

# TJG

天津市公路工程建设标准

TJG F5001-2021

---

## 公路桥梁预应力孔道自动压浆系统通用技术要求

General Technical requirements for automatic grouting system  
used for prestressing pipe of highway bridge

2021-9-15 发布

2021-10-15 实施

---

天津市交通运输委员会发布

天津市公路工程建设标准

# 公路桥梁预应力孔道自动压浆系统通用技术要求

General technical requirements for automatic grouting system used for  
prestressing pipe of highway bridge

**TJG F5001-2021**

主编单位：天津市公路事业发展服务中心

参编单位：中交一公局第六工程有限公司

中铁二十局集团第二工程有限公司

中铁一局集团有限公司

山东恒建工程监理咨询有限公司

河北高达智能装备股份有限公司

批准部门：天津市交通运输委员会

实施日期：2021年10月15日

天津市交通运输委员会

2021·天津

## 前 言

根据天津市交通运输标准化技术委员会《关于下达 2020 年天津市公路工程建设标准制修订计划（第一批）的通知》（津交发〔2020〕162 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关先进标准，并在广泛征求意见的基础上制定本标准。

本标准共分六章、四个附录。主要内容包括总则、规范性引用文件、术语及符号、系统要求、检验方法、检验规则等。

本标准由天津市交通运输委员会负责管理，由天津市公路事业发展服务中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄天津市公路事业发展服务中心（地址：天津市河东区东兴路 218 号，邮政编码：300170，联系电话：022-24149779，邮箱：780897825@qq.com），以便下次修订时参考。

主编单位：天津市公路事业发展服务中心

参编单位：中交一公局第六工程有限公司、中铁二十局集团第二工程有限公司、中铁一局集团有限公司、山东恒建工程监理咨询有限公司、河北高达智能装备股份有限公司。

本标准主要起草人：马洪福、陈明、张俊峰、张亮、殷明文、王永成、袁继强、戴放军、刘立新、王晶、李清华、高尚府、陈耀华、李志勇、王寅、刘海松、尚杰、曹广、迟敬来、陈磊、问宏宇、李蕾、贾庆山、何亚楼、葛同府、张卫民、董晓明、陈永刚、王冰、郑新娟、王志刚、李云芳、董长松、许石磊、王金玲、宋昌、张锐、李渊源、李紫硕、杨春英、焦晓磊、岳向武、纪姗、崔红娜、谷龙飞、韩朝阳、常亚伟。

# 目 录

1 总则.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语及符号.....	1
4 系统要求.....	2
4.1 一般要求.....	2
4.2 功能要求.....	3
4.3 性能要求.....	3
5 复核检验方法.....	4
5.1 一般要求检验.....	4
5.2 功能试验.....	4
5.3 制浆桶静态称量精度复核校准.....	4
5.4 上料控制精度检验.....	5
5.5 极限真空度检验.....	5
5.6 压浆泵稳压保压能力检验.....	5
5.7 储浆桶称量精度检验.....	5
5.8 废浆称量精度检验.....	6
5.9 实际压浆质量偏差检验.....	6
5.10 控制软件性能试验.....	6
6 现场检验规则.....	6
6.1 检验项目.....	6

6.2 现场检验.....	7
附录 A.....	8
附录 B.....	9
附录 C.....	10
附录 D.....	11

## 1 总则

1.0.1 本标准规定了天津市公路桥梁预应力孔道自动压浆的规范性引用文件、术语及符号、系统要求、检验方法、检验规则。

1.0.2 本标准适用于天津市公路桥梁预应力孔道自动压浆设备的技术要求。

1.0.3 除应符合本通用技术要求的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB 755 旋转电机 定额和性能

GB 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB/T 7551 称重传感器

GB/T 11653 除尘机组技术性能及测试方法

GB 16796 安全防范报警装置 安全要求和试验方法

GB 50171 电气装置安装盘、柜及二次回路结线施工及验收规范

GB/T 25000.51-2016 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE）第51部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则

JB/T 7255 水环真空泵和水环压缩机

JB/T 8644 单螺杆泵

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

JJG 539 数字指示秤

## 3 术语及符号

### 3.1 术语

3.1.1 预应力孔道自动压浆设备 automatic grouting machine of prestressing pipe

由制浆、储浆、压浆和控制等系统构成，具有自动上料、自动计量、自动拌制浆

体、自动控制压浆压力和保压、自动计量孔道压浆量、自动数据存储及传输等功能的一体化设备。

### 3.1.2 理论压浆量 theoretical grouting amount

单个预应力孔道填充浆体的理论计算质量。

### 3.1.3 实际压浆量 actual grouting amount

单个预应力孔道填充浆体的实际质量。

### 3.1.4 浆体 slurry

将压浆料与水，或压浆剂、水泥与水按比例掺配并搅拌均匀后形成的浆液。

### 3.1.5 静态上料 static loading

制浆桶搅拌电机静止时的上料状态。

### 3.1.6 压浆速率 grouting rate

单位时间内的压浆量。

## 3.2 符号

$\delta_z$  - 静态称量相对误差

$\delta_s$  - 上料控制精度

$\delta_g$  - 实际压浆质量偏差

## 4 系统要求

### 4.1 一般要求

4.1.1 电机性能应符合 GB 755 的规定；电器元件应符合 GB 7251.1 的规定；电气控制柜应符合 GB 50171 的规定。

4.1.2 安全警示标识、接地保护端子、急停按钮、高速搅拌筒机械运转部位等部位的安全防护装置和报警装置应符合 GB 16796 的规定。

4.1.3 适用环境温度 0℃~50℃、相对湿度不大于 90%。

4.1.4 软件性能应符合 GB/T 25000.51-2016 的规定，不应存在可修改数据的功能。

4.1.5 自动生成的压浆结果记录表格式见附录 A。

## 4.2 功能要求

- 4.2.1 预应力孔道自动压浆设备主要部件应集成一体，能自动控制压浆全过程作业。
- 4.2.2 具备自动上料、自动计量、自动静态上料、自动搅拌、自动压浆、自动保压稳压、自动微量补浆功能。
- 4.2.3 具备数据自动采集、存储、保护、处理、生成报表及实时上传的功能。
- 4.2.4 具备制浆桶和储浆桶称重计量功能。
- 4.2.5 具备孔道进浆量和废浆量自动计量功能。
- 4.2.6 压浆泵应能连续、稳定出浆，宜采用螺杆泵。
- 4.2.7 具备真空压浆和环保除尘功能。
- 4.2.8 自动测量环境温度和浆体温度，温度不在 $5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 时应能提示。
- 4.2.9 具备工作异常报警和安全报警功能，工作异常时能够自动停止压浆，并进行报警。

## 4.3 性能要求

- 4.3.1 制浆桶搅拌转速应不低于 $1000\text{r}/\text{min}$ ，搅拌叶片的线速度应为 $10\text{m}/\text{s}\sim 20\text{m}/\text{s}$ ，桶径、搅拌叶片的形状应与转速相匹配，制成的浆体应均匀，性能应符合 JTG/T 3650 的规定。
- 4.3.2 制浆桶、储浆桶、废浆称量用称重传感器应符合 GB/T 7551 的规定，最大允许误差应小于或等于 $0.5\% \text{ F.S.}$ 。
- 4.3.3 制浆中各种材料的称量误差（均以质量计）不超过 $1\%$ 。
- 4.3.4 抽真空装置采用水环真空泵，极限真空度应能达到 $0.10\text{MPa}$ 的负压力，且应符合 JB/T 7255 的规定；压浆用螺杆泵应符合 JB/T 8644 的规定；除尘装置应符合 GB/T 11653 的规定。
- 4.3.5 储浆桶应具有自动低速搅拌功能，搅拌叶片转速宜为 $50\text{r}/\text{min}\sim 70\text{r}/\text{min}$ ，应设置网格尺寸不大于 $3\text{mm}$ 的过滤网。
- 4.3.6 储浆桶称重误差不超过 $1.5\%$ 。
- 4.3.7 对水平或曲线孔道，压浆前孔道真空度应能稳定在 $-0.06\text{MPa}\sim -0.1\text{MPa}$ ；压浆速率应能控制在 $20\text{L}/\text{min}\sim 35\text{L}/\text{min}$ ，压浆的压力应能控制在 $0.5\sim 0.7\text{MPa}$ ；对超长孔道，最大压力宜不超过 $1.0\text{MPa}$ ，当超过时可采用分段的方式进行压浆；对竖向孔道，压浆的压力宜为 $0.3\sim 0.4\text{MPa}$ 。压浆的充盈度应达到孔道另一端饱满且排气孔



排出与规定流动度相同的水泥浆为止。关闭出浆口后，宜保持一个不小于 0.5MPa 的稳压期，该稳压期的保持时间宜为 3~5min。

4.3.8 管道两端废浆称量误差不超过 1.5%。

4.3.9 压浆量应根据储浆桶称量和废浆称量计算，压浆量误差不超过 1.5%，不应采用流量计和压浆泵转速计量。

## 5 复核检验方法

### 5.1 一般要求检验

目测检查安全警示标识、接地保护端子、安全保护装置应满足 4.1.2 的要求。

### 5.2 功能试验

进行模拟压浆施工，系统应具备 4.2 中规定的各项功能。

### 5.3 制浆桶静态称量精度复核校准

在关闭制浆桶搅拌设备条件下，将标准砝码分级轻放于搅拌桶，均匀分布，砝码精度为 0.01kg，检验最大重量宜达到设备每盘配料最大值，且不应低于每盘搅拌最大重量的 70%，检验分级不少于 5 级，记录每级加载砝码质量  $F_i$  和设备显示重量  $X_i$ ，并计算每级相对误差  $\delta_{zi}$ ，加卸载均应记录和计算，静态称量时数据稳定，且各级加卸载相对误差最大者不超过规定值判定静态称量精度检验合格，否则判为不合格。

静态称量相对误差计算如下：表示为  $\delta_z$ 。见公式 5.3-1、5.3-2。

$$\delta_z(\%) = [\delta_{zi}]_{\max} \quad (5.3-1)$$

$$\delta_{zi} = \frac{X_i - F_i}{F_i} \times 100\% \quad (5.3-2)$$

式中：

$\delta_{zi}$  ——第  $i$  级的静态称量相对误差， $i=1, 2, 3, 4, 5$ ；

$X_i$  ——每级加载时设备屏幕显示的质量，单位为千克（kg）；

$F_i$  ——每级加载砝码的实际总质量，单位为千克（kg）。

制浆桶静态称量精度检验记录表见附录 B。

#### 5.4 上料控制精度检验

根据现场用料种类，按浆体配合比随机设定每种材料用量，最小用量材料设定值不宜少于 10kg，设定完成准备就绪后，启动设备按实际上料程序进行上料，每完成一种料后停机，当制浆桶完全静止后记录设备显示的每种材料质量  $Y_i$  和设定的上料目标质量  $L_i$ ，计算相对误差  $\delta_{si}$ ，应进行 3~5 次，每次每种材料上料控制相对误差不超过规定值判定设备上料控制精度检验合格，否则判为不合格。

各材料上料控制相对误差计算如下：

上料控制精度取各级测点精度的最大值，表示为  $\delta_s$ ，见公式 5.4-1、公式 5.4-2。

$$\delta_s = [\delta_{si}]_{\max} \quad (5.4-1)$$

$$\delta_{si} = \left| \frac{Y_i - L_i}{L_i} \right| \times 100\% \quad (5.4-2)$$

式中：

$\delta_{si}$ ——某种材料第  $i$  级的上料控制精度， $i=1, 2, 3, 4, 5$ ；

$Y_i$ ——某种材料第  $i$  级设备显示的上料质量，单位为千克（kg）；

$L_i$ ——某种材料第  $i$  级设定的目标质量，单位为千克（kg）。

上料控制精度检验记录表见附录 C。

#### 5.5 极限真空度检验

关闭出浆口，真空泵水箱注满水，打开真空泵，观察真空度表读数应不低于 -0.1MPa。

#### 5.6 压浆泵稳压保压能力检验

储料桶浆体准备好后，打开孔道阀门，启动压浆泵，当流出浓浆后关闭阀门，计时 5min，查看保压时间内压力是否可以稳定在 0.5~0.7MPa 或设定范围内，能稳定判定压浆泵稳压保压能力合格，否则判定该项功能不合格。

#### 5.7 储浆桶称量精度检验

储浆桶称量最大允许误差检验按照 JJG 539 进行。

## 5.8 废浆称量精度检验

管道两端废浆称量装置最大允许误差检验按照 JJG 539 进行。

## 5.9 实际压浆质量偏差检验

压浆管出口高度超过储浆液面，打开排浆阀，开启螺杆泵，排出不少于 100 公斤的浆液后，关闭螺杆泵，用废浆桶收集浆液，通过精度等级不低于 0.02kg 的天平秤称取其净重  $K_i$ ，并计算与设备自动记录实际压浆质量  $G_i$  的相对误差  $\delta_{gi}$ ，应进行 3~5 次，若每次均不超过规定值判定实际压浆质量偏差检验合格，否则判定该项功能不合格。

实际压浆质量偏差计算如下：

实际压浆质量偏差取各次误差的最大值，表示为  $\delta_g$ ，见公式 5.9-1、公式 5.9-2。

$$\delta_g = [\delta_{gi}]_{\max} \quad (5.9-1)$$

$$\delta_{gi} = \left| \frac{G_i - K_i}{K_i} \right| \times 100\% \quad (5.9-2)$$

式中：

$\delta_{gi}$  ——实际压浆质量偏差（%）， $i=1, 2, 3, 4, 5$ ；

$K_i$  ——称取的排放浆体质量，单位为千克（kg）；

$G_i$  ——设备自动记录的实际压浆质量，单位为千克（kg）。

检验记录表见附录 D。

## 5.10 控制软件性能试验

控制软件的可靠性试验应按 GB/T 25000.51-2016 第 51 部分进行试验。

# 6 现场检验规则

## 6.1 检验项目

检验内容、技术要求和检验方法见表 1。

表1 检验内容和检验方法

序号	检验内容		技术要求	检验方法	现场检验
1	一般要求	安全警示标识、接地保护端子、安全保护装置	4.1.2	5.1	√
2	功能要求	自动上料、自动计量、自动搅拌功能	4.2.2	5.2	√
3		自动压浆、自动保压	4.2.2	5.2	√
4		微量补浆功能	4.2.2	5.2	√
5		报表存储、上传功能	4.2.3	5.2	√
6		压浆量计量功能	4.2.5	5.2	√
7		真空压浆和环保除尘功能	4.2.7	5.2	√

## 6.2 现场检验

6.2.1 设备进场首次使用前，应依据本标准进行检验，检验合格方可使用。制浆桶、储浆桶和废浆的称量装置符合以下条件之一者，应重新检定/校准：

- a) 检定/校准时间达到 12 个月；
- b) 使用次数达到 5000 孔道；
- c) 出现异常情况时；
- d) 检修或更换配件时。

6.2.2 压力传感器（或压力变送器）、真空表符合以下条件之一者，应重新检定/校准：

- a) 检定/校准时间超过检定周期；
- b) 出现异常情况时；
- c) 检修或更换配件时。

附录 A  
(规范性附录)

表 A.1 预应力张拉孔道灌浆施工记录

压浆日期	起止时间	孔道编号	浆液温度 (°C)	稳压时长 (min)	稳压压力 (MPa)	理论压浆 量 (kg)	实际压浆 量 (kg)

施工技术负责人:

施工人员:

年 月 日

附 录 B  
(规范性附录)

表 B.1 制浆桶静态称量精度检验记录表

检验单位：

报告编号：

生产厂家			设备名称		
设备型号			检验日期		
分级编号	砝码重量/kg	设备读数/kg	设备自动记录数据/kg	相对误差/%	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
技术要求	各级称量相对误差不超过 0.5%				
检验结论					

试验：

审核：

批准：

计算公式： $\delta_z(\%) = [\delta_{zi}]_{\max}$ 、 $\delta_{zi} = \frac{X_i - F_i}{F_i} \times 100\%$

附 录 C  
(规范性附录)

表 C.1 上料控制精度检验记录表

检验单位:

报告编号:

生产厂家				设备名称					
设备型号				检验日期					
编号	设定重量/kg			上料显示重量/kg			相对误差/%		
	水	压浆剂/ 压浆料	水泥	水	压浆剂/ 压浆料	水泥	水	压浆剂/ 压浆料	水泥
1									
2									
3									
4									
5									
技术要求	各组料上料误差不超过±1%								
检验结论									

试验:

审核:

批准:

计算公式:  $\delta_s = [\delta_{si}]_{\max}$ 、 $\delta_{si} = \frac{Y_i - L_i}{L_i} \times 100\%$

附 录 D  
(规范性附录)

表 D.1 实际压浆质量偏差检验记录表

检验单位：

报告编号：

生产厂家		设备名称	
设备型号		检验日期	
编号	设备记录压浆重量/kg	称量排浆净重/kg	相对误差/%
1			
2			
3			
4			
5			
技术要求	压浆量偏差不得超过 1.5%		
检验结论			

试验：

审核：

批准：

计算公式： $\delta_g = [\delta_{gi}]_{\max}$ 、 $\delta_{gi} = \left| \frac{G_i - K_i}{K_i} \right| \times 100\%$