

DB22

吉 林 省 地 方 标 准

DB22/T 3147—2020

公路桥梁预应力张拉与压浆智能化 施工技术规范

Technical specification for intelligent prestressed tensioning and grouting
construction of highway bridge

2020 - 07 - 22 发布

2020 - 08 - 01 实施

吉林省市场监督管理厅

发 布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由吉林省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：吉林省交通科学研究所、东南大学、苏州交通工程集团有限公司、中铁建苏州设计研究院有限公司。

本标准主要起草人：刘扬、李舰航、戴国亮、鲁亚义、杨斌、徐伟炜、郭庆、刘文涛、吕东冶、徐兴男、王卫国、刘国庆、果晓君、王力波、王旭。

公路桥梁预应力张拉与压浆智能化施工技术规范

1 范围

本标准规定了公路桥梁预应力张拉及压浆智能化施工技术的术语和定义、基本要求、施工要求和质量验收。

本标准适用于公路工程桥梁后张法预应力张拉及压浆智能化施工。

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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 176 水泥化学分析方法
GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
GB 8076 混凝土外加剂
GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
GB/T 35014 建筑施工机械与设备 预应力自动压浆机
JG 225 预应力混凝土用金属波纹管
JGJ 63 混凝土拌和用水标准
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JG/T 319 预应力用电动油泵
JG/T 321 预应力用液压千斤顶
JT/T 329 公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器
JT/T 529 预应力混凝土桥梁用塑料波纹管
JB/T 6804 抗震压力表
JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范
JB/T 13462 建筑施工机械与设备 预应力用智能张拉机

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能张拉 intelligent tensioning

使用自动张拉设备和计算机控制系统进行预应力桥梁的张拉施工。

3.2

智能张拉系统 intelligent tensioning system

由预应力张拉仪、液压千斤顶、智能控制系统等组成，具有自动控制预应力张拉、测量张拉力值、伸长值的功能，并实时存储、输出控制指标数据，实现张拉智能化。

3.3

智能压浆 intelligent grouting

使用自动压浆设备和计算机控制系统进行预应力混凝土桥梁的压浆施工。

3.4

智能压浆系统 intelligent grouting system

由制浆装置、储浆装置、压浆装置和智能控制系统组成，具有浆液循环排空空气，能自动调节压力与流量、控制水胶比及稳压时间、记录压浆数据等功能，实现压浆智能化。

3.5

孔道压浆浆液 channel grouting grout

由水泥与高效减水剂、微膨胀剂、矿物掺合料等多种材料干拌而成的混合物，在施工现场按一定比例与水混合搅拌均匀，用于后张预应力孔道充填的混合型浆体。

4 基本要求

4.1 智能张拉与压浆在施工前，应编制专项施工方案，明确相关控制指标，对施工人员进行岗前培训及技术、安全交底。

4.2 智能张拉与压浆施工时，应进行全程质量控制，并有旁站监理。

4.3 智能张拉的预应力筋质量应符合 GB/T 5224 的规定。

4.4 锚具、夹具和连接器的质量应符合 GB/T 14370 的规定。

4.5 金属波纹管的性能和质量应符合 JG 225 的规定。

4.6 塑料波纹管的性能和质量应符合 JT/T 529 的规定。

4.7 孔道智能压浆浆液采用低碱硅酸盐或低碱普通硅酸盐水泥，其强度等级不低于 42.5，性能指标应符合 JTG/T F50 的规定。

4.8 外加剂与水泥应具有良好的相容性，质量应符合 GB 8076 与 JTG/T F50 的规定。其中：

- a) 减水剂宜采用一等高效减水剂，减水率不小于 20%；
- b) 膨胀剂宜采用钙矾石系或复合膨胀剂，不得采用以铝粉为膨胀源的膨胀剂或总碱量 0.75%以上的高碱膨胀剂；
- c) 矿物掺合料的品种宜为 I 级粉煤灰、磨细矿渣粉或硅灰。

4.9 孔道智能压浆浆液中的氯离子含量应不超过胶凝材料总质量的 0.06%，比表面积应大于 350 m²/kg，三氧化硫含量应不超过 6.0%。

4.10 预应力孔道压浆施工前，应针对实验室试配比报告进行相应的工艺验证试验与生产验证试验，合格后方可进行压浆施工，孔道压浆浆液的性能指标应符合表 1 的规定。

表1 孔道智能压浆浆液性能指标

序号	检验项目		单位	指标	试验方法
1	水胶比		%	0.26~0.28	GB/T 1346
2	凝结时间	初凝	h	≥5	
3		终凝	h	≤24	
4	抗压强度	3 d	MPa	≥20	GB/T 17671
5		7 d	MPa	≥40	
6		28 d	MPa	≥50	

表 1 (续)

序号	检验项目		单位	指标	试验方法
7	抗折强度	3 d	MPa	≥5	
8		7 d	MPa	≥6	
9		28 d	MPa	≥10	
10	流动度 (25 ℃)	出机流动度	s	10~17	JTG/T F50
11		30 min 流动度	s	10~20	
12		60 min 流动度	s	10~25	
13	泌水率	24 h 自由泌水率	%	0	
14		3 h 钢丝间泌水率	%	0	
15	自由膨胀率	3 h	%	0~2	
16		24 h	%	0~3	
17	压力泌水率	孔道垂直高度≤1.8 m 试验压力 0.22 MPa	%	≤2.0	
18		孔道垂直高度>1.8 m, 试验压力 0.36 MPa	%		
19	充盈度		/	合格	
20	对钢筋的锈蚀作用		/	无锈蚀	GB 8076
注1: 有抗冻性要求时, 宜在压浆材料中掺用适量的引气剂, 且含气量宜为1%~3%。					
注2: 有抗渗要求时, 抗氯离子渗透的28 d电量指标宜小于或等于1500 C。					

4.11 浆液用水应符合 JTG/T F50 的规定, 氯离子含量不超过 350 mg/L。

4.12 预应力智能张拉的准备工作的应包括管道安装、预应力筋制作安装和锚具、夹具与连接器安装等, 均应符合 JTG/T F50 的相关规定。

4.13 施加预应力及锚固等应符合 JTG/T F50 的相关规定。

5 施工要求

5.1 预应力智能张拉

5.1.1 进场检验

5.1.1.1 智能张拉系统的整机性能、主要零部件和性能参数应符合 JB/T 13462 和 JTG/T F50 的规定。

5.1.1.2 智能张拉系统进场前应具备完整的各项试验检测报告、产品合格证明、产品使用说明书和标志, 并符合 JB/T 13462 的规定。

5.1.1.3 智能张拉系统应成套校正、检验和标定, 合格后方可使用。

5.1.1.4 当智能张拉系统设备出现下列情况之一时, 应重新进行检定:

- 设备使用时间超过 6 个月, 且期间未重新检验;
- 设备张拉次数超过 300 次, 且期间未重新检验;
- 设备更换配件后。

5.1.1.5 预应力筋、锚具、夹具和连接器、管道进场检验应符合 JTG/T F50 的规定。

5.1.2 施工准备

5.1.2.1 应对预应力筋单根和整束进行编号, 预应力筋两端的编号应相同, 与锚具各孔的编号应一致。

5.1.2.2 混凝土强度和弹性模量应符合设计要求, 并应符合 JTG/T F50 的规定。

- 5.1.2.3 应将所需设备、器具准备齐全，对照智能张拉系统清单，清点设备，确定设备完好，配件齐全。
- 5.1.2.4 张拉控制站应布置在待张拉梁板侧面，要求不影响现场施工，控制站能安全工作，在张拉过程中无需移动就能观察梁板的两端。
- 5.1.2.5 连接油管、安装限位板后起吊千斤顶，安装工具锚和工具夹片。
- 5.1.2.6 连接张拉仪与千斤顶的数据线。
- 5.1.2.7 输入张拉参数，智能张拉系统对张拉参数进行自检，自检合格后进行张拉。

5.1.3 施工

- 5.1.3.1 预应力筋的张拉顺序应符合设计规定。设计未规定时，可采取分批、分阶段的方式对称张拉。
- 5.1.3.2 预应力筋张拉端的设置应符合设计规定。设计未规定时，应符合下列要求：
- a) 直线筋可在一端张拉。对曲线预应力筋，应根据施工计算的要求采取两端张拉或一端张拉的方式进行，当锚固损失影响长度小于或等于 $L/2$ (L 为桥梁预应力构件长度) 时，应采取两端张拉；当锚固损失的影响长度大于 $L/2$ 时，可采取一端张拉；
 - b) 当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜分别交错设置在结构的两端；
 - c) 预应力筋采用两端张拉时，宜两端同时张拉。
- 5.1.3.3 预应力筋的张拉程序应符合设计规定。设计未规定时，宜按表 2 进行。

表2 后张法预应力筋张拉程序

锚具和预应力筋类别	张拉程序	
夹片式等具有自锚性能的锚具	钢绞线束	普通松弛预应力筋：0→初应力→ $1.03\sigma_{con}$ （锚固）
	钢丝束	低松弛预应力筋：0→初应力→ σ_{con} （持荷 5 min 锚固）
其他锚具	钢绞线束	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷 5 min）→ σ_{con} （锚固）
	钢丝束	0→初应力→ $1.05\sigma_{con}$ （持荷 5 min）→0→ σ_{con} （锚固）
注：表中 σ_{con} 为张拉控制应力，包括锚口摩擦损失、孔道摩擦损失和弹性压缩损失等预应力损失值，应按JTG/T F50的相关规定进行确定。		

- 5.1.3.4 预应力张拉以应力控制为主，并进行伸长值校核，智能张拉系统自动采集、反馈，实现应力与伸长量的双控。张拉时应先调整到初应力，初应力宜为张拉控制应力的 10%~25%，伸长值应从初应力时开始测量。
- 5.1.3.5 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。锚固要求应符合 JTG/T F50 的规定。
- 5.1.3.6 预应力筋在实施张拉或放张作业时，应有放张方案记录。应采取有效的安全防护措施，预应力筋两端的正面不应站人和穿越。

5.1.4 过程控制

- 5.1.4.1 对预应力筋施加预应力时，宜对多台千斤顶张拉时的同步性、持荷时间、锚下的有效预应力及其均匀度、伸长值等进行质量控制，并应符合下列要求：
- a) 在采用两台以上千斤顶实施对称和两端张拉时，各千斤顶之间同步张拉的允许误差宜小于±2%；
 - b) 智能张拉系统工作时张拉控制应力的精度宜小于±1.5%；
 - c) 张拉锚固后，预应力筋在锚下的有效预应力应符合设计张拉控制应力，两者的相对偏差应不大于±5%，且同一断面的预应力束其有效预应力的不均匀度应不大于±2%。
- 5.1.4.2 智能张拉时，应保证千斤顶持荷时间不低于 5 min。

- 5.1.4.3 智能张拉时，张拉速率应控制在设计张拉控制应力的 10%/min~15%/min。
- 5.1.4.4 实际伸长值与理论伸长值的偏差应控制在 $\pm 6\%$ 以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措
施予以调整后，方可继续张拉。
- 5.1.4.5 智能张拉施工，预应力筋断丝及滑移的数量应符合 JTG/T F50 的规定。
- 5.1.4.6 锚固阶段张拉端锚具变形、预应力筋的内缩量和接缝压缩值，应符合 JTG/T F50 的规定。
- 5.1.4.7 在预应力筋张拉、锚固过程中及锚固完成后，均不应大力敲击或震动锚具。

5.2 智能压浆施工

5.2.1 进场检验

5.2.1.1 智能压浆所用原材料进场时，应附有生产厂家的检验报告。进场材料应按批次进行性能检验，
检验批次划分应满足以下规定：

- a) 以 100 t 为一检验批，不足 100 t 亦按一检验批计；
- b) 当压浆材料受潮或存放时间超过 3 个月时，应重新取样复验，并按复验结果使用。

5.2.1.2 智能压浆浆液所用材料进场检验项目应根据表 3 中工艺验证进行检验。

5.2.1.3 智能压浆的孔道压浆浆液生产应进行实验室试配与配合比验证，验证合格后方可正式投入生
产，现场压浆时应注重过程控制，进行现场抽检，检测项目应依据表 3 进行。

表3 智能压浆浆液性能检验项目

序号	检验项目		试验室试配	配合比验证	工艺验证
1	水胶比		√	√	√
2	凝结时间	初凝	√	√	√
3		终凝	√	√	√
4	抗压强度	3 d	√	√	√
5		7 d	√	√	√
6		28 d	√	√	√
7	抗折强度	3 d	√	√	√
8		7 d	√	√	√
9		28 d	√	√	√
10	流动度 (25℃)	出机流动度	√	√	√
11		30 min 流动度	√	√	√
12		60 min 流动度	√	√	√
13	泌水率	24 h 自由泌水率	√	√	√
14		3 h 钢丝间泌水率	√	√	√
15	自由膨胀率	3 h	√	√	√
16		24 h	√	√	√
17	压力泌水率	≤1.8 m, 试验压力 0.22 MPa	√	√	√
18		>1.8 m, 试验压力 0.36 MPa	√	√	√
19	充盈度		√	√	/
20	氯离子含量		√	√	/

5.2.1.4 应对智能系统、制浆装置、储浆装置及压浆装置等智能压浆设备进行进场检验。

5.2.1.5 当自动压浆设备出现下列情况之一时，重新进行检验：

- a) 设备使用时间超过 6 个月，且期间未重新检验；
- b) 设备系统更换主要传感零部件后未重新检验。

5.2.2 施工准备

5.2.2.1 智能压浆施工前应清除预应力管道内杂物和积水。

5.2.2.2 智能压浆施工前应切除多余的预应力筋并进行封锚，设置压浆阀、出浆阀、出气阀，其中出气阀应设置在孔道的最上方。

5.2.2.3 智能压浆施工前应在智能控制系统中设置压浆目标压力、稳压时间、安全压力等参数，压浆过程中智能控制系统按照设定阈值控制。

5.2.2.4 智能压浆施工前的压浆口、出浆口、排气口应使用 $\Phi 20$ mm 以上的耐压管，出浆口和排气口管的自由长度应大于 1.0 m，压浆前、后应保持垂直状态。

5.2.2.5 压浆管应采取定位措施，预应力管道曲线的最高点，应在向下弯曲开始位置（最高处）以及 0.5 m 左右的前面设置中间排气口。压浆管应确保孔道里的气密性，压浆前，压浆管应保持垂直、封闭。

5.2.3 过程控制

5.2.3.1 预应力筋张拉锚固后，孔道应在 48 h 内完成压浆，否则需采取避免预应力筋锈蚀的措施。

5.2.3.2 智能压浆开始时应观察排出的浆液流动度，当排出的浆液流动度和储浆装置的流动度一致时，方可压入梁体孔道。

5.2.3.3 压浆过程中，压浆压力、稳压时间、平均流速应符合 JTG/T F50 的规定。

5.2.3.4 压浆完成后，应及时对锚固段按设计要求进行封闭保护或者防腐处理。其中：

- a) 需要封锚的锚具，应在压浆完成后对梁端混凝土凿毛并将周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土；
- b) 封端混凝土强度应不低于梁体混凝土强度；
- c) 长期外露锚具，应采取防锈措施。

5.2.3.5 智能压浆过程中及压浆后 48 h 内，梁体混凝土的温度及环境温度不得低于 5℃，否则应按冬期施工的要求采取保温措施，浆液中可适量掺用引气剂，但不得掺用防冻剂。当环境温度高于 35℃ 时，压浆宜在夜间进行。

5.2.3.6 桥梁预应力构件，在孔道压浆前不得安装就位；压浆后应在浆液强度达到规定的强度后方可移运和吊装。

6 质量验收

6.1 预应力筋智能张拉与压浆施工完毕，达到设计要求并经检测机构检验合格后，方可进行验收。

6.2 智能张拉与智能压浆施工质量验收应符合 JTG/T F50、JTG F80/1 的规定。