

T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

玻璃结构工程技术规程

Technical specification for structural glass engineering

（征求意见稿）

《玻璃结构工程技术规程》编制组

2021年4月15日 北京

**中国工程建设协会标准**

**玻璃结构工程技术规程**

**Technical specification for structural glass engineering**

**T/CECS XXX-202X**

**（征求意见稿）**

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X月X日

中国计划出版社

202X 北京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2018〕030号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程共分9章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、结构设计、加工制作与施工、工程验收、维护、安全性鉴定和性能提升等。

本规程由中国工程建设标准化协会结构设计基础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。使用过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013）。

**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](#_Toc69409544)

[2 术语和符号 3](#_Toc69409545)

[3 基本规定 6](#_Toc69409546)

[3.1 一般规定 6](#_Toc69409547)

[3.2 结构体系与结构分析 9](#_Toc69409548)

[3.3 极限状态设计 11](#_Toc69409549)

[3.4 作用及作用组合 12](#_Toc69409550)

[3.5 耐久性 14](#_Toc69409551)

[4 材料 16](#_Toc69409552)

[4.1 一般规定 16](#_Toc69409553)

[4.2 玻璃 17](#_Toc69409554)

[4.3 中间层材料 22](#_Toc69409555)

[4.4 粘接及密封材料 23](#_Toc69409556)

[4.5 金属材料及连接材料 24](#_Toc69409557)

[4.6 其他材料 25](#_Toc69409558)

[5 结构设计 27](#_Toc69409559)

[5.1 一般规定 27](#_Toc69409560)

[5.2 面外受弯构件 30](#_Toc69409561)

[5.3 面内受弯构件 35](#_Toc69409562)

[5.4 轴心受压构件 38](#_Toc69409563)

[5.5 压弯构件 40](#_Toc69409564)

[5.6 连接及节点 40](#_Toc69409565)

[6 加工制作与施工 45](#_Toc69409566)

[6.1 一般规定 45](#_Toc69409567)

[6.2 加工制作 45](#_Toc69409568)

[6.3 安装施工 51](#_Toc69409569)

[7 工程验收 55](#_Toc69409570)

[7.1 一般规定 55](#_Toc69409571)

[7.2 主控项目 57](#_Toc69409572)

[7.3 一般项目 59](#_Toc69409573)

[8 维护 63](#_Toc69409574)

[8.1 一般规定 63](#_Toc69409575)

[8.2 检查和维护 64](#_Toc69409576)

[9 安全性鉴定和性能提升 65](#_Toc69409577)

[9.1 一般规定 65](#_Toc69409578)

[9.2 鉴定层次的划分 66](#_Toc69409579)

[9.3 构件及连接安全性鉴定评级 67](#_Toc69409580)

[9.4 子单元、鉴定单元和结构的安全性鉴定评级 70](#_Toc69409581)

[9.5 鉴定报告 70](#_Toc69409582)

[9.6 性能提升 71](#_Toc69409583)

[附录A 面内受弯构件屈曲临界弯矩计算方法 73](#_Toc69409584)

[附录B 考虑结构胶弹性约束的玻璃柱承载力计算方法 77](#_Toc69409585)

[附录C 玻璃与不锈钢板之间抗滑移系数测试方法 80](#_Toc69409586)

[本规程用词说明 82](#_Toc69409587)

[引用标准名录 83](#_Toc69409588)

[条文说明 87](#_Toc69409589)

Contents

[1 General provisions ......................................................1](#_Toc433147115)

[2 Terms and symbols…………………………………………………………………...........…………3](#_Toc433147116)

[3 Basic requirements ……………………………………………………………………………6](#_Toc433147117)

3.1 General requirements.... .... .... .…………………………………………………….... ...……6

3.2 Structrual system and structrual analysis……………….... .... .... .... .... ....………………….9

[3.3](#_Toc433147135) Limit states design…………………………………………………….... ....………….........11

[3.4 Action and action combination………………………………….... .... .……………………12](#_Toc433147136)

[3.5](#_Toc433147136) Durability ………………………………………………………………………………14

[4 Materials…………………………………………………………………….... …. …. …. …. ….. 16](#_Toc433147118)

[4.1](#_Toc433147119) General requirements.............................................................................................................16

[4.2](#_Toc433147120) Glass.......................................................................................................................................17

[4.3](#_Toc433147135) Interlayers...............................................................................................................................22

[4.4 Adhesives and sealants...........................................................................................................23](#_Toc433147136)

[4.5](#_Toc433147136) Metal supports and connections.............................................................................................24

4.6 Others......................................................................................................................................25

[5 Structural design................................................................................................................................27](#_Toc433147121)

[5.1 General requirements..............................................................................................................27](#_Toc433147122)

[5.2 Out-of-plane bending members..............................................................................................3](#_Toc433147123)0

[5.3](#_Toc433147135) In-plane bending members.....................................................................................................35

[5.4 Axial compresive members....................................................................................................38](#_Toc433147136)

[5.5](#_Toc433147136) Beam-columns........................................................................................................................40

5.6 Connections.............................................................................................................................40

[6 Fabrication and construction..............................................................................................................45](#_Toc433147126)

6.1 General requirements............................................................................................................45

6.2 Fabrication............................................................................................................................45

6.3 Construction..........................................................................................................................51

[7 Construction quality acceptance........................................................................................................55](#_Toc433147127)

[7.1](#_Toc433147128) General requirements..............................................................................................................55

[7.2](#_Toc433147128) Dominant item........................................................................................................................57

7.3 General item...........................................................................................................................59

[8](#_Toc433147134) Maintenance.......................................................................................................................................63

[8.1](#_Toc433147135) General requirements..............................................................................................................63

[8.2](#_Toc433147136) Inspection and maintenance....................................................................................................64

[9](#_Toc433147134) Safety appraisal and performance enhancement................................................................................65

[9.1](#_Toc433147135) General requirements..............................................................................................................65

[9.2](#_Toc433147136) Appraisal level........................................................................................................................66

9.3 Safety appraisal for members and connections……………………………………………..67

9.4 Safety appraisal for sub-units, units and structures…………………………………………70

[9.5](#_Toc433147136) Appraisal report......................................................................................................................70

9.6 Performance enhancement......................................................................................................71

Appendix A: Calculation method for the critical bending moment of glass beam under in-plane bending.............................................................................................................................73

Appendix B: Calculation method for the load resistance of glass column elastically constrained by structural adhesives............................................................................................................77

Appendix C: Test method for the anti-slip coefficient between glass and stainless steel........................80

[Explanation of wording in this specification...........................................................................................](#_Toc433147138)82

[List of quoted standards](#_Toc433147139)...........................................................................................................................83

[Explanation of provisions](#_Toc444763267)........................................................................................................................87

# 

# 1 总则

**1.0.1** 为使玻璃结构工程做到安全适用、技术先进、经济合理，制定本规程。

【条文说明】1.0.1 玻璃结构是以结构玻璃为主制成的结构，可以是整体结构或整体结构的一部分。玻璃因为具有透明、装饰、耐久等特点，在建筑中被大量应用，但大多局限在外围护构件以及装饰性构件等次要受力构件上，例如门窗、建筑幕墙等。近年来，随着玻璃生产、加工、设计技术的提高以及社会经济发展的需要，直接承受荷载的玻璃结构成为建筑玻璃应用的最新趋势，一些玻璃结构构件如玻璃梁、柱、楼梯、楼盖等在实际工程中陆续出现，有的建筑甚至全部采用玻璃结构，例如美国苹果公司在全球的代表性专卖店等。

与成熟的传统建筑结构相比，玻璃结构在材料、构件、结构等几个层面均有其特殊性。玻璃本身为脆性材料，极限拉应变较低，强度离散性较大；玻璃构件通常截面宽厚比、长细比较大，容易发生失稳破坏；常用夹层玻璃构件属于玻璃与有机材料构成的组合结构构件，面外弯曲变形一般不符合平截面假定，且其力学性能会随荷载作用时间（持荷时间）以及环境因素（比如温度变化）等发生衰减，力学分析模型复杂；玻璃节点处对应力集中敏感且存在应力腐蚀现象；玻璃结构在飞射物或人体撞击、地震作用及火灾下可能发生垮塌性破坏，因此需要特别关注鲁棒性设计措施，避免发生与所受作用不相符的破坏或连续倒塌。

国外对玻璃结构的研究工作始于20世纪70年代，已取得较多研究成果并逐步付诸于工程实践，建造了一批知名的地标性建筑。2010年欧洲标准化委员会（CEN）发布欧洲规范未来编制任务，计划将玻璃结构纳入欧洲规范；2014年欧盟出版办公室发布了欧洲玻璃构件结构设计指南，旨在为玻璃结构提供通用的设计方法。我国对玻璃结构的研究与工程实践相对较晚，但近年来有关科研院所及高校已开展了玻璃构件及节点的研究工作，取得了一系列重要科研成果和关键技术，而以玻璃作为受力构件的实际工程更是陆续涌现。

因此，为了规范结构玻璃及玻璃结构的工程应用，做到安全、适用、经济，保证工程质量，制订玻璃结构工程技术标准是非常必要的。

**1.0.2** 本规程适用于非抗震设计和抗震设防烈度为6、7、8度抗震设计的民用建筑玻璃结构工程的建造及运维。

【条文说明】1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。目前，我国各地均为抗震设防地区，抗震设防烈度分为6、7、8、9度。鉴于玻璃结构在9度抗震设防地区的工程应用缺乏经验，为稳妥起见，本规程暂不包括9度抗震设防地区的工程应用。另外，由于工业建筑的多样性和复杂性，可能会承受特殊的作用及环境影响，故本规程不完全适用于工业建筑的玻璃结构。

本规程所说的玻璃结构工程，包括玻璃主体结构以及其他材料结构中的玻璃楼梯、玻璃楼盖、玻璃围护结构等；玻璃结构工程的建造包括玻璃结构设计、构件加工制作、结构安装施工以及工程验收等工程活动。

**1.0.3** 本规程依据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的原则制订。

【条文说明】1.0.3 玻璃结构作为不同建筑材料结构的一种，因此在结构可靠性设计、可靠性评估及结构性能提升等方面，应遵从现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的原则性要求。

**1.0.4** 玻璃结构工程的建造和运维，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关工程建设规范和技术标准的规定。

【条文说明】1.0.4 我国正在建立和完善强制性工程建设规范与推荐性工程建设标准相结合的工程建设标准体系，玻璃结构工程涉及到相关材料、结构设计、构件加工制作、安装施工、可靠性评估及性能提升等诸多方面。因此，玻璃结构的建造和运行维护，除了遵从本规程的规定外，尚应符合国家现行有关工程建设规范和工程建设标准的规定。

# 2 术语和符号

2.1 术语

**2.1.1** 玻璃结构 glass structure

以结构玻璃构件为主制成的结构，包括整体结构或整体结构的一部分。

**2.1.2** 结构玻璃 structural glass

以平板浮法玻璃为主材制成的、具有承载能力的玻璃及其制品。

**2.1.3** 主要结构构件 primary structural member

由结构玻璃制成的主要承重构件，其破坏对相邻结构构件或整体结构的稳定性有显著影响，并可能产生严重后果。

【条文说明】2.1.3 参照现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定，本规程所指严重后果包括危及人员的生命、造成较大经济损失、对社会或环境产生较大不良影响等情况。

**2.1.4** 次要结构构件 secondary structural member

由结构玻璃制成的非承重构件或次要承重构件，其破坏对相邻结构构件或整体结构的稳定性无显著影响，破坏可能产生的后果不严重。

**2.1.5** 玻璃结构冗余度 redundancy

玻璃结构构件具有储备传力能力或结构具有备用传力路径的水平。

**2.1.6** 开裂后剩余承载能力post fracture residual load bearing capacity

针对偶然设计状况，当夹层玻璃构件中一片或多片玻璃开裂后，玻璃结构或结构构件仍能在一定时间内具有的承载能力。

**2.1.7** 中间层 interlayer

介于两层玻璃之间起分隔和粘接作用的材料，使夹层玻璃具有诸如抗冲击、阳光控制、隔音等性能。

**2.1.8** 等效厚度 equivalent thickness

在结构计算中，能够代表夹层玻璃进行应力或变形计算的等效单片玻璃的厚度。

【条文说明】2.1.8在结构力学分析中，夹层玻璃是由不同性质材料构成的组合截面。在相同边界条件和荷载作用下，将夹层玻璃等效为一定厚度的单片玻璃，并且由此厚度计算的应力和挠度等弯曲特征与夹层玻璃的相同，则该等效单片玻璃的厚度即是夹层玻璃的等效厚度。通常，计算夹层玻璃的应力和变形（挠度）时，其等效厚度是不同的。

**2.1.9**  等效截面模量 equivalent section modulus

在相同边界条件和荷载作用下计算夹层玻璃弯曲应力时，取用的能够得到相同应力的单片玻璃的截面模量。

**2.1.10** 等效截面惯性矩 equivalent moment of inertia

在相同边界条件和荷载作用下计算夹层玻璃弯曲挠度时，取用的能够得到相同挠度的单片玻璃的截面惯性矩。

**2.1.11** 短期荷载 short term load

作用时间不超过3s的荷载，例如风荷载、偶然作用等。

**2.1.12** 中期荷载mid-term load

作用时间介于3s~1d的荷载，例如施工、检修荷载及人员流动荷载。

**2.1.13** 长期荷载 long term load

作用时间超过1d的荷载，例如雪荷载、永久荷载等。

**2.1.14** 衬垫材料 cushion material

设置于玻璃和其他高硬度材料之间、可以有效降低玻璃应力集中现象的材料。

2.2 符号

**2.2.1** 材料性能

——玻璃弹性模量；

*E*a——结构胶弹性模量。

——玻璃孔填充胶承压强度设计值；

——玻璃强度设计值；

*G* ——玻璃剪切模量；

——中间层材料剪切模量；

**2.2.2** 效应和抗力

*M*x——面内弯曲弯矩设计值；

*M*cr——面内受弯构件的屈曲临界弯矩；

——轴向力设计值；

*N*cr——轴压构件的屈曲临界荷载；

——作用组合的效应设计值；

——结构构件的抗力设计值。

**2.2.3** 几何参数

——单层玻璃板截面面积；

*A*tot——玻璃构件的截面总面积；

——夹层玻璃截面宽度；

*h*——夹层玻璃梁截面高度；

*I*——单层玻璃板截面绕弱轴的惯性矩；

——夹层玻璃截面完全组合对应的截面惯性矩；

*I*eff——夹层玻璃构件面外弯曲等效惯性矩；

*J*——单层玻璃的自由扭转惯性矩；

*J*eff——夹层玻璃截面的等效扭转惯性矩；

*J*tot——夹层玻璃截面完全组合时的自由扭转惯性矩；

——夹层玻璃构件计算跨度；

——单层玻璃板厚度；

——中间层胶片厚度；

*W*x——面内弯曲截面模量；

*Wi*,eff——夹层玻璃构件第i层玻璃的面外弯曲等效截面模量。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1** 玻璃结构宜采用以概率理论为基础、以分项系数表达的极限状态设计方法进行结构设计。

【条文说明】3.1.1 相对于其他成熟材料结构，玻璃结构的主要材料（如结构玻璃、金属材料等）是相对成熟的，主体结构及主要结构构件应采用以概率为基础、以分项系数表达的极限状态设计方法；但玻璃结构中的某些材料（比如结构胶接材料等），如果缺乏完整的统计资料，也可根据工程经验和试验研究分析，采用以单一安全系数表达的经验方法进行设计。

**3.1.2** 玻璃结构的设计基准期应为50年。

【条文说明】3.1.2 设计基准期主要用于确定结构上可变作用(如楼面活荷载、风荷载、温度作用等)的取值。本规程按照现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定，采用设计基准期为50年。

**3.1.3** 结构设计时，应确定结构的设计工作年限。除临时建筑外，玻璃结构的主要结构构件设计工作年限不应低于50年，次要结构构件的设计工作年限不应低于25年。

【条文说明】3.1.3 根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068的规定，进行玻璃结构设计时，首先应根据建筑功能及其重要性，确定结构设计工作年限（即现行的“设计使用年限”），并据此采用相应的结构设计方法。作为房屋建筑主体结构，其设计工作年限不应低于50年；作为建筑围护结构等次要结构构件（比如玻璃幕墙结构构件），其结构设计工作年限不应低于25年。

正在制订的国家工程建设规范中，已统一将“设计使用年限”改为“设计工作年限”。因此，本规程中统一采用术语“设计工作年限”代替现行有关标准中的“设计使用年限”。

**3.1.4** 结构设计时，应根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定确定玻璃结构的安全等级，并不应低于二级。

【条文说明】3.1.4 根据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定，结构设计安全等级根据结构重要性程度划分为一、二、三级。由于玻璃结构相对脆弱的特点，其结构设计安全等级取为不低于二级。

**3.1.5** 抗震设计时，应根据现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223的规定确定玻璃结构建筑工程的抗震设防分类，并不应低于标准设防类。

【条文说明】3.1.5 建筑工程抗震设防类别是确定工程抗震设防标准的基础。建筑工程抗震设防分类，主要依据建筑遭遇地震作用后可能造成的人员伤亡、经济损失、社会影响及其在抗震救灾中的作用等因素进行划分。鉴于玻璃结构的特点，其抗震设防分类不应低于标准设防类（简称丙类）。

**3.1.6** 玻璃结构应进行承载能力极限状态、正常使用极限状态及耐久性设计，并应符合下列规定：

1 承载能力极限状态设计应符合下列规定：

（3.1.6-1）

式中：——结构重要性系数，应按现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定取值；

——作用组合的效应设计值，应符合本规程第3.4节的有关规定；

——结构构件的抗力设计值，应根据材料性能和构件几何参数设计取值确定；

——结构或结构构件的抗力模型不定性系数，应符合本规程第3.1.7条的规定。

2 正常使用极限状态设计应符合下列规定：

（3.1.6-2）

式中：——结构或结构构件作用效应组合的变形设计值；

*C* ——结构或结构构件变形限值。

3 耐久性设计应符合建筑功能要求，并应考虑材料性能劣化的不利影响。

【条文说明】3.1.6 根据玻璃结构特点，提出了玻璃结构设计的原则要求。本条第1、2款关于玻璃结构或结构构件承载能力极限状态、正常使用极限状态的设计规定主要源于现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的有关规定。对于持久设计状况、短暂设计状况，结构重要性系数取值应根据结构安全等级采用；对于地震设计状况、偶然设计状况，结构重要性系数应取1.0。

**3.1.7** 应根据设计状况及抗力模型不定性程度确定玻璃结构或结构构件的抗力模型不定性系数取值，并应符合下列规定：

1 对持久设计状况、短暂设计状况，抗力模型不定性系数取值不应小于1.0；

2 对地震设计状况、偶然设计状况，抗力模型不定性系数可取1.0。

【条文说明】3.1.7 结构或结构构件的抗力设计值取值主要与结构材料性能设计值及结构构件几何参数设计值取值有关，而结构材料的性能设计值通常是由材料性能标准值除以材料性能分项系数确定。实际上，为了简化设计表达式，本规程式（3.1.6-1）还忽略了与结构模型化分析的不确定性有关的分项系数。因此，结构的作用效应设计值及结构抗力设计值均有可能具有一定的不确定性。为了考虑这种不确定性可能对结构安全性带来的不利影响，可通过结构抗力模型不确定性系数对结构构件抗力设计值予以调整。

对于地震设计状况和偶然设计状况，结构材料的抗力设计值可有所提高；但为了确保玻璃结构安全，本条规定玻璃结构或结构构件的抗力模型不定性系数取1.0。

**3.1.8** 玻璃结构设计时，玻璃整体结构及主要结构构件应进行设防烈度地震作用下的截面抗震承载力计算及相应的变形验算，并宜进行预估罕遇地震作用下的变形验算；对于地震作用不起控制作用的次要结构构件，可采用多遇地震作用进行结构承载力设计，宜采用设防烈度地震作用进行变形验算。

【条文说明】3.1.8 现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011规定了建筑结构三水准两阶段设计方法。一般情况的建筑结构，采用多遇地震进行结构、结构构件的承载力和变形设计，并通过采取抗震措施（包括构造措施）保证结构“中震可修、大震不倒”。鉴于玻璃结构的开裂前为弹性受力状态的特点，为了保障结构的安全性，本规程规定采用设防烈度地震作用进行玻璃整体结构及主要结构构件的抗震承载力计算和变形验算。对于地震作用不是主要可变作用的次要结构构件（例如玻璃幕墙结构），可适当放松承载力设计要求，但变形验算宜适当严控。

**3.1.9**  抗震设计的玻璃结构建筑宜采取适宜的减震、隔震措施，建筑减震、隔震设计的原则和方法应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

【条文说明】3.1.9 主体建筑玻璃结构进行抗震设计时，如难以满足设防地震作用下的截面抗震承载力计算及相应的变形验算要求，宜采用隔震支座、耗能阻尼器等装置减少地震作用，并按照《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定进行结构分析和结构设计。

**3.1.10** 对于设计工作年限不低于50年的玻璃结构，宜进行结构防连续倒塌设计，并应满足承载能力极限状态的要求。

【条文说明】3.1.10 防倒塌安全措施的专项设计应包括玻璃结构整体的防倒塌冗余概念设计和关键玻璃构件、节点的专项设计内容。

**3.1.11**  玻璃结构构件和节点宜采用可更换的构造形式。

【条文说明】3.1.11 由于玻璃结构的易损性特点，在结构设计时，宜采取便于维护更换的设计构造措施。

**3.1.12**  玻璃结构建筑应符合建筑节能、隔声、防水及光环境要求。

【条文说明】3.1.12 玻璃结构建筑应根据国家有关政策及有关技术标准的要求，进行建筑节能设计，并应符合建筑声学、建筑防水及光环境要求。

**3.1.13**  玻璃结构建筑的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。

**3.1.14** 玻璃结构的防雷电设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的规定。

**3.1.15** 玻璃结构中，人体容易碰撞且可能发生人体或玻璃坠落的部位，应采取防护措施。

【条文说明】3.1.15 玻璃结构中的部分构件，如玻璃栏板、紧急出口和逃生路线附近的构件，易受到人体碰撞，应对此类构件采取措施防止撞伤人员或撞损构件。

**3.1.16** 玻璃结构工程设计、制作和安装施工应实行全过程的质量控制。

## 3.2 结构体系与结构分析

**3.2.1** 玻璃结构体系的设计方案应符合下列规定：

1 结构传力途径应简洁、明确，竖向构件应连续并具备可靠的连接性能；

2 主要结构构件应具有必要的冗余度；

3 结构应具有刚度、承载力、整体稳定性和鲁棒性；

4 宜采取减少偶然作用不利影响的措施。

【条文说明】3.2.1 本条是玻璃结构体系设计要遵循的基本原则。玻璃结构因自身的通透性，在服役期易遭受如人员、物体撞击等偶然作用，因此应采取受力简单、传力明确的结构体系，并应具有必要的冗余度，玻璃构件的开裂不应危及相邻结构构件的稳定性，避免因部分构件破坏导致整个结构体系丧失承载能力和整体稳定性和鲁棒性，确保不发生与作用不匹配的结构连续倒塌等严重后果。

**3.2.2** 玻璃结构应进行整体作用效应分析，对结构中受力状况复杂的部位尚应进行详细分析。

【条文说明】3.2.2 结构中孔洞周围、节点及其附近、支座和集中荷载附近等部位，必要时应另作更详细的局部分析。

**3.2.3** 玻璃结构应进行施工和使用阶段不同结构状态下的结构分析。

【条文说明】3.2.3 玻璃结构在施工阶段可能会有不同的结构形态，结构分析时应据实考虑；在正常使用阶段，除了常规作用下的结构分析外，还可能需要进行遭遇飓风、火灾、爆炸、人体和硬物撞击等偶然作用时的结构分析。沿海台风区域的玻璃结构在考虑飓风影响时，应考虑风致飞射物撞击的影响，宜对飓风风压和风致飞射物联合影响下的玻璃结构进行专项易损性分析。

**3.2.4** 玻璃结构分析时，应根据结构类型和受力特点、开裂可能造成的灾害情况选择线性分析方法、非线性分析方法或试验方法。

【条文说明】3.2.4 本条所称非线性，主要指结构的几何非线性；当几何非线性对结构不利时，应考虑采用非线性方法进行结构分析，或者采用其他方法考虑几何非线性的不利影响。采用边缘连续支承的玻璃构件，如玻璃楼面板，在横向荷载作用下产生弯曲变形时，通常会表现出不可忽略的膜效应，在边缘支承处存在侧移。这可能会导致玻璃构件从支承处滑落，或对边缘密封胶节点产生较大剪切作用；此时，应采用几何非线性分析方法确定侧移量和密封胶节点的剪切应力，并对侧移量和剪切应力进行验算。另外，在结构构件变形较大的场合，宜考虑几何非线性方法进行结构分析。

**3.2.5** 玻璃结构防倒塌分析时，可采用数值仿真模拟方法。

【条文说明】3.2.5 采用数值仿真模拟方法对玻璃结构进行防倒塌分析时，可采用移除构件法（比如按照一定规则拆除玻璃结构的主要受力构件），验算剩余结构体系的极限承载力或直接分析倒塌全过程；也可采用关键构件校核法，对可能遭受偶然作用而发生局部破坏的竖向重要构件和关键传力部位进行极限承载力的校核分析。

**3.2.6** 进行玻璃结构应力和变形分析时，玻璃应假定为线弹性模型；与玻璃构成结构构件的中间层、结构胶等材料，可近似采用线弹性模型。

**3.2.7** 结构分析时，应考虑结构构件缺陷、安装偏差、不均匀沉降、温度效应等因素的不利影响。

【条文说明】3.2.7 本条所列举的因素，属于结构分析中几何条件或边界条件，对玻璃结构分析会产生不可忽略的影响。例如，玻璃结构的基础本身的变形、地基的不均匀沉降等均会对玻璃结构力学分析造成影响。

**3.2.8** 应通过几何非线性分析确定玻璃构件边部的平面内位移量，并对构件边部构造措施的可靠性进行验证。

【条文说明】3.2.8 玻璃构件发生较大面外变形时会在边部产生不可忽略的平面内位移，该位移应由几何非线性分析确定。玻璃构件边部支承宽度应大于构件边部的平面内位移量，并应在构件边部采取措施防止构件因平面内位移过大而发生脱落。

## 3.3 极限状态设计

**3.3.1**  玻璃结构的主要结构构件与次要结构构件均应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计；对于可能遭受偶然作用的主要结构构件，尚应进行开裂后剩余承载能力设计。

【条文说明】3.3.1 承载能力极限状态应包括：玻璃处于未开裂状态时，玻璃构件或连接因超过材料强度或疲劳而破坏，因过度变形而不适于继续承载，整个结构或其中一部分作为刚体失去平衡，结构或构件丧失稳定，结构因局部破坏而发生连续倒塌，结构转变为机动体系或结构倾覆。正常使用极限状态应包括：影响正常使用或外观的变形，影响正常使用的振动，影响正常使用或耐久性能的局部损坏。

开裂后剩余承载能力包括：主要结构构件因偶然作用处于开裂状态时，结构抵抗因局部破坏而发生连续倒塌、整个结构或其中一部分作为刚体失去平衡、结构转变为机动体系和结构倾覆的能力。

**3.3.2** 承载能力极限状态下，应对玻璃构件进行截面抗力、屈曲抗力及集中荷载作用点局部抗力的设计和验算。承载力设计时，玻璃的最大主拉应力设计值不应大于材料的强度设计值。

【条文说明】3.3.2 除截面抗力外，玻璃构件如玻璃柱、玻璃梁因构件细长的特性易出现屈曲失效形态，因此需对构件屈曲抗力进行验算。玻璃材料的脆性特征使玻璃构件在集中荷载作用下易产生脆裂，应验算集中荷载作用点局部抗力。玻璃材料具有出色的承压性能，其失效主要由拉伸应力导致，因此玻璃材料强度验算时应采用最大主拉应力设计值来和玻璃材料强度设计值对比。

**3.3.3** 正常使用极限状态下，应对玻璃结构、结构构件进行变形验算，并应符合本规程的有关规定；宜对人行玻璃结构的竖向振动舒适度进行设计，并应符合现行行业标准《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ∕T 441的有关规定。

【条文说明】3.3.3 人行玻璃结构或构件，如玻璃楼盖、玻璃楼梯等，应考虑竖向振动对人体舒适度的影响。结构振动舒适度可通过分析和控制结构自振频率或振动加速度进行设计，具体设计方法应符合现行行业标准《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441的有关规定。

**3.3.4** 在设防烈度地震作用下，玻璃整体结构的弹性层间位移角限值可取1/800；在预估的罕遇地震作用下，玻璃整体结构的弹性层间位移角限值可取1/400。对于次要玻璃结构构件，其平面内变形应适应主体结构在设防烈度地震作用下层间位移角限值。

【条文说明】3.3.3 玻璃结构总体上属于脆性结构，正常使用极限状态设计应从严要求。对于玻璃幕墙结构的平面内变形，应能适应主体结构在设防烈度地震作用下的变形（侧移）要求。主体结构在设防烈度地震作用下的变形限值（层间位移角限值），可按照国家现行有关结构标准的规定采用；当现行标准中没有规定主体结构在设防烈度地震作用下的变形限值时，偏于安全，可近似按照国家现行标准中多遇地震作用下层间位移角限值的3倍采用。

**3.3.5**  结构玻璃构件开裂后剩余承载能力，可采用简化方法、数值模拟方法、试验方法分析确定。

【条文说明】3.3.5 玻璃构件开裂后剩余承载能力计算时，如采用简化分析方法，可忽略已开裂玻璃层的强度贡献，仅分析剩余未开裂的玻璃层的承载能力；当采用数值模拟方法时，则可考虑开裂玻璃层的强度，如位于受拉侧时对中间层的拉伸硬化作用及位于受压侧时的剩余承压作用。

**3.3.6** 结构玻璃构件开裂后剩余承载能力设计应符合下列规定：

1 应根据构件开裂可能造成的灾害后果及防控响应时间进行开裂后承载力设计。

2 对于主要水平结构构件，应假设构件中至少有2层玻璃发生开裂，并按受损后的截面计算构件及其连接的抗力设计值；

3 对于主要竖向结构构件，应假设构件中所有玻璃层均发生开裂，此时备用传力路径应能承担荷载设计值。

【条文说明】3.3.6 开裂后的玻璃结构及构件的承载能力会随时间发生衰减，因此其应在规定的时间内，即残余承载时间内，具有足够的承载能力，以为人员疏散、临时支撑、更换构件等安全防控措施留出时间。

## 3.4 作用及作用组合

**3.4.1** 玻璃结构上的作用应按工程实际情况确定，并应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009和《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

【条文说明】3.4.1 玻璃结构上承受的作用，除了永久作用（重力荷载、预应力等）、可变作用（楼面活荷载、风荷载等）外，还包括地震作用、温度作用，必要时还要考虑偶然作用及可能存在的其他环境影响。要区分施工阶段和使用阶段，按照实际情况仔细分析研究并确定结构在某种设计状况下所承受的作用（荷载）。

**3.4.2**  进行玻璃结构承载能力极限状态、正常适用极限状态设计时，应按照结构可能承受的作用进行作用组合或作用效应组合，并应符合下列规定：

1 对于持久设计状况、短暂设计状况和偶然设计状况，作用组合或作用效应组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定；

2 对于地震设计状况，作用效应组合应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

【条文说明】3.4.2 按照现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068的规定，玻璃结构的承载能力极限状态设计、正常使用极限状态设计，均应区分不同的设计状况进行作用（荷载）组合或作用（荷载）效应组合，并取最不利的效应设计值进行结构设计。为了简化表达，本规程直接引用了现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011的相关规定。

需要强调，由于玻璃结构的脆性特点，对于复杂结构构件、大型（重型）结构构件，施工阶段的运输、存放、吊装、临时固定等都不能造成结构构件损坏或产生过大变形，因此应根据实际情况按照短暂设计状况进行玻璃结构或结构构件施工过程的承载力计算、变形验算。

**3.4.3**  进行玻璃结构的承载能力极限状态设计时，应按作用或作用效应的基本组合进行结构、结构构件的最不利作用效应计算。对于可能遭受偶然作用的结构、结构构件，其作用效应设计值尚应按下式计算：

 （3.4.3）

式中：*S*d——作用组合的效应设计值；

——作用组合的效应函数；

——第*i*个永久作用的标准值；

 ——偶然作用的设计值；

——第1个可变作用的标准值；

——第*j*个可变作用的标准值；

——第1个可变作用的频遇值系数；

——第*i*个可变荷载的准永久值系数。

【条文说明】3.4.3 玻璃结构在可能遭遇火灾、飓风、爆炸、撞击等偶然作用时，除了按照本规程第3.4.2条进行承载力极限状态设计外，尚应采用作用的偶然组合进行设计。由于玻璃材料的冲击脆性和中间层材料的热敏感性，应特别注意玻璃结构易受火灾或爆炸、撞击等动态作用的情况。当作用（荷载）与作用（荷载）效应呈线性关系时，本条公式（3.4.3）可简化为作用效应组合：

 （1）

**3.4.4**  进行结构玻璃构件的开裂后剩余承载能力设计时，应按下式计算结构、结构构件的最不利作用效应：

 （3.4.4）

【条文说明】3.4.4 进行玻璃结构的开裂后承载能力极限状态设计时，因结构已经受损，故采用偶然事件发生后的偶然组合效应设计值进行计算。当作用（荷载）与作用（荷载）效应呈线性关系时，本条公式（3.4.4）可简化为作用效应组合：

 （2）

**3.4.5** 进行玻璃结构的正常使用极限状态设计时，应根据实际情况采用作用或作用效应的标准组合、频遇组合或准永久组合进行结构、结构构件的最不利作用效应计算。

【条文说明】3.4.5 一般情况下，玻璃结构、结构构件的变形验算，可采用作用的标准组合；玻璃结构的振动舒适度验算可采用作用的频遇组合（如风振舒适度验算）或准永久组合（如楼盖舒适度验算）。

**3.4.6**  对于地震设计状况，当采用设防烈度地震作用进行承载力极限状态的作用效应组合时，地震作用的分项系数可取1.0。

【条文说明】3.4.6 对于地震设计状况，当采用设防烈度地震计算地震作用效应并进行作用的作用效应组合时，仍应符合本规程第3.4.2条第2款的规定，但地震作用效应的分项系数可取1.0。

## 3.5 耐久性

**3.5.1** 玻璃结构应根据结构暴露的环境类别、、结构设计工作年限及使用维护条件进行耐久性设计。

【条文说明】3.5.1 玻璃结构的主体材料玻璃具有良好的耐久性能，但是玻璃结构的其他材料（如钢材、有机材料等）对所处的环境相对敏感，应根据实际情况进行耐久性设计。

建筑结构所暴露的环境类别，目前尚无公认统一的规定。在现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010中有类似的环境类别规定，可供参考。

**3.5.2**  环境对玻璃结构耐久性的影响可根据工程经验、试验研究、计算、检验或综合分析等方法进行评估。

【条文说明】3.5.2 现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068提出了建筑结构的耐久性极限状态设计，并建议环境对耐久性影响可通过工程经验、试验研究等方法评估。玻璃结构中，如局部损坏对耐久性能的影响难于定量计算，可采用基于经验的定性方法进行设计。

**3.5.3**  玻璃结构耐久性设计应考虑下列因素：

1 结构中所采用材料的相容性；

2 易于清洗和维护；

3 易于检测、维修和替换。

【条文说明】3.5.3 玻璃结构的耐久性设计受材料选择、局部构造设计影响较大。设计时应将机械磨损、化学侵蚀、材料间化学相容性、水汽、温度（包括热应变、冻融循环）、机电反应（包括材料自身腐蚀、金属间腐蚀）、电磁辐射（包括红外线和紫外线辐射）等因素进行综合考虑。

**3.5.4** 对于潮湿或者水环境中裸露边缘易吸收水分的夹层玻璃，应采取保证耐久性的措施；当采用封边处理时，封边材料不应与中间层发生物理、化学反应。

【条文说明】3.5.4 在临水或者水环境中，裸露的夹层玻璃边缘易吸收水分会造成中间层与玻璃之间脱胶，因此对于此类夹层玻璃应采用密封胶进行封边处理。中间层材料一般属于高分子有机材料，采用的封边胶不应与其发生物理溶解或化学腐蚀。对于采用边缘稳定性较差的中间层材料（如PVB）制作的玻璃构件，局部损坏不应影响玻璃构件边缘的防水密封性，以降低局部损坏对中间层材料湿度耐久性的影响。

**3.5.5** 当采用暴露式胶接节点时，应分析使用环境对节点耐久性能的影响；当影响不可忽略时，应采取保证节点耐久性的措施。

【条文说明】3.5.5 胶接节点暴露在使用环境中时，温度、水、紫外辐射、清洁剂等外界环境因素有可能对胶接节点造成胶体强度、韧性、弹性及界面粘接强度的下降。

# 4 材料

## 4.1 一般规定

**4.1.1** 玻璃结构工程应采用质量合格的建筑材料，并应在设计文件中明确材料所执行的技术标准；采用尚无相应技术标准的材料时，应进行专项技术论证。

【条文说明】4.1.1 玻璃结构应采用质量合格的建筑材料，以保证玻璃建筑工程的性能要求和质量安全要求。合格的材料，是指性能和质量符合有关技术标准规定的材料，这些标准包括现行国家标准、行业标准、团体标准及企业标准。当材料没有相应的技术标准时，专题技术论证应确定该材料是否符合玻璃结构工程所需要的物理力学性能、耐久性能和质量要求。

**4.1.2** 玻璃结构工程用材料应符合结构安全性、耐久性及节能环保要求。对于易受自然环境腐蚀的金属材料，应采取防腐处理措施。

【条文说明】4.1.2 玻璃结构经常受自然环境不利因素的影响，如日晒、雨淋、风沙等不利因素的侵蚀。因此，要求材料要有足够的耐候性和耐久性，具备防风雨、防日晒、保温、隔热等功能。除不锈钢和轻金属材料外，其他金属材料都应进行热镀锌或其他有效的防腐处理，保证玻璃结构的耐久性。

**4.1.3** 玻璃结构工程用材料宜采用不燃或难燃材料，其燃烧性能应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。

**4.1.4**  粘接材料、密封材料之间以及粘接材料、密封材料与其他材料相互接触时，应符合材料相容性要求。

【条文说明】4.1.4 粘接材料、密封材料一般属于高分子有机材料，如彼此不兼容时在接触部位会产生相互之间的物理、化学反应作用而改变性态，造成其性能下降或失效。粘接材料也包括夹层玻璃采用的中间层胶片。

**4.1.5**  与金属、镀膜玻璃、夹层玻璃、中空玻璃以及中性结构胶接触的建筑密封胶，应使用中性耐候密封胶。

【条文说明】4.1.5 酸性密封胶固化时释放出酸性物质，对金属材料、镀膜玻璃和夹层玻璃有一定的腐蚀性，并可能与中性的结构胶起反应，使其性能下降。

**4.1.6**  结构胶和耐候密封胶应在有效期内使用；建筑密封材料不应作为结构粘接材料使用。

**4.1.7** 玻璃结构的主要结构构件，宜采用离子性中间层夹层玻璃。

【条文说明】4.1.7 夹层玻璃用离子性乙烯—甲基丙烯酸共聚物中间层，简称离子性中间层。鉴于玻璃结构对主要结构构件的力学性能及耐久性能要求高，而离子性胶片具有较高的物理力学性能及耐久性能，因此，主要结构构件应优先采用离子性中间层胶片制成的夹层玻璃。

## 4.2 玻璃

**4.2.1** 玻璃结构工程用玻璃的外观质量和性能应符合国家现行标准《平板玻璃》GB 11614、《3.3硼硅玻璃 性能》GB/T 34843、《中空玻璃》GB/T 11944、《建筑用安全玻璃 第1部分：防火玻璃》GB 15763.1、《建筑用安全玻璃 第2部分：钢化玻璃》GB 15763.2、《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》GB 15763.3、《建筑用安全玻璃 第4部分：均质钢化玻璃》GB 15763.4、《半钢化玻璃》 GB/T 17841、《镀膜玻璃》 GB/T 18915.1~2、《着色玻璃》GB/T 18701、《热弯玻璃》JC/T 915、《贴膜玻璃》JC 846、《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JGT 455、《釉面钢化玻璃与釉面半钢化玻璃》JC/T 1006、《超白浮法玻璃》JC/T 2128、《夹丝玻璃》JC 433的有关规定。

**4.2.2** 采用平板玻璃加工制作玻璃结构构件时，平板玻璃质量应符合现行国家标准《平板玻璃》GB 11614中规定的一等品及其以上等级要求。

【条文说明】4.2.2 采用质量等级更高的平板玻璃原片进行深加工，其产品的质量及抗爆、抗损性能更好。为保障玻璃结构安全、耐久应用，玻璃结构使用的玻璃应采用一等品及其以上的原片进行深加工。

**4.2.3** 玻璃结构工程用玻璃应进行机械磨边处理，磨轮的目数不应小于180目；有装饰要求的玻璃边，宜采用抛光磨边。点支承玻璃的孔、板边缘均应进行磨边和倒棱，磨边宜细磨，倒棱宽度不宜小于1mm。

【条文说明】4.2.3 玻璃的裁切边部会产生很多大小不等的锯齿状凹凸及微小的损伤，会降低玻璃的边部强度。采用磨轮目数大于等于180目的磨轮对玻璃边部进行粗磨或细磨处理，可有效消除边部缺陷，提升玻璃抗损毁性能。

**4.2.4** 玻璃结构工程采用镀膜玻璃时，离线法生产的镀膜玻璃应采用真空磁控溅射法生产工艺，在线法生产的镀膜玻璃应采用化学气相沉积法生产工艺。

【条文说明】4.2.4 镀膜玻璃有多种方法，如真空磁控阴极溅射镀膜法、在线热喷涂法、电浮化法、化学凝胶镀膜法等，其质量是有差异的。国内外幕墙使用镀膜玻璃的情况表明，采用真空磁控溅射镀膜玻璃和化学气相沉积镀膜玻璃能够满足幕墙加工和使用的要求。

**4.2.5** 玻璃结构工程采用中空玻璃时，除应符合现行国家标准《中空玻璃》GB/T 11944的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 中空玻璃气体层厚度不应小于12mm。

2  中空玻璃应采用双道密封。第一道密封应采用丁基热熔密封胶、高分子热塑性间隔胶，丁基热熔密封胶的性能应符合现行行业标准《中空玻璃用丁基热熔密封胶》JC/T 914的规定，高分子热塑性间隔胶的性能应符合团体标准《中空玻璃胶》T/ZBH 004的相关规定。结构用中空玻璃的第二道密封胶应采用硅酮结构密封胶，其性能应符合国家现行标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776和《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》JG/T 475的规定。非结构用中空玻璃的第二道密封胶可采用聚硫密封胶或硅酮建筑密封胶，其性能应符合现行国家标准《中空玻璃用弹性密封胶》GB/T 29755的规定。 3  中空玻璃的间隔框可采用金属间隔框或金属与高分子材料复合间隔框，间隔框宜连续折弯成型，并不得采用热熔型间隔胶条。间隔条中的干燥剂应灌充中空玻璃用3A分子筛，其质量应符合现行国家标准《3A分子筛》GB/T 10504的规定。 4 中空玻璃的外侧单片玻璃厚度不应小于6mm；当内、外片采用夹层玻璃时，夹层玻璃厚度可按等效厚度计算。

5 打孔点支承中空玻璃，其孔边叠差应符合构造要求，且孔边叠差不应大于1.0mm。

【条文说明】4.2.5 研究表明，中空玻璃气体层厚度为12.7mm的时候中空玻璃的热工性能达到最优。因此，本条规定玻璃结构用中空玻璃气体层厚度不应小于12mm。

丁基密封胶是以丁基橡胶、聚异丁烯为主要成分的密封胶，具有极低的透气率，但其为热熔型密封胶、粘接强度低，只能用作中空玻璃的第一道密封；聚硫密封胶、硅酮密封胶为化学固化型密封胶，具有良好的粘接性和密封性并具有一定的强度和弹性恢复性能，采用双道密封工艺与丁基密封胶配套使用，可更好地保证中空玻璃的使用寿命。高分子热塑性间隔胶是一种集丁基密封胶、干燥剂、间隔框功能为一体的热塑性高分子复合材料，传热系数极低（约为铝间隔条的1/950），可在线挤出成型，与玻璃、二道密封胶（聚硫胶或硅酮胶）形成良好的粘接，配套制作的中空玻璃使用寿命更长。聚硫密封胶在阳光长期直接照射下易于老化，一般硅酮建筑密封胶的粘接强度较低不适用于结构性装配。因此，结构用中空玻璃（如隐框、半隐框和点支式幕墙结构以及主要玻璃构件用中空玻璃）的第二道密封胶应采用硅酮结构密封胶，以保证结构安全。非结构用中空玻璃（如明框幕墙、门窗用中空玻璃），因对密封胶的结构性能要求较低，其第二道密封胶可采用聚硫密封胶或硅酮密封胶；聚氨酯密封胶的耐久性较低，不宜使用。

打孔点支承中空玻璃，如中空玻璃内、外片孔叠差过大，会导致中空玻璃重量在孔边上分配不均匀，可能因孔边应力集中过大而使玻璃爆裂。

**4.2.6** 玻璃结构工程采用夹层玻璃时，除应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》GB/T 15763.3的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 夹层玻璃应采用干法加工合成，其中间层胶片的性能应符合夹层玻璃的结构性能、耐久性能及建筑功能要求。

2 夹层玻璃单片玻璃厚度不宜小于6mm，任意两片玻璃厚度之差不应大于3mm。

3 夹层玻璃胶片厚度不应小于0.76mm，胶片厚度偏差不应大于0.1mm。

4 总厚度不大于20mm的双层夹层玻璃，其总厚度偏差不应大于±1.0mm；总厚度大于20mm的双夹层玻璃或三层及以上的夹层玻璃，其总厚度偏差应符合设计规定。

5 打孔夹层玻璃，其孔边叠差应符合构造要求且不应大于1.0mm。

【条文说明】4.2.6 目前符合夹层玻璃性能和建筑功能要求的中间层胶片有多种，比如聚乙烯醇缩丁醛（PVB）胶片、离子性胶片、改进增强型乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）胶片等。当采用尚无技术标准的改进增强EVA胶片或其他创新型胶片制备夹层玻璃时，则按照本规程第4.1.1条的规定，需要通过技术论证，证明其性能能够满足现行国家标准《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》GB/T 15763.3中的相关规定及设计要求，方可以用于玻璃结构工程。离子性胶片（例如SGP胶片）具有较高的物理力学性能和耐久性能，为了保证玻璃结构的主要结构构件的结构性能，应积极采用。

玻璃结构用夹层玻璃，其中间层胶片的性能和厚度应满足设计要求，为控制不满足设计胶片厚度要求的夹层玻璃应用于玻璃结构，应对夹层玻璃总厚度偏差进行限定及检验。

打孔夹层玻璃，如夹层玻璃孔叠差过大，会导致夹层玻璃重量在孔边上分配不均匀，从而造成因孔边应力集中过大造成玻璃爆裂的可能。

**4.2.7** 有防火性能要求的玻璃结构工程，应根据防火等级要求采用单片防火玻璃、复合防火玻璃或其制品。

**4.2.8** 对玻璃内部应力集中或安装应力等进行定性检测时，宜采用现行国家标准《玻璃缺陷检测方法 光弹扫描法》GB/T 30020的规定的应力双折射检测方法。

**4.2.9** 玻璃材料的弯曲强度标准值应按现行国家标准《玻璃材料弯曲强度试验方法》GB/T 37781进行测定。玻璃强度设计值可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4.2.9) |

式中：*f*g——玻璃强度设计值（N/mm2）；

*c*1——玻璃种类系数；

*c*2——玻璃强度位置系数；

*c*3——荷载类型系数；

*c*4——玻璃厚度系数；

*f*0——短期荷载作用下，平板玻璃中部强度设计值（N/mm2），取28 N/mm2。

【条文说明】4.2.9 玻璃强度与玻璃种类、玻璃厚度、受荷载部位、荷载类型等因素有关，玻璃强度设计值计算公式参考现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113制定。

**4.2.10**  玻璃种类系数应按表4.2.10取值。

表4.2.10 玻璃种类系数*c*1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 玻璃种类 | 平板玻璃 | 半钢化玻璃 | 钢化玻璃 | 夹丝玻璃 | 压花玻璃 |
| *c*1 | 1.0 | 1.6~2.0 | 2.5~3.0 | 0.5 | 0.6 |

**4.2.11** 玻璃强度位置系数应按表4.2.11取值。

表4.2.11 玻璃强度位置系数*c*2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 强度位置 | 中部强度 | 边缘强度 | 端面强度 |
| *c*2 | 1.00 | 0.80 | 0.70 |

**4.2.12** 荷载类型系数应按表4.2.12取值。

表4.2.12 荷载类型系数*c*3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 荷载类型 | 平板玻璃 | 半钢化玻璃 | 钢化玻璃 |
| 短期荷载*c*3 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 中期荷载*c*3 | 0.50 | 0.70 | 0.70 |
| 长期荷载*c*3 | 0.29 | 0.50 | 0.50 |

【条文说明】4.2.12 玻璃的强度与作用在其上的荷载类型有关。本条参考我国香港地区现行标准《Code of Practice for Structural Use of Glass》，荷载按照作用时长分为短期荷载、中期荷载、长期荷载。短期荷载指作用时间不超过3s的荷载，包括风荷载、偶然作用；中期荷载指作用时间介于3s~1d的荷载，包括施工、检修荷载及人员流动荷载；长期荷载指作用时间超过1天的荷载，包括雪荷载、恒载。

**4.2.13** 玻璃厚度系数应按表4.2.13取值。

表4.2.13 玻璃厚度系数*c*4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 玻璃厚度 | 5mm~12mm | 15mm~19mm | ≥20mm |
| *c*4 | 1.00 | 0.85 | 0.70 |

**4.2.14** 短期荷载作用下玻璃的强度设计值应按表4.2.14-1的规定采用，中期荷载作用下玻璃的强度设计值应按表4.2.14-2的规定采用，长期荷载作用下玻璃的强度设计值应按表4.2.14-3的规定采用。

表4.2.14-1 短期荷载作用下玻璃的强度设计值*f*g (N/mm2)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种 类 | 厚度（mm） | 中部强度 | 边缘强度 | 端面强度 |
| 平板玻璃 | 5～12 | 28 | 22 | 20 |
| 15～19 | 24 | 19 | 17 |
| ≥20 | 20 | 16 | 14 |
| 半钢化玻璃 | 5～12 | 56 | 44 | 40 |
| 15～19 | 48 | 38 | 34 |
| ≥20 | 40 | 32 | 28 |
| 钢化玻璃 | 5～12 | 84 | 67 | 59 |
| 15～19 | 72 | 58 | 51 |
| ≥20 | 59 | 47 | 42 |

表4.2.14-2 中期荷载作用下玻璃的强度设计值*f*g (N/mm2)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种 类 | 厚度（mm） | 中部强度 | 边缘强度 | 端面强度 |
| 平板玻璃 | 5～12 | 14 | 11 | 10 |
| 15～19 | 12 | 10 | 9 |
| ≥20 | 10 | 8 | 7 |
| 半钢化玻璃 | 5～12 | 39 | 31 | 28 |
| 15～19 | 34 | 27 | 24 |
| ≥20 | 28 | 22 | 20 |
| 钢化玻璃 | 5～12 | 59 | 57 | 41 |
| 15～19 | 50 | 41 | 36 |
| ≥20 | 41 | 33 | 29 |

表4.2.14-3 长期荷载作用下玻璃的强度设计值*f*g (N/mm2)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 种 类 | 厚度（mm） | 中部强度 | 边缘强度 | 端面强度 |
| 平板玻璃 | 5～12 | 8 | 6 | 6 |
| 15～19 | 7 | 6 | 5 |
| ≥20 | 6 | 5 | 4 |
| 半钢化玻璃 | 5～12 | 28 | 22 | 20 |
| 15～19 | 24 | 19 | 17 |
| ≥20 | 20 | 16 | 14 |
| 钢化玻璃 | 5～12 | 42 | 34 | 30 |
| 15～19 | 36 | 29 | 26 |
| ≥20 | 30 | 24 | 21 |

**4.2.15** 局部酸蚀处理的钢化玻璃的强度设计值可按本规程第4.2.14条规定取值；当按照四点弯曲试验确定钢化玻璃的强度设计值时，玻璃的强度标准值宜具有不低于95%的保证率，确定钢化强度设计值的玻璃材料分项系数取值不宜小于1.667。

【条文说明】4.2.15 经过酸处理后能够明显消除钢化玻璃的表面微裂纹等缺陷，进而提高其弯曲强度，同时减小弯曲强度值的离散性。当采用四点弯曲试验确定局部酸蚀处理的钢化玻璃的弯曲强度标准值后，确定其设计值的材料分项系数取值不宜小于1.667，以保证结构承载力设计的安全性。

**4.2.16** 玻璃的物理参数应按表4.2.16的规定采用。

表4.2.16 玻璃的物理参数取值

|  |  |
| --- | --- |
| 弹性模量*E* (N/mm2) | 0.72×105 |
| 泊松比*ν* | 0.2 |
| 线膨胀系数*α* (1/℃) | 1×10-5 |
| 重力密度*γ*g (kN/m3) | 25.6 |

## 4.3 中间层材料

**4.3.1** 聚乙烯醇缩丁醛中间层材料应符合现行行业标准《夹层玻璃用聚乙烯醇缩丁醛(PVB)胶片》JC/T 2166的有关规定。

**4.3.2** 中间层材料剪切模量、拉伸强度、撕裂强度、粘接强度、延伸率等基本性能应满足设计要求，且其拉伸性能应按现行国家标准《塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则》GB/T 1040.1、《塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件》GB/T 1040.3的有关规定测定，剪切模量应按现行国家标准[《夹层玻璃中间层材料剪切模量的测量方法](https://www.baidu.com/link?url=9FUDVFahq89V3Pt1_pNtp_DUi5RFRxKL9uf-vF-oW8pvHGYm1qcw5nWPmG-loydFAz18uHDXgNIvHqsPAMBlN_&wd=&eqid=f2cf36fd00219662000000035d8fff63)》GB/T 32061的规定测定。

**4.3.3** 改进增强型乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）胶片及其他中间层材料的剪切模量、拉伸强度、撕裂强度、粘接强度、延伸率等基本性能应符合设计要求。

【条文说明】4.3.3 传统EVA材料不能满足相关结构性能要求。随着技术进步，EVA胶片的结构性能甚至超过PVB中间层材料，在有产品标准或经过技术论证符合要求后，这类材料可以用于结构用夹层玻璃制作。

## 4.4 粘接及密封材料

**4.4.1** 玻璃结构工程用硅酮结构胶的性能应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776的规定和《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》JG/T475的规定。

**4.4.2** 玻璃结构工程采用聚氨酯类、环氧类等结构胶粘剂时，应符合下列规定：

1 宜按照现行国家标准《胶黏剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）》GB/T 7124测定其用于玻璃对不锈钢粘接时的拉剪强度指标，并应符合设计要求；

2 宜按照现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567测定其抗拉强度、抗压强度、抗弯强度指标，并应符合设计要求；

3 宜按照现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50728规定的方法测定其耐湿热老化能力、耐热老化能力、耐冻融能力，老化后聚氨酯类、环氧类等结构胶粘剂用于玻璃对基材粘接的拉剪强度保持率应不小于其初始性能的75%。

【条文说明】4.4.2 拉剪强度、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度是结构胶粘剂的重要指标，应该合理确定。对于一些暂无技术标准的聚氨酯类、环氧类结构胶粘剂，在应用前，应对其粘接性能、耐久性能进行试验验证。耐湿热老化试验可按50℃、95%RH、30d条件进行；耐热老化试验可按80℃、300h条件进行；耐冻融老化试验可按-25℃≒35℃循环温度下冻融循环50次、每次循环8h条件进行。

**4.4.3** 玻璃结构工程接缝密封采用硅酮建筑密封胶时，其性能应符合现行国家现行标准《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《幕墙玻璃接缝用密封胶》JC/T 882的规定；硅酮建筑密封胶中不应添加烷烃增塑剂。

**4.4.4** 玻璃结构工程用建筑密封胶和结构胶，应进行与其相接触的有机材料的相容性试验以及与其相粘接材料的剥离粘接性试验；对结构胶，尚应进行邵氏硬度、标准条件下拉伸粘接性能或拉伸剪切性能试验。

【条文说明】4.4.4 与建筑密封胶和结构胶相接触或粘接的材料，如其之间存在不相容，会导致密封胶或结构胶性能劣化、变色、脱粘、粘接性能下降等不利因素。为保障密封胶和结构胶的粘接性能及密封性能，应对与其粘接或相接触的材料进行相容性试验，避免出现不相容现象。 邵氏硬度包含邵A硬度、邵D硬度等，对于一般的软橡胶、弹性密封胶通常进行邵A硬度测试；对于一般硬橡胶、树脂型胶粘剂通常进行邵D硬度测试。

**4.4.5** 玻璃与金属粘接时应采用中性结构胶；当采用镀膜玻璃时，不应采用酸性结构胶粘接镀膜面。

**4.4.6** 当结构胶与基材的底漆粘接时，应进行结构胶的相容性试验和剥离粘接性试验。

**4.4.7** 玻璃结构工程用橡胶材料宜采用三元乙丙橡胶、热塑性弹性体、氯丁橡胶及硅橡胶，并应符合国家现行标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498、《工业用橡胶板》GB/T 5574、《建筑橡胶密封垫 预成型实心硫化的结构密封垫用材料规范》HG/T 3099的有关规定。

【条文说明】4.4.7 对开启扇的周边缝隙进行密封时，宜采用氯丁橡胶、三元乙丙橡胶或硅橡胶等密封。这类材料具有较好的变形适应能力及良好的耐老化性能，从而保障了缝隙处的气密与水密性能。**4.4.8** 当采用透明结构性硅酮粘合剂进行结构粘接时，其粘接可靠性与耐久性应符合设计要求。

【条文说明】4.4.8 目前市场上已出现系列高性能透明硅酮胶及其粘接技术，玻璃结构采用透明胶粘技术，能够提升结构件的通透性能，但对于透明结构性硅酮胶及其粘接新技术，如暂缺乏相应工程成功案例，在工程采用时，应对其粘接可靠性与耐久性进行评估，并确保其能满足工程需求，从而保障玻璃结构工程的安全可靠性能。

**4.4.9** 用于玻璃与金属构件粘接的环氧树脂胶粘剂，应进行环境温度应力计算或试验验证。

【条文说明】4.4.9 因环氧树脂胶模量比较高，当采用环氧树脂胶将玻璃与金属粘接固定后，因金属与玻璃热膨胀系数不匹配，环氧树脂胶难以完全适应因环境温度变化导致的玻璃与金属件间的变形，从而在粘接部位形成较大的界面应力，严重时会损坏玻璃粘接表面，造成玻璃破裂。

**4.4.10** 玻璃结构工程中不应采用不饱和聚酯树脂和醇酸树脂作为胶粘剂。

【条文说明】4.4.10 因不饱和聚酯树脂和醇酸树脂耐老化性能差，不应应用于玻璃结构工程中。

## 4.5 金属材料及连接材料

**4.5.1** 玻璃结构工程用碳素结构钢和低合金高强度结构钢的钢种、牌号和质量等级应符合国家现行标准《碳素结构钢》GB/T 700、《优质碳素结构钢 技术条件》GB/T 699、《合金结构钢 技术条件》GB/T 3077、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》GB/T 3524、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》GB/T 912、《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》GB/T 3274、《结构用无缝钢管》GB/T 8162、《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389、《连续热镀锌板及钢带》GB/T 2518等标准的有关规定。

【条文说明】4.5.1 为保障结构安全及可靠耐久性，玻璃结构中局部部位会用到钢材或钢制品材料作为支承或连接构件，其性能在满足现行相关标准要求。

**4.5.2** 玻璃结构用的不锈钢材料应选用奥氏体S30408、S30403、S31608、S31603或双相型S22053、S22253，其质量应分别符合现行国家标准《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237和《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280的规定。

**4.5.3** 玻璃结构应采用高精级及以上的铝合金型材，其性能应符合现行国家标准《铝合金建筑型材 第１部分：基材》GB/T 5237.1的有关规定。

【条文说明】4.5.3 玻璃结构中局部部位会用到铝合金型材作为支承、连接及装饰构件。铝合金型材有普通级、高精级和超高精级之分，玻璃结构属于比较高级的建筑结构，为保证其承载力、变形和耐久性要求，应采用高精级或超高精级的铝合金型材。

**4.5.4** 与玻璃直接接触的铝合金宜采用1xxx系列铝合金材料，其性能应符合《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880的有关规定。

【条文说明】4.5.4 1000系列铝合金硬度相对较低，与玻璃直接接触可减小局部应力集中现象。

**4.5.5** 玻璃结构工程中用于支承与连接的五金件、附件及紧固件应符合国家现行标准《紧固件 螺栓和螺钉》GB/T 5277、《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2、《紧固件机械性能 螺母、细牙螺纹》GB/T 3098.4、《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉、螺柱》GB/T 3098.6、《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T3098.15、《螺栓或螺钉和平垫圈组合件》GB/T 9074.1、《栓接结构用紧固件》GB/T 18230.1、《建筑门窗五金件  通用要求》JG/T 212、《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228等标准的要求。

## 4.6 其他材料

**4.6.1** 玻璃结构工程的防烟封堵材料应符合现行国家标准《防火封堵材料》GB 23864、《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624中难燃材料B1级及《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267的有关规定。

**4.6.2** 玻璃结构工程钢结构用防火涂料的技术性能应符合现行国家标准《钢结构防火涂料》GB 14907的相关规定。

**4.6.3** 与单组份硅酮结构胶配合使用的低发泡间隔双面胶带，应具有透气性。

**4.6.4** 玻璃结构工程宜采用聚乙烯泡沫棒作填充材料，其密度不宜大于37kg/m3。

**4.6.5** 用于玻璃与玻璃、玻璃与金属连接接触面设置的隔离垫片，宜采用橡胶、尼龙、聚氯乙烯（PVC），聚四氟乙烯（PTEE），聚酰胺，聚氯丁二烯，氯丁橡胶，硅酮等柔性制品，垫片与夹层玻璃应满足化学相容性要求。

**4.6.6** 玻璃结构用防滑玻璃或防滑涂层应符合设计要求。

【条文说明】4.6.6 玻璃结构楼梯、地板等有时为了增加玻璃表面摩擦力，防止行人滑倒，可设置防滑玻璃。防滑玻璃表面一般设置有防滑层，防滑层可在玻璃表面设置凹凸不平的点或线，或者在玻璃表面涂有防滑涂层，目前市场上有比较成熟的防滑涂层供应，其直接涂敷在玻璃表面上，并且可以满足通透性效果。防滑玻璃的防滑性能应满足相关设计要求。

**4.6.7** 玻璃结构用安全膜应符合现行团体标准《玻璃安全膜技术规范》CAS 140的有关规定。

**5 结构设计**

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 玻璃结构的设计宜采取因基础、支承结构变形、温度变化或安装对玻璃构件产生附加内力的措施。

【条文说明】5.1.1 玻璃结构缺乏塑性变形能力，当基础变形、温度或安装对结构产生内力作用时，结构无法实现内力重分布，部分构件可能因此而产生较大的内力甚至发生破坏。因此，设计时应考虑采取对应的措施，例如以静定方式支撑单个玻璃构件或者在计算中考虑这种附加内力。

**5.1.2** 玻璃结构应采用安全玻璃，并应符合下列规定：

1 主要结构构件应采用夹层玻璃；

2 次要结构构件应采用夹层玻璃、均质钢化玻璃；

3 开孔的玻璃构件应采用均质钢化玻璃；

**5.1.3** 玻璃受集中荷载作用点处，应采取避免玻璃局部破坏的构造措施。

【条文说明】5.1.3 玻璃因为材料脆性对应力集中极为敏感，玻璃受集中荷载作用点处细部设计不当可能造成玻璃构件在远低于设计承载力的荷载作用下因局部破坏而丧失承载力。

**5.1.4** 玻璃结构主要结构构件的夹层玻璃中，单片玻璃厚度不宜小于8mm，且设计时宜假定至少有一层玻璃作为安全储备。

【条文说明】5.1.4 既然作为安全储备，假定作为安全储备的单片玻璃不应参与结构构件承载力计算。

**5.1.5** 计算夹层玻璃构件的作用效应时，应按照持荷时间及环境温度取用中间层材料的剪切模量；当中间层采用聚乙烯醇缩丁醛胶片时，可不考虑其对截面组合作用的有利影响。

【条文说明】5.1.5 夹层玻璃因为中间层的粘弹性属性，在不同持荷时间、不同温度作用下其力学性能会显著变化，一般温度越高夹层玻璃的受力性能越低，因此作用效应计算时应考虑中间层力学性能随持荷时间及环境温度的变化对截面组合效应的影响。对于太阳不直射的玻璃，最高温度可取40度；对于受太阳直射的白玻、超白玻，最高温度可取60度；对于受太阳直射的着色玻璃，最高温度可取90度。

研究表明，聚乙烯醇缩丁醛胶片（简称PVB胶片）的力学性能，随着环境温度的升高及持荷时间的增长，会显著下降。为了安全起见，当夹层玻璃中间层采用PVB胶片时，可不考虑其对截面组合作用的有利影响。

**5.1.6** 对于承受不同持荷时间荷载作用的结构构件，宜分别计算结构构件在不同持荷时间荷载作用下的效应设计值，且结构构件各作用效应设计值与对应抗力设计值的比值之和不应大于1。

【条文说明】5.1.6 不同持荷时间的荷载作用下，玻璃构件的抗力会显著变化，因此应分别计算构件在不同持荷时间荷载作用下的作用效应及抗力设计值，并计算各作用效应与对应抗力的比值，该比值之和不应大于1，即：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： | ——分别为结构构件荷载效应设计值中的短期荷载效应、中期荷载效应和长期荷载效应设计值； |
|  | ——分别为结构构件短期荷载、中期荷载和长期荷载作用下的抗力设计值。 |

**5.1.7** 玻璃结构构件的挠度限值应符合下列规定：

1 面外受力构件的挠度限制应符合表5.1.7-1的规定。

表5.1.7-1 面外受力构件挠度限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 构件类别 | 边界条件 | 挠度限值 |
| 次要结构构件 | 四边支承 | 短边跨度的1/60 |
| 两对边或三边支承 | 自由边跨度的1/100 |
| 悬臂 | 悬臂跨度的1/50 |
| 点支承 | 长边跨度的1/100 |
| 主要结构构件 | 四边支承 | 短边跨度的1/200 |
| 两对边或三边支承 | 自由边跨度的1/200 |
| 点支承 | 长边跨度的1/200 |

2 面外受力构件的支承构件的挠度限值应符合表5.1.7-2的规定。

表5.1.7-2 面外受力构件的支承构件挠度限值

|  |  |
| --- | --- |
| 被支承构件的类别 | 支承构件挠度限值 |
| 次要结构构件 | 支承构件跨度不大于7200mm：支承构件跨度的1/180且不大于20mm；  支承构件跨度大于7200mm：支承构件跨度的1/360 |
| 主要结构构件 | 支承构件跨度的1/400 |
|

注：计算悬臂支承构件的挠度限值时，跨度按实际悬臂长度的两倍取用。

【条文说明】5.1.7 对于幕墙面板、采光顶面板、雨棚面板等次要结构构件，四边支承条件下板中心挠度最大值按短边跨度的1/60控制；两边或三边支承以及点支承条件下，考虑到建筑功能的要求，对其变形适当从严要求，板挠度最大值按自由边跨度的1/100控制；对于楼面板或楼梯踏步等主要结构构件，对其变形应严格限制，参考现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018中对楼板的挠度限值，其挠度最大值应小于其跨度的1/200。

对于次要结构构件的支承构件，其挠度限值参考现行香港标准《Code of Practice for Structural Use of Glass》的有关规定；对于主要结构构件的支承构件，参考现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017中对楼盖主梁的挠度限值，其挠度最大值应小于其跨度的1/400。

**5.1.8** 当玻璃构件边部支承采用入槽构造时，玻璃边部最小入槽深度应根据计算确定并不应小于1.0倍的玻璃厚度。

【条文说明】5.1.8 边部支承的玻璃构件，不应因边部入槽深度不足发生脱落，因此应对其最小入槽深度有所规定。确定入槽深度应考虑下列因素：玻璃加工误差，框架的加工与安装误差，风荷载下玻璃因变形（挠曲）而缩短；支承结构位移；建筑的震动、摆动；玻璃和框架热膨胀位移差；其他影响。

**5.1.9** 验算夹层玻璃构件的强度和挠度时，当中间层剪力传递作用为不利影响时，应考虑中间层剪力传递作用。

【条文说明】5.1.9 中间层通过剪力传递作用能提高夹层玻璃构件的面外弯曲刚度，夹层玻璃在变形作用下，较大的面外弯曲刚度可以加大其所受作用效应，此时中间层剪力传递作用对夹层玻璃的受力性能为不利影响，例如计算夹层玻璃在冷弯作用下的效应时，应考虑中间层剪力传递作用的不利影响。

**5.1.10** 玻璃结构的阻尼比可采用0.01。

【条文说明】5.1.10 国外有学者对单层玻璃面板和夹层玻璃面板的阻尼比进行过研究。Bedon等人使用微机电系统（MEMS）测量法分别测量了单层悬臂玻璃板和简支玻璃板的阻尼比（论文“Vibration Analysis and Dynamic Characterization of Structural Glass Elements with Different Restraints Based on Operational Modal Analysis”），结果显示单层悬臂玻璃板的阻尼比为0.87%，单层简支玻璃板的阻尼比为0.86%；Ramos等人测得PVB夹层玻璃的阻尼比在0.8%～2.1%的范围内（论文“Evaluation of damping properties of structural glass panes under impact loading”）。通过试验测得的阻尼比与玻璃的支撑固定方式和测量方法等因素相关，结果表现出一定的离散性。根据相关研究，本规程对玻璃结构的阻尼比统一取0.01。

**5.1.11** 玻璃结构中，玻璃结构构件与钢、不锈钢结构构件之间应设置衬垫材料。

【条文说明】5.1.11 玻璃结构构件与硬度、材性相差较大的其他材料构件（如钢、不锈钢等构件）直接接触，会造成明显应力集中现象甚至造成玻璃破碎，因此应在两者之间设计硬度较小的衬垫材料，避免两者直接接触，并降低应力集中程度。

**5.1.12** 夹层玻璃结构构件中使用沉头孔时，孔的沉头部分应开在一层玻璃内，其余玻璃层中的圆柱孔应适应夹层玻璃的加工误差。

【条文说明】5.1.12 使用沉头孔时应注意玻璃的位移和孔的公差，圆锥形孔无法调节玻璃的位移和容纳孔的公差，因此应仅在一层玻璃内开圆锥形孔，在其余玻璃层中开圆柱孔以调节玻璃的位移和容纳孔的公差。

**5.1.13** 当采用下端支承构造时，每块玻璃的下端宜设置不少于两个支承垫块，垫块长度应根据计算确定并不应小于100mm，垫块宽度不应小于玻璃厚度，垫块至玻璃板角点的距离不宜大于支承边长的1/4。

【条文说明】5.1.13 玻璃下边缘与槽底之间支承垫块的承托面积太小，会因承受压应力过大而使垫块逐渐失效，垫块长度需根据玻璃重量大小计算得到。

**5.1.14** 采用聚乙烯醇缩丁醛中间层的夹层玻璃，其裸露边缘宜采用密封措施。

【条文说明】5.1.14 胶片及粘接界面如果吸收或渗入部分外界环境引入的水或水气会发生吸水溶胀，造成在玻璃边部气泡增生或脱胶，影响夹层玻璃表观及使用性能，因此，宜对聚乙烯醇缩丁醛胶片即PVB胶片与空气接触部位进行密封处理。

## 5.2 面外受弯构件

**5.2.1** 面外受弯夹层玻璃结构构件的最大应力及挠度可采用考虑几何非线性的有限元方法进行计算分析。

**5.2.2** 在垂直于玻璃平面的荷载作用下，对于对边支承的矩形且各片玻璃厚度相同的夹层玻璃结构构件，其跨中最大应力和挠度可按下列公式计算：

1 均布荷载作用时

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.2-1) |
|  | (5.2.2-2) |

2 跨中集中荷载作用时

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.2-3) |
|  | (5.2.2-4) |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： | ——第*i*层玻璃截面最大应力设计值（N/mm2）； |
|  | ——玻璃挠度最大值（mm）； |
|  | ——垂直于玻璃平面的均布荷载设计值（N/mm）； |
|  | ——垂直于玻璃平面的均布荷载标准值（N/mm）； |
|  | ——垂直于玻璃平面的集中荷载设计值（N）； |
|  | ——垂直于玻璃平面的集中荷载标准值（N）； |
|  | ——对边支承矩形玻璃板的计算跨度（mm）； |
|  | ——夹层玻璃截面绕弱轴的等效惯性矩（mm4），按本规程第5.2.4条第1款  计算； |
|  | ——夹层玻璃截面中第*i*层玻璃绕弱轴的等效截面模量（mm3），按本规程第5.2.4  条第2款计算； |
|  | ——玻璃的弹性模量（N/mm2），按本规程第4.2.16条取用； |

【条文说明】5.2.2 本条规定中，*q*d和*F*d为按荷载的基本组合确定的荷载设计值，*q*k和*F*k为按荷载的标准组合确定的荷载设计值。

**5.2.3** 在垂直于玻璃平面的均布荷载作用下，对于四边支承的矩形且各片玻璃厚度相同的夹层玻璃结构构件，其跨中最大应力和挠度可按下列公式近似计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.3-1) |
|  | (5.2.3-2) |
|  | (5.2.3-3) |

|  |  |
| --- | --- |
| 式中： | ——第*i*层玻璃截表面的最大应力设计值（N/mm2）； |
|  | ——玻璃挠度最大值（mm）； |
|  | ——参数； |
|  | ——垂直于玻璃平面的均布荷载设计值（N/mm2）； |
|  | ——垂直于玻璃平面的均布荷载标准值（N/mm2）； |
|  | ——夹层玻璃板的短边边长（mm）； |
|  | ——夹层玻璃板的长边边长（mm）； |
|  | ——夹层玻璃截面绕弱轴的等效惯性矩（mm4），按本规程第5.2.4条第1款  计算； |
|  | ——夹层玻璃截面中第*i*层玻璃绕弱轴的等效截面模量（mm3），按本规程第5.2.4条第2款计算； |
|  | ——玻璃的弹性模量（N/mm2），按本规程第4.2.16条取用； |
|  | ——泊松比，按本规程第4.2.16条采用； |
| *m* | ——弯矩系数，可由玻璃板短边与长边边长之比按表5.2.3-1取用； |
|  | ——挠度系数，可由玻璃板短边与长边边长之比按表5.2.3-2取用； |
|  | ——折减系数，可由参数按表5.2.3-3取用。 |

表5.2.3-1 四边支承玻璃板的弯矩系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *a*/*b* | 0.00 | 0.25 | 0.33 | 0.40 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 |
| *m* | 0.1250 | 0.1230 | 0.1180 | 0.1115 | 0.1000 | 0.0934 | 0.0868 | 0.0804 |
| *a*/*b* | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.0 | —— |
| *m* | 0.0742 | 0.0683 | 0.0628 | 0.0576 | 0.0528 | 0.0483 | 0.0442 | —— |

表5.2.3-2 四边支承板的挠度系数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *a*/*b* | 0.00 | 0.20 | 0.25 | 0.33 | 0.50 |
|  | 0.01302 | 0.01297 | 0.01282 | 0.01223 | 0.01013 |
| *a*/*b* | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 |
|  | 0.00940 | 0.00867 | 0.00796 | 0.00727 | 0.00663 |
| *a*/*b* | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
|  | 0.00603 | 0.00547 | 0.00496 | 0.00449 | 0.00406 |

表5.2.3-3 折减系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *θ* | ≤5.0 | 10.0 | 20.0 | 40.0 | 60.0 | 80.0 | 100.0 |
| *ξ* | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.81 | 0.74 | 0.69 | 0.64 |
| *θ* | 120.0 | 150.0 | 200.0 | 250.0 | 300.0 | 350.0 | ≥400.0 |
| *ξ* | 0.59 | 0.54 | 0.50 | 0.46 | 0.43 | 0.41 | 0.40 |

【条文说明】5.2.3本条参考现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规程》JGJ 102，对四边支承玻璃板进行应力及变形计算时，对弹性小变形理论的计算公式考虑一个折减系数*ξ*予以修正。对于挠度限值为1/200的板件，其计算参数*θ*一般小于5，适用于小挠度理论，即折减系数*ξ*可取1.0。

**5.2.4** 分析夹层玻璃构件面外受弯效应时，可将夹层玻璃等效为单片玻璃构件进行计算。对于各片玻璃厚度相同的矩形夹层玻璃，其截面绕弱轴（图5.2.4）的等效惯性矩和等效截面模量可按下列规定计算：



图5.2.4 夹层玻璃截面示意

1——玻璃层；2——中间层；3——第*i*层玻璃的中性轴；4——截面的中性轴

1 夹层玻璃截面绕弱轴的等效惯性矩可按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.4-1) |
|  | (5.2.4-2) | |
|  | (5.2.4-3) | |
|  | (5.2.4-4) | |
|  | (5.2.4-5) | |
|  | (5.2.4-6) | |

式中：——夹层玻璃截面绕弱轴的等效惯性矩（mm4）；

——夹层玻璃的等效厚度（mm）；

——单片玻璃板厚度（mm）；

——玻璃板层数；

——代表截面组合程度的无量纲参数；

——玻璃弹性模量（N/mm2），按本规程第4.2.16条采用；

——中间层胶片厚度（mm）；

——中间层胶片剪切模量（N/mm2），按本规程第4.3.2条确定；

——夹层玻璃垂直于计算跨度方向的边长（mm）；

——夹层玻璃构件的计算跨度（mm），四边支承时取短边跨度；

——单片玻璃板截面面积（mm2）；

——单片玻璃板绕弱轴截面惯性矩（mm4）；

——夹层玻璃截面完全组合对应的绕弱轴截面惯性矩（mm4）；

——荷载及边界条件相关系数，均布荷载作用下可取9.88，集中荷载作用下可取

10.00。

2 第*i*层玻璃绕弱轴的等效截面模量可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.4-7) |

式中：——第*i*层玻璃绕弱轴的等效截面模量（mm3）；

——第*i*层玻璃中心轴距截面中性轴的距离（mm）。

【条文说明】5.2.4 Galuppi等在文献“Effective thickness of laminated glass beams: New expressionvia a variational approach”中，提出了对边支承夹层玻璃绕弱轴的等效惯性矩和等效截面模量计算方法，分别见公式（4）、（5）。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |
|  | (5) |

考虑中间层胶片厚度贡献时，夹层玻璃在截面完全组合情况下绕弱轴的等效惯性矩将大于玻璃总厚度对应的截面惯性矩。本规程对原计算公式适当简化，忽略了中间层胶片厚度影响，使夹层玻璃截面完全组合情况下绕弱轴的等效惯性矩等于玻璃总厚度对应的截面惯性矩，结果偏于安全。

本条(5.2.4-2)式中，参数*Ψ*的取值是基于对边支承边界计算得到。编制组对四边支承下的玻璃板进行了有限元参数分析，计算结果表明，四边支承玻璃板按对边支承玻璃板的参数*Ψ*取值计算时，得到的应力及挠度结果较为接近，因此为便于工程应用，本规程对四边支承和对边支承玻璃板的参数*Ψ*统一取值。

**5.2.5**  当夹层玻璃由等厚度且相同材质的单片玻璃板构成时，可仅计算最外侧玻璃的面外弯曲应力。此时，计算最外侧玻璃应力的等效截面模量可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.2.5) |

式中：——最外侧玻璃绕弱轴的等效截面模量（mm3）。

【条文说明】5.2.5 当夹层玻璃由等厚度且材质相同的单片玻璃板构成时，夹层玻璃的面外弯曲应力由最外侧玻璃的应力控制，本条给出了计算最外侧玻璃应力的等效截面模量。

## 5.3 面内受弯构件

**5.3.1** 面内受弯构件宜避免在受拉区开孔；当在受拉区开孔时，应计算并控制孔边的应力集中效应。

【条文说明】5.3.1 面内受弯一般指绕截面惯性矩强轴的受弯状态。玻璃的强度受拉应力控制，孔边应力集中现象会放大受拉区的拉应力水平，进而降低玻璃构件的承载力。

**5.3.2** 面内受弯的夹层玻璃构件，计算其截面承载力时应忽略中间层材料的有利作用。

【条文说明】5.3.2由于中间层材料的弹性模量远小于玻璃的弹性模量，因此截面弯矩主要由玻璃承担，中间层承担的截面弯矩可忽略不计。

**5.3.3** 面内受弯玻璃构件，应采取防止构件扭转的可靠措施。

【条文说明】 5.3.3 为防止面内受弯构件的扭转变形，通常应在构件端部采取恰当且可靠的设计措施。当构件端部支座的扭转约束刚度大于20*GJ*eff/*L*时，可视为端部支座能有效防止构件扭转，其中*GJ*eff为构件的等效扭转惯性矩，可按本规程附录A.0.2计算。

**5.3.4** 面内受弯构件的截面抗弯承载力应按下式校核：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.3.3) |

式中：*M*x——面内弯矩设计值（N·mm）；

*W*x——面内弯曲截面模量（mm3）；

*f*g——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条端面强度取用。

**5.3.5** 采用非线性二阶分析时，面内受弯矩形截面玻璃构件的几何初始缺陷值可按表5.3.5采用。

表5.3.5 面内受弯矩形截面玻璃构件初始缺陷值

|  |  |
| --- | --- |
| 玻璃材料 |  |
| 平板玻璃 | *L*/360 |
| 半钢化玻璃 | *L*/300 |
| 钢化玻璃 | *L*/240 |

注：*L*为构件的计算跨度，*u*t为面内受弯构件的初始缺陷值。

【条文说明】5.3.5 面内受弯构件的非线性二阶分析，应考虑构件在荷载作用下产生的变形对构件变形和内力产生的影响。进行分析时可直接建立带有初始几何缺陷的计算模型，缺陷形状可取构件一阶屈曲模态，缺陷幅值可按本条表5.3.5取用。

针对玻璃构件的初始缺陷对其整体稳定性有重要影响，中国建筑科学研究院有限公司收集整理了国内外对平板玻璃、半钢化玻璃、钢化玻璃构件的120个足尺玻璃构件的受弯、受压试验数据，并对构件的初始面外弯曲挠度值（*u*0）和初始扭转值（*θ*0）进行了统计分析，得到各种玻璃构件具有95%保证率的初始几何缺陷值，其中*u*0可按照表5.4.4取用，*θ*0可取*L*/700*h*，表5.3.5中*u*t经由*u*0+*θ*0*h*/2计算得到。

**5.3.6** 面内受弯构件的整体稳定性应符合下式规定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.3.6) |

式中：*M*x——面内弯矩设计值（N·mm）；

*W*x——面内弯曲截面模量（mm3）；

*φ*b——梁面内弯曲整体稳定性系数，按本规程第5.3.7条计算；

*f*g——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用。

**5.3.7** 面内受弯构件的整体稳定系数可按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.3.7-1) |
|  | (5.3.7-2) |
|  | (5.3.7-3) |

式中：*φ*b——面内受弯构件的整体稳定系数，当计算结果大于1.0时取1.0；

*α*b——初始缺陷系数，对于矩形截面构件可按表5.3.7取用；

*λ*b——面内受弯构件的正则化长细比；

*f*g——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用；

*M*cr——面内受弯构件的屈曲临界弯矩（N·mm），按本规程附录A计算。

表5.3.7 面内受弯构件初始缺陷系数*α*b

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 短期荷载 | 中期荷载 | 长期荷载 |
| 0.62 | 0.85 | 1.14 |

【条文说明】5.3.7 矩形截面的初始缺陷系数根据下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

式中：——玻璃构件的初始扭转值，按表5.3.5取用；

——系数，可取1.35；

*E*——玻璃弹性模量（N/mm2），按本规程第4.2.16条采用；

*G*——玻璃剪切模量（N/mm2），可取30000 N/mm2；

——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用。

表5.3.7的初始缺陷系数是按照平板玻璃计算得到，经对比计算，该设计曲线相比半钢化玻璃、钢化玻璃的设计曲线较接近且偏保守，为简化设计和偏安全考虑，初始缺陷系数不再区分玻璃种类，统一按表5.3.7取值。

## 5.4 轴心受压构件

**5.4.1** 轴心受压构件整体稳定性应符合下式规定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.4.1) |

式中：——截面轴力设计值（N）；

——轴心受压构件整体稳定系数，按本规程第5.4.2条计算；

——玻璃构件的截面总面积（mm2）；

——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用。

**5.4.2** 轴心受压构件的整体稳定系数可按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.4.2-1) |
|  | (5.4.2-2) |
|  | (5.4.2-3) |

式中：——构件的玻璃截面总面积（mm2）；

——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用；

——轴心受压构件的正则化长细比；

——轴心受压构件的初始缺陷系数，按表5.4.2取值；

——系数，按表5.4.2取用；

——构件的弹性屈曲临界荷载（N），按本规程第5.4.3条确定。

表5.4.2 系数*α*c和*λ*0,c的取值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 持荷时间 | *α*c | *λ*0,c |
| 短期 | 0.67 | 0.70 |
| 中期 | 0.92 | 0.65 |
| 长期 | 1.19 | 0.60 |

【条文说明】5.4.2 矩形截面的初始缺陷系数根据下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

式中：——玻璃构件的初始面外弯曲挠度值，按表5.4.4取用；

*E*——玻璃弹性模量（N/mm2），按本规程第4.2.16条采用；

——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用。

表5.4.2的初始缺陷系数是按照平板玻璃计算得到。经对比计算，该设计参数与半钢化玻璃、钢化玻璃的设计参数相比较接近且偏保守，为简化设计和偏安全考虑，初始缺陷系数不再区分玻璃种类，统一按表5.4.2取值。

**5.4.3** 轴心受压构件的弹性屈曲临界荷载可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.4.3) |

式中：——夹层玻璃截面绕弱轴的等效惯性矩（mm4），按本规程第5.2.4条计算。

**5.4.4** 采用非线性二阶分析分析时，矩形截面构件的初始几何缺陷设计值可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.4.4) |

式中：——构件的初始几何缺陷设计值（mm）；

——初始面外弯曲挠度值，按本规程表5.4.4取用。

表5.4.4 轴心受压构件初始缺陷值

|  |  |
| --- | --- |
| 玻璃材料 |  |
| 平板玻璃 | *L*/500 |
| 半钢化玻璃 | *L*/400 |
| 钢化玻璃 | *L*/300 |

注：*L*是构件的计算跨度。

【条文说明】5.4.4 轴心受力构件的非线性二阶分析考虑构件在荷载作用下产生的变形对构件变形和内力产生的影响，进行分析时可直接建立带有初始几何缺陷的计算模型，缺陷形状可取构件一阶屈曲模态，缺陷幅值可按表5.4.4取用。表5.4.4中所列初始缺陷值为中国建筑科学研究院试验得到的各种玻璃构件具有95%保证率的初始几何缺陷值。

本条公式(5.4.4)中的3.0mm为考虑加载点因安装导致的面外偏差。

**5.4.5** 对于一边与玻璃面板通过硅酮结构胶连续粘接的轴心受压构件，其承载力可按本规程附录B确定。

## 5.5 压弯构件

**5.5.1** 压弯构件的轴压比设计值不应大于0.5，轴压比设计值应按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.5.1) |

式中：——压弯构件的轴压比设计值；

*N*——轴力设计值（N）；

*φ*c——轴心受压构件整体稳定系数，按本规程第5.4.3条计算；

——玻璃构件的截面总面积（mm2）；

——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用。

【条文说明】5.5.1根据中国建筑科学研究院有限公司的玻璃压弯构件试验结果及国外相关试验结果，当轴压比超过0.5后，玻璃压弯构件的开裂后受力性能较差，为了使玻璃压弯构件具有较好的冗余度，建议轴压比设计值不超过0.5。

**5.5.2** 受压-面内受弯构件截面弯矩设计值和轴力设计值应符合下式规定：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.5.2) |

式中：*N*——轴力设计值（N）；

*M*x——绕强轴的弯矩设计值（N·mm）；

*W*x——面内弯曲截面模量（mm3）；

*φ*b——面内弯矩作用下的稳定系数，按本规程第5.3.7条计算；

——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条边缘强度取用。

【条文说明】5.5.2 受压-面内受弯构件是指同时承受压力和面内弯矩作用的构件，即压弯构件。根据中国建筑科学研究院有限公司的玻璃梁面内压弯试验结果及国外相关试验结果，本条设计公式与试验结果吻合较好且偏于安全。

## 5.6 连接及节点

**5.6.1** 玻璃结构的连接设计应能适应基础、支承结构施工以及玻璃加工及安装过程中产生的允许误差。

【条文说明】5.6.1 结构玻璃构件在加工制作后一般无法修改尺寸，因此在连接设计时应充分考虑基础施工、玻璃加工及安装等过程中的误差。

**5.6.2** 应根据玻璃结构的性能要求和实施条件确定适宜的连接节点形式和构造方法。

【条文说明】5.6.2玻璃结构性能要求包括结构性能、抗震性能、防火性能、耐久性能、水密和气密性能等。施工环境如不适宜打胶，应尽量避免选择现场结构胶粘接固定；玻璃结构构件间铰接连接且传递剪力不大，可采用普通螺栓连接；玻璃结构构件间刚性或半刚性连接，宜采用摩擦型螺栓连接；不宜采用胶接连接承受长期荷载。  
**5.6.3**  玻璃结构构件的连接应采用传力可靠、减少应力集中、便于调整的构造形式，并应考虑临时定位措施。

【条文说明】5.6.3玻璃结构的连接应能可靠地传递荷载作用、减少应力集中影响；同时，为便于玻璃构件安装以及破损后维护，连接应考虑调节、临时定位措施。

**5.6.4** 玻璃结构连接处的钢或不锈钢连接件及其焊缝、螺栓设计，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017及团体标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410的有关规定。

【条文说明】5.6.4实际工程中，玻璃结构的外露连接通常采用不锈钢，其他部位连接通常采用钢材。现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017和团体标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410对上述连接均作了规定，应遵照执行。

**5.6.5** 钢或不锈钢连接件的板厚不宜小于5mm。采用螺栓连接时，螺栓规格不宜小于M10；同一连接处的螺栓数量不宜少于2个。

**5.6.6** 普通螺栓连接中，应在螺栓杆与玻璃孔壁之间填充结构胶或其他衬垫材料；在衬垫材料与螺栓杆之间宜放置铝环。

【条文说明】5.6.6为避免玻璃孔壁与螺栓杆直接接触（“硬接触”），可将螺栓杆套上铝环，铝环与孔壁间填充结构胶或其他衬垫材料，减少玻璃孔壁的应力集中。

**5.6.7** 摩擦型螺栓连接中，螺栓宜采用A2-70/80、A4-70/80不锈钢螺栓，螺栓规格不宜小于M12。宜在螺栓杆与玻璃之间设置衬垫材料。

【条文说明】5.6.7为了保证摩擦型螺栓连接节点的承载力，应优先选用强度等级高的不锈钢螺栓，且螺栓直径不宜太小。摩擦型螺栓连接出现滑移后，为避免螺栓杆与玻璃孔壁硬接触，可以在螺栓杆上套设衬垫材料。

**5.6.8** 摩擦型螺栓连接中，玻璃和不锈钢板之间或不锈钢板与衬垫材料之间不宜采用手工涂布环氧树脂胶粘接。

【条文说明】5.6.8 根据试验资料，环氧树脂结构胶难以做到手工均匀涂布，且环氧树脂胶固化后硬度较高，不锈钢板与衬垫材料接触不完全，导致摩擦型螺栓施加预拉力后应力在玻璃表面分布不均，会造成玻璃应力集中破碎。

**5.6.9** 摩擦型螺栓连接中，不锈钢板与玻璃之间的衬垫材料宜采用1xxx系铝合金，其厚度不小于3mm。

【条文说明】5.6.9 试验研究表面，摩擦型螺栓连接时，不锈钢板与玻璃间的衬垫材料用1000系铝合金可以有效缓解玻璃表面应力集中，且铝衬垫材料引起的摩擦型螺栓预拉力损失较小。

**5.6.10** 普通螺栓连接设计时，应考虑加工及安装误差等因素对螺栓群中螺栓受力分布不均匀的影响。

【条文说明】5.6.10 由于玻璃为脆性材料，无法通过自身内力重分布消除由加工及安装误差等因素造成的螺栓群中螺栓受力分布不匀现象，因此在设计时应对这一问题予以考虑。

**5.6.11** 普通螺栓连接和摩擦型螺栓连接处的玻璃，玻璃的应力宜采用有限元方法分析确定，且玻璃的最大主拉应力值不应超过玻璃强度设计值。

【条文说明】5.6.11普通螺栓连接和摩擦型螺栓连接中，玻璃的应力分布较为复杂，因此建议采用有限元方法确定。按照材料力学理论，玻璃的强度破坏为主拉应力控制，应根据最大主拉应力发生的部位，分别与玻璃中部强度、边缘强度、端面强度进行校核。普通螺栓连接有限元模型中，应包括玻璃、螺栓、填充胶；摩擦型螺栓连接有限元模型中，应包括玻璃、钢板、螺栓、垫片。

**5.6.12** 普通螺栓连接中的玻璃孔边承压承载力可按下式计算：

 (5.6.12)

式中：——玻璃构件的开孔直径(mm)；

——玻璃厚度(mm)；

——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条端面强度取用。

——玻璃孔受力不均匀以及加工精度影响系数，可取0.5。

【条文说明】5.6.12 普通螺栓连接时，由于玻璃脆性材料，自身无法通过内力重分布消除加工和安装误差等因素造成的螺栓群中螺栓受力分布不匀现象，需要考虑这些因素对孔边承载力的折减。

**5.6.13** 摩擦型螺栓连接处的玻璃，应按下式验算连接处构件净截面强度：



(5.6.13)

式中：*n*1——计算截面上摩擦型螺栓数目；

*n*——节点拼接处，构件一侧连接摩擦型螺栓数目；  
——玻璃强度设计值（N/mm2），按本规程第4.2.14条端面强度取用。

*An*——构件的净截面面积。

**5.6.14** 普通螺栓连接中，玻璃孔填充胶的受压承载力设计值可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5.6.14) |

式中：——玻璃构件的开孔直径(mm)；  
——玻璃孔填充胶承压强度设计值(N/mm2)；

——玻璃构件的开孔直径(mm)；

——填充胶的承压厚度，夹层玻璃应考虑叠差的不利影响。

【条文说明】5.6.14 玻璃孔填充胶的承压强度一般远小于钢化玻璃的强度，填充胶破坏以后可能会造成连锁破坏。填充胶的弹性模量较玻璃低很多，但是尺寸较小，夹层玻璃的叠差会在胶条中造成明显的应力集中。

**5.6.16** 确定螺栓孔填充胶的强度设计值时，总安全系数不宜小于3.0。

【条文说明】5.6.16 填充胶的强度标准值可参照供应商提供的实验数据标准值取用。

**5.6.17** 摩擦型螺栓连接中，玻璃孔的孔型系数宜按大孔考虑，不锈钢板拉丝方向应与受力方向垂直。摩擦面的抗滑移系数应通过试验确定，其试验方法可按本规程附录C采用。

【条文说明】5.6.17 摩擦型螺栓连接计算参照国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017中规定的形式，玻璃结构构件摩擦型螺栓连接时采用大圆孔，通过已有研究显示，随着玻璃面上的螺栓直径增大，玻璃最大主应力峰值逐渐增大，滑移承载力降低，对应M20螺栓，玻璃孔从直径22mm增大到直径32mm，滑移承载力降低比例4.2%。

**5.6.18**  玻璃的开孔构造应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃第2部分：钢化玻璃》GB 15763.2的有关规定，且玻璃孔的间距不宜小于3倍的螺栓直径、边距不宜小于2倍的螺栓直径。

**5.6.19** 当摩擦型螺栓连接夹层玻璃时，应在螺栓孔周围使用铝垫圈替换夹层玻璃中的胶片，铝垫圈材质应为1xxx系列铝合金，其外径不宜小于60mm，内径宜与玻璃孔一致。

【条文说明】5.6.19 有限元对比分析表明，铝垫圈对减小摩擦型螺栓连接中玻璃孔周圈的最大主应力峰值有显著效果，且M20不锈钢螺栓施加预拉力，通过分析玻璃压应力分布范围，由压应力分布特征可知，应力分布范围形成的直径不小于60mm。

**5.6.20**  当夹层玻璃构件采用金属植入连接节点时，夹层玻璃的中间层宜采用离子性胶片，且胶片厚度不应小于1.52mm；夹层玻璃中单片玻璃的厚度不宜小于10mm；金属预埋件的宽度不宜小于60mm，在夹层玻璃内埋置深度不宜小于30mm，金属预埋件边部距离玻璃边缘的距离不宜小于夹层玻璃厚度的5倍。

【条文说明】5.6.20 金属植入连接是玻璃结构中采用的一种新型连接方式，构造如图1所示，将金属件埋置于预先开槽的玻璃板中，与夹层玻璃同时制成，金属预埋件与玻璃之间主要通过中间层材料剪切作用传递荷载。



图1 金属植入连接节点示意

1-玻璃；2-中间层；3-金属预埋件

当预埋件的尺寸较小时，预埋件与玻璃之间的粘接面积不足，承载力偏低且会发生脱粘破坏；当玻璃厚度较小时，节点在荷载作用下会先发生玻璃的脆性破坏，对节点力学性能不利。

**5.6.21** 当环境温度变化不可忽略时，金属植入连接节点设计应考虑玻璃与金属热膨胀系数差异产生的温度应力影响。

【条文说明】5.6.21 金属植入式连接节点经历温度变化时，由于金属材料与其他组成材料热膨胀系数之间存在的差异，易导致连接处产生过高的温度应力引起局部脱胶。

# 6 加工制作与施工

## 6.1 一般规定

**6.1.1**  加工材料进厂时应进行质量合格验收。

**6.1.2** 玻璃结构构件制作前，宜根据批准的设计文件编制加工制作详图和制作工艺质量控制文件。

**6.1.3** 对大型、复杂的玻璃结构构件，宜进行加工制作方法和工艺试验。

**6.1.4**  玻璃结构构件加工设备、机具应符合加工精度要求，量具应定期进行计量检定。

**6.1.5** 对加工成品、半成品应采取保护措施。

**6.1.6** 玻璃结构安装施工前，应对进场材料、部品、部件进行质量合格验收。

【条文说明】6.1.6 进场材料验收有利于确保后继施工时安装质量合格的材料，避免质量事故和返工。

**6.1.7** 玻璃结构施工前，应进行施工组织设计、编制施工技术方案和施工质量控制措施，施工组织设计应符合现行国家标准《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502的规定。

**6.1.8** 玻璃结构的安装施工时，应制定安全保障措施，并应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46的有关规定。

**6.1.9** 施工技术及管理人员应熟悉玻璃结构工程的技术特点和质量标准，并应对施工工人进行技术培训。

## 6.2 加工制作

**6.2.1** 玻璃开槽角部应为弧形倒角，倒角半径应大于单层玻璃厚度。

【条文说明】6.2.1 因加工工艺原因，玻璃开槽的角部只能为弧形，且弧形有利于降低应力集中，避免玻璃破碎。

**6.2.2** 铝合金构件加工制作要求应符合现行行业标准《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102的有关规定。

**6.2.3** 钢构件加工制作要求应符合国家现行标准《钢结构工程施工规范》GB50755、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237、《玻璃幕墙工程技术规范》JGJ102的有关规定。

**6.2.4** 对玻璃结构的次要结构构件，中空玻璃、夹层玻璃的加工精度应符合下列规定：

1 中空玻璃时的尺寸允许偏差应符合表6.2.4-1的规定；

表6.2.4-1 中空玻璃尺寸允许偏差（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差 |
| 边长 | *L* < 1000 | ±2.0 |
| 1000≤ *L* < 2000 | +2.0  -3.0 |
| *L* ≥2000 | ±3.0 |
| 对角线差 | *L* ≤2000 | 2.5 |
| *L* >2000 | 3.5 |
| 厚度 | *t* < 17 | ±1.0 |
| 17≤ *t* < 22 | ±1.5 |
| *t* ≥22 | ±2.0 |
| 叠差 | *L* < 1000 | 2.0 |
| 1000≤ *L* < 2000 | 3.0 |
| 2000≤*L* < 4000 | 4.0 |
| *L* ≥4000 | 6.0 |

2 公称厚度大于8mm的夹层玻璃的尺寸允许偏差应符合表6.2.4-2的规定；

表6.2.4-2 夹层玻璃尺寸允许偏差（mm）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 每块玻璃公称厚度＜10 | 至少一块玻璃公称厚度≥10 |
| 边长 | *L* ≤1100 | +2.5  -2.0 | +3.5  -2.5 |
| *1100<L* ≤1500 | +3.5  -2.0 | +4.5  -3.0 |
| *1500<L* ≤2000 | +3.5  -2.0 | +5.0  -3.5 |
| *2000<L* ≤2500 | +5.0  -3.0 | +6.0  -4.0 |
| *L* >2500 | +5.5  -3.5 | +6.5  -4.5 |
| 对角线差 | *L* ≤2000 |  | 2.5 |
| *L*>2000 |  | 3.5 |
| 叠差 | *L*< 1000 |  | 2.0 |
| 1000≤*L*< 2000 |  | 3.0 |
| 2000≤*L*< 4000 |  | 4.0 |
| *L* ≥4000 |  | 6.0 |

3 开孔玻璃的尺寸允许偏差应符合表6.2.4-3的规定。

表6.2.4-3开孔玻璃加工允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 边长尺寸 | 对角线差 | 钻孔位置 | 孔距 | 孔轴与玻璃平面垂直度 |
| 允许偏差 | ±1.0mm | 2.0mm | ±2.0mm | ±1.0mm | ±12′ |

【条文说明】6.2.5 中空玻璃、夹层玻璃应分别符合现行国家标准《钢化玻璃》GB/T9963、《中空玻璃》GB/T11944、《夹层玻璃》GB9962的要求。此外，对于玻璃的外观尺寸、允许偏差作了较严格的要求，加工时应以此为准。

**6.2.5** 对玻璃结构的主要结构构件，中空玻璃、夹层玻璃的加工精度应符合下列规定：

1 玻璃边长及对角线允许偏差应符合表6.2.5-1的规定；

表6.2.5-1玻璃边长及对角线尺寸允许偏差（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差(mm) |
| 边长 | *L* < 2000 | ±2.0 |
| 2000≤*L*< 4000 | ±3.0 |
| 4000≤*L*< 8000 | ±4.0 |
| 8000≤*L*< 18000 | ±5.0 |
| 对角线差 | *L* ≤2000 | ≤2.5 |
| *L*>2000 | ≤3.5 |

2 中空玻璃叠差符合表6.2.5-2的规定；

表6.2.5-2中空玻璃允许叠差（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差(mm) |
| 叠差 | *L*≤2000 | 2.0 |
| *L*＞2000 | 3.0 |

3 夹层玻璃的叠差符合表6.2.5-3的规定；

表6.2.5-3夹层玻璃允许叠差（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 玻璃边 | 相邻叠差允许偏差(mm) | 整体叠差允许偏差(mm) |
| 外露边、承重边 | ≤1 | ≤1.5 |
| 其他边 | ≤1 | ≤2.5 |

4 点支玻璃尺寸偏差应符合表6.2.5-4的规定。

表6.2.5-4 点支玻璃尺寸允许叠差（mm）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 项目 | 调整允许值 |
| 孔边距(A) | ±1.0mm |
| 孔直径(B) | ±1.0mm |
| 槽口尺寸(C) | ±2.0mm |
| 槽口位置距基准点(D) | ±1.5mm |
| 铣口半径距槽口(E) | ±1.0mm |
| 所有槽口及孔需打磨边缘，另有说明除外。 | |

5 采用大、小孔方式时，有效孔径的直径的允许负偏差为0，允许正偏差为+1mm。

【条文说明】6.2.5 中空玻璃、夹层玻璃应分别符合现行国家标准《钢化玻璃》GB/T9963、《中空玻璃》GB/T11944、《夹层玻璃》GB9962的要求。此外，玻璃结构构件受力对精度要求较高时，允许偏差作了更严格的要求，加工时应以此为准。上述偏差要求参考了江河幕墙企业标准《超大全玻幕墙工程质量验收标准》相关规定。

玻璃钢化后不能再进行机械加工，因此玻璃的裁切、磨边、钻孔等都应在钢化前完成。玻璃板块钻孔的允许偏差是根据机械加工原理、公差理论、玻璃钻孔设备及刀具的加工精度而定的。单片玻璃加工后再合片，为了保证所有的孔都对位准确，通常的做法是两片单层玻璃钻大小不同的孔。

**6.2.6** 中空玻璃开孔处应采取密封措施。

【条文说明】6.2.6 中空玻璃开孔后，开孔处胶层应双道密封，内层密封可采用丁基密封腻子，外层密封应采用硅酮结构胶，打胶应均匀、饱满、无空隙。

**6.2.7** 夹层玻璃、中空玻璃的钻孔可采用大、小孔相对的开孔方式。

【条文说明】6.2.7 因为玻璃钢化后不能再进行机械加工，因此玻璃的裁切、磨边、钻孔等都应在钢化前完成。玻璃板块钻孔的允许偏差是根据机械加工原理、公差理论、玻璃钻孔设备及刀具的加工精度而定的。

当玻璃板块由两片单层玻璃组合而成时，在制作过程中应单片分别加工后再合片。如果两片玻璃孔径大小一致，则所有的孔都要对位准确，实际操作非常困难，主要是因为单片玻璃制作时存在形状、尺寸、孔位、孔径等允许偏差。常用的方法是两片单层玻璃钻大小不同的孔，以使多孔完全对位。

**6.2.8** 不锈钢螺栓预拉力值可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.2.8) |

式中：*P*——不锈钢螺栓预拉力（N）；

——螺栓抗拉极限强度（N/ mm2）；

——螺纹应力截面面积（mm2），按表6.2.8取用。

表6.2.8 螺纹应力截面面积（mm2）

|  |  |
| --- | --- |
| 粗牙螺纹型号 |  |
| M10  M12  M14  M16  M18  M20 | 58  84  115  157  192  245 |

【条文说明】6.2.8不锈钢螺栓预拉力*P*的取值参照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017，预拉力*P*值以螺栓的抗拉强度为准，再考虑必要的系数，用螺栓的有效截面经计算确定。

**6.2.9** 不锈钢螺栓施加预拉力时，应在螺纹、螺母、螺栓头及平垫片均匀涂抹润滑剂。

【条文说明】6.2.9 不锈钢螺栓在施加预拉力过程中会出现锁死现象，研究表明接触面间均匀涂抹减摩润滑剂可以有效降低扭矩系数，其中二硫化钼类润滑剂对解决螺栓锁死问题效果最佳。

**6.2.10** 不锈钢螺栓的预拉力宜按表6.2.10采用。

表6.2.10不锈钢螺栓的预拉力（kN）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓的性能等级 | 预拉力 | 螺栓公称直径 | | |
| M12 | M16 | M20 |
| 50 | 设计值 | 20 | 40 | 65 |
| 施工值 | 25 | 50 | 80 |
| 70 | 设计值 | 30 | 60 | 90 |
| 施工值 | 35 | 70 | 110 |
| 80 | 设计值 | 35 | 65 | 105 |
| 施工值 | 40 | 80 | 125 |

【条文说明】6.2.10 本条表中设计值是依据本规程第6.2.8条计算取整得到，施工值考虑超张拉20%。

**6.2.11** 不锈钢螺栓长度应保证在终拧后螺栓外露丝扣为2~3扣。不锈钢螺栓长度宜按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6.2.11-1) |

 (6.2.11-2)

式中：*l*——不锈钢螺栓长度（mm）；

*t*l——连接板层总厚度（mm）；

——附加长度（mm），按表6.2.11选取；

*m*——不锈钢螺栓螺母公称厚度（mm）；

——垫圈个数，不锈钢螺栓为2；

*s*——不锈钢螺栓垫圈公称厚度（mm），采用大圆孔或槽孔时，按实际厚度取值；

*p*——螺纹的螺距（mm）。

表6.2.11 螺栓附加长度（mm）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺栓公称直径 | M12 | M16 | M20 | M22 | M24 | M27 | M30 |
| 不锈钢螺母公称厚度 | 10 | 13 | 16 | 18 | 19 | 22 | 24 |
| 不锈钢垫圈公称厚度 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 螺纹的螺距 | 1.75 | 2 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3.5 |
| 不锈钢螺栓附加长度 | 20 | 25 | 29.5 | 31.5 | 36 | 39 | 42.5 |

【条文说明】6.2.11《重型机械通用技术条件第10部分：装配》JB/T 5000.10-2007规定，螺母拧紧后，螺栓、螺钉头应露出螺母端面2个～3个螺距，此处按3个螺距取值。螺栓的螺母厚度执行现行国家标准《六角螺母》GB 52, 螺纹的螺距参照现行国家标准《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2，不锈钢垫圈公称厚度参照现行国家标准《平垫圈 A级》GB/T 97.1。

**6.2.12** 夹层玻璃构件的质量控制措施应符合现行国家标准《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》 GB15763.3的有关规定。

## 6.3 安装施工

**6.3.1** 进场的玻璃结构构件及附件的材料品种、规格、色泽应符合设计要求。安装前应进行检验，不符合设计要求的构件不得安装使用。

【条文说明】6.3.1 玻璃结构的构件及附件的材料品种、规格、色泽，应在玻璃结构设计文件中明确规定，安装施工时应按设计要求执行。对进场材料，应按设计质量要求进行检查和验收，不得使用不合格和过期的材料。

**6.3.2** 玻璃结构中，钢结构安装施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定，铝合金结构的安装施工应符合国家现行标准《铝合金结构工程施工规程》JGJ/T 216的有关规定。

**6.3.3** 玻璃结构的施工组织设计应包括下列内容：

1 工程概况、组织机构、责任和权利、施工进度计划安排；

2 与主体结构施工、设备安装、装饰装修的协调配合方案；

3 搬运、吊装、存放方法；

4 测量方法及注意事项；

5 安装方法及允许偏差要求，关键部位、重点、难点施工部位安装方法应单独标出；

6 安装顺序及嵌缝收口要求；

7 构件、组件和成品的现场保护方法；

8 质量要求及检查验收计划；

9 安全措施及劳动保护计划。

10 卫生、环境条件、文明施工标准。

11 针对项目的施工特点进行风险分析并采取相应措施。

【条文说明】6.3.3玻璃结构的安装施工质量，是直接影响玻璃结构能否满足其建筑物理及其他性能要求的关键之一，同时玻璃结构安装施工又是多工种的联合施工，和其他分项工程施工难免有交叉和衔接的工序。因此，为了保证玻璃结构安装施工质量，要求安装施工承包单位单独编制玻璃结构施工组织设计方案。

**6.3.4** 玻璃结构安装施工应符合下列规定：

1 应按照施工方案进行测量放线。

2 应复核预埋件的位置、数量和质量。当预埋件不满足结构安装要求时，应采取补救措施。

3 应按设计要求和施工方案安装钢构件、铝合金构件、玻璃构件，并应采取临时固定措施。

4 结构胶和密封胶注胶时，应将胶缝位置处理干净、干燥并按产品使用要求进行注胶。

**6.3.5** 玻璃结构安装过程中，构件存放、搬运、吊装时应避免损坏和污染；对型材、玻璃的表面应采取保护措施。

【条文说明】6.3.5 安装过程的半成品容易被损坏、污染，尤其是型材、玻璃表面容易划伤，应引起重视，采取保护措施。

**6.3.6** 构件储存时应依照安装顺序排列放置，储存架的承载能力和刚度应符合要求。在室外储存时应采取保护措施。

【条文说明】6.3.6 对于已加工好的玻璃构件，在运输、储存过程中，应特别注意防止碰撞、污染、锈蚀、潮湿等，在室外储存时更要采取有效保护措施。

**6.3.7** 进行焊接作业时，应采取避免焊接对玻璃结构构件产生影响的保护措施。施焊后应对受到焊接影响的部位进行修复处理。

**6.3.8** 可现场施工的硅酮建筑密封胶不宜在夜晚、雨天打胶，打胶温度应符合设计要求和产品说明要求，打胶前应保证打胶面清洁、干燥，胶缝应密实、连续、无气泡。

【条文说明】6.3.8 硅酮建筑密封胶的施工应严格遵照施工工艺进行。夜晚光照不足、雨天缝内潮湿，均不宜打胶；打胶温度应在指定的温度范围，打胶前应使打胶面干燥、清洁无尘。

**6.3.9** 结构胶现场施工时，应符合下列规定：

1 施工现场应通风无尘，施工环境温度应不低于5℃。

2 应对粘接基材进行清洁。

3 双组分结构胶宜采用专用打胶设备，胶体应按照组分比例混合均匀。

4 注胶应连续均匀、密实、无气泡。

5 在结构胶未固化达到承载力要求前不应有扰动，且不应处于受力状态。

6 应保留结构胶现场质量控制记录。

【条文说明】6.3.9 应对粘接基材进行清洁以确保被粘材料表面清洁、干燥、无污物，清洁方法可采用双布擦拭法。

硅酮结构密封胶在长期重力荷载作用下承载力很低，胶体完全固化前强度更低，而且硅酮结构密封胶在重力作用下会产生明显的变形。若使硅酮结构密封胶在固化期间处于较大的受力状态，会造成安全隐患。因此，在施工过程中应采取措施减小结构胶直接承受外力作用的措施。结构胶现场施工的质量控制记录，包括但不限于蝴蝶试验、扯断时间、随批剥离试验、割胶试验等项目。

**6.3.10** 面板与玻璃结构柱间应设置临时支撑，临时支撑的间距应经计算确定；结构胶完全固化后，方可解除临时支撑措施，并应对临时支撑固定点位置进行补胶处理。

【条文说明】6.3.10 玻璃结构安装过程中，面板和玻璃结构柱承受自身重量，风荷载，施工荷载等，而面板与玻璃结构柱间的边界约束情况与设计情况不符，不利于控制面板和玻璃结构柱的水平度和垂直度，直接影响立面效果和安全，容易引起面板和玻璃结构柱失稳。需要根据实际施工工况计算临时支撑的个数，在结构胶完全固化之前，临时支撑能保证玻璃结构的安全，同时避免在结构胶固化过程中受到玻璃板块变形的影响。

**6.3.11** 玻璃结构面板、梁、柱等构件的吊装可采用吸盘，吸盘应与吊装机械支臂可靠连接，并应符合安装和调节要求。

【条文说明】6.3.11 玻璃结构构件较大，自重也较大，应采用符合工程要求的机械吸盘进行安装，并应有必要的安全措施，防止玻璃倾覆、坠落或破碎。玻璃构件安装精度要求高，要满足安装和三向位移调节的要求。

**6.3.12** 厚度和宽度较大的结构胶，宜分次注胶，并应在前次打胶完全固化后进行下一次打胶。前次注胶时，应留设与工程同条件的三组500mm长的胶缝试件；下次注胶前应检查试件的固化程度。

【条文说明】6.3.12 较大厚度和宽度的结构胶宜分两次及多次完成注胶，并留设同工程实体的胶缝试件，以便于检查胶体的固化程度，保证注胶质量。所谓宽度和厚度较大的胶体，其具体限值可通过工艺确定。

**6.3.13** 现场施工的结构胶宜采用双组份结构胶。

【条文说明】6.3.13 单组分产品是通过吸收空气中的水分实现固化的，固化较慢；双组分产品是通过化学反应实现固化的，固化较快。

**6.3.14** 不锈钢螺栓连接副应进行扭矩系数、螺栓楔负载、螺母保证载荷检验，并应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231的有关规定。不锈钢螺栓连接副扭矩系数的平均值及标准偏差应符合表6.3.14的要求。

**表6.3.14 不锈钢螺栓连接副扭矩系数平均值及标准偏差值**

|  |  |
| --- | --- |
| 扭矩系数平均值 | 扭矩系数标准偏差 |
| 0.11~0.16 | 0.015 |

【条文说明】6.3.14每套连接副只做一次试验，并不得重复使用。试验时，垫圈发生转动，试验无效。

**6.3.15** 玻璃结构使用螺栓连接时，其安装方法及紧固件质量检查应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB50017及团体标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410的有关规定。

**6.3.16** 施工过程中应保证施工现场的清洁卫生。

# 7 工程验收

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 玻璃结构工程验收前，应进行清洁处理。

**7.1.2** 玻璃结构工程验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的有关规定。钢结构验收尚应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定，铝合金结构验收尚应符合国家现行标准《铝合金结构工程施工质量验收规范》GB50576的有关规定。

**7.1.3** 玻璃结构工程验收时应进行技术资料复核，并应检查下列文件和记录：

1 竣工图、结构计算书、设计变更文件及其他设计文件；

2 工程所用材料、构件、组件、紧固件及其他附件的产品合格证书、性能检验报告、进场验收记录；

3 均质钢化玻璃除应提供产品合格证外，尚应提供均质加工过程记录；

4 结构胶及密封胶的质量合格文件，结构胶相容性和剥离粘接性试验报告；

5 玻璃结构工程中有预埋件及后置埋件时，应提供力学性能检验报告；

6 具有建筑围护结构功能的玻璃结构工程的气密性能、水密性能、抗风压性能及层间变形性能检验报告；

7 注胶及养护环境的温度、湿度记录，双组份硅酮结构胶的混匀性试验记录及拉断试验记录；

8 玻璃构件、组件的加工制作检验记录；

9 玻璃结构工程安装施工记录及隐蔽工程验收记录；

10 有防雷要求的玻璃结构工程，结构防雷接地点之间的电阻检测记录；

11 主要材料的复验报告；

12 其他质量保证资料。

【条文说明】7.1.3 在进行玻璃结构工程验收时，检查应包括软件和硬件两部分。本条为对软件检查的要求，作为玻璃结构工程验收的依据及验收的一个重要组成部分。

合格的材料是保证质量和安全的物质基础，尤其是作为结构粘接用的硅酮结构胶，使用前应对其拉伸粘接性能，相容性进行复验。

均质钢化玻璃通过二次热处理的方法可大幅降低钢化玻璃的自爆率，但由于均质钢化玻璃与未进行二次热处理的普通钢化玻璃之间，不易通过仪器进行检测区分，故要求提供均质加工过程记录。

本条所说的主要材料的复验，具体见本规程第7.1.4条。

**7.1.4** 玻璃结构工程应对下列材料及其性能指标进行复验：

1 作为主要受力构件的夹层玻璃材料的强度；

2 铝材、钢材主受力杆件的抗拉强度；

3 不锈钢、钢绞线、玻璃纤维等玻璃构件配筋材料的承载性能；

4 结构胶的邵氏硬度、标准状态下的拉伸粘接强度、相容性试验、剥离粘接性试验。

【条文说明】7.1.4 对于玻璃结构工程的材料，除所有材料须按本规范要求提供出厂合格证、性能检测报告外，这里列出了涉及玻璃结构安全性能、具有建筑围护结构功能的玻璃结构的重要物理性能的材料要进行复检，中空玻璃要求对密封性能进行复检。硅酮结构胶安全性至关重要，使用前应对其邵氏硬度、拉伸粘接强度进行复验。

**7.1.5** 玻璃结构工程应对下列隐蔽工程项目进行验收：

1. 预埋件或后置埋件、锚栓及连接件；
2. 玻璃构件与主体结构的连接节点；
3. 玻璃面板与玻璃支承结构的连接节点；
4. 玻璃构件与主体结构之间的封堵构造节点；
5. 玻璃结构中吊夹具、索杆件与主体结构的连接；
6. 玻璃与镶嵌槽间的安装构造；
7. 玻璃结构工程的伸缩缝、变形缝、沉降缝、防震缝及墙面转角处的构造节点；
8. 有防雷要求的玻璃结构工程的防雷连接节点；
9. 隔热、保温构造节点系统；
10. 防火、隔烟构造节点。

【条文说明】7.1.5在玻璃结构工程施工完毕后，不少部位或节点已被装饰材料遮封隐蔽，工程验收时无法观察和检测，但这些部位或节点的施工质量却至关重要，必须在安装施工过程中完成隐蔽验收。工程验收时，应对隐蔽工程验收文件进行认真的审核与验收。

**7.1.6** 玻璃结构工程质量检验应采取现场观感检查和实物抽样检验，每幅玻璃结构均应检验，检验批的划分应符合下列规定：

1 相同设计、材料、工艺和施工条件的玻璃结构工程每500 m2～1000m2应划分为一个检验批，不足500m2也应划分为一个检验批。每个检验批每100m2应至少抽查一处，每处不得小于10m2；

2 同一单位工程的不连续的玻璃结构工程应分别单独划分检验批；

3 对于特殊要求的玻璃结构工程，检验批的划分应根据工程的结构、工艺特点及工程规模，宜由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

【条文说明】7.1.6玻璃结构工程作为建筑物的全部或部分结构，通常对建筑外观质量要求较高，抽样检验并不能代表工程整体的外部观感质量。因此，对工程硬件验收检验应包括观感和抽样两部分。

当一幢建筑有一处以上的玻璃结构时，要求以一单体玻璃结构作为独立检查单元，对每单体玻璃结构均要求进行检验验收。对异形或有特殊要求的玻璃结构，检验批的划分可由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

**7.1.7** 玻璃结构工程竣工验收时，工程承包商应提供《玻璃结构使用与维护手册》。《玻璃结构使用与维护手册》宜包含下列内容：

1 玻璃结构的设计依据、设计工作年限、安全等级、抗震设防分类；

2 基本风压、抗震设防烈度以及楼面、屋面的主要活荷载限值等；

3 结构体系及主要承重构件的位置等；

4 主要材料、部品、部件的性能；

5 主要使用注意事项；

6 主要保养、维护措施；

7 易损件的名称、规格、更换方法。

【条文说明】7.1.7 为了确保玻璃结构在使用过程中不发生安全事故，本规程规定承包商应提供《玻璃结构使用与维护手册》，作为工程交付和验收内容的组成部分，指导玻璃结构的使用和维护。

## 7.2 主控项目

**7.2.1** 玻璃结构工程所使用的材料、五金配件、构件和组件的质量，应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查材料、五金配件、构件、组件的产品合格证书、型式检验报告、进场验收记录、性能检测报告和主要材料的复验报告。

【条文说明】7.2.1所有材料均要求检查产品合格证书、型式检验报告、进场验收记录、性能检测报告，7.1.3条列出的材料要检查复验报告。

**7.2.2** 玻璃结构工程的造型和立面分格应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；尺量检查。

**7.2.3** 玻璃结构工程的螺栓连接节点、胶结连接方式及质量应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录；检查材料质量报告。

【条文说明】7.2.3 玻璃结构的采用螺栓连接方式时，应有防松动措施；当采用胶结连接方式时，粘和剂必须符合设计要求。

**7.2.4** 玻璃结构工程的预埋件、后置埋件的位置、数量、规格尺寸以及力学性能应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查进场验收记录、隐蔽工程验收记录；预埋件、后置埋件的力学性能检测报告。

【条文说明】7.2.4玻璃结构工程使用的各种预埋件必须经过计算确定，以保证其具有足够的承载力。为了保证玻璃结构与其他主体结构连接牢固可靠，玻璃结构与其他主体结构连接的预埋件应在其他主体结构施工时，按设计要求的数量位置和方法进行埋设，埋设位置应正确。

当施工未设预埋件、预埋件漏放、预埋件偏离设计位置、设计变更、旧建筑增加玻璃结构时，往往要使用后置埋件。采用后置埋件（膨胀螺栓或化学螺栓）时，应符合设计要求并应进行现场拉拔试验。

关于预埋件、后置埋件的全数检查，是指检查不同类型产品的拉拔试验检测报告。

**7.2.5** 玻璃结构的主要结构构件和次要结构构件的安装质量应符合设计要求。

检验数量：不少于同类构件数量的10%，并不少于2件。

检验方法：观察；手扳检查；检查隐蔽工程验收记录。

【条文说明】7.2.5玻璃结构构件要重点检查施工记录和隐蔽工程记录，必要时要打开隐蔽工程部位进行复查。

**7.2.6** 当玻璃结构中采用托条支承面板时，托条的数量、规格、尺寸、材质及安装质量应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查施工记录。

【条文说明】7.2.6 玻璃结构使用托条构造的，应检查托条的数量、规格、尺寸、材质和安装质量。

**7.2.7** 玻璃结构工程四周、幕墙内表面与主体结构连接时，连接节点的类型和质量应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**7.2.8** 玻璃结构的结构胶和密封胶的施工应饱满、密实、连续、均匀、无气泡，宽度和厚度应符合设计要求。

检验数量：不少于工程总数的10%且不少于10处。

检验方法：观察；尺量检查；检查施工记录。

**7.2.9** 玻璃结构工程的防雷装置应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

**7.2.10** 玻璃结构工程的防火、节能构造的施工质量应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察；检查隐蔽工程验收记录和施工记录。

【条文说明】7.2.10 验收时防火、保温、防潮材料基本都隐蔽了，故应对隐蔽验收文件进行认真地审核与验收。

## 7.3 一般项目

**7.3.1** 玻璃结构工程表面应平整、洁净；整幅玻璃的色泽应均匀一致并应符合设计要求；不得有污染和镀膜损坏。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察。

**7.3.2** 每平方米玻璃的表面质量和检验方法应符合表7.3.2-1、7.3.2-2的规定。

表7.3.2-1 主要结构构件每平方米玻璃的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项    目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 宽度大于0.1 mm的明显划伤、  宽度小于0.1 mm但长度大于100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 宽度小于0.1 mm、长度≤100mm的轻微划伤 | ≤4条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤250mm2 | 用钢尺检查 |

表7.3.2-2  次要结构构件每平方米玻璃的表面质量和检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项    目 | 质量要求 | 检验方法 |
| 1 | 宽度大于0.1 mm的明显划伤、  宽度小于0.1 mm但长度大于100mm的轻微划伤 | 不允许 | 观察 |
| 2 | 宽度小于0.1 mm、长度≤100mm的轻微划伤 | ≤8条 | 用钢尺检查 |
| 3 | 擦伤总面积 | ≤500mm2 | 用钢尺检查 |

**7.3.3** 玻璃结构工程的密封胶缝应横平竖直、深浅一致、宽窄均匀、光滑顺直。

检查数量：不少于工程总数的10%且不少于5处。

检验方法：观察；手摸检查。

**7.3.4** 防火、保温材料填充应饱满、均匀，表面应密实、平整。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**7.3.5** 玻璃结构工程隐蔽节点的遮封装修应牢固、整齐、美观。

检查数量：不少于工程总数的10%且不少于5处。

检验方法：观察；手扳检查。

**7.3.6** 玻璃结构工程安装的允许偏差和检验方法应符合表7.3.6-1、7.3.6-2的规定。

表7.3.6-1 玻璃结构主要结构构件安装的允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项 目 | | | | 允许偏差  (mm) | 检查方法 |
| 1 | 主要结构构件轴线位置 | 竖向构件（柱、墙板、桁架） | | | ≤5 | 激光仪或经纬仪 |
| 水平构件（梁、楼板） | | | ≤2 |
| 2 | 标高 | 梁、柱、板 | | | ±2 | 水准仪或尺量 |
| 3 | 主要结构构件的垂直度 | 柱、板安装后的高度 | | 高度H≤30m | ≤5 | 激光仪或经纬仪 |
| H＞30m | ≤8 |
| 4 | 主要结构构件的倾斜度 | 梁、桁架 | | | 2 | 激光仪或经纬仪、吊线、尺量 |
| 5 | 主要结构构件的搁置长度 | | 梁、板 | | ±5 | 尺量 |
| 6 | 主要结构构件横、竖缝的直线度 | | | | ≤2 | 尺量 |
| 7 | 拼缝宽度（与设计值比） | | | | ±2.0 | 尺量 |

表7.3.6-2 玻璃结构次要结构构件安装的允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | | 允许偏差  (mm) | 检查方法 |
| 1 | 幕墙平面的垂直度 | 高度H≤30m | ≤10 | 激光仪或经纬仪 |
| H＞30m | ≤15 |
| 2 | 幕墙的平面度 | | ≤2.5 | 尺量 |
| 3 | 横、竖缝的直线度 | | ≤2.5 | 尺量 |
| 4 | 拼缝宽度（与设计值比） | | ±2.0 | 尺量 |
| 5 | 相邻面板间的高低差 | | ±1.0 | 尺量 |
| 6 | 玻璃面板与肋板夹角与设计值偏差 | | ≤1° | 量角器 |

**7.3.7** 玻璃结构工程涉及的铝合金型材表面不应有铝屑、毛刺、油污或其它污迹，连接处不应有外溢的胶粘剂，没有明显的色差、划伤、擦伤、碰伤等缺陷。

检查数量：不少于工程总数的10%且不少于5处。

检查方法：观察。

**7.3.8** 玻璃结构工程涉及的金属框架和连接件的防腐处理应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

**7.3.9** 具有建筑围护结构功能的玻璃结构工程应无渗漏，其水密性能应符合设计要求。

检验数量：开启部分不少于工程总数的5%且不少于10樘。固定部分取3个单元，每单元至少1个楼层高度，3个分格。

检验方法：在易渗漏部位进行淋水检查。

# 8 维护

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 玻璃结构应进行日常维护和定期检查。玻璃结构的使用和维护应遵守《玻璃结构使用与维护手册》的有关要求。

【条文说明】8.1.1玻璃结构容易被污染和损坏，因此应进行日常维护和定期检查，确保安全和适用。在《玻璃结构使用与维护手册》中，包含了一般性使用要求和维护要求，应该遵照执行。

**8.1.2** 业主或物业服务企业应对玻璃结构使用和维护过程中的主要事项做好记录，并应妥善保存记录文件。

【条文说明】8.1.2主要事项包括但不限于：符合《玻璃结构使用与维护手册》要求的日常检查和维护活动；重要维护、修理活动；结构构件、部品的更换或改造活动；涉及玻璃结构安全及人身、财产安全的事故及处理；风灾、火灾等灾害影响及处理等。

**8.1.3** 玻璃结构工程承包商在工程交付使用前应为业主或物业服务企业培训维修、维护人员。

**8.1.4** 业主或物业服务企业应根据《玻璃结构使用与维护手册》的相关要求制定玻璃结构检查与维护计划。

**8.1.5** 业主或使用者不应改变玻璃结构工程设计文件规定的建筑使用条件、使用性质及使用环境。

**8.1.6** 对于易发生碰撞的玻璃结构构件，宜在视线高度设置醒目标志，也可设置护栏等防碰撞措施。

**8.1.7** 玻璃结构的检查、清洗、保养与维修使用的作业机具设备应保养良好、功能正常、操作方便、安全可靠；每次使用前都应进行安全装置的检查，确保设备与人员安全。

**8.1.8** 玻璃结构的检查、清洗、保养与维修的作业中，凡属高空作业者，应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80的有关规定。

**8.1.9** 工程竣工验收后一年时，应对玻璃结构工程进行一次全面检查。此后，对于玻璃结构主要结构构件，其维护、检测周期不应大于三年；对于玻璃结构次要结构构件，其维护、检测周期不应大于五年。达到每个维护、检查周期时，应对玻璃结构进行性能评价，对需要进行性能修复或提升的构件应及时进行修复或更换。

【条文说明】8.1.9根据实际工程经验，在工程竣工验收后一年内，工程的加工和施工工艺及材料、附件的一些缺陷均有不同程度的暴露。所以在工程竣工验收后一年时，应对工程进行一次全面的检查。

## 8.2 检查和维护

**8.2.1** 日常维护和保养应符合下列规定：

1 应保持构件表面整洁，避免硬物碰触，避免长期接触污染物；

2 在使用过程中如发现构件失效或附件损坏等现象时，应及时修理或更换；

3 当发现夹层玻璃中间层出现大面积缺陷或脱胶，或中空玻璃出现边部密封失效时，应及时更换；

4 当发现螺栓、螺钉、销轴等连接件松动时，应及时拧紧或更换；

5 当发现金属构件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施；

6 对于失效的构件或附件，应采用相同产品替换，当采用不同产品替换时，应进行设计复核。

**8.2.2** 定期检查和维护应符合下列规定：

1 检查日常维护、保养和维修的记录。

2 检查结构整体有无变形、错位、松动；如有，则应对该部位对应的隐蔽结构进行进一步检查。

3 检查结构构件、连接构件和连接螺栓等是否损坏、连接是否可靠、有无锈蚀等。

4 检查结构胶和密封胶有无脱胶、中空玻璃边部密封有无失效。

5 检查可活动构件是否灵活可动，五金配件是否有功能障碍或损坏，安装螺栓或螺钉是否松动和失效。

6 对于检查中发现的质量安全问题，应及时采取维修、更换等性能提升措施。

**8.2.3** 灾后检查和修复应符合下列规定：

1 当玻璃结构遭遇强风袭击后，应及时进行全面的检查，修复或更换损坏的构件。

2 当玻璃结构遭遇地震、火灾等灾害后，应由专业技术人员进行全面的检查，并根据损坏程度制定处理方案。

# 9 安全性鉴定和性能提升

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 除本规程另有规定外，玻璃结构的安全性鉴定应符合国家现行标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292、《既有建筑地基可靠性鉴定标准》JGJ/T 404的有关规定。

**9.1.2** 既有玻璃结构建筑安全性的鉴定评级应符合下列规定：

1 玻璃结构应按构件及连接、子单元、鉴定单元分为三个层次进行鉴定和评级。

2 玻璃结构安全性鉴定中，各层次鉴定对象的检测抽样数量应按现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292的有关规定确定。

3 每个层次应划分为四个安全性等级，每个等级的划分原则应符合现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292的有关规定。

【条文说明】9.1.2 对玻璃结构安全性的鉴定层次划分、安全性分级及抽样规则均依据现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292的有关规定。

**9.1.3** 当符合下列情况之一时，应对既有玻璃结构进行安全性鉴定：

1 玻璃构件或连接件出现开裂、变形、脱落现象；

2 遭受台风、雷击、火灾、爆炸等自然灾害或者突发事故而造成损坏等情况；

3 周期性检测；

4 超过设计工作年限且仍需要继续使用；

5 装修改造、使用功能改变；

6 日常维护检查中发现安全问题；

7 其他需要进行安全性鉴定的情形。

【条文说明】9.1.3 周期性检测如本规程第8.1.9条规定的对玻璃结构工程周期性的维护、检测。日常维护检查中发现安全问题如结构胶严重老化影响主体结构安全性，或其他与玻璃结构安全性相关的构件及连接随时间发生性能退化等情况。

**9.1.4** 既有玻璃结构安全性鉴定，应检查、检测下列内容：

1 结构体系基本情况勘查；

2 结构使用条件调查核实；

3 地基基础调查或检测；

4 材料性能检测分析；

5 承重结构详细检查或检测；

6 建筑围护系统的安全状况调查。

【条文说明】9.1.4 本条列出了安全性鉴定时要检查、检测的主要事项。

结构体系基本情况，主要指结构形式、结构布置、结构支承、构件及其连接构造等；结构使用条件，如结构上的作用（荷载）、建筑物内外环境、使用历史（含荷载史、灾害史）等；材料性能检测分析，包括结构材料、连接材料及其它材料；承重结构详细检查或检测，包括构件及连接的几何参数、工作情况，结构支承或支座的工作情况、裂缝及其他损伤的情况、结构的整体牢固性、建筑物侧向位移、结构的动力特性等。

**9.1.5** 既有玻璃结构安全性鉴定宜按下列程序进行：

1 明确委托方的鉴定要求，包括但不限于鉴定目的、鉴定范围等；

2 收集玻璃结构设计、施工、竣工验收、使用历史资料，并调查现场情况；

3 划分鉴定层次，确定各层次鉴定对象；

4 制定抽样及检测方案，确定抽样检测对象；

5 检测及处理数据；

6 结构、结构构件的承载力、变形性能的计算复核；

7 安全性鉴定等级评定；

8 出具鉴定报告。

**9.1.6** 玻璃结构、结构构件或连接的结构性能提升，应综合考虑委托方的要求、玻璃结构安全性鉴定结论及实际条件选用粘贴加筋法、增大截面法、改变结构体系等方法。

## 9.2 鉴定层次的划分

**9.2.1** 玻璃结构整幢建筑或相对独立的结构单体可作为鉴定单元。

【条文说明】9.2.1 鉴定单元可根据玻璃结构建筑的规模、重要程度、结构形式等具体情况进行划分。当玻璃结构作为建筑的次要结构（如围护结构）时，应根据支承结构形式、建筑面积等划分为一个或多个鉴定单元。

**9.2.2** 玻璃结构第二层次鉴定评级应按地基基础、上部承重结构和围护系统的承重部分划分为三个子单元。

**9.2.3** 玻璃结构单个构件的划分应符合下列规定：

1 基础应符合下列规定：

1）一个独立基础为一个构件；

2）一个自然间或一个轴线内的条形基础为一构件；

3）单桩为一构件；

4）群桩的一个承台及其所含的基桩为一构件。

2 一个层高内的一根柱为一个构件。

3 一跨内的一根梁为一构件；若为连续梁时，可取一整根为一构件。

4 仅承受轴力的一根杆为一构件。

5 每层中相同构造的楼板为一个构件。

6 一榀桁架、拱架为一个构件。

7 两个节点间的一根连续的拉索、拉杆为一构件。

## 9.3 构件及连接安全性鉴定评级

**9.3.1** 玻璃结构构件及连接、节点的安全性鉴定，应按外观、材料、构造、承载力等四个检查项目，分别评定安全性等级并应取其中最低一级作为该构件及连接、节点的安全性等级。

**9.3.2** 构件及连接按外观进行安全性鉴定时，应符合下列规定：

1 应依据构件及连接外观各检测项目对应的安全性检测结果，按表9.3.2-1评定单个构件及连接的安全性鉴定等级。

表9.3.2-1 按外观评定单个构件及连接的安全性鉴定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级 | *a*u | *b*u | *c*u | *d*u |
| 构件 | 构件表面完好，无破损、无划痕、无裂缝、无腐蚀或锈蚀、无翘曲；夹层玻璃整体性完好，无影响性能的脱胶等现象 | 构件表面有轻微破坏、有轻微划痕、有局部轻微腐蚀或锈蚀现象，破损情况尚不显著影响构件承载力 | 构件表面有较明显破坏、有局部明显腐蚀或锈蚀，破损情况已显著影响构件承载力 | 不利情况比*c*u级严重，已严重影响构件承载能力；拉索或拉杆出现松弛现象 |
| 连接 | 连接表面完好、整体性强、无破损、无裂缝、无腐蚀或锈蚀、无松动、无翘起、无老化等现象 | 连接表面基本完好，表面有轻微破坏、轻微划痕、局部轻微腐蚀或锈蚀现象，破损情况尚不显著影响连接承载力 | 连接表面有较明显破坏，或有局部明显腐蚀或锈蚀，破损情况已显著影响连接承载力 | 不利情况比*c*u级严重，已严重影响连接承载能力 |

2 单个构件或支承结构尚宜按表9.3.2-2的规定评定由外形偏差值确定的安全性鉴定等级。

表9.3.2-2 按外形偏差值评定单个构件或支承结构的安全性鉴定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级 | *a*u | *b*u | *c*u | *d*u |
| 评级要求 | 最大外形偏差值不大于规范变形允许值的40% | 最大外形偏差值大于规范变形允许值的40%，但不大于允许值的80% | 最大外形偏差值大于规范变形允许值的80%，但不大于允许值的120% | 最大外形偏差值大于规范变形允许值的120% |

注：外形偏差值中不应包含自重引起的变形；单个支承结构变形允许值应以其跨度为基数计算。

3 应取本条第1款和第2款评定等级中的较低等级作为构件及连接的外观安全性鉴定等级。

**9.3.3** 构件及连接按材料性能进行安全性鉴定时，应依据材料性能检测结果按表9.3.3进行单个构件及连接的安全性评级。

表9.3.3 按材料性能评定单个构件及连接的安全性鉴定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级  评级项目 | *a*u | *b*u | *c*u | *d*u |
| 材质或材料性能指标 | 符合标准要求 | 不符合标准要求，但具体指标相差幅度不大于10% | 材质不符合规范要求；或材料性能指标不符合标准要求，具体指标相差幅度大于10%，但不大于15% | 不利情况比*c*u级严重者 |

**9.3.4** 构件及连接按构造要求进行安全性鉴定时，应依据构件及连接构造的检测结果按表9.3.4综合评定单个构件及连接的构造要求安全性鉴定等级。

表9.3.4 按构造要求评定单个构件及连接的安全性鉴定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级  评级项目 | *a*u | *b*u | *c*u | *d*u |
| 构件 | 截面组成形式、最小截面尺寸、最小板材厚度、洞口边缘的最小尺寸、构件长细比、翼缘宽厚比等符合标准要求 | 不符合标准要求，但具体指标相差幅度不大于15% | 不符合标准要求，具体指标相差幅度大于15%，但不大于30% | 不利情况比*c*u级严重者 |
| 连接 | 连接、节点传力明确、可靠，缝隙宽度、搭接长度、嵌入深度、支承长度等细部构造符合标准要求，能够安全使用 | 构造安全性略低于*a*u级要求，但不影响安全使用 | 构造安全性不符合*a*u级要求，已影响安全使用 | 构造安全性明显不符合*a*u级要求，严重影响安全使用 |

**9.3.5** 单个构件及连接按承载力进行安全性鉴定时，宜采用计算复核方法进行评级，并应符合下列规定：

1 应按下式计算单个构件、连接、节点的实际承载力系数：

 （9.3.5）

式中：——按实际情况计算的结构构件、连接、节点的实际抗力设计值；

——结构重要性系数；

——作用组合的效应设计值；

——构件、连接、节点的实际承载力系数。

2 单个构件按计算复核方法对承载力进行安全性鉴定时，应依据复核结果按表9.3.5-1进行评级；

表9.3.5-1 采用计算复核方法按承载力评定单个构件的安全性鉴定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级  评级项目 | *a*u | *b*u | *c*u | *d*u |
| 主要结构构件及节点、连接 | *β*≥1.0 | *β*≥0.95，且<1.0 | *β*≥0.90，且<0.95 | *β*<0.90 |
| 次要结构构件 | *β*≥1.0 | *β*≥0.9，且<1.0 | *β*≥0.85，且<0.90 | *β*<0.85 |

3 单个连接按计算复核方法对承载力进行安全性鉴定时，应依据复核结果对该连接传力途径上的各受力部位均按表9.3.5-2进行评级，并应取最低等级作为该连接的承载力安全性鉴定等级。

表9.3.5-2 采用计算复核方法按承载力评定单个连接的安全性鉴定等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 评定等级  评级项目 | *a*u | *b*u | *c*u | *d*u |
| 连接传力途径上的连接件、紧固件、胶接件、焊缝、埋件、五金件、附件复核验算 | *β*≥1.0 | *β*≥0.9，且<1.0 | *β*≥0.85，且<0.90 | *β*<0.85 |
| 结构胶体宽度复核 | *c*s≥*c*s0 | 0.85 *c*s0≤*c*s<*c*s0 | 0.7*c*s0≤*c*s<0.85*c*s0 | *c*s<0.7*c*s0 |
| 结构胶体厚度复核 | *t*s≥*t*s0 | 0.85 *t*s0≤*t*s<*t*s0 | 0.7*t*s0≤*t*s<0.85*t*s0 | *t*s<0.7*t*s0 |

注： 1 *c*s 为结构胶体的实际宽度；

2 *t*s为结构胶体的实际厚度；

3 *c*s0为结构胶粘接宽度计算值；

4 *t*s0为结构胶体粘接厚度计算值。

## 9.4 子单元、鉴定单元和结构的安全性鉴定评级

**9.4.1** 既有玻璃结构应按照子单元内构件、连接、节点的评级结果进行子单元的安全性鉴定评级，评级方法应符合现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292的有关规定。

**9.4.2** 既有玻璃结构鉴定单元的安全性鉴定评级，应根据子单元的评级结果按照现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292的规定进行评定，并应符合下列规定：

1 宜根据地基基础和上部承重结构评定结果中较低的等级确定鉴定单元的安全性评级。

2 当鉴定单元的安全性等级按本条第1款评为*A*u级或*B*u级，但围护系统承重部分的评定等级为*C*u级或*D*u级时，可根据实际情况将鉴定单元评级降低一级或二级，但降级后不应低于*C*u级。

**9.4.3** 既有玻璃结构建筑的安全性评级应根据鉴定单元的评级结果及结构中的其他安全问题进行综合评定。

## 9.5 鉴定报告

**9.5.1** 既有玻璃结构建筑安全性鉴定报告应包括下列内容：

1 工程概况；

2 鉴定范围和鉴定要求；

3 设计、材料、检测、施工、验收等资料收集情况；

4 鉴定依据；

5 鉴定层次及各层次的鉴定对象；

6 抽样及检测方案；

7 调查及检测结果；

8 计算分析与设计复核结果；

9 安全性鉴定评级；

10 结论和建议；

11 相关附件。

**9.5.2** 鉴定报告中应给出安全性鉴定等级为*c*u级、*d*u级构件、连接的位置和具体缺陷。

**9.5.3** 对结构或构件安全性鉴定所查出的问题，应根据其严重程度和具体情况提出适当的处理建议。这些建议包括但不限于下列方面：

1 减少结构上的荷载；

2 加固或更换结构构件；

3 临时支护；

4 停止使用；

5 拆除部分结构或全部结构。

## 9.6 性能提升

**9.6.1** 进行结构性能提升时，应确定玻璃结构性能提升后的设计工作年限。当玻璃结构的加固材料中使用结构胶粘剂时，其使用年限不宜低于25年。

【条文说明】9.6.1 玻璃结构性能提升后的设计工作年限(后续使用年限)，可由产权人与设计方按实际情况共同商定。

**9.6.2** 采用增大截面法对玻璃柱进行性能提升时，加固件与原构件可采用硅酮结构胶粘接，不宜采用环氧树脂结构胶粘接。

【条文说明】9.6.2 根据中国建筑科学研究院有限公司的试验研究结果，采用硅酮结构胶粘接加固件与原构件时，加固后的构件承载力离散性小，达到承载力前有一定变形，而采用环氧结构胶粘接加固件与原构件时，加固后的构件承载力离散性大，破坏无明显征兆。

**9.6.3** 当采用硅酮结构胶粘接翼缘板与原构件构造成T型截面玻璃柱时，加固后的玻璃柱承载力可按本规程附录B进行计算。

**9.6.4** 采用粘贴加筋法对面内受弯玻璃构件进行性能提升时，加筋材料可采用U型不锈钢型材，玻璃与配筋材料宜采用环氧树脂结构胶粘接，且结构胶厚度宜为1.5mm~2.5mm，胶粘剂的粘度系数宜为500MPa.s~5000MPa.s。

【条文说明】9.6.4 根据中国建筑科学研究院有限公司进行的加筋增强玻璃梁试验研究结果，采用U形截面配筋及环氧树脂结构胶粘接时，配筋和玻璃之间有效协同工作效果较好。结构胶厚度过薄会因温度应力导致玻璃与不锈钢脱粘，结构胶厚度过大将不利于玻璃与不锈钢协同工作，考虑到玻璃与不锈钢协同工作及施工便捷性，因此建议结构胶厚度宜为1.5mm~2.5mm，胶粘剂的粘度系数宜为500MPa.s~5000MPa.s。

**9.6.5** 粘贴加筋加固法加固面内受弯玻璃构件时，可按本规程第5.3.4条计算开裂荷载。玻璃开裂后，玻璃构件的受弯承载力可按下列公式计算：

 （9.6.5-1）

 （9.6.5-2）

 （9.6.5-3）

式中：——玻璃梁开裂后受弯承载力（N·mm）；

*f*y——不锈钢的屈服强度（N/mm2）；

*A*s——不锈钢的截面面积（mm2）；

*h*0——不锈钢形心与受压边缘的距离（mm）；

*x*——玻璃受压区高度（mm）；

——不锈钢与玻璃的弹性模量比；

*E*s——不锈钢的弹性模量（N/mm2）；

*E*g——玻璃的弹性模量（N/mm2）；

*t*——玻璃的截面厚度（mm）。

【条文说明】9.6.5 对于粘贴加筋加固的玻璃梁，其开裂荷载可不考虑配筋的有利贡献，只计算玻璃截面的开裂荷载。当玻璃与配筋之间采用刚性胶粘剂粘接时，构件的开裂后承载力可按平截面假定计算，并以不锈钢屈服时的荷载作为构件承载力设计值。

# 附录A 面内受弯构件屈曲临界弯矩计算方法

**A.0.1** 对于面内受弯构件（图A.0.1），其屈曲临界弯矩可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (A.0.1) |



图A.0.1 玻璃梁面内受力示意图

1——玻璃层；2——中间层胶片。

式中：*M*cr——面内受弯构件的屈曲临界弯矩（N·mm）；

*C*1、*C*2——系数，按表A.0.1取用；

*I*eff——夹层玻璃截面绕弱轴的等效惯性矩（mm4），按本规程第5.2.4条计算；

*GJ*eff——构件绕形心轴自由扭转刚度（N·mm2），按本规程第A.0.2条计算；

——夹层玻璃构件的计算跨度（mm）；

——荷载在截面上的作用点与截面剪力中心间的距离，当荷载作用方向指向剪心时，取负值，当荷载作用方向背离剪心时，取正值。

表A.0.1 不同荷载类型的、

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 荷载类型 |  |  |
| 跨中无侧向支承点 | 跨中集中荷载 | 1.35 | 0.55 |
| 满跨均布荷载 | 1.13 | 0.47 |
| 纯弯曲 | 1.00 | 0.00 |
| 跨中有一个 侧向支承点 | 跨中集中荷载 | 1.75 | 0.00 |
| 满跨均布荷载 | 1.39 | 0.14 |
| 跨中有2个 侧向支承点 | 跨中集中荷载 | 1.84 | 0.89 |
| 满跨均布荷载 | 1.45 | 0.00 |
| 跨中有3个 侧向支承点 | 跨中集中荷载 | 1.90 | 0.00 |
| 满跨均布荷载 | 1.47 | 1.00 |

【条文说明】A.0.1 本条文参考现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017附录C.1制定。

**A.0.2** 对于各层单片玻璃厚度相同的夹层玻璃，绕截面形心轴自由扭转刚度*GJ*eff可按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (A.0.2-1) |
|  | (A.0.2-2) |
|  | (A.0.2-3) |
|  | (A.0.2-4) |

式中：*J*eff——夹层玻璃的等效扭转惯性矩（mm4）；

*t*——玻璃的厚度（mm）；

*h*——梁截面高度（mm）；

*n*——玻璃板层数；

*J*——单层玻璃的自由扭转惯性矩（mm4）；

*J*tot——夹层玻璃截面完全组合时的自由扭转惯性矩（mm4）；

*η*t——与夹层剪切模量有关的系数；

*t*int——中间层胶片厚度（mm）；

*L*——夹层玻璃构件的计算跨度（mm）；

*G*——玻璃剪切模量（N/mm2），按本规程第4.2.16条采用；

*G*int——中间层胶片剪切模量（N/mm2），按本规程第4.3.2条确定。

【条文说明】A.0.2 Galuppi等人在文献“Enhanced Eﬀective Thickness for laminated glass beams and plates under torsion”提出了计算夹层玻璃等效扭转惯性矩的公式，本条参照该研究成果制定。

**A.0.3** 当面内受弯构件与面板通过结构胶连续、可靠粘接时，可考虑结构胶对面内受弯构件整体稳定性的有利影响。此时，结构胶的作用可假定为弹性约束（图A.0.3），面内受弯构件的临界弯矩可按下列公式近似计算：

 (A.0.3-1)

 (A.0.3-2)



图A.0.3 结构胶连续约束玻璃梁面内受力示意

1——玻璃层；2——中间层胶片。

式中：——面内受弯构件的整体稳定抗弯承载力设计值（N·mm）；

*C*3——系数，按表A.0.3取用；

——结构胶约束作用点与截面剪力中心间的距离，当结构胶约束受压侧时，取正值，当结构胶约束受拉侧时，取负值。

*E*——玻璃的弹性模量（N/mm2）；

*J*eff——绕截面形心轴自由扭转刚度（mm4），按本规程第A.0.2条计算;

*k*a——结构胶侧向支撑线刚度（N/mm2）；

*E*a——硅酮结构胶弹性模量（N/mm2）；

*d*a——硅酮结构胶粘接宽度（mm），对于胶缝有垫块等填充物材料时，应取结构胶实际粘接宽度；

*t*a——硅酮结构胶粘接厚度（mm）。

表A.0.3 系数*C*3取值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 荷载形式 | 跨中集中力 | 均布荷载 | 端弯矩 |
| *C*3 | 0.85 | 0.95 | 1 |

【条文说明】A.0.3 中国建筑科学研究院有限公司在文献“全玻幕墙中玻璃肋稳定性的理论分析及设计方法研究”中提出了玻璃梁受拉侧有连续弹性约束下的纯弯临界荷载计算公式，意大利学者Bedon等在文献“Analytical and numerical assessment of the strengthening effect of structural sealant joints for the prediction of the LTB critical moment in laterally restrained glass beams”中提出了荷载类型对受结构胶连续约束玻璃梁的临界荷载调整系数*C*3，本条规定参考了上述研究成果。

# 附录B 考虑结构胶弹性约束的玻璃柱承载力计算方法

**B.0.1** 对于一边与玻璃面板通过硅酮结构胶连续粘接、两端简支的轴心受压玻璃柱（图B.0.1），其弹性屈曲临界荷载可按下列公式计算：



图B.0.1 硅酮结构胶连续约束的玻璃构件示意

1-玻璃柱；2-硅酮结构胶；3-玻璃面板

 (B.0.1-1)

 (B.0.1-2)

 (B.0.1-3)

 (B.0.1-4)

 (B.0.1-5)

式中：——弹性屈曲临界荷载（N）；

*F*w,*F*y,*α*——计算参数；

*k*a——结构胶侧向支撑线刚度（N/mm2）；

*E*a——硅酮结构胶弹性模量（N/mm2）；

*d*a——硅酮结构胶粘接宽度（mm），对于胶缝有垫块等填充物材料时，应取结

构胶实际粘接宽度；

*t*a——硅酮结构胶粘接厚度（mm）；

*E*——玻璃的弹性模量（N/mm2）；

*G*——玻璃的剪切模量（N/mm2）；

*h*——玻璃截面高度（mm）；

*H*——玻璃柱高度（mm）；

*i*0——玻璃截面对剪心的极回转半径（mm）；

*I*eff——玻璃截面绕弱轴的惯性矩（mm4），夹层玻璃取等效惯性矩；

*J*eff——玻璃截面绕形心轴的扭转惯性矩（mm4），夹层玻璃取等效扭转惯性矩；

*n*——玻璃柱一阶屈曲半波数，按本附录B.0.2条确定，当*n*小于1时取1。

【条文说明】B.0.1 中国建筑科学研究院有限公司在文献“结构胶侧扭约束玻璃柱轴压承载力设计方法研究”中提出了一边与玻璃面板通过硅酮结构胶连续粘接、两端简支的玻璃柱轴压临界荷载。由于受到结构胶连续侧向约束作用，玻璃柱屈曲时将发生弯扭失稳，且一阶屈曲模态下的半波数可能大于1，因此计算玻璃柱轴压临界荷载需先确定一阶屈曲半波数。

对于夹层玻璃构件，公式中的绕弱轴等效惯性矩按本规程第5.2.4条确定，且式5.2.4-2中的计算跨度*L*应按屈曲半波长取值。

**B.0.2** 玻璃柱的一阶屈曲半波数可按下式估算：

 (B.0.2)

【条文说明】B.0.2 建议取*n*-1、*n*、*n*+1分别进行临界荷载计算，取临界荷载最小者为实际一阶屈曲半波数*n*。

**B.0.3** 玻璃柱的承载力可按下列公式进行计算：

 (B.0.3-1)

 (B.0.3-2)

 (B.0.3-3)

 (B.0.3-4)

 (B.0.3-5)

 (B.0.3-6)

式中：——玻璃柱的轴压承载力（N）；

*F*u,g——玻璃强度控制的轴压承载力（N）；

*F*u,ad——结构胶强度控制的轴压承载力（N）；

*B*,*C*,*α*——计算参数；

*A*——玻璃截面面积（mm2）；

*f*g——玻璃强度设计值（N/mm2）；

*u*0——初始面外弯曲挠度值（mm），按本规程第5.3.5条取用；

*W*y——玻璃截面绕弱轴的截面模量（mm3），夹层玻璃按本规程第5.2.4条取用；

*γ*——计算参数；

*f*v,ad——结构胶剪切强度（N/mm2）。

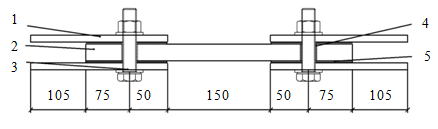
# 附录C 玻璃与不锈钢板之间抗滑移系数测试方法

**C.0.1** 检测构件摩擦面的抗滑移系数时，检测试件应符合下列规定：

1 检验试件（图C.0.1）与所代表的构件应为同一材质、同一摩擦面处理工艺、使用同一性能等级的摩擦型不锈钢螺栓，并应在相同条件下装配制作；

2 试件数量不宜少于10个；

3 检验试件设计时，应考虑试件在摩擦面滑移前不锈钢板的净截面仍处于弹性工作状态。



图C.0.1 抗滑移系数试件示意

1-不锈钢板；2-钢化玻璃；3-不锈钢螺栓；4-PVC管材；5-铝合金垫片

**C.0.2** 进行测试试验时，应调整试件的轴线与试验机夹具中心对中。附加夹具应与不锈钢板完全接触，误差应控制在0.1mm以内。

**C.0.3** 测试试验应在计算机控制的电液伺服万能试验机上加载，并应符合下列规定：

1 试验机最大试验力值不宜低于滑移承载力值的3倍，试验力测量范围应为最大试验力值的2%-100%，试验力示值相对误差应为±1.0%，活塞移动最大速度不应低于50mm/min。

2 应使用引申计配合试验机监测试件滑移位移。

3 试验环境温度宜为23℃±5℃，相对湿度宜为30%~40%。

**C.0.4** 试验可采用力控制加载方式，加载速度应控制在0.1 kN/s-0.5kN/s之间。当试件发生滑动时应停止试验，并记录此时的滑移荷载值。

【条文说明】判断滑移破坏的方法通常有：

1）试件发生滑动；

2）试件发生滑动响声；

3）引申计X-Y记录仪上的曲线发生突变。

**C.0.5** 抗滑移系数应按下式计算：

 （C.0.5）

式中：——试验记录的滑移荷载（N）；

——传力摩擦面数目，取2；

——不锈钢螺栓预拉力实测值（N）；

——与试件滑动荷载一侧对应的不锈钢螺栓预拉力之和（N）。

**C.0.6** 同批次试件样本的抗滑移系数可取每个样本抗滑移系数平均值，且抗滑移系数的最大离散度不宜大于10%。

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，在条件允许时首先这样做的：

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”。

引用标准名录

1. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
2. 《建筑抗震设计规范》GB 50011
3. 《建筑设计防火规范》GB 50016
4. 《钢结构设计标准》GB 50017
5. 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
6. 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
7. 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
8. 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
9. 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
10. 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
11. 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
12. 《建筑施工组织设计规范》GB/T 50502
13. 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50728
14. 《钢结构工程施工规范》GB 50755
15. 《优质碳素结构钢 技术条件》GB/T 699
16. 《碳素结构钢》GB/T 700
17. 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧薄钢板及钢带》GB/T 912
18. 《塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则》GB/T 1040.1
19. 《塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件》GB/T 1040.3
20. 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228
21. 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231
22. 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
23. 《连续热镀锌板及钢带》GB/T 2518
24. 《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567
25. 《合金结构钢 技术条件》GB/T 3077
26. 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
27. 《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2
28. 《紧固件机械性能 螺母、细牙螺纹》GB/T 3098.4
29. 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉、螺柱》GB/T 3098.6
30. 《紧固件机械性能 不锈钢螺母》GB/T 3098.15
31. 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板及钢带》GB/T 3274
32. 《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280
33. 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢带》GB/T 3524
34. 《一般工业用铝及铝合金板、带材》GB/T 3880
35. 《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237
36. 《铝合金建筑型材 第一部分：基材》GB 5237.1
37. 《紧固件 螺栓和螺钉》GB/T 5277
38. 《工业用橡胶板》GB/T 5574
39. 《胶黏剂 拉伸剪切强度的测定（刚性材料对刚性材料）》GB/T 7124
40. 《结构用无缝钢管》GB/T 8162
41. 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
42. 《螺栓或螺钉和平垫圈组合件》GB/T 9074.1
43. 《平板玻璃》GB 11614
44. 《中空玻璃》GB/T 11944
45. 《硅酮建筑密封胶》GB/T 14683
46. 《钢结构防火涂料》GB 14907
47. 《建筑用安全玻璃 第1部分：防火玻璃》GB 15763.1
48. 《建筑用安全玻璃 第2部分：钢化玻璃》GB 15763.2
49. 《建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃》GB 15763.3
50. 《建筑用安全玻璃 第4部分：均质钢化玻璃》GB 15763.4
51. 《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776
52. 《防火封堵材料》GB 23864
53. 《3A分子筛》GB/T 10504
54. 《半钢化玻璃》GB/T 17841
55. 《栓接结构用紧固件》GB/T 18230.1
56. 《着色玻璃》GB/T 18701
57. 《镀膜玻璃》GB/T 18915.1~2
58. 《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878
59. 《建筑用阻燃密封胶》GB/T 24267
60. 《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498
61. 《中空玻璃用弹性密封胶》GB/T 29755
62. 《玻璃缺陷检测方法 光弹扫描法》GB/T 30020
63. 《夹层玻璃中间层材料剪切模量的测量方法》GB/T 32061
64. 《3.3硼硅玻璃 性能》GB/T 34843
65. 《玻璃材料弯曲强度试验方法》GB/T 37781
66. 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
67. 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
68. 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
69. 《建筑门窗五金件 通用要求》JG/T 212
70. 《建筑用钢质拉杆构件》JG/T 389
71. 《夹丝玻璃》JC 433
72. 《既有建筑地基可靠性鉴定标准》JGJ/T 404
73. 《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441
74. 《建筑幕墙用硅酮结构密封胶》JG/T 475
75. 《贴膜玻璃》JC 846
76. 《幕墙玻璃接缝用密封胶》JC/T 882
77. 《中空玻璃用丁基热熔密封胶》JC/T 914
78. 《热弯玻璃》JC/T 915
79. 《釉面钢化玻璃与釉面半钢化玻璃》JC/T 1006
80. 《超白浮法玻璃》JC/T 2128
81. 《夹层玻璃用聚乙烯醇缩丁醛(PVB)胶片》JC/T 2166
82. 《建筑门窗幕墙用钢化玻璃》JGT 455
83. 《玻璃安全膜技术规范》CAS 140
84. 《不锈钢结构技术规程》CECS 410
85. 《建筑橡胶密封垫 预成型实心硫化的结构密封垫用材料规范》HG/T

3099

1. 《中空玻璃胶》T/ZBH 004

中国工程建设协会标准

玻璃结构工程技术规程

T/CECS×××

条文说明