从原材料进厂到成品出厂的周期大幅度缩短。这种高效性不仅降低了生产成本, 还加快了项目整体的建设进度, 保证电站能够按时投入使用。

1.2 安全性: 本工法通过对生产过程的合理规划与设备的智能化控制, 能够有效降低生产事故的发生率。此外, 厂区安全通道铺设、门机摄像头及报警装置安设、基坑防护栏杆设立、高空防坠装置等一系列安全防护措施的执行也为操作人员提供了保障, 形成一个安全、可靠的生产环境。

1.3 标准化性: 在智能化生产中, 所有工序都遵循严格的操作标准, 使得生产流程形成一套标准化体系。这种标准化不仅使各个环节的操作更加规范, 提高了生

产的可预见性, 还便于后续的培训和新员工的融入。同时, 标准化也为质量控制提供了依据, 使得后续监测和检验更加便捷。

1.4 经济可行性: 智能化生产通过高效率的工序布局和自动化设备的应用, 显著降低了生产成本与时间。这种模式能够灵活调整生产规模, 快速响应需求变化, 提高了投资回报率。同时, 标准化的流程管理减少了原材料浪费, 进一步增强了经济效益。

1.5 可持续性: 智能化生产强调资源的有效利用与节能减排。通过优化工艺流程, 降低了能源和物料的消耗, 符合环保发展理念。此外, 标准化生产带来的高质量产品也减少了后期的返修与处理, 从而降低了对环境的长期影响, 助力电力系统的绿色转型。

1.6 智能化: 采用数控等自动化设备及自动化控制系统, 实现对生产设备的实时监测与故障预警, 提高设备运行的可靠性。工序方面, 通过智能化调度优化生产流程, 确保各工序之间的高效衔接。同时, 科学合理的生产布局, 能够实时调整工艺参数, 提升产品质量与生产效率, 最终实现生产过程的智能化与精细化管理。

2 适用范围

本工法适用于不同海拔地区的抽水蓄能电站压力钢管的制作, 同时适用于生产不同材质、板厚及尺寸的压力钢管。

此外, 智能化生产能够满足大批量、高标准的需求, 适用于国内外各类抽水蓄能电站建设, 推动了电力行业的可持续发展。同时, 它也可以应用于其他类似大直径钢制管道的生产制作项目, 为各种工程提供高质量高效率的生产条件。

3 工艺原理

本工法设计的抽蓄电站大型压力钢管智能化制造系统, 主要由钢板存放区、数控下料区、数控铣边区、钢

板对接区、对接板焊接区、钢管卷制区、纵缝焊接区、加劲环安装区、加劲环焊接区、组对区、环缝焊接区、防腐打砂区、钢管存放区组成。其原理在于：在大型压力钢管生产制造过程中，从原材料进厂开始，按照系统的智能化布局，协调各工序间的衔接，通过智能化的设备及布局，大大节省制作时间，减少材料的浪费，缩短

制作工期，提高产品的质量。

如下图所示为实际个工序平面布置。考虑到工序衔接的问题，本智能化生产工法将工序按照生产流程以己字型依次排列于生产车间，每道工序间利用门机进行转序，车间内外则配备转运台车。此智能化布置科学合理，在满足生产的同时减少了起吊跨度，大大缩短了施工工期。

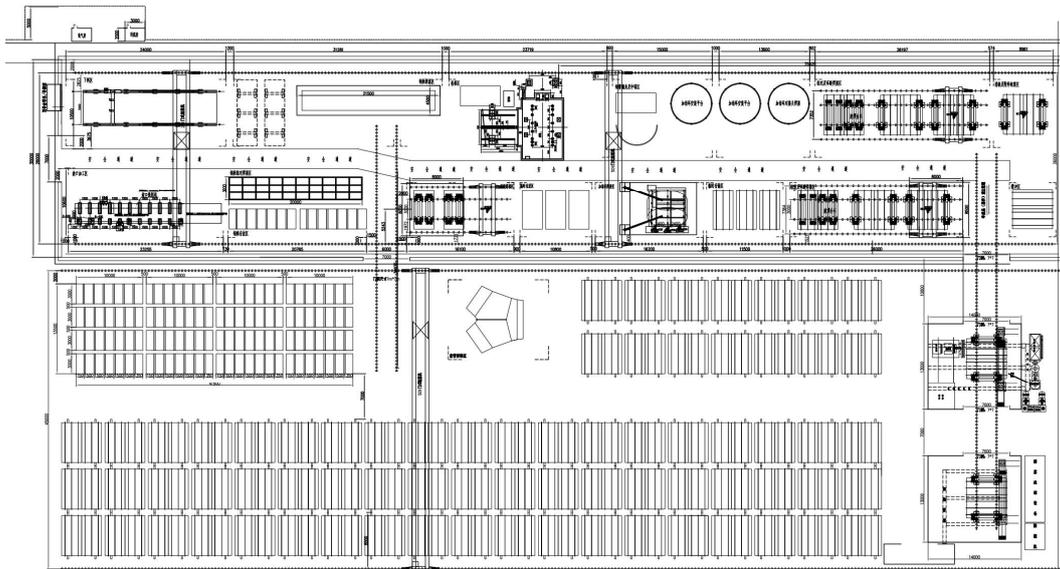


图1 厂区工序平面布置图

3.1 抽水站压力钢管通常采用高强度合金钢材料，以确保其在高压环境下的安全性和耐久性。智能化生产中，利用TOFD无损检测技术，实时监控进厂材料，确保其符合设计标准。

3.2 在制造之前，采用计算机辅助设计（CAD）和Solidworks等三维软件技术对生产线进行建模分析，确定施工重难点，并排除可能存在的安全隐患。

3.3 采用先进的自动化焊接设备，结合智能化控制系统，实现焊接过程的实时监控和调整。通过数据采集与分析，优化焊接参数，减少焊接缺陷，提高焊接质量。

3.4 在成品出厂前，采用无损检测技术对大型压力钢

管进行全面检测，包括超声波检测、射线检测等。通过智能化检测设备，实时监控管道的内部缺陷，确保产品的安全性和可靠性。

4 施工工艺流程及操作要点

4.1 施工工艺流程

压力钢管一般包括上平段、上斜井段、中平段、下斜井段、下平段等几部分。由于地质条件的变化以及蓄水后水压的变化，各个部分的管径、材质及壁厚均有所不同。为保证生产不同管径、壁厚及材质的钢管时能够顺利进行，我们经过讨论，创新性的设计处一种智能化生产工法，其工序流程说明如下：

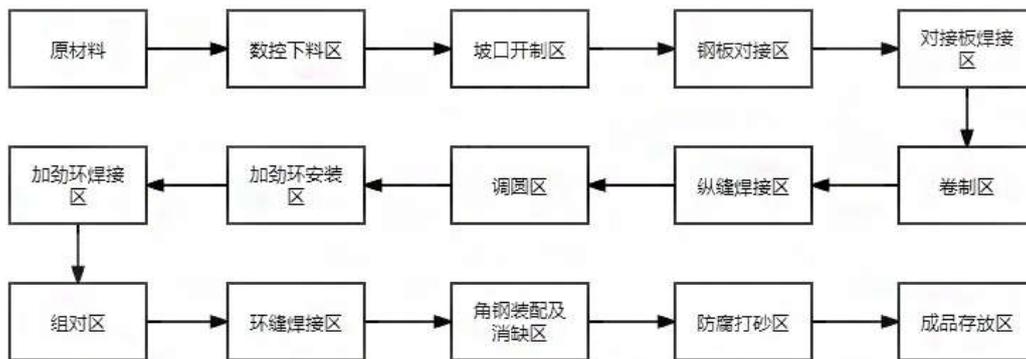


图2 工序流程图

4.2 操作要点

4.2.1 数控下料

数控下料区是整个生产流程的起始环节，主要负责将原材料钢板按照设计尺寸进行切割。在此工序，我们配备有数控火焰切割机，可实现高精度、自动化操作，确保切割质量的同时提升生产效率。该区域在生产过程中需严格按照生产计划，合理调配切割顺序，降低材料浪费同时具备专职人员定期维护和校准设备，以确保切割精度。切割后，材料需进行初步检验，确保所有下料尺寸符合设计要求，并做好标识以便后续工序使用。

4.2.2 坡口开制

坡口开制区负责对切割好的钢板进行坡口加工，以确保后续焊接质量。此区域我们同时配备有一台无压梁双侧四驱六动力头铣边机和气体火焰切割机，以适应形状各异的钢管坡口开制，确保坡口角度和深度均满足焊接工艺要求。该区设备需具备高精度和稳定性，以避免因加工误差影响焊接强度。坡口加工完毕后，进行检查，确保表面无缺陷、杂质，以提升焊接的可靠性。合格的坡口钢板进行标注并送往下一个工序。

4.2.3 钢板对接

经过坡口处理的钢板在钢板对接区进行精确对接。此环节的关键在于对接精度，因此本工序配备一台钢板组对平台，以确保对接位置准确，间隙均匀，保证焊接质量。该区需要严格控制环境条件（如平台水平度、稳定度）以及操作工人的操作规范，以避免对接过程中的变形和位移。对接后，需进行尺寸及对接处平面度检测，确认所有对接正确无误后，符合工艺标准的钢板将被标记并转移至焊接区。

5 安全措施

5.1 建立E&OHSMS环境与职业健康安全管理体系，制定现场安全管理程序文件。编制适合本工法需要的安全防护手册。

5.2 加强现场的安全检查与监督，建立健全现场安全管理责任制，建立完善的安全保证网络体系和安全管理机构，设一名专职的安全员，负责项目的日常安全管理工作，层层落实安全责任制。在生产活动中作到人人参

与安全管理，实行全员的、全过程、全方位、全天候的动态安全管理。

5.3 实行定期召开安全会议制度，将安全会议纳入定期会议内容。每周召开一次有班组长以上参加的安全会议，检查本周重点，安排安全生产任务。全面实行班前5分钟安全会制度，作到预知危险活动、预防危险活动，把安全隐患消灭在萌芽状态。

5.4 对作业人员进行施工前的安全技术交底，加强参与人员的安全培训工作。在工程开工前组织有关人员学习国家安全生产的法规、《水利水电建筑安全技术工作手册》、《安全生产手册》，并进行安全作业的考核。加强对作业人员的安全操作技能培训和考核。

6 环保措施

6.1 建立由项目经理直接领导的环境保护管理和监督机构，负责组织和监督环境保护措施的落实。

6.2 合理规划生产厂区，做到工完、料尽、场地清，随时清理现场；完成一处，清理一处，不留垃圾，不留剩余施工材料和施工机具。建立健全卫生保洁制度，做好厂区卫生清理。

6.3 采取有效措施降低噪音和粉尘排放污染。在施工现场周围及场地内做防洪、排水等保护措施以防止冲刷和水土流失；施工用水及地下水及时排除，严禁流水横溢。严格按国家和地方有关环境保护法规和规章的规定控制辐射和有毒气体；探伤射线作业按国家相关规定要求进行，不对周围环境和人员造成危害。

参考文献

- [1]王可,齐志诚,杜贤军,杨子强,唐修波,刘琛祺,陈珂.新型电力系统下抽水蓄能和新型储能融合发展研究[J].水电与抽水蓄能,2025,11(01):26-32.
- [2]王闻通.淮安抽水站智能变电所建设要点探析[J].治淮,2025,(01):48-50.
- [3]周伟,周浩晨,王缙.智能开关站技术在抽水蓄能电站中应用研究[J].水电站机电技术,2024,47(12):104-107.
- [4]张宗亮,刘彪,王富强,喻葭临,严磊.中国常规水电与抽水蓄能技术创新与发展[J].水力发电,2023,49(11):1-6+114.