中华人民共和国建材行业标准

JC/T XXXXX—20XX

盾构工程用预拌灌浆材料

编制说明

（征求意见稿）

建材行业标准《盾构工程用预拌灌浆材料》编制组

二〇二六年十一月

目录

一、工作简况.....1
（一）任务来源.....1
（二）制定背景.....1
（三）主要工作过程.....4
（四）起草单位和起草人任务分工.....7
二、标准编制原则、主要内容及其确定依据.....8
（一）编制原则.....8
（二）标准的主要内容.....9
（三）技术指标值确定依据.....16
三、调研情况、试验验证分析、技术经济论证与预期效益.....19
（一）调研情况.....19
（二）主要实验验证分析.....20
（三）产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果.....31
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况.....32
五、采用国际标准和国外先进标准的情况.....34
六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系.....34
七、重大分歧意见的处理经过和依据.....35
八、标准性质的建议说明.....36
九、涉及专利的有关说明.....36
十、贯彻标准的要求和措施建议.....36
十一、废止现行相关标准的建议.....36
十二、其它应予说明的事项.....36

一、工作简况

（一）任务来源

根据中华人民共和国工业和信息化部办公厅《关于印发2026年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2026〕192号）要求，由建筑材料工业技术监督研究中心承担建材行业标准《盾构工程用预拌灌浆材料》（计划编号：2026-0258T-JC）组织编制工作，项目周期12个月。本文件由中国建筑材料联合会提出，建材工业综合标准化技术委员会归口，由建筑材料工业技术监督研究中心负责组织起草，中国建筑材料联合会、中建交通建设集团有限公司、中德新亚建筑材料有限公司、中建中国建筑第五工程局有限公司、上海申元岩土工程有限公司、哈尔滨工业大学、中国铁道科学研究院集团有限公司、中铁南方投资集团有限公司、北京城建十六建筑工程有限责任公司、武汉泰灵通铁路工程有限公司、陕西天域新型环保建材有限公司、江苏隆嘉新型建材有限公司等单位共同起草。

（二）制定背景

1. 行业发展历程与现状

截至2025年底，中国内地开通城市轨道交通的城市已达58个，运营线路总里程超过1.2万公里，区间隧道普遍采用盾构法施工；城市综合管廊、城际铁路、公路隧道、引水隧洞及跨江跨海通道工程中，盾构法的应用也在快速扩展。据不完全统计，全国每年盾构掘进里程约1500 km。

壁后注浆分为同步注浆与二次注浆两个阶段。同步注浆是在盾构掘进过程中，通过盾尾注浆管向管片与地层之间的建筑空隙同步注入浆液；二次注浆是在隧道成型后，通过管片注浆孔对不密实部位、渗漏地段进行补充注浆。以直径6 m级盾构为例，开挖直径与管片外径之差形成的环形空隙每环约4 m^3，按1.3～1.8的充填系数计，单环注浆量约5～7 m^3，每公里隧道浆液用量约3500～5000 m^3。浆液消耗量大、连续供应要求高，其性能稳定性直接决定工程

安全、质量与成本。

壁后注浆承担三重功能：一是及时充填盾尾空隙，抑制地层应力释放引起的地表沉降与建（构）筑物变形；二是均匀传递注浆压力，改善管片受力状态，控制管片错台与上浮；三是形成连续的致密充填层，与管片、地层共同构成隧道的第一道防水屏障。因此，浆液必须同时具备良好的泵送与充填能力（稠度、流动度及其经时损失）、足够的抗离析能力（分层度、泌水率）、与掘进速度相匹配的凝结时间、硬化后足够的填充与承载能力（体积变化率、抗压强度），在富水地层中还须具备抗水分散与抗渗能力（水陆强度比、抗渗压力）。上述性能中任何一项失控，在工程上都会表现为地面沉降超限、管片顶部脱空或隧道渗漏。

从材料供应方式看，盾构工程用灌浆材料经历了由现场自拌向工厂预拌的转变。早期施工现场多采用水泥、粉煤灰、膨润土、砂等原材料就地计量搅拌，原材料堆放杂乱、配比依靠经验，浆液泌水、离析、固结不足等质量问题频发，批次间性能波动大。随着预拌砂浆产业和干混砂浆装备的发展，湿拌浆液配送、干混料筒仓供料、双液组分分别泵送等预拌化供应模式逐步成为主流，材料性能的稳定性、可追溯性明显提升，但也对产品标准、检验规则提出了新的要求。

从产业规模看，据编制组调研，2025 年国内盾构工程用预拌灌浆材料年产量约 80 万吨、产值约 25 亿元，生产企业约 30 家、使用单位约 65 家；预计 2027 年产量可达 120 万吨、产值约 40 亿元，生产企业增至 35 家左右，形成了涵盖建材龙头企业和专业砂浆企业的供给格局，下游覆盖主要盾构施工企业。

从技术进展看，行业已形成水泥基、消石灰基、水泥-水玻璃双液基等产品体系，相关技术在各大地铁项目如北京地铁各线路、深圳地铁、武汉两湖隧道、深中通道等重点项目应用技术成熟度达到系统级验证水平。

与产业快速发展形成反差的是标准供给的明显滞后。由于缺乏针对盾构工程用预拌灌浆材料和注浆材料的专门标准，企业只能参照 JC/T 986《水泥基灌浆材料》、GB/T 50448《水泥基灌浆材料应用技术规范》等通用标准组织生产，而通用标准未考虑盾构同步注浆高压泵送、富水地层抗水冲散、长距离运输流动度经时损失等特殊工况，造成产品指标不可比、施工适配性不足。行业调研显示，不同厂商产品在流动性、凝结时间、强度发展等关键指标上差异显著，

由此引发的隧道沉降、管片渗漏等质量缺陷时有发生。如某地铁项目因灌浆材料泌水率超标，导致后期修复成本增加约 1200 万元；部分项目注浆返工率高达 15%。

2. 政策体系支撑

制定本文件是落实基础设施高质量发展和建材行业绿色低碳转型部署的具体举措，主要政策依据包括：

一是《交通强国建设纲要》。纲要提出“推进地下空间高效开发利用，提升隧道工程质量和安全水平”。本文件通过规范灌浆材料性能，保障盾构隧道施工质量，直接支撑纲要实施。

二是《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》（国发〔2021〕27 号）。规划要求“提升隧道工程质量和耐久性”，并提出强化隧道工程材料标准化、智能化应用。本文件将预拌灌浆材料的性能指标与数字化施工需求结合，推动材料与施工协同标准化。

三是《建材工业智能制造数字转型行动计划（2021—2023 年）》。计划提出推“动专用建材标准化”，本文件作为盾构工程配套材料专项标准，填补行业空白。

四是《建材工业高质量发展行动计划》（工信部联原〔2022〕100 号）。计划提出“加快特种工程材料标准制定，支持重大基础设施建设”，本文件属于特种工程材料标准范畴。

五是《绿色建筑创建行动方案》（建标〔2020〕65 号）。方案要求发展低碳型工程材料，本文件鼓励采用矿渣、粉煤灰等工业固废作为掺合料，降低水泥用量，符合绿色低碳导向。

3. 标准现状与空白

国际上，尚无专门针对盾构工程用预拌灌浆材料的国际标准（ISO）。相关国外标准主要有日本《隧道标准规范（盾构篇）》、美国 ASTM C1107《膨胀型液压水泥灌浆料标准规范》、ASTM C937《预拌灌浆料标准规范》、欧洲 EN 445《灌浆料试验方法》和 EN 12715《岩土工程注浆》、日本土木学会

JSCE-G520 等。上述标准或面向本国地质与工艺条件，或以试验方法为主，均未形成覆盖我国盾构工程富水、高水压、长距离泵送工况的完整产品指标体系。

国内现行标准中，GB 50446-2017《盾构法隧道施工与验收规范》在第 10.2 条对同步注浆材料提出同步注浆和即时注浆的注浆量充填系数应根据地层条件、施工状态和环境要求确定，充填系数宜为 1.30～2.50，但未给出流动性、抗水分散性、强度等专项指标；GB 50299-2018《地下铁道工程施工质量验收标准》对盾构隧道注浆提出了验收要求，但缺少可量化的材料性能依据；JC/T 986《水泥基灌浆材料》、GB/T 50448《水泥基灌浆材料应用技术规范》面向通用灌浆场景；JC/T 2536-2019《水泥-水玻璃灌浆材料》适用于双液浆，但主要用于地基处理与堵漏《预应力孔道灌浆剂》；GB/T 25182—2010 面向后张法预应力孔道压浆，体系水胶比低、以流动度和泌水率为核心。团体标准 T/CECS 10264-2023《预拌盾构注浆料》、T/CECS 563-2018《盾构法隧道同步注浆材料应用技术规程》以及北京市地标 DB11/T 1608-2018《预拌盾构注浆料应用技术规程》、湖北省地标 DB42/T 1971-2023《同步注浆用干混砂浆应用技术规程》、天津市地标 DB/T 29-327-2024《天津市预拌水泥基盾构注浆料应用技术规程》等标准，对预拌盾构注浆料作出了规定，但适用范围、指标体系和试验方法各不相同，行业层面仍缺少统一的产品标准。

综上，现有标准体系呈现“通用标准不专用、专用标准层级低”的局面：国家标准侧重施工验收、缺乏材料指标，团体标准和地方标准各有侧重、适用范围有限，无法为全国范围内的设计选型、产品生产、进场验收和质量监督提供统一依据。制定本文件，正是为了在行业标准层面统一盾构工程用预拌灌浆材料的分类、技术要求、试验方法和检验规则，补齐建材产品标准短板。

（三）主要工作过程

第一阶段：预研与立项（2025 年 1 月—2026 年 3 月）。编制组系统收集国内外盾构注浆材料相关标准和工程资料，于 2025 年 2 月完成《盾构工程用预拌灌浆材料》行业标准项目预研报告，对项目与产业政策规划的协同性、与强制性标准的配套性、拟解决的主要问题、主要技术内容、国内外标准情况、技术成熟度及产业规模等进行了系统论证。经技术归口单位评审，本项目列入 2026

年第二批行业标准制修订计划。

第二阶段：调研与草案形成（2026 年 4 月—2026 年 8 月）。编制组系统梳理了 T/CECS 10264-2023、T/CECS 563-2018、DB11/T 1608-2018、DB42/T 1971-2023、DB/T 29-327-2024 等标准，对比研究了日本、美国、欧洲相关标准；赴北京、广州等地盾构施工现场调研，实地考察盾构砂浆站、中转站、物料运输车、盾构机浆液贮存箱及同步注浆、二次补浆作业环节，掌握了浆液拌制、运输、贮存、泵送、注入的完整工艺链条；面向材料生产、施工、检测单位征集样品和行业问题，开展基础试验；先后召开多次内部讨论会与专题研讨会，就适用范围、分类方式、指标体系、试验方法达成初步共识，形成标准草案稿。



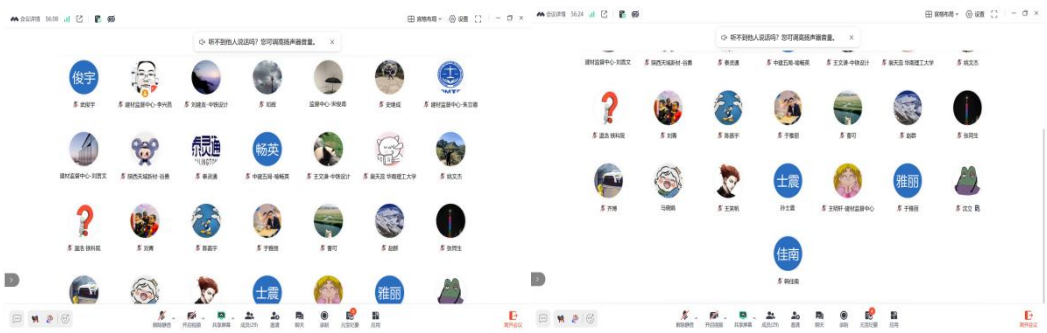
第三阶段：编制组成立与第一次工作会议（2026 年 9 月）。2026 年 9 月 17 日，编制组成立暨第一次工作会议召开。会上，编制组汇报了任务来源、编制背景、编制原则和流程、工作情况与进展、标准内容框架和任务分工；参会代表围绕标准名称《盾构工程用预拌灌浆材料》与《盾构工程用注浆材料》、产品分类方式（按强度分级还是按胶凝材料体系分类）、核心技术指标与测试方法、任务分工和进度安排进行了充分讨论，形成一致意见，并明确了工作纪律和资料归档要求；会后形成会议纪要。



第四阶段：验证试验与征求意见稿形成（2026 年 10 月—2026 年 11 月）。第一次工作会议后，编制组根据会议意见对草案进行了系统修改，按胶凝材料体系重新划分产品类型，调整了技术要求项目和试验方法；首次工作会后，标准制定工作小组立即着手进行样品的征集工作，下发样品征集通知，广泛收集国内修补砂浆样品，共收到 4 家单位的 12 个样品进行试验验证，并组织实验室间比对以验证测试方法的可靠性。在此基础上形成本征求意见稿及编制说明。



第五阶段：第二次工作会议。2026 年 11 月 10 日召开第二次工作会议，对标准全部条文逐条审议，确认全部技术条款，完成征求意见稿及编制说明定稿，准备上报主管部门。



后续进度安排：2026 年 11 月 15 日前完成征求意见稿上报并公开征求意见；2026 年 12 月 15 日至 2027 年 1 月 15 日处理反馈意见、形成送审稿；2027 年 1 月召开送审稿审查会；2027 年 2 月形成报批稿，3 月上报报批材料。若遇特殊情况，编制组将及时调整进度并通报各成员单位。

（四）起草单位和起草人任务分工

本标准负责起草单位共 5 家，参加起草单位共 12 家。包括高校（1 家）、科研院所（1 家）、检测单位（1 家）、施工单位（6 家）、生产企业（6 家）和其他单位（2 家）等。涵盖了生产、检测、消费、管理、研究、施工等相关领域的专家。

标准编制统筹工作由建筑材料工业技术监督研究中心承担，负责整体进度协调、文本统稿、验证试验数据汇总和编制说明起草；各章节编制任务按单位技术专长分工，经第一次工作会议讨论确定，见表 1。

表 1 标准编制组成员及任务分工

编制内容	负责编制单位	负责人	备注
范围、规范性引用文件、术语和定义	建筑材料工业技术监督研究中心	武俊宇	所有单位参与
分类和标记	中国建筑第五工程局有限公司、上海申元岩土工程有限公司	阳栋、过震文	其他单位协助
技术要求	陕西天域新型环保建材有限公司、江苏隆嘉新型建材有限公司、中德新亚建筑材料有限公司、合肥沃特新型建材有限公司等	卢晓琳、王鹏、史继成、孙德良	其他单位协助
试验方法（含水陆强度比附录 A）	哈尔滨工业大学	卢爽	编制组全体单位
检验规则	武汉泰灵通铁路工程有限公司、中建交通建设集团有限公司	胡达	其他单位协助
标志、包装、运输和贮存	中国铁道科学研究院集团有限公司、中铁南方投资集团有限公司	温浩	其他单位协助

分工遵循三条原则：一是“谁熟悉谁牵头”，技术要求由生产企业牵头、

施工与检测单位配合，确保指标可生产、可施工、可检测；二是“交叉校核”，试验方法由高校牵头，避免企业既定指标又定方法的自利倾向；三是“全程参与”，非牵头单位在草案讨论、验证试验、意见处理各环节均参与。

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）编制原则

本文件按照 GB/T 1.1—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，编写过程中遵循以下原则：

1. 合规性原则。 文件的章节结构、条款表述、量和单位、符号与代号均执行 GB/T 1.1—2020 的规定；技术要求的设置以现行法律法规和强制性标准为底线，不设置与上位标准冲突或重复的内容；标准名称、术语与 GB 50446、GB 50229、GB/T 50448、JC/T 986 等既有标准保持衔接。

2. 目的性原则。 紧扣“盾构工程专用”和“预拌化供应”两个定位，只规定与产品性能、施工适配性和工程安全性直接相关的指标，不规定可由合同约定或工艺控制解决的内容，避免标准过宽失去约束力、过细束缚技术创新。

3. 性能特性原则。 以产品的使用性能而非化学成分、工艺参数作为主要控制对象。例如以稠度、流动度及经时损失控制工作性能，以泌水率、分层度、体积变化率控制浆液稳定性，以各龄期抗压强度控制承载能力，以水陆强度比控制抗水分散性能，而不对胶凝材料配比、掺合料品种作硬性规定，遵循注浆材料产品特有的性能、质量检验和控制的普遍规律。

4. 可检验性原则。 所有技术要求均有现行、成熟、可操作的试验方法支撑，试验方法优先引用 JGJ/T 70、GB/T 50448、GB/T 25182、JC/T 2536 等现行标准；仅在水陆强度比这一现行标准无法覆盖的项目上设置规范性附录，规定完整的试验步骤，确保检测机构可复现、判定结论可复核。

5. 协调配套原则。 与 GB 50446-2017、GB 50299-2018 等工程建设标准衔接，与 JC/T 986、JC/T 2536-2019 等产品标准互补，与 T/CECS 10264-2023 等团体标准在指标框架上保持协调，同时结合盾构注浆材料自身验证试验数据编

写，体现盾构注浆材料的普遍特性和性能特点，具有合适的覆盖面；避免出现同一产品多套指标、企业无所适从的局面。

6. 技术成熟可靠原则。 指标限值的确定以现行标准水平、工程实测数据和行业调研结果为依据，兼顾先进性与经济合理性。对国内产业已普遍达到的水平，指标取行业中等偏上；对富水地层等特殊工况的关键指标，适当加严并配套试验方法，确保标准技术指标全面，宽严得当，既能适应实际生产，又能体现产品自身特点。

（二）标准的主要内容

本文件共分 9 章，另附 1 个规范性附录，分别为：1 范围，2 规范性引用文件，3 术语和定义，4 分类与标记，5 一般要求，6 技术要求，7 试验方法，8 检验规则，9 标志、包装、运输和贮存，附录 A（规范性）水陆强度比试验方法。

1. 范围

本文件规定了盾构工程用预拌灌浆材料的分类与标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于盾构隧道施工中管片壁后同步注浆、二次注浆等工艺所用预拌灌浆材料。

2. 规范性引用文件

本文件共引用 9 项标准，均为现行有效版本，见表 2。

表 2 规范性引用文件

序号	标准编号	标准名称	引用要点
1	GB 175	通用硅酸盐水泥	水泥品种与性能要求
2	GB/T 191	包装储运图形符号标志	包装标志
3	GB/T 4209	工业硅酸钠	水玻璃（B 液）质量要求
4	GB/T 10171	建筑施工机械与设备混凝土搅拌站（楼）	湿拌料的搅拌机要求
5	GB/T 25182—2010	预应力孔道灌浆剂	泌水率试验方法

			（5.2.6）
6	GB/T 26408	混凝土搅拌运输车	湿拌料的运输车要求
7	GB/T 50448	水泥基灌浆材料应用技术规范	流动度及经时损失试验方法
8	JB/T 11859	建筑施工机械与设备湿拌砂浆搅拌站	湿拌料的搅拌机要求
9	JC/T 681	行星式水泥胶砂搅拌机	搅拌设备要求
10	JC/T 2182	建材工业用干混砂浆混合机	干拌料的搅拌机要求
11	JC/T 2536—2019	水泥-水玻璃灌浆材料	双液型试件制备、体积变化率方法
12	JGJ 63	混凝土用水标准	试验用水
13	JGJ/T 70	建筑砂浆基本性能试验方法标准	稠度、凝结时间、分层度、抗压强度、表观密度等方法

3. 术语和定义

术语和定义是对标准中有关名词的释义。本文件准确性的、适度的、简明的对盾构工程用预拌灌浆材料进行了定义，给出了材料的基本组成，状态和特性，便于专业使用者易于理解

本文件设置了 8 个术语：盾构工程用预拌灌浆材料、水泥基单液型盾构工程用预拌灌浆材料、水泥-水玻璃双液型盾构工程用预拌灌浆材料、消石灰基单液型盾构工程用预拌灌浆材料、同步注浆、二次注浆、体积变化率、水陆强度比。

水陆强度比是本文件为表征抗水分散性能而新设的方法；该术语把富水地层中浆液被地下水包裹、稀释、冲散这一难以直接观测的现象，转化为可用常规压力试验机测定的量化指标，是本文件方法创新的核心。

同步注浆、二次注浆直接引用行业通行定义，只是对适用范围加以规定，避免适用范围争议。

4. 分类与标记

本文件按胶凝材料体系与使用工艺将产品分为三类：水泥基单液型、水泥-水玻璃双液型、消石灰基单液型。分类不按强度等级划分，主要考虑是：盾构

注浆材料的核心矛盾是工作性、稳定性与抗水分散性的平衡，强度只是其中一项；同一强度水平可由完全不同的胶凝体系实现，按强度分类无法反映材料本质差异，也不利于施工方按地层条件选型。按胶凝体系分类，可直接对应不同的适用工况：水泥基单液型适用于常规地层同步注浆，水泥-水玻璃双液型适用于高水压、富水地层的快速支护与堵漏，消石灰基单液型适用于对早期强度要求不高、需控制成本与收缩的工况。

标记按产品名称、文件编号和分类进行，示例给出了水泥基单液型产品的完整标记写法，便于订货、验收和追溯。

5. 一般要求

一般要求包括原材料要求和安全与环保要求。原材料方面：工业硅酸钠（水玻璃）应符合 GB/T 4209 的要求，模数宜为 2.4～3.2，浓度不宜小于 40°Bé；宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其性能应符合 GB 175 的规定，采用其他水泥时应符合相应标准要求，推荐水泥浆液水灰比为 0.4:1～1:1；其他原材料应符合现行国家、行业有关标准的规定。

对水玻璃模数和浓度作出规定，是因为二者直接决定双液浆的凝胶时间与抗压强度：模数过低（小于 2.4）凝胶过快、可操作时间不足，模数过高（大于 3.2）则凝胶过慢、早期强度上不来；浓度低于 40°Bé时，浆液含水量偏大，固化率下降、抗水冲散能力减弱。推荐水灰比区间，则是兼顾泵送性与强度的经验值，超出该区间时应在设计文件中另行论证。

安全与环保要求采用原则性表述，即产品不应对人体、生物和环境造成有害影响，涉及使用有关的安全与环保要求应符合我国相关标准和规范的规定。放射性等具体限值由 GB 6566 等标准规定，本文件不重复设置。

6. 技术要求

技术要求按产品类型分别规定，各类型产品均先规定外观要求，再按性能项目分别设置指标，见表 3。

表 3 各产品类型技术要求项目设置

项目	水泥基单液型	水泥–水玻璃双液型	消石灰基单液型

外观	√	√	√
稠度	√	—	√
稠度经时损失	√	—	√
流动度	√	—	—
流动度经时损失	√	—	—
泌水率	√	—	—
分层度	√	—	√
凝结时间	√	—	√
可操作时间	—	√	—
抗压强度（分龄期）	√	√	√
水陆强度比	√	—	—
抗渗压力	√	—	—
体积变化率	√	√	√
表观密度	√	—	√

水泥基单液型是当前用量最大的产品类型，指标设置最为完整：以稠度（90mm～130mm）和稠度经时损失（≤10mm）控制泵送与静置后的工作性，以流动度经时损失（≤20mm）控制大流动度配方的经时性能，以泌水率、分层度、体积变化率控制浆液稳定性与硬化收缩，以凝结时间和各龄期抗压强度控制施工节奏与承载能力，以水陆强度比控制富水地层适用性，以表观密度（≥1800kg/m³）控制浆液密实程度。

水泥-水玻璃双液型以可操作时间（报告实测值）和各龄期抗压强度（1h、24h、7d、14d、28d 等）为核心控制指标。双液浆的凝胶时间由水玻璃掺量与模数控制，从数秒到数分钟可调，难以用统一的凝结时间限值约束，故采用“报告实测值”的方式，由供需双方按掘进速度约定；早期强度则必须严格规定，以保证管片脱出盾尾后及时形成支撑。

消石灰基单液型规定了稠度、稠度经时损失、分层度、凝结时间、表观密度等指标。该类产品以消石灰和矿物掺合料为主要胶凝材料，强度发展慢、收缩小，主要用于对早期强度要求不高、需控制成本和后期收缩的工况，故不设强度指标，而以工作性和稳定性指标为主。

本文件的指标框架与 T/CECS 10264-2023《预拌盾构注浆料》保持总体协

调，稠度、稠度经时损失、分层度、凝结时间、表观密度等项目的限值与其水泥基、消石灰基产品一致，有利于企业在团标与行标之间平稳过渡；差异在于本文件将双液型产品纳入统一体系，并对水陆强度比、体积变化率的试验方法作出更明确的规定。

7. 试验方法

第 7 章按“能引用则引用、需补充才规定”的原则设置。养护条件及试验环境：环境温度（20±5）℃、相对湿度大于 50%，标准养护条件为空气温度（20±2）℃、相对湿度大于 90%；试验前所有试验材料在标准试验条件下放置至少 24h；试验用水符合 JGJ 63 的规定。

外观采用目测法，在自然光下观察，观察距离控制在 1m～2m。试件制备：单液型和消石灰基按 JGJ/T 70 的规定进行，双液型按 JC/T 2536-2019 中 7.2 的规定进行。稠度、凝结时间、分层度、抗压强度、抗渗压力、表观密度按 JGJ/T 70 的规定进行；流动度按 GB/T 50448 的规定进行；泌水率按 GB/T 25182-2010 中 5.2.6 的规定进行；体积变化率按 JC/T 2536-2019 中 7.7 的规定进行。

稠度经时损失和流动度经时损失需补充规定操作细节：测试完初始值后，将剩余浆料装入湿布擦过的搅拌锅，置于实验室条件下，从加水开始计时静置 1h，再在符合 JC/T 681 规定的搅拌机中低速搅拌 2min～3min（注：流动度为按固定程序搅拌 240s），重新取样测量，取 2 次试验结果的算术平均值，精确至 1mm。补充这一细节，是因为经时损失对静置时间、搅拌时间、失水极为敏感，若不统一操作，不同实验室结果差异较大，指标的制定将失去意义；本方法模拟了罐车运输和现场输送等待的真实工况。

水陆强度比试验方法列为本文件的规范性附录 A。方法要点为：采用 70.7mm×70.7mm×70.7mm 立方体试模，试模置于水箱中，水面高出试模上表面不小于 10mm；手持漏斗保持下口端面高于水面 10mm～20mm，持续倒入浆液的同时将漏斗缓慢插入试模底面，缓慢上提使浆液填满试模，全过程在 30s 内完成；成型后静置 5min～10min 排出附着水，用木锤轻敲试模两侧促进排水，抹平后放回水中养护；带模养护 3d 后拆模，继续水中养护至 28d；同时按 JGJ/T 70 制备空气中成型试件，分别测定 28d 抗压强度，按公式计算水陆强度

比（%），精确至 0.1。本方法为参考团体标准 T/CECS 563-2018 制定。

设置该附录的必要性在于：现行标准中虽有“抗分散性”“抗水冲散”的表述，但均无统一的量化方法。本方法通过水下漏斗成型模拟浆液在水中自重下落、被水包裹的真实过程，用同一配合比的水中、空气中强度比值剔除强度绝对值差异，只保留水的影响，方法简便、设备通用（压力试验机、水箱、漏斗即可），便于检测机构推广。

8. 检验规则

检验分出厂检验和型式检验。出厂检验按产品类型分别规定：水泥基单液型为外观、稠度、稠度经时损失、流动度、流动度经时损失、泌水率、分层度、凝结时间、表观密度；双液型为外观、可操作时间、1h 抗压强度；消石灰基单液型为外观、稠度、稠度经时损失、分层度、凝结时间、表观密度。型式检验项目为第 6 章规定的全部检验项目，并规定了新产品投产、原材料或配比及生产工艺有较大改变、正常生产满一年、出厂检验结果与上次型式检验有较大差异、停产六个月以上恢复生产等应进行型式检验的情形。

出厂检验项目的取舍体现“控制关键、兼顾效率”的思路：保留能在企业试验室当天完成且直接决定产品能不能用的项目；28d 强度、水陆强度比、体积变化率等需要长龄期的项目放入型式检验，通过型式检验报告的有效期覆盖日常出厂。

组批和抽样结合预拌材料的生产与供应方式分档设定：湿拌料以每 50m³相同配合比为一批，每一工作班相同配合比不足 50m³时按一批计；干拌料根据年产量和生产设备条件，按不超过 800t、600t、400t、200t 或 1d 产量为一批；双液型的水玻璃以 10t 为一批、水泥以 100t 为一批。抽样应随机进行，试验抽样总量不宜少于试验用量的 3 倍。

以 50m³作为湿拌料组批上限，是基于一辆搅拌运输车容量（8m³～12m³）与一个工作班供应量的平衡：50m³约相当于 4 车～6 车，既能把批次波动控制在可接受范围，又不至于批次过小、检验成本过高。干拌料按年产量分档，则考虑了不同规模企业生产线连续性与产品质量稳定性的差异。湿拌料按 50m³组批，干拌料按年产量分档（800t、600t、400t、200t 或 1d 产量）组批，双液型

按水玻璃 10t、水泥 100t 组批。这一设置与天津市规程 DB/T 29-327-2024 按每 100 衬砌环注浆量组批、T/CECS 10264-2023 按产量组批的做法相比，更贴近预拌材料的实际供应形态：湿拌料以运输车为计量单位，50m³约 4 车～6 车，与一个工作班的供应量相当；干拌料以生产线批次为计量单位，按年产量分档可兼顾大中小企业的生产连续性；双液型的两种组分分开组批，是因为其质量波动源不同，水玻璃的模数和浓度波动、水泥的强度波动需分别控制。

判定规则规定：出厂检验结果符合要求且型式检验报告在有效期内，判定该批产品合格；型式检验中若有两项及以上指标不符合要求，判该批产品不合格；若仅有一项指标不符合要求，允许用试样余下部分对不合格项目复检一次，按复检结果判定。设置单项复检，是为避免因试验偶然误差误判整批产品。

9. 标志、包装、运输和贮存

规定了产品标志应注明的内容，包括产品名称、标记、生产企业名称、地址、生产日期或批号、净质量、运输和贮存注意事项、贮存期、使用说明书，以及按 GB/T 191 规定标注“怕雨”等标志；粉料采用具有防潮性能的包装袋或罐装，液体采用容器密封包装；运输和贮存时不同类型产品应分别堆放、不应混杂，码垛不宜过高，避免重压、日晒雨淋并远离火源，注意通风，防止侵蚀介质损害；生产企业应根据产品类型与包装规定贮存期，自生产之日起计算，并在产品说明书与包装标识上明示。

湿拌盾构注浆料应采用符合 GB/T 26408 要求的搅拌运输车。运输车在装料前，装料口应保持清洁，筒体内不应有积水、积浆及杂物。运输车在装料、运送过程中应能保证注浆料拌合物的均匀性，不应产生分层、离析现象。不应向运输车内的注浆材料加水。运输车在运送过程中应避免遗洒。

干混盾构注浆料运输时，应有防扬尘措施，不应污染环境。散装干混盾构注浆料宜采用散装干混砂浆运输车运送，并提交与袋装标志相同内容的卡片，并附有产品使用说明书。散装干混砂浆运输车应密封、防水、防潮，并宜有收尘装置。干混盾构注浆料型号更换时，运输车应清空并清理干净。袋装干混盾构注浆料可采用交通工具运输。运输过程中，不得混入杂物，并应有防雨、防潮和防尘措施。袋装干混盾构注浆料搬运时，不应摔包，不应自行倾卸。

对双液型产品特别提示“A 液、B 液应分别贮存、分别泵送、不得预先混合”，是因为水玻璃与水泥浆液一旦接触即开始反应，混合后短时间内即失去流动性，将直接导致堵管、废浆。

（三）技术指标值确定依据

指标限值的确定经历了“草案—会议讨论—验证校核”的过程。草案阶段曾按产品用途与强度等级拟定了一整套技术指标，第一次工作会议后调整为按胶凝材料体系分类的现行框架。

第一次工作会议讨论认为，按强度分级虽直观，但难以覆盖双液型、消石灰基等产品的特性，遂调整为按胶凝材料体系分类。以下按项目说明现行指标的确定依据。

1. 分类体系：水泥基单液型、双液型、消石灰基单液型

分类是整套指标的骨架。本文件按胶凝材料体系分类，而非按强度等级或浆液状态分类，原因是：三类产品的原材料体系与反应机理不同，性能项目和限值本就应当不同——水泥基单液型以水泥水化为主，指标重点是工作性、稳定性与强度；水泥-水玻璃双液型以水玻璃促凝为主，指标重点是凝胶时间（可操作时间）与早期强度；消石灰基单液型以消石灰反应为主，强度发展慢、收缩小，指标重点是工作性与体积稳定性。按强度分级会把三类产品强行拉到同一把尺子上，导致指标失真；按浆液状态（稀浆、稠浆）分类则不稳定，同一产品调整用水量即可改变状态。

2. 外观

注浆材料通常为预混合产品，同时包含水泥-水玻璃型（含有液体组分），使用前需确认产品外观满足以下要求：粉状产品应均匀、无杂质、无结块；液态产品应均匀无离析。

3. 凝结时间和可操作时间

凝结时间的合理限定，能避免硬化过慢拉长工序等待周期，但是考虑到现场情况的复杂性，运输方式的不同，运输管道的长短等，水泥基和消石灰基产

品规定凝结时间由生产厂控制值，其凝结时间在合理范围（0.90T~1.10T）内即可；可根据供需双方商定确定，有明确设计要求时按设计要求进行。水泥-水玻璃双液型由于水玻璃与水泥浆液一旦接触即开始反应，混合后短时间内即失去流动性，属于二次补浆堵漏类特殊材料，其可从十几秒至数分钟内，满足带水作业的应急封堵需求。

4. 工作性能：稠度 90mm～130mm、稠度经时损失≤10mm、流动度 160mm～280mm、流动度经时损失≤20mm

评价浆体流动度的常用方法包括流锥粘度计法和截锥圆模测量法。

流锥粘度计法通过建立浆体粘度与其从流锥中流动性的关系来工作。它通过测量固定浆体量的流出时间或固定时间内的流出量等参数来评价粘度。通常，粘度低则流动性好，粘度高则流动性差。该方法的优点在于测试简单、数据直观、设备耐用，是最常用的粘度测试法之一，且测试结果对同类材料具有可比性。但其缺点也很明显：一方面，浆体流出过程中液面下降导致压力差减小、流速降低，因此流出时间不能完全表征流变学意义上的表观粘度；另一方面，流锥法测得的时间数据难以像旋转粘度计数据那样进行数学处理或换算为其他流变参数，需转化为流速指标才能有效揭示浆体流变特性。

截锥圆模测量法则基于浆体扩展度与粘度的关系，通过测量固定浆体量达到的扩展度来评价流动性。扩展度大表明粘度低、流动性好，扩展度小则粘度高、流动性差。此方法的优点是测试简单、数据直观、设备耐用，是水泥浆液流动度最常用的测试方法，并且标准化程度高，被多个标准采纳。综合考虑两种方法的优缺点，本着数据严谨，方便直观，标准化程度高等因素，参照 DB11/T 1608-2023、T/CECS 10264-2023，决定采用 GB/T 50448 中检测方法。同时结合验证试验情况制定具体流动度控制要求如下：流动度 160mm～280mm、流动度经时损失≤20mm。

稠度取 90mm～130mm，主要依据三点：一是行业共识，T/CECS 10264-2023、DB/T 29-327-2024 及 DB11/T 1608-2018 对稠浆型产品均取该区间；二是试验验证，企业实验室内部试验确定稠度在 90mm～130mm 时浆液具有良好的可施工性能，可在合理注浆压力下均匀顺利完成注浆，本编制组调研的样品实测值也基本落在该区间；三是工艺约束，稠度低于 90mm 时浆液偏干、泵送阻

力大、易堵管，高于 130mm 时浆液偏稀、易泌水离析、填充后收缩大。流动度取 160mm～280mm 主要为参考团体标准 T/CECS 10264-2023 及 T/DGGC 27-2024 同时结合验证试验情况确定。

稠度经时损失≤10mm，流动度经时损失≤20mm 是因为预拌浆液从拌制到注入需经历装车、运输、现场等待、泵送等环节，通常 1h～2h，若经时损失过大，到场后稠度超出可泵送范围，只能加水调整，而加水又会改变水胶比、降低强度。限值取 10mm 和 20mm，与团体标准技术要求协调一致，也与企业主流配方 1h 实测损失的水平相匹配，留有一定余量。

5. 浆液稳定性：泌水率、分层度与体积变化率

泌水率、分层度、体积变化率三项指标共同控制浆液“不离析、不收缩”。泌水率超标是管片壁后填充不密实、形成渗漏通道的主要原因，前述某地铁项目因泌水率超标导致修复成本增加约 1200 万元，即为典型教训；分层度过大表明浆液在静置过程中骨料下沉、浆体上浮，注入后沿隧道纵向形成强弱不均的填充体；体积变化率反映浆液硬化后的收缩程度，收缩过大将在管片壁后形成新的空隙，诱发地层沉降与管片错台。

三项指标的限值与 T/CECS 10264-2023 及天津市规程 DB/T 29-327-2024 保持一致（泌水率≤3.0%、分层度≤6mm、3d 体积变化率≥95%），主要考虑是：这些限值已在京津地区工程中应用多年，企业配方和检验能力与之匹配；采用 3d 龄期而非 28d，是因为试验结果表明两者差异不大，3d 龄期可显著缩短检测周期，提高出厂检验的可执行性和缩短出厂检测报告出具时间。

6. 强度指标：按产品类型、分龄期设置

水泥基单液型的强度指标按龄期分设，3d 强度用于保证管片脱出盾尾后及时形成支撑、限制管片上浮，28d 强度用于保证长期承载。双液型以 1h、24h 等早期强度为核心。双液浆的凝胶时间从数秒到数分钟可调，注浆后短时间内即形成强度，是富水地层快速封堵、控制管片上浮的主要手段；若早期强度不足，浆液会在水压作用下被稀释、流失。因此本文件对双液型规定了 1h 及 24h 等龄期的强度要求，具体限值结合验证试验数据确定。

消石灰基单液型不设强度指标，是因为该类产品的定位是低成本、低收缩

的填充材料，其强度发展慢，若设强度门槛将迫使其增加水泥用量，失去成本与收缩优势，也与该类产品的实际应用场景不符。

7. 水陆强度比：≥65.0%

水陆强度比表征灌浆材料的抗水分散性能。水陆强度比是本文件最具针对性的指标，本指标测试方法部分参考 T/CECS 10264-2023《预拌盾构注浆料》和 T/CECS 563-2018《盾构法隧道同步注浆材料应用技术规程》，结合实际测试情况而制定的。取 65.0%作为合格限值，依据是：T/CECS 10264-2023 与 T/CECS 563-2018 对水泥基产品的要求为 28d 水陆强度比≥65.0%，已在行业内实施两年，企业认可度较高；本编制组验证样品中，水泥基单液型实测多在 60%～70%，65%的限值恰好位于两者之间。

8. 表观密度：≥1800kg/m³

表观密度反映浆液的密实程度和固相含量。密度过低意味着含水量偏高、固相不足，注入后泌水收缩大、填充效果差，且在富水地层中更容易被地下水稀释。1800kg/m³的限值与 T/CECS 10264-2023 一致，也与国内主流配方（水泥+粉煤灰+膨润土+砂）的实测密度相匹配；部分工程结合本地地质条件放宽至 1600kg/m³的做法，属于设计层面的特殊约定，不作为标准限值。

9. 抗渗性

富水底层盾构工程施工时对注浆材料硬化后的抗渗压力有一定要求。所以标准引入此指标，且规定对富水地层需检测此项，对非富水地层，可不测此指标。

三、调研情况、试验验证分析、技术经济论证与预期效益

（一）调研情况

2026 年 4 月至 9 月，编制组对国内盾构工程用预拌灌浆材料的主要生产企业、施工单位和检测机构开展了调研，涵盖湿拌浆液配送、干混料筒仓供料、双液组分供应等供应模式，并赴北京、广州等地盾构施工现场考察同步注浆与

二次补浆作业，调研单位与应用工程情况见表 5。

表 5 调研单位与应用工程情况

序号	调研对象	调研内容	主要情况
1	北京地区地铁盾构工程	盾构砂浆站、中转站、运输与同步注浆作业	掌握浆液拌制、运输、贮存、泵送全流程及现场质量控制方式
2	广州地区地铁盾构工程	同步注浆与二次补浆施工现场	明确两类工艺对材料性能的差异化需求
3	检测机构与高校	试验方法适用性、结果离散程度	同一产品不同机构检测结果离散度较大，方法需统一

（二）主要实验验证分析

1. 样品征集和验证试验

考虑到生产制造技术及相关标准的情况，为最大限度地保证标准的合理性，标准编制工作组对技术要求指标进行了试验验证。在全国范围内，对高校、研究院和生产企业的盾构工程用预拌注浆材料产品进行了广泛征集。2026 年 7 月至 2026 年 10 月期间，共收集水泥基单液型 8 组、水泥-水玻璃双液型 6 组、消石灰基单液型 6 组总计 20 组。为便于记录，进行如下编号：水泥基单液型为 C1-C8，水泥-水玻璃双液型为 CS1-CS6，消石灰基单液型为 L1-L6。

将征集到的样品进行验证试验，试验结果如下：

1.1 外观

表 6 外观试验结果

样品编号	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
外观	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足
样品编号	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	--	--
外观	满足	满足	满足	满足	满足	满足	--	--
样品编号	L1	L2	L3	L4	L5	L6	--	--
外观	满足	满足	满足	满足	满足	满足	--	--
技术要求	粉状产品应均匀、无杂质、无结块；液态产品应均匀、无离析							

由表 1.1 数据可知，所有 20 组样品均符合标准外观要求，合格率 100%，

外观为产品的最基本的要求，因此合格率高。

1.2 水泥基单液型预拌灌浆材料工作性能验证结果

表 7 水泥基单液型预拌灌浆材料工作性能验证结果

样品编号	稠度/mm	稠度经时损失/mm	流动度/mm	流动度经时损失/mm	凝结时间/h	分层度/mm	3h 泌水率/%	表观密度/(kg/m³)	结果
C1	108	6	215	12	1.04T	4	2.1	1920	合格
C2	115	8	232	15	0.96T	5	2.8	1880	合格
C3	96	7	186	14	1.07T	3	1.6	1960	合格
C4	122	9	258	21	0.93T	5	3.6	1840	不合格
C5	112	5	224	11	1.02T	2	1.2	1980	合格
C6	123	11	255	22	1.12T	7	3.8	1780	不合格
C7	118	7	243	16	0.98T	4	2.4	1900	合格
C8	126	9	271	19	1.05T	6	3.2	1830	合格
标准要求	90～130	≤10	160～280	≤20	0.90T～1.10T	≤6	≤3.5	≥1800	合格
所有必测项目均合格则判定为合格									

由表 7 数据可知，稠度合格率 100%，稠度经时损失合格率 87.5%，流动度合格率为 100%，流动度经时损失合格率 75%，凝结时间合格率为 87.5%，分层度合格率为 87.5%，3h 泌水率合格率为 75%，表观密度合格率为 87.5%。

1.3 水泥基单液型预拌灌浆材料力学性能验证结果

表 8 水泥基单液型预拌灌浆材料力学性能验证结果

样品编号	3d 抗压强度/MPa	28d 抗压强度/MPa	3d 体积变化率/%	28d 水陆强度比/%	28d 抗渗压力/MPa	单项结论
C1	0.82	3.6	97.2	72.5	0.42	合格
C2	1.35	4.2	98.1	78.3	0.55	合格
C3	0.76	3.1	96.5	69.0	0.36	合格
C4	0.68	2.9	95.8	64.6	0.33	不合格
C5	1.52	5.1	98.6	81.6	0.62	合格
C6	0.45	2.2	93.6	61.4	0.26	不合格
C7	0.91	3.8	97.4	74.2	0.46	合格
C8	1.18	3.4	96.9	70.9	0.39	合格
标准要求	≥0.5	≥2.5	≥95	≥65.0	≥0.3	—
所有必测项目均合格则判定为合格						

由表 8 数据可知，3d 抗压强度合格率 87.5%，28d 抗压强度合格率 87.5%，3d 体积变化率合格率 87.5%，28d 水陆强度比合格率为 75%，28d 抗渗压力合格率 87.5%，综合表 7 和表 8 数据得出只有 C4 和 C6 样品有不合格项目，样品整体合格率为 75%。

1.4 水泥基单液型预拌灌浆材料代表性样品重复性验证试验

为验证测试方法的重复性与试验数据的可靠性，选取 4 家企业的代表性样品——C2、C3、C5、C7，对稠度、流动度、28d 抗强度 3 项关键指标分别进行 3 次平行测定，共获得 36 组测定数据，结果如表 9 所示。

表 9 代表性样品重复性验证试验结果

样品编号	指标	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均值	（相对标准偏差）RSD/%
C2	稠度/mm	115	116	114	115	0.87
C2	流动度/mm	232	234	230	232	0.86
C2	28d 抗压强度/MPa	4.20	4.15	4.25	4.20	1.19
C3	稠度/mm	96	95	97	96	1.04
C3	流动度/mm	186	188	184	186	1.08
C3	28d 抗压强度/MPa	3.10	3.14	3.06	3.10	1.29
C5	稠度/mm	112	113	111	112	0.89
C5	流动度/mm	224	225	223	224	0.45
C5	28d 抗压强度/MPa	5.10	5.05	5.15	5.10	0.98
C7	稠度/mm	118	119	117	118	0.85

样品编号	指标	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均值	（相对标准偏差）RSD/%
C7	流动度/mm	243	245	241	243	0.82
C7	28d 抗压强度/MPa	3.80	3.76	3.84	3.80	1.05

由表 9 可知，4 个样品 3 项指标平行测定结果的相对标准偏差（RSD）均不超过 1.3%，表明各测试方法重复性良好、数据稳定可靠，能够真实反映产品性能。

1.5 水泥基单液型预拌灌浆材料 28d 水陆强度比对比试验结果及分析

28d 水陆强度比是表征灌浆材料抗水分散性能的关键指标，其试验方法（附录 A）为本标准新设立的规范性附录。为验证该方法的可操作性与指标的合理性，对 8 个 C 型样品开展水中成型与空气中成型实验室间对比试验。

表 10 水陆强度比对比验证结果

样品编号	水中成型 28d 抗压强度/MPa	空气中成型 28d 抗压强度/MPa	水陆强度比/%	标准要求	结论
C1	2.7	3.6	75	≥65.0	合格
C2	3.3	4.2	78.6	≥65.0	合格
C3	2.1	3.1	68.0	≥65.0	合格
C4	1.8	2.8	64.3	≥65.0	不合格

样品编号	水中成型 28d 抗压强度/MPa	空气中成型 28d 抗压强度/MPa	水陆强度比/%	标准要求	结论
C5	4.1	5.1	80.4	≥65.0	合格
C6	1.4	2.2	63.6	≥65.0	不合格
C7	2.8	3.8	73.7	≥65.0	合格
C8	2.4	3.4	70.6	≥65.0	合格

由表 10 可知，8 个批次样品水陆强度比实测值为 64.3%～80.4%，7 个批次不低于 65.0%，达标率 87.5%。与表 8 中 28d 水陆强度比检测结论相同（检测结果一致），本方法在 2 家验证单位的试验室间可重现性良好，表明实验方法编制合理。

1.5 水泥-水玻璃双液型预拌灌浆材料验证试验结果及分析

表 11 水泥-水玻璃双液型预拌灌浆材料验证结果

样品编号	A 液水灰比	A:B 体积比	水玻璃模数	可操作时间/s	24h 体积变化率/%	1h 抗压强度/MPa	7d 抗压强度/MPa	14d 抗压强度/MPa	28d 抗压强度/MPa	单项结论
CS1	0.6:1	1:0.8	2.8	42	97.3	0.18	0.62	1.42	2.75	合格
CS2	0.8:1	1:1.0	2.6	68	96.8	0.14	0.51	1.21	2.42	合格
CS3	0.5:1	1:0.6	3.0	28	98.2	0.26	0.78	1.68	3.16	合格

样品编号	A 液水灰比	A:B 体积比	水玻璃模数	可操作时间/s	24h 体积变化率/%	1h 抗压强度/MPa	7d 抗压强度/MPa	14d 抗压强度/MPa	28d 抗压强度/MPa	单项结论
CS4	1.0:1	1:1.2	2.4	95	95.6	0.11	0.44	1.06	2.18	合格
CS5	0.7:1	1:0.9	2.9	55	94.7	0.1	0.36	0.88	1.86	不合格
CS6	0.6:1	1:0.7	3.1	36	97.6	0.21	0.69	1.51	2.88	合格
标准要求	0.4:1～1:1	商定	2.4～3.2	报告实测值	≥95	≥0.1	≥0.4	≥1.0	≥2.0	—

由表 11 数据可知，24h 体积变化率合格率 83.3%，1h 抗压强度合格率 100%，3d 抗压强度合格率 83.3%，14d 抗压强度合格率 83.3%，28d 抗压强度合格率 83.3%%，样品整体合格率为 83.3%。样品可操作时间实测值为 28s～95s，该指标按“报告实测值”设置，为施工单位选择泵送设备与管路清洗周期提供了便捷；可操作时间随 A:B 体积比增大（水玻璃相对掺量提高）与水灰比增大而延长，CS3 最短为 28 s、CS4 最长为 95 s，符合双液体系胶凝反应相关规律。24h 体积变化率实测值为 94.7%～98.2%，满足≥95%指标要求的样品 5 个，占比 83.3%，表明双液浆固结后体积稳定性总体良好；CS5 为 94.7%，略低于限值 0.3 个百分点，未达到标准要求。抗压强度（1h、7d、14d、28d）数据增长符合双液体系“速凝早强、后期持续增长”的强度发展特征，支持标准对四个龄期梯度设置指标的技术路线。S5 四个龄期强度较对应限值低，主要原因是其水灰比 0.7:1 偏大且 A:B 为 1:0.9，水玻璃相对过量导致缓凝、早期结构形成缓慢，是本次验证中唯一不合格的配比。

1.6 消石灰基单液型预拌灌浆材料验证试验结果及分析

表 12 消石灰基单液型预拌灌浆材料验证结果

样品编号	稠度/mm	稠度经时损失/mm	分层度/mm	凝结时间/h	表观密度/(kg/m³)	3d 体积变化率/%	单项结论
L1	105	5	3	1.03T	1890	98.2	合格
L2	112	7	4	0.97T	1920	97.8	合格
L3	98	6	5	1.06T	1860	98.6	合格
L4	121	8	6	0.94T	1830	97.1	合格
L5	115	9	8	1.11T	1790	96.4	不合格
L6	108	6	4	1.02T	1880	98.9	合格
标准要求	90～130	≤10	≤6	0.90T～1.10T	≥1800	≥95	—

由表 8 数据可知，稠度合格率 100%，稠度经时损失合格率 100%，分层度合格率为 83.3%，凝结时间合格率 83.3%，表观密度合格率为 83.3%，3d 体积变化率合格率 100%，只有 L5 样品有不合格项目，样品整体合格率为 83.3%。

由表 12 可知与水泥基单液型相比，消石灰基样品的稠度保持性与体积稳定性表现更优；稠度经时损失均不大于 9 mm、3d 体积变化率均不低于 96.4%，且 6 个批次中有 5 个批次分层度不大于 6 mm，表明消石灰基体系在高含水量软弱地层、对填充饱满度与保水性要求高的工况下填充性能优势明显，标准为其单独设置技术要求表是必要的、合理的。L5 样品分层度 8 mm、凝结时间 1.11T、

表观密度 1790 kg/m³，三个参数均不合格，经核查为该批次消石灰活性度偏低、细骨料级配偏粗所致。

1.7 综合验证结果统计分析

表 13 各指标验证合格率汇总表

序号	指标名称	验证样品数	合格数	不合格数	合格率/%
1	外观	20	20	0	100.0
2	稠度	14	14	0	100.0
3	稠度经时损失	14	13	1	92.9
4	流动度	8	8	0	100.0
5	流动度经时损失	8	7	1	87.5
6	凝结时间	14	12	2	85.7
7	分层度	14	12	2	85.7
8	3h 泌水率	8	7	1	87.5
9	表观密度	14	12	2	85.7
10	抗压强度	14	12	2	85.7

序号	指标名称	验证样品数	合格数	不合格数	合格率/%
11	体积变化率	20	18	2	90.0
12	水陆强度比	8	6	2	75
13	抗渗压力	8	7	1	87.5
14	可操作时间	6	6	0	100.0
综合/平均	—	20	—	—	90.2

综上，水泥基单液型预拌灌浆材料样品整体合格率为 75%；水泥-水玻璃双液型预拌灌浆材料样品整体合格率为 83.3%；消石灰基单液型预拌灌浆材料样品整体合格率为 83.3%；指标平均合格率为 90.2%，20 个样品中有四个（C4、C6、CS5、L5）存在不合格项，样品整体合格率为 80%，符合宽严适当的要求。

（三） 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

1. 技术可行性

盾构工程用预拌灌浆材料的生产工艺已基本定型：湿拌产品以水泥、矿物掺合料、细骨料、外加剂为原料，经计量、搅拌、配送至现场；干混产品经烘干、配料、混合、袋装或散装供应，现场加水制浆；双液型由水泥基 A 液与水玻璃 B 液分别配制、分别泵送、在注浆口混合。相关工艺在国内已运行多年，不存在原理性障碍。

本文件设置的技术指标均有现行试验方法支撑，检测设备为稠度仪、压力试验机、抗渗仪、天平、搅拌机等常规设备，地市级检测机构普遍具备能力；水陆强度比仅需增加水箱与漏斗，改造成本很低。

从企业执行角度看，本文件的指标框架与 T/CECS 10264-2023 基本一致，企业原有的质量管理体系、检验规程、检验设备可直接沿用，主要工作是补充泌水率、水陆强度比等项目的检测能力和原始记录，转换成本可控。

2. 预期经济效益

（1）规范市场秩序，减少低质低价竞争。 标准实施后，“盾构灌浆材料”有了明确的指标门槛，以普通砂浆冒充专用注浆料、以低性能产品低价竞标的空间被压缩，优质产品得以通过指标证明自身价值，有利于形成优质优价的市场秩序。

（2）降低工程全生命周期成本。 统一指标后，材料生产成本预计可下降约 18%，主要通过固废掺量标准化减少水泥用量实现（单吨成本由约 850 元降至约 700 元）；标准化的流动性与经时损失指标可使注浆速度由约 3m³/h 提升至 5m³/h，缩短工期约 10%，并减少堵管维修、注浆返工等隐性支出。

（3）带动上下游产业发展。 标准实施将带动上游水泥、矿物掺合料、外加剂、膨润土及包装运输产业，下游盾构施工、检测认证、装备制造等环节，催生专业化灌浆材料企业 20 家～30 家，形成百亿级细分市场。

（4）提升国产化水平和产业竞争力。 国产材料市场份额有望由 2024 年的约 40%提升至 2027 年的约 75%，高端触变型产品的进口替代将显著降低重大工程的材料采购成本与供应链风险。

3. 预期社会效益

（1）保障工程质量与运营安全。 统一的技术指标和检验规则，为工程设计、施工、监理、验收提供了明确依据，可有效减少因材料性能不稳定引发的隧道沉降、管片渗漏等质量缺陷，降低运营期维修成本和社会影响。

（2）为质量监管和纠纷处理提供依据。 标准中 7 项指标可作为工程质量纠纷的技术鉴定依据，为解决材料供应方与施工方的质量争议提供客观尺度，减少推诿扯皮。

（3）规范市场秩序，优化行业治理。 通过统一组批、抽样、判定规则，遏制“低价竞标—劣质材料”的恶性循环，保护合规生产企业的合理利润，促进行业健康发展。

（4）完善标准体系。 标准填补了盾构工程专用灌浆材料行业标准空白，与 GB 50446-2017、T/CECS 10264-2023 等形成“产品标准+应用规程+验收规范”的完整链条，完善建材与工程建设标准体系的衔接。

4. 预期生态效益

（1）消纳工业固废，减少土地占用。 本文件鼓励采用矿渣、粉煤灰等工业固废作为掺合料，按行业预期规模测算，年可消纳固废约 36 万吨，相当于减少堆存占地约 180 亩；同时减少水泥用量，降低石灰石资源消耗和熟料烧成能耗。

（2）降低碳排放。 按水泥替代与运输优化两条路径测算，单吨产品可减排二氧化碳约 0.33 吨，行业年减排量可达约 39.6 万吨，相当于约 2.2 万公顷森林的年碳汇量。

（3）减少资源开采与运输污染。 通过级配优化和本地化供应，可降低原材料开采量和运输半径，减少生态扰动与运输扬尘，改善施工现场环境。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

编制组对国内外 20 余项相关标准进行了系统对比，其中与本文件直接相关的是 GB 50446-2017、JC/T 986、GB/T 50448、T/CECS 10264-2023、T/CECS 563-2018、DB11/T 1608-2018，以及日本《隧道标准规范（盾构篇）》、美国 ASTM C1107、

ASTM C937、欧洲 EN 445、EN 12715、日本土木学会 JSCE-G520 等，主要技术内容对比见表 8。

表 8 国内外同类标准主要技术内容对比

标准编号/名称	性质	适用对象	主要技术特点	关键指标水平
GB 50446-2017 盾构法隧道施工与验收规范	国家标准（强制性条文）	盾构法隧道施工与验收	原则性规定注浆材料要求，无材料专项指标	注浆材料 28d 抗压强度≥5MPa
JC/T 986 水泥基灌浆材料	行业标准	通用水泥基灌浆材料	以流动度、竖向膨胀率、强度为主	流动度、1d/3d/28d 强度分级
GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范	国家标准	水泥基灌浆材料应用	规定设备安装与结构加固用灌浆料	流动度、泌水率、膨胀率
T/CECS 10264-2023 预拌盾构注浆料	团体标准	预拌盾构注浆料产品	国内首部盾构注浆料产品标准，分水泥基与消石灰基	稠度 90～130mm，28d 强度≥3.0MPa，水陆强度比≥65%
T/CECS 563-2018 盾构法隧道同步注浆材料应用技术规程	团体标准	同步注浆材料应用	侧重施工应用与配合比	水陆强度比≥75%
DB11/T 1608-2018 预拌盾构注浆料应用技术规程	地方标准（北京）	北京地区软土地层盾构	分稀浆I型与稠浆II型	I型流动度 70s±10s，II型截锥 200±10mm，28d≥2.5MPa
日本《隧道标准规范（盾构篇）》	国外标准	盾构隧道	体系完整，强调高水压富水地层适应性	7d≥3MPa，28d≥6MPa，抗渗≥P10，泌水率≤1%
ASTM C1107 膨胀型液压水泥灌浆料	国外标准（美国）	设备基础、结构灌浆	强调流动度保持与零收缩	7d≥7MPa，28d≥14MPa，流动度≥240mm
EN 445 / EN 12715	国外标准（欧洲）	灌浆料试验方法 / 岩土注浆	以试验方法为主，规定流动度、泌水、凝结等测定	方法标准，不设产品限值

对比分析的主要结论：

（1）指标体系的完整性国内领先。 本文件将水陆强度比列为水泥基单液型产品的检验项目，并配套规范性试验方法，在国内外产品标准中尚属首次；同时按胶凝材料体系将双液型、消石灰基产品纳入统一体系，覆盖面宽于 T/CECS 10264-2023，填补了行业标准层面的空白。

（2）与国内标准高度衔接。 稠度、稠度经时损失、分层度、凝结时间、表观密度等项目的限值与 T/CECS 10264-2023 保持一致，试验方法统一引用 JGJ/T 70、GB/T 50448 等现行标准，避免了同一产品在不同标准下判定结论不一致的问题。

（3）与国外标准的差异源于工程背景。 日本、美国标准对强度、抗渗、泌水

率的要求普遍高于我国现行水平，但其指标体系建立在盾构直径大、水压高、工期长的工程背景之上，且材料成本承受能力较强。本文件未简单对标，而是按我国不同地层条件和工程等级分类设置指标，兼顾了先进性与经济性。

（4）评价路径更贴近工程需求。 国外标准多以材料强度绝对值或混凝土性能间接评价注浆效果，本文件以“工作性—稳定性—强度—抗水分散性”四维指标直接对应同步注浆的四个功能需求（可泵送、不离析、能支撑、不冲散），评价路径更贴近施工实际。

（5）差距主要在方法细节。 差距主要在试验方法的精细化程度：国外标准对流动度测试的锥体尺寸、跳动次数、泌水试验的容器规格等规定更为细致，本文件多引用现行国内方法，部分细节（如经时损失的搅拌程序）已作补充，但仍需在验证试验基础上进一步完善。

五、采用国际标准和国外先进标准的情况

本文件在制定过程中未采用国际标准或国外先进标准，未涉及采标。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

（1）与法律法规的关系。 本文件为推荐性行业标准，不涉及行政许可、市场准入等管理事项，不与《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国建筑法》《建设工程质量管理条例》等法律法规相抵触；标准中的安全与环保要求采用“应符合我国相关标准和规范的规定”的表述，与上位法衔接。

（2）与 GB 50446-2017 的关系。 GB 50446-2017 是本文件最重要的上位技术依据。该标准第 5.4 条对同步注浆材料提出原则性要求，本文件在此基础上细化为分类、分龄期的具体指标，并按富水地层等工况强化了抗水分散性要求；本文件规定的 28d 抗压强度指标不低于该标准 5MPa 的底线要求，属于在满足国标前提下的性能提升。

（3）与 GB 50299-2018 的关系。 GB 50299-2018 对盾构隧道注浆的验收提出

了程序性要求，但缺少可量化的材料性能依据。本文件为其提供了进场验收和过程抽检的技术尺度，二者形成“验收程序+材料指标”的配套关系。

（4）与 JC/T 986、GB/T 50448 的关系。 JC/T 986、GB/T 50448 面向通用灌浆场景，本文件与其形成“专用标准+通用标准”的互补关系：凡通用标准已有规定且适用于盾构工况的项目（如流动度试验方法、抗压强度试验方法），本文件直接引用；凡通用标准未覆盖的（如经时损失、水陆强度比、双液型可操作时间），本文件另行规定。

（5）与 JC/T 2536-2019 的关系。 JC/T 2536-2019 适用于水泥-水玻璃灌浆材料，主要用于地基处理与堵漏。本文件的双液型产品与其在材料体系上同源，试件制备、体积变化率等试验方法直接引用其规定；区别在于本文件面向盾构同步注浆，增加了可操作时间、早期强度等施工适配性指标。

（6）与团体标准、地方标准的关系。 T/CECS 10264-2023 是国内首部预拌盾构注浆料产品团体标准，本文件在指标框架上与其保持协调，便于企业平稳过渡；T/CECS 563-2018 侧重应用技术，其水陆强度比≥75%的要求可作为工程内控参考。DB11/T 1608-2018、DB42/T 1971-2023 及天津市相关规程各有区域针对性，本文件发布后，地方标准可依据本文件修订，形成“行标统一底线、地标结合实际加严”的格局。

（7）与其他基础标准的关系。 水泥、放射性、试验用水等基础要求分别执行 GB 175、GB 6566、JGJ 63 等标准，本文件不重复规定，避免标准间冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准的编制过程中，广泛征求了行业相关单位和业内专家的意见和建议，主要针对标准规定中各项技术指标的要求做了深入研讨，各家单位和行业专家结合自身的工作经验和试验验证提出了作为数据支撑的有力依据，最终对标准要求达成一致。编制过程中对标准的主要内容并未产生重大意见分歧。

八、标准性质的建议说明

本文件为产品标准，适于作为建材行业推荐性产品标准发布。

九、涉及专利的有关说明

经检索，本文件所列技术内容没有涉及专利和知识产权等情况。

十、贯彻标准的要求和措施建议

目前国内盾构工程用预拌灌浆材料行业因没有统一的产品评价标准，产品以哪些性能进行评价，评价方法、评价指标是什么等都给企业和消费者带来困扰，整体上不利于产品的发展，制约了该行业的进步。

建议在本文件的出台，各生产厂家、科研单位以及相关检测机构、管理部门依据本文件中的相关规定，对盾构工程用预拌灌浆材料进行评判和管理。具体实施措施建议如下：（1）加大标准宣传力度，提高认知度，将有参考价值的案例、好的做法和经验等通过各种媒介在行业内部公开发布，引起相关部门领导和相关企业单位的重视。（2）标准归口单位进行贯标指导，组织标准宣贯活动。（3）鼓励行业相关企业贯彻实施标准，并对相关企业人员进行指导，使有关人员拥有标准、了解标准、熟悉标准，按要求执行标准。（4）标准归口单位跟踪服务，对企业贯彻实施标准中遇到的问题进行协调处理作好记录，并进行长期监督检查工作。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其它应予说明的事项

无。