

ICS 93.080

CCS P 66

团 体 标 准

T/JSJTQX 79—2025

混凝土预制构件智能蒸汽养护技术规程

Code for intelligent steam curing of prefabricated concrete components

(发布稿)

2025-09-28 发布

2025-10-01 实施

江苏省交通企业协会 发布

目 次

前言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 基本规定	2
5 智能蒸汽养生设施	3
6 智能蒸汽养护	5
7 设备运行检查	6
8 安全	6
9 环境保护	7

前 言

本文件按照GB/T1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省交通企业协会提出并归口。

本文件起草单位：中铁七局集团有限公司、中铁七局集团西安铁路工程有限公司、扬州市公路事业发展中心、江苏捷达交通工程集团有限公司、无锡交通建设工程集团股份有限公司、中铁建城建交通发展有限公司、扬州市综合交通运输学会、江苏伯英智能交通科技有限公司。

本文件主要起草人：徐永福、周宏江、殷成胜、王金良、张晓博、郭晓明、马林、何虎、张瑶、谢赞文、周凯、何浩、郭永峰、陈志杰、杜帅、李鹏、张帅、贺攀、张大元、王永坤、余晖、陈兴合、冯贺杰、刘成、王文钊、梅亮、曹超、王鹏、杨兴国、王增华、刘倩、赵举伟、张立恒、许俊平、靳宇航、赵宏戈、郭瑞、苗亮、贺丙举、龚兴仁、夏斯伟、杨步豪、刘星、李燕军、钮嘉迪、任健、张丙清、周斌、韩善伟、周栋、王攀。

混凝土预制构件智能蒸汽养护技术规程

1 范围

本文件规定了混凝土预制构件智能蒸汽养护的基本规定、蒸汽养护棚布置与建设、智能控制系统、蒸汽输送与调节、数据存储、质量控制、安全、环境保护的内容。

本文件适用于各类混凝土预制构件智能蒸汽养护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50164 混凝土质量控制标准
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG F90 公路工程施工安全技术规范
- JGJ 146 建设工程施工现场环境与卫生标准
- TSG 11 锅炉安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能蒸汽养护 Intelligent steam curing

对混凝土预制构件蒸汽养护全过程的温湿度、蒸汽压力等关键参数进行实时监测、自动调节与精准控制，实现养护环境智能化管理的养护方式。

3.2

智能蒸汽养护系统 Intelligent steam curing system

能根据预设养护参数自动调节蒸汽供应，实现混凝土预制构件升温、恒温、降温各阶段智能化管控的集成系统。

3.3

漏电动作电流 leakage operating current

电路发生漏电故障时，漏电保护装置能够动作并切断电路的最小漏电流值。

4 基本规定

4.1 混凝土预制构件智能蒸汽养生施工应遵循系统性、规范性、安全性及环保性原则，全面保障养护质量与施工效能。

4.2 施工前，应编制智能蒸汽养护专项施工方案，对参与施工的人员进行安全技术交底。

4.3 智能蒸汽养护系统应能对环境因素实时监测。

4.4 应根据混凝土构件的类型、尺寸以及水泥品种等因素，合理选择参数。

4.5 蒸养棚位置布局应与生产流程紧密衔接，运输通道规划科学合理。

- 4.6 蒸养棚建设采用适宜结构形式与尺寸规格，内部设施及蒸汽管道布设符合保温、均匀养护要求。
- 4.7 应对蒸汽发生设备、电路、监测设备、智能控制系统等进行全面检查。
- 4.8 蒸汽发生设备运行过程中，应对蒸汽压力、温度、流量等关键参数进行监测。
- 4.9 在蒸汽养护施工过程中，应采取有效的环保措施，减少对环境的污染。

5 智能蒸汽养生设施

5.1 蒸汽养护棚建设要求

5.1.1 结构形式符合以下规定：

- a) 蒸汽养护棚宜优先采用钢结构加保温隔热材料的结构形式；
- b) 钢结构应具有足够的强度和稳定性，能承受蒸汽养护过程中的温度变化、湿度侵蚀以及风雪荷载；
- c) 钢结构的立柱、横梁等主要构件，应根据蒸汽养护棚的尺寸和承载要求进行设计计算，选用合适的型钢规格；
- d) 保温隔热材料应具备良好的保温性能和防潮性能，宜选用岩棉板、聚氨酯泡沫板等材料，以减少蒸养过程中的热量散失。保温隔热材料的安装应牢固可靠，拼接严密，不应出现缝隙导致热量泄漏。

5.1.2 尺寸规格符合以下规定：

- a) 蒸汽养护棚的尺寸规格应根据预制构件的类型和生产规模确定；
- b) 长度方向应满足最长预制构件的放置需求，宜在构件两端各预留 1~1.5m 的空间，方便人员操作和设备布置；
- c) 宽度方向应考虑预制构件的宽度以及蒸汽管道等养护设备的布置，同时要保证养护棚内有足够的通风空间。
- d) 棚顶宜高出构件顶面 1~1.5m，应保证蒸汽在棚内有足够的上升空间，使温度分布更加均匀。

5.1.3 内部设施配置符合以下规定：

- a) 应在蒸汽养护棚内合理布置照明设备，照明灯具应具有防水性能，防水等级应不低于 IP65；
- b) 灯具的布置应均匀，光照强度应满足施工操作和设备检查的要求；
- c) 应根据蒸汽养护棚的体积确定通风设备的数量和功率。通风口的位置应合理设置，宜在棚顶和侧面均匀分布，维持棚内空气的相对湿度在适宜范围内。

5.2 蒸汽管道布设

5.2.1 管道材质选择符合以下规定：

- a) 蒸汽管道耐高温应不小于 200℃，并应有良好的耐腐蚀性，应能在蒸汽养护的恶劣环境下长期稳定运行；
- b) 管道的壁厚应根据蒸汽压力和流量进行设计计算，确保管道能够承受蒸汽的压力，不发生破裂或泄漏现象。

5.2.2 蒸汽管道管径应根据蒸汽流量、压力等确定。

5.2.3 管道走向与通气孔设置符合以下规定：

- a) 在蒸汽养护棚内，蒸汽管道应沿构件长度方向布设，高度宜高出地面 50cm 且与梁体混凝土面距离不少于 1.5m，以保证蒸汽能够均匀地作用于预制构件表面，同时避免管道与构件直接接触导致局部过热；
- b) 小型构件、板梁、T 梁布设应不少于 2 根，分别布设在梁体两侧；箱梁应不少于 3 根，分别布设在梁体两侧及蒸样棚顶部中间位置；

- c) 蒸汽管道上应至少每隔 20cm 布设 1 个 $\phi 5\text{mm}$ 的喷气孔，确保蒸汽在蒸汽养护棚内均匀分布。喷气孔的布置应均匀对称，不得出现堵塞或泄漏现象，保证蒸汽能够充分覆盖预制构件的各个部位，实现均匀养护。

5.3 蒸汽发生设备

5.3.1 蒸汽发生设备应设置在与蒸养棚距离较近且地基稳固的区域，远离生活区及易燃区域，确保安全高效运行。

5.3.2 宜优先选用节能、环保型蒸汽发生器；

5.3.3 应根据预制构件的生产规模、养护工艺要求以及蒸汽养护棚的空间大小确定蒸汽发生器的发生量。采用生物燃料蒸汽发生器，应根据每方混凝土耗用蒸汽量以及养护时间等因素进行计算。

5.4 控制软件功能要求

5.4.1 数据交互功能

控制软件应具备实时数据交互能力，并符合以下规定：

- a) 实时接收温度、湿度等各类传感器及计时模块的数据，能将原始信号转化为直观的温度、湿度数值以及准确的时间信息；
- b) 支持与本地服务器或云端服务器的数据同步，确保数据在不同存储位置的一致性；
- c) 具备数据共享接口，可与生产管理系统、质量追溯系统等进行数据交互。

5.4.2 自动化控制功能

软件应内置智能自动化控制功能，并符合以下规定：

- a) 根据预设的养护阶段（升温、恒温、降温）及对应的温度、湿度目标值，自动控制蒸汽供应阀门、加湿设备、通风设备等的运行状态，精准调节养护环境参数；
- b) 具备自适应调整能力，能根据混凝土预制构件的构件尺寸、材质以及环境因素自动微调控制参数，确保养护效果稳定。

5.4.3 操作管理功能

控制软件应设置完善的操作管理功能，并符合以下规定：

- a) 建立严格的用户权限管理体系，区分不同用户角色，为各角色分配相应的操作权限，保障系统操作的安全性和规范性；
- b) 对用户控制软件上的参数设置修改、设备启停操作、数据查询等操作进行详细记录，记录内容包括操作时间、操作人员、操作内容等。

5.4.4 可视化与监控功能

软件应提供直观的可视化操作界面和实时监控功能，并符合以下规定：

- a) 以图形化、数字化方式展示养护区域内的实时温度、湿度、时间等关键数据，以及设备的运行状态，通过不同颜色、图标区分正常状态与异常状态；
- b) 支持实时监控功能，操作人员可实时查看养护过程动态变化。当出现温度、湿度异常，或养护时间不符合设定要求时，软件立即在界面上弹出醒目的报警提示。

5.4.5 数据分析与报告功能

控制软件具备数据分析和报告生成能力，并符合以下规定：

- a) 应对养护过程中的历史温度、湿度、时间等数据进行统计分析，生成温度变化趋势图、湿度变化直方图、不同批次构件养护时间对比表等各类统计图表，为养护工艺优化提供数据依据；
- b) 宜根据养护数据及分析结果，自动生成养护质量报告。报告内容包括养护过程概述、各项参数的达标情况、是否存在异常及处理措施、养护质量评价等，报告可支持多种格式导出。

5.4.6 系统配置与维护功能

软件应具备系统配置和维护功能，并符合以下规定：

- a) 允许管理员对控制软件的温度、湿度上下限阈值、养护阶段时间设定、设备控制参数等各项参数进行灵活设置和调整；
 - b) 具备传感器校准功能，定期对温度、湿度传感器进行校准，确保数据采集的准确性。
- 5.5 传感器布置符合以下规定：
- a) 在蒸汽养护棚内的关键位置合理布置各类传感器。在蒸汽管道的进出口、棚内不同高度和角落设置温湿度传感器，以监测养护环境的温湿度分布情况，确保温湿度均匀性符合要求；
 - b) 宜在部分预制构件内部，中心、表面下一定深度不同部位埋设温度传感器，实时掌握构件内部温度变化，预防因内部温度异常导致的质量问题；
 - c) 传感器的精度应满足监测需求，温度传感器的测量误差应不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，温湿度传感器的相对湿度测量误差应不超过 $\pm 3\%$ 。
- 5.6 数据传输符合以下规定：
- a) 传输距离应根据梁场的实际规模确定，确保信号能够覆盖整个蒸养区域，无信号盲区。
 - b) 为保证传输稳定性，应设置备用传输通道或信号增强设备。同时，采用数据加密技术，保障数据安全。
- 5.7 数据存储
- 5.7.1 应完整记录蒸汽养护全过程数据，各类参数包含的数据内容应符合以下规定：
- a) 环境参数包含养护棚内实时温度、湿度、养护温度变化曲线等；
 - b) 设备运行数据包含蒸汽发生器的蒸汽压力、流量、运行时长及启停时间等；
 - c) 混凝土数据包含如浇筑时间、入模温度、试件强度等；
 - d) 养护阶段数据包含静停、升温、恒温、降温各阶段的起止时间与持续时长；
 - e) 维护保养数据包含操作人员信息、设备维护保养记录、异常事件及处理措施等。
- 5.7.2 养护记录宜精确到分钟，确保数据的完整性和准确性。
- 5.7.3 智能蒸养系统应设置严格的访问权限。宜采用本地备份与云端备份相结合的方式定期对系统数据进行自动备份，频率应不低于每天一次，备份数据应存储在独立的存储设备中。
- 5.7.4 数据存储周期应符合工程档案管理的。

6 智能蒸汽养护

6.1 流程

智能蒸汽养护宜采用拆模养生法。养护过程应包含预养-升温-恒温-降温阶段。

6.2 蒸汽参数控制

6.2.1 拆模阶段符合以下规定：

- a) 环境温度应保持在 15°C 以上，梁体表面保持湿润；
- b) 拆模时混凝土浇筑强度应达到 2.5MPa 。

6.2.2 升温阶段符合以下规定：

- a) 升温速率应根据预制构件类型、尺寸、混凝土配合比以及环境条件等因素确定。升温过程应均匀稳定，升温速率不大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ；
- b) 升温阶段，蒸汽养护环境的相对湿度应保持在90%以上。

6.2.3 恒温阶段符合以下规定：

- a) 恒温温度范围宜控制在 $25^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间。不同类型的预制构件，可根据其具体要求和试验结果，在该范围内确定适宜的恒温温度；
- b) 恒温时间应根据混凝土构件强度和弹性模量确定，以同条件养护试件为准；

c) 相对湿度同样应保持在 90%以上。

6.2.4 降温阶段应符合以下规定：

a) 降温速度不大于 5 (°C/h)；

b) 在降温阶段，应确保湿度不会过低。当湿度不足，可适当补充少量蒸汽，保持混凝土表面湿润。

6.3 温湿度监测

应能实时监测温湿度，异常时及时预警。及时调整蒸汽供应参数，确保养护过程符合要求。

预警

6.3.1 根据预制构件的养护要求和相关标准，设定温度、湿度上下限阈值。养护环境温度上限宜设定为 60°C，下限为 15°C。相对湿度上限为 95%，下限为 90%。

6.3.2 当监测参数超出阈值时，系统应立即发出预警。预警内容应包括异常参数、发生时间和位置等信息。

6.4 异常处理

6.4.1 当温湿度偏离设定值时，应根据异常情况的原因，采取相应的纠正措施。

6.4.2 在采取纠正措施后，应密切关注温湿度的变化情况，确保温湿度恢复到设定范围内，并记录处理过程，为后续的质量追溯和问题分析提供依据。

7 设备运行检查

7.1.1 日常巡检

在设备使用过程中，应安排专人每日进行日常巡检。检查内容包括：蒸汽泄漏，异常噪音，水泵振动过大，蒸汽压力、温度，暖风机出风口温度，水泵流量等异常情况，确保设备在正常工况下运行。

7.1.2 定期检查

应每周或每两周定期对设备进行全面检查。除了日常巡检的内容外，还应对燃烧系统、换热系统，暖风机的电机、叶轮、轴封等关键部件进行深入检查。对设备的控制系统和安全装置进行再次测试。

7.1.3 特殊情况检查

在设备出现故障修复后、长时间停用后重新启用前应对设备进行特殊检查。检查故障修复部位是否正常工作，设备整体性能是否受到影响；长时间停用后，检查设备是否存在部件锈蚀、损坏等问题。

7.2 维护

7.2.1 应定期对蒸汽管道的保温层进行检查。查看保温层是否有破损、脱落现象，若发现保温层存在问题，应及时进行修复或更换。

7.2.2 定期清理蒸汽管道内的杂质。采用化学清洗时，不应对管道造成腐蚀。

7.2.3 定期检查蒸汽管道上阀门的密封性。若发现阀门密封不严，应及时进行维修或更换。

8 安全

8.1 蒸汽养护施工的现场安全应符合 JTG F90 的规定。

8.2 蒸汽发生设备的安全性能应符合 TSG 11 的要求。

8.3 应重点检查水位是否处于安全范围，电气连接是否稳固且无短路、断路现象。

- 8.4 智能蒸养系统的所有电气设备应可靠接地，接地电阻不应大于 4Ω 。电缆和电线应具有良好的绝缘性能，无破损、老化现象，且电线电缆的规格要满足设备的功率需求。
- 8.5 当电气系统出现异常时，应能迅速切断电源。漏电动作电流应不超过 15mA ，动作时间不超过 0.1 秒。
- 8.6 蒸汽发生设备应安装有效的安全阀，安全阀的开启压力应设定在设备工作压力的 $1.05\sim 1.1$ 倍之间，并且定期进行校验。
- 8.7 应在管道上设置压力传感器和温度传感器，实时监测蒸汽压力和温度，当压力或温度超出正常范围时，系统自动报警并采取相应的控制措施。
- 8.8 蒸汽排放口应设置在安全区域，远离人员活动频繁的地方，并安装防护装置，防止人员被高温蒸汽烫伤。
- 8.9 操作人员不应在蒸汽管道附近长时间停留；在检查设备或进行维护工作时，应先切断电源和蒸汽供应，并悬挂警示标志。
- 8.10 智能蒸养系统发生异常情况或事故时，应立即按照应急处理预案采取相应措施。

9 环境保护

- 9.1 蒸汽养护施工的环境保护应符合 JGJ 146 的规定。
 - 9.2 应结合工程实际，针对蒸汽养护施工可能对环境造成的破坏和不利影响，制定具体预防措施。
 - 9.3 应严格管控蒸汽养护的污染源，蒸汽产生的污水必须经过处理，达标后方可排放。
 - 9.4 蒸汽养护施工中宜采用清洁能源，应减少蒸汽管道热量损失。
-