

长安大学

硕士学位论文

工业厂房结构可靠性鉴定方法的研究

姓名：揭泽云

申请学位级别：硕士

专业：建筑与土木工程

指导教师：李红；王林科

20110616

摘 要

结构由于受到使用条件变化及环境侵蚀等因素的影响,还有结构自身的不断老化、结构的性能也会随着时间逐渐退化,功能将逐渐降低。因此对建筑结构进行可靠性鉴定,通过质量检测、评定,及时改造或加固补强是十分迫切的,也是十分必要的。依据目前建筑行业的发展趋势,我国已经逐渐从大规模新建阶段步入到改造与新建并重的发展阶段。对结构进行可靠性鉴定是维修改造的基础。因此,对结构鉴定方法的研究具有极其重要的意义。

结构的可靠性鉴定方法一般有:传统经验法、实用鉴定法、概率鉴定法、失效数分析法等,它们各有优缺点。传统经验法一般已经淘汰,实用鉴定法是现在可靠性鉴定中比较常用的方法,而概率鉴定法则是可靠性鉴定的发展方向。其他一些方法多停留于理论研究阶段,有待进一步探索。

我国现行的可靠性检测与鉴定标准主要有:《民用建筑可靠性鉴定标准》、《工业建筑可靠性鉴定标准》等。目前的可靠性评定以及结构的设计还停留在构件设计的层面上,由于多方面因素的影响,对结构整体的研究还不够深入。结构整体的性能与结构构件既有联系又有区别,结构构件对结构整体的贡献存在着差异性、动态性、关联性及系统性。合理地把握并应用结构的整体性能,在对结构进行可靠性鉴定的过程中有重要的意义。本文主要探讨工业建筑可靠性鉴定方法。通过对构件安全性等级的划分及其依据、构件可靠性鉴定过程中采用动态安全性等级、结构整体性能研究方法探索、构件连接的安全性等级等等的研究。总结出工业建筑可靠性鉴定的具体过程。文中结合实际工程:首钢长治钢铁有限公司轧钢厂一车间厂房结构可靠性鉴定,依据国家规范规程的规定,经过研究分析采用 pkpm 对结构进行分析,能很好地反映结构整体及其构件在外荷载作用下的效应,结果更接近于实际情况,可以为结构的鉴定提供理论依据。

关键词: 工业厂房, 结构可靠性, 鉴定

Abstract

With the service time of structural growth, structure by its own aging, conditions of use change and environmental degradation and other factors, the structure will gradually degraded the performance, functionality will be gradually reduced. Therefore, the reliability of these structures are identified, through quality testing, assessment, be timely modification or reinforcement is very urgent, and it is very necessary. According to the construction industry trends, China has gradually entered into from the large-scale transformation of new phases both with the new stage of development. Reliability evaluation of structure is the basis for maintenance and reconstruction. Therefore, methods of structure identification is extremely important.

Identification of the general reliability of the structure are: the traditional empirical method, practical identification method, the probability of identification, failure analysis and so the number of their advantages and disadvantages. Has eliminated the traditional empirical laws generally, practical identification method is now commonly used in reliability evaluation method, and the reliability of identification of the probability of identification of law is the development direction of some other ways to stay in the theory of multi-stage study.

The standards of reliability appraiser of our country are: «standard for appraiser of reliability of civil buildings».«standard for seismic appraiser».«standard for appraiser of reliability of industrial buildings»,etc. The present reliability scoring as well as the structure design are based on the component designs,as a result of the various factor influence,the whole structure's research is need to be more sufficiently. The structure whole performance and the structural element both have the relation and to have the difference, the structural elements have the difference, the dynamic, the relatedness and the systematic characteristic to the structure whole contribution. Reasonably grasps and the application structure overall performance, in carries on the reliability assessment to the structure in the process have the vital significance. This paper discusses the reliability evaluation method of industrial buildings. Components through the security level of the division and its basis, the component reliability of the identification process using the dynamic security level, the overall performance of research methods to explore the structure, component connections, etc. of security level. Summarized the specific reliability evaluation of industrial building process. In this paper, actual project: rolling mill Shougang Changzhi Iron & Steel Co., Ltd. reliability evaluation of a workshop building structure, according to state statutes regulate, through research and analysis of the structure using pkpm analysis can reflect the whole structure and

its members outside the load Under the action, the result is closer to the actual situation, can provide a theoretical basis for the identification of the structure.

Key words: industry, reliability of the structure, appraiser

第一章 绪论

1.1 引言

众所周知，构成城市的一个最主要的基本要素就是建筑，建筑也是衡量一个国家现代文明建设程度的一个重要标准。而建筑物作为现代人生活的一个必不可少的载体，构筑物的安全性及可靠性直接关系到人民生命财产安全。近些年，随着改革开放的进程，我国经济建设的不断提速，城市人口进入一个飞速增长的阶段。随之而来，住房成为人们普遍关注的问题，房地产业的发展已呈持续升温的态势。但由于一些历史原因，我国在上世纪六七十年代修建的一些建筑存在着许多安全隐患，经历了时间的洗礼，这些早期建筑所呈现出来的隐患也越来越明显，这些问题已经引起了人们的普遍关注。结构可靠性主要指结构的:安全性、适用性、耐久性。可靠度则是结构可靠性的数量指标，指结构在规定的条件下和规定的时间内，完成预定功能的概率。我国规定，一般建筑结构构件的设计基准期为 50 年。

经历了二战之后，世界上发达国家的基本建设大体经历了战后大规模新建，新建与维修改造，对旧建筑物的维修改造三个阶段。从下表 1.1 我们可以了解到这三个阶段的具体情况。

表 1.1 各国维修改造行业情况

国家名称	维修改造情况
英国	1.1978 年的维修改造投资是 1965 年的 3.8 倍; 2.90 年代初旧建筑物维修加固投资占总建筑投资 70%
瑞典	1983 年维修改造占总建筑投资的 50%
前苏联	第九和第十五个五年计划中维修改造业投资占工业建筑总投资的 65%
德国	90 年代初旧建筑物维修加固投资占总建筑投资 80%
美国	1.70 年代起建筑业中新建建筑开始不景气，维修改造业日益兴旺; 2.90 年代初旧建筑物维修加固投资占总建筑投资。50%

我国的一批老旧建筑， 由于安全性远远达不到设计规范要求，具有很大的危险性。我国现阶段由于建筑老化而造成的倒塌事故屡有发生。还有一些早期建筑由于建筑标准低，内部环境差，已经不能满足现代化生产的要求。对一些使用年限比较长的建筑直接拆除，而对一些还没到达设计基准期的建筑则主要采取的维修改造措施。所花费的资金

随着时间而不断增长。

我国在早期特别是五十年代中期，用于维修改造的资金微乎其微。那个时代正处于大规模新建状态，少部分残留的老旧建筑都是解放前建造的，大多是木结构。但随着时间的推移，解放初期的大部分新建建筑开始出现老化现象，包括民用住宅、工业厂房、公共建筑等，虽然还没有超过其使用年限，但不少已经呈现出有关安全性方面的问题，所以 70 年代后，我国开始进入维修改造阶段，所投入的资金越来越多。

随着时间的推移，长期的自然环境和环境使用会使建筑结构的性能大大削弱，这是客观规律。为了是结构的使用寿命得以延长，必须对结构使用性能衰退的过程做出相应的研究，科学地评估这种损伤的程度并掌握其规律，才能相应的采取有效处理措施，达到延缓结构损伤效果。由于设计、施工、使用不当等方面的问题，新建建筑结构也会存在存在一定安全质量方面的问题，像一些民用建筑或者公共建筑在竣工后也需进行安全质量检测。

1.2 国内外建筑结构可靠性鉴定技术研究动态

1.2.1 国际发展概况

二战期间，大量电子设备在运输途中由于发生故障而失效，从而引发了人们对结构可靠性的强烈关注。美国军事部门在 1952 年联合成立了电子设备可靠性咨询委员会（简称 AGREE）^[1]。1965 年国际电工委员会（IEL）可靠性专业委员会的成立作为可靠性工程成为一门国际化的学科的标志。建筑结构可靠性是重要组成部分。A.M.Freudenthal 于 1946 年发表了《结构安全度》的论文^[2]，A.P.Pkahnimn 提出了一次二阶矩理论的基本概念和计算结构失效概率的方法及对应的可靠度指标公式^[3]。由于都局限于随机变量完全为其均值和标准差所确定，只有在随机变量都是正态分布条件下才具有实际意义，因此，C.A.Cornell 在 A.P.Pkahnimn 的基础上于 1969 年提出了可靠指标 β 作为衡量结构安全度的一种统一数量指标，并建立结构安全度的二阶矩模式，加拿大的 N.C.Lind 对 C.A.Cornell 的理论模式改进，将可靠指标 β 表达成分项系数形式。美国的 A.H.S.Ang 提出了广义可靠度概率法，并开始致力于结构体系的可靠度问题的研究^[4]。1976 年，国际“结构安全度联合委员会”（JCSS）采用 Rackwitz 和 Fiessler 等人提出的通过“当量正态”方法来考虑随机变量实际分布的二阶矩模式，从此可靠度理论进入了二阶矩模式和设计阶段。同时，国际上也成立了国际建筑研究和信息委员会和建筑物维修改造委员会，专门从事建筑物维修改造的研究、调查、和组织编制标准规范等工作。

1.2.2 国内发展概况

我国在 70 年代以前,很少涉及建筑结构安全鉴定方面的工作。经历了唐山大地震以后,对于建筑物安全鉴定与抗震加固技术有了显著的发展。在 1982 年至 1992 年的 203 篇有关“工程结构可靠性”的研究文献中^[5],对工程结构可靠性的研究主要包括以下几个方面:

1.结构可靠度基本理论:开始考虑随机变量之间的相关性,文献^[6]提出了广义随机空间的概念,建立了广义随机空间内考虑随机变量相关性的结构可靠度使用分析方法,扩大了现有可靠度分析方法的适用范围,文献^[7]提出了基于 Laplace 逼近原理的渐近可靠度分析方法,考虑了极限状态方程的二次非线性的影响,提高了计算精度。基于信息论中的最大熵原理,提出了结构可靠度分析的四阶矩方法,在考虑了极限状态方程非线性影响的同时,也考虑了随机变量高阶矩的影响^[8],提出用改进 Rosen-bluth 方法计算极限状态方程前四阶矩的方法,解决了复杂极限状态方程不易求导的问题^[9]。传统的结构可靠度分析都是在正态空间进行的,当随机变量不服从正态分布时,需进行当量正态化或映射变换,文献^[10]提出原始随机空间内可靠度分析的一次和二次方法,不使用概率分布函数而使用概率密度函数,降低了对初始条件的要求。大型复杂结构的内力和位移一般用有限元方法进行分析,但结构的响应与结构上作用荷载之间不能再用一个显式表达,从而造成了迭代求解可靠指标的困难。文献^[11]提出了与结构可靠度几何法相结合的响应面法,给出了新的计算迭代格式。在结构可靠度分析中,又提出了模糊性的概念,应用模糊数学方法,提出结构模糊—随机可靠度的模型,扩大了结构可靠度分析的范围^[12]。

2.结构体系可靠度基本理论:文献^[13]提出在寻找结构主要失效模式领域,通过发展线性互补规划中的 Lemke 算法,与可靠度中的分枝-约界法相结合的识别结构主要失效模式的有效算法。文献^{[14][15]}在结构体系失效概率计算方面,分别研究了区间估计法和点估计法。文献^[16]提出了并联结构体系可靠度计算的方法,将由若干个非线性极限状态方程表示的并联结构体系可靠度问题转化为一个极限状态方程表内蒙古农业大学硕士学位论文 4 示的构件可靠度问题。

3.蒙特卡洛方法:文献^{[17][18]}分别提出了使结构失效的概率估计值方差最小的重要抽样方法和对偶重要抽样方法,在计算量增加不是很大的情况下,较好的提高了分析效率。

4.随机有限元与结构动力可靠度:文献^[19]在基于 K-L 展开法,将相关函数转换为

功率谱密度函数方法的基础上,通过构造标准独立随机变量基,提出了一种以少量随机变量表示随机场的投影展开法。文献^[20]通过随机空间分解与随机变分等方法,将随机结构模型转化成一种确定性结构模型,从而提出子结构迭代求解方程组的预优共轭梯度法(PCG)。并提出了对于一般阻尼的影响,先用 Amodli 方法进行子空间降维,再用改进的 QR 法选择满足精度的特征值按升序构造子空间,应用精细积分法求解不同的荷载情况的结构随机响应。并以一次二阶矩法为基础,将结构动力可靠度问题转化为静力结构体系可靠度问题,用失效模式串联的结构体系可靠度来计算。

5.结构抗震可靠度:在假定加速度峰值、特征周期、持续时间相同的条件下,针对选定的计算模型,输入地震波进行时程分析,文献^[21]通过最大熵法统计得出结构位移最大值的概率密度函数。推断出结构的失效概率和可靠指标。

6.基于可靠度的结构优化设计:文献^[22]提出了以结构可靠度为约束的结构优化设计实用方法,提高了设计效率。

7.结构施工期可靠度:文献^[23]通过对现场钢筋、混凝土在施工过程中的抗力变化调查,提出了施工过程中的随机过程模型,给出了不同时刻结构抗力的相关函数。

8.结构老化期可靠度、维修、加固及耐久性:文献^[24]提出了结构加固后可靠度的分析方法,分析现行加固规范的可靠度水平,研究了混凝土保护层厚度和强度等级对钢筋混凝土结构承载能力可靠度的影响。文献^[25]利用人工神经网络的自适应性和容错性,结合原有专家经验对网络进行训练,提出了对现役结构综合性能评估的人工神经网络方法。

20 年来,我国在结构鉴定技术方面已经有了一套自己的体系,建立了一些重要鉴定标准,例如:《建筑抗震鉴定标准》(GBJ550033-95)、《工业构筑物抗震鉴定标准》(GBJ117-88)、《工业厂房可靠性鉴定标准》(GBJ144-90)、《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB50292-1999)、《钢结构检测评定及加固技术规范》(YB9257-96)等。这些鉴定标准大大提高了建筑结构的鉴定结果的可靠性

1.3.现行常用的结构鉴定方法

由于国内外对于有关建筑结构的维修加固方面的研究时间不是很长,还处在探索阶段。就目前已有的研究成果,国际上通用的鉴定方法包括有:传统经验法、实用鉴定法、概率鉴定法等。

1.传统经验法

传统经验法是以前国内常用的一种鉴定方法。其鉴定程序是:确定目的与范围→开

展调查→调查项目的评价→综合鉴定→提出鉴定报告^[26]。这种鉴定方法通常是由有经验的专家通过现场观察然后做出简单的计算分析,再根据个人专业知识和以往的工程经验直接对建筑物的可靠性做出主观评价。但是由于早期的检测技术比较低端,相关的计算工具的性能也很有限,再加之检测过程中难以获得比较准确的数据和完备的资料,鉴定人员也很难对结构的性能及状态做出比较全面准确的分析,因此带有非常大的主观性和片面性,鉴定结论也会因人而异。

2.实用鉴定法

与传统经验法相比,实用鉴定法程序更为科学,对建筑物性能和状态的认识较准确和全面,具有合理、统一的评定标准。实用鉴定法是以现行标准规范为基准,应用各种检测手段对既有建筑物及其周边环境进行周密的调查、和测试,应用计算机技术等高端科技手段分析建筑物的性能和状态,全面分析建筑物所存在问题的原因,按照统一的鉴定程序和标准,从安全性、使用性多个方面综合评定建筑物的可靠性水平。且主要由专门的技术机构承担鉴定工作,因此能够得出比较准确判定,可为后期的加固、改造方案的决策提供科学可靠的技术依据。

3.概率鉴定法

由于既有建筑物已从设计图纸转换为现实的实体,所以存在着许多不同于拟建建筑物的特点,因此单纯以设计规范为基准来评定建筑物的可靠性也存在着许多不合理的地方,影响建筑物可靠性存在许多不确定性因素,而概率鉴定法是建立在在实用鉴定法的基础上,通过建筑物和环境信息的采集和分析,用统计推断方法全面分析出各种因素,评定建筑物的可靠性水平,进而得出更符合建筑物的实际情况的结论。

4.失效树分析法

这种方法多用在在单层厂房鉴定中,根据传力树概念评定厂房单元结构体系。传力树是指作用于建筑物的荷载经由一系列相关构件传递到地基所组成的传力体系,因其像一颗倒置的树而得名^[27]。如风荷载→墙体,吊车荷载→吊车梁,屋面荷载→屋面板→屋架(→托架)→柱子→基础→地基。从结构计算角度可以独立作为一个计算单元的划分为一颗传力树。传力树中各种构件的评定等级,可分为基本构件和非基本构件两类,基本构件指其本身失效时会导致传力树中其它构件失效的杆件,如地基、基础、柱梁、屋架等;非基本构件指其本身失效的是独立事件,如屋面板、吊车梁、墙板等。树表示构件之间、构件与系统之间失效的逻辑关系。此法以传力为特征,概念明确,系统形象化,便于操作应用,但工程复杂时,划分的传力树会因人而异,导致综合评判结果上产生差异。

1.4.我国现行标准及鉴定规定

我国早期由于检测技术比较低端，相关的计算工具比较落后，很长的一段采用的是传统经验法，随着多年来国内外对建筑结构鉴定技术的研究进展，目前已取得较为可喜的成果，衍生了许多新的鉴定方法。虽然在某些细节方面仍然存在不足，但相比以前的老方法更为科学，准确。鉴定结果更为可靠。近 20 年来国内外相继制定有关现役建筑结构鉴定方面的规范标准。我国也编制了一系列的比较具有实用性的鉴定标准，这其中具有代表性的是《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB50292—1999)和《工业厂房可靠性鉴定标准》(GBJ144—90)^[28]。

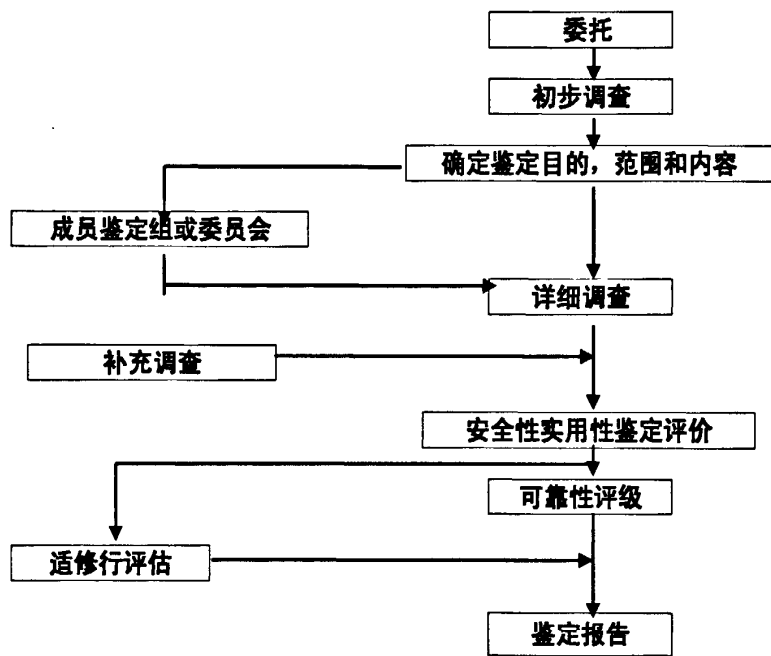


图 1.1 结构可靠度鉴定基本程序

从上表中我们可以看出，我国鉴定标准规定的基本鉴定程序是：从调查入手，充分掌握建筑结构现有的详细资料和基本情况，并以此为依据，在考虑建筑结构的自身条件诸如未来使用期限和使用条件，在结构的安全性、使用性和耐久性等方面全方位多角度得出鉴定结果。综合这些因素再依据规范最终对结构的可靠性等级做出明确的划分，然后提出相应合理的维修及加固建议。这是目前非常具有可行性的一种方法。但也存在一定的问题。由于结构条件中存在许多不确定因素，因此还需要进一步的改进。

1.5.本文研究内容

本文主要探讨工业建筑可靠性鉴定方法。通过对构件安全性等级的划分及其依据、构件可靠性鉴定过程中采用动态安全性等级、结构整体性能研究方法探索、构件连接的安全性等级等等的研究。总结出工业建筑可靠性鉴定的具体过程。并结合实际工程，通

过对首钢长治钢铁有限公司轧钢厂一车间厂房结构做出可靠性鉴定。通过解读典型的案例，理论联系实际，更加立体的展现出有关工业厂房结构可靠度鉴定的具体过程和评判标准。

第二章.影响现役建筑结构可靠性因素的研究

2.1 引言

建筑是一个庞大而复杂的结构系统,影响现役建筑结构可靠性的因素多种多样。大致可分为内因和外因。内因是指结构本身存在着的一些问题。比如早期的一些建筑,限于当时设计水平,起初的设计就会存在一些不合理的地方。建筑结构的安全性在源头上就难以得到保证。施工过程中所导致的问题就更多,诸如使用低劣建筑材料、甚至偷工减料直接造就豆腐渣工程,还有施工监管部门的监督松垮、或者设备落后、工序不合理、施工人员素质低、这些都会导致施工质量存在安全隐患。外因主要是指外部环境对现役建筑结构的物理作用、化学作用、生物作用。比如风荷载和雪荷载,钢筋在长期作用下会腐蚀。意外灾害对现役建筑结构的可靠性产生的影响更为巨大和直接。此外,设计标准和使用要求的改变都将导致现役建筑结构可靠性的改变。除了这些因素之外,影响结构可靠性还有很多的不确定因素。主要包括:结构失效准则、荷载作用效应、抗力指标、结构分析理论的不完善性以及人为因素等。

2.2 影响现役建筑结构可靠性的不确定因素

根据影响现役建筑结构可靠性的不确定因素大致可以分为三类,是按成因和性质的不同所划分的。

2.2.1 随机性影响因素

这类因素是指由于事件发生不具备充分条件,也就是说条件与结果之间没有必然的因果联系,表现出不确定性。

在数学上概率论、随机过程与数理统计研究的是寻求随机现象的统计性的、随机事件整体的因果关系。其中包含了大量的研究定理,可以为处理大量重复的随机现象和随机过程提供理论依据。

随机性影响因素主要包括建筑材料的特性、还有外部载荷、初始缺陷等。设计参数在数值和发生时间也都带有一定的随机性,这些都会对可靠性产生很大的影响。其他的诸如在在施工和使用过程中,建筑结构所受到的作用及其作用的环境也都是无法预期的。这些因素都要考虑进去。目前,随机性因素主要应用在自然灾害的危险性分析和结构可靠性分析中。我国在编制设计统一标准时,依靠的就是以概率论数理统计等数学理论为依据处理影响结构可靠度的随机因素。

2.2.2 模糊性影响因素

模糊性是指主要表现在客观事物差异的中间过渡中的“不确定性”。主要因为人们对结构可靠性的认识还不够透彻，还存在很多的不确定性，具体的说就是对于一些影响结构可靠度的不确定因素没有一个非常清晰的定义，由此就不能够做出相信应明确的判别和评定。比如钢筋混凝土结构的允许裂缝宽度是模糊的，大一点或者小一点都不能代表就完全失效，在一定程度上只要在人们的接受程度之内就行了。还有就是编制设计统一标准的概率论，数理统计等理论依据其中所引用的方法也是存在不确定性的，所以需要一个新的理论依据来弥补现有依据和方法的不足之处，由 1965 年美国自动控制专家 L.A.Zadeh 教授创始的“模糊数学”是用来研究和处理模糊性的数学方法。

2.2.3 信息不完备影响因素

所谓不完备信息指的是掌握事物知识的完善程度，即对事物知识的了解和掌握还不够完善。

对于结构可靠性鉴定方面的信息不完备因素，主要包括抗力计算中各种简化和假定对结构实际抗力影响程度的不确定性和荷载处理过程中各种统计假设与实际荷载过程相关程度的未知性。

目前对于不完备影响因素还处于探索阶段，还没有研究出完备的理论依据。只能凭主观经验来做出相应判断。

2.3 现役建筑结构可靠性评判的主要因素研究

现役建筑结构可靠性评判的主要因素主要包括：结构构件的承载能力及使用历史情况与环境、变形（构件挠度与位移）、构件外观（混凝土裂缝开展情况、钢筋锈蚀情况等）、构造与连接等方面。在实际鉴定过程中，工作人员可以通过详细调查和现场检测获取全面详细的资料与数据。下面就各种因素分别加以说明。

2.3.1 结构构件的承载能力

承载能力作为建筑结构最重要的功能，具有重大意义。结构构件承载能力极限状态的可靠指标，不应小于表 2.1 的规定。

表 2.1 混凝土结构构件可靠指标的评定

破坏类型	安全等级		
	一级	二级	三级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2

延性破坏是指结构构件在破坏前有明显的变形或其他预兆；脆性破坏在结构构件在破坏前无明显的变形或其他预兆。

2.3.2 混凝土保护层厚度

当空气中的二氧化碳渗入混凝土孔隙中，会与水泥水化形成的氢氧化钙发生中和反应，从而降低水泥石的 PH 值，引起碳化迹象；随着碳化深度的加剧，当接触到钢筋表面时，混凝土对钢筋的保护作用就会失效,从而引发钢筋锈蚀。混凝土和钢筋之间的粘结力也会逐渐丧失，进而造成承载力下降。混凝土的碳化深度可以这样测定：采用表面凿孔喷洒酚酞酒精液，观察表面是否变色，以红色为未碳化，以不变色为碳化，量测不变色厚度即为碳化深度。

对于钢筋锈蚀情况的检测方法主要有：直观检查法、局部凿开法和自然电位法。直观检查法是直接用肉眼观测构件表面有无锈痕、以及在沿钢筋方向有没有出现裂缝，往往钢筋的锈蚀程度可以通过裂缝的长度和宽度来确定；局部凿开法是直接破坏一小段混凝土保护层，直至钢筋露出，然后用尺子直接测量锈层厚度和钢筋剩余直径。自然电位法是测定钢筋与周围介质所形成的稳定电位，电位值大小能反映出钢筋状态。

为了提高钢筋混凝土结构的耐久性和可靠性。现场施工中通常采取的措施是提高混凝土密实性、增加混凝土保护层的厚度（特别是箍筋的保护厚度）

2.3.3 建筑结构使用年数和使用历史情况

建筑结构在使用期间会受周围环境因素的影响，人为因素的影响以及偶然的作的影响。其中包括混凝土的碳化、徐变、混凝土碱—骨料反应、融冻循环、表面的磨损等，所有的这些影响因素都会使建筑结构的可靠性发生改变。

通常将建筑结构的使用年数量化。另外有些建筑在使用期中没有被加固，但由于加固只是对于局做出的处理，并没有影响原主体结构特性，所以还是以建筑主体结构使用年数作为量化值。

2.3.4 混凝土结构的外观和变形、位移

想要了解一个建筑结构的的使用状态通常可以通过观察外观特征来做出判断。当外部荷载过大或即将达到构件承载极限时,表面往往会出现裂缝;钢筋锈蚀也会出现同样的情况;通过仔细观察结构构件的这些表面痕迹有助于准确的分析结构内部的作用效应。

用于测量结构或构件变形常用仪器有水准仪、经纬仪、锤球、钢卷尺、棉线等常规仪器,以及激光测位移计、红外线测距仪、全站仪等。

当测量跨度比较小的梁、屋架挠度时,通常采用的是拉铁丝的简单方法,当然也可以用水准仪量测。测量楼板挠度时应扣除梁的挠度。屋架的倾斜变位测量,一般在屋架中部拉杆处,从上弦固定吊锤到下弦处,量测其倾斜值,并记录倾斜方向。基础不均匀沉降可根据建筑物水准点进行观测,观测点宜设置在建筑物四周角点、中点或转角处、沉降缝的两侧,一般沿建筑物周边每隔 10~20m 设置一点,用经纬仪、水准仪测量水平和垂直方向的变形。

2.3.5 裂缝宽度和开展情况

现役建筑结构的受力状态通常体现在混凝土结构的裂缝情况,具体包括裂缝的宽度、数量和分布位置,通过对于裂缝的研究不仅可以用来了解结构受力状态还可以预测结构寿命,所以在可靠性检测和鉴定过程中对结构或构件的裂缝状态进行分析做出正确的判断显得尤为重要。

裂缝分为受力裂缝和非受力裂缝两大类。一般情况受力裂缝都是由结构自身的作用效应而引起的,否则为非受力裂缝。一旦结构表面出现裂缝,受周围环境中一些侵蚀性物资的影响,引发钢筋锈蚀。

对于裂缝的检测主要是检测裂缝出现的部位(分布)、裂缝的走向、裂缝的长度和宽度。通常用 10~20 倍读数放大镜和裂缝对比卡及塞尺等工具来检测裂缝的宽度。用钢尺测量裂缝的长度。而裂缝的深度通常用的是薄钢片插入进行粗略的量测。判断裂缝是否发展可以用粘贴石膏法,将厚 10mm 左右、宽约 50~80mm 其具体操作是事先制作好一张大约厚 10mm 宽 50~80mm 的石膏饼,粘贴于裂缝处,然后观察石膏的开裂情况,也可以在裂缝的两侧粘贴几对手持式应变仪的头子,用手持式应变仪量测变形是否发展。

在对其中的最大裂缝宽度进行的测量判定中,为了确保测量的准确性,通常选取至少三条相对较大裂缝宽度进行测量,然后取最大的那条宽度值。当结构构件上的裂缝宽

度不均匀时，约取该裂缝长度 10~20%范围内平均宽度作为该裂缝的最大宽度。具体评定标准可以参考表 2.2。

表 2.2 混凝土结构裂缝量化标准

分类	具 体 描 述
良好	无裂缝
较好	有横向非受力裂缝和受力裂缝，裂缝宽度 $\leq 0.2\text{mm}$,无纵向裂缝
较差	多处裂缝，横向非受力裂缝宽度 $< 0.4\text{mm}$ ($\geq 0.2\text{mm}$)，受力裂缝宽度 $< 0.3\text{mm}$ ($\geq 0.2\text{mm}$) ,纵向非受力裂缝宽度 $< 0.8\text{mm}$ ($\geq 0.2\text{mm}$)
很差	多处裂缝，横向非受力裂缝宽度 $\geq 0.4\text{mm}$ ， 受力裂缝宽度 $\geq 0.3\text{mm}$ ，纵向非受力裂缝宽度 $\geq 0.8\text{mm}$

2.3.6 构造与连接

即使现役建筑结构构件的承载能力符合国家规范规定的要求，但如果构造或连接出现问题，同样会导致现役建筑结构转变为机动体系，以至影响建筑结构的安全性妨碍其正常使用。因此在进行现役建筑结构可靠性检测及鉴定过程中通常把结构构造作为其中的一个重点检查项目。

构造和连接检查项目主要包括：钢筋的搭接、锚固；预埋件及焊缝的腐蚀情况；预应力锚具的腐蚀情况等。混凝土结构的构造和连接项目评定可参考表 2.3。

表 2.3 混凝土结构构件的构造等级的评定

检查项目	a _u 级或 b _u 级	c _u 级或 d _u 级
连接（或节点）构造	连接方式正确，构造符合国家现行规范，无缺陷，或仅有局部的表面缺陷，工作无异常。	连接方式不当，构造有严重缺陷，已导致焊缝螺栓等发生明显变形，滑移，局部拉脱或裂缝。
受力预埋件	构造合理，受力可靠，无变形，滑移，松动或其它损坏。	构造有严重缺陷，已导致预埋件发生明显变形，滑移或其他损坏。

2.3.7 环境因素

现役建筑结构在未来的使用时间里所处的各种环境因素，如腐蚀介质、冻融循环、高温热源、强烈震动等，都将造成建筑结构的性能和状态的随机变化，从而对现役建筑结构可靠性产生一定程度的影响。譬如，温度可以通过影响混凝土碳化速度间接影响混

凝土的耐久性。相对湿度大的环境由于钢筋电阻降低而使得钢筋锈蚀速度加快。当环境比较干燥，空气相对湿度低于室内正常值，室内温度又与周围环境温度相当时，这种使用环境属良好状态，经常处在有水的环境里或者当周围的湿度小于 85%，而且室内温度经常高于周围环境温度。这时处于使用环境极差的状态。

在确定上述影响现役建筑结构可靠性的主要因素，并加以合理量化之后就可以用适当的方法进行处理，鉴定和评估结构的可靠程度。

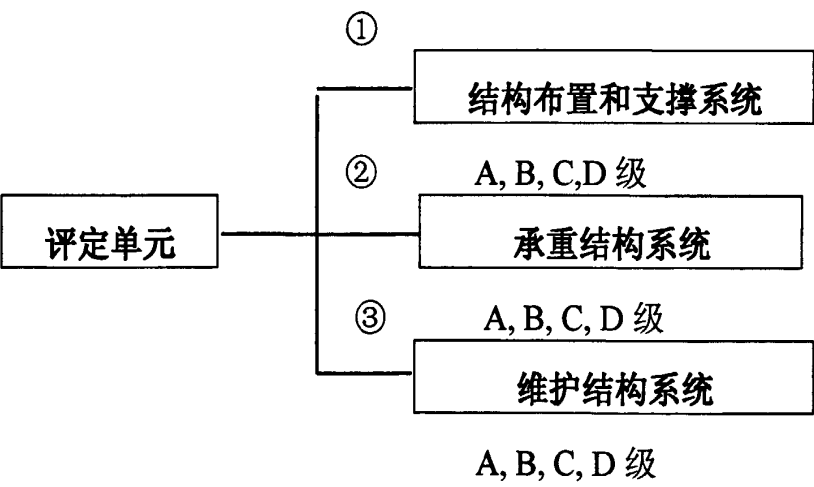
第三章 厂房可靠性鉴定评级

3.1 概述

可靠性分级标准是以现行标准规范规定的可靠度水平为基准制定的。工业厂房的可靠性鉴定评级，应划分为构件、结构系统、鉴定单元三个层次；其中结构系统、构件两个层次的鉴定评级，应包括安全性等级和使用性等级评定，需要时可由此综合评定其可靠性等级；安全性分四个等级，使用性分三个等级，各层次的可靠性分四个等级，鉴定单元一般指由构造缝所划分的厂区分段；结构系统指鉴定单元单元中的各个结构体系及系统，如承重结构体系；构件指结构系统（结构体系及系统）的各项基本功能，如承重结构体系中的构件承载力、裂缝、变形、构造和连接等。

对工业厂房的综合鉴定可根据厂房的结构系统、结构现状、工艺布置、使用条件和鉴定目的，将厂房的整体、区段或某些特定的结构系统(如承重墙体、吊车梁系统、屋盖系统等)划分成一个或多个评定单元进行综合评定。

鉴定单元包括结构布置和支撑系统，承重结构系统和维护结构系统。鉴定单元等级鉴定由下图所确定



注：评定单元分为一二三四级，以①定单元等级，若①②比②低二级则降一级，低三级则降二级。

图 3.1 鉴定单元等级鉴定

3.2.鉴定单元等级评定

一级：符合国家现行标准规范的可靠性要求，不影响整体安全，在目标使用年限内不影响整体正常使用，可能有极少数次要构件宜采取适当措施；

二级：略低于国家现行标准规范的可靠性要求，仍能满足结构可靠性的下线水平要

求，尚不明现影响整体安全，在目标使用年限内不影响或尚不明现影响整体正常使用，可能有极少数构件应采取措施，极个别次要构件必须立即采取措施；

三级：不符合国家现行标准规范的可靠性要求，影响整体安全，在目标使用年限内明显影响整体正常使用，应采取措施，且可能有少数别构件必须立即采取措施；

四级：极不符合国家现行标准规范的可靠性要求，已严重影响整体安全，必须立即采取措施。

3.3.结构布置和支撑系统项目等级评定

结构布置和支撑系统包括结构布置和支撑布置及支撑系统长细比两个方面，其等级评定有两者间较低等级确定。

3.3.1.结构布置和支撑布置项目等级评定

结构布置和支撑布置项目等级按下列规定，项目等级评定可划分为四个等级：

A 级结构和支撑布置合理，结构形式与构件选型正确，传力路线合理，结构构造和连接可靠，符合国家现行标准规范规定，满足使用要求；

B 级结构和支撑布置合理，结构形式与构件选型基本正确，传力路线基本合理，结构构造和连接基本可靠，基本符合国家现行标准规范规定，局部可不符合国家现行标准规范规定，但不影响安全使用；

C 级结构和支撑布置基本合理，结构形式、构件选型、结构构造和连接局部不符合国家现行标准规范规定，影响安全使用，应进行处理；

D 级结构和支撑布置、结构形式、构件选型，结构构造和连接不符合国家现行标准规范规定，危及安全，必须进行处理。

3.3.2.支撑系统长细比项目等级评定

1)钢支撑杆件的长细比项目宜按下表评定等级。

表 3.1 钢支撑杆件长细比评定等级

厂房情况	支撑杆件种类		支撑杆件长细比			
			a	b	c	d
无吊车或有中轻级工作制吊厂房	一般支撑	拉杆	≤400	>400, ≤425	>425, ≤450	>450
		压杆	≤200	>200, ≤225	>225, ≤250	>250
	下柱支撑	拉杆	≤300	>300, ≤325	>325, ≤350	>350
		压杆	≤150	>150, ≤200	>200, ≤250	>250
有重级工作制吊车或有≥5t 锻锤厂房	一般支撑	拉杆	≤350	>350, ≤375	>375, ≤400	>400
		压杆	≤200	>200, ≤225	>225, ≤250	>250
	下柱支撑	拉杆	≤200	>200, ≤225	>225, ≤250	>250
		压杆	≤150	>150, ≤175	>175, ≤200	>200

2)支撑系统长细比项目的等级

应根据单个支撑杆件长细比子项各个等级的百分比，按下列规定确定：

A 级含 b 级不大于 30%，且不含 c 级、d 级；

B 级含 c 级不大于 30%，且不含 d 级；

C 级含 d 级小于 10%；

D 级含 d 级大于或等于 10%。

3.4.承重结构系统的评级

承重结构包括基本构建和非基本构件。基本构件如屋架，托架，柱，基础等，非基本构件如屋面板，吊车梁。承重结构系统又可分为地基与基础，混凝土构件，钢结构构件。先介绍其等级评定方法。

3.4.1 地基与基础的鉴定和等级评定

地基基础的可靠性对保证上部结构的正常使用功能起着十分重要的作用。在建筑物使用期间，使用条件和环境条件的改变，如荷载增加、地震危害、材质老化、地下水位升降、相邻建筑施工、生产设备振动、斜坡滑移等，都可能造成地基与基础可靠性的下降。这些改变必须通过鉴定才能准确判断。

(1) .地基项目等级评定

地基项目宜根据地基变形观测资料，按下列规定评定等级：

A 级结构无沉降裂缝或裂缝已终止发展，不均匀沉降小于《建筑地基基础设计规范》规定容许的沉降差，吊车运行正常；

B 级厂房结构沉降裂缝在短期内有终止发展趋向, 连续 2 个月地基沉降速度小于 2 mm/月, 不均匀沉降小于规范规定的容许沉降差, 吊车运行基本正常;

C 级厂房结构沉降裂缝继续发展, 短期内无终止趋向, 连续 2 个月地基沉降速度大于 2 mm/月, 不均匀沉降大于规范规定容许的沉降差, 吊车运行不正常, 但轨顶标高或轨距尚有调整余地;

D 级厂房结构沉降裂缝发展显著, 连续 2 个月地基沉降速度大于 2 mm/月, 不均匀沉降大于规范规定容许的沉降差, 吊车运行不正常, 轨顶标高或轨距没有调整余地。

(2) .基础项目等级评定

基础结构类别不同, 应按相应结构的类别规定评定等级, 例如, 为大放脚的砖砌条形基础则按砌体结构规定评级, 为钢筋混凝土板式基础则按混凝土结构规定评级。

3.4.2 混凝土结构或构件的鉴定和等级评定

(1) 材质检测

混凝土材质离散性较大, 一般, 旧建筑物承载力的验算应按实际材质状况取值, 鉴定标准要符合下列规定:

1)应采用取芯、回弹, 超声等方法来进行混凝土强度的检测的综合确定, 并应符合国家现行有关标准的规定。

2)可通过检查构件的外观、碳化测定和钢筋锈蚀测定等来对混凝土材料的老化程度进行确定, 也可以通过取样进行分析。

3)直接破坏混凝土保护层从结构中截取一小段钢筋然后检测其力学性能和化学成分, 检验方法及结果应符合国家现行标准的规定。

4)当钢筋表面明显存在锈皮和坑蚀时, 这时应考虑钢筋截面积的折损、应力集中和对粘结力的影响。有些厂房存在杂散电流等电化学腐蚀, 应重点考虑钢筋容易锈烂部位的蚀损。例如柱根、基础等处。

5)混凝土结构遭受火灾或热作用, 致使钢筋与混凝土砂浆的粘结力完全丧失时, 应该在现场采取样本进行试验然后确定其性能。

(2) .承载能力子项等级评定

已有结构或构件承载能力鉴定评级与新结构承载能力计算不完全相同, 要特别注意计算模型、几何尺寸, 材质要与旧建筑实际情况相符合, 否则计算结果与实际受力相差甚远。其评定等级标准如表所示。

表 3.2 混凝土结构或构件承载能力评定等级

构件类别	a _u 级	b _u 级	c _u 级	d _u 级
主要构件	$R/\gamma_0 S \geq 1.0$	$R/\gamma_0 S \geq 0.95$, 且 <1	$R/\gamma_0 S \geq 0.90$, 且 <0.95	$R/\gamma_0 S < 0.90$
一般构件	$R/\gamma_0 S \geq 1.0$	$R/\gamma_0 S \geq 0.90$, 且 <1	$R/\gamma_0 S \geq 0.85$, 且 <0.90	$R/\gamma_0 S < 0.85$

3.4.3 钢结构构件的鉴定和等级评定

单层厂房除了钢筋混凝土结构大量应用钢结构构件。这其中包括杆系结构、柱体结构、单个型钢结构等。钢材具有强度高的特点，钢结构构件也具有薄、细、长、柔的特点，设计资用应力高，连接构造传递应力大。结构对附加的局部应力、残余应力、几何偏差、裂缝、腐蚀、振动撞击效应敏感。这些因素对钢结构的强度、稳定性、疲劳破坏都有着不可忽视的影响。

单层工业厂房钢结构或构件的鉴定评级主要包括承载能力(包括构造和连接)、变形、偏差三个子项的等级评定。

(1) .材质检测

除上述本章第三节第二条所述一般规定外，钢结构材质检测应符合下列规定要求：

1)对于那些负重比较大吊车起重量超过 50t 的焊接吊车梁，应该对其常温下冲击韧度进行检测，必要时检验零度以下的冲击韧度。

2)由于钢结构耐火性比较差，所以对于那些经受过 150℃ 以上高温作用的结构构件，应及时检查其烧伤程度，也可以采取样本进行试验，确定其力学性能指标。

(2) .变形子项等级评定

对于钢结构受弯构件为了确保它不失效，通常要保持其一定的刚度。吊车梁如果挠度过大，轨道就会变得弯曲不但影响吊车行驶还会造成辆压分布不均匀。如果厂房柱的横向变形过大，同样会影响桥式吊车的正常运行，所以对钢结构变形进行检测是非常必要的。

(3) .偏差子项等级评定

尺寸偏差对钢结构承载能力的影响非常显著，结构尺寸只要有细微的偏差就能是构件承载力发生改变。因此要在进行构件制作、和现场安装过程中应该注意控制偏差。鉴定过程中也必须详细要检查。其等级评定的方法如下：

1)天窗架、屋架和托架的不垂直度

a 级构件的不垂直度不大于构件整体高度的 $1/250$ ，且不大于 15 mm ；

b 级构件的不垂直度略大于 a 级的允许值，且沿厂房纵向有足够的垂直支撑，保证这种偏差不再发展；

c 级或 d 级构件的不垂直度大于 a 级的允许值，且有发展的可能时，可按本标准原则评为 c 级或 d 级。

2)受压杆件通过主受力平面的弯曲矢高

a 级不大于杆件自由长度的 $1/1000$ ，且不大于 10 mm ；

b 级不大于杆件自由长度的 $1/660$ ；

c 级或 d 级大于杆件自由长度的 $1/660$ ，可按本标准原则评为 c 级或 d 级。

3)实腹梁的侧弯矢高

a 级不大于构件跨度 $1/660$ ；

b 级略大于构件跨度 $1/660$ ，且不可能发展；

c 级或 d 级大于构件跨度的 $1/660$ ，可按本标准原则评为 c 级或 d 级。

4)吊车轨道中心对吊车梁轴线的偏差 e

a 级 $e \leq 10\text{ mm}$ ；

b 级 $10\text{ mm} < e \leq 20\text{ mm}$ ；

c 级或 d 级 $e > 20\text{ mm}$ ，吊车梁上翼缘与轨底接触面不平直，有啃轨现象，可按本标准条原则评为 c 级或 d 级。

(4) .钢结构或构件项目等级评定

在前述承载能力(包括构造和连接)、变形、偏差三个子项等级评定基础上，综合评定钢结构或构件项目等级原则如下：

1)当变形、偏差比承载能力(包括构造和连接)相差不大于一级时，以承载能力(包括构造和连接)的等级作为该项目的评定等级。

2)当变形、偏差比承载能力(包括构造和连接)低两级时，以承载能力(包括构造和连接)的等级降低一级作为该项目的评定等级。

3)当变形、偏差比承载能力(包括构造和连接)低三级时，可根据变形、偏差对承载能力的影响程度，以承载能力(包括构造和连接)的等级降一级或两级作为该项目的

评定级。

3.5.围护结构系统评级

维护结构系统主要包括屋面系统，墙体门窗，地下防水，防护设施，主要对其使用功能进行等级评定。标准如下：

表 3.3 围护结构系统使用功能等级评定标准

子项名称	a	b	c	d
屋面系统	构造完好，排水通畅	有老化，鼓泡，开裂或轻微损坏，堵塞等现象，但不漏水。	多处老化，鼓泡开裂，腐蚀或局部损坏，穿孔，有堵塞或漏水现象	多处严重老化，鼓，腐蚀或多处损坏，穿孔，开裂，局部严重堵塞或漏水现象
墙体及门窗	完好	墙体及门窗框，扇完好，抹面，装修连接等轻微损坏	墙体及门窗或连接局部破坏，已影响使用功能。	墙体及门窗或连接严重破损，局部已丧失使用功能。
◎地下防水	完好	基本完好，虽有较大潮湿现象，但没有明显渗漏。	局部损坏或有漏水现象	多处破损有较大的漏水现象
防护措施	完好	有轻微损坏，但不影响防护功能。	局部损坏已影响防护功能	多处破损，部分已丧失防护功能

第四章 工程实况

4.1 工程概况

首钢长治钢铁有限公司轧钢厂一车间厂房始建于 1970 年，原设计单位是北京钢铁设计院，施工单位是山西省建三公司。原设计为 133 无缝钢管车间，土建部分完工后即停建，1982 年，该厂房作为 650 轧钢车间进行了改扩建。2003 年，该厂房又进行了轧制小型棒材的生产工艺改造。为方便叙述，按历史时期将厂房分为两部分，将 1970 年建设部分称为一期厂房，1982 年建设部分称为二期厂房。

4.1.1 一期厂房

一期厂房为等高双跨排架结构体系，两跨跨度均为 24m，纵向柱距 6m，中柱抽柱处柱距 12m。共 37 个柱距，总长 222m，16、28 轴线间设置单柱变形缝，总建筑面积 10658m²。

一期厂房排架柱为平腹杆双肢管柱，上下柱连接部位设置肩梁。柱顶标高 9.85m。边柱上柱为单管肢；下柱为双管肢，管肢外边距 750mm。中柱上柱及下柱均为双管肢，下柱管肢外边距 1500mm，上柱管肢外边距 800mm。边柱下柱设置三道腹杆，-10 钢板制作，中柱下柱沿高度设置两道腹杆，16a 槽钢制作。柱肢采用预制钢筋混凝土离心管，设计混凝土标号 300 号。管肢截面共分四种，其中直径 300mm、壁厚 100mm 的管肢用于边柱上柱；直径 300mm、壁厚 70mm 的管肢用于边柱下柱及中柱上柱；直径 400mm、壁厚 60mm 和直径 400mm、壁厚 80mm 的管肢用于中柱下柱。厂房山墙处设置抗风柱，抗风柱下柱截面为工字形，上柱为矩形截面，混凝土采用 200 号。主筋钢筋采用 16Mn。

一期厂房吊车梁有三种形式。其中 6m 混凝土吊车梁选用 G157 标准图集，吊车梁上翼缘与上柱采用-12 钢板焊接连接；6m 钢吊车梁采用实腹式工字形截面，为厂方自行设计制作，吊车梁上翼缘与上柱用钢板焊接连接；12m 吊车梁选用钢桁架，桁架尺寸见图 4.2，其下弦及腹杆采用双角钢，上弦采用工字钢及角钢组合截面（图 4.3）。中柱（B 列柱）两侧的吊车桁架上弦部位设置制动桁架，下弦部位设水平支撑。

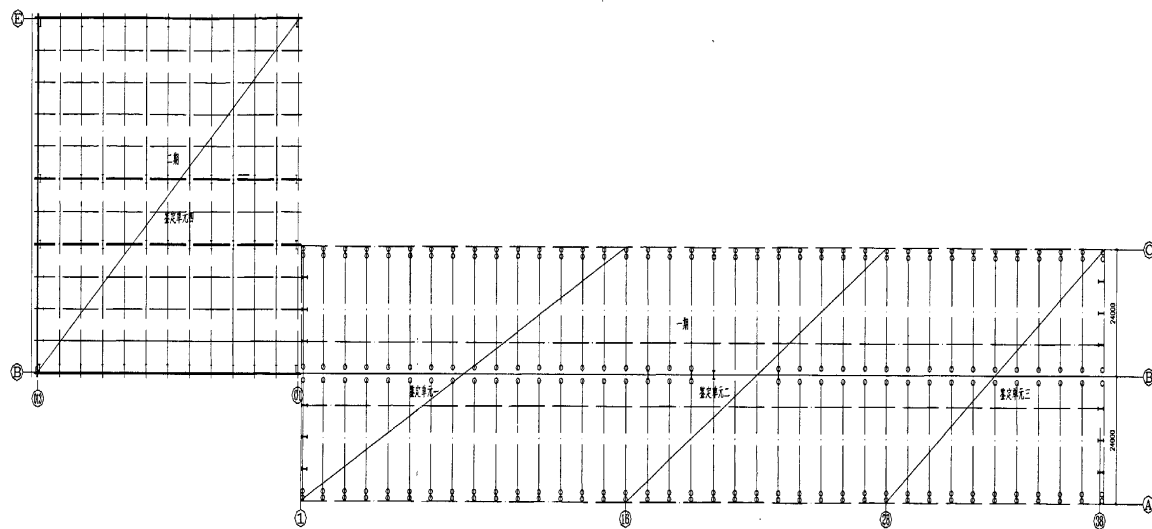


图 4.1 厂房分区平面图

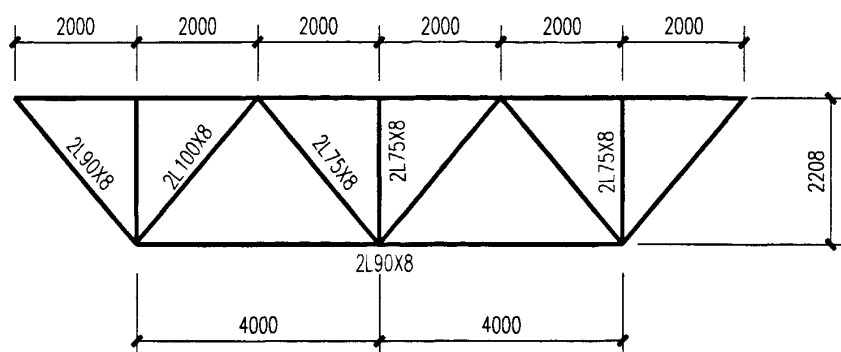


图 4.2 吊车桁架图

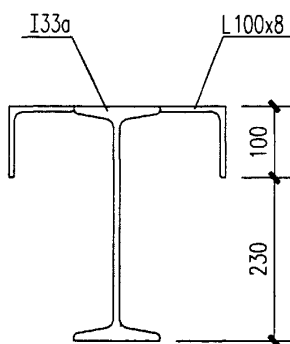


图 4.3 吊车上弦杆截面

一期厂房屋架选用 24m 后张法预应力梯形屋架，上弦杆、下弦杆及腹杆均为矩形截面，混凝土标号 400 号。预应力钢筋采用冷拉强化的 25MnSi，预应力筋共两束，每束 4Φ16，锚具外露部分用砂浆保护，屋架的非预应力钢筋采用 25MnSi，预埋件采用 t3 钢。下弦设计起拱高度 35mm。屋架几何尺寸见图 4-4。在 B 列抽柱部位采用 12m 跨度的混凝土托架，其上弦杆、下弦杆及腹杆均为矩形截面，混凝土标号 400 号，几何尺寸见图 4-5。

厂房的屋面板采用 1.5x6m 大型屋面板，选用标准图集 G103.1（修订版）（AB 跨屋面）及 1.5x6mΠ 形屋面板（BC 跨屋面）；BC 跨屋面在部分柱距设沉井式横向天窗。Π 形屋面板纵肋的预应力钢筋为 1Φ14，采用经冷拉强化的 25MnSi 钢制作。原设计屋面板与屋架上弦三点焊接，位于 16 及 28 轴线变形缝处的屋面板支座，在 15 及 27 轴线一侧与屋架上弦焊接，另一侧不焊接。

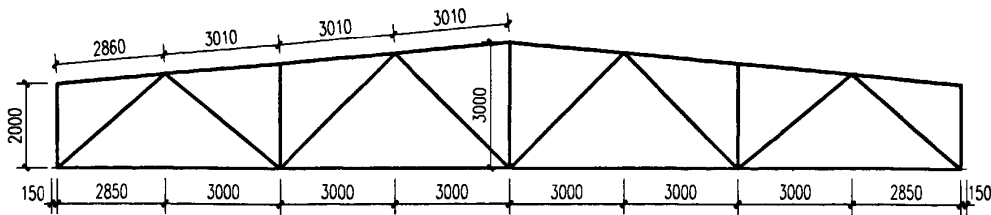


图 4.4 屋架图

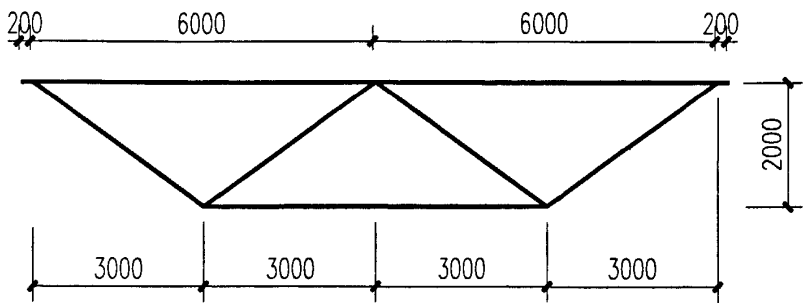


图 4.5 托架图

厂房柱基础采用钢筋混凝土阶形基础，混凝土标号 150 号，钢筋采用 3 号钢，基础埋深-3m，基础高度 1.5m，下设 100mm 厚混凝土垫层。边柱基础设有基础梁，基础梁混凝土 200 号，基础梁现场预制，基础梁高 450mm，倒梯形截面，基础梁通过 1m 高混凝土短柱支撑于柱基础上，并与排架柱通过预埋钢板连接。

厂房四周均采用砖墙围护，钢门窗，围护砖墙厚 240 mm，围护墙体在标高 5.130m、9.000m 处设有预制圈梁，圈梁宽度同墙体厚度。

厂房屋面板上部建筑构造层由下至上依次为：30 mm 找平层，三毡四油防水及绿豆砂保护层。

4.1.2 二期厂房

二期建设包括厂房及原料栈桥两部分，本次鉴定仅包括厂房部分。

二期厂房为单层等高三跨混凝土排架结构体系，柱距 6m，纵向（东西向）长 72m；厂房跨度由南向北依次为 24m、12m、30m，横向（南北向）宽 66m。建筑面积约 4800 m²。

二期厂房排架柱为预制钢筋混凝土工字形柱，柱顶标高 9.85m，原设计混凝土标号 250 号。边柱下柱截面尺寸： $B \times H \times H_f \times H_b = 400 \times 800 \times 150 \times 100$ ，上柱矩形截面， $B \times H = 400 \times 400$ ，中柱下柱截面尺寸： $B \times H \times H_f \times H_b = 500 \times 1200 \times 200 \times 120$ ，上柱矩形截面， $B \times H = 500 \times 900$ 。

二期厂房中 6m 混凝土吊车梁选用 G157、G158 标准图集，12m 钢吊车梁选用 G514（一）标准图集。

24m 跨屋架及 30m 跨屋架均采用梯形钢屋架，屋架下弦标高 10.71m，选用 G511 标准图集；12 米跨屋面梁选用 G121 工字形薄腹梁，下弦标高 11.83m。C 列、D 列的抽柱处采用的 12m 钢托架选用 G513 标准图集。24m 跨及 30m 跨均设置纵向天窗，天窗架、挡风支架均为钢构件，钢天窗架选用 G512 标准图集。

二期厂房的屋面采用 1.5×6m 非预应力钢筋混凝土大型屋面板，设计要求屋面板安装时，与屋架、天窗架连接采用三点焊。厂房屋面板上部建筑构造层由下至上依次为：20 mm 找平层，三毡四油防水及绿豆砂保护层。

二期厂房柱基础采用钢筋混凝土杯形基础，原设计混凝土标号 150 号，钢筋采用 3 号钢。大部分柱柱基底标高-4.0m，B 列 9~12 轴线及 C 列 11~12 轴线柱柱基底标高-5.3m 及-6.3m，该基础类型采用高杯口基础。与一期变形缝处的柱基采用扩大和增高原基础底面积和高度的方法处理。所有柱基础下均设 100mm 混凝土垫层。

在 B 列、E 列墙体及 1 轴线山墙根部设有基础梁。基础梁搁置在钢筋混凝土基础上，各基础埋置深度不同时，通过短柱调节。厂房四周采用砖墙围护，钢门窗，围护砖墙厚 240 mm，围护墙体在标高 5.130m、9.000m 处设有预制圈梁，圈梁宽度同墙体厚度。

4.2 现场检测结果

4.2.1 结构及支撑布置

①结构布置

检测后发现厂房各独立结构单元平面均呈矩形，原设计结构布置基本规整，局部有抽柱，结构构件选型基本合理，且刚度分布比较均匀，传力路线直接、明确、简洁，变形缝设置比较合理；但由于两次生产工艺改造，局部托梁换柱后，导致结构单元局部刚度极不均匀。

②支撑布置

通过对原设计图纸，抗震加固图的审阅、以及进行了现场检查。结果如下：

1) 一期厂房

屋盖系统设置大概情况是：AB 跨及 BC 跨每个独立结构单元跨中设置下弦纵向系杆，排架柱柱顶系杆，每个端开间两端、跨中设置垂直支撑及下弦横向水平支撑，支撑杆件均采用角钢，其中，柱顶系杆截面为“十”字形，跨中下弦纵向系杆为单角钢，下弦

横向支撑交叉杆件为单角钢，纵向杆件为肢背相接双角钢截面。

边柱及中柱均设有柱间支撑，原设计在各独立结构单元中间部位 10~11、24~25、31~32 轴线间设置上柱及下柱柱间支撑，后来进行二期建设时，边柱 2~3、18~19 轴线增设了柱间支撑。下柱采用双片角钢交叉支撑，上柱为单片角钢交叉支撑。

根据现行《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023-2008)的要求，厂房支撑布置应符合鉴定标准对于 A 类厂房（后续使用年限按照 30 年考虑）的要求。其相关要求大致如下：

(1) 跨度大于 18m 的厂房，厂房单元端开间应设置上弦横向水平支撑。

(2) 跨度为 18m~30m 的厂房，厂房单元两端设置竖向支撑，其余柱间相应位置处设置下弦水平系杆。

(3) 屋架端部高度大于 1m 时，厂房单元两端的屋架端部设置竖向支撑，其余柱间在屋架支座处设置水平压杆。

(4) 抗震设防烈度为 7 度，III、IV 场地土时，厂房单元中部应设置一道上柱、下柱柱间支撑。

基于上面的设置原则，该厂房跨度 24m，厂房的各独立单元都没有上弦横向支撑的设置，所以不满足鉴定标准要求。

2) 二期厂房

二期厂房 24m 跨及 30m 跨均采用钢屋架，屋盖支撑系统设置包括下弦横向水平支撑、下弦纵向水平支撑、上弦横向水平支撑、上弦纵向水平支撑、上弦及下弦纵向系杆、垂直支撑、天窗架垂直支撑。天窗架横向水平支撑、垂直支撑及纵向系杆。

上弦横向水平支撑及垂直支撑设置在厂房单元端开间及中间部位，并沿跨度设置 7 道纵向系杆，下弦纵向及横向支撑四周封闭，并沿跨度设置 5 道纵向系杆。各跨天窗架端开间设置上弦横向水平支撑及垂直支撑，跨中设有纵向系杆。

在厂房中部设置一道柱间支撑，边柱位于 05~06 轴线间，中柱位于 06~07 轴线。柱采用双片角钢交叉支撑，上柱为单片角钢交叉支撑。

从整体上看，二期厂房屋盖和天窗支撑系统设置基本完善。

5.2.2 主要承重结构构件的损伤状况

主要承重结构构件包括排架柱、屋架、吊车梁、屋面板、天窗架、支撑系统（包括柱间支撑及屋盖系统支撑）及地基基础。构件的损伤状况总述如下：

①、排架柱

1) 钢筋混凝土管柱

- (1) 管柱的使用状况良好，没有发现明显的受力裂缝和变形，没有什么异常现象。
- (2) 个别柱肩梁角部由于碰撞、振捣不密实，存在钢筋外露及锈蚀的现象（见图 4.6）。
- (3) 部分柱头由于屋面渗漏的原因，导致混凝土锈胀开裂，大量钢筋外露、锈蚀现象也比较多，尤其在 B 列各柱表现比较明显（见图 4.7）。
- (4) 部分柱因容易碰撞，在外侧设置防撞钢板（见图 4.8）。

2) 钢筋混凝土工字形柱

- (1) 有少量的下柱翼缘碰撞损伤、有露筋现象，尤其 E 列柱碰撞相对较多。见图 4.9。
- (2) 有部分混凝土柱保护层钢筋锈胀开裂（见图 4.10），主要集中在 D 列。由于该列上部屋面渗漏非常严重，导致钢筋长期在潮湿环境中，容易出现锈蚀，特别是 D-01 柱，由于受雨水长期侵蚀，表面混凝土面层被冲刷，导致骨料、钢筋外露明显（见图 4.11）。

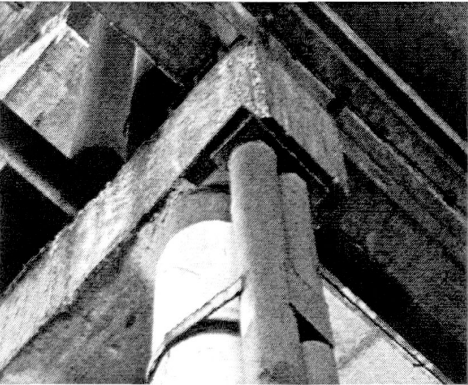


图 4.6 B-6 柱肩梁钢筋外露



图 4.7 B-18 上柱钢筋外露

排架柱只存在碰撞损伤及耐久性损伤，没有发现其他明显损伤。各柱的详细检测结果见表 4-1。

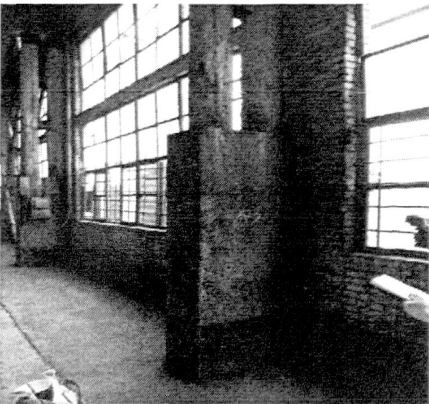


图 4.8 A-23 柱外包钢板

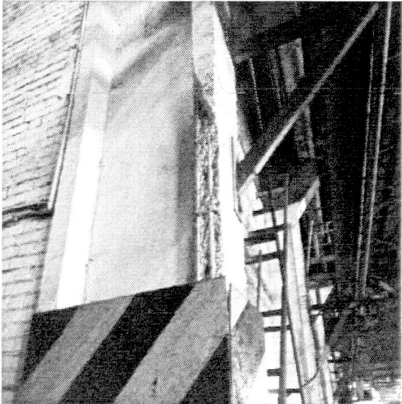


图 4.9 C-07 柱翼缘碰撞钢筋外露

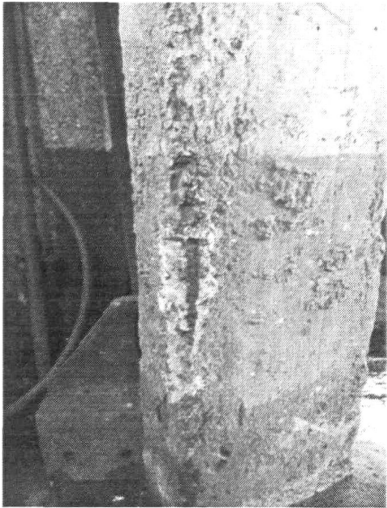


图 4.10 E-08 柱翼缘钢筋锈胀

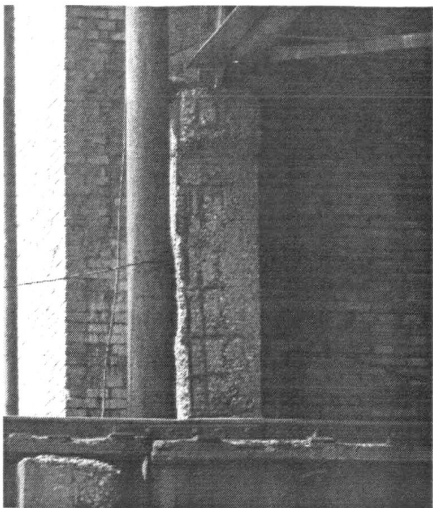


图 4.11 D-01 上柱表面腐蚀，钢筋外露

表 4.1 混凝土管柱外观检测结果

构件位置	检测结果
A-3	柱帽钢筋外露。
A-12	柱身基本完好。柱下外包钢板。尺寸 430x860。
A-17	柱身基本完好。局部保护层脱开
A-22	柱身基本完好。下柱外包钢板，
A-23	柱身基本完好。下柱外包钢板，
A-24	柱身基本完好。下柱外包钢板，
A-28	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-29	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-30	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-31	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-32	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-33	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-34	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-35	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-36	柱身基本完好。下柱外包钢板。
A-37	柱身基本完好。下柱外包钢板。
B-2	柱身基本完好，柱肢连接杆件土层起皮。
B-03	翼缘根部混凝土脱落。
B-6	柱身基本完好，柱北侧竖钢管加固。肩梁局部混凝土脱落，钢筋外露。
B-9	柱身基本完好。南侧柱肢下部 1.6m 高度内采用外包钢板灌混凝土加固。
B-11	柱身基本完好。北侧柱肢下部 3m 高度内采用外包钢板灌混凝土加固。
B-12	柱身基本完好。主肢连接工字钢上翼缘局部变形。
B-25	柱身基本完好，肩梁局部混凝土脱落，钢筋外露。
B-18	柱帽钢筋外露。
B-27	柱帽钢筋外露。
B-29	柱帽钢筋外露。

构件位置	检测结果
B-36	柱帽钢筋外露。
C-16	柱帽钢筋外露。
C-21	柱帽钢筋外露。
C-07	柱翼缘被撞，露筋，下部 3m 范围外包钢板加固。
E-01	柱翼缘两侧均有碰撞，混凝土脱落，钢筋锈蚀，下柱高度约 30cm。
E-02	柱翼缘两侧均有碰撞，混凝土脱落，钢筋锈蚀，下柱高度约 20cm。
E-03	柱翼缘有碰撞，局部混凝土脱落。
E-04	柱翼缘东侧根部碰撞，混凝土脱落，钢筋外露、锈蚀。
E-06	柱翼缘表面麻面。
E-08	柱翼缘锈胀开裂。
D-01	受雨水冲刷，混凝土表面骨料外露，上柱、下柱钢筋外露、锈蚀较严重。
D-02	柱翼缘两侧沿柱高锈胀裂缝，宽度 1.5mm。
D-04	柱翼缘锈胀裂缝，钢筋锈蚀。
D-05	局部混凝土脱落，钢筋外露。
D-06	柱翼缘混凝土大面积脱落，钢筋锈蚀，混凝土保护层锈胀开裂。

② 屋架

1) 混凝土屋架

AB 跨及 BC 跨 1~38 轴线间采用的是 24m 跨预应力梯形钢筋混凝土桁架，现场对每榀屋架均进行现场检查，得出以下检查结果：

- (1) 由于厂房渗漏严重，大部分屋架杆件表面均有明显的水渍（见图 4.12）。
- (2) 屋架端部支座处预应力锚具外包砂浆由于长期受到雨水侵蚀，普遍出现开裂现象，有的出现砂浆脱落。
- (3) 在个别屋架下弦端部发现水平裂缝，裂缝最大宽度达到了 0.2mm，最长达到约 300mm。初步分析，该裂缝应该是由于预应力钢筋张拉时局压所致（见图 4.13）。
- (4) 由于屋架端部天沟板处存在严重渗漏，在 AB 跨屋架上弦端部发现大量混凝土锈胀开裂。有的比较严重，出现混凝土脱落掉块。这是由于上弦杆钢筋锈胀，保护层开裂，随使用时间延长，裂缝逐渐加剧发展而引发的。图 4.14 和图 4.15 为 AB 跨 28、31 线屋架 B 线端部混凝土局部脱现状。除此之外没有发现混凝土屋架其他部位明显破损现象。

2) 钢屋架

二期建设厂房 24m 跨及 30m 跨均采用的是梯形钢屋架，通过现场对每榀屋架检查。结果表明，钢屋架杆件基本完好，没有发现明显变形，节点连接完好，唯一的缺陷是钢屋架普遍存在涂层老化、脱落，杆件锈蚀等现象(见图 4.16~4.17)，尤其在 DE 跨有个别

屋架锈蚀比较严重，如 DE 跨 013 轴线屋架，杆件防护油漆基本全部脱落，表面浮锈。DE 跨其他屋架在 D 端附近杆件因屋面渗漏也呈现严重锈蚀，局部出现 2-3mm 锈层（见图 4.18）。

3) 12m 屋面梁

CD 跨的 12m 屋面梁采用的是 G121 工字形薄腹梁。经检测，07~013 轴线屋面梁存在较严重的钢筋锈胀、开裂现象，其中，09~012 轴线的四根屋面梁已采用钢桁架和外加预应力钢筋加固处理（见图 4.19）。

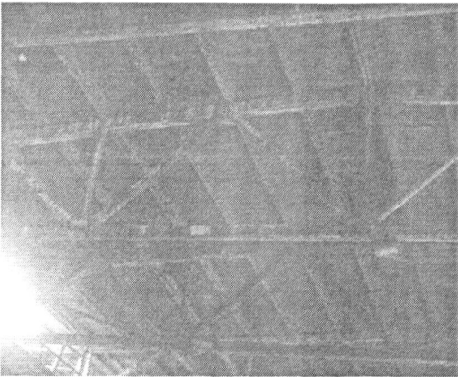


图 4.12 屋架杆件表面水渍

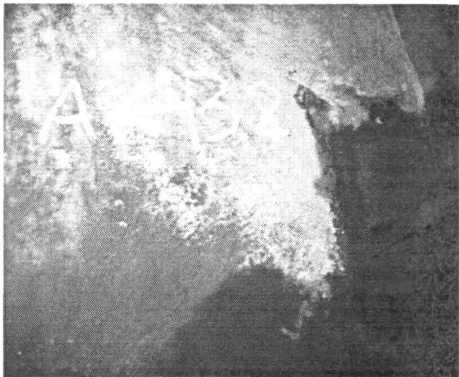


图 4.13 AB 跨 2 轴线 B 支座屋架端部裂缝



图 4.14 屋架上弦端部局部砼脱落

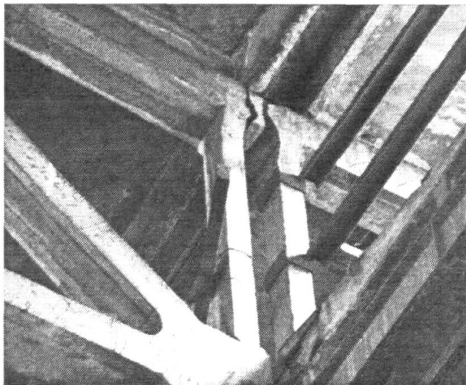


图 4.15 屋架上弦端部局部砼脱落

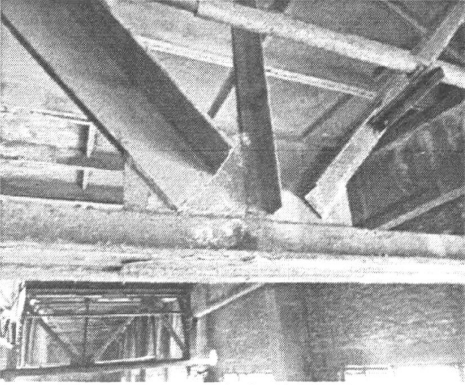


图 4.16 钢屋架杆件锈蚀状况

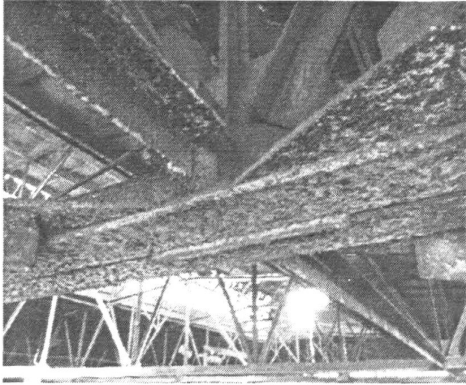


图 4.17 钢屋架杆件锈蚀状况

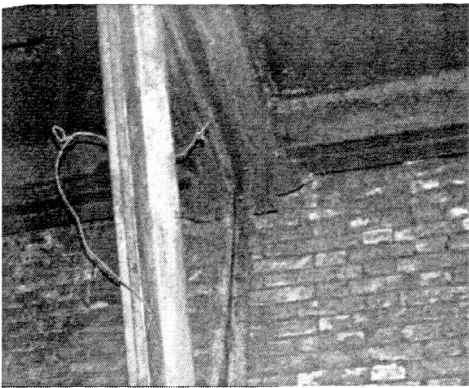


图 4.18 DE 跨钢屋架 D 端竖杆件锈蚀状况

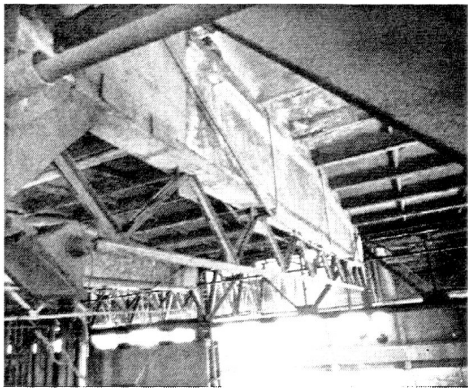


图 4.19 CD 跨屋面梁加固

③ 吊车梁

现场对各跨的混凝土吊车梁的详细调查，损伤情况见图 4.20~图 4.27，得出表 4.2 结果：

表 4.2 混凝土吊车梁损伤统计

构件位置	损伤情况	备注
AB 跨 B 列 10~11	腹板 3 道竖向裂缝，宽度 0.15mm。	
AB 跨 B 列 14~15	腹板 15 轴线支座处混凝土受压破损。	
AB 跨 B 列 24~25	腹板 3 道竖向裂缝，宽度小于 0.15mm。24 轴支座处上翼缘砼局部脱落，露筋，长度 15cm。	
AB 跨 B 列 30~31	腹板 7 道竖向裂缝，30 轴支座处上翼缘混凝土局部脱落，露筋，长度 15cm。	
AB 跨 B 列 31~32	腹板 7 道竖向裂缝，支座处斜裂缝裂缝，宽度小于 0.2mm。	
AB 跨 B 列 32~33	腹板 6 道竖向裂缝，宽度小于 0.15mm。上翼缘混凝土局部脱落，露筋。	
AB 跨 B 列 34~35	上翼缘跨中处混凝土局部脱落，露筋。	
AB 跨 B 列 35~36	腹板 4 道竖向裂缝，36 轴支座处上翼缘混凝土局部脱落，露筋，长度 10cm。	
AB 跨 A 列 35~36	上翼缘混凝土局部开裂。	
AB 跨 A 列 34~35	上翼缘混凝土局部脱落。	
AB 跨 A 列 32~33	上翼缘混凝土局部脱落。	
AB 跨 A 列 11~12	腹板 7 道竖向裂缝。	
AB 跨 A 列 12~13	腹板 5 道竖向裂缝。	
AB 跨 A 列 14~15	腹板 11 道竖向裂缝。	
AB 跨 A 列 15~16	腹板 6 道竖向裂缝。	
AB 跨 A 列 10~11	腹板 6 道竖向裂缝。	

构件位置	损伤情况	备注
AB 跨 A 列 6~7	腹板 3 道竖向裂缝，上翼缘混凝土局部开裂。	
AB 跨 A 列 3~4	上翼缘混凝土局部开裂。	
AB 跨 A 列 30~31	上翼缘混凝土局部脱落。	
BC 跨 C 列 31~32	31 轴支座处 3 条斜裂缝。	
BC 跨 C 列 31~32	腹板 5 条斜裂缝。	
BC 跨 C 列 36~37	36 轴支座处 1 条斜裂缝。	
DE 跨 E 列 03~04	腹板 2 道竖向裂缝，上翼缘局部砼脱落。	
DE 跨 E 列 04~05	腹板 5 道竖向裂缝。	
DE 跨 E 列 05~06	腹板 5 道竖向裂缝。	
DE 跨 E 列 06~07	腹板 3 道竖向裂缝。	
DE 跨 E 列 010~011	腹板 3 道竖向裂缝。	

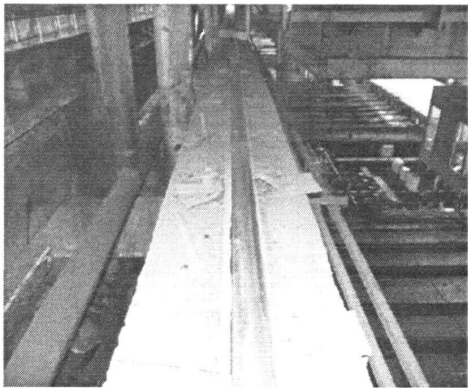


图 4.20 吊车梁轨道螺栓脱落

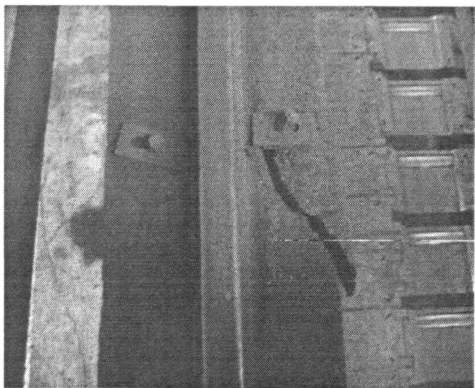


图 4.21 吊车梁上翼缘开裂



图 4.22 吊车梁与柱连接件断裂

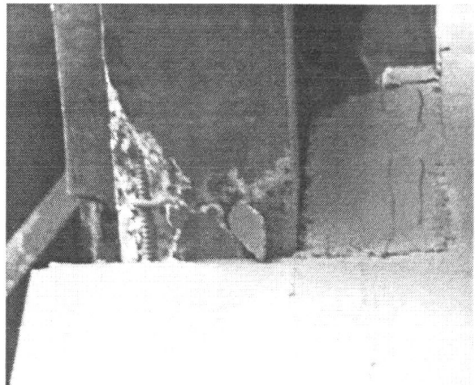


图 4.23 E 列 02-03 吊车梁支座砼挤碎

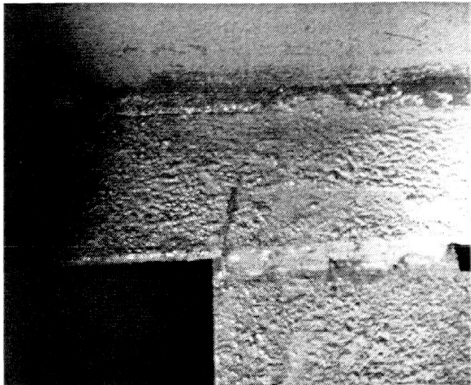


图 4.24 吊车桁架上弦裂缝



图 4.25 A 列钢吊车梁支座变形



图 4.26 钢吊车梁焊缝夹渣

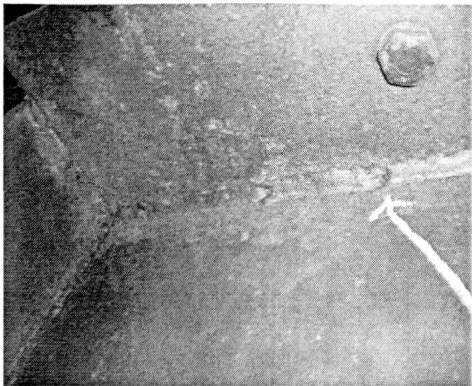


图 4.27 D 列 011-013 钢吊车梁锈蚀重

④、托架

厂房托架位于 B 列、C 列和 D 列轴线，其形式包括 12m 混凝土托架及 12m 钢托架两种，钢托架分布在二期厂房的 C 列、D 列轴线；混凝土托架位于 B 列。D 列 011-013 钢托架锈蚀较严重，局部锈层 2mm，其他位置的混凝土托架及钢托架无明显异常，但 B 列的托架受雨水渗漏影响较明显。

⑤、屋面板

厂房屋面板有两种形式，一种是 1.5×6m 非预应力大型屋面板；另一种是 1.5×6m“Π”形预应力屋面板。Π”形预应力屋面板主要用于 BC 跨。调查的屋面板主要现状特征如下：

(1) 屋面板渗漏现象普遍（见图 4.28~4.29），渗漏导致部分屋面板大肋钢筋锈胀开裂，表层混凝土脱落，大肋钢筋外露(见图 4.30)。其中 DE 跨屋面板破损较为严重，特别是靠近 D 列屋面板，其中，12~13、9~10、8~9、7~8 轴线间屋面板由于大肋锈蚀严重，采用钢梁支托加固（见图 4.31~4.32）。

(2) 部分屋面板的板面钢筋保护层较薄，钢筋网状显露，DE 跨靠近 D 列屋面板板面混凝土保护层脱落、钢筋锈蚀严重，必须进行处理（见图 4.33）。

根据板的损伤程度，本次检测将屋面板损伤现状分为 a、b、c、d 四个等级。a 级表

示完好，b 级表示屋面板基本完好或有轻微渗漏，c 级表示屋面板大范围渗漏，d 级表示屋面板渗漏严重或大肋开裂，钢筋外露锈蚀。评级结果见图 4.34~4.36。

⑥、天窗架及挡风支架

现场检测，钢天窗架、挡风支架杆件存在表面油漆老化、脱落，钢构件表面锈蚀现象。石棉瓦挡风板缺损、烂洞较多，部分丧失挡风功能。



图 4.28 屋面板渗水状况

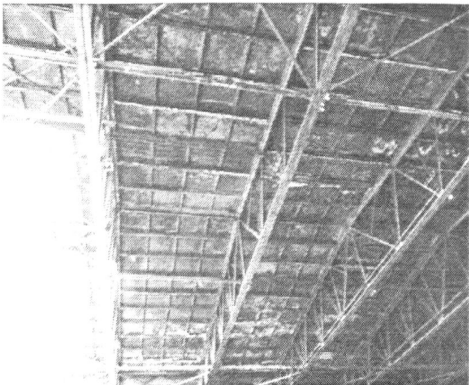


图 4.29 屋面板渗水状况



图 4.30 大肋混凝土脱落，钢筋锈蚀

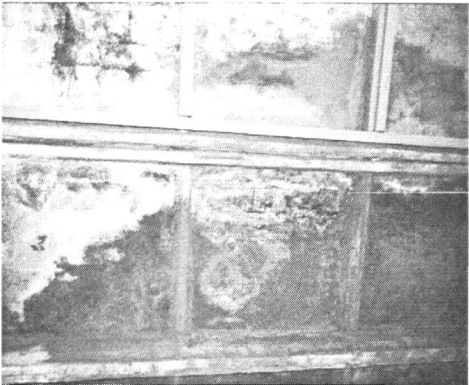


图 4.31 屋面板加固

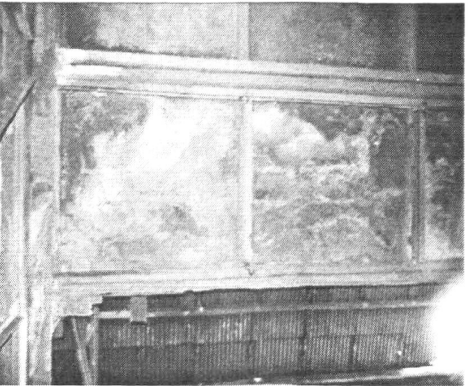


图 4.32 屋面板加固



图 4.33 屋面板板面露筋

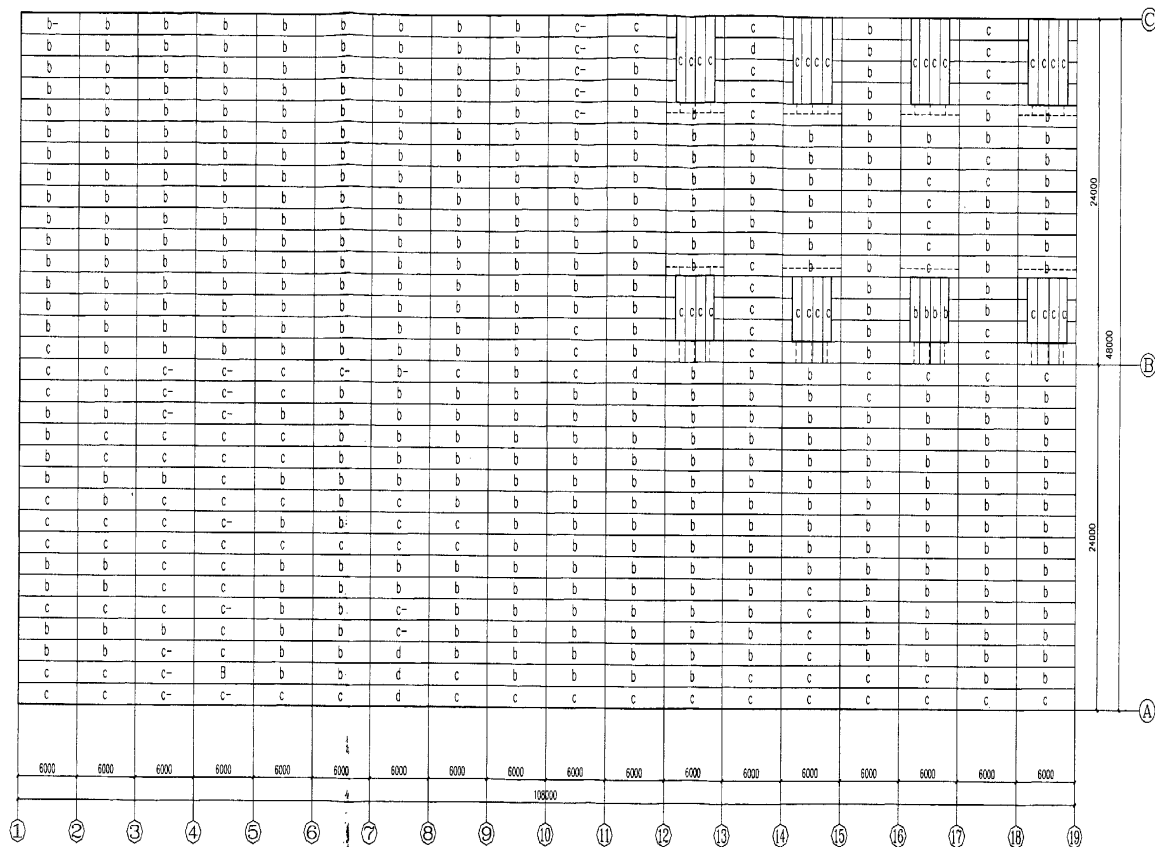


图 4-6 一期厂房 (1~19 轴线) 屋面板破损评级

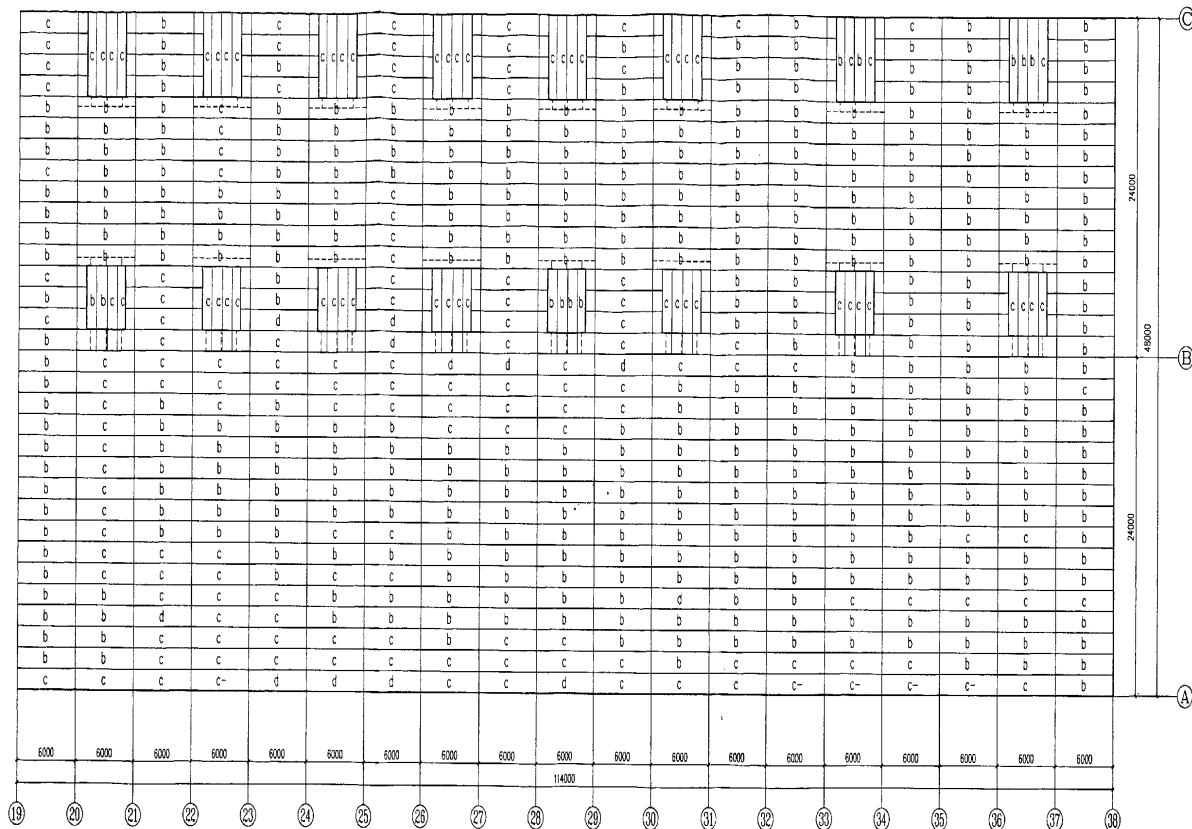


图 4-7 一期厂房 (19~38 轴线) 屋面板破损评级

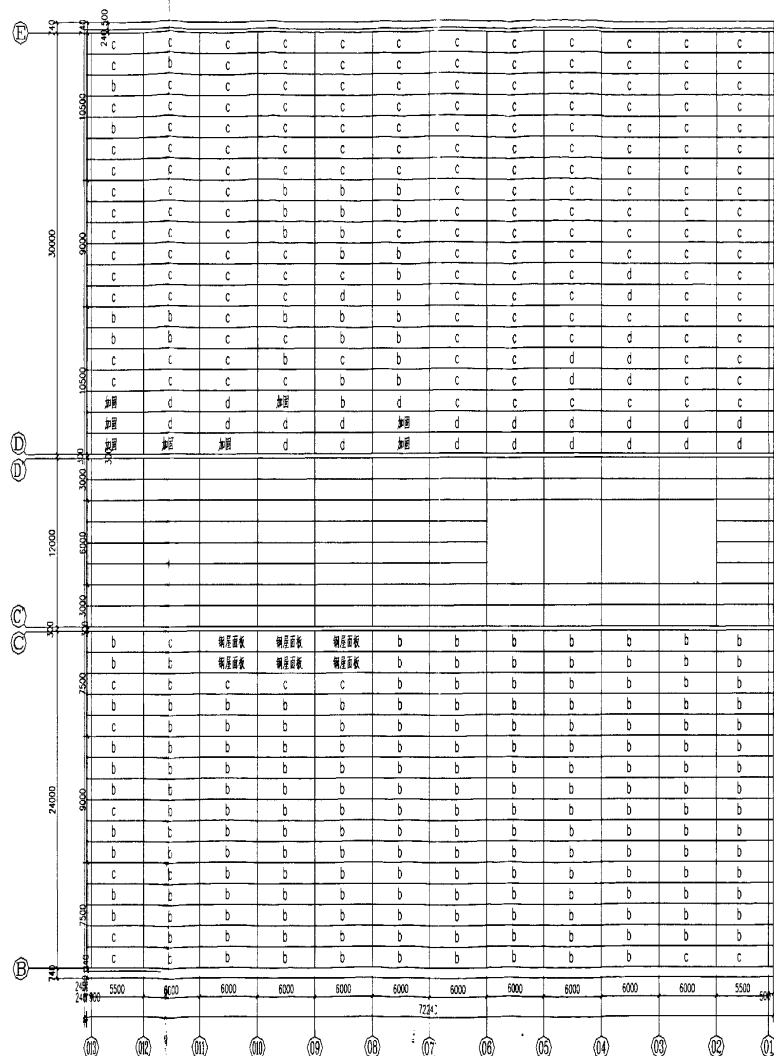


图 4.36 二期厂房屋面板破

⑦、支撑系统

支撑系统主要包括柱间支撑、屋盖系统支撑及天窗架支撑。经现场检测得出以下主要存在的问题：

(1) 由于厂房在使用期间没有设置必要的围护，以致于屋面出现严重渗漏，有部分支撑杆件、节点已出现锈蚀现象，特别是各跨柱顶系杆锈蚀比较严重（见图 4.37~4.38）。

(2) 在后续的厂房改造过程中，在进行安装设备等时，个别位置柱间支撑及屋架下弦支撑杆件被切除（见图 4.39），A 列个别柱间支撑杆件碰撞后出现变形。

(3) 个别支撑杆件与节点未连接（见图 4.40）。

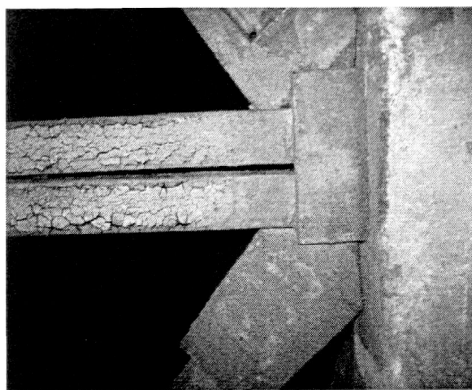


图 4.37 支撑杆件锈蚀



图 4.38 支撑节点锈蚀

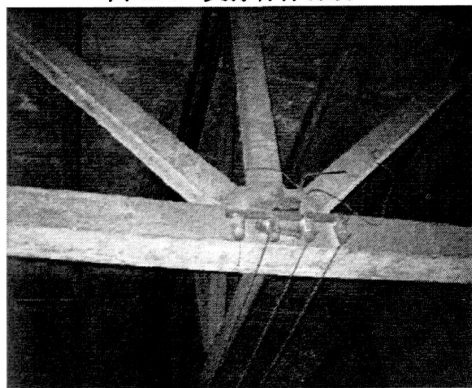


图 4.39 下弦系杆切除

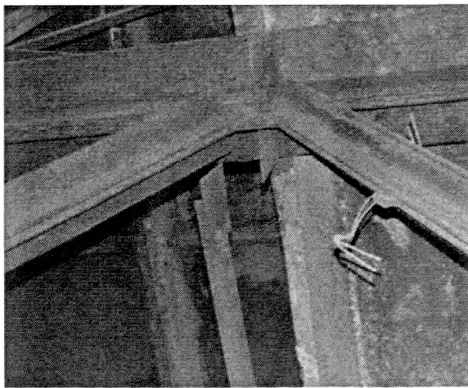


图 4.40 系杆连接失效

⑧、地基基础

厂房排架柱基础为天然黄土地基，采用的是混凝土独立杯口基础。现场对 A-37 柱基础进行开挖。当挖至距离地面 1.2m 时出现地下渗水，这与原地勘结果基本一致（见图 4.41~4.42）。

本次检测对柱基相对沉降进行了观测，结果表明厂房东侧沉降相对西侧大。根据现场调查得知，整个场地土均为饱和黄土，东侧与西侧场地土存在明显不均匀性，东侧场地土由于普遍存在软土层，容易产生沉降；且场地土普遍存在上层滞水，埋于地表下

0.2m~1.3m。厂房屋于 2003 年翻新了车间内地面，现场发现厂房地面存在多道明显沉降裂缝，堆载较大的 AB 跨废钢区地面已经沉陷成坑状，最大深度超过 100mm。厂房地基土具有较高的压缩性，根据上部吊车使用情况判断，柱基承力土层变形仍有缓慢下沉的趋势，而沉降量影响因素主要是上部滞水的水位、周围堆载。



图 4.41 A-37 柱基检测



图 4.42 A-37 柱基检测

4.2.3 围护系统

厂房的围护系统包括屋面防水、地面排水、墙体以及各种隔热、防撞措施等。

① 屋面防水

厂房屋面采用油毡防水，有组织排水，现场检测发现以下问题：

(1) 厂房油毡防水老化很严重，女儿墙泛水处油毡与墙已脱开（见图 4.43）。一旦遇上下雨天气，厂房就会出现大面积渗漏（见图 4.44）。

(2) 女儿墙顶压梁出现开裂，角部混凝土开始脱落，钢筋外露并且受锈蚀，由于设单柱伸缩缝，而压梁未在变形缝处断开，温度作用导致压梁在此部位隆起，与女儿墙脱开（见图 4.45）。

(3) 1 轴线山墙顶在 B 轴线处，一期、二期厂房交接处墙有烂洞，砖块松动，有安全隐患（见图 4.46）。

(4) DE 跨 01~02 轴线间建铁皮屋一间，里面堆放很多杂物，增加了局部屋面荷载，建议拆除（见图 4.47~4.48）。

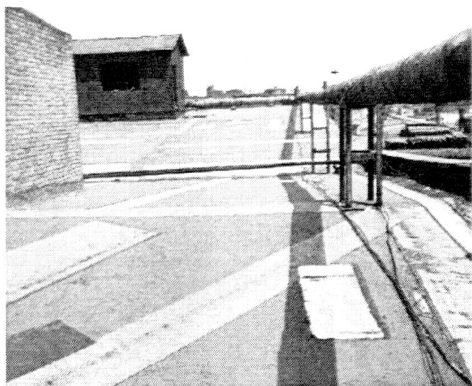


图 4.43 屋面防水修补

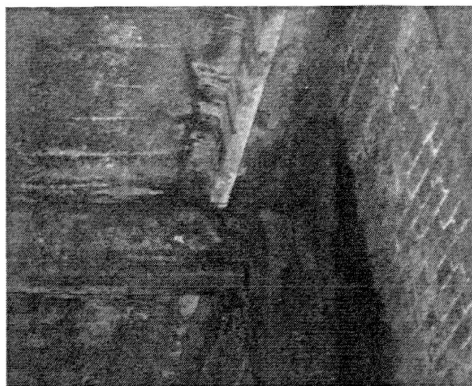


图 4.44 厂房渗漏状况

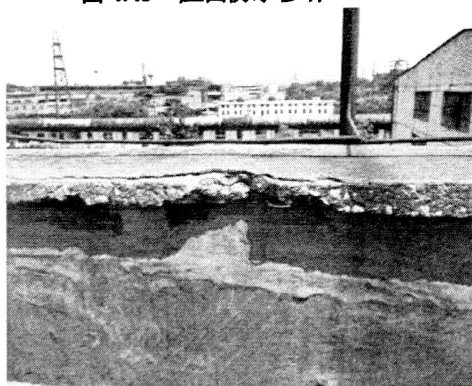


图 4.45 女儿墙压梁破损



图 4.46 1 线山墙在 B 轴顶破损

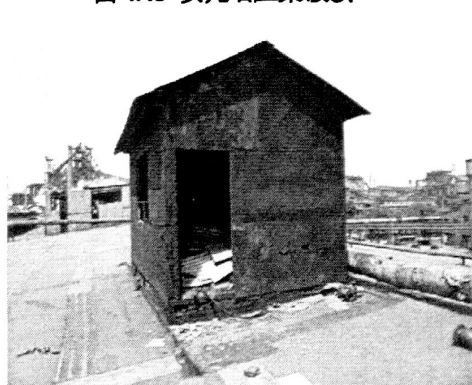


图 4.47 DE 跨 01~02 间屋面铁皮屋

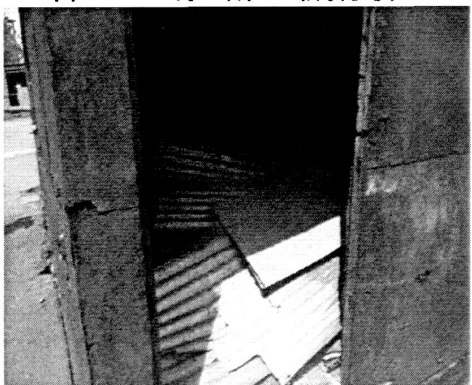


图 4.48 DE 跨 03 地面排水设施

厂房室外排水不通畅，特别是西侧及南侧地面，由于室外管网渗漏等原因，长期积水，目前还没有找到漏水部位。散水因底部地基土不均匀下沉，局部出现开裂，散水面层因为冻融损伤，出现起皮脱落。

4.2.4 抗震构造

厂房始建于 1970 年，按照《建筑抗震鉴定标准》的相关规定，按照 A 类建筑的抗震要求对其进行构造检查，厂房在抗震内构造方面存在如下缺陷：

1、一期厂房屋盖支撑系统仅设置下弦支撑，结构单元的端开间未设置上弦横向水平支撑，不满足鉴定标准的要求；

2、排架柱与墙拉结较少，虽后来局部采取了拉接措施，但仍不满足鉴定标准的要求。

4.2.5 混凝土强度测试

为了评定混凝土构件强度，根据现场实际情况，依据国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204—2002)、《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T23-2001)，对厂房排架柱、吊车梁、屋架进行了随机抽样，采用回弹法对上述构件混凝土强度进行检测。混凝土回弹仪采用型号 ZC3-A、检验证号 2010-633。混凝土强度推定值检测结果见表 4.3。检测结果表明：各类构件混凝土强度均达到设计要求。

表 4.3 回弹法检测结果

构件类别	砼强度换算值 (MPa)			砼强度推定值 (MPa)
	平均值	标准差	最小值	
混凝土管柱	34.2	1.21	31.4	32.2
混凝土工字形截面柱	28.1	1.07	25.6	26.3
屋架	44.0	1.31	40.7	41.8
AB 跨吊车梁	24.6	1.23	21.3	22.6
BC 跨/1~38 吊车梁	33.5	1.02	30.5	31.8
BC 跨/01~013 吊车梁	34.1	1.14	30.3	32.2
DE 跨吊车梁	34.7	1.16	30.7	32.8

4.2.6 混凝土碳化深度测试

经测试，混凝土工字形柱碳化深度的波动范围为 15~22mm，平均值为 17.4mm；混凝土管柱碳化深度的波动范围为 4~10mm，平均值为 8mm；屋架混凝土碳化深度的波动范围为 2~4mm，平均值为 3mm；吊车梁混凝土碳化深度的波动范围为 3~7mm，平均值为 4mm；屋面板板肋基本已完全碳化。

从测试结果看，混凝土管柱、吊车梁、屋架碳化较小；屋面板碳化深度已超过钢筋保护层厚度，说明混凝土保护层已完全失去了对钢筋的保护能力，必须进行耐久性处理。

4.2.7 构件变形测量

本次检测对厂房排架柱、屋架、屋面板、吊车梁的挠度以及吊车轨顶标高进行了测量。这里有两点需要说明：①由于受到条件限制，构件未能全数测量；②本次测量采用

水平仪与测距仪配合进行高程测量，由于选取的标志点存在施工偏差，所以测量结果中不排除施工所造成的偏差。

1. 排架柱测量结果

为调查排架柱的不均匀沉降情况，现场以排架柱肩梁底面作为观测点进行测量，测量结果见表 4-4。A、B、C 列柱相对沉降观测结果见图 4.49~4.51，各列测量均以 1 轴线为参照点，从图中可以看出，厂房排架柱自西向东地基存在不均匀沉降现象， A 列柱最大相对沉降量为 137mm（A-37 柱），B 列柱最大相对沉降量为 243mm（B-38 柱），C 列柱最大相对沉降量为 244mm（C-38 柱）。按照《建筑地基基础设计规范》的要求，柱基沉降量不大于 120mm，故上述各列柱最大相对沉降量均已超过限值。

A、B、C 列柱相邻柱沉降差观测结果见按照《建筑地基基础设计规范》的要求，对于 A 列柱最大相邻沉降差为 40mm（24 与 23 轴线间），B 列柱最大相邻沉降差为 40mm（35 与 34 轴线间），C 列柱最大相邻沉降差为 57mm（24 与 23 轴线间），对于桥式吊车轨面的倾斜，柱基相对沉降量不超过 24mm，上述各列柱最大相对沉降量均已超过限值。

表 4.4 一期排架柱沉降测量数据

轴线号	A 列		B 列		C 列	
	实测数据	相邻沉降差/mm	实测数据	相邻沉降差/mm	实测数据	相邻沉降差/mm
1	0750	0	0618	0		
2	0745	-5	0668	50		
3	0741	-4	0644	-24		
4	0727	-14	0621	-23		
5	0700	-27	0602	-19		
6	0723	23	0600	-2		
7	0714	-9	0600	0	0745	0
8	0744	30	0614	14	0711	-34
9	0731	-13	0618	4	0704	-7
10	0751	20	0625	7		
11	0730	-21	0645	20	0688	0
12	0731	1	0655	10	0692	4
13	0739	8			0671	-21
14	0754	15	0640	-15	0705	34
15	0769	15	0622	-18	0753	48
16	0794	25			0806	53
17	0784	-10			0801	-5
18	0785	1			0777	-24
19	0783	-2			0793	16
20	0788	5			0815	22
21	0798	10			0834	19
22	0824	26			0832	-2
23	0795	-29			0876	44
24	0835	40	0843		0883	3

25	0828	-7	0796	-47	0914	35
26	0832	4	0809	13	0900	-14
27	0829	-3	0765	-44	0943	43
28	0844	15	0746	-19	0907	-36
29	0834	-10	0728	-18	0939	32
30	0813	-21	0721	-7	0940	1
31	0813	0	0734	13	0948	8
32	0817	4	0760	26	0930	-18
33	0826	9	0761	1	0940	10
34	0847	21	0765	4	0963	23
35	0836	-11	0822	57	0983	20
36	0850	14	0856	34	0994	11
37	0887	37			0982	-12
38	0882	-5	0861	5	0989	7

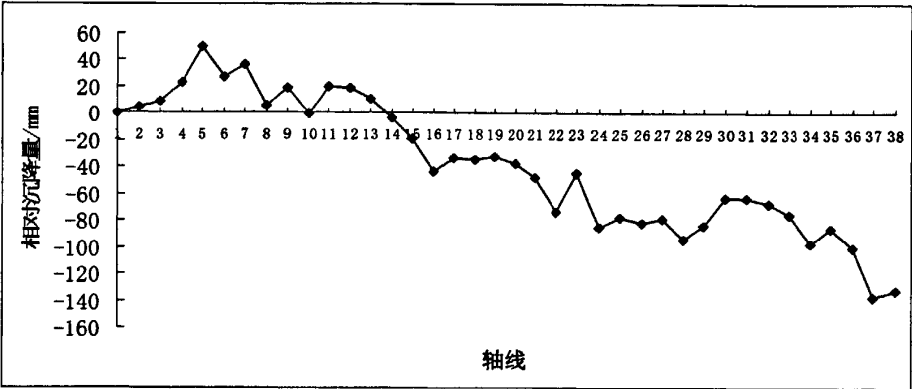


图 4.49 A 列柱相对沉降观测结果

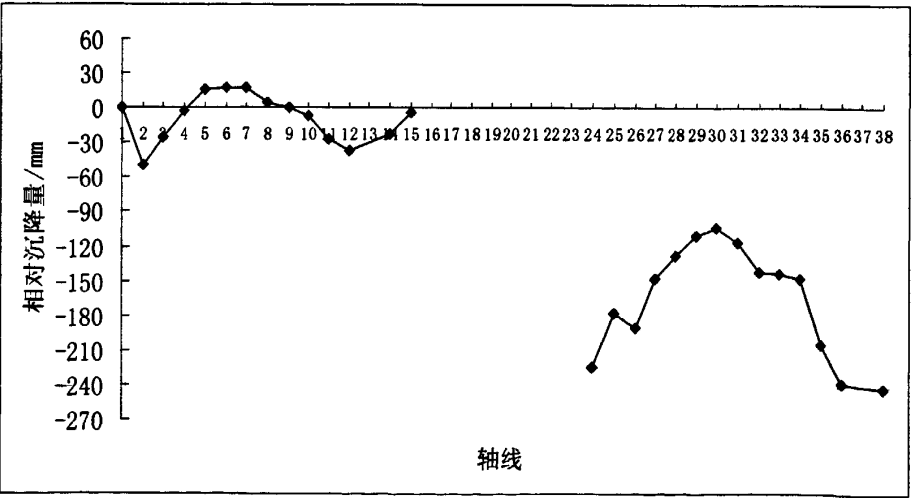


图 4.50 B 列柱相对沉降观测结果

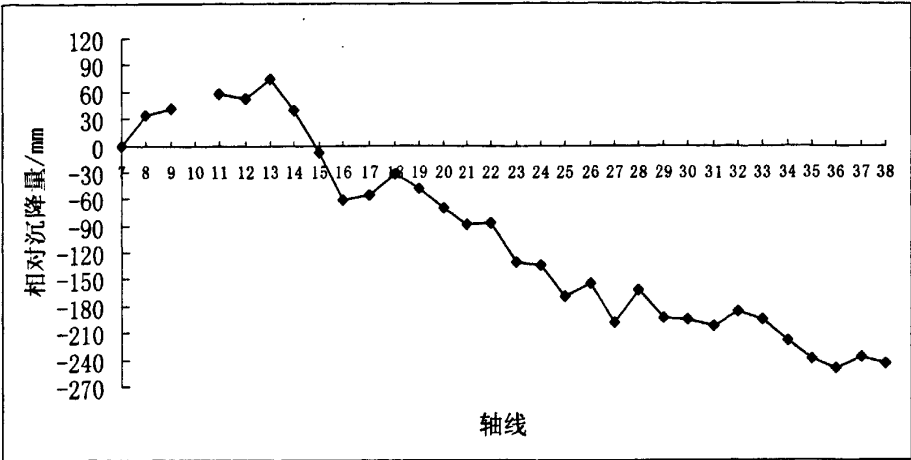


图 4.51 C 列柱相对沉降观测结果

2、屋架变形测量结果

测量结果见表 4.5，结果表明厂房屋架基本处于上拱状态，满足鉴定标准要求。

表 4.5 屋架挠度测量结果

轴线	A		中		B		挠度/mm
	尺	仪	尺	仪	尺	仪	
AB 跨 32 轴线	1381	7917	1280	7834	1406	7951	-13.5
AB 跨 31 轴线	1399	7940	1666	8223	1382	7926	-14.5
AB 跨 29 轴线	1395	7936	1487	8030	1378	7904	-9.5
AB 跨 28 轴线	1381	7902	1407	7933	1365	7890	-3
AB 跨 11 轴线	1545	7978	1539	7981	1535	7960	-13
AB 跨 10 轴线	1555	7967	1705	8150	1532	7969	-20.5
AB 跨 9 轴线	1540	7980	1574	8046	1546	7990	-30
AB 跨 7 轴线	1426	7900	1773	8255	1561	8036	-7.5
AB 跨 6 轴线	1549	8022	1787	8259	1542	8007	-3
AB 跨 5 轴线	1520	7943	1600	8069	1540	7996	-29.5
轴线	B		中		C		
	尺	仪	尺	仪	尺	仪	
BC 跨 10 轴线	1626	7966	1650	8037	1626	8043	-8.5
BC 跨 11 轴线	1602	7934	1605	7987	1661	8073	-10
BC 跨 12 轴线	1602	7937	1612	8001	1657	8061	-19.5
BC 跨 13 轴线	1593	7914	1616	8000	1641	8061	-13.5
BC 跨 14 轴线	1590	7938	1666	8045	1649	8023	-18
BC 跨 15 轴线	1639	7951	1659	8001	1670	8043	0.5
轴线	D		中		E		
	尺	仪	尺	仪	尺	仪	

DE 跨 03 轴线	1568	8624	1494	8572	1515	8562	-26.5
DE 跨 4 轴线	1543	8599	1561	8647	1544	8603	-28.5
DE 跨 5 轴线	1575	8644	1559	8668	1562	8631	-40
DE 跨 6 轴线	1609	8655	1629	8724	1582	8648	-39

注：表中负值表示屋架上拱。

4.3 结构构件承载能力验算

4.3.1 验算依据

- (1) 《建筑结构荷载规范》(GB 5009-2001);
- (2) 《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002);
- (3) 《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001);
- (4) 《工业厂房可靠性鉴定标准》(GB 50144-2008);
- (5) 《建筑抗震鉴定标准》(GB50023-2009);
- (6) 《钢结构设计规范》(GB 50017-2003);
- (7) 厂房原设计图纸。

4.3.2 验算原则

- (1) 按照实际结构形式取六个控制计算单元;
- (2) 构件截面尺寸、材料强度等参数, 以实际检测复核结果为准;
- (3) 荷载与作用取值原则上以现行规范为准, 适当考虑厂房实际使用状况;
- (4) 对于破损严重的构件, 根据现场检测结果利用折减系数计算构件承载力;
- (5) 吊车荷载按照厂方提供的实际设备技术参数。
- (6) 地震作用按 7 度抗震设防, 第一组, 二类场地土考虑。

该厂房为单层排架结构, 排架内力计算采用中国建筑科学研究院的 PKPM 结构软件 (2008 版), 计算时考虑 7 度抗震设防 (第一组、二类场地土); 构件验算采用手算和机算结合进行。

4.3.3 承载力验算结果

结构构件的承载能力验算结果用 $R/(\gamma_0 \cdot S)$ 的比值表示, 其中: R 表示结构构件的抗力; S 表示结构构件的作用效应; γ_0 表示结构构件的重要性系数, 对安全等级为一级、二级、三级的结构可分别取 1.1、1.0、0.9, 本结构取 1.0。《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB 50144-2008) 规定, 对混凝土主要构件, 当 $R/(\gamma_0 \cdot S) \geq 1.0$ 时为 a_u 级, 当 $1.0 > R/(\gamma_0 \cdot S) \geq 0.90$ 时为 b_u 级, 当 $0.9 > R/(\gamma_0 \cdot S) \geq 0.85$ 时为 c_u 级, 当 $R/(\gamma_0 \cdot S) < 0.85$ 时为 d_u 级。对钢结构主要构件, 当 $R/(\gamma_0 \cdot S) \geq 1.0$ 时为 a_u 级, 当 $1.0 > R/(\gamma_0 \cdot S) \geq 0.95$ 时为

b_u级，当 $0.95 > R/(\gamma_0 \cdot S) \geq 0.90$ 时为 c_u级，当 $R/(\gamma_0 \cdot S) < 0.90$ 时为 d_u级。a_u级、b_u级构件能满足或基本满足安全使用要求，无需采取加固措施，c_u级、d_u级构件则应采取加固措施。

①排架柱

根据厂房结构布置，一期及二期厂房均分三个计算单元，即：6m 柱距标准计算单元、12m 柱距抽柱计算单元、局部改造计算单元。各排架柱抗力与荷载效应比值 $R/(\gamma_0 \cdot S)$ 见表 4.6、4.7。

排架柱计算结果表明：在 7 度设防烈度时，各控制单元柱的承载力基本满足安全使用要求。

表 4.6 一期排架柱承载力校核结果 $R/(\gamma_0 \cdot S)$

计算单元	计算项目 控制构件范围		上柱		下柱		承载力 子项等 级
			抗弯	抗剪	抗弯	抗剪	
标准计算单元	1~11 24~34 15 38	A 列	1.02	满足	1.03	满足	a _u
		B 列	1.02	满足	0.90	满足	b _u
		C 列	1.02	满足	1.03	满足	a _u
抽柱计算单元	12~14 35~37	A 列	1.12	满足	1.13	满足	a _u
		B 列	1.06	满足	0.97	满足	b _u
		C 列	1.12	满足	1.13	满足	a _u
改造计算单元	16~23	A 列	>1.0	满足	>0.90	满足	b _u
		B 列	>1.0	满足	>0.90	满足	b _u
		C 列	>1.0	满足	>0.90	满足	b _u

表 4.7 二期排架柱承载力校核结果 $R/(\gamma_0 \cdot S)$

计算单元	计算项目 控制构件范围		上柱		下柱		承载力 子项等 级
			抗弯	抗剪	抗弯	抗剪	
标准计算单元	01~02 07 013	A 列	1.03	满足	1.03	满足	a _u
		B 列	1.02	满足	0.96	满足	b _u
		C 列	1.00	满足	0.94	满足	b _u
		D 列	1.01	满足	1.03	满足	a _u
抽柱计算单元	3~5	A 列	0.98	满足	0.97	满足	a _u
		B 列	0.96	满足	0.95	满足	b _u
		C 列	0.94	满足	0.93	满足	b _u
		D 列	0.96	满足	0.95	满足	a _u
改造计算单元	08~011	A 列	>1.0	满足	>0.90	满足	b _u
		B 列	>1.0	满足	>0.90	满足	b _u
		C 列	>1.0	满足	>0.90	满足	b _u
		D 列	>1.0	满足	>0.90	满足	b _u

②吊车梁

混凝土吊车梁计算结果如下：

(1) AB 跨吊车梁按照两台 10T 吊车进行验算，正截面抗弯 $R/(\gamma_0 \cdot S)=0.82$ ，属于 d_u 级构件。按照一台 10T 吊车进行验算，正截面抗弯 $R/(\gamma_0 \cdot S)>1.0$ 。

(2) BC 跨 1~38 轴线吊车梁按照两台 10T 吊车进行验算，正截面抗弯 $R/(\gamma_0 \cdot S)=1.0$ ，斜截面抗剪 $R/(\gamma_0 \cdot S)=0.98$ ，横向水平抗弯承载力 $R/(\gamma_0 \cdot S)=1.5$ ，混凝土疲劳强度略有不足，属于 b_u 级构件。B~C/01~013 轴线吊车梁按照一台 10T、一台 20T 吊车进行组合，所有验算项目 $R/(\gamma_0 \cdot S)>1.0$ ，属于 a_u 级构件。

(3) DE 跨吊车梁按照两台 15T 吊车进行验算，正截面抗弯 $R/(\gamma_0 \cdot S)=0.71$ ，属于 d_u 级构件。按照一台 15T 吊车进行验算，正截面抗弯 $R/(\gamma_0 \cdot S)>1.0$ 。

钢吊车梁计算结果见表 4.8，计算结果表明：

表 4.8 钢吊车梁 $R/(\gamma_0 \cdot S)$ 验算结果

吊车位置	荷载工况	吊车梁种类	校核结果 $R/(\gamma_0 \cdot S)$								
			上翼缘强度	下翼缘强度	支座抗剪	局部抗压	整体稳定	局部稳定	刚度	制动系统强度	制动系统刚度
AB跨	两台 10T	6m 钢梁	0.78	0.81	0.84	0.91	0.83	不满足	不满足	/	/
			1.04	1.06	1.05	1.07	1.03	1.12	满足	/	/
BC跨	10T 20 T 各一台	12m 钢梁	1.12	1.13	1.17	满足	满足	1.15	满足	满足	满足
DE跨	10T 15 T 各一台	12m 钢梁	0.92	0.94	0.95	满足	满足	1.15	满足	满足	满足
DE跨	一台 10T	12m 钢梁	1.21	1.18	1.23	满足	满足	1.26	满足	满足	满足

注：制动系统验算是在保证可靠连接条件下的验算。

(1) AB 跨后更换 6m 吊车梁按照两台 10T 吊车进行验算，承载力不足，按照一台 10T 吊车进行验算，承载力满足要求。

(2) BC 跨 01~013 轴线 12m 钢吊车梁按照一台 10T 与一台 20T 吊车进行验算，承载力满足要求。

(3) DE 跨 12m 钢吊车梁按照一台 10T 与一台 15T 吊车进行验算，承载力不满足要求。按照一台 10T 吊车进行验算，承载力满足要求。

吊车桁架计算结果见图 4.52、4.53，计算结果表明，AB 跨及 BC 跨吊车桁架所有杆件承载力均满足要求。

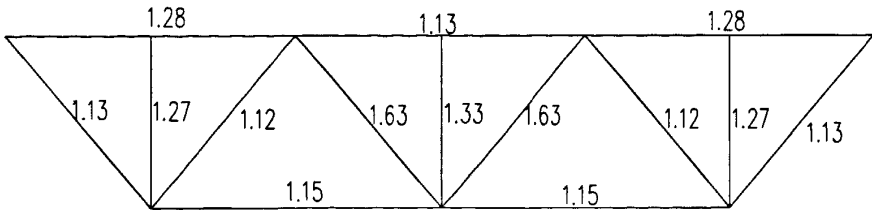


图 4.52 AB 跨吊车桁架计算结果 $R/(\gamma_0 \cdot S)$

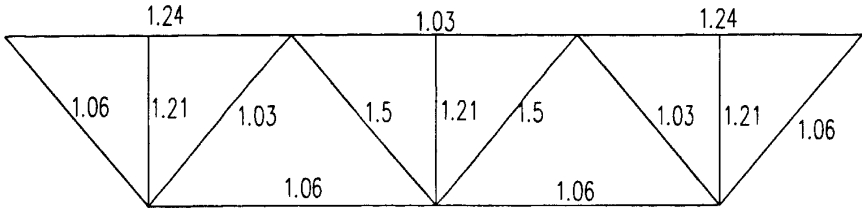


图 4.53 BC 跨吊车桁架计算结果 $R/(\gamma_0 \cdot S)$

③屋架及屋面梁

屋架计算按实际调查荷载取值。计算结果如下：

(1) 混凝土屋架承载力基本满足要求。混凝土屋架的抗力与荷载效应比值 $R/(\gamma_0 \cdot S)$ 详见图 4.54。

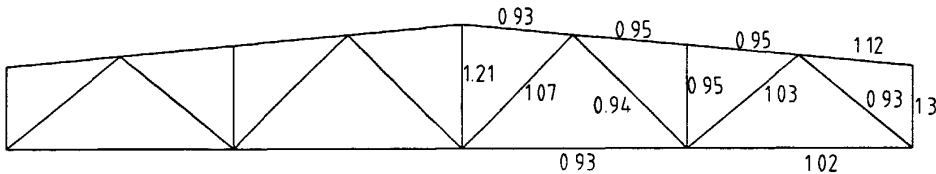


图 4.54 混凝土屋架计算结果 $R/(\gamma_0 \cdot S)$

(2) 24m 跨及 30m 跨钢屋架均选用标准图集，现场检测未发现屋面荷载超出原设计要求和杆件过大受力变形的情况，综合判断钢屋架承载力均满足要求。

(3) 12m 屋面梁选用标准图集，对于出现钢筋锈胀、开裂的 09~012 轴线屋面梁已采用钢桁架和外加预应力钢筋加固处理，综合判断屋面梁承载力基本满足要求。

④天窗架

天窗架选用标准图集，现场检测未发现屋面荷载有显著增大和杆件出现受力变形，因此综合判断天窗架承载力满足要求。

⑤屋面板

经计算，屋面板承载力满足要求。

⑥支撑长细比

一期及二期各类构件的支撑长细比计算结果见表 4.9，计算结果表明，厂房各类支

撑构件的长细比均满足规范要求。

表 4.9 支撑长细比计算结果

支撑类别		受力性质	计算长细比	长细比限值	结论
一期柱 间支撑	上柱	受压构件	168	200	满足要求
	下柱	受压构件	107	150	满足要求
二期柱 间支撑	上柱	受压构件	173	200	满足要求
	下柱	受压构件	118	150	满足要求
一期柱顶系杆		受压构件	165	200	满足要求
一期下弦纵向系杆		受拉构件	305	350	满足要求
一期下弦横向支撑		受拉构件	305	350	满足要求
二期柱 间支撑	上柱	受压构件	176	200	满足要求
	下柱	受压构件	113	150	满足要求
二期 24m 跨 上弦支撑		受压构件	178	200	满足要求
		受拉构件	326	350	满足要求
二期 24m 跨下弦支撑		受拉构件	336	350	满足要求
二期 30m 跨 上弦支撑		受压构件	189	200	满足要求
		受拉构件	337	350	满足要求
二期 30m 跨下弦支撑		受拉构件	336	350	满足要求
二期天窗架 上弦横向支撑		受压构件	176	200	满足要求
		受压构件	327	350	满足要求
天窗架纵向系杆		受压构件	126	150	满足要求

4.4 厂房可靠性鉴定评级

4.4.1.安全性评级

根据现状，厂房可划分为 4 个鉴定单元：： A~C/1~16 轴线（单元 I）、A~C/16~28 轴线（单元 II）、A~C/28~38 轴线（单元 III）、B~E/07~013 轴线（单元 IV）。

①承重结构体系

承重结构系统包括柱、地基基础、屋架、天窗架、吊车梁和屋面板。地基基础主要根据地基变形、基础承载力评级，构件评级时，分重要构件和次要构件，重要构件指当

其本身失效时会导致传力树中其它构件失效的构件，如柱、屋架等构件；次要构件指其本身失效是孤立事件，不会导致其它主要构件失效的构件，如屋面板等构件。构件作为项目层，混凝土构件分别按承载力、构造与连接、裂缝及变形子项评定级别，钢结构构件分别按承载力（包括构造与连接）、变形及偏差子项评定级别单元评级时，根据构件的级别和是否为基本构件综合评定。厂房的承重结构构件及体系评级见表 4-10、4-11。表中地基基础根据承载力和变形评级，一期各鉴定单元地基出现不均匀沉降现象，从现场检测情况看，对上部结构造成的影响尚小，

表 4.10 承重结构体系评级表

单元	轴线	A 列 柱基	B 列 柱基	C 列 柱基	A 列柱	B 列柱	C 列柱	A 列 吊车 梁	B 列 吊车梁		C 列 吊车梁	屋架		屋面板		传力 树 级别	承重 体系 级别
									AB 跨	BC 跨				AB 跨	BC 跨		
单元 I	1	B-	B-	B-	abbb B	bbbb B	abbb B					abb-a B	abba B			C	C
	2	B-	B-	B-	abbb B	bbbb B	abbb B	dbbbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	C	B	C	
	3	B-	B-	B-	abb-b B	bbbb B	abbb B	dbbbD	dbbbD	bdbbC	bdbbC	abb-a B	abba B	C	B	C	
	4	B-	B-	B-	abbb B	bbbb B	abbb B	dbcbD	dbbbD	bdbbC	bdbbC	abb-a B	abba B	C	B	C	
	5	B-	B-	B-	abbb B	bbbb B	abbb B	dbbbD	dbbbD	bdbbC	bdbbC	abb-a B	abba B	C-	B	C	
	6	B-	B-		abbb B	bbb-b B		dbbbD	dbbbD	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	B-	B	C	
	7	B-	B-	B-	abbb B	bbbb B	abbb B	dddbD	dbbbD	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	B	B	C	
	8	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddbbD	dbbbD	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	D	B	C	
	9	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddbbD	dbbbD	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	B-	B	C	
	10	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	dbbbD	dbbbD	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	B	B	C	
	11	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	dbcbD	dbcbD	bdbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	C	C	
	12	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	dddbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	B	C	
	13	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddcbD	abbB	abbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	C	C	
	14	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddbbD			bbbbB	abb-a B	abba B	B	C-	C	
	15	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	dddbD	dbcbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	C	C	
	16	C	C	C	abbb B	B	bbb-b B	ddcbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	B	C	
单元 II	17	C		C	abbb B		abbb B	dbb D	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	C	C	C
	18	C		C	abbb B		abbb B	ddcbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	C-	C	
	19	C		C	abbb B		abbb B	dbbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	C	C	
	20	C	C	C	abbb B	B	abbb B	dbbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	C-	C	C	
	21	C		C	abbb B		bbb-b B	ddbbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	C	B-	C	
	22	C		C	abbb B		abbb B	ddbbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	C	B	C	
	23	C	C	C	abbb B	B	abbb B	ddbbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	C-	C-	C	
	24	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddbbD	ddb D	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	C	C	C	
	25	C	C	C	abbb B	bbb-b B	abbb B	ddbbD	dbcbD	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	C	C	C	
	26	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	dbbD	ddbD	bdbbC	bbbbB	abb-a B	abba B	B-	C-	C	
	27	C	C	C	abbb B	bbb-b B	abbb B	dbbD	ddbD	bbbbB	bdbbC	abb-a B	abba B	B-	C	C	
	28	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	dbbD	dbbbD	bdbbC	bdbbC	abca B	abba B	B-	B-	C	
单元 III	29	C	C	C	abbb B	bbb-b B	abbb B	dbbD	ddbD	bdbbC	bdbbC	abca B	abba B	B	B	C	C
	30	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	dbbD	dcbD	bdbbC	bbbbB	abca B	abba B	B-	B-	C	
	31	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddbbD	dbcbD	bdbbC	bbbbB	abca B	abba B	B	C	C	
	32	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddbbD	dbcbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	B	C	
	33	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddcbD	dbcbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	B	C	
	34	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddcbD	dbbbD	bbbbB	bbbbB	abb-a B	abba B	B	B-	C	
	35	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddcbD	dbcbD	bbbbB	bdbbC	abb-a B	abba B	B	B	C	
	36	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddcbD	dbcbD	bbbbB	bdbbC	abb-a B	abba B	B	B	C	
	37	C	C	C	abbb B		abbb B	ddbbD	abbB	abbB	bdbbC	abb-a B	abba B	B	B-	C	
	38	C	C	C	abbb B	bbbb B	abbb B	ddbbD			bbbbB	abb-a B	abba B	B	B	C	

表 4.11 承重结构体系评级表

单元	轴线	B列 柱基	C列 柱基	D列 柱基	E列 柱基	B列柱	C列柱	D列柱	E列 柱	B列 吊车梁	C列 吊车梁	D列 吊车梁	E列 吊车梁	屋架		屋面板		传力 树 级别	承重 体系 级别
														BC跨	DE跨				
IV	01	B	B	B	B	abba B	abba B	abda C-	abca C					bbb B	bbb B			C	C
	02	B	B	B	B	abba B	abba B	abda C-	abca C	bbbb B	bbbb B	ddb D	ddb D	bbb B	bbb B	B-	C-	C	
	03	B	B	B	B	abb-aB	abba B	abda C-	abba B	bbbb B	bbbb B	ddb D	ddd D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	04	B		B	B	abba B		abda C-	abca C	bbbb B	bbbb B	ddb D	ddd D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	05	B	B	B	B	abba B	abba B	abda C-	abba B	bbbb B	bbbb B	ddb D	ddd D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	06	B	B	B	B	abba B	abba B	abda C-	abba B	bbbb B	bbbb B	ddb D	ddd D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	07	B	B	B	B	abba B	abca C	abda C-	abba B	bbbb B	bbbb B	ddb D	ddb D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	08	B	B	B	B	abba B	B	B	abca C	bbbb B	bbb B	bbb B	ddb D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	09	B			B	abba B			abba B	bbbb B			ddb D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	010	B			B	abba B			abba B	bbbb B			ddd D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	011	B	B	B	B	abba B	B	B	abba B	bbbb B	bbb B	bbb B	ddb D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	012	B			B	abba B			abba B	bbbb B			ddb D	bbb B	bbb B	B	C-	C	
	013	B	B	B	B	abba B	abba B	B	abba B					bbb B	bbb B	B	C-	C	

因此综合评定鉴定单元 I、II、III排架柱地基基础安全性等级均为 B-。二期地基基础承载力满足要求，且无明显的地基不均匀沉降迹象，因此综合评定鉴定单元IV排架柱地基基础安全性等级为 B。

表中对加固后的排架柱根据现场使用状况进行评级，目前各鉴定单元加固后的排架柱使用状况良好，综合评定为 B 级构件。表中屋面板根据现场破损等级综合安全性评定。

②结构布置及支撑系统

结构布置及支撑系统评级时，应综合考虑结构和支撑布置、支撑长细比和支撑损伤的情况。具体评级见表 4.12。

表 4.12 结构布置及支撑系统评级结果

单元	子项	子项级别	项目级别
第 I 鉴定单元	结构布置	b	C
	支撑布置	c	
	支撑长细比	a	
	支撑破损	b-	
第 II 鉴定单元	结构布置	b	C
	支撑布置	c	
	支撑长细比	a	
	支撑破损	b-	
第 III 鉴定单元	结构布置	b	C
	支撑布置	c	
	支撑长细比	a	
	支撑破损	b-	
第 IV 鉴定单元	结构布置	b	B-
	支撑布置	b	
	支撑长细比	a	
	支撑破损	b-	

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级，b-表示低于 b 级而高于 c 级。

③围护结构系统

围护结构系统的安全性等级按照承重围护结构的承载功能和非承重围护结构的构造连接两个项目评定，本厂房围护结构系统按照围护墙体的构造连接进行评定。评定结果见表 4-13。

表 4.13 围护结构系统评级表

项目名称	级别	原因简述
第 I 鉴定单元	D	围护墙体与排架柱无可靠拉接，墙体局部外闪
第 II 鉴定单元	C	围护墙体与排架柱无可靠拉接，

第Ⅲ鉴定单元	C	围护墙体与排架柱无可靠拉接,
第Ⅳ鉴定单元	C	围护墙体与排架柱无可靠拉接,

4.4.2.使用性评级

①构件使用性评定

混凝土构件使用性评级是根据构件变形、裂缝、缺陷及损伤、腐蚀四个项目进行评定，钢构件使用性按照变形、偏差、一般构造和腐蚀等项目进行评定。各鉴定单元柱、屋架、天窗架、支撑、吊车梁和屋面板构件使用性评级见表 4.14～4.17。

表 4.14 鉴定单元Ⅰ构件正常使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
排架柱	B	C	
屋架	B-		
屋面板	B-		
托架	B		
吊车梁	C		

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级。

表 4.15 鉴定单元Ⅱ上部承重结构正常使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
排架柱	B	C	
屋架	B-		
屋面板	B-		
托架	B		
吊车梁	C		

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级。

表 4.16 鉴定单元Ⅲ上部承重结构正常使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
排架柱	B	C	
屋架	B-		

屋面板	B		
托架	B		
吊车梁	C		

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级。

表 4.17 鉴定单元Ⅳ上部承重结构正常使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
排架柱	C	C	
屋架	B-		
屋面板	C		
天窗架	B		
吊车梁	C		

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级。

②结构系统使用性评定

1) 地基基础

地基基础的使用性状况评定根据上部承重结构和围护结构使用状况评定。评定结果见表 4.18。

2) 上部承重结构

上部承重结构使用性评级根据上部承重结构的使用状况和结构的水平位移综合评定。具体评级过程见表 4.19。

表 4.18 地基基础使用性评级表

项目名称	级别	原因简述
第Ⅰ鉴定单元	B-	
第Ⅱ鉴定单元	B-	
第Ⅲ鉴定单元	C	东侧山墙及局部纵墙不均匀沉降裂缝。
第Ⅳ鉴定单元	B	

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级。

表 4.19 上部结构系统使用性评级表

鉴定单元	项目名称	项目级别	鉴定单元综合评定级别
------	------	------	------------

鉴定单元 I	承重结构使用状况	C	C
	结构水平位移	B	
鉴定单元 II	承重结构使用状况	C	C
	结构水平位移	B	
鉴定单元 III	承重结构使用状况	C	C
	结构水平位移	B	
鉴定单元 IV	承重结构使用状况	C	C
	结构水平位移	B	

3) 围护结构

围护结构系统评级根据承重围护结构的使用状况、围护系统的使用功能评定，评级见表 4-20。

③鉴定单元使用性评定

鉴定单元使用性评级是根据影响上部结构正常使用的地基变形、使用状况、水平位移、功能与状况等综合评定。具体评级过程见表 4.21～4.24。

④鉴定单元可靠性评级

鉴定单元可靠性评级是根据鉴定单元安全性及使用性评级结果综合评定。综合评定：厂房鉴定单元 I、II、III、IV 可靠性级别均为三级。评级过程见表 4.25。

表 4.20 围护结构使用性评级表

单元	项目名称	子项级别	项目级别	原因简述
第 I 鉴定单元	屋面系统	C	C	防水层老化，大面积渗漏
	墙体	C		墙体外闪、圈梁露筋普遍
	地面排水	B		
	防护设施	B		
第 II 鉴定单元	屋面系统	C	C	防水层老化，大面积渗漏
	墙体	C		圈梁露筋普遍
	地面排水	B		
	防护设施	B		
第 III 鉴定单元	屋面系统	C	C	防水层老化，大面积渗漏

单元	墙体	C		墙体不均匀沉降裂缝
	地面排水	B		
	防护设施	B		
第Ⅳ鉴定单元	屋面系统	C	C	防水层老化,泛水改造破坏
	墙体	B		
	地面排水	C		排水不畅、积水
	防护设施	B		

表 4.21 鉴定单元Ⅰ使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
地基基础	B-	C	
上部承重结构	C		
围护系统	C		

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级

表 4.22 鉴定单元Ⅱ使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
地基基础	B-	C	
上部承重结构	B-		
围护系统	C		

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级

表 4.23 鉴定单元Ⅲ使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
地基基础	C	C	
上部承重结构	B-		
围护系统	C		

注：表中 B-表示低于 B 级而高于 C 级

表 4.24 鉴定单元Ⅳ使用性等级评定

项目名称	项目级别	综合级别	备注
地基基础	B	C	

上部承重结构	C		
围护系统	C		

表 4.25 鉴定单元可靠性评级

鉴定单元	项目名称	项目级别	鉴定单元综合评定级别
鉴定单元 I	单元安全性	C	三级
	单元使用性	C	
鉴定单元 II	单元安全性	C	三级
	单元使用性	C	
鉴定单元 III	单元安全性	C	三级
	单元使用性	C	
鉴定单元 IV	单元安全性	C	三级
	单元使用性	C	

4.5 结论与建议

通过对首钢长治钢铁有限公司轧钢长一车间厂房全面的现场调查、检测、计算和分析，按照 7 度抗震设防，综合评定厂房各鉴定单元可靠性等级均为三级，即目前厂房结构不符合国家现行标准规范的可靠性要求，影响厂房整体安全，明显影响正常使用，应采取措施，且有少数别构件必须立即采取措施，存在的问题如下：

- (1) 厂房地基存在不均匀沉降现象。
- (2) 吊车升吨位后，AB 跨、DE 跨混凝土吊车梁承载力明显不足。
- (3) 一期厂房屋盖支撑系统设置不完善，缺少上弦横向支撑。
- (4) 部分排架柱出现混凝土保护层锈胀开裂及碰撞后大面积脱落，主要集中在二期部分 DE 跨。
- (5) AB 跨、DE 跨大部分及 BC 跨部分吊车梁上翼缘与排架柱连接失效。
- (6) BC 跨 B 列 12-14 线 12m 吊车桁架下弦杆扭曲变形。
- (7) AB 跨 B 列 19-21 线 12m 吊车桁架上弦角钢肢裂缝。
- (8) AB 跨混凝土屋架上弦端节点处混凝土锈胀开裂，严重者混凝土局部脱落。
- (9) DE 跨钢屋架、天窗架、挡风架杆件锈蚀严重，挡风板破损较多；D

列加热炉上方后加的瓦楞铁气楼锈蚀严重，瓦楞铁屋面有烂洞现象。

(10) 厂房支撑构件锈蚀普遍，其中，柱顶系杆锈蚀较为严重。个别支撑杆件节点未连接，并且，在进行后期工艺改造时，部分支撑杆件被切除。

(11) DE 跨屋面板钢筋锈蚀、混凝土保护层脱落等耐久性损伤严重。

(12) 屋面防水严重老化，厂房大面积渗漏，已对屋架、上柱、屋面板及吊车机电设备的安全使用造成隐患。

(13) 女儿墙压梁破损，围护墙体圈梁钢筋外露、锈蚀；

(14) 围护墙体与排架柱拉结较少，有明显外闪晃动，存在严重安全隐患。

(15) 厂房二期室外排水严重不畅，西侧及南侧长年积水。

(16) 门窗破损普遍，钢窗框锈蚀、变形，宜更换处理。

鉴于厂房出现的上述结构构件及围护结构的损伤情况及安全隐患，因此，为保证厂房今后的安全使用，提出以下几点处理建议：

(1) 由于厂房柱地基土水位较高，加上局部地面堆载过大，造成柱基出现严重不均匀沉降，目前判断沉降尚不会对上部结构安全性构成威胁，建议对排架柱采取为期一年的沉降观测，如不均匀沉降仍继续发展，并影响上部结构安全和吊车运行，可对柱基采取加固处理。

(2) 按照实际吊车布置，在两台吊车组合的条件，应更换 AB 跨及 DE 跨吊车梁；在未更换吊车梁前，应对目前吊车运行条件进行限制，要求保证一个柱距内只能有一台吊车运行。

(3) 在未更换吊车梁时，目前必须对排架柱及吊车梁上翼缘的连接进行重新补焊和加固。调整轨道标高、轨距，更换松动的压道板和固定螺栓，由于存在吊车啃轨现象，建议尚应对吊车桥架刚度和大车轮的走行装置进行检测及维修。

(4) 矫直 BC 跨 B 列 12-14 线 12m 吊车桁架下弦杆扭曲变形。对 AB 跨 B 列 19-21 线 12m 吊车桁架上弦角钢肢裂缝处采取补强措施。

(5) DE 跨钢筋锈蚀严重的屋面板，应采取局部补强加固措施或更换。

(6) 对厂房柱、屋架、屋面板、吊车梁主要结构构件中出现钢筋锈胀、保护层开裂、脱落等耐久性损伤部位进行耐久性修复，主要包括 AB 跨屋架上弦端部、二期排架柱等。

(7) 应对所有的钢构件进行彻底除锈、修复处理，特别是 DE 跨钢屋架及柱顶系杆。

- (8) 恢复在工艺改造中切除的屋架支撑杆件，补焊脱开的连接。
- (9) 全面翻新屋面防水系统，修复屋面防水层时，严禁屋面乱堆杂物。
- (10) 更新现有围护墙体为压型钢板。
- (11) 由于厂房西侧及东侧长年积水，排水极为不畅，应彻底查处渗漏管道位置。
- (12) 拆除屋顶已废弃的建筑和管道。
- (13) 修复 D 列 013 轴线吊车车档。

由于厂房使用年限较长，为保证今后厂房的安全，应定期对厂房结构进行检查，定期进行结构构件的耐久性维护。

结论与展望

由于现役建筑结构鉴定是一门实践性和经验性很强的工作,理论分析和后期处理所得出的结果很大程度上依赖于现场检测所得结果。建筑物的安全性既决定与设计,施工阶段所形成的先天条件,也决定于后天的使用,维护和监护情况。因此,建立起完善现有结构可靠度鉴定方法和评定标准,为建筑物正常使用,维护和加固提供理论依据。

本文详细介绍了工业厂房的结构可靠度鉴定过程及评级方法。具体结论如下:

工业厂房的可靠性鉴定评级,应划分为构件、结构系统、鉴定单元三个层次;其中结构系统、构件两个层次的鉴定评级,应包括安全性等级和使用性等级评定,需要时可由此综合评定其可靠性等级;安全性分四个等级,使用性分三个等级,各层次的可靠性分四个等级,鉴定单元一般指由构造缝所划分的厂区分段;结构系统指鉴定单元单元中的各个结构体系及系统,如承重结构体系;构件指结构系统(结构体系及系统)的各项基本功能,如承重结构体系中的构件承载力、裂缝、变形、构造和连接等。

对工业厂房的综合鉴定可根据厂房的结构系统、结构现状、工艺布置、使用条件和鉴定目的,将厂房的整体、区段或某些特定的结构系统(如承重墙体、吊车梁系统、屋盖系统等)划分成一个或多个评定单元进行综合评定。

工业厂房的可靠性鉴定只是现役建筑结构可靠性鉴定中的一小部分,有关工业厂房结构可靠性鉴定方法还需不断的完善,还有待于后人不断的研究。

参考文献

- [1] 王超, 王金等.机械可靠性工程[M].北京: 冶金工业出版社, 1992.12-20
- [2] Freudenthal, A.M. The safety of structures[J].Transation ASCE V112, 1947.11-21
- [3] 赵国藩, 曹居易, 张宽权.工程结构可靠度.[M].北京: 水利电力出版社, 1984.8-15
- [4] Alfredo, H.S. Ang, Wilson H. Tang, Probability concepts in engineering planning and design[M]. John Wiley and Sons, Volumn I, 1975, Volumn II, 1984.23-32
- [5] 中国土木工程学会桥梁及结构工程学会结构可靠度委员会.工程结构可靠性全国第三届学术交流会议论文集[C].南京. 1995.1-20
- [6] 赵国藩, 王恒栋.广义随机空间内的结构可靠度实用分析法.[J].土木工程学报, 1996, 29 (4): 47-51
- [7] ZHAO Guofan, LI Yungui, WANG Hengdong. Asymptotic analysis methods for structural reliability.[J].China Ocean Eng, 1995, 9(3): 303-310
- [8] ZHAO Guofan, LI Yungui, WANG Hengdong. Forth moment for structural reliability analysis based on maximum entropy theory. The Sixth on Concrete Model Code for Asia[C]. Dalian. 1996. 155-160
- [9] 佟晓利, 赵国藩.改进的 Rosenblueth 方法及其在结构可靠度分析中的应用.[J].大连理工大学学报, 1997, 37 (3): 316-321
- [10] 贡金鑫, 赵国藩.原始随机空间内的结构可靠度分析.[J].水利学报, 1999, 5: 30-34
- [11] 贡金鑫, 赵国藩.一种与结构可靠度发现几何法相结合的响应面法.[J].土木工程学报, 1997, 30 (4): 51-57
- [12] 赵国藩.工程结构可靠性理论与应用.[M].大连: 大连理工大学出版社, 1996.27-35
- [13] 刘天云, 赵国藩.一种识别结构主要失效模式的有效算法.[J].大连理工大学学报, 1997, 30 (4): 51-57
- [14] 姚继涛, 赵国藩.二维标准正态联合概率的计算.[J].建筑结构学报, 1996, 17 (4): 10-15
- [15] 贡金鑫, 赵国藩.二维正态分布函数值的一个近似算法.[J].计算结构力学及其应用, 1996, 13 (4): 494-499
- [16] 贡金鑫, 赵国藩.并联结构体系可靠度计算的二次二阶矩方法.[J].工程力学, 1996, 16 (增刊): 48-53
- [17] 贡金鑫, 赵国藩.结构体系可靠度分析中的最小方差抽样.[J].工程力学, 1997, 14 (3): 29-35 内蒙古农业大学硕士学位论文 42
- [18] 伍朝晖.工程结构可靠度理论分析研究.[D].大连: 大连理工大学, 1997.34-37
- [19] 刘天云, 赵国藩.随机场的投影展开方法.[J].计算力学学报, 1997, 14 (4): 484-489
- [20] 刘天云.随机有限元可靠度分析方法.[D].大连: 大连理工大学, 1998.46-53
- [21] 伍朝晖.工程结构可靠度理论分析研究.[D].大连: 大连理工大学, 1997.26-35
- [22] ZHANG Ailin, WANG Haitao, ZHAO Guofan. The practical method for optimum design of structure subject to reliability constraints.[A]. Macao. 1999. 126-133

- [23] 巴松涛.钢筋混凝土施工期可靠性的控制研究.[D].大连: 大连理工大学, 1999.34-42
- [24] 贡金鑫, 赵国藩, 赵尚传.大气环境下锈蚀对钢筋混凝土结构可靠度的影响.[J].大连理工大学学报, 2000, 3: 40-48
- [25] 王恒栋, 赵国藩.旧有结构的神经网络评估.[J].工业建筑, 1996, 26: 32-35
- [26] 董素芹. 现役建筑结构可靠性鉴定方法的研究.[D].内蒙古: 内蒙古农业大学, 2005
- [27] 魏庆晨. 已有建筑结构可靠性鉴定的新方法研究.[D]. 广西: 广西大学, 2002
- [28] 周虹霞. 既有结构可靠性鉴定方法研究.[D]. 广西: 广西大学, 2007

攻读硕士学位期间参与的科研项目

[1] 2008 年参与军队营房设备节能技术及评估方法研究；

[2] 2009 年参与消防器材标准修订。

致 谢

在论文完成之际，衷心的感谢导师李红副教授和王林科高工。在攻读学位期间，作者得到了导师各个方面的关心和照顾。从论文的选题、立意、资料收集到定稿，都得到了李老师热情、无私的帮助。更为重要的是，李红副教授严谨的治学态度、扎实的工作作风、博大胸怀的人格永远是作者学习的榜样。在此向导师两年来的培育和教导致以最衷心的感谢和崇高的敬意。

同时感谢王林科老师在论文中提供的理论支持，使我在论文的写作过程中少走了不少弯路，教会我许多学习的方法。感谢各位同门以及在我的论文撰写过程中给予我的支持和帮助的各位外校友人，在这样一个团结、互助、奋进的大家庭里度过的每一天都将成为我美好的回忆。

同时也感谢我的父母对我无私的关心和支持。我能够顺利完成硕士课程的学习与论文的撰写与他们默默的奉献是离不开的。

在长安大学七年的学习和生活中，建工学院的各位领导和老师一直关心着我们，为我们的成长付出了艰辛的劳动，在论文完成即将毕业之际，谨向他们表示最诚挚的谢意！

在此还要对在百忙之中抽出时间评阅论文的各位老师表示最真诚的谢意！