

ICS

中国建筑业协会团体标准 **团体标准**

P 32

T/CCIATXXXX—XXXX

喷射结构混凝土应用技术规程

Technical Standard Construction of Structure Shotcrete

（征求意见稿）

20xx—xx—xx 发布

20xx—xx—xx 实施

中国建筑业协会 发布

中国建筑业协会团体标准

喷射结构混凝土应用技术规程

Technical Standard Construction of Structure Shotcrete

T/CCIAT XXXX—XXXX

批准部门：中国建筑业协会

施行日期：2021 年 XX 月 X 日

中国建筑工业出版社

2021 北京

前 言

根据中国建筑业协会《关于开展第三批团体标准编制工作的通知》（建协函[2019]49号）的要求，本规程由上海宝冶集团有限公司会同有关单位共同编制而成。

本规程在编制过程中进行了深入调查研究，认真总结国内科研成果和大量实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，经审查定稿。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 设计要求；4 喷射混凝土；5 施工；6 模板工程；7 钢筋工程；8 质量检验与验收；9 安全环保措施。

本规程由中国建筑业协会负责管理，由上海宝冶集团有限公司负责具体技术内容的解释。请各单位在执行过程中，总结实践经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给上海宝冶集团有限公司（地址：上海市宝山区庆安路77号；邮政编码：200941）。

本 规 程 主 编 单 位：上海宝冶集团有限公司

本 规 程 参 编 单 位：XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

本规程主要起草人员：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX

本规程主要审查人员：XXX、XXX、XXX、XXX

目 录

ICS.....	1
1 总则.....	1
2 术语.....	1
3 设计要求.....	2
3.1 基本规定.....	2
3.2 结构设计.....	2
3.3 构造规定.....	3
3.4 异形薄壁结构喷射混凝土设计.....	4
3.5 地下工程喷射混凝土设计.....	4
3.6 边坡工程喷射混凝土设计.....	5
3.7 基坑工程喷射混凝土设计.....	6
3.8 加固工程喷射混凝土设计.....	6
4 喷射混凝土.....	7
4.1 材料.....	7
4.2 喷射混凝土性能.....	9
4.3 结构喷射混凝土试验方法.....	10
5 施工.....	11
5.1 一般规定.....	11
5.2 设备.....	12
5.3 喷射现场要求.....	12
5.4 结构喷射混凝土的制备与运输.....	13
5.5 喷射作业.....	15
5.6 养护.....	15
6 模板工程.....	16
6.1 钢织网.....	16
6.2 找型管.....	17
7 钢筋工程.....	17
7.1 一般规定.....	17
7.2 材料.....	18
7.3 钢筋加工.....	18
7.4 钢筋连接与安装.....	18
8 质量检验与验收.....	18
8.1 质量检查.....	19

8.2 工程验收.....	20
9 安全环保措施.....	20
9.1 安全技术.....	20
9.2 环保要求.....	22
9.3 人员健康要求.....	23
附录 A 喷射混凝土试件的制作方法.....	24
附录 B 喷射混凝土抗压强度试验.....	25
附录 C 喷射混凝土粘结强度试验.....	26
附录 D 喷射混凝土回弹率试验.....	27
条文说明.....	28

1 总则

- 1.1 为规范结构喷射混凝土在异形薄壁混凝土结构、地下薄壁混凝土结构、永久混凝土护坡、混凝土结构加固中的应用，做到安全适用、经济合理、技术先进，保证质量，制定本标准。
- 1.2 本标准适用于结构喷射混凝土材料选择、结构设计、配合比设计、施工和验收。
- 1.3 采用喷射混凝土的混凝土结构设计、施工和验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.1 喷射混凝土 Shotcrete

将胶凝材料、骨料等按一定比例拌制的混凝土拌合物送入喷射设备，借助压缩空气或其他动力输送，高速喷至受喷面所形成的一种混凝土。

2.2 喷射纤维混凝土 fibers reinforced Shotcrete

混凝土拌合物由胶凝材料、骨料、纤维等组成的喷射混凝土。

2.3 高强喷射混凝土 high strength Shotcrete

强度等级不低于 C40 的喷射混凝土。

2.4 喷射回弹率 rebound ratio of Shotcrete

喷射时，喷嘴喷出未粘结在受喷面上的溅落拌合物与总喷出拌合物的质量百分比。

2.5 结构层 Structural layer

特指表层钢筋网以内的部分。

2.6 面层 Surface layer

特指表层钢筋保护层。

2.7 找型管 Reference tube

具有一定弹塑性和硬度的用于确定混凝土表面形状的管状材料。

2.8 干混料 Mixed material

胶凝材料、骨料、粉状外加剂搅拌均匀的混合料。

2.9 钢织网 Steel net

具有一定结构强度和抗冲击能力的带肋柔性金属网状材料。

3 设计要求

3.1 基本规定

3.1.1 喷射混凝土的轴心抗压强度标准值 f_{ck} 、轴心抗压强度设计值 f_c 、轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 和轴心抗拉强度设计值 f_t 均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

3.1.2 喷射混凝土的物理力学参数可按表 3.1.2 采用。

表 3.1.2 喷射混凝土物理力学参数

物理力学参数 喷射混凝土强度等级	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
弹性模量 (MPa)	2.30×10^4	2.60×10^4	2.80×10^4	2.95×10^4	3.15×10^4	3.35×10^4	3.55×10^4
重度 (kN/m ³)	22.00						

3.1.3 喷射混凝土结构设计时，应根据结构所处环境及结构使用功能等因素明确喷射混凝土的使用范围和材料强度等级。

3.1.4 喷射混凝土的最小粘结强度应符合表 3.1.4 的规定。

表 3.1.4 喷射混凝土与岩石及混凝土基底的最小粘结强度 (MPa)

粘结类型	与混凝土的最小粘结强度	与岩石的最小粘结强度
非结构作用	0.5	0.2
结构作用	1.0	0.8

3.2 结构设计

3.2.1 喷射混凝土结构的承载能力极限状态和正常使用极限状态的验算，应符合本章的规定。本规程未作规定的，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《建筑抗震设计规范》GB50011 及现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

3.2.2 喷射混凝土结构分析应根据结构类型、材料性能和受力特点等选择下列分析方法：

- 1、弹性分析方法；
- 2、塑性内力重分布分析方法；
- 3、弹塑性分析方法；

4、塑性极限分析方法；

5、试验分析方法。

3.2.3 喷射混凝土结构弹性分析宜采用结构力学或弹性力学等分析方法。弹性分析方法可用于正常使用极限状态和承载能力极限状态作用效应的分析。

3.2.4 重要或受力复杂的结构，宜采用弹塑性分析方法对结构整体或局部进行验算。

3.2.5 对不承受多次重复荷载作用的混凝土结构，当有足够的塑性变形能力时，可采用塑性极限理论的分析方法进行结构的承载力计算，同时满足正常使用的要求。

3.2.6 在矩形、T形、倒T形和I形截面的喷射钢筋混凝土受拉、受弯和偏心受压构件及预应力混凝土轴心受拉和受弯构件中，按荷载标准组合或准永久组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度验算，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 相关规定。

3.2.7 喷射钢筋混凝土受弯构件的挠度验算，应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 相关规定。

3.3 构造规定

3.3.1 喷射混凝土结构伸缩缝的最大间距可按表 3.3.1 确定。

表 3.3.1 喷射混凝土伸缩缝的最大间距 (m)

结构类别	室内或土中	露天
壳体结构	55	35
异形混凝土结构	70	50
挡土墙、地下室墙板等类结构	30	20

注：1、当喷射混凝土材料收缩较大，施工外露时间较长及其他复杂施工条件下，伸缩缝最大间距宜适当减小；

2、当采取有效措施减小喷射混凝土收缩和温度变化时，伸缩缝最大间距可适当增加；

3、超长喷射混凝土结构要进行有限元计算，根据计算结果并辅以施工措施，解决混凝土结构温度收缩徐变问题。

3.3.2 设计使用年限为 50 年的喷射混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度按 3.3.2 的规定；设计使用年限为 100 年的喷射混凝土结构，最外层钢筋的保护层厚度不应小于表 3.3.2 中数值的 1.4 倍。

表 3.3.2 喷射混凝土保护层的最小厚度 c (mm)

环境类别	板、壳、墙	梁、杆
一	15	35
二 a	20	25
二 b	25	35

三 a	30	40
三 b	40	50

注：1、喷射混凝土结构构件受力钢筋的保护层厚度不应小于钢筋的公称直径 d ；

2、喷射混凝土结构中受力钢筋的保护层厚度大于 50mm 时，宜对保护层采取有效的构造措施。当在保护层内配置防裂、防剥落的钢筋网片时，网片钢筋的保护层厚度不应小于 25mm。

3.3.3 在温度、收缩应力较大的喷射混凝土板区域，应在板的表面双向配置防裂构造钢筋。配筋率均不宜小于 0.10%，间距不大于 200mm。防裂构造钢筋可利用原有钢筋贯通布置，也可另行设置钢筋并与原有钢筋按受拉钢筋的要求搭接或在周边构件中锚固。

3.3.4 喷射钢筋混凝土构件的钢筋配置、梁柱节点构造以及其他构造要求等，均应符合《混凝土结构设计规范》GB50010 的相关规定。

有抗震要求的喷射钢筋混凝土构件，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB5011 的及现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相关规定。

3.4 异形薄壁结构喷射混凝土设计

3.4.1 异形薄壁喷射混凝土结构节点措施构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

3.4.2 异形薄壁喷射混凝土结构体系应通过技术、经济和使用条件的综合分析确定，可采用半刚性节点框架结构体系的钢筋混凝土壳板结构，应符合国家现行标准的有关规定。

3.4.3 异形薄壁结构的喷射混凝土设计强度等级不应低于 C25。

3.4.4 异形薄壁喷射混凝土结构的纵向受力钢筋连接接头可采用焊接、机械连接或绑扎搭接。接头位置宜设在构件受力较小处。纵向受力钢筋连接区段的长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定确定。

3.4.5 异形薄壁喷射混凝土结构的模板应具有良好的可塑性，承载力应满足设计要求，模板定型后应进行充分支撑并固定，防止喷射混凝土时模板发生剧烈振动和变形。

3.5 地下工程喷射混凝土设计

3.5.1 地下工程用喷射混凝土的设计强度等级不应低于 C25。

3.5.2 喷射混凝土设计厚度不应小于 50mm，且不宜超过 300mm；单层衬砌喷射混凝土设计厚度不应小于 60mm。

3.5.3 钢筋网喷射混凝土的钢筋保护层厚度不应小于 20mm，双层钢筋网喷射混凝土的钢筋保护层厚度不应小于 25mm，钢架喷射混凝土的钢筋保护层厚度不应小于 40mm。

3.5.4 处于塑性流变岩体、高应力挤压层的岩体、受采动影响或承受高速水流冲刷的地下工程,宜采用喷射钢纤维混凝土。

3.6 边坡工程喷射混凝土设计

3.6.1 边坡工程用喷射混凝土设计应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定。对边坡和锚杆间的不稳定岩块,以及局部不稳定块体应采取加强支护的措施,并应验算喷层的抗冲切能力。

3.6.2 边坡工程宜采用钢筋网喷射混凝土或喷射钢纤维混凝土。

3.6.3 边坡工程喷射混凝土强度等级应满足下列要求:

- 1、对永久性边坡不应低于 C25,对临时性边坡不应低于 C20;
- 2、对防水要求较高以及坡顶有重要建(构)筑物的边坡工程,喷射混凝土强度等级不应低于 C30;
- 3、喷射混凝土 1d 龄期的抗压强度值不应低于 5MPa。

3.6.4 喷射混凝土用于岩质边坡整体支护时,应符合下列规定:

- 1、对永久性边坡,Ⅰ类岩质边坡喷射混凝土面板厚度不应小于 50mm,Ⅱ类岩质边坡喷射混凝土面板厚度不应小于 100mm,Ⅲ类岩体边坡钢筋网喷射混凝土面板厚度不应小于 150mm;对临时性边坡,Ⅰ类岩质边坡喷射混凝土面板厚度不应小于 50mm,Ⅱ类岩质边坡喷射混凝土面板厚度不应小于 80mm,Ⅲ类岩体边坡钢筋网喷射混凝土面板厚度不应小于 100mm;
- 2、钢筋直径宜为 6mm~12mm,钢筋间距宜为 100mm~250mm,单层钢筋网喷射混凝土面板厚度不应小于 80mm,双层钢筋网喷射混凝土面板厚度不应小于 150mm;钢筋保护层厚度不应小于 25mm。

3.6.5 岩质边坡坡面防护时,应符合下列规定:

- 1、Ⅰ、Ⅱ类岩质边坡可采用混凝土锚喷防护,Ⅲ类岩质边坡宜采用钢筋混凝土锚喷防护,Ⅳ类岩质边坡应采用钢筋混凝土锚喷防护;
- 2、混凝土喷层厚度可采用 50mm~80mm,Ⅰ、Ⅱ类岩质边坡可取小值,Ⅲ、Ⅳ类岩质边坡宜取大值;
- 3、可采用单层钢筋网,钢筋直径为 6mm~10mm,间距 150mm~200mm。

3.6.6 喷射混凝土面层宜沿边坡纵向每 20m~30m 的长度分段设置竖向伸缩缝,伸缩缝宽宜为 20mm~30mm。

3.7 基坑工程喷射混凝土设计

3.7.1 基坑工程用喷射混凝土设计应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120 的规定。

3.7.2 基坑工程用喷射混凝土强度等级不应低于 C20，3d 强度不应低于 12MPa。

3.7.3 喷射混凝土厚度宜为 80mm~150mm，且不应小于 50mm。钢筋网喷射混凝土的钢筋保护层厚度不应小于 20mm，用于永久性基坑的喷射混凝土钢筋保护层厚度不应小于 25mm。

3.8 加固工程喷射混凝土设计

3.8.1 当采用喷射混凝土工法进行结构构件加固时，其承载力的计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的基本规定。

3.8.2 采用喷射混凝土加固结构构件的设计，应遵守下列原则：

- 1、结构计算简图应根据结构的实际受力状况确定；
- 2、结构构件的强度计算，应综合考虑结构构件截面在加固前已有的应力、加固截面的应变滞后、加固部分与原结构共同工作的程度；
- 3、喷射混凝土加固设计和施工时，应优先采用卸荷加固方法；
- 4、验算结构承载力时，应综合考虑实际的荷载偏心、结构变形、温度作用等引起的附加内力；
- 5、应根据加固后结构自重增大、构件刚度变化等实际情况，对加固结构及其相关结构和建筑物的地基基础进行验算。

3.8.3 结构加固用喷射混凝土强度等级应比原加固结构、构件的混凝土强度提高一级，且设计强度等级不应低于 C20；采用置换混凝土加固法时，设计强度等级不应低于 C25；

3.8.4 新增喷射混凝土厚度，板不应小于 40mm，梁、柱不应小于 50mm。钢筋网喷射混凝土的钢筋保护层厚度不应小于 20mm，双层钢筋网喷射混凝土的钢筋保护层厚度不应小于 25mm。钢筋保护层厚度尚应符合本标准第 3.3.2 条的规定。

3.8.5 采用喷射混凝土板墙对砌体结构进行抗震加固时，应符合下列规定：

- 1、宜采用钢筋网喷射混凝土。喷射混凝土板墙应采用呈梅花状布置锚筋、穿墙筋与原有砌体结构连接。
- 2、喷射混凝土板墙厚度宜为 60mm~100mm；采用双面板墙加固且总厚度不小于 140mm 时，其增强系数可按增设混凝土抗震加固法取值。

3.8.6 加固工程选用的喷射混凝土或纤维喷射混凝土应载施工前进行试配，经检验其性能符合设计要求后方可使用。

4 喷射混凝土

4.1 材料

4.1.1 喷射混凝土用细骨料

1、喷射混凝土细骨料宜选用河砂。

2、喷射混凝土细骨料应采用中粗砂，其质量要求应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定，并宜采用级配 II 区的砂，细度模数 2.5~3.0，且天然含泥量和泥块含量应符合表 4.1.1-2 的要求。

表 4.1.1-2 细骨料的含泥量和泥块含量

项目	含泥量		泥块含量	
	C20~C35	≥C40	C20~C35	≥C40
指标 (%)	≤3.0	≤2.0	≤1.0	≤0.5

3、当喷射混凝土选用人工砂时，人工砂石粉含量应符合表 4.1.1-3 的要求。

表 4.1.1-3 人工砂的石粉含量

项目		≤C20	C25~C35	≥C40
石粉含量 (%)	MB<1.4	≤10.0	≤7.0	≤5.0
	MB≥1.4	≤5.0	≤3.0	≤2.0

注：MB 为亚甲蓝含量

4、喷射混凝土细骨料宜按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定对骨料进行碱活性检验。

5、喷射混凝土细骨料抽检频率、检验标准及级配要求应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

4. 1.2 喷射混凝土用粗骨料

1、喷射混凝土粗骨料应选用连续级配碎石。

2、喷射混凝土粗骨料最大粒径不大于 12mm。

3、喷射混凝土粗骨料的针、片状颗粒含量、含泥量及泥块含量，应符合表 4. 1.2 的要求，其它性能及试验方法应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中的规定。

表 4. 1.2 粗骨料的针、片状颗粒含量、含泥量及泥块含量

项目	针、片状颗粒含量		含泥量或石粉含量		泥块含量	
	C20~C35	≥C40	C20~C35	≥C40	C20~C35	≥C40
指标（%）	≤12.0	≤5.0	≤1.0	≤0.5	≤0.5	≤0.2

4、喷射混凝土粗骨料宜按现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定对骨料进行碱活性检验。

5、喷射混凝土粗骨料抽检频率、检验标准及级配要求应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

4. 1.3 喷射混凝土用骨料的颗粒级配范围宜满足表 4. 1.3 的要求。

表 4. 1.3 骨料的颗粒级配范围

骨料 (mm)	下列筛孔 (mm) 累计筛余率 (%)								
	12	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.08
累 计 筛 余 (%)	0	0~10	15~30	30~50	45~65	65~80	80~92	90~98	97~100

4. 1.4 喷射混凝土用水泥应符合下列规定

1、喷射混凝土宜选用强度等级为 42.5 的硅酸盐或普通硅酸盐水泥。

2、喷射混凝土用水泥，其质量要求应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

3、水泥进厂时应对水泥品种、强度等级、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查，并应对

其强度、安定性、凝结时间等性能指标及其他设计要求的性能指标进行复验。

4.1.5 结构喷射混凝土用外加剂应符合下列规定

- 1、喷射混凝土外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。
- 2、结构喷射混凝土不应使用速凝剂，结构喷射混凝土依靠材料自身粘聚性达到抗垂挂性能。
- 3、喷射混凝土使用的减水剂宜为高性能减水剂，其减水率不应低于 20%。
- 4、喷射混凝土所用外加剂的品种和掺量应根据工程所用胶凝材料经试验确定，功能相同的不同品牌外加剂不得在同一拌合物中使用。

4.1.6 喷射混凝土矿物掺合料应符合下列规定：

- 1、喷射混凝土掺合料宜选用硅灰、粉煤灰或粒化高炉矿渣粉。
- 2、粉煤灰的等级不应低于 II 级，烧失量不应大于 5%，其他性能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；
- 3、粒化高炉矿渣粉的等级不应低于 S95，其他性能应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB / T 18046 的规定；
- 4、硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB / T 27690 的规定及表 4.1.6 要求；

表 4.1.6 硅灰质量控制指标要求

项目	指标
比表面积 (m^2/kg)	≥ 15000
二氧化硅含量 (%)	≥ 85

- 5、当采用其他矿物掺合料时，其性能除应符合现行国家标准《矿物掺合料应用技术规范》GB / T 51003 外，尚应通过试验验证，确定喷射混凝土性能满足设计要求后方可使用。

4.1.7 混凝土拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4.1.8 纤维喷射混凝土用纤维宜采用合成纤维，抗拉强度不应低于 $280\text{N} / \text{mm}^2$ ，直径宜为 $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ ，长度宜为 $6\text{mm} \sim 25\text{mm}$ ；符合《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T221 的规定。

4.2 喷射混凝土性能

4.2.1 喷射混凝土拌合物性能应符合下列规定

- 1、喷射混凝土应具有良好的黏聚性，并应满足工程设计和施工要求。
- 2、喷射混凝土拌合物坍落度应为 60mm～140mm，受喷面与水平面角度较大时，混凝土拌合物坍落度应为 60 mm～100mm。
- 3、喷射混凝土拌合物性能应按国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080 执行。
- 4、有抗冻性能要求的喷射混凝土，喷射混凝土喷射前，应测试混凝土拌合物含气量，含气量宜为 6%～10%，喷射后含气量应为 3%～6%。
- 5、喷射混凝土拌合物中水溶性氯离子含量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定；

4.2.2 喷射混凝土力学性能应符合下列规定

1、结构喷射混凝土应进行 28 天抗压强度检测，应满足国家现行有关标准规定的相应混凝土等级的抗压强度指标并应满足设计要求，其力学性能试验应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 的规定。喷射混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定，喷射混凝土抗压强度的评定应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB / T 50107 执行。喷射混凝土抗压强度试验方法应按本标准附录 B 执行。

2、结构喷射混凝土用于混凝土结构加固时，与旧混凝土粘结强度应满足设计要求。

4.2.3 喷射混凝土长期性能和耐久性能应符合下列规定

结构喷射混凝土抗渗等级应大于等于 P6，抗冻融循环等级应大于等于快冻法 F250，并应满足设计要求。

4.3 结构喷射混凝土试验方法

4.3.1 喷射混凝土拌合物性能试验方法

1、喷射混凝土坍落度、含气量试验应按《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080 中规定进行。

2、喷射混凝土氯离子含量试验应按 JGJ322《混凝土中氯离子含量检测技术规程》中规定进行。

4.3.2 喷射混凝土力学性能试验方法

1、喷射混凝土力学性能试件的制作应进行大板喷射取样，喷射混凝土试件的制作方法应按本标准附录 A 执行。

2、喷射混凝土抗压强度试验试件制作应按照本标准附录 B 中规定进行，试验应按

GB/T50081《普通混凝土力学性能试验方法标准》中规定进行。

3、喷射混凝土粘结强度试验应按本标准附录 C 中规定进行。

4、喷射混凝土其他力学性能试验应按 GB/T50081 试验方法进行试验。

4.3.3 喷射混凝土耐久性能试验方法

1、喷射混凝土抗渗等级试验试件制作应按直接喷模成型的方法进行，试验应按《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 中规定进行。

2、抗冻融循环试验等级试件直接喷射混凝土大板，按照试件尺寸要求进行切割，试验应按 GB/T50082《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》中规定进行。

3、喷射混凝土其他耐久性能试验应按 GB/T50082 试验方法进行试验。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 喷射混凝土施工应按设计及材料说明要求进行，并应编制喷射专项施工方案，配置相应专业人员和仪器设备。

5.1.2 施工喷射手需选择喷射培训合格的人员，喷射混凝土施工前，喷射手应进行试喷，混凝土性能经验证合格后方可进行喷射操作。

5.1.3 混凝土喷射需采用湿喷法喷射施工。

5.1.4 喷射混凝土应在喷射部位的钢筋、模板、关键定位点尺寸等质量验收符合要求后方可施工。

5.1.5 混凝土喷射前应完成下列工作：

- 1、隐蔽工程验收和技术复核；
- 2、对操作人员进行技术交底；
- 3、根据施工方案中的技术要求，检查并确认施工现场具备实施条件；
- 4、施工单位应填报喷射申请单，并经确认后实施。

5.1.6 混凝土喷射前应测定混凝土坍落度，在确认无误后方可进行喷射。

5.1.7 混凝土拌合物入模温度不得低于 5℃，且不得高于 35℃。

5.1.8 混凝土运输、泵送、喷射过程中严禁加水；混凝土运输、泵送、喷射过程中散落的混凝土或产生的回弹料严禁用于结构喷射。

5.1.9 混凝土喷射期间应对模板及支架进行观察和维护，发生异常情况应及时进行处理。如有局部混凝土需要振捣，则还应采取防止模板、钢筋、钢构、预埋件及其定位件移位的

措施。

5.2 设备

5.2.1 喷射设备应参考工程特点、基底条件、喷射混凝土配合比以及喷射工艺等条件进行选择。

5.2.2 湿拌法喷射设备的性能应符合下列规定：

- 1、应具有良好的密封性和连续均匀输料能力；
- 2、低坍落度混凝土输送能力不应小于 $8\text{m}^3/\text{h}$ ；
- 3、喷射混凝土泵送压力不宜大于喷射设备最大限压的 80%；
- 4、输料管尽可能多使用钢质料管，减少橡胶软管的使用长度。水平输料距离不宜大于 100m，垂直输料距离不宜大于 30m。喷枪处橡胶软管长度不宜大于 30m，钢质料管长度不宜大于 100m，管内径宜为 50mm~100mm；
- 5、输料管变径不得超过 1 次，应在泵车出口处一次性变径到位，其余部位管径应相同；
- 6、喷射枪头宜采用橡胶软枪头，不应使用硬枪头；
- 7、输料管工作时的承压能力应大于 0.8MPa，并应具有良好的耐磨性能；

5.2.4 空气压缩机的选择除应满足喷射设备工作风压和耗风量的要求外，尚应符合下列规定：

- 1、喷射设备用空气压缩机的供风量应大于等于 $9\text{m}^3/\text{min}$ ；
- 2、应能提供稳定的风压，其波动值不应大于 0.01MPa，风压一般以 (0.6~0.9) MPa 为宜；
- 3、喷射混凝土回弹料吹扫所使用的压缩空气不得与喷射设备用压缩空气共用，应单独配备。

5.3 喷射现场要求

5.3.1 喷射混凝土施工现场，应做好下列准备工作：

- 1、喷射前宜搭设保护棚、设置洒水装置或其他控制扬尘的措施；
- 2、喷射作业面应无障碍，喷射高度超过 1.5m 时，应搭设操作平台，操作平台外边缘应设有栏杆或上方设置生命绳；
- 3、应确保喷射设备操作工与喷射手之间联络畅通；
- 4、喷射作业区应有良好的通风和充足的光线（照明）；

- 5、混凝土输送管路应做防晒或保温、保湿措施；
- 6、确认环境温度和湿度，环境温度宜为 10℃～30℃，环境湿度宜≥60%；
- 7、将结构内所有杂物清理干净，并将钢筋和模板洒水润湿。

5.4 结构喷射混凝土的制备与运输

混凝土分为干混料和预拌混凝土两种形式：

5.4.1 喷射混凝土干混料

- 1、宜使用混合加工好的干混料，以吨包袋统一包装。
- 2、喷射混凝土干混料进场时，供方应对进场材料按材料进场验收所划分的检验批提供相应的质量证明文件，并提供使用说明书。当能确认连续进场的材料为同一厂家的同一批出厂材料时，可按出厂的检验批提供质量证明文件。
- 3、喷射混凝土拌合料进场时，应对外观、规格、生产日期等进行检查，并应对其主要技术指标按同一批次且连续进场的、不超过 400t 为一批次见证取样并做第三方复试，复试指标为坍落度、1 天强度、7 天强度、28 天强度。
- 4、当喷射混凝土干混料进场时间超过两个月或受不利环境影响的，应进行复验，并应按复验结果使用。
- 5、干混料上料使用前，先检查包装是否有破损，材料实际重量是否满足要求，每一工作班应至少检查 2 次。（用水量应按材料推荐范围使用）

5.4.2 喷射混凝土拌合物

- 1、当采用饮用水作为拌合物搅拌用水时，可不检验。当采用中水、水库水时，应对其成分进行检验。
- 2、拌合物生产速率不应小于 1m³/盘，每盘搅拌时间不应少于 3min，以 4min 左右为宜。
- 3、每车混凝土装载完成后应立即在混凝土运输车内搅拌均匀，测定拌合物的坍落度，并做好记录。
- 4、运输到施工现场的每一车混凝土应先测定其坍落度和入模温度，并做好详细记录。
- 5、如混凝土坍落度、入模温度等不符合使用要求，则不得用于实体结构喷射，测定合格的混凝土方可使用。
- 6、冬期施工期间，如环境温度过低，可使用热水搅拌混凝土，水温宜为 55℃～60℃。
- 7、喷射施工期间，每车混凝土连续喷射 30min～40min 后应做一次坍落度测试，确定其坍落度仍能满足喷射需求，以及观察坍落度损失是否正常。

8、混凝土拌合物初凝时间宜为 4h~6h，终凝时间宜为 6h~8h。

5.4.3 喷射用预拌混凝土制备

1、原材料存储应符合以下规定：

1) 水泥应按不同厂家、不同品种和强度等级分批存储，并应防止受潮和污染；

2) 矿物掺合料存储时，应有明显标记，不同掺合料不得混杂堆放并应防止受潮和污染；

3) 骨料堆场应有遮雨、遮阳设施，不同品种、规格的骨料应分别堆放，堆料仓应设有分隔区域；

4) 外加剂应按不同的供货单位、品种和牌号进行标识，单独存放，不得污染。粉状外加剂应防止受潮结块，液体外加剂应存储在密封容器中，并应防晒和防冻，使用前应搅拌均匀。

2、原材料计量宜采用电子计量设备。原材料计量应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。每盘混凝土原材料计量允许偏差应符合表 5.4.2 的规定，原材料计量偏差应每班检查 1 次。

表 5.4.2 每盘混凝土原材料计量允许偏差（%）

原材料种类	胶凝材料	骨料	水	外加剂	纤维
每盘计量允许偏差	±2	±3	±1	±1	±1

3、搅拌前，应对现场骨料进行含水率测试，并根据骨料含水率的变化调整用水量和骨料用量。当骨料含水率有显著变化时，应增加测试次数。

4、喷射混凝土拌合物宜采用集中强制式搅拌机拌制，容量规格不应小于 0.5m³，搅拌时间不宜小于 120s。湿拌法喷射混凝土拌合物宜在搅拌楼完成搅拌。

5、喷射纤维混凝土拌合物的搅拌方式和时间应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术标准》JGJ/T 221 的规定，拌合物中纤维应分布均匀，不得成团。

5.4.4 喷射混凝土运输

1、每车混凝土运输量宜为 4m³ ~6m³。

2、混凝土运输车应配置相应的罐衣，将罐身完全包裹。温度较高时，应对罐衣洒水润湿，并间歇性洒水保持其湿润状态；温度较低时，应使用保温罐衣，减少混凝土热量损失。

5.4.5 喷射混凝土施工

1、运输到施工现场的混凝土宜在 1h 内使用完成，当混凝土坍落度损失至 60mm 以下时，则不得再用于喷射。

2、夏季施工期间，混凝土贮存时应保持混凝土运输车罐衣湿润，同时在周围地面洒水，增加环境湿度；气温超过 35℃时，应对运输车辆及周边降温保湿。

3、冬季施工期间，混凝土运输车罐衣不得洒水，天气寒冷的地区还应搭设防护棚，将运输车与相关的设备笼罩在内，并对棚内升温，使环境温度不低于 10℃。

4、在保证环境温度与湿度的前提下，直接暴露在外的混凝土还应有挡风、遮阳等措施。

5.5 喷射作业

5.5.1 混凝土喷射操作流程：打开枪头风阀→送料→混凝土喷射→停止送料→保持较小风速不断→清理泵管内残留混凝土→关闭风阀。

5.5.2 混凝土喷射期间应保持风管通风，避免堵塞进风孔。

5.5.3 喷射作业应分片、分段进行，每段喷射面积以 35 m²左右为宜且不宜大于 60 m²。对结构层内喷射时，应按照自下而上的顺序进行，一次性喷射厚度不宜超过 150mm；面层或保护层喷射时，应按照自上而下的顺序进行。

5.5.4 喷射作业时，枪头与受喷面应保持 90° 角不变。枪头与受喷面的距离宜为 300mm～500mm；对面层喷射时，枪头与受喷面的距离宜为 800mm～1000mm，同时角度应略微上扬。

5.5.5 适当的风压有利于混凝土的压实，一般通用风压以 0.6MPa～0.9MPa 为宜，空气流量不得小于 9m³/min。当结构体积较大并具备振捣条件时，应采取半喷半浇的方式，即将风阀关闭至总量的 1/3 进行喷射，再辅以振捣将混凝土振捣密实；一般基层及面层喷射时，空气压力应不小于 0.7MPa。

5.5.6 混凝土施工期间，喷射混凝土检测所需的大板试件应按规范规定的频率取样（除抗渗试件外），所用大板宜选用 450*450*120mm 的方形大板。抗渗试件应直接喷模成型。

5.5.7 回弹料处理

1、回弹料应及时吹扫，吹扫工应由有混凝土喷射经验的人员担任。

2、吹扫管所使用的压缩空气应有单独的空压机提供，且空气压力不得小于 0.6MPa。

3、基层喷射时，吹扫工应随着喷射手喷射轨迹前方对待喷位置的回弹料进行吹扫，回弹料的吹扫管不应与受喷面垂直，应有一定的角度。

4、回弹料的吹扫应遵循由高到低、由里到外的原则。结构层喷射完成，面层喷射前，需对结构层表面回弹料及回灰浆进行吹扫，随后喷雾润湿待喷面。

5、回弹料的吹扫跟不上喷射速度时，应暂停喷射，回弹料吹扫干净后方可继续。

5.6 养护

5.7.1 混凝土喷射并修面完成后，应立即进行保温保湿养护，保湿养护可采取喷雾、洒水、

覆盖、喷涂养护剂等方式。

5.7.2 喷射混凝土养护时间不应少于 14d。

5.7.3 喷射混凝土养护环境湿度不应小于 60%，混凝土表面湿度保持湿润状态；养护环境温度不应小于 10℃，且不应大于 35℃。

5.7.4 混凝土强度达到 1.2N/mm^2 前，不得在其上踩踏、堆放荷载、安装模板及支架。

5.7.5 同条件养护试件的条件应与实体结构部位养护条件相同并应采取措施妥善保管。

5.7.6 施工现场应具备混凝土标准试件制作条件，并应设置标准试件养护室。标准试块养护应符合国家现行有关标准的规定。

6 模板工程

结构喷射混凝土工程可采用木模、金属模板等，还可采用金属织网，模板材料、支架。模板材料、支架、设计、制作与安装应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 相关要求，金属模板主要以钢织网为主，应满足本规范相关规定。

6.1 钢织网

6.1.1.1 应有钢织网的安装施工方案，规定钢织网安装的部位、绑扎方法等。

6.1.1.2 钢织网应具有足够的抗冲击性，其自身强度能够完全承受混凝土喷射的压力。

6.1.1.3 钢织网的安装应能够保证结构的形状、尺寸和位置准确。

6.1.1 材料

6.1.2.1 钢织网材料应符合国家现行有关标准的规定。

6.1.2.2 钢织网投入使用前应先经过试喷试验和外观检测。

6.1.2.3 网片应在能够有效阻挡粗粒径石子的前提下，尽可能选择较大的网孔；网片间应有凸起的钢筋，钢筋高度宜 $\geq 20\text{mm}$ 。

6.1.2.4 钢织网应根据喷射混凝土材料的骨料粒径进行选择，宜采用孔径为 $6\text{mm} \times 9\text{mm}$ （允许偏差 2mm ）。

6.1.2 钢织网安装

6.1.3.1 钢织网布置于结构受喷面背部，并绑扎在最外层钢筋上且其钢筋与钢筋呈十字交叉状，肋的凹面朝外，凸面朝向钢筋，肋的安装方向宜平行或近似平行于地面。

6.1.3.2 钢织网肋与钢筋相交处用扎丝绑扎，过长的扎丝切除。

6.1.3.3 钢织网与钢筋之间的绑扎点应在钢筋上，不得在网孔处绑扎。

6.1.3.4 钢织网搭接时，应将相邻的钢筋重叠相扣，搭接长度宜为 20~50mm 垂直方向以两道相邻的 V 形肋相扣的方式搭接，并绑扎固定；其绑扎点应位于钢筋上，不得在网孔处绑扎，绑扎点间距不宜大于 500mm，且残留的扎丝头不得超过 20mm。详见下图 6.1.3.4-1 钢织网安装示意图。

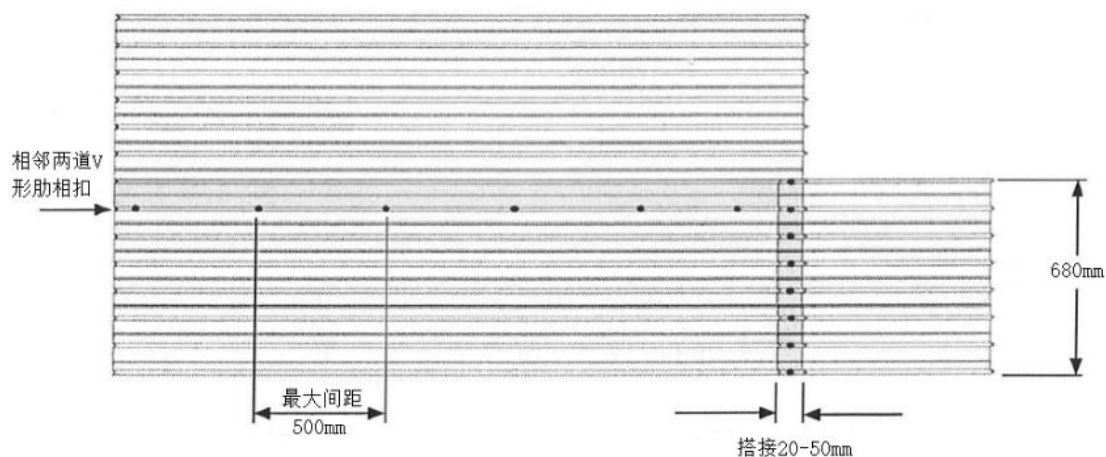


图 6.1.3.4-1 钢织网安装示意图

6.2 找型管

6.2.1 找型管适用于异型结构面外型控制，材料本身应具有一定强度和弯韧性。

6.2.2 找型管安装应符合下列规定：

- 1、找型管应等间距（500mm~800mm）分布在钢筋上，其管径应满足设计钢筋保护层厚度要求；
- 2、当选用空心找型管时，依据受喷面的曲率变化，壁厚不宜小于 3mm；
- 3、找型管安装应紧贴钢筋，找型管与钢筋接触的每一个绑扎点都需绑扎牢固且无缝隙，绑扎头应留在侧面，扎头丝切除至 20mm 内；

7 钢筋工程

7.1 一般规定

7.1.1 钢筋工程宜采用专业化生产的成型钢筋。

7.1.2 钢筋连接方式应根据设计要求和规范选用。

7.1.3 对于复杂异型曲面钢筋进行 BIM 放样预加工。

7.2 材料

7.2.1 钢筋的性能应符合国家现行有关标准的规定。常用钢筋的公称直径、公称截面积、计算截面面积及理论重量，应符合《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 附录 B 的规定。

7.2.2 对有抗震设防要求的结构，其纵向受力钢筋的性能应满足设计要求；当设计无具体要求，应符合《混凝土结构工程施工规范》GB50666 规定。

7.3 钢筋加工

7.3.1 钢筋加工前应将表面清理干净。表面有颗粒、片状老锈或有损伤的钢筋不得使用。

7.3.2 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不应对钢筋进行加热。钢筋应依次弯折到位。

7.3.3 钢筋宜采用机械设备进行调直，调直设备不应具有延伸功能。

7.3.4 钢筋弯折的弯弧内径应符合《混凝土结构工程施工规范》GB50666 规定。

7.3.5 构件钢筋制作加工严格按设计尺寸进行下料、制作，全长净尺寸误差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 之内。

7.4 钢筋连接与安装

7.4.1 钢筋连接

1、接头宜设置在受力较小处，严禁设置在支座处。

2、钢筋连接方式及其具体要求应符合《混凝土结构工程施工规范》GB50666 相关规定。

7.4.2 异形结构钢筋安装

1、异形结构钢筋安装应贴合异形面，钢筋骨架外形应与建筑面外形一致。

2、斜向定角度依次排布的钢筋，应做好角度、间距之间的协调控制，在安装过程中消除累积误差。

3、纵筋、横筋应绑扎牢固，钢筋间缝隙不应大于 2mm 。

7.4.3 有锚固、搭接需要的钢筋，应尽可能减少并筋的数量，并筋数量以不超过2根为宜；

7.4.4 钢筋材料、加工、连接与安装、质量检查等均应符合《混凝土结构施工规范》GB 50666 的相关规定。

8 质量检验与验收

8.1 质量检查

8.1.1 喷射混凝土干混料进场时，查验型式检验报告、应按规定批次出厂检验报告或合格证等质量证明文件。

8.1.2 喷射混凝土干混料进场后，应进行进场检验，合格后方可使用，检验项目与批次应符合本标准第4章及现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

8.1.3 结构喷射混凝土性能的质量检验项目应符合表8.1.3的规定，并应满足设计要求。

表 8.1.3 结构喷射混凝土质量检验项目

检验项目 工程类型	拌合物性能	抗压强度	早期强度	粘结强度	抗拉强度	抗弯强度	弯曲韧性	抗渗性	抗冻性	抗化学侵蚀	厚度
滑道工程	必检	必检	必检	可选	可选	可选	可选	可选	可选	可选	必检
地下工程	必检	必检	必检	可选	可选	可选	可选	必检	可选	可选	必检
穹顶工程	必检	必检	必检	可选	可选	可选	可选	可选	可选	可选	必检
加固工程	必检	必检	可选	必检	可选	可选	可选	可选	可选	可选	必检

8.1.4 喷射混凝土性能检验频率应符合下列规定：

1 喷射混凝土的坍落度取样频率 5.4.2 已做要求，此处对抗压强度、粘结强度、抗渗、抗冻融等作出要求。

2 喷射钢纤维混凝土，钢纤维含量测试应按现行行业标准《纤维混凝土应用技术标准》JGJ / T 221 的规定在喷射地点取样检验。

3 对于有抗冻要求的喷射混凝土，应检验拌合物含气量，每工作台班应至少检验 1 次。

4 同一工程、同一配合比混凝土的水溶性氯离子含量应至少检验 1 次。

5 混凝土抗压强度取样检验频率应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB / T 50107 中的有关规定

8.1.5 射混凝土性能检验评定应符合下列规定：

1、喷射混凝土抗压强度的检验评定应符合下列规定：

1) 抗压强度的评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB / T 50107 的规定；

2) 当试件的抗压强度存在争议时，可在工程实体上钻取混凝土芯样进行强度评定。

- 2、对设计有其他力学性能检验评定应符合国家现行相关标准规定和工程要求。
- 3、耐久性能的检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ / T 193 的规定。
- 4、喷射混凝土力学性能、长期性能和耐久性能应满足设计要求及符合本标准第 4.3 节的规定。

8.2 工程验收

8.2.1 喷射混凝土工程的质量验收应符合表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 喷射混凝土工程的质量验收

项目	检查项目	允许偏差或允许值
主控项目	拌合物性能	坍落度 60-100mm，氯离子含量小于等于 0.6%，其余指标达到设计要求
	喷射混凝土抗压强度	达到设计要求
	喷射混凝土粘结强度	大于等于 1.0Mpa
一般项目	表面质量	密实、无裂缝、无脱落、无漏喷、无露筋、无空鼓和无渗水

8.2.2 喷射混凝土工程验收应按设计要求和质量合格条件进行分项工程验收。喷射混凝土工程质量验收应提交下列文件：

- 1、 施工图设计文件及施工方案；
- 2、 材料的质量合格证明及进场复验报告；
- 3、 喷射混凝土性能及厚度检测记录与报告；
- 4、 喷射混凝土工程施工记录；
- 5、 隐蔽工程验收记录；
- 6、 其他必要的文件和记录。

9 安全环保措施

9.1 安全技术

- 9.1.1 作业人员进场必须进行三级安全教育，经考试合格后，方可进入施工现场。
- 9.1.2 进入施工现场的操作人员必须正确佩戴安全帽、着统一工作服、穿劳保鞋。
- 9.1.3 特殊工种必须持证上岗，所有施工人员在施工前进行岗位培训。
- 9.1.5 施工人员必须明确分工，各司其职，严格执行本岗位的有关安全操作标准及安全规定。

- 9.1.6 夜间施工必须保证施工地点、主要通道等有充足的照明设施。
- 9.1.7 不得擅自拆除安全标志、警戒线等，不得穿越、闯入警戒区域。
- 9.1.8 机械、设备的操作应按照安全操作标准执行。
- 9.1.9 施工现场临时用电应符合国家现行有关规范的规定。
- 9.1.10 坚持文明施工，做到当日工完料清，材料按规定堆放整齐。
- 9.1.11 钢筋工程施工安全事项：
- 1、钢材、半成品必须按规格码放整齐，不得在脚手架上集中码放钢筋。
 - 2、工作完毕后，应使用工具将铁屑、钢筋头清理干净，严禁用手擦抹或用嘴吹。
 - 3、切断长料时，应有专人扶稳钢筋，操作时动作保持一致。
 - 4、手动切断钢筋时，夹具必须牢固。
 - 5、展开盘条钢筋时，应卡牢端头，切断前应压稳，防止回弹伤人。
 - 6、人工弯曲钢筋时，应放平扳手，用力不得过猛。
 - 7、暂停钢筋安装时，应检查所安装的钢筋，确认连接牢固后方可离开现场。
 - 8、操作相关的钢筋调直机、切断机、弯曲机等设备时，应严格按照安全操作流程进行。
- 9.1.12 模板工程施工安全事项：
- 1、工作前应先检查所使用的工具是否牢固，扳手等工具必须使用绳链系挂在身上，钉子必须放在工具袋内，以免掉落伤人。工作时要思想集中，防止钉子扎脚和空中滑落。
 - 2、安装模板时操作人员应有可靠的落脚点，并应站在安全地点进行操作，避免上下在同一垂直面工作。操作人员要主动避让吊物，增强自我保护和相互保护的安全意识。
 - 3、模板安装一个按规定作业程序进行，模板固定牢固前不得进行下一工序。
 - 4、模板安装时，操作人员不得站在支撑上，而应额外铺设跳板，并适当绑扎固定。不得用钢模板或木方。
 - 5、模板及其支架在安装过程中，必须设置防倾覆的临时固定设施。
 - 6、废弃的木方、模板上的铁钉必须及时取出或砸弯，并统一归类码放。
 - 7、现场所使用的圆盘锯等应严格按照安全操作标准执行操作，并应设置安全防护罩。
 - 8、遇6级以上大风时，应暂停室外高空作业，雨、雪天后应先清扫施工现场，待地面略干不滑后再恢复工作。
- 9.1.13 喷射混凝土施工安全事项：
- 1、喷射操作面应有牢固、可靠且宽敞的操作平台。
 - 2、操作时需戴橡胶手套，衣服要穿长袖，避免皮肤受到喷射料的腐蚀。

- 3、必须佩戴防护眼镜，防止被回弹骨料打伤。
- 4、喷射手及相关的辅助工种均需需要佩戴降噪耳塞。
- 5、喷射手应穿带有钢板的长筒胶靴，裤腿笼罩在胶靴外，防止回弹料飞入鞋里，并有效的保护脚趾和脚跟。
- 6、喷射手应佩戴头巾，避免汗液流入眼中，并每工作半小时更换一次。
- 7、喷射现场所有人员需佩戴防尘口罩。
- 8、喷枪头的橡胶衬套不可过于紧固，如发生堵管，橡胶衬套能够被冲脱，达到泄压的目的。
- 9、喷射现场需划分一个安全操作区，操作区内禁止使用手机、禁止无关人员进入。
- 10、确保喷射混凝土输送时的安全，在管段连接处包裹防爆布。
- 11、喷射前应将枪头朝向无人的空地，避免喷射料伤人。
- 12、出现堵管的情况要按照安全步骤操作：
 - a. 将枪头对准安全的方位，并立即踩住料管；
 - b. 跟团队人员进行有效沟通；
 - c. 告知机械操作人员出现堵管，机械操作人员立即回车卸压；
 - d. 逐段拆管查找原因。
- 13、泵送设备、空压机附近严禁非操作人员靠近、围观。
- 14、当其他施工作业区距离喷射作业区较近时，应注意避让，不得同时作业。

9.2 环保要求

- 9.2.1 喷射区域在喷射前，应搭设拆装方便、可周转使用的防尘和降噪封闭设施，防止喷射作业粉尘扩散和降低噪声污染。
- 9.2.2、搅拌站设备和运输机械清洗后的废水，采用多级沉淀，沉淀清水作为设备清洗用水循环利用。
- 9.2.3、搅拌和喷射剩余材料，统一收集，用于制作施工现场办公环境绿化护栏等。
- 9.2.4 喷射过程中产生的回弹料应统一收集处理，不得任意丢弃造成土壤污染。
- 9.2.5 剩余的喷射料应集中处理，不得直接丢弃，不得污染水源。
- 9.2.6 施工过程中，应对材料搬运、施工设备和机具作业等采取可靠的降低噪声措施。施工作业在施工场界的噪声级应符合现行国家标准《建筑施工场界噪声限值》GB 12523 的有关规定。

- 9.2.7 施工过程中，应采取光污染控制措施。对可能产生强光的施工作业，应采取防护和遮挡措施。夜间施工时，应采用低角度灯光照明。
- 9.2.8 对施工过程中产生的污水，应采取沉淀、隔油等措施进行处理，不得直接排放。
- 9.2.9 宜选用环保型脱模剂。涂刷模板脱模剂时，应防止洒漏。对含有污染环境成分的脱模剂，使用后剩余的脱模剂及其包装等不得与普通垃圾混放，并应由厂家或有关资质单位回收处理。
- 9.2.10 施工过程中，对施工设备和机具维修、运行、存储时的漏油，应采取有效的隔离措施，不得直接污染土壤。漏油应统一收集并进行无害化处理。
- 9.2.11 混凝土外加剂、养护剂的使用应满足环境保护和人身健康的要求。
- 9.2.12 进行挥发性有害物质施工时，施工操作人员应采取有效的防护方法，并应配备相应的防护用品。
- 9.2.13 对不可循环使用的建筑垃圾，应收集到现场封闭式垃圾站，并应及时清运至有关部门指定的地点。对可循环使用的建筑垃圾，应加强回收利用，并做好记录。

9.3 人员健康要求

9.3.1 混凝土喷射手健康要求如下：

- 1、喷射手应有较为强健的体魄，能够正常使用喷枪进行混凝土喷射作业。
- 2、对需要进行自然垂直面喷射作业的喷射手，应具有足够的体重，以 75kg 以上为宜，方可适应喷射混凝土强大的后坐力。
- 3、喷射手入职前后应有职业病专项检查。

9.3.2 进入施工现场的作业人员应提供体检证明，确认无传染病、心脏病等重大疾病。

9.3.3 参与喷射的作业人员，应确认无高血压、心脏病等或精神类疾病。

9.3.4 作业人员应根据国家有关规定做例行体检。

附录 A 喷射混凝土试件的制作方法

A.0.1 试件制作应使用下列仪器：

- 1、 搅拌机；
- 2 、喷射设备；
- 3、 模具；
- 4、 机械秤或电子秤；
- 5、 铲子、抹刀、橡胶手套等其他辅助工具。

A.0.2 喷射混凝土性能试验的试件，除用于抗渗试验的混凝土试件可直接喷模成型外，其余试验的混凝土试件应从施工现场喷射的喷射混凝土大板上切割或钻芯法制取。模具的最小尺寸不应小于 $450\text{mm} \times 450\text{mm} \times 120\text{mm}$ ，模具长侧边为敞开状。钢模具的厚度不宜小于 4mm ，胶合板模具的厚度不宜小于 18mm 。

A.0.3 喷射混凝土试件的制作应符合下列步骤：

1、 将模具以与水平约 80° 夹角置于墙角或固定于墙面，模具长侧边敞开一侧朝下。

2、 喷嘴与模具面的距离宜按本标准表 7.5.4 进行选择。先在模具外的边墙上喷射，待喷射稳定后，将喷头移至模具位置，由下至上逐层将模具喷满混凝土。模具上方或周边有模具需要进行喷射时，应进行遮盖，防止回弹物溅落在喷射混凝土大板上。

3 、喷射后，喷射混凝土试件 18h 内不得移动，并应进行洒水养护或覆盖养护。采用贯入法进行早期强度测试时，应在喷射混凝土终凝前用抹刀刮平混凝土表面；进行 1d 早期强度测试时，试件宜在龄期前 2h 加工。

4、 养护 1d 后脱模。将混凝土大板移至试验室，标准养护 7d 后，根据需要的试件尺寸进行切割或钻芯。喷射混凝土大板周边 120mm 范围内的混凝土不得制作试件。

A.0.4 应将加工后的试件在标准条件下养护至所需龄期进行混凝土力学性能、长期性能和耐久性能试验。

附录 B 喷射混凝土抗压强度试验

B.0.1 试验应使用下列仪器：

- 1、 压力试验机，测量精度为 $\pm 1\%$ ；
- 2、 切割机；
- 3、 钻芯机；
- 4、 磨平机。

B.0.2 喷射混凝土抗压强度试验应按照标准立方体试件进行，试件应在喷射混凝土大板上切割取得，大板的制作方法应按本标准附录 A 执行。

B.0.3 对立方体抗压强度有怀疑时，可在现场进行钻芯取样，试件应制作成圆柱体试件，其试件直径应为 100mm，抗压强度试件芯样高径比宜为 1，具体要求按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T384 执行。

B.0.4 喷射混凝土 1d 早期强度试验，试件宜在到达龄期前 2h 加工。28d 抗压强度应在标准条件下养护 7d 后进行试件加工。

B.0.5 喷射混凝土抗压强度的同组试件应在同一大板上切割或钻芯制取。切割法制备的试件应为边长 100mm 的立方体；有缺陷的试件应舍弃。

B.0.6 抗压强度试验应符合下列规定：

1、 立方体试件尺寸的允许差值：边长不应大于 $\pm 1\text{mm}$ ，直角不应大于 2° ；圆柱体试件尺寸的允许差值：端面不平整度为每 100mm 长度不应大于 0.05mm，垂直度不应大于 2° ；

2、 试件在标准条件下养护至 28d，试验方法应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中抗压强度试验执行，测得值即为喷射混凝土试件的抗压强度；钻芯取样试件可直接进行抗压试验，钻芯取样试件抗压强度计算方法按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T384 进行。

3、 加载方向应与试件喷射成型方向垂直。

附录 C 喷射混凝土粘结强度试验

C.0.1 试验应使用下列仪器

- 1 压力试验机，测量精度为 $\pm 1\%$ ；
- 2 切割机；
- 3 钻芯机；
- 4 磨平机。
- 5 垫块、垫条及支架

C.0.2 试件应在喷射混凝土大板上切割或钻芯取得，试件的制作方法应按本标准附录 A 执行，试件尺寸一般采用 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。

C.0.3 试验步骤应按下列方法进行：

1 用与被粘混凝土相近的原材料和配合比，成型 3 块 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的立方体试件，标准养护 14d 后取出，应按国标 GB/T50081《普通混凝土力学性能试验方法标准》中第 9 章将试件劈成 6 块待用。

2 应将劈开混凝土试件的劈开面清洗干净并保持湿润状态，垂直放入 150mm 立方体试模一侧，试件光面紧贴试模壁，劈开面与试模之间形成尺寸约为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 75\text{mm}$ 的空间。

3 将喷射混凝土采用喷射的方式将试模内 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 75\text{mm}$ 的空间喷射密实。

4 试件达到养护龄期时，从养护地点取出后，应按国标 GB/T50081《普通混凝土力学性能试验方法标准》中第 9 章将粘结面作为劈裂面，进行新旧混凝土粘结强度的测试。

C.0.4 喷射混凝土粘结强度试验结果计算及确定按下列方法进行：

1 混凝土粘结强度应按下列公式计算：

$$f_b = \frac{2F}{\pi A} = 0.637 \frac{F}{A} \quad (\text{C.0.4})$$

式中 f_b —混凝土粘结强度 (MPa) ；

F—试件破坏荷载 (N) ；

A—试件粘结面面积 (mm^2) ；

粘结强度计算精确到 0.01MPa。

2 在 6 块试件测值中，应剔除最大值和最小值，以其余 4 个测值的平均值作为该组试件的粘结强度值。

附录 D 喷射混凝土回弹率试验

D.0.1 喷射混凝土回弹率试验应使用下列仪器：

- 1、搅拌机，容积大于 1m^3 ；
- 2、喷射设备；
- 3、塑料膜，面积为 $40\text{m}^2\sim 50\text{m}^2$ ；
- 4、机械秤或电子秤，量程 $500\text{kg}\sim 3000\text{kg}$ ，分度值 $200\text{g}\sim 1000\text{g}$ 。

D.0.2 试验应按下列步骤进行：

- 1、用塑料膜在待喷面下方地面覆盖 $40\text{m}^2\sim 50\text{m}^2$ 的区域。
- 2、拌制不少于 1m^3 混凝土拌合物，送入喷射设备，待喷射出料稳定后开始进行测试。喷嘴应与受喷面保持 90° 夹角，喷嘴与喷射面的距离宜按本标准表 7.5.2-1 进行选择。喷射总厚度为 $80\text{mm}\sim 120\text{mm}$ ，分两层喷射，每层厚度为 $40\text{mm}\sim 60\text{mm}$ 。喷射过程需保证连续不间断，料斗里混凝土在测试开始和结束时需保持均匀一致。
- 3、喷射结束后，从塑料膜上收集回弹料，并进行称重。
- 4、回弹料与总喷出拌合物的质量百分比即为喷射回弹率。总喷出拌合物应扣除喷射稳定前喷射量

喷射混凝土结构工程技术规范

条文说明

编制说明

《喷射混凝土结构工程技术规范》（T/CCIAT XXXX-XXXX），经中国建筑业协会 2021 年 X 月 X 日以第 XXX 号公告批准发布。

本规程编制过程中，编制组进行了喷射混凝土结构工程的调查与试验研究，总结了我国工程建设喷射混凝土结构工程的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过对喷射混凝土结构工程进行混凝土结构设计、材料性能、喷射工艺等试验研究，取得了喷射混凝土结构的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《喷射混凝土结构工程技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文第 4 章、第 5 章、第 6 章需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目录

4 喷射混凝土	31
4.1 胶凝材料	31
4.2 骨料	31
4.3 其他	31
4.4 拌合物性能	31
4.5 力学性能	32
5 施工	32
5.1 一般规定	32
5.2 设备	33
5.3 喷射准备工作	34
5.4 结构喷射混凝土的制备与运输	34
5.5 喷射作业	35
6 模板工程	36
6.1 钢织网	36
6.2 找型管	37

4 喷射混凝土

4.1 胶凝材料

4.1.1 硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥的水化热及产品的稳定性更适合作为喷射混凝土的胶凝材料。永久性结构需要保证喷射混凝土的强度，因此水泥强度等级不应低于 42.5 级。

4.1.2 结构喷射混凝土对强度及和易性有较高的要求，矿物参合料的使用应保证喷射混凝土的强度及和易性的需求。

4.2 骨料

4.2.1 10mm 以内的粗骨料对提升喷射混凝土的填充性更好，对于薄壳、形状复杂的结构及有特殊要求的工程，粗骨料的公称粒径不宜大于 10mm；对于使用钢纤维的喷射混凝土，由于钢纤维为刚性材料，对喷射混凝土的填充性有影响，需选用 10mm 以下的粗骨料提升其填充性。喷射混凝土由于喷射施工，考虑到密实度的影响，相对于普通混凝土，骨料的针片状含量及含泥量等有更好的要求。

4.3 其他

4.3.1 钢纤维长度大于输送管内径 0.7 倍时，会对泵送性造成较大影响，容易出现堵管情况的发生，钢纤维的锈蚀及杂质会降低纤维与水泥之间的粘结性能，导致喷射混凝土抗裂性能等下降。

4.4 拌合物性能

4.4.1 喷射混凝土应具有良好的黏聚性，才能保证喷射后不流挂。

4.4.2 经试验证明，混凝土坍落度低于 60mm 时，喷射机工作压力将出现陡增的现象，严重可能造成堵管甚至爆管，不仅施工质量不佳，还易带来安全隐患；坍落度高于 140mm 时，将出现明显的塌落现象，尤其在立面结构施工时，混凝土无法有效堆叠，在重力作用下，还易出现剥落、拉裂等现象。

4.4.3 喷射后的含气量低于 3%，不能达到提高抗冻融的效果，喷射后含气量高于 6%，会降低

喷射混凝土强度。喷射施工会产生含气量损失，因此应测试混凝土拌合物含气量，含气量宜为 5%~12%，喷射后含气量应为 3%~6%。

4.5 力学性能

4.5.1 当设计的早期强度龄期小于 1d 或强度低于 5MPa 时，由于强度过低，普通立方体与圆柱体抗压强度试验误差偏大，宜采用拉拔法或贯入法检测。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土喷射作业专业性强、危险系数高，操作人员必须具备优秀的素质技能水平。应由专业技术人员编制全面、详细的培训考核计划，对操作人员进行岗前培训和考核。喷射手应熟悉操作流程、安全操作注意事项、应急处理方法等，具备喷射施工质量直观判断的能力，考核不合格的喷射手不得参与喷射操作。

5.1.2 主要对混凝土的和易性、抗流挂性进行验证，检验其在规定坍落度范围内（60mm~140mm）是否满足实际喷射效果，坍落度损失速度、初凝速度是否匹配修面速度。

5.1.3 用于主体结构喷射的混凝土不掺加速凝剂，为稳定立面成型，坍落度应尽可能低，确保混凝土经过喷射后不再发生流动。经试验证明，混凝土坍落度低于 60mm 时，喷射机工作压力将出现陡增的现象，严重可能造成堵管甚至爆管，不仅施工质量不佳，还易带来安全隐患；坍落度高于 140mm 时，将出现明显的塌落现象，尤其在立面结构施工时，混凝土无法有效堆叠，在重力作用下，还易出现剥落、拉裂等现象。

5.1.4 本条综合考虑结构喷射专用混凝土的拌和物性能和坍落度损失，成品料更有利于骨料级配、整体配合比的控制，拌合物稳定性更佳；由于所用混凝土坍落度偏低，喷射综合速度相对浇筑混凝土较慢，罐车倾倒困难，应最大限度减少运输时间。

5.1.5 混凝土喷射过程中会出现大量回弹料，此部分为正常损耗，大比例由较粗的骨料组成，且表面未包覆灰浆，不得收集拌入未喷射的混凝土中，否则将改变其配合比。用于喷射的混凝土在配合比分析时已充分考虑回弹料的存在，该部分的损耗对混凝土的强度、耐久性、密实度等不会产生任何不良影响。

5.2 设备

5.2.1 本条对喷射机及其附属配件配置做出规定，保证喷射质量，减少喷射手操作主观因素引起的质量问题。

1 喷射机均为推缸输送的形式，切换料缸的过程会出现输料的短暂终止，即脉冲现象。设备密封性好、可连续均匀输料确保每次推缸输送的混凝土量一致，输料时间一致，有利于喷射手对时间节奏的掌握，在脉冲期间将枪头转向非结构层，防止其中残留的散料进入结构层内。

2 低坍落度是喷射混凝土最主要的特点之一，泵送速率越大，枪头出口压力越大，则越有利于结构密实，根据试验证明，喷射机对低坍落度混凝土的最小速率应不低于 $8\text{m}^3/\text{h}$ ，才可达理想的密实度。

3 喷射机在正常工作中，泵送低坍落度混凝土的压力为其额定压力的 80% 左右，坍落度与泵送压力呈反比关系。当喷射机显示泵送压力大于额定压力 80% 时，一般有以下几种情况：①混凝土坍落度过低，设备泵送困难导致压力上升；②泵管内有异物堵塞，输送不畅导致压力上升，或发生堵管出现压力陡增；③设备本身发生故障导致压力快速上升。

4 泵管的材料与混凝土输送的速率直接相关，由于摩擦系数的影响，混凝土在钢质料管中的输送速率约为橡胶泵管中的 3 倍，故钢质料管应尽可能长，减少压力损耗。当泵管长度过大、超过设备有效泵送距离时，末端缺少动力，极易导致管路堵塞，产生安全隐患。管径大小应匹配泵送速率，在结构混凝土喷射中，常用泵送速率为 $8\text{m}^3/\text{h} \sim 12\text{m}^3/\text{h}$ ，内径 50 的泵管满足输送量需求，且压力损失较小。

5 混凝土在喷射机出口的压力最大，在该部位一次性完成变径的原因有：①变径处压力会增大，堵管、爆管的可能性远大于通径管段，将可能出现问题的点位集中化，有利于安全隐患的有效把控和管路检修。②混凝土喷射管路较长，输送过程中存在压力损失，变径部位需较大的压力才能顺利将混凝土送出，否则易出现堵管，故应将泵管变径集中设置于动力最大的喷射机出口。

6 橡胶软枪头（衬套）具备一定的胀缩性，在遇到枪头堵塞（一般堵塞物为结块混凝土

或其他较大硬物)时,软枪头可通过自身膨胀将堵塞物喷出,卸除管内压力,而硬枪头则无法卸压,使管内压力陡增,造成枪头瞬间冲脱伤人或泵管弹动伤人。

8 因喷射机脉冲的存在,每次脉冲期间均需将枪头朝向非喷射部位,料缸容量较大时,喷射过程相对更连续,对喷射手体力消耗更小,有利于施工质量控制。

5.2.2 空气压缩机为混凝土喷射、回弹料吹扫提供主要动力,混凝土密实度很大一部分取决于空气压缩机的性能。

1 根据试验验证,为匹配 $8\text{m}^3/\text{h}\sim 12\text{m}^3/\text{h}$ 泵送速率的混凝土喷射,空压机的供风量应保持在 $9\text{m}^3/\text{min}\sim 12\text{m}^3/\text{min}$,过小则出口压力明显不足,过大则不利于喷射手掌控。

2 大风量空气压缩机在工作时实际波动值较大,存在增压、卸载不断循环的过程,此处大于规定值的波动范围是实际工作情况。

3 回弹料吹扫需要的瞬间风速远大于喷射需要,且压力需要同样较大,如二者共用一台空气压缩机,则会造成风量、压力的分摊,导致两个关键工序同时产生问题。

5.3 喷射准备工作

5.3.1 本条内容针对喷射混凝土施工的几个主要特性:①喷射后坐力大,操作面必须宽敞、无杂物,较高处作业必须设置安全保障措施,确保喷射手的安全操作;②喷射区域和机械操作区域噪声大,喷射手和机械操作工通常距离较远,直接沟通非常困难,当发生异常情况时(如堵管),二者必须立即沟通,避免发生意外事故;③喷射作业会产生较大扬尘,封闭作业是环保措施的常用方法之一,但会造成空间内能见度降低、空气流通不畅等问题,为保护内部操作人员,应采取直接有效的措施予以处理;④由于喷射混凝土本身坍落度较低的特性,应采取更多的措施以减少坍落度的损失,一旦低于可泵送值,则剩余混凝土将产生巨大的浪费。

5.4 结构喷射混凝土的制备与运输

5.4.1 本条对混凝土拌合物应具备的特点及其使用过程中应注意的事项作出规定。

1 可用于结构喷射的混凝土必定具备相对更加粘稠的特质，不易搅拌均匀，因此必须增加搅拌时间；低坍落度混凝土停放时间应尽可能短，减少坍落度损失，故单次搅拌量应保持在 1m^3 以上。

2 喷射混凝土冬季施工应根据实际情况做热工计算，以确定实际需求水温；水温不宜大于 60°C 且不得大于 80°C ，当热工计算不合格时，不得进行冬季施工。

3 本条规定时间由混凝土修面时间得出，不同的结构修面工艺不同，则对初凝和终凝时间可根据实际情况灵活调整。

5.4.2 喷射混凝土运输

1 本条规定的运输量由喷射机实际工作效率得出，当设备喷射速率设定为 $12\text{m}^3/\text{h}$ 左右时，因吹扫、切换工作面等工序交叉，实际全压力喷射输出效率约为 $4.5\text{m}^3/\text{h}\sim 6.3\text{m}^3/\text{h}$ ，半压力喷射则增至 $9\text{m}^3/\text{h}$ 左右。

5.5 喷射作业

5.5.1 本条为固定流程，风管接入喷射枪头处孔眼较小，如在管内有混凝土运动时关闭风阀，则必会引起风孔堵塞。

5.5.2 本条非强制性规定，喷射距离取决于修面速度与喷射速度的结合，当修面速度足以满足喷射速度时，喷射距离可适当加长。结构层与面层喷射顺序必须按规定执行，分层喷射有利于结构密实度的控制。喷射期间，回弹料自然下落，结构层喷射必须先将下方填充完成，否则回弹料将集中积聚在最低点，难以清理干净；面层喷射时不存在钢筋阻挡或较大空间积聚的情况，故自上而下喷射，使回弹料自然掉落在底部，便于统一清理。

5.5.3 结构层喷射期间，由于钢筋网片及其他结构的阻挡，必须将喷射角度控制在 90° ，最大限度使混凝土顺利喷入结构层内，同时，喷枪与受喷面之间的距离应保持适中，过小则局部混凝土量大、压力小，过大则混凝土分散，易产生回弹料。面层喷射期间，由于面层厚度较薄，枪头与受喷面的距离应增大，使混凝土更为分散，略微向上倾斜则有利于粗骨料嵌入结构内，确保结构强度。

5.5.4 本条规定风压根据结构厚度不同制定，结构厚度不同可采用不同的风压，但空气流量应与混凝土喷射量匹配。

5.5.5 本条涉及的锥形大板区别于《喷射混凝土应用技术标准》JGJ/372 中的方形大板，锥形设计可避免回弹料堆积在大板内的棱角部位，提高切割试块的质量。

5.5.6 回弹处理是结构喷射混凝土施工中极为关键的一环，高压空气吹扫是一种直接有效的处理方法。

1 担任混凝土喷射的操作人员对回弹的发生非常熟悉，因此吹扫工应由具备喷射经验的操作人员担任。

2 因混凝土中骨料粒径较大，吹扫所需风压也较大，否则无法在快速的喷射过程中高效处理产生的回弹料。因此，吹扫应使用单独的空压机提供动力，避免分摊压力导致喷射和吹扫均力度不足，减少因风量分摊导致的喷射力度不足的情况。此外，压缩空气在风管中输送时，风压会因阻力而减小，故风管长度不宜大于 100m。

3 回弹料散落的面积很大，吹扫的目的在于提供干净的待喷面，必须在喷射前将结构内的回弹料吹扫干净。

5 本条针对暂停喷射时的吹扫步骤，压缩空气压力较大，过度吹扫会将钢筋、钢织网及模板上的水分吹干，导致无法与混凝土密切相融，易造成局部裂纹的产生。

6 模板工程

6.1 钢织网

6.1.1 钢织网安装

6.1.1.1 本条基于最大骨料粒径为 10mm 的喷射混凝土做出规定，钢织网孔径为 6mm×9mm 可阻挡绝大多数粗骨料，保证结构强度；V 形肋的高度决定了钢织网与钢筋网片的安装间距，间距越大，越有利于填充密实，综合考虑钢筋保护层厚度及补充厚度，以 20mm 为主要选型；混凝土喷射力度极大，而钢织网成品在国内尚无成熟规范予以约束，故需经过强度检查确认不会发生破坏后再行使用。

6.1.1.2 均匀高度的钢筋朝向钢筋侧可保证保护层厚度一致，其安装方向源于对回弹料吹扫的考虑，竖向布置的钢筋易将回弹料卡在钢筋和钢筋中间，而横向布置则可顺畅的将回弹料吹扫至未喷射面或已完成喷射面，利于清理。

6.1.1.3 过长的扎丝易包裹混凝土，成为明显阻挡物，难以及时吹扫干净。

6.1.1.4 钢织网网孔处为柔性，经绑扎后发生变形，造成保护层厚度的不规则变化。

6.1.1.5 钢织网搭接部位为薄弱点，网片交叠处混凝土无法进入，不搭接则影响该部位混凝土成型，因此应在绑扎牢固的前提下尽可能减少搭接长度；钢织网搭接时 V 形肋必须相扣，避免形成空洞。

6.2 找型管

6.2.1 喷射混凝土的厚度控制标记种类多样，找型管为一种高精度的控制措施，其材质不限于本规范规定，不发生明显形变、可使混凝土厚度精确控制的材料均可。

6.2.2 本条内容主要针对弧形建筑，以建筑结构曲率变化、找平刮板长度为出发点制定，只要满足混凝土结构表面平整度、找平操作便捷，其安装间距可视具体情况作出调整。

6.2.3 本条内容指向塑料制品或类塑料制品，柔软度的存在利于曲面安装，3mm 壁厚的材料不易在外力作用下发生形变。

6.2.4 找型管存在拆除的需要，其长度不应过长，且结构走向方向为施工行进方向，利于施工组织安排。