

T/CECS XXX: 202X

中国工程建设标准化协会标准

预应力孔道灌浆材料应用技术规程

Technical specification for application of grouts on post-prestressed concrete

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

预应力孔道灌浆材料应用技术规程

Technical specification for application of grouts on post-prestressed concrete

T/CECS XXX: 202X

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月XX日

中国XX出版社

202X 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2018]015 号文）的要求，规程编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 6 章和 1 个附录，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、材料、施工、质量验收等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行本规程过程中，如有需要修改和补充之处，请将有关资料和建议，寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号，邮政编码：100013），以供修订时参考。

主 编 单 位：中国建筑科学研究院有限公司

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	3
4 材料	4
4.1 原材料	4
4.2 灌浆材料	5
4.3 进场检验	1
4.3 检验批与取样	2
5 施工	3
5.1 施工准备	3
5.2 浆体拌和	4
5.3 灌浆施工	5
5.4 冬期及高温施工	8
6 质量检验	9
6.1 一般规定	9
7.2 主控项目	9
6.3 一般项目	10
6.4 饱满度检测	10
本规程用词说明	13
引用标准目录	14
条文说明	错误!未定义书签。

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic requirements	3
4	Materials	4
4.1	Raw materials	4
4.2	Grouting materials	4
4.3	Materials approach	6
4.3.1	Incoming inspection	6
4.3.2	Inspection lots and sampling	6
5	Construction	6
5.1	Preparation for construction	6
5.2	Slurry mixing	8
5.3	Grouting construction	8
5.4	Winter and high-temperature construction	9
6	Acceptance	11
6.1	General requirements	11
6.2	Dominant items	11
6.3	General items	12
6.4	Nondestructive testing	12
	Appendix A Test method of capillarity bleeding rate	13
	Explanation of wording in this specification	15
	List of quoted standards	16
	Additon: Explanation of provisions	17

1 总则

1.0.1 为规范预应力孔道灌浆材料在后张法有粘结预应力混凝土中的应用，满足设计和施工要求，保证工程质量，做到安全适用、技术先进和经济合理，制定本规程。

【条文说明：预应力混凝土结构具有改善构件抗裂性能、构件全截面参加工作、充分利用高强钢材等优点而在国内外得到广泛的应用。但其技术优势都必须建立在预应力筋与结构混凝土粘结完好的基础上。孔道灌浆是后张法预应力结构施工的一项重要内容，它不仅起着保护预应力钢筋不受有害离子侵蚀的重要作用，而且还直接影响预应力混凝土构件的整体刚度和强度，承担着使预应力钢筋和周围混凝土结为整体、协同工作的重任，孔道灌浆料性能直接关系到后张法预应力混凝土结构的耐久性。本规程是在总结预应力孔道灌浆材料在国内外工程中应用经验的基础上，由相关研究、生产、设计、施工和检测单位共同制定，其目的是指导和规范预应力孔道灌浆材料的应用，保证工程质量。】

1.0.2 本规程适用于预应力孔道灌浆材料在后张法有粘结预应力混凝土中的应用。

【条文说明：本规程适用范围为后张法有粘结预应力混凝土，对其他类型的预应力混凝土不适用。】

1.0.3 预应力孔道灌浆材料的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明：应用预应力孔道灌浆材料的工程，尚需要符合《预应力孔道灌浆剂》GB/T 25182、《后张法预应力混凝土孔道灌浆外加剂》JC/T 2093、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369、《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 387、《建筑工程预应力施工规程》CECS 180等相关标准的技术要求。】

2 术语和符号

2.1 术语

2.0.1 灌浆剂 grouting admixture

由减水组分、膨胀组分、矿物掺合料及其他功能性材料等干拌而成，用于预应力结构或构件孔道灌浆使用的外加剂。

【条文说明：灌浆剂是一种专用型外加剂，现场需要加入胶凝材料和水进行搅拌使用，在使用过程中需考虑灌浆剂与胶凝材料的适应性。】

2.0.2 灌浆料 grouting material

由水泥、灌浆剂按一定比例混合，经专用设备干拌均匀制成，用于预应力结构或构件孔道灌浆使用的粉体胶凝材料。

【条文说明：灌浆料是灌浆剂与胶凝材料结合的产物，现场加水进行搅拌使用。】

2.0.3 浆体 slurry

将灌浆剂与水泥、水或灌浆料与水按一定比例搅拌均匀后，形成的预应力孔道填充材料。

【条文说明：浆体是指灌浆料或灌浆剂按规定搅拌后形成的拌合物。】

2.2 符号

B_m ——毛细泌水率；

V_1 ——浆体上部泌水的体积；

V_0 ——测试前浆体的体积。

3 基本规定

3.0.1 预应力孔道灌浆材料应根据预应力孔道截面形状及大小、孔道的长度和高差等因素选择。

【条文说明：预应力孔道灌浆剂和灌浆料的选择应根据运输距离、贮存条件等因素综合考虑，预应力孔道灌浆剂在使用时应考虑与胶凝材料的适应性，灌浆料主要考虑胶凝材料的贮存期和贮存环境。为保证预应力孔道灌浆质量，预应力孔道截面形状不规则、尺寸较小时应选择流动性好、泌水率低的灌浆材料，孔道较长、高差较大时应选择压力泌水低的灌浆材料。】

3.0.2 施工时，预应力孔道灌浆材料应严格按照材料要求的用水量进行搅拌，不得通过增加用水量提高浆体流动性。

【条文说明：预应力孔道灌浆材料在使用时需按照生产厂家的规定加水搅拌，并保证计量准确。加水量是预应力孔道灌浆材料流动性、泌水率、膨胀性和强度性能最主要的影响因素，提高加水量虽然可以增加流动性，但对其他关键性能都是有严重危害的，很有可能影响预应力结构混凝土的结构安全性。特别对于配制时间较长降低流动性的浆体，严禁额外加水增加流动度。】

3.0.3 预应力孔道灌浆材料的水胶比不应超过 0.40。

【条文说明：本条规定了预应力孔道压浆材料的用水量上限，是为了提高孔道灌浆的耐久性。《建筑工程预应力施工规程》CECS 180：2005 中规定最大水灰比为 0.42，掺入专用高性能外加剂后，其水灰比可降低。经过大量工程实践表明，水胶比超过 0.40 时，浆体的泌水率、强度、收缩性能难以有效控制，难以保证预应力筋与混凝土结构的有效粘结。】

3.0.4 预应力孔道灌浆材料应用过程中，应避免操作人员吸入粉尘和造成环境污染。

【条文说明：本条规定了施工过程中的环保要求，灌浆施工现场需要采取一定的除尘措施。】

4 材料

4.1 原材料

4.1.1 水泥应采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，氯离子含量应不大于 0.06%，其他技术指标应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

【条文说明：本条规定了水泥的类型和技术要求。水泥是配制灌浆料胶凝材料的原材料。在现行的国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 硅酸盐水泥分为以下几类：硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥。其中除硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥之外，其他种类硅酸盐水泥都有超过 20%的混合材料。所以硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥除了拥有较好的物理性能，同时与混凝土外加剂也有较好的相容性，使用中不容易出现问题。由于水泥占灌浆材料中最大的质量分数，是最大的氯离子来源，同时灌浆材料保护预应力筋不被锈蚀是其主要作用之一，所以要求了水泥中的氯离子含量不能过高。】

4.1.2 矿物掺合料宜采用粉煤灰、矿渣粉、硅灰或复合掺合料，粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定，矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定，硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的规定，复合掺合料应符合现行行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486 的规定。

【条文说明：必要时可根据需要选择适宜的矿物掺合料。】

4.1.3 减水剂应采用符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 中高性能减水剂的规定，引气剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。

【条文说明：有抗冻要求时，可根据需要选择适宜的引气剂。】

4.1.4 膨胀剂应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB/T 23439 的规定，碱含量应不大于 0.75%。

4.1.5 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.2 灌浆材料

4.2.1 预应力孔道灌浆材料应为均匀、无结块的粉体。

【条文说明：预应力孔道灌浆材料为粉体材料，对贮存条件要求较高，本条规定了预应力孔道灌浆材料的外观要求，应根据外观判断灌浆材料是否受潮。】

4.2.2 灌浆剂和灌浆料匀质性指标应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 匀质性指标

序号	检验项目	性能指标		试验方法
		灌浆剂	灌浆料	
1	含水率，%	≤3.0		GB/T 25182
2	细度（0.08mm 方孔筛筛余），%	≤6.0	≤10.0	GB/T 8077
3	氯离子含量，%	≤0.06		GB/T 176

4.2.3 配制灌浆材料时，灌浆剂引入到水泥浆体中的氯离子含量不应超过 0.1kg/m³。

【条文说明：限制氯离子含量是为了防止灌浆材料作为预应力筋保护层内部对其产生锈蚀危害。】

4.2.4 灌浆剂与水泥、水或灌浆料与水按一定比例拌制而成的浆体性能应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 浆体性能指标

序号	检验项目		性能指标	试验方法
1	凝结时间，h	初凝	≥4	GB/T 1346
		终凝	≤24	
2	流动度，s	初始	18±4	GB/T 25182
		30min	≤28	
3	自由泌水率，%	3h	≤1	GB/T 25182
		24h	0	
4	压力泌水率 ^a ，%	0.22MPa	≤3.5	GB/T 25182
		0.36MPa		
5	毛细泌水率，%		≤0.1	附录 A
6	24h 自由膨胀率，%		0~3	GB/T 25182

7	限制膨胀率, %	水中 7d	0.03~0.1	GB/T 23439
8	抗折强度, MPa	7d	≥ 6.0	GB/T 17671
		28d	≥ 10.0	
9	抗压强度, MPa	7d	≥ 35	
		28d	≥ 50	
10	充盈度		合格	GB/T 25182
a 当预应力孔道垂直高差 $\leq 1.8\text{m}$ 时,应在 0.22MPa 压力下进行压力泌水试验,垂直高差 $> 1.8\text{m}$ 时,应在 0.36MPa 压力下进行压力泌水试验。				

【条文说明：本条规定了浆体的物理力学性能，结合国家标准《预应力孔道灌浆剂》GB/T 25182-2010、建材行业标准《后张法预应力混凝土孔道灌浆外加剂》JC/T 2093-2011、铁路行业标准《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》TB/T 3192-2008、《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》Q/CR 409-2017 和公路行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650-2020 的技术要求，以及大量试验数据，得出了合理的技术要求，并且该技术要求能够体现出预应力孔道灌浆材料的以下特征：

- 1 具有高流动度，易于灌浆；
- 2 不泌水、不离析、不沉降；
- 3 适宜的凝结时间；
- 4 在塑性阶段有良好的补偿收缩能力，且硬化后产生微膨胀；
- 5 具有足够的强度。】

4.2.5 对灌浆材料有抗冻要求时，应控制灌浆材料的含气量不应大于 3%。

4.3 进场检验

4.3.1 预应力孔道灌浆材料进场时应复验，合格后方可用于施工。

4.3.2 复验项目应包括匀质性指标和浆体性能指标。

【条文说明：进场后应抽取现场的原材料按照要求的配比进行配制，配制出的浆体各项性能符合表 4.2.3 的要求后，方可开始灌浆。】

4.3.3 进场的预应力孔道灌浆材料应查验和收存型式检验报告、使用说明书、出厂检验报告、产品合格证等质量证明文件。

4.3.4 出厂检验报告应包括：产品名称与型号、检验依据、生产日期、用水量、含水

率、细度、凝结时间、流动度、自由泌水率、24 自由膨胀率、检验部门盖章、检验人员签字。当用户需要时，生产厂家应在灌浆材料发出之日起 10d 内补发 7d 抗折与抗压强度值，32d 内补发 28d 抗折与抗压强度值。

4.3 检验批与取样

4.3.1 灌浆料每 500t 应为一个检验批，不足 500t 的应按一个检验批计；灌浆剂每 50t 应为一个检验批，不足 50t 的应按一个检验批计，每一检验批应作为一个取样单位。

4.3.2 取样应有代表性，随机从不少于 10 袋灌浆材料中抽取样品，每一批灌浆料取样量不应少于 25.0kg，每一批灌浆剂取样量不应少于 0.1t 水泥所需的预应力孔道灌浆剂量。

4.3.3 取得的样品应混合均匀，分为两等份，其中一份按本规程 4.2 节的规定进行检验，另一份密封保存 6 个月，以备仲裁检验。

4.3.4 经产品认证符合要求的灌浆材料，其检验批量可扩大一倍。在同一工程中，同一厂家、同一品种、同一规格的预应力孔道灌浆材料连续三次进场检验均一次检验合格时，其后的检验批量也可扩大一倍。

【条文说明：经产品认证符合要求的预应力孔道灌浆材料，说明其质量保证能力和产品的稳定性较好，可加大检验批量。】

5 施工

5.1 施工准备

5.1.1 施工现场质量管理应有质量管理体系，施工质量控制和质量检验制度。预应力孔道灌浆前应编制施工技术方案。

【条文说明：预应力孔道灌浆属专项隐蔽工程，为保证工程质量，在施工前需编制专门的技术方案。】

5.1.2 预应力筋张拉完毕并经检验合格后，宜在 48h 内进行孔道灌浆。

【条文说明：张拉后的预应力筋处于高应力状态，对外界腐蚀很敏感，同时全部拉力由锚具承担，因此应尽早进行灌浆保护预应力筋以提供预应力筋与混凝土之间的粘结，饱满、密实的灌浆是保证预应力筋防腐和提供足够粘结力的重要前提，因此应尽早进行灌浆。】

5.1.3 后张法预应力筋锚固后的外露多余长度，宜采用机械方法切割，也可采用氧-乙炔焰切割，其外露长度不宜小于预应力筋直径的 1.5 倍，且不应小于 30mm。

【条文说明：后张法预应力筋的多余部分，如机械切割比较困难，也可采用氧乙炔切割，但必须对锚具采取降温措施，使切割时热影响波及锚具的部分得到有效控制，切割位置不宜距离锚具太近。】

5.1.4 应确认孔道、排气兼泌水管及灌浆孔畅通，应采取措施避免预应力孔道进水，并应清除孔道内的杂物和积水；对预埋管成型孔道，可采用压缩空气清孔；采用真空灌浆工艺时，应确认孔道系统的密封性。

5.1.5 预应力孔道端部锚具缝隙可采用如下方法进行封闭：

1 采用高标号水泥浆或水泥砂浆将锚具及钢绞线封裹严密，并缠裹塑料布进行保湿养护；

2 采用封锚罩封闭外露锚具，将封锚罩与锚垫板上的安装孔对正，必要时可在密封橡胶垫表面涂抹玻璃胶加强密封效果，用螺栓固定，密封 30min。

5.1.6 孔道灌浆前，应事先对采用的灌浆材料进行试配。试配时，水泥、灌浆剂、水或灌浆料等各种材料称量误差均不应超过材料质量的 $\pm 1\%$ ，加水量应严格按照产品说明书中规定的加水比例，试配的浆体性能应满足本规程 4.2 节的要求后方可使用。

5.1.7 灌浆施工前应准备搅拌机、灌浆机等施工设备及必要物品。

【条文说明：采用性能良好的设备是保证灌浆质量的重要手段和前提，因此在实际施工时应选择满足性能要求的制浆和灌浆设备。】

5.1.8 采用自动灌浆机时，其性能应符合现行国家标准《建筑施工机械与设备 预应力用自动压浆机》GB/T 35014 的技术要求。

【条文说明：《建筑施工机械与设备 预应力用自动压浆机》GB/T 35014-2018 规定，预应力用自动灌（压）浆机是由制浆和储浆系统、压浆系统和自动控制系统构成，具有自动控制浆液水胶比、自动拌制浆液、自动控制压浆压力和持压、自动完成整个压浆过程的功能，包含数据上传和管道计量的预应力孔道压浆的设备。】

5.1.9 搅拌机的转速不应低于 1000r/min，浆叶的线速度应为 10m/s~20m/s。浆叶的形状应与转速相匹配，并能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求。

【条文说明：高速搅拌有利于分散水，使浆体得到更好的流动度。降低用水量可以大大提高浆体的各项性能。】

5.1.10 搅拌机应采用连续式灌浆泵，压力表应采用防震压力表，压力表最小分度值不应大于 0.1MPa，最大量程应使最大允许工作压力在其 25%~75%的量程范围内。

5.1.11 浆体储料罐应带有搅拌功能，以保证浆体的均匀性。

【条文说明：浆体在使用过程中应连续搅拌，保证整个灌浆过程中浆体的流动性可满足标准要求。】

5.1.12 采用真空辅助灌浆工艺时，真空泵应能达到 0.10MPa 的负压力。

5.2 浆体拌和

5.2.1 浆体拌和前应先清洗施工设备，清洗后的设备内不应有残渣、积水，并检查搅拌机的过滤网。浆体由搅拌机进入储料罐时，应经过过滤网，过滤网格不应大于 1.2mm×1.2mm。

5.2.2 称取水泥、灌浆剂、水或灌浆料与水，各种原材料称量误差均不应超过材料质量的±1%。

5.2.3 采用预应力自动压浆机灌浆时，将粉体材料和水按比例放入后，自动控制浆体水胶比并搅拌均匀。

5.2.4 采用非自动设备时，浆体搅拌应符合下列规定：

- 1 首先在搅拌机中加入实际拌和用水量的 80%~90%；

2 启动搅拌机，均匀加入全部粉体材料，边加入边搅拌，全部粉体材料加入后再搅拌 2min；

3 加入剩余 10%~20%的拌合用水，继续搅拌 2min。

5.2.5 浆体搅拌均匀后，流动度符合本规程第 4.2 节规定时，即可经过滤网进入储料罐，浆体在储料罐中应持续搅拌。

5.2.6 灌浆浆体搅拌后至灌浆完毕的时间不宜超过 30min。

【条文说明：搅拌完成后随时间推移，浆体内水分蒸发会导致流动度下降，故在一定时间内完成灌浆。因搅拌完成后时间过长导致的流动度下降，不应再加水增加浆体流动度。】

5.3 灌浆施工

5.3.1 浆体压入时宜按先下后上的顺序进行灌浆。

【条文说明：灌浆顺序的安排应避免相互串孔冒浆现象，本条规定了先上后下的原则。同时，浆体中的空气和水的密度都比浆体小，所以浆体由最低孔压入时，能使空气和水聚集在上面，灌浆可将水和空气赶到最高点的排气孔排出。并且先压下层孔道的好处是下层的预应力筋抗弯力矩较大，先灌浆可以减小力矩造成的松弛，对结构较为有利。】

5.3.2 浆体压入预应力孔道前，应首先开启灌浆泵，排出少量浆体，以清除灌浆管路中的空气、水和稀浆。当排出的浆体流动度和搅拌机中的流动度一致且无气泡时，方可压入预应力孔道。

5.3.3 灌浆的最大压力宜为 0.5MPa~0.7MPa。灌浆应达到孔道另一端充盈度饱满，且排气孔排出与规定流动度相同的浆体为止。封闭全部出浆口后，应继续加压 0.5MPa，并应稳压 1min~2min 后封闭灌浆口。

【条文说明：灌浆泵的压力，以能将浆液压入并充满孔道孔隙为原则，一般在出浆口按照空气、水、稀浆、浓浆的顺序排出。为了保证孔道灌浆的饱满度要求，需要保持不小于 0.5MPa 的压力 3~5min 后再对灌浆孔进行封闭处理。当孔道长度小于 60m 时，一般取中间值或者下限；孔道长度大于或等于 60m 时，则取上限。】

5.3.4 灌浆后应从锚垫板的压/出浆口检查灌浆的密实情况，如不密实，应及时进行补浆，保证孔道完全密实。

5.3.5 孔道压力补浆时，孔道内水、浆悬浮液应从出口端流出。再次泵浆，直到出口

端有匀质浆体流出，在 0.5MPa 的压力下保持 5min，此过程应重复 1~2min。

5.3.6 采用真空辅助灌浆工艺时，灌浆前应首先进行抽真空，使孔道内的真空度稳定在-0.06MPa~-0.08MPa 之间。真空度稳定后，应立即开启孔道灌浆端阀门，同时开启灌浆泵进行连续灌浆。

【条文说明：真空辅助灌浆技术的原理是：灌浆前在出浆口采用真空泵抽吸预应力孔道中的空气，使孔道内达到-0.06~-0.08MPa 的真空度，然后在孔道的另一端采用灌浆泵将水泥浆液压入孔道中，以此提高孔道压装的充盈度和密实度。但需指出的是：真空灌浆并不能解决灌浆的所有质量问题，工程实践证明，在孔道的两端高差较大时，真空灌浆的效果甚至要差于采用常规压装工艺的效果，即孔道最高点的顶部仍有可能出现空洞：在孔道有倾角时，在倾角处浆体会产生先流现象。因此，尽管采用了真空辅助灌浆工艺，仍需对其工艺进行严格控制，方能获得良好的灌浆效果。】

5.3.7 因故中途停止孔道灌浆时，应采用压力水将未灌注完孔道内已压入的浆体冲洗干净。

5.3.8 浆体在使用前和灌浆过程中应连续搅拌，浆体在孔道中的流速不宜过快。对于因延迟使用所致的流动度降低的水泥浆，不得通过加水来增加其流动度。

5.3.9 同一预应力孔道灌浆应连续进行，一次完成。集中和邻近的孔道，宜尽量先连续灌浆完成，不能连续灌浆时，后灌浆的孔道应在灌浆前用压力水冲洗通畅。

5.3.10 灌浆过程中，每一工作班应制作 2 组标准养护试件，试件尺寸为 40mm×40mm×160mm，进行 7d 和 28d 抗压强度和抗折强度试验。

【条文说明：《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204-2015 中规定，采用边长 70.7mm 的砂浆试件，28d 抗压强度要求不小于 30MPa。但实际工程实践过程中发现，采用此试件时因净浆强度高、脆性较大，有时难以得到真实的强度。因此，参考预应力孔道灌浆材料的产品标准，本条规定灌浆施工过程中留置试件尺寸为 40mm×40mm×160mm 水泥胶砂试件。】

5.3.11 灌浆时浆体温度应在 5℃~30℃ 之间。灌浆过程中及灌浆后 48h 内，结构混凝土的温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施。

【条文说明：温度对浆体性能的影响十分显著。如果温度过高，水分蒸发的速率和水化反应速率会明显上升，则会降低浆体的流动性，尤其对 30min 流动的保留值影响更加严重。如果温度过低，则会降低水化速率，降低强度的增长速率。若浆体温度低于 0℃，则会使浆体内的水分结冰，无法继续水化的同时，还会产生体积膨胀，最终导致

浆体内部结构的破坏，或者使其失去强度。所以要把预应力孔道的环境温度控制在一定范围内，低温时除了加热构件，也可以同时用浆体水温来进行温度补偿。高温时则必须降温处理，或者等到温度降低在进行搅拌和灌浆。】

5.3.12 孔道灌浆应及时填写灌浆记录。灌浆记录应至少包括灌浆材料、配合比、灌浆日期、搅拌时间、流动度、浆体温度、环境温度、保持压力及时间、真空辅助灌浆工艺的真空度等。

【条文说明：预应力孔道灌浆质量的检测较为困难，因此在灌浆过程中需详细填写有关灌浆记录，有利于灌浆质量的把握和检查。】

5.3.13 灌浆施工完成后，立即清洗搅拌机、灌浆泵及与其连接的灌浆管，与进浆口、出浆口连接的孔道接头宜采用一次性塑料接头，应在浆体硬化后才能拆除，拆除后立即清洗。

5.3.15 预应力孔道灌浆完成后，经检查无不饱满情况且浆体已完全凝结后，应及时进行封锚作业，封锚混凝土施工时应加强振捣，并及时抹面处理。

5.3.16 灌浆完成后，应及时对锚固端按设计要求进行封闭保护或防腐处理，需要封锚的锚具，应在灌浆完成后对梁端混凝土凿毛并将其周围冲洗干净，设置钢筋网浇筑封锚混凝土。封锚混凝土的强度应符合设计要求。当无设计要求时，一般不宜低于结构混凝土强度等级的 80%。

【条文说明：后张预应力筋的锚具一般布置在结构或结构的端部，是受环境影响较大的部位，且锚具又处于高应力状态，因此对其进行封闭保护是非常重要的一项工作。封锚混凝土的强度等级应接近结构混凝土，部分工程项目对封锚混凝土强度未做明确规定，可按本条的规定执行，封锚混凝土施工时需设置钢筋网，防止开裂。】

5.3.17 外露锚具及预应力筋应按设计要求采取可靠的保护措施。当无设计要求时，外露锚具及预应力筋的混凝土保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204 的要求。

【条文说明：《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204-2015 中规定，当无设计要求时，外露锚具和预应力筋的混凝土保护层厚度不应小于：一类环境时 20mm，二 a、二 b 类环境时 50mm，三 a、三 b 类环境时 80mm。】

5.4 冬期及高温施工

5.4.1 在环境温度低于 5℃时，可在灌浆材料中适当增加引气剂，含气量应通过实验确定。灌浆施工应按现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的规定进行，并应符合下列规定：

1 灌浆前应采取措施预热构件表面，使其温度保持在 10℃以上，并应清除积水；

2 应采用不超过 65℃的温水拌和灌浆材料，保证浆体的入模温度在 10℃以上。

【条文说明：室外最低温度低于 5℃时，孔道灌浆需采取抗冻保温措施，防止浆体冻胀使混凝土沿孔道产生裂缝。】

5.4.2 当环境温度高于 35℃时，灌浆宜在低温时段进行。

【条文说明：温度过高时，浆体的流动性损失较快，难以保证工程质量。因此应在温度低于 35℃的时段灌浆。】

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 预应力孔道灌浆工程的验收应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300和《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204的有关规定进行。

6.1.2 预应力孔道灌浆过程中应及时进行质量检验。

6.1.3 预应力孔道灌浆工程应检查下列资料：

- 1 设计与施工执行标准、文件；
- 2 灌浆材料的产品合格证、出厂检验报告、有效期内的型式检验报告及进场复验报告；
- 3 施工技术方案和技术交底文件；
- 4 施工工艺与质量检查记录；
- 5 其他必须提供的资料。

6.1.4 应以相同灌浆材料、相同施工工艺和灌浆设备的一个工作班的预应力孔道灌浆工程划分为一个检验批。

6.1.5 检验批质量验收合格应符合下列规定：

- 1 检验批应按主控项目和一般项目验收；
- 2 主控项目应全部合格；
- 3 一般项目应合格，当采用计数检验时，应不少于90%的检查点合格，且其余检查点不得有严重缺陷；
- 4 应具有完整的施工操作依据和质量验收记录。

7.2 主控项目

6.2.1 预应力孔道灌浆完成后，孔道内的浆体应饱满、密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查灌浆记录。

【条文说明：预应力筋张拉后处于高应力状态，对腐蚀非常敏感，所以应尽早对孔道进行灌浆。灌浆是对预应力筋的永久保护措施，要求孔道内水泥浆饱满、密实，完全握裹住预应力筋。灌浆质量的检验应着重现场观察检查，必要时也可凿孔或采用无损

检测。】

6.2.2 浆体性能应符合本规程第 4.2 节的规定。

检查数量：相同灌浆材料检查一次。

检验方法：检查浆体性能试验报告。

6.2.3 现场留置的孔道灌浆材料试件的 7d、28d 抗压强度应符合本规程第 4.2 节的规定。

检查数量：每个检验批留置 2 组。

检验方法：检查试件强度试验报告。

6.2.4 锚具的封闭保护措施应符合设计要求。

检查数量：抽查预应力筋总数的 5%，且不应少于 5 处。

检验方法：观察，尺量。

6.3 一般项目

6.3.1 后张法预应力筋锚固后的锚具外的外露长度不应小于预应力筋直径的 1.5 倍，且不应小于 30mm。

检查数量：抽查预应力筋总数的 3%，且不应少于 5 束。

检验方法：观察，尺量。

【条文说明：预应力筋外露部分长度的规定，主要是考虑到锚具正常工作及切割时可能的热影响，切割位置不宜距离锚具太近，同时不应影响构件安装。】

6.3.2 封锚混凝土外观应平整，自身不开裂，且与结构混凝土粘结牢固、无离缝、无明显错台。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

6.4 饱满度检测

6.4.1 当预应力孔道有下列情况之一时，应对预应力孔道灌浆饱满度进行无损检测：

- 1 灌浆过程中灌浆机出现故障或灌浆材料发生初凝；
- 2 灌浆过程中发生堵塞；
- 3 其它认为有必要检测的情况。

【条文说明：预应力孔道灌浆材料产品标准的检测参数设定为充盈度，模拟灌入孔道后是否有直径大于 3mm 的气囊，是否存在水囊或水蒸气，用以确定灌浆材料是否合格；《桥梁预应力孔道注浆密实度无损检测技术规程》T/CECS 879-2021 中规定了检测参数为密实度；《混凝土结构施工质量验收规范》GB 50204-2015 中规定水泥浆应饱满、密实。考虑到“密实性”作为检测参数涉及较为严格的量值，而目前大多数的无损检测方法仅可定性和部分定量检测，难以给出明确的密实性的比例，因此本标准规定以“饱满度”作为无损检测的参数。本条规定了需进行预应力孔道灌浆饱满度无损检测的条件，有这些情况时，需采用无损检测方法进行检测。】

6.4.2 每个检验批抽检比例应不少于孔道总数的 3%，且抽检总数不应少于 10 个，不足 10 个时应全数检测。

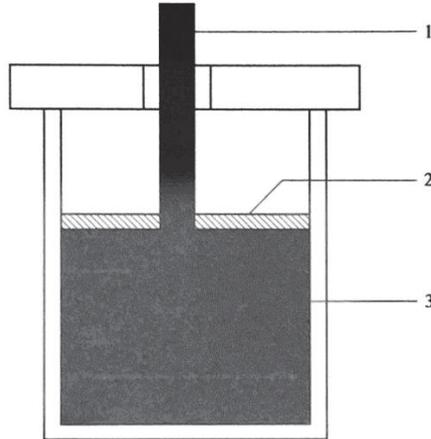
6.4.3 应采用现行协会标准《桥梁预应力孔道注浆密实度无损检测技术规程》T/CECS 879 中的冲击弹性波法结合内窥镜法进行检验。

【条文说明：《桥梁预应力孔道注浆密实度无损检测技术规程》T/CECS 879-2021 中规定了冲击弹性波定性检测法、冲击回波定位检测法、X 射线法、内窥镜法、相控阵超声波法等几种检测方法，其中冲击弹性波法分为两种，冲击弹性波定性检测法可定性判定，冲击回波定位检测法可定量判定；内窥镜法是在检测部位对应的预应力孔道上半部分位置钻孔，采用内窥镜拍照检测，可验证判定预应力孔道各位置处的灌浆饱满度。】

附录 A 毛细泌水率试验方法

A.0.1 试验装置

试验装置如图 A.1 所示,用有机玻璃制成,带有密封盖,内径为 100mm,高 160mm。在容器中间置入一根 7 芯 $\Phi 5$ 钢丝束,钢绞线在容器中露出的高度为 10mm~30mm。



- 1——7 芯 $\Phi 5$ 钢绞线;
2——静置一段时间后的泌水;
3——浆体。

图 A.1 毛细泌水率试验装置示意图

A.0.2 试验步骤

试验装置放置于水平面上,将搅拌均匀的浆体注入容器中,注入浆体体积约 800mL,并准确记录体积 V_0 ,然后将密封盖盖严,并在中心位置插入钢绞线。静置 3h 后用吸管吸出浆体表面的离析水量,移入 10mL 的量筒内,测量泌水量 V_1 ,通过公式

(A.1) 计算毛细泌水率 B_m 。

$$B_m = \frac{V_1}{V_0} \times 100\%$$

式中,

B_m ——毛细泌水率, %;

V_1 ——浆体上部泌水的体积,单位为毫升 (mL);

V_0 ——测试前浆体的体积,单位为毫升 (mL)。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准目录

- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《水泥化学分析方法》 GB/T 176
- 《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》 GB/T 1346
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《混凝土外加剂匀质性试验方法》 GB/T 8077
- 《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》 GB/T 17671
- 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 《混凝土膨胀剂》 GB/T 23439
- 《砂浆和混凝土用硅灰》 GB / T 27690
- 《建筑施工机械与设备 预应力用自动压浆机》 GB/T 35014
- 《混凝土结构施工质量验收规范》 GB 50204
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 《建筑工程冬期施工规程》 JGJ/T 104
- 《桥梁预应力孔道注浆密实度无损检测技术规程》 T/CECS 879