

# 基于BIM技术大面积GRG石膏板曲面造型吊顶装饰施工工法

## 1 前言

随着科技的不断进步和人们对美好生活追求的不断提高，建筑物设置大空间的情况越来越多。大型会议中心、展览中心、体育馆、剧场、音乐厅、高档办公及酒店等大空间建筑不仅在大中型城市，而且在中小型城市也较常见。这些建筑的大空间吊顶装饰是一个难点，既要体现美观大气，又要体现声光电等现代元素，更要体现文化艺术特征。GRG石膏板是适合此类吊顶需求的新型材料，但是由于大空间建筑具有高度高、跨度大、面积大、造型复杂等建筑装饰特点，从而容易引起GRG吊顶装饰出现变形和裂缝，影响装饰效果，而且安装过程中对大面积吊顶标高和造型的调节难度较大。

我公司结合德清开元森泊度假乐园主题酒店项目和德清开元森泊度假乐园中央设施项目等项目大空间吊顶装饰需求，组织技术攻关，研究如何加工、制作、安装大面积复杂造型GRG装饰吊顶，避免装饰面开裂。课题组应用BIM建筑信息模型技术精确分割板块区域、精准加工和安装GRG板块，提高了施工效率和施工质量，并且创新开发了曲线工艺槽防开裂技术、悬浮吊顶技术和吊顶应力释放技术。并在此基础上开发了基于BIM技术大面积GRG石膏板曲面造型吊顶装饰施工工法，有效保证了大面积复杂造型GRG装饰吊顶的工程质量，消除了质量隐患。

## 2 工法特点

2.0.1 基于BIM进行造型和受力分析，精确设计曲线工艺槽：本工法对大面积复杂造型的吊顶应用BIM技术整体建模，并进行受力分析，为了减少主体结构变形、温度作用等因素引发的GRG板面受力不均匀而产生裂缝的风险，在整体吊顶上精确设计曲线工艺槽，借助BIM预排版，精确

控制曲线工艺槽的弧度和布置情况，增加装饰工程的艺术性、美观性和受力合理性。

2.0.2 BIM参数化控制，精准预制GRG板块：应用BIM参数化特征，依据装饰风格流线、加工设备条件等情况，将曲线工艺槽分割以后的大面积吊顶进行二次分解，深化设计成形状各异、曲线多样、便于安装的GRG装饰板块，同时精准预埋吊杆连接螺母，精准预留灯具、消防喷淋、消防烟感、空调风口等设备安装孔洞，以利于“工厂预制、现场安装”的工业化施工，实现绿色施工。

2.0.3 BIM集成控制吊顶板块坐标信息，精确控制大面积装饰安装质量：基于BIM的信息集成，精确控制大面积复杂造型GRG吊顶的空间坐标信息，精确控制各板块的空间安装位置，从而精确控制整体吊顶的空间成型效果，确保安装质量优良。

2.0.4 创新设置应力释放措施，防止吊顶开裂：本工法在每根吊杆端头安装弹簧式蓄能变形装置，释放GRG吊顶在安装和使用过程中产生的附加应力，防止GRG板块之间开裂；将GRG吊顶与建筑四周墙体完全隔离，形成悬浮吊顶，用缓冲减震连接器将墙体与吊顶连接，彻底解决GRG装饰吊顶与墙体之间部位容易产生裂缝的质量通病。

### 3 适应范围

本工法适用于大型综合体、大型会议中心、展览中心、体育馆、剧场、音乐厅、高档办公及酒店等建筑，用于大面积复杂造型GRG吊顶的装饰施工项目。

### 4 工艺原理

4.0.1 本工法所述的大面积复杂造型GRG装饰吊顶的构造示意图（图4.0.1）。

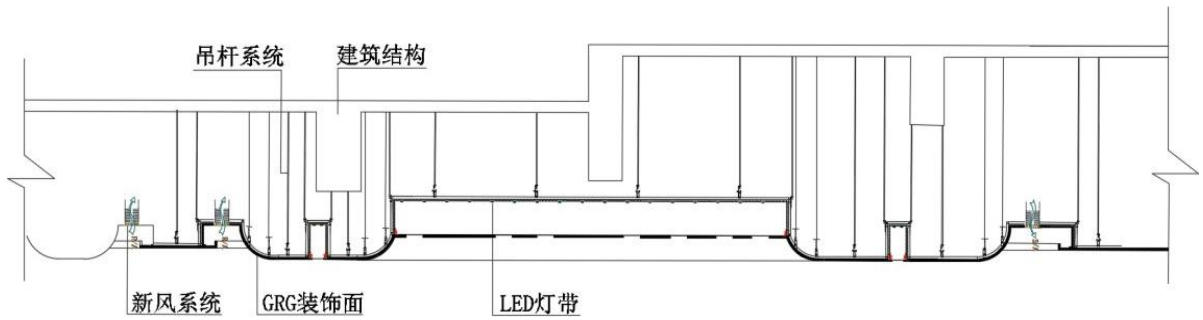


图4.0.1 大面积复杂造型GRG装饰吊顶的剖面示意图

4.0.2 基于BIM技术控制GRG装饰吊顶空间坐标的工作原理：构建GRG装饰吊顶系统的BIM三维模型，并且精确构建灯具、曲线工艺槽、弹簧式蓄能变形装置等构件的BIM模型，相关参数信息用于指导构件的工厂加工和现场安装。并且在BIM模型中设置坐标主控制点，分层次控制GRG装饰吊顶的空间坐标信息，具体实施方法是：将大面积复杂造型的GRG装饰吊顶分割成每块1.5~8平方米的微板块，每块微板块为曲线四边形，由5个控制点（4个角点和微板块中点）控制其双曲面造型的精度（图4.0.2），施工时，按照BIM模型上每块微板块的4个角点空间坐标控制微板块的空间安装位置，最终保证大面积复杂造型的GRG装饰吊顶效果。

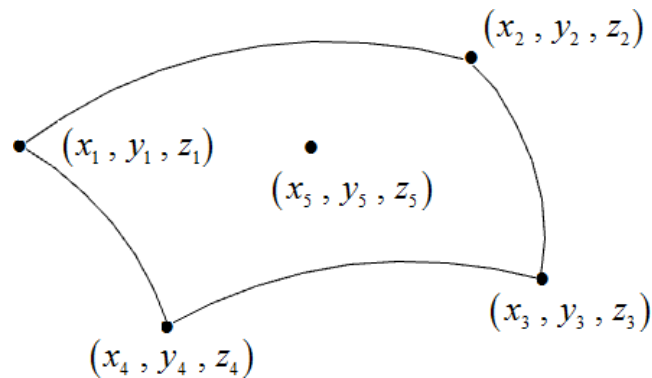


图4.0.2 大面积复杂造型的GRG装饰吊顶BIM模型微板块的坐标控制设置图

4.0.3 基于BIM的曲线工艺槽防开裂工艺：对大面积复杂造型GRG装饰吊顶进行BIM建模，并且受力分析，统筹考虑力学与美学，精确开设曲线工艺槽，如图所示，将GRG装饰面板和转换层龙骨在曲线工艺槽位置完全断开，消除结构伸缩变形引起的装饰面板开裂现象，提高了吊顶的使用寿命。并将大型装饰灯具设置在曲线工艺槽位置，直接将其重力传递

到主体结构，避免GRG装饰面板系统受到不均匀的额外荷载。应用BIM技术精准确定各GRG板材的空间位置坐标。

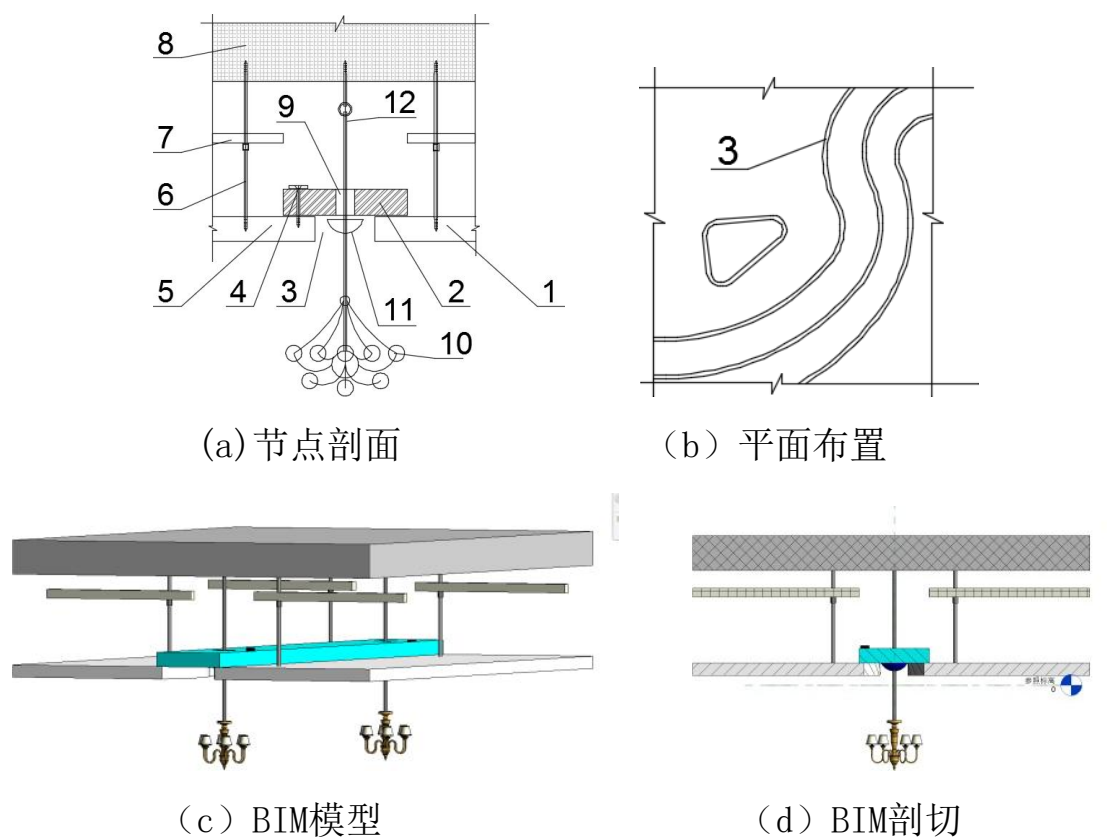


图4.0.3 基于BIM设置曲线工艺槽示意图

1--GRG装饰面板A；2--衬板；3--曲线工艺槽；4--栓钉；5--GRG装饰面板B；6--吊杆；7--转换层龙骨；8--主体结构；9--通孔；10--灯具；  
11--装饰盖；12--连接件

4.0.4 安装弹簧式蓄能变形装置防开裂工艺：在建筑物室内大面积的吊顶装饰工程中，由于主体结构的变形、装饰结构的龙骨变形等因素的影响，可能会使得室内装饰吊顶的面板系统产生附加应力，并引发吊杆点位产生较大位移变形，继而使得装饰面板产生裂缝，影响美观效果。在吊杆端头安装弹簧式蓄能变形装置（图4.0.4），可以较为精准地调节各个吊点的标高和受力状况，进行应力释放，消除面板系统产生附加应力，从而防止其开裂。

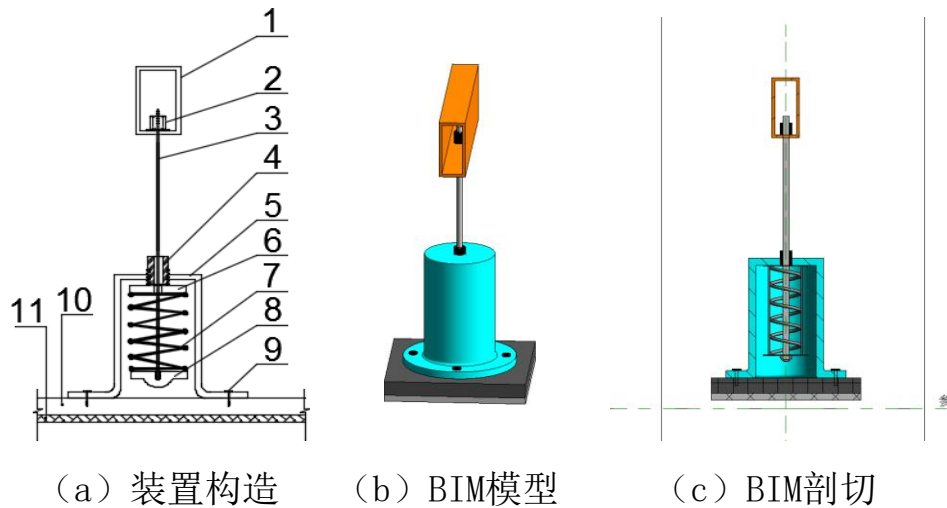
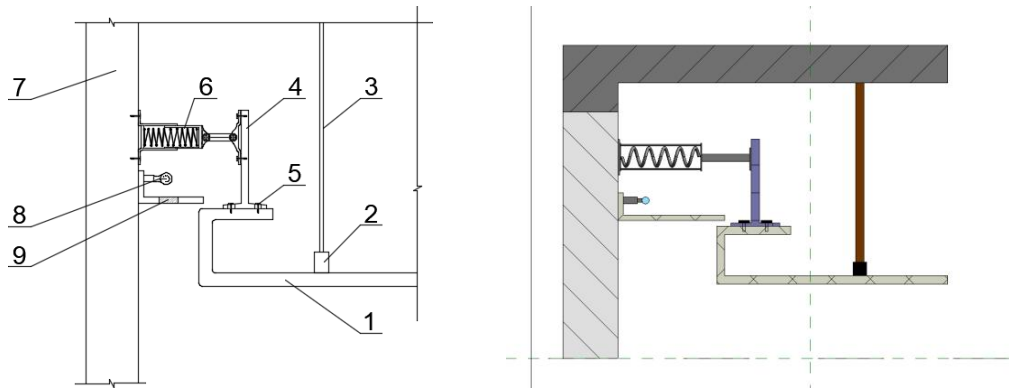


图4.0.4 装饰吊顶弹簧式蓄能变形装置示意图

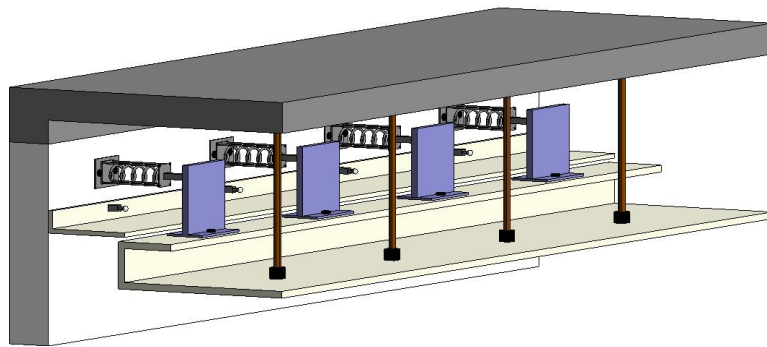
1--连接件；2--标高调节螺母；3--吊杆；4--预应力调节螺母；5--筒套；6--弹簧垫片；7--弹簧；8--预压垫块；9--螺钉；10--龙骨；11--装饰石膏板

4.0.5 悬浮吊顶防开裂工艺：在大空间GRG室内吊顶装饰的质量控制方面，由于大空间建筑具有高度高、跨度大、面积大、造型复杂等建筑装饰特点，从而容易引起GRG吊顶装饰出现变形和裂缝，影响装饰效果。尤其在吊顶与墙体交接的部位，由于不同材质、不同结构刚度的转接，裂缝出现的情况较为严重。在吊顶四周设置GRG装饰板的悬浮吊顶装置（图4.0.5），它包括GRG装饰板、吊杆连接器、吊杆、T型支座、螺栓、缓冲减震连接器、墙体、灯具和灯槽装饰板。应用该装置将GRG吊顶与建筑四周墙体完全隔离，形成“悬浮”状态，可以彻底解决GRG装饰吊顶与墙体之间容易产生裂缝的质量通病，同时采用缓冲减震连接器将墙体与吊顶连接，并且给予适当的水平预应力，避免吊顶晃动；应用灯槽装饰自然过渡墙体与吊顶，保持GRG装饰吊顶整体协调美观。



(a) 装置构造

(b) BIM剖切



(c) BIM模型

图4.0.5 GRG装饰板的悬浮吊顶装置示意图

1--GRG装饰板；2--吊杆连接器；3--吊杆；4--T型支座；5--螺栓；6--缓冲减震连接器；7--墙体；8--灯具；9--灯槽装饰板

## 5 工艺流程及操作要点

### 5.1 工艺流程

基于BIM技术大面积GRG石膏板曲面造型吊顶装饰施工工法的工艺流程如图5.1所示。

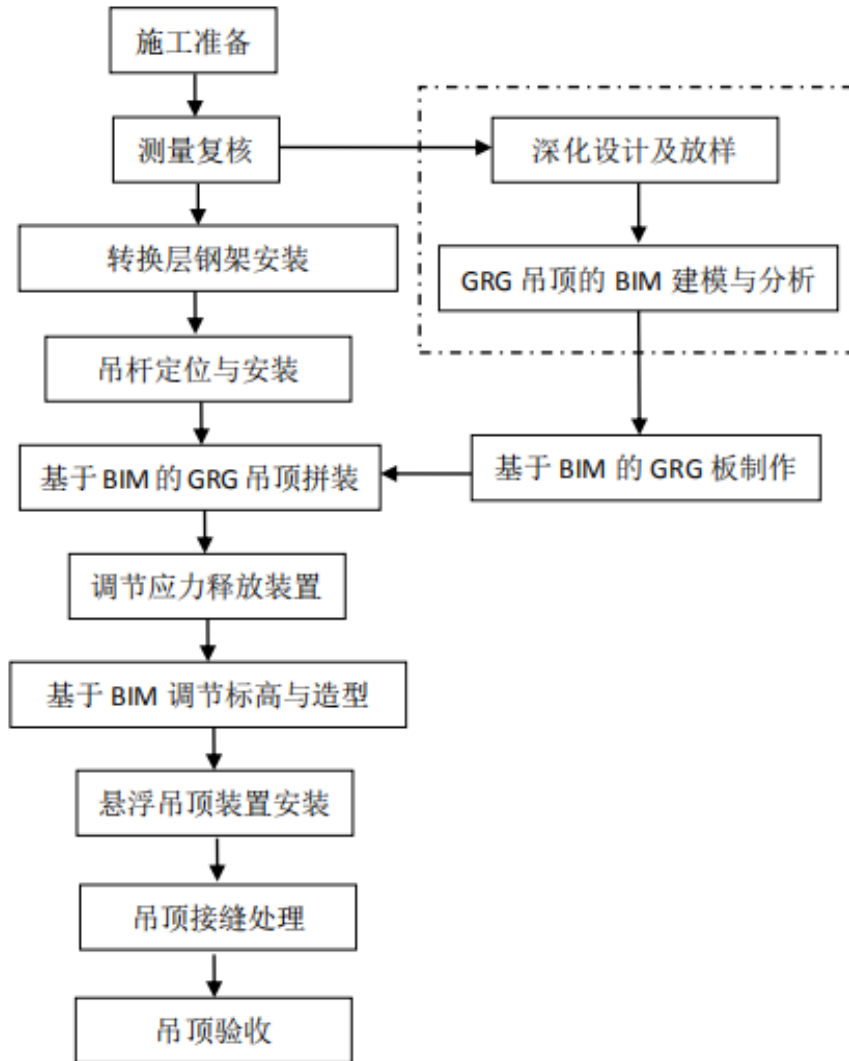


图5.1 工艺流程图

### 5.2 操作要点

#### 5.2.1 施工准备

在施工前必须积极做好施工准备工作，其主要内容有：

- 1 熟悉审查大面积复杂造型GRG装饰吊顶施工图纸和有关的设计资

料和设计依据，施工验收规范和有关技术规定。

2 通过上述对施工图纸的熟悉和现场的复测，将可能存在的问题在各个施工阶段前得到更正，为施工提供一份准确、齐全的GRG装饰图纸。

3 施工技术与管理人員熟练掌握BIM技术在GRG装饰吊顶深化设计、优化构造、板块制作和安装全过程的应用。

4 施工人员在进场前，必须进行技术、安全交底。

5 建立各项管理制度，如：施工质量检查和验收制度、工程技术档案管理制度、技术责任制度、职工考核制度、安全操作制度等，认真熟悉施工图纸和有关设计资料，严格执行国家行业标准。

### 5.2.2 测量复核

吊顶施工需在主体结构完工并验收合格后方可进行，因完工后的实际主体结构会因施工误差、温度变形等原因存在一定的偏差，因此需对实际结构位置进行测量复核后续深化设计及放样的精确性（图5.2.2）。将测量复核的成果反映到建筑结构专业的BIM模型中，作为GRG装饰吊顶深化设计的依据。



图5.2.2 吊顶区的施工现场测量复核

### 5.2.3 深化设计及放样（含BIM建模与分析）

对于大面积的建筑空间，应用BIM技术进行深化设计及放样，实现精确控制吊顶造型、精准制作板块尺寸，具体步骤如下：

1 根据复核后的建筑构件实际尺寸，对形成吊顶空间的建筑和结构BIM模型进行修正，缩短消化装饰工序之前的施工误差，为深化设计吊顶



奠定良好基础。

2 根据设计方案，初步构建吊顶装饰的BIM模型，模型精度达到LOD300。

3 基于吊顶装饰的BIM模型，进行区域划分的研究与分析，考虑不同造型部位的重力作用，统筹考虑力学与美学，精确开设曲线工艺槽，实现曲线工艺槽防开裂工艺。如图5.2.3所示，苏州博众研发大楼一层大厅，在长72米、宽48米的范围内划分为45个造型区域，相邻区域采用顺畅的曲线工艺槽自然过渡。

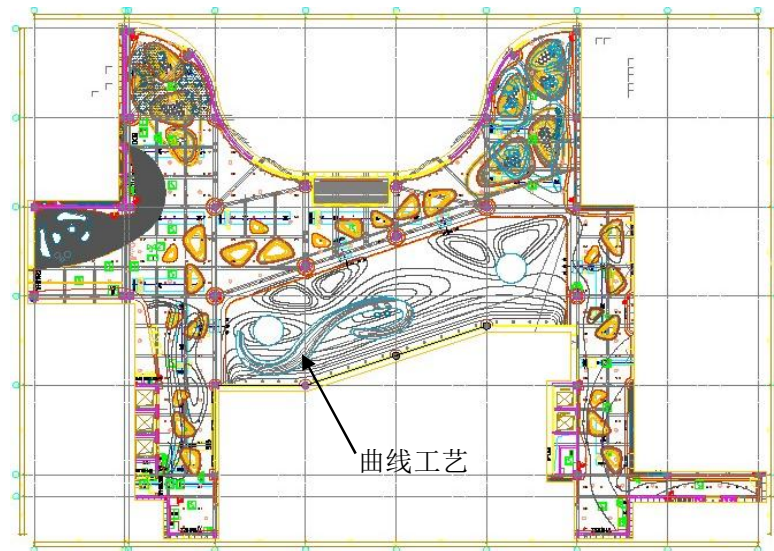


图5.2.3 吊顶区域划分及曲线工艺槽开设示意图

4 基于BIM模型对每个造型区域进行网格划分，将整体吊顶GRG板分格为横向1200~1500mm的分块，竖向分格尽量以曲线工艺槽、灯槽或者设备洞口处为断点，以便对拼装位置及标高进行校核。

5 深化设计每个造型区域的GRG板材装饰面（图5.4），对装饰BIM模型细化构造，添加装饰构件、设备安装辅件、连接螺丝孔等信息。模型精度达到LOD400~LOD500。

6 在吊顶BIM模型中，对每个造型区域的GRG板材进行编码，生成二维码，利于加工制作、运输、现场安装。

7 受力分析：因GRG吊顶板自重较重，约45kg/m<sup>2</sup>，对于直接固定于

主体结构的吊顶转换层钢架及GRG吊顶板应进行结构荷载计算，并应取得设计单位审核批准后方可施工。施工钢架时应合理布置竖向吊点，布置水平转换层时应结合整体吊顶的形状变化以便于丝牙吊杆吊点的布置。

#### 5.2.4 基于BIM的GRG装饰板制作

依据《基于BIM的GRG装饰板加工制作方案》，实施GRG装饰板的工厂加工，主要工艺流程为：优化设计图纸→深化GRG板块的BIM模型→基于BIM模型启动电脑雕刻机制作雕刻模→预埋吊点位置→雕刻模平放、钉模具边框→硅胶模翻模→半成品GRG预铸→半成品修补缺陷整改→半成品做基层边框→硅胶模翻模→成品GRG预铸生产→养护干燥→基于BIM模型检验成品GRG板块→包装运输。在加工厂实施的关键工序如图5.2.4所示。



(a) 制作GRG复杂造型模具 (b) 雕刻曲线工艺槽 (c) 硅胶模翻模



(d) 吊挂点位设置 (e) GRG半成品缺陷修补

图5.2.4 GRG加工实施的关键工序

GRG板块上预埋吊点位置，在板块单元上按1000mm左右的间距预埋吊挂件，并且每一块GRG单元板上的预埋吊挂件不少于两排。吊杆与预埋吊挂件用15~20mm见方镀锌垫片加橡胶垫配螺帽固定。

### 5.2.5 转换层钢架安装

由于复杂造型GRG装饰吊顶的适用面广泛，因此吊顶标高距离主体结构的间距变化较大，有些部位可由较短的吊杆直接连接到主体结构上，有些部位间距较大，需要增加转换层钢架，其施工关键技术包括如下：

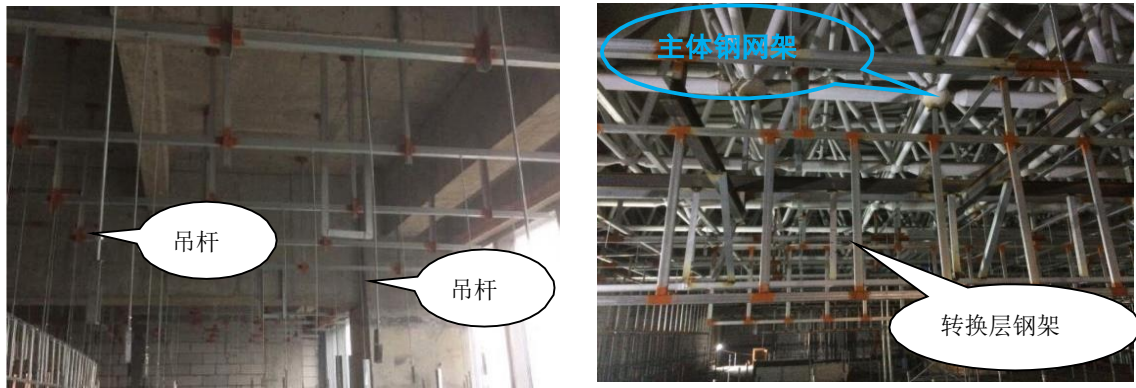


图5.2.5 大面积GRG装饰吊顶的连接结构

1 确定主钢架吊点间距。依据深化设计的BIM模型，确定主钢架吊点位置并进行连接施工：螺栓抱箍连接主体钢结构；焊接连接主体混凝土结构中的预埋件。

2 主钢架的安装与调节。两端固定的主钢架中间部分应设起拱，按跨度的1/1000调节其起拱高度。依据吊顶BIM模型中吊点的三维坐标，及时校正主钢架的位置和标高，分层分级消除加工制作和安装误差。

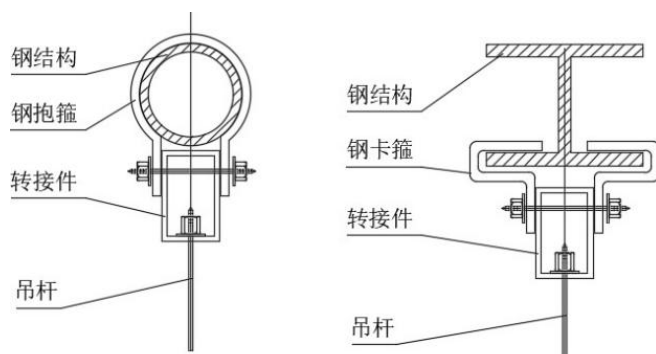
3 整合机电设备专业和装饰专业的BIM模型，在GRG吊顶的结构层内，若遇到大型风管，则应在大型风管底下进行型钢加固，并应与墙面有牢固的连接，减少风管对主钢架的影响。

4 依据吊顶BIM模型，在吊顶内合理布置灯槽、斜撑和剪刀撑等构件。轻型灯具应吊在转换层的主龙骨或附加龙骨上，重型灯具或其他重型吊挂物不得与吊顶龙骨连接，应另设悬吊构造，直接将荷载传递到建筑主体结构。

### 5.2.6 吊杆定位与安装

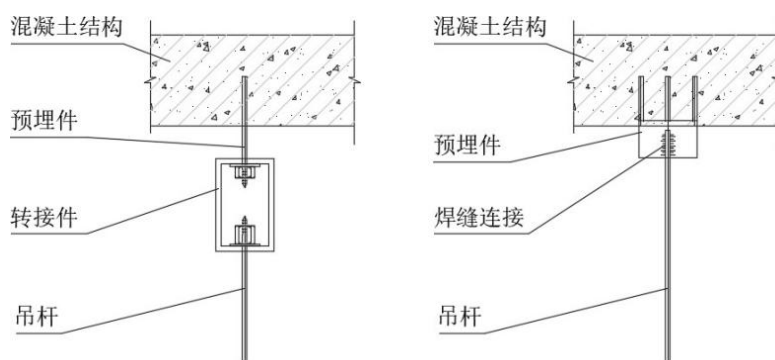
上人吊顶的吊杆采用 $\phi 10$ 圆钢，非上人吊顶采用 $\phi 8$ 圆钢，吊杆定位

依据BIM模型中GRG板块的分割情况，间距控制在1200mm以内，吊杆下端套丝长度100mm。吊标上端连接可分为两种情况：一种是与钢结构连接（图5.2.6-1），采用抱箍连接或卡箍连接的；另一种是与混凝土结构连接（图5.2.6-2），采用转接件连接或焊接连接。



(a) 抱箍连接 (b) 卡箍连接

图5.2.6-1 吊杆与钢结构连接



(a) 连接件连接 (b) 焊接连接

图5.2.6-2 吊杆与混凝土结构连接

当吊杆与楼板底连接采用预埋铁件形式，现场采用角码（L40×40×4角钢L=30mm）与楼板连接，吊杆与角码采用双面满焊连接，焊接一般采用双面间焊，搭接长度 $\geq 8d$ 。所有铁件及焊点均应进行防锈处理（刷防锈漆三遍）。

吊杆定位与安装的注意事项：

1 吊杆应按现场实际测量校正后的BIM模型尺寸进行下料，盘圆钢筋应进行拉直，吊杆制作要求平直。安装时要求按已弹好的GRG板块位置

线进行，要求安装垂直。

2 吊杆布置距周边墙边、柱边的距离要求：上人型吊顶不得大于100mm，不上人型吊顶不得大于300mm。

3 吊杆长度一般应控制在1500mm以内，若主体结构的顶棚高度过高，造成吊筋长度超长，则应按设计要求增加转换层钢架，或考虑局部吊杆加固（加斜撑或钢网架），防止因吊筋过长不易调直、晃动等状况。

### 5.2.7 基于BIM的GRG吊顶拼装（含BIM虚拟建造模拟分析）

1 依据《基于BIM的GRG装饰板现场安装方案》，实施现场安装，首先应用BIM进行虚拟建造模拟分析，精准确定吊杆位置、GRG板块位置、现场与BIM模型的整合，基于BIM-4D模拟，优化大面积复杂造型GRG吊顶的安装工序。

2 为保证吊顶及墙面大面积的平整度，安装人员必须根据BIM吊顶模型和设计图纸要求进行定位放线，确定标高及其准确性，并且基于BIM-4D虚拟安装，分析GRG板位置与管道之间关系，防止冲突，要上下相对应，防止吊顶、墙面位置与各种管道设备的标高相重叠，并将吊顶装饰BIM模型载入移动设备（PAD或手机），在施工现场应用BIM模型指导安装，根据每块GRG制作时的二维码有序安装，并且及时核对移动设备中GRG板块在BIM模型中的检验状态。

3 弹线确定GRG板的位置，使吊顶钢架吊点准确、吊杆垂直，各吊杆受力均衡，避免吊顶产生大面积不平整。利用全站仪在吊顶板下结构板面上设置与每一排吊顶板上控制点对应的控制点。并与吊顶施工BIM模型中的控制点坐标进行对照，在x轴和y轴两个方向的误差皆不超过±1mm。

4 认真检查吊顶点的预埋情况，对于有附加荷载的重型吊顶（上人吊顶），必须有安全可靠的吊点紧固措施。对于预埋铁件、预埋吊筋或

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/358054007070006030>