

# 第一章 绪论

在建筑工程中，由于勘察、设计、施工、使用等方面存在某些失误，以及自然灾害等原因，使工程出现了结构强度降低、刚度和稳定性不足及使用功能、建筑外观受到严重影响等问题。这些问题，不仅影响建筑工程的正常使用，严重的还将导致工程报废，给国家财产造成巨大损失或危及人民的生命安全。因此，对工程质量存在的问题，采取有效的措施，加以预防和处理，是一个不可忽视的问题。

## 1.1 工程质量事故类别与常见原因

### 1.1.1 工程质量事故

《建筑法》规定：“建筑工程勘察、设计、施工的质量必须符合国家有关建筑工程安全标准的要求”“建筑物在合理使用寿命内，必须确保地基基础和主体结构的质量”“交付竣工验收的建筑工程，必须符合规定的建筑工程质量标准”。

建筑工程的分部工程和单位工程，凡是不符合规定的建筑工程质量标准者，均应视为存在质量问题。这些质量问题在《建筑法》中划分为质量事故和质量缺陷两类，任何单位和个人都有权对质量事故、质量缺陷进行检举、控告和投诉。

建设部有关文件规定：凡质量达不到合格标准的工程，必须进行返修、加固或报废，由此造成的直接经济损失在 100 000 元以上的称为重大质量事故；直接经济损失在 100 000 元以下，5000 元（含 5000 元）以上的为一般工程质量事故；不足 5000 元的列为质量问题。

以上所述达不到质量标准，一般是指按照国家标准《建筑安装工程质量检验评定统一标准》（GBJ300-88）和《建筑工程质量检验评定标准》（GBJ301-88）对在建或建成工程进行检查验收，达不到合格的标准；或者建筑结构的性能，达不到《建筑结构设计统一标准》（GBJ68-84）的规定者。

在工程实践中，工程质量的缺陷经常发生，把各种缺陷都称为事故是不妥当的。因为有些缺陷不仅不易避免，而且规范也允许，例如，普通混凝土结构的受拉区出现宽度不大的裂缝，只要不影响建筑物正常使用，能达到建筑功能的要求，就不应算为质量事故。但是应该注意，有些事故开始往往只表现为一般的质量缺陷易被忽视，随着建筑物的使用或时间的推移，缺陷逐步发展，待发现问题严重时，则往往很难处理，或无法补救，甚至最终导致建筑物倒塌。因此，除了明显不会有严重后果

的质量缺陷外，对其他的质量问题均应认真分析，进行必要的处理，并做出明确的结论。

已有的工程由于功能改变、加层、改造等原因，致使结构或构件不能满足有关规范的要求，尽管不属于一般意义上的事故，但其后续处理工作同事故的处理有许多相同或相似之处，故书中将其一并论述。

### 1.1.2 工程质量事故类别

工程质量事故的分类方法很多，如按事故原因、发生时期、造成的危害及事故处理方式等都可进行分类。按事故性质分类，主要有以下 7 类。

倒塌事故：指建筑物整体或局部倒塌。

开裂事故：包括砌体或混凝土结构开裂。

错位事故：包括建筑物方向、位置错误；结构构件尺寸、位置偏差过大及预埋件、预留洞等错位偏差超过规定等。

地基工程事故：地基失稳或变形，斜坡失稳等。

基础工程事故：包括基础错位、变形过大，强度不足，设备基础振动过大等。

结构或构件承载力不足事故：主要指因承载力不足留下的隐患性事故。如混凝土结构中漏放或少放钢筋；钢结构中杆件连接达不到设计要求等。

建筑功能事故：包括房屋漏水、渗水，隔热或隔声功能达不到设计要求，装饰工程质量达不到标准等。

### 1.1.3 工程质量事故的主要原因

造成工程质量事故的主要原因有 9 种，分别介绍如下。

#### (1) 违反基本建设程序

如不作可行性研究，即搞项目建设；无证设计或越级设计；无图施工、越级承包工程、盲目蛮干等均可造成事故。

#### (2) 地质勘察问题

如不认真进行地质勘察，随便估计地基承载力；勘测钻孔间距太大、深度不够、勘察报告不详细、不准确等，不能全面、准确地反映地基的实际情况，导致基础设计错误等。

#### (3) 设计计算问题

如结构方案不正确；结构计算简图与实际受力情况不符；少算或漏算荷载；内力计算错误；结构构造不合理等。

#### (4) 建筑材料、制品质量低劣

如结构材料力学性能不符合标准，化学成分不合格；水泥标号不足，安定性不合格，钢筋强度低、塑性差，混凝土强度达不到要求，防水、保温、隔热、装饰材料质量不良等。

#### (5) 建筑物使用不当

如未经核算就在原有建筑物上加层；任意改变用途，加大设备荷载；在结构或构件上凿各种孔洞、沟槽；不清除屋面上大量的积灰，以及不进行必要的维修等。

#### (6) 施工中忽视结构理论

如不懂土力学原理，盲目施工，造成不应发生的塌方、移位或裂缝，不能正确区别构件在使用和施工阶段的受力性质；忽视砌体工程施工阶段的稳定性；对装配式结构施工中各阶段的强度、刚度和稳定性认识不足；施工荷载不控制，造成严重超载；不验算悬挑结构在施工中的强度和稳定性；模板、支撑以及脚手架设置不当等。

#### (7) 施工工艺不当

如土方开挖、回填没有合理的安全、技术措施；各分项工程施工顺序组织不合理；砌体工程组砌方法不当而出现通缝；混凝土拆模时间太早，造成裂缝或者局部倒塌等。防水细部不按规程操作。

#### (8) 施工组织管理不善

不熟悉图纸，盲目施工；任意修改设计；不按施工规程操作；对进场材料与制品不按规定检查验收；没有健全的各级技术责任制等管理制度；施工方案考虑不周，技术组织措施不当；土建与其他各专业施工单位配合协调差等。

#### (9) 灾害性事故

如地震、大风、大雪、火灾、爆炸等引起的整体失稳、倒塌事故。

## 1.2 质量事故处理的任务与特点

### 1.2.1 事故处理的主要任务

技术范畴的质量事故处理的主要任务有 6 项。

#### (1) 创造正常施工条件

工程质量事故大多数发生在施工期，而且事故往往影响施工的正常进行，只有及时、正确地处理事故，才能创造正常的施工条件。

#### (2) 确保建筑物安全

对结构裂缝、变形等明显的质量缺陷，必须做出正确的分析、鉴定，估计可能出现的发展变化及其危害性，并进行适当处理，以确保结构安全。对结构构件中的隐患，如混凝土或砂浆强度不足，构件中漏放钢筋或钢筋严重错位等事故，都要从设计、施工等方面进行周密的分析和必要的计算，并采用适当的处理措施，排除这些隐患，保证建筑物安全使用。

#### (3) 满足使用要求

建筑物尺寸、位置、净空、标高等方面的过大误差事故，隔热保温、隔声、防水、防火等建筑功能事故，以及损害建筑物外观的装饰工程事故等，均可能影响功能或

使用要求，因此必须予以适当的处理。

#### (4) 保证建筑物具有一定的耐久性

有些质量事故虽然在短期内不影响使用和安全，但可能降低耐久性。如混凝土构件中的较宽裂缝、混凝土密实性差、钢构件防锈质量差等，均可能减少建筑物使用年限，也必须进行适当处理。

#### (5) 防止事故恶化，减小损失

很多质量事故随时间和外界条件而变化，必须及时采取措施，避免事故不断扩大造成不应有的损失。如持续发展的过大的地基不均匀沉降，混凝土和砌体受压区宽度不大的裂缝等均应及时处理，防止发展成倒塌造成人身伤亡事故。

#### (6) 有利于工程交工验收

施工中发生的质量事故，必须在后续工程施工前，对事故原因、危害、是否处理、处理方法等问题做出必要的结论，并使有关方面达成共识，做好记录备案，各方签字，避免到交工验收时，发生不必要的争议而延误工程的使用。

### 1.2.2 质量事故处理的特点

与新建工程的施工相比，工程质量事故的处理有其特殊性，主要表现在以下6点。

#### (1) 复杂性

由于建筑物种类繁多，使用功能不同，建筑物所处环境条件不同，造成事故处理施工过程中出现复杂的技术问题。如果事故发生在使用阶段，还涉及使用方面的问题。同一形态的事故，其产生的原因、性质及危害程度会截然不同。所有这些众多的因素，造成质量事故处理的复杂性。

#### (2) 危险性

除了事故的复杂性给其处理工作带来的危险性外，还有以下两个方面的危险因素：一是有些事故随时可能诱发建筑物的突然倒塌；二是事故排除过程中，也可能造成事故恶化或人员伤亡。

#### (3) 连锁性

处理建筑物局部质量事故的同时，应考虑修复工程对下部结构乃至地基的影响。如板承载力不足的加固，往往引起从板、梁、柱到基础的连锁性加固。

#### (4) 选择性

同一事故的处理方法和处理时间可有多种选择。在处理时间方面，一般均应及时进行处理，但也有些事故，匆忙处理，不能取得预期的效果，甚至造成事故重复处理。在处理方案方面，要综合考虑安全性、经济性、可行性、方便程度、可靠性等因素分析比较后选定最优方案。

#### (5) 技术难度大

通常修复补强工程比新建工程的技术难度大得多。因此除了正确分析事故原

因,并提出有针对性的措施外,还必须严格控制事故处理设计、施工准备和操作、检查验收,以及处理效果检验等项工作的质量。

#### (6) 高度的责任性

事故处理不仅涉及结构安全和建筑功能等方面的技术问题,而且还牵涉到单位之间的关系和人员处理,所以事故处理必须十分慎重。

## 1.3 质量事故处理的原则与要求

### 1.3.1 事故处理必须具备的条件

质量事故处理必须具备以下 6 项条件。

#### (1) 事故情况清楚

一般包括事故发生的时间、部位、事故状况的描述。有必要的图纸说明,事故观测记录和发展变化规律等。

#### (2) 事故性质明确

确定事故性质,主要应明确区分以下 3 个问题。

1) 是结构性的还是一般性的问题。如建筑物裂缝是由承载力不足引起的,还是地基不均匀沉降或温度变形而造成的;又如构件产生过大的变形,是结构刚度不足还是施工缺陷造成的等。

2) 是表面性的还是实质性的问题。如混凝土表面出现蜂窝麻面,就需要查清内部有无孔洞;又如结构裂缝,应查明裂缝深度,对钢筋混凝土结构,还要查明钢筋锈蚀情况等。

3) 区分事故处理的迫切程度。事故是否需要立即处理,如不及时处理,建筑物(或结构)会不会突然倒塌,是否需要采取防护措施,以免事故扩大恶化。

#### (3) 事故原因分析准确、全面

要对事故原因进行准确全面的分析。如地基承载力不足造成事故,应该查清是地基土质不良还是地下水位变化,或者出现侵蚀性环境;是原地质勘察报告不准,还是发现新的地质构造,或是施工工艺或组织管理不善而造成等。又如结构构件承载力不足,是设计截面偏小,还是施工质量差,或是超载。

#### (4) 事故评价基本一致

对发生事故部分的建筑结构质量进行评价,包括建筑功能、结构安全、使用要求及对施工的影响等评价。要根据实测的资料,结合工程实际构造等情况进行结构验算,有的还要做荷载试验,确定结构实际性能。在进行上述工作时,有关各单位的评价应基本达成一致的认识。

#### (5) 处理目的和要求明确

常见的处理目的要求有恢复外观、防渗堵漏、封闭保护、复位纠偏、减少荷载、

结构补强、拆除重建等。

#### (6) 事故处理所需资料齐全

包括有关施工图纸、施工原始资料（材料质量证明、施工记录、试块试验报告、检查验收记录等），事故调查报告，有关单位对事故处理的意见和要求等。

### 1.3.2 质量事故处理的注意事项

#### (1) 综合治理

首先要防止原有事故的处理引发新的事故；其次注意处理方法的综合应用，以便取得最佳效果。如构件承载力不足，不仅可选择补强加固方案，还可考虑结构卸载、增设支撑、改变结构组成等多种方案或其综合应用。

#### (2) 消除事故的根源

这不仅是一种处理方向和方法，而且还是防止事故再次发生的重要措施。如超载引起的事故，应严格控制施工或使用荷载；地基浸水引起地基下沉，首先应切断浸水来源等。

#### (3) 事故处理期的安全

事故处理期间的安全，一般应注意以下 4 个方面。

1) 随时可能发生倒塌的事故，只有得到可靠支护后，方准许进行事故处理，以防发生人员伤亡。

2) 对需要拆除的结构部分，应在制定安全措施后，方可开始拆除工作。

3) 凡涉及结构安全的，都应对处理阶段的结构强度和稳定性进行验算，提出可靠的安全措施，并在处理中严密监视结构的稳定性。

4) 在不卸载情况下进行结构加固时，要注意加固方法对结构承载力的影响。

#### (4) 加强事故处理的检查验收工作

为确保事故处理的工程质量，必须从准备阶段开始，对各施工环节进行严格的质量检查验收。处理工作完成后，还应对处理工程的质量进行全面检验，以确认处理效果。

### 1.3.3 不需处理的质量事故

有些工程质量问题，虽已超出规范的规定而构成事故，但不会影响到结构的安全。可以针对工程的具体情况，通过分析论证，从而作出不需要专门处理的结论。常见的有以下 5 种情况。

#### (1) 不影响结构安全和正常使用

如有的错位事故，如要纠正，困难很大或造成巨大经济损失，经过全面分析论证，只要不影响生产工艺和正常使用，可以不作处理。

#### (2) 施工质量检验存在问题

如有的混凝土结构检验强度不足，是因为试块制作、养护、管理不善，其试验结

果并不能真实地反应结构混凝土质量，在采用非破损检验等方法测定结构实际强度已达到设计要求时，可不作处理。

### (3) 不影响后续工程施工和结构安全

如后张法制作预应力屋架，下弦产生细微裂缝等局部缺陷，只要经过分析验算证明，施工中不会发生问题，就可继续施工。因为一般情况下，下弦混凝土截面中的施工应力大于正常的使用应力，只要通过施工的考验，使用时不会发生问题，不需专门处理，仅进行表面修补即可。

### (4) 利用后期强度

有的混凝土强度虽未达到设计要求，但相差不多，同时短期内不会满荷载（包括施工荷载），此时可考虑利用混凝土后期强度，只要使用前达到设计强度，也可不作处理，但应严格控制施工荷载。

### (5) 通过对原设计进行验算可以满足安全要求

基础或结构构件截面尺寸不足，或材料力学性能达不到设计要求，而影响结构承载力，可以根据实测的数据，结合设计的要求进行验算，如仍能满足安全要求，并经设计单位同意后，可不进行处理。但应指出，这是在挖设计潜力，需特别慎重。

不论何种情况，事故虽然可以不进行处理，但仍必须征得设计及有关单位的同意，并备好必要的书面文件，经有关单位签证后，供交工和使用参考。

## 1.4 事故处理的程序与主要内容

工程质量事故处理的一般程序为：事故调查→事故原因分析→结构可靠性鉴定→事故调查报告→确定处理方案→事故处理设计→处理施工→检查验收→结论。

### 1.4.1 事故调查

事故调查内容包括勘察、设计、施工、使用及环境条件等方面的调查，一般可分为初步调查、详细调查和补充调查。

#### (1) 初步调查

初步调查的内容包括以下 4 项。

1) 工程情况。建筑物所在场地的特征，如临近建筑物情况、有无腐蚀性环境条件等，建筑结构主要特征，事故发生时工程的现场情况或工程使用情况等。

2) 事故情况。发现事故的时间和经过，事故现状和实测数据，从发现到调查时的事故发展变化情况，人员伤亡和经济损失，事故的严重性（是否危及结构安全）和迫切性（不及时处理是否会出现严重后果），以及是否对事故进行过处理等。

3) 设计资料。设计图纸（建筑、结构、水电、设备）和说明书、工程地质和水文地质勘测报告等。

4) 其他资料。建筑材料及成品等的合格证和检验报告；施工原始记录；已交工的工程应调查其用途、使用荷载等有关情况。

#### (2) 详细调查

详细调查包括如下 7 项内容。

1) 设计情况。设计单位资质，图纸是否齐全，设计构造是否合理，结构计算简图和计算方法及结果正确与否。

2) 地基基础情况。地基实际状况、基础构造尺寸和勘察报告、设计要求是否一致，必要时应开挖检查。

3) 结构实际状况。结构布置、构造连接方法、构件状况等。

4) 结构上各种作用的调查。主要调查结构上的作用及其效应，以及作用效应组合的分析，必要时进行实测统计。

5) 施工情况。施工方法、施工规范执行情况，施工进度，施工荷载的统计分析。

6) 建筑物变形观测。沉降观测记录，结构或构件变形观测记录等。

7) 裂缝观测。裂缝形状与分布特征，裂缝宽度、长度、深度及裂缝的发展变化规律等。

#### (3) 补充调查

补充调查往往需要补做某些试验、检验和测试工作，通常包括以下 5 个方面的工作。

1) 对有怀疑的地基进行补充勘测。如持力层以下的地质情况；原勘测孔之间的地质情况等。

2) 测定所用材料的实际性能。如取钢材、水泥进行物理试验、化学分析；在结构上取试样，检验混凝土或砖砌体的实际强度；用回弹仪、超声波和射线进行非破坏性检验。

3) 建筑物内部缺陷的检查。如用锤击结构表面，检查有无起壳和空洞；凿开可疑部位的表层，检查内部质量；用超声波探伤仪测定结构内部的孔洞、裂缝和其他缺陷等。

4) 荷载试验。根据设计和使用要求，对结构或构件进行荷载试验，检查其实际承载能力、抗裂性能与变形情况。

5) 较长时期的观测。对建筑物已出现的缺陷进行较长时间的观测检查，以确定缺陷是否已经稳定，还是在继续发展，并进一步寻找其发展变化的规律等。

实践表明，许多事故要依据补充调查的资料，才可以进行分析与处理，所以补充调查的重要作用不可忽视。但是补充调查项目，既费事又费钱，只在由已调查资料还不能满足分析、处理事故要求时，才做一些必要的补充调查。

### 1.4.2 事故原因分析

事故原因的分析应建立在事故调查的基础上，其主要目的是分清事故的性质、

类别及其危害程度，为事故处理提供必要的依据。因此，原因分析是事故处理工作中的一项关键工作。在进行原因分析时，应着重弄清以下 3 个事项。

(1) 确定事故原点。事故原点是事故发生的初始点，如房屋倒塌开始于某根柱的某个部位等。事故原点的状况往往反映出事故的直接原因。因此，在事故分析中，寻找与分析事故原点非常重要。找到事故原点后，就可围绕它对现场上各种现象进行分析，把事故的发生和发展全部揭示出来，从中找出事故的直接原因和间接原因。

(2) 正确区别同类型事故的不同原因。同类型的事故，其原因会不同，有时差别很大。要根据调查的情况，对事故进行认真、全面的分析，找出事故的根本原因。

(3) 注意事故原因的综合性。不少事故，尤其是重大事故的原因往往涉及设计、施工、材料、制品质量和使用等几个方面。在事故原因分析中，要全面估计各种因素对事故的影响，以便采取综合治理措施。

### 1.4.3 结构可靠性鉴定

结构可靠性是指结构在规定的时间内、规定的条件下，完成预定功能的能力，包括安全性、适用性和耐久性。结构可靠性鉴定，就是根据事故调查取得的资料，对结构的安全性、适用性和耐久性进行科学的评定，为事故的处理决策确定方向。

可靠性鉴定是在实测数据的基础上，按照国家现行标准（如《建筑结构荷载规范》《混凝土结构设计规范》等）的规定，对结构进行验算，最后做出结构可靠程度的评价。

结构可靠性鉴定结论一般由专门从事建筑物鉴定的机构做出。

### 1.4.4 事故调查报告

为满足事故处理的要求，事故调查报告应包括下述主要内容。

工程概况，重点介绍与事故有关部分的工程情况；事故概况，主要包括事故发生或发现时间、事故现状和发展变化情况；事故是否已进行过处理，包括对缺陷部分进行的封堵、为防止事故恶化而设置的临时支护措施；如已进行过处理，但未达到预期效果，也应予以注明；事故调查中的实测数据和各种试验数据；事故原因分析；结构可靠性鉴定结论；事故处理的建议等。

### 1.4.5 确定处理方案

质量事故处理方案应根据事故调查报告、实地勘察结果和确认的事故性质，以及用户的要求确定。同类型和同一性质的事故可选用不同的处理方案。如结构或构件承载力不足，可采用结构卸载，或通过改变结构受力体系以减小结构内力，或用结构补强等方案处理。在选用处理方案时，应遵循前面提到的原则，尤其应该重视工程实际条件，以确保处理工作进行顺利和处理效果的可靠。

#### 1.4.6 事故处理设计

事故处理设计应注意以下 3 个事项。

(1) 应按照有关设计规范的规定进行

设计应按照有关设计规范的规定进行,对各种作用(包括处理施工中的作用)的影响均要考虑全面,不得遗漏。

(2) 考虑施工的可行性

事故处理设计除了选用合理的构造措施和按照结构上的实际作用,进行承载力、正常使用功能等方面的设计计算外,还应考虑施工方法和施工方案的可行性,以确保处理质量和安全。

(3) 重视结构环境的不良影响

事故处理设计时,对高温、腐蚀、冻融、振动等环境原因造成的结构损坏,气温变化引起的结构裂缝和渗漏等,均应提出相应的处理对策,防止事故再次发生。

#### 1.4.7 事故处理施工

事故处理施工应严格按照设计要求和有关的标准、规范的规定进行,并应注意以下 5 个事项。

(1) 把好材料质量关

事故处理所用材料的质量应符合有关材料标准的规定。选用的复合材料,如树脂混凝土、微膨胀混凝土、喷射混凝土、化学灌浆材料、黏结剂等均应在施工前进行试配,并检验其物理力学性能,确保处理质量和施工的顺利进行。

(2) 认真复查事故实际状况

事故处理施工中,如发现事故情况与调查报告所述内容差异较大,应停止施工,会同设计等单位采取适当措施后再施工。施工中若发现原结构的隐蔽工程有严重缺陷,可能危及结构安全时,也应立即采取适当的支护措施,或紧急疏散现场人员。

(3) 做好施工组织设计

事故处理前,要认真编制施工方案或施工组织设计,对施工工艺、质量、安全等提出具体措施,并进行技术交底。

(4) 加强施工检查

要根据有关规范的规定,认真检查原材料、半成品的质量,混凝土和砂浆强度以及施工质量等。其中尤应着重检查节点质量和新旧混凝土连接的质量。质量检查应从施工准备开始,直至竣工验收,及时办理隐蔽工程的必要的中间验收记录。

(5) 确保施工安全

事故现场中不安全因素较多,另外还有处理时必须做的局部拆除或剔凿等新增的危险因素,处理所用材料多数有毒或有腐蚀性等,因此事故处理前必须制定

可靠的安全技术和劳动保护措施，并在施工中要严格贯彻执行。

#### 1.4.8 工程验收和处理效果检验

事故处理工作完成后，应根据规范规定和设计要求进行检查验收，并办理竣工验收文件。

为确保处理效果，凡涉及结构承载力等使用安全和其他重要性的处理工作，常需做必要的试验、检验工作。常见的检验工作有：混凝土钻芯取样，用于检查密实性和裂缝修补效果，或检测实际强度；结构荷载试验；超声波检测焊接或内部质量；池、罐等工程的渗漏检验等。

#### 1.4.9 事故处理结论

工程质量事故经过处理后，都应有明确的书面结论。若对后续工程施工有特定的要求，或对建筑物使用有一定的限制条件，也应明确地在结论中提出。

### 思 考 题

- 1.1 建筑工程质量事故是如何分类的？
- 1.2 事故处理的主要任务是什么？
- 1.3 处理工程质量事故要注意哪些问题？
- 1.4 事故处理的程序及主要内容有哪些？

## 第二章 建筑物的检测和可靠性鉴定

施工中或使用中出现事故的建筑物（或结构构件），对其进行处理前，首先要由专业鉴定机构或组织进行全面的质量检测，并做出可靠性鉴定结论，为事故的处理提供依据。本章介绍建筑物的检测内容和鉴定方法。

### 2.1 钢筋混凝土结构的检测

钢筋混凝土结构具有承载力大、整体性能好等优点，是工程上广泛应用的结构类型。由于设计、施工和使用中的种种原因，会存在各种不同的质量问题。房屋功能的改变，厂房生产工艺的变化，均会增加建筑结构的荷载；突然出现的灾害，如火灾、地震等，更易使结构受到损坏。对其进行的检测是质量鉴定、加固补强的必要前提。这类检测，是在已有构件上直接检测，要尽量不损伤或少损伤混凝土构件，但又要达到规定的检测精确度，因此存在一定的难度。

#### 2.1.1 结构构件的外观和位移检查

建筑结构的的外观特征能大致反映出它本身的使用状况。如构件由于各种原因承受过大荷载，会在混凝土表面出现裂缝或剥落；钢筋混凝土构件中的钢筋锈蚀，则产生沿钢筋方向的裂缝；柱子倾斜，会使其偏心受压以致失稳倒塌。因此对混凝土结构的外观和变形、位移的测定应予以重视。

##### 1. 结构构件的外形尺寸

结构构件的尺寸，直接关系到构件的刚度和承载力。准确度量构件尺寸，可以为结构验算提供可靠的资料。

用钢尺测量构件长度，并分别测量构件两端和中部的截面尺寸，确定构件的高度和宽度。构件尺寸的允许偏差，如设计上无特殊要求时，应符合《混凝土结构工程施工及验收规范》（GB50204-92）的规定（见表 2.1）。

表 2.1 构件尺寸的允许偏差

构 件 名 称	项 目	允许偏差/mm
板、梁 柱 墙板 薄腹梁、桁架	长 度	+10, -5 +5, -10 ±5 +15, -10
板、梁、柱、墙板、薄腹梁、桁架	宽 度	±5
板、梁、柱、墙板、薄腹梁、桁架	高 度	±5

## 2. 构件表面蜂窝面积

蜂窝是指混凝土表面无水泥砂浆，露出石子深度大于 5mm，但小于保护层厚度的缺陷。它是由于混凝土配比中砂浆少石子多、砂浆与石子分离、混凝土搅拌不均匀、振捣不实及模板露浆等多种原因造成的。可用钢尺或百格网量取蜂窝的面积。

根据《建筑工程质量检验评定标准》(GBJ301-88)，检查按梁、柱和独立基础的件数各抽查 10%，但不得少于 3 件；条形基础、圈梁每 30~50m 抽查一处（每处 3~5m）但不少于 3 处；墙和板按有代表性的自然间抽查 10%；墙每 4m 左右高为一个检查层，每层 1 处 板每间为 1 处，但均不少于 3 处。蜂窝在梁、柱上一处不大于 1000cm<sup>2</sup> 累计不大于 2000cm<sup>2</sup> 为合格 基础、墙、板上的一处不大于 2000cm<sup>2</sup> 累计不大于 4000cm<sup>2</sup> 为合格。

## 3. 构件表面的孔洞和露筋缺陷

孔洞是指深度超过保护层厚度，但不超过截面尺寸 1/3 的缺陷。它是由于混凝土浇筑时漏振或模板严重漏浆所致。检查数量与检查混凝土表面蜂窝面积数量相同。检查方法为凿去孔洞周围松动石子，用钢尺量取孔洞的面积及深度。梁、柱上的孔洞面积任何一处不大于 40cm<sup>2</sup>，累计不大于 80cm<sup>2</sup> 为合格 基础、墙、板上的孔洞面积任一处不大于 100cm<sup>2</sup> 累计不大于 200cm<sup>2</sup> 为合格。

露筋是指钢筋没有被混凝土包裹而外露的缺陷。它是由于钢筋骨架放偏、混凝土漏振或模板严重漏浆所致。旧建筑物的露筋还可能是由于混凝土表层碳化、钢筋锈蚀膨胀致使混凝土保护层剥落形成。检查数量与检查混凝土表面蜂窝面积的数量相同。用钢尺量取钢筋外露长度。梁、柱上每个检查件（处）任何一根主筋露筋长度不大于 10cm 累计不大于 20cm 为合格，但梁端主筋锚固区内不允许有露筋。基础、墙、板上每个检查件（处）任何一根主筋露筋长度不大于 20cm 累计不大于 40cm 为合格。

## 4. 混凝土裂缝

钢筋混凝土结构出现裂缝难以避免。形成混凝土裂缝的原因很多，荷载超载、地基沉降引起裂缝；温差变化、混凝土收缩等产生裂缝；养护方法不当和过早拆模也产生裂缝等。《混凝土结构设计规范》(GBJ10-89) 中规定，一般非预应力结构中的屋架、托架和重级工作制吊车梁的裂缝宽度不大于 0.2mm，其他非预应力结构构件的裂缝宽度不大于 0.3mm。

用钢尺度量裂缝长度；用刻度放大镜、塞尺或裂缝宽度比测表检测裂缝的宽度。

## 5. 构件的搭接长度

楼板放在梁上 梁放在柱子上 都有一定的搭接长度。搭接长度不足 会引起局部破坏，严重者导致构件整体破坏。结构构件的搭接长度用钢尺直接量取。

## 6. 构件的挠度和垂直度

结构构件在荷载的作用下产生变形，其竖向变形（挠度）应不超过规范的规定。构件竖向变形的大小可用钢丝拉线和钢尺量测。

柱子、屋架、大型墙板的垂直度通常用线锤、钢尺或经纬仪量测。按照《混凝土结构工程施工及验收规范》的规定，构件垂直度允许偏差不得超过表 2.2 的数值。

表 2.2 构件垂直度允许偏差

名 称		允 许 偏 差/mm
柱高 $\leq 5$ m		5
柱高 $> 5$ m		10
柱高 $\geq 10$ m 的多节柱		1/1000 标高但不大于 20
桁架屋架、拱形屋架		1/250 屋架高
薄腹梁屋架		5
托架梁		10
大型墙板	每层山墙倾斜	2
	建筑物全高	10

## 2.1.2 结构混凝土中钢筋质量的检验

在进行结构安全性验算时，需要按原设计资料和构件承受的荷载进行计算。如对构件中钢筋的数量和质量有怀疑时，可对钢筋的材质、配筋数量、规格和锈蚀程度进行检验。

### 1. 钢筋的材质

钢筋材质检验，一般只在结构构件上作抽查验证。凿去构件局部保护层，观察钢筋型号，量取钢筋直径。若从构件中取样试验时，要考虑构件仍有足够的安全度，还应注意样品的代表性。

### 2. 钢筋配筋数量

钢筋一般布置在构件截面四周，可用钢筋位置探测仪测出主筋、箍筋的位置及钢筋的数量。也可以抽样检查，即凿去构件上局部保护层，直接检查主筋和箍筋的数量。如混凝土表层有双排或多排主筋，只能局部凿除混凝土保护层，直接检测。

### 3. 混凝土碳化深度和钢筋保护层厚度

混凝土中水泥完全水化，约有 35% 的氢氧化钙被游离出来，使混凝土呈碱性。钢筋在此环境中表面形成钝化膜，阻止了钢筋的锈蚀。混凝土的碳化，是空气中的二氧化碳渗入到混凝土孔隙中，与氢氧化钙生成碳酸钙，使水泥石的碱度降低，这个过程叫做混凝土的碳化。当混凝土碳化到钢筋表面时，钢筋就有锈蚀的危险。这时如不及时检修，将严重影响混凝土结构的使用寿命。因此评估混凝土结构的剩余寿命时，混凝土碳化深度是重要的依据之一。

测量混凝土的碳化深度时，用凿子或电钻在测区打直径约为 15mm 的孔洞，其深度略大于混凝土的碳化深度。除去孔洞中的粉末和碎屑（不得用液体冲洗），立即用浓度为 10% 的酚酞酒精溶液洒在孔洞内壁。如果酚酞试液变为紫色，则混凝土未被碳化；相反，酚酞试液不变色，说明混凝土已被碳化。测出不变色混凝土的厚度即为碳化深度，测试结果精确至 0.5mm。

钢筋保护层可用保护层厚度测定仪测量，也可在构件上凿去部分保护层，用钢尺直接度量。

#### 4. 混凝土中钢筋锈蚀程度

钢筋锈蚀会减小钢筋的截面面积，减弱钢筋和混凝土之间的黏结力，降低构件的承载力。检测混凝土中钢筋锈蚀程度的方法通常采用直接观测法和自然电位法。

##### (1) 直接观测法

钢筋锈蚀后，锈蚀产物的体积比钢筋相应部分体积大，产生的膨胀力使混凝土的保护层开裂或剥落。因此根据构件表面上沿钢筋方向的裂缝，可以判断钢筋的锈蚀状况。构件裂缝状况与钢筋截面损失情况的大致关系如表 2.3 所列，可供检测时参考。

表 2.3 构件破损状态与钢筋截面损失率

破 损 状 态 <sup>1)</sup>	钢筋截面损失率/%
无顺筋裂缝	0~1
有顺筋裂缝	0.5~10
保护层局部脱落	5~20
保护层全部脱落	15~25

1) 表中所指的破损状态，是指构件在长期使用下出现的情况，不包括事故造成的构件破损。

直接观测法的另一个作法，是在构件表面凿去局部保护层，暴露钢筋，直接观察锈蚀程度。锈蚀严重的，应精确量取锈蚀层厚度和钢筋剩余有效截面。也可从构件上截取锈蚀钢筋样品送实验室测定钢筋的锈蚀程度。这种方法要破损构件保护层或钢筋，检测的点数不能太多。

##### (2) 自然电位法

混凝土中的钢筋，在呈碱性的混凝土作用下，处于钝化状态，并建立一个稳定的电位，称为自然电位。电位值的大小反映出钢筋所处的状态。当钢筋钝化状态破坏后，钢筋的自然电位会发生较大幅度的变化。通过测量混凝土中钢筋的电位及其变化规律，判断钢筋锈蚀程度的方法，称为自然电位法。钢筋的自然电位与钢筋的腐蚀概率间的关系如图 2.1 所示。

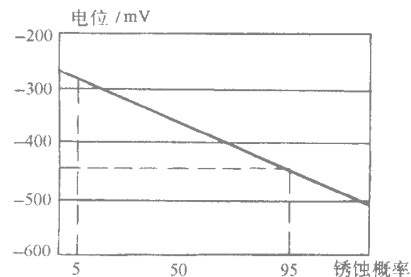


图 2.1 电位-锈蚀概率曲线

图 2.2 为自然电位法测量示意图，所用伏特计内阻应为  $10^7 \sim 10^{14} \Omega$ 。参比电极可选用硫酸铜电极、甘汞电极或氧化汞电极，局部剥露的钢筋在测量前应磨光除锈，保证接触良好。表 2.4 为冶金建筑研究总院给出的钢筋的自然电位与锈蚀情况的判断标准。

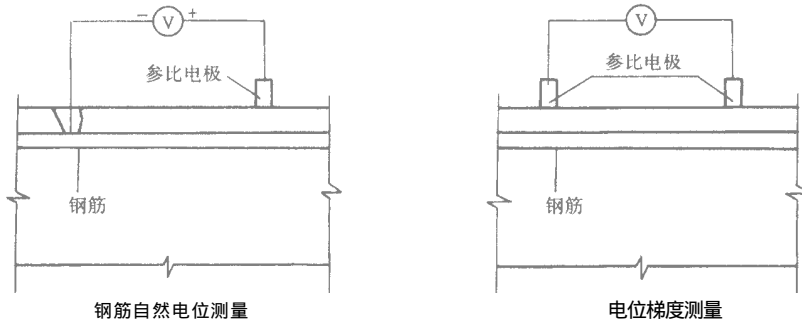


图 2.2 现场测量电位示意图

表 2.4 钢筋锈蚀判断标准<sup>1)</sup>

混凝土中钢筋的电位/V	锈蚀情况
0 ~ -250	不锈蚀
-250 ~ -400	有可能锈蚀
< -400	锈蚀

1) 当两电极相距 20cm 时，若电位梯度为 150~200mV 时低电位处判为锈蚀。

用自然电位法检测混凝土中的钢筋锈蚀情况，方法简单迅速，测量过程基本是非破坏性的。但是，自然电位的变化受多种因素影响，有时会出现一定的误差。因此，可用其作为初步判断的参考，而不能作为唯一的判断依据。最好把自然电位法与直接观测法相结合，以使检测结果更加精确。

### 2.1.3 混凝土强度检测

混凝土的抗压强度是其各种物理力学指标的综合反映。它与混凝土的抗拉强度、弯曲抗压强度等有密切的相关性，且测试方便可靠，故工程中主要测试混凝土的抗压强度。混凝土强度检测的方法有局部破损法、非破损法和综合法。破损法包括取芯法、拔出法等；非破损法包括回弹法、超声法、射线法等；综合法则是几种方法的结合应用。

#### 1. 回弹法

##### (1) 检测原理

回弹法是根据混凝土的回弹值、碳化深度与抗压强度之间的相互关系来推定其抗压强度的一种非破损测强方法。测试时，用具有规定动能的弹击锤弹击混凝土

表面，使局部混凝土发生变形并吸收一部分能量，剩余的能量则回传给弹击锤。被混凝土吸收的能量取决于混凝土表面的硬度，表面的硬度低，被混凝土吸收的能量就多，传给弹击锤的能量就少；相反，表面硬度高，吸收的能量少，传给弹击锤的能量多，混凝土表面的硬度越大，其抗压强度就越高。

### (2) 回弹仪

回弹值的测定用回弹仪。回弹仪的性能必须符合标准状态的要求，以保证测试时具有稳定的性能和规定的精度。进行建筑结构检测，一般用 N 型回弹仪 其主要技术参数见表 2.5。

表 2.5 回弹仪主要技术参数

项 目	型 号	
	HT225	HT75
冲击动能/J	2.207	0.735
拉簧刚度/(N/cm)	7.85	2.62
冲击锤重量/g	370	140
冲击杆前端球径/mm	φ50	φ50
冲击面硬度	HRC59~63	HRC59~63
指针系统最大静摩擦力/N	0.59	0.59
外形尺寸/mm	φ60×280	φ60×280
质量/kg	1	0.7
使 用 范 围	一般混凝土	低强度混凝土、轻混凝土、黏土砖

为保证测试的精确，回弹仪在使用时要达到以下标准状态的质量要求：

1) 作水平弹击时，弹击锤脱钩的瞬间，回弹仪的标准动能应为 2.207J；  
2) 弹击锤和弹击杆碰撞的瞬间弹击拉簧处于自由状态，此时弹击锤起点应在刻度尺上的零点处。

3) 在洛氏硬度 HRC 为  $60 \pm 2$  的钢砧上，回弹仪的率定值应为  $80 \pm 2$ 。

### (3) 回弹值测量

#### 1) 测试准备。

被测试构件和测试部位应具有代表性，试样的抽样原则为：当测定单个构件的混凝土强度时，可根据混凝土质量的实际情况决定测试数量。当用抽样法测定整体结构或成批构件的混凝土强度时，随机抽取的试样数量不少于结构或构件总数的 30%。

测点布置采用测区、测面的概念。一个测区相当于一个试块；一个测面相当于混凝土试块的一个表面。在每个抽取的试样上均匀布置测区，测区数不少于 10 个，相邻测区的间距不宜大于 2m，每个测区宜分为两个测面（布置在结构或构件的两