工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构研究与应用

徐华中
安徽建工交通航务集团有限公司，安徽 阜阳 236000

[摘要]本篇文章针对工业厂房楼（屋）面在重荷载作用下变形缝结构的设计与工程应用展开系统研究。通过分析重荷载对结构变形的影响机制，结合材料力学与结构设计理论，提出了一种优化的变形缝结构方案。研究重点包括变形缝的构造设计、材料选型、施工工艺及耐久性测试，并基于实际工程案例验证其有效性。结果表明，该结构方案显著提升了楼（屋）面在重荷载下的变形适应能力，有效降低结构开裂与沉降风险，降低了生产成本，同时为工业建筑的安全性与使用寿命提供了可靠保障。本研究成果可为同类工程设计提供理论参考与实践指导。

[关键词]重荷载变形缝；结构设计优化；工业厂房；变形控制；应用案例
DOI：10.33142/ec.v8i5.16618 中图分类号：U451 文献标识码：A

Research and Application of Heavy Load Deformation Joint Structure in Industrial Factory Buildings (Roofs)

XU Huazhong
Anhui Construction Engineering Traffic and Shipping Group Co., Ltd., Fuyang, Anhui, 236000, China

Abstract: This article conducts a systematic study on the design and engineering application of deformation joint structures in industrial factory buildings (roofs) under heavy loads. By analyzing the influence mechanism of heavy loads on structural deformation and combining material mechanics and structural design theory, an optimized deformation joint structure scheme is proposed. The research focuses on the structural design, material selection, construction technology, and durability testing of deformation joints, and verifies their effectiveness based on actual engineering cases. The results show that this structural scheme significantly improves the deformation adaptability of the building (roofs) under heavy loads, effectively reduces the risk of structural cracking and settlement, lowers production costs, and provides reliable guarantees for the safety and service life of industrial buildings, which can provide theoretical reference and practical guidance for similar engineering designs.

Keywords: heavy load deformation joint; structural design optimization; industrial plant; deformation control; application cases

引言

工业厂房作为现代工业生产的重要载体，其结构安全性和耐久性直接关系到生产的顺利进行和企业的经济效益。随着工业生产的不断发展，工业厂房的规模和复杂性也在不断增加，尤其是在重荷载作用下，楼（屋）面的变形控制成为了一个重要的技术难题。变形缝作为解决结构变形问题的关键构造，其设计和施工质量直接影响到厂房的整体性能。本文通过对工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构的深入研究，提出了一种优化的变形缝结构方案，并结合实际工程案例验证其有效性。

1 技术要点及施工工艺

1.1 现状应用分析

工业厂房一般单层占地面积大，为解决沉降不均匀问题，伸缩缝是其不可或缺的特殊构造。不同楼层、不同分区，使用功能不同，伸缩缝构造不同。尤其是混凝土结构工业厂房，不同于传统钢结构厂房，一般是多层建筑。这就会涉及到更多的使用功能，针对不同使用功能楼面的伸缩缝，设计单位一般都是按照图集通用做法，对于一些有特殊要求的部位，实际应用效果并不理想。

1.1.1 传统伸缩缝构造的局限性

在传统的工业厂房设计中，伸缩缝的构造主要基于经验公式和通用图集。然而，这些设计方法往往无法满足现代工业厂房在重荷载条件下的特殊需求。例如，在重荷载作用下，传统伸缩缝可能会出现变形过大、结构开裂等问题，影响厂房的正常使用和结构安全。此外，传统伸缩缝的施工工艺较为复杂，施工质量难以保证，也增加了工程成本。

1.1.2 现代工业厂房对伸缩缝的新要求

随着工业生产的现代化和自动化程度不断提高，工业厂房的使用功能也日益复杂。例如，许多厂房需要同时满足停车、物流运输、设备安装等多种功能。这就要求伸缩缝不仅能够承受重荷载，还要具备良好的变形适应能力、防水性能和耐久性。此外，为了降低工程成本，伸缩缝的构造设计还需要考虑施工的便捷性和材料的经济性。

1.2 功能构造分析

针对不同部位，不同类型的伸缩缝构造，对其主要使

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

用功能部件进行研究、分析和优化：在满足其功能或者建设单位特殊要求的前提下，加工方便、施工方便、同时节约成本，达到降本增效的目的。

重荷载楼面（停车屋面）伸缩缝结构在不同部位伸缩缝构造中，楼面及屋面伸缩缝构造最为复杂。其中重荷载楼面（停车屋面）尤为复杂。此伸缩缝构造充分利用现浇混凝土结构作为重荷载的传力路径，同时自身需有抵抗重荷载压力不变形的能力，同时不引起伸缩缝周边混凝土结构开裂变形，如图 1 所示。

图 1　停车屋面伸缩缝构造——工字钢及盖板

1. 3 技术实施方式

1.3.1 盖板（缓冲结构层）

首先，楼面一般会有 AGV 机器人，部分厂房楼面或有小型叉车行驶，在此类伸缩缝构造优化设计中，一般会在盖板下安装防震胶板作为缓冲层，确保通过伸缩缝构造时能够平稳行驶。优化设计思路：在盖板下安装防震胶板作为缓冲层，不仅可以有效吸收车辆行驶时产生的冲击力，还能减少对伸缩缝结构的直接压力。防震胶板的厚度和材质选择需要根据实际荷载情况进行优化，以确保其在长期使用中的性能稳定性。

施工工艺：（1）在盖板下表面均匀涂抹一层黏结剂，确保防震胶板与盖板紧密贴合。(2)防震胶板安装完成后，进行平整度检查，确保其表面平整，无明显凸起或凹陷。（3）在盖板与伸缩缝两侧的混凝土结构之间预留一定的间隙，以适应结构的变形需求，如图 2 和 3 所示。

图 2　楼面伸缩缝构造实体

1.3.2 支撑结构（附拉结构）

在整个构造受力过程中，有承上启下的作用。对于楼面，考虑到地坪混凝土厚度问题，在此优化设计中选择角钢。在停车、行车屋面结构中，可以根据屋面混凝土厚度选择支撑载体，比如 14#工字钢。优化设计思路：支撑结构的选择需要综合考虑其承载能力和施工便利性。角钢和工字钢作为常用的支撑材料，具有较高的强度和良好的稳定性。在设计中，需要根据实际荷载情况和混凝土厚度，选择合适的支撑结构尺寸，并进行详细的力学计算，以确保其在重荷载下的安全性和可靠性。施工工艺：（1）支撑结构与原混凝土结构之间采用焊接或螺栓连接的方式进行固定，确保其连接牢固可靠。（2）在支撑结构与混凝土结构之间设置拉结筋，以增强整体结构的稳定性。（3）对于支撑结构的焊接部位，需要进行严格的质量检查，确保焊接质量符合设计要求。

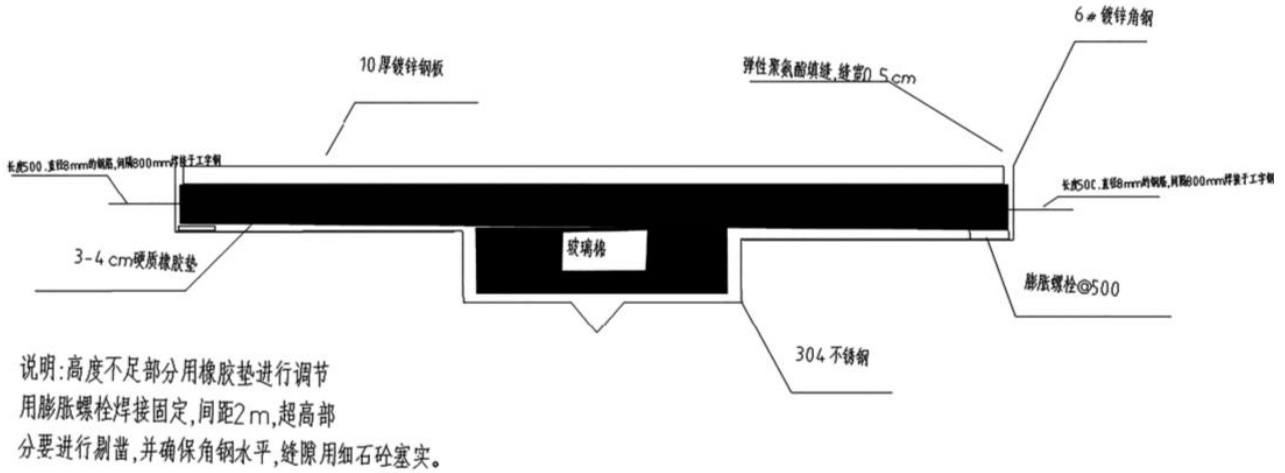

图 3　楼面伸缩缝构造设计

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

1.3.3 底板（楼面上部包含防火棉）

屋面伸缩缝构造中的底板兼顾防水、排水的作用。以防为主，排为辅。优化设计思路：底板的设计需要同时满足防水和排水的要求。在防水方面，采用高质量的防水材料，并确保防水层的施工质量；在排水方面，合理设置排水坡度和排水口，确保雨水能够顺利排出，避免积水对结构造成损害。施工工艺：（1）在底板上表面铺设防水层，防水层的厚度和材质需要根据实际需求进行选择。（2）防水层施工完成后，进行闭水试验，检查防水层的防水效果。（3）在底板上设置排水坡度和排水口，排水坡度一般为1%～2%，排水口的设置需要根据屋面面积和排水需求进行合理布局，如图 4 所示。

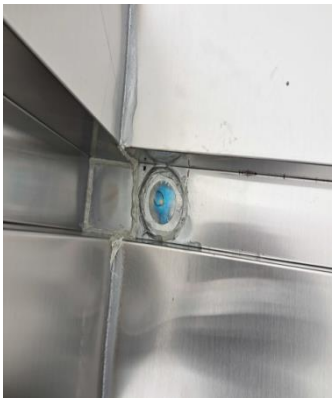

图 4 屋面伸缩缝构造底板（附落水口）实体

1.3.4 防震胶板的性能测试

在优化设计中，防震胶板的性能对于伸缩缝结构的整体性能至关重要。因此，对防震胶板进行了详细的性能测试，以确保其能够满足实际使用需求。

测试内容：

（1）抗压性能测试：测试防震胶板在不同荷载下的抗压性能，确保其在重荷载作用下不会发生明显变形。

（2）抗冲击性能测试：模拟车辆行驶时的冲击力，测试防震胶板的抗冲击性能，确保其能够有效吸收冲击力。

（3）耐久性测试：进行长期疲劳测试，评估防震胶板在长期使用中的性能稳定性。

测试结果：

经过一系列性能测试，所选用的防震胶板在抗压、抗冲击和耐久性方面均表现出良好的性能，能够满足工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构的实际使用需求。

1.3.5 支撑结构的有限元分析

为了确保支撑结构在重荷载下的安全性和可靠性，对角钢和工字钢支撑结构进行了有限元分析。

分析内容：

（1）应力分析：通过有限元模型计算支撑结构在不同荷载下的应力分布，确保其最大应力不超过材料的许用应力。

（2）变形分析：分析支撑结构在不同荷载下的变形情况，确保其变形量在允许范围内。

（3）稳定性分析：评估支撑结构在重荷载作用下的稳定性，防止发生失稳现象。

分析结果：

有限元分析结果表明，所选用的角钢和工字钢支撑结构在重荷载作用下具有足够的强度和稳定性，能够满足工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构的实际使用需求。

1.3.6 底板的防水性能测试

底板作为屋面伸缩缝构造的重要组成部分，其防水性能对于整个结构的耐久性和安全性至关重要。因此，对底板进行了防水性能测试。

测试内容：

（1）防水层黏结强度测试：测试防水层与底板之间的黏结强度，确保防水层在长期使用中不会发生剥离。

（2）防水层抗渗性能测试：进行抗渗性能测试，评估防水层的防水效果。

（3）防水层耐久性测试：进行长期老化测试，评估防水层在长期使用中的耐久性。

测试结果：

经过防水性能测试，底板所选用的防水层在黏结强度、抗渗性能和耐久性方面均表现出良好的性能，能够满足工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构的实际使用需求。

1.4 细部构造

楼面伸缩缝角钢与原混凝土结构连接固定以及翼部焊接的拉结筋，与地坪混凝土浇筑后形成有效拉结。优化设计思路：楼面伸缩缝的细部构造需要确保其与原混凝土结构的有效连接，以增强整体结构的稳定性。拉结筋的设置可以有效防止伸缩缝在受力过程中发生位移或变形。

施工工艺：（1）在角钢与混凝土结构的连接部位，采用焊接或螺栓连接的方式进行固定。（2）拉结筋的设置需要按照设计要求进行，确保其间距和长度符合要求。（3）在地坪混凝土浇筑过程中，需要对拉结筋进行保护，避免其受到损坏。

屋面伸缩缝注重防水、排水效果。首先在各部件安装时，每道工序以防水为主线，排水为辅，尤其是焊接时不得破坏防水层，防水层要上翻至盖板翼缘下部。优化设计思路：屋面伸缩缝的防水和排水设计是其关键环节。防水层的施工质量直接影响到屋面的防水效果，而排水设计则需要确保雨水能够顺利排出，避免积水对结构造成损害。

施工工艺：（1）在各部件安装过程中，严格控制防水层的施工质量，确保防水层的完整性。（2）防水层的上翻高度需要符合设计要求，一般为 100mm～150mm。（3）在焊接过程中，需要采取保护措施，避免焊接火花对防水层造成破坏。

支撑结构与后浇混凝土结构之间需增设胀缝以满足不同材质结构之间的变形需求，胀缝通过灌注柔性材料密封，

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

胀缝宽度位于 10mm～20mm 之间为宜。优化设计思路：胀缝的设置是为了满足不同材质结构之间的变形需求，防止因温度变化或荷载作用导致结构变形不协调而产生裂缝。柔性材料的灌注可以有效填充胀缝，确保其密封性能。

楼面伸缩缝的细部构造对于整个结构的稳定性和安全性具有重要影响。因此，对细部构造进行了优化设计。

优化内容：

（1）角钢与混凝土结构的连接方式：优化角钢与混凝土结构的连接方式，采用焊接和螺栓连接相结合的方式，提高连接强度和可靠性。

（2）拉结筋的设置：优化拉结筋的设置位置和间距，确保其在受力过程中能够有效防止伸缩缝发生位移或变形。

（3）胀缝的设置：优化胀缝的设置位置和宽度，确保其能够满足不同材质结构之间的变形需求，防止因温度变化或荷载作用导致结构变形不协调而产生裂缝。

优化结果：

经过优化设计，楼面伸缩缝的细部构造在连接强度、稳定性和变形适应能力方面均得到显著提升，能够满足工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构的实际使用需求。

2 技术应用情况及前景

工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构是在充分研究国内工业厂房变形缝结构通用做法的前提下，并重点结合实际效果的应用前景，独立设计研发的一套基于楼（屋）面伸缩缝的构造系统。结合现有的实际情况，利用此构造系统可推广至更多的重荷载变形缝结构，比如某些桥梁、工业办公楼等等。

对于一些非重荷载的伸缩缝结构，亦可通过此类构造系统，通过对各工序中涉及的材料进行优化（减弱），达到设计目的，同时达到降本增效的目的。

先后在厂区内启动调研，在两个厂房项目先后完成技术验证和试用推广。该构造通过和设计单位、监理单位以及建设单位反复比选、论证后实施，达到了预期的设计意图和效果，得到项目人员的一致认可。

2.1 技术应用情况

工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构在实际工程中的应用情况表明，该结构方案显著提升了楼（屋）面在重荷载下的变形适应能力，有效降低了结构开裂和沉降的风险，降低了生产成本，同时为工业建筑的安全性和使用寿命提供了可靠保障。

应用案例 1：某大型工业厂房项目

在某大型工业厂房项目中，采用了本文提出的重荷载变形缝结构方案。通过对项目实施过程中的监测数据进行分析，结果表明，该结构方案在重荷载作用下表现出良好的变形适应能力，有效避免了结构开裂和沉降现象的发生。同时，该结构方案的施工便捷性也降低了工程成本，取得了良好的经济效益。

应用案例 2：某物流中心项目

在某物流中心项目中，由于需要同时满足停车、物流运输等多种功能，对楼（屋）面的变形控制要求较高。采用本文提出的重荷载变形缝结构方案后，项目在投入使用过程中表现出良好的性能，确保了物流运输的顺利进行。此外，该结构方案的防水和排水性能也得到了验证，有效避免了屋面积水现象的发生。

2.2 技术应用前景

工业厂房楼（屋）面重荷载变形缝结构的技术应用前景广阔。结合现有的实际情况，该构造系统可推广至更多的重荷载变形缝结构，如桥梁、工业办公楼等。此外，对于一些非重荷载的伸缩缝结构，亦可通过此类构造系统，通过对各工序中涉及的材料进行优化（减弱），达到设计目的，同时达到降本增效的目的。

随着工业生产的现代化和自动化程度不断提高，工业厂房的使用功能将日益复杂，对变形缝的性能要求也将越来越高。本文提出的重荷载变形缝结构方案具有广泛的应用前景和推广价值，为同类工程设计提供了理论参考与实践指导。

3 结论

本文针对工业厂房楼（屋）面在重荷载作用下变形缝结构的设计与工程应用展开了系统研究。通过分析重荷载对结构变形的影响机制，结合材料力学与结构设计理论，提出了一种优化的变形缝结构方案。研究重点包括变形缝的构造设计、材料选型、施工工艺及耐久性测试，并基于实际工程案例验证其有效性。

结果表明，该结构方案显著提升了楼（屋）面在重荷载下的变形适应能力，有效降低了结构开裂与沉降风险，降低了生产成本，同时为工业建筑的安全性与使用寿命提供了可靠保障。本研究成果可为同类工程设计提供理论参考与实践指导。

[参考文献]

[1]李志军,禹豪,张双杰,等.地下结构变形缝橡胶止水带-MPS 接头防水性能与力学行为分析[J].科技通报,2025,41(2):39-47.

[2]付文强.房建工程混凝土结构开裂成因与变形缝修复技术研究[J].佛山陶瓷,2024,34(10):39-41.

[3]冷祥平.房建施工结构变形缝施工技术要点问题探究[J].新城建科技,2024,33(4):108-110.

作者简介：徐华中（1988.8—），汉族，安徽安庆市人，在职研究生学历，工程师职称，主要研究方向包括装配式建筑施工、工业厂房、建筑施工技术、建筑装饰施工、深基坑支护及防水等。

Copyright © 2025 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.