

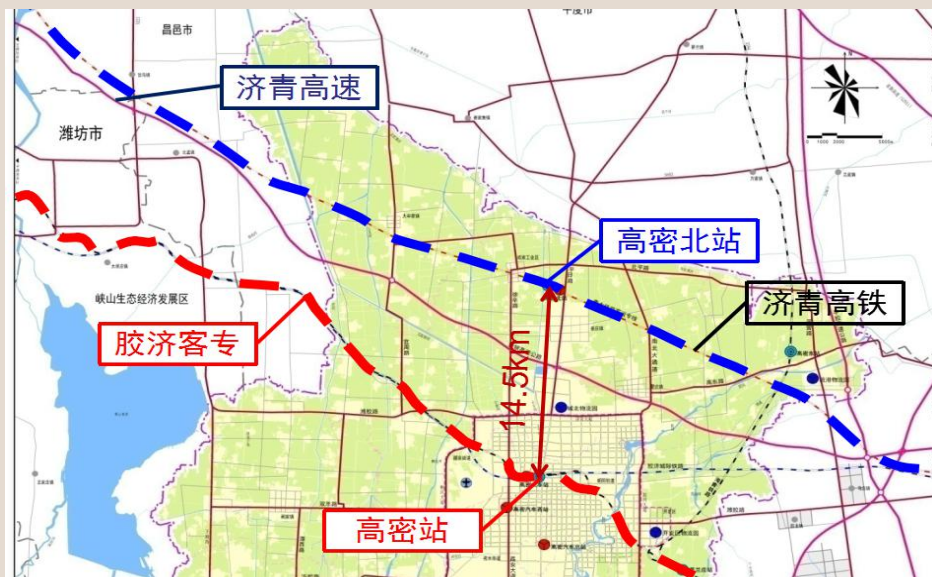
提高高密站站房结构抗震性能指标

QC成果汇报

中铁工程设计咨询集团有限公司
建筑所结构QC小组
二〇一八年二月

工程背景

高密站位于山东省高密市市区内，为胶济客运专线的二等客运站。既有车站于1984年10月竣工投入使用，已不满足使用要求，需拆除后新建。新建高密站房初步设计经过铁路总公司审查后，专家提出应优化结构计算方案、提高抗震性能指标，满足结构抗震性与经济性的统一。



新建高密站站房总建筑面积9995.07m²，上部结构采用混凝土框架结构，四周屋面挑檐采用钢桁架结构，中间站房屋面部分采用网架屋面，部分采用混凝土屋面。



一、小组概况

小组名称	建筑所结构QC小组	小组类型	攻关型
课题名称	提高高密站站房结构抗震性能指标	注册号	CEC-JN/ QC2018-4
成立日期	2015.5.18	活动次数	7次
活动起止时间	2017.8.20~ 2017.12.20	接受TQC教育时间	52小时/人
出勤率	92%		

小组成员及分工

序号	姓名	性别	年龄	文化程度	专业	职务（职称）	组内职务	组内分工
1	于连齐	男	29	研究生	结构	工程师	组 长	组织实施
2	马竹青	女	50	本科	结构	教授级高级工程师	副组长	技术把关
3	钟清华	女	46	本科	结构		高工	组 员
4	韩雪莹	女	45	本科	结构	所长兼总工	组 员	协助实施
5	宁业辉	男	30	研究生	结构	工程师	组 员	数据分析
6	纪 昂	男	33	本科	建筑	工程师	组 员	收集资料
7	袁家军	男	27	研究生	结构	助工	组员	收集资料
8	徐书晨	女	38	本科	结构	高工	组 员	效果检查
制表人：于连齐						制表时间：2017.10.26		

二、小组活动计划

10.1~10.3

10.4~10.13

10.14~10.30

10.31~11.15

11.15~12.14

12.15~12.20

选择课题

现状调查
设定目标

原因分析
确定要因

制定对策

对策实施
效果检查

巩固措施
总结

三、选择课题

【一】《建筑抗震设计规范》GB50017-2010要求及铁总审查意见：

- 1、根据3.5.3条：结构在两个主轴方向的动力特性宜相近。
- 2、根据10.2.7条：大跨屋盖结构，计算模型应计入屋盖结构与下部结构的协同作用。
- 3、初步设计铁总审查意见：优化结构计算方案、提高站房抗震性能指标，满足结构抗震性与经济性的统一。

12与3调整一下位置

【二】面临的问题

- 1、高密站站房结构长125m，宽36.9m，长宽为3.38，站房二层候车厅楼板不连续且抽柱数量达到14颗。站房主体结构在地震作用下，表现为第二振型为扭转，扭转系数为0.53，两个主轴方向的动力特性相差较大。（后面没有针对这块的说明）
- 2、根据我院的经验，网架与下部结构分开计算。用钢梁代替网架计算站房主体结构或主体结构计算时不考虑网架作用。桁架挑檐采用悬挑梁代替模拟对结构整体指标的影响。无论那种假设情况，不能真实的反应整个站房作为一个整体结构在地震作用下的响应情况。
- 3、铁总审查时提出，初步设计阶段结构方案各项指标虽然满足规范的最低要求，需要优化结构计算方案、提高抗震性能指标。比如：位移比为1.38，根据《建筑抗震设计规范》位移比不宜大于1.2。第二振型扭转系数为0.53。框架柱配筋不均匀，相邻两颗柱配筋存在相差50%的情况。



中国中铁

小组选定本次QC小组的活动课题为——**提高高密站站房**

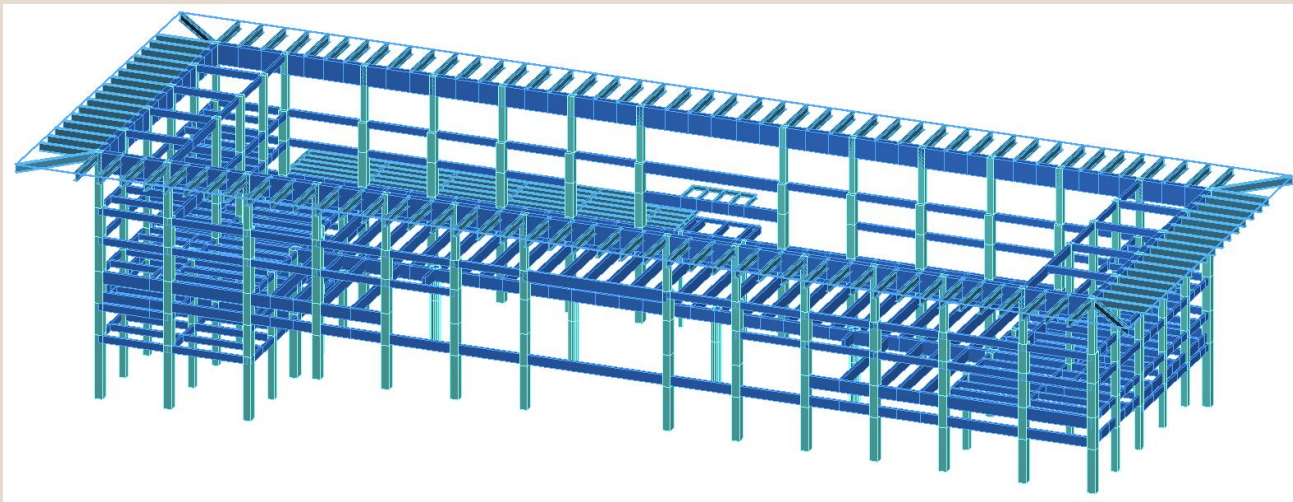
结构抗震性能指标

2017年7月至2017年8月高密站经过铁路总公司及高密市政府的审查，稳定了建筑效果图方案及站房平面布局。2017年10月22日铁路总公司对初步设计进行了批复。站房结构长度为125m中间未设置伸缩缝，柱网根据建筑功能要求不能再有大的变化。



（二）初步设计计算软件及模型：

计算软件：混凝土结构采用PMPMV2.2版本，网架采用3D3S软件。为了保守计算站房上部结构屋面按大开洞进行计算，用节点荷载代替网架作用。网架按完全释放进行单独计算。屋面挑檐按钢梁进行模拟。计算模型如下如所示：



初步设计计算模型

(三) 初步设计抗震性能指标

- 1) 第一振型为平动，第二振型扭转系数为0.53。结构在地震作用下的扭转效应明显。
- 2) 在偶然偏心地震作用及规定水平力作用下，计算得到的楼层最大位移与层平均位移的比值1.38。根据《抗震规范》GB50011-2010：要求该比值不宜大于1.2的，为平面不规则结构。

由以上现状可以看出：

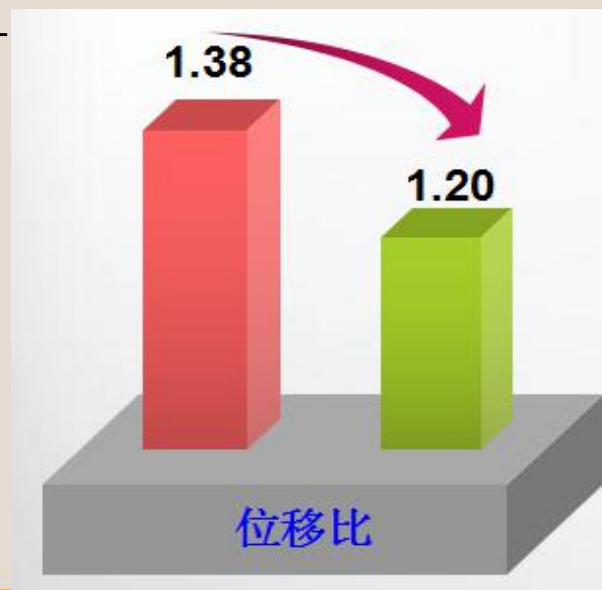
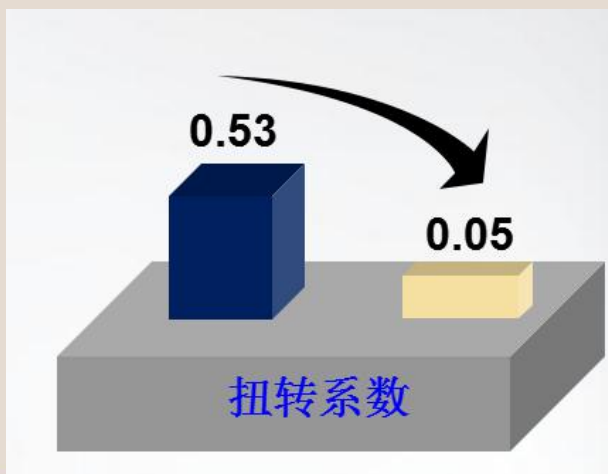
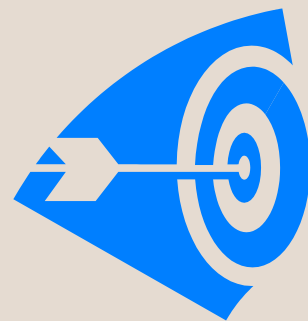
1) 结构位移比为1.38比规范要求的不宜大于1.2超出较多。

。

2) 第二振型扭转系数为0.53，结构扭转效应明显。

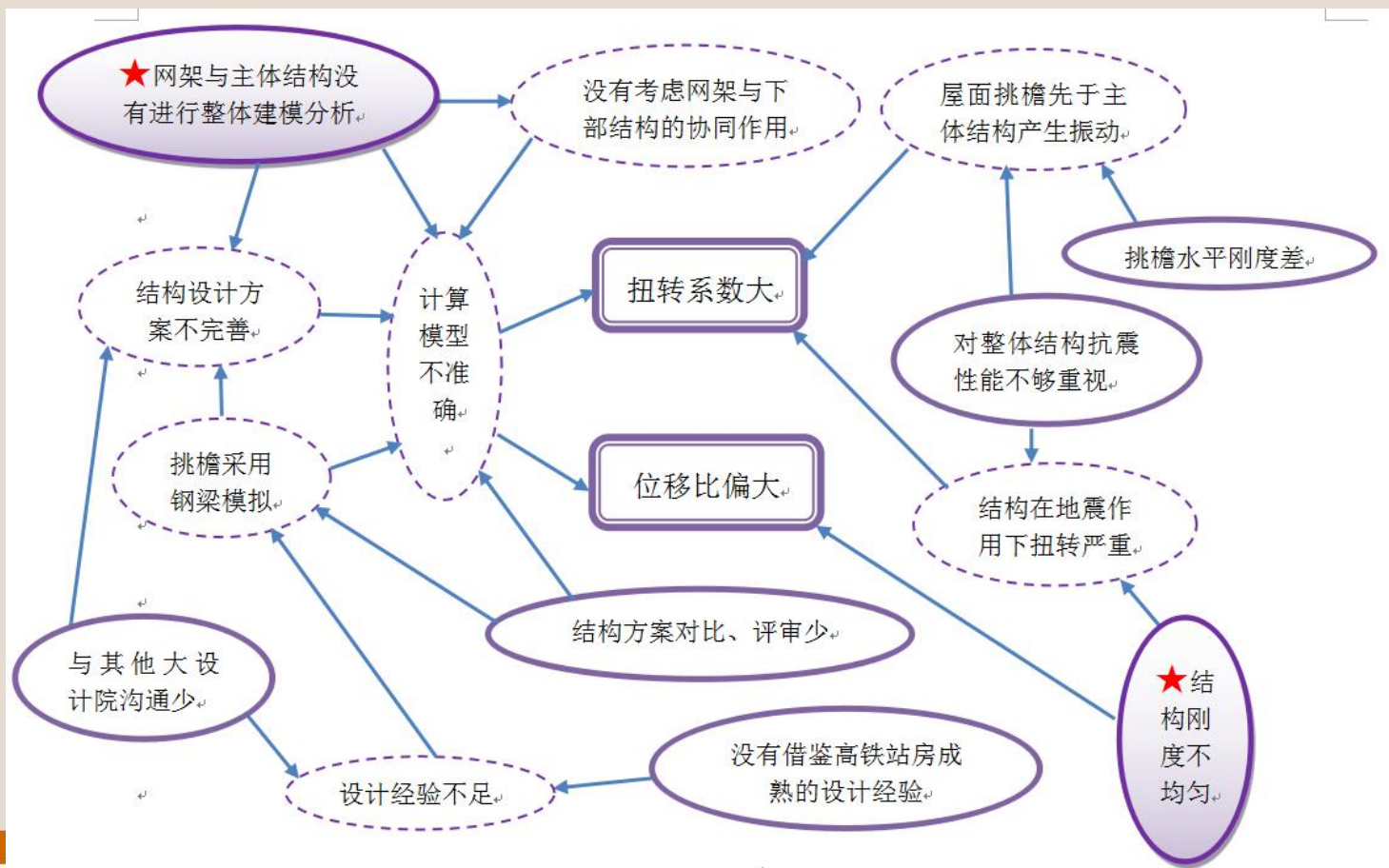
五、设定目标

考虑到站房作为重要的公共建筑，根据现状调查资料，并参考规范对于结构整体抗震性能指标的要求，小组成员经过讨论和分析认为，本次课题的扭转系数小于0.05，位移比小于1.2。



六、原因分析

针对上述目标，我们小组成员对高密站站房结构抗震性能指标差的原因进行分析，并咨询资深专家，经整理后绘制了关联分析图，见图6-1。



七、确定主要原因

通过召开QC小组会议，经过集体分析讨论，对以上7个非客观末端原因进行逐一确认。见下表：

序号	末端原因	确认内容	确认方法	要因确认	负责人	地点日期	要因判断
1	对整体结构抗震性能不够重视	初步设计是否考虑结构的整体抗震性能	审查初设文件	小组组织技术专家对初步设计图纸及计模型及结果进行了认真分析，提出了结构整体模型的重要性。	马竹青	建筑所 2017.10.21	否
2	没有借鉴高铁站房成熟的设计经验	高铁站房的结构布置与计算内容	调查、研究	借鉴2016年至2017年设计完成的济青高铁站房：济南东、临淄、高密北、红岛等9个车站图纸进行了认真学习。	于连齐	所会议室 2017.10.22	否
3	与其他大设计院沟通少	小组与其他专业的沟通情况	讨论、分析	通过潍莱高铁站房设计，与中国铁路设计院（原铁三院）及中联筑境设计院沟通较多。	徐书晨	所会议室 2017.10.22	否
4	结构方案对比、评审少	结构方案评审次数	查询评审记录及审查结果	结构方案共计进行过三次评审，且通过了铁总鉴定中心的认可。	钟清华	建筑所 2017.10.25	否
★5	结构刚度不均匀	结构x轴和y轴刚度的差异	分析、研究	高密站站房结构东西长125m，，南北宽36.9m。整体结构长宽比较大（3.38），标高8.000m候车厅靠近A轴开洞区域较大约占二层面积的20%，导致A轴刚度削弱严重。	钟清华	所会议室 2017.10.26	是
★6	网架与主体结构没有整体分析	结构计算软件和站房上部结构计算过程	分析计算模型	网架采用3D3S进行计算分析，站房上部结构采用PKPM建模，PKPM模型中只是导入了网架节点荷载，屋面刚度比实际偏小。	马竹青	建筑所 2017.10.26	是
7	挑檐水平	为挑檐提供水	讨论、分	通过PKPM重新建立挑檐模型，通过增	于连齐	建筑所	否

制表人：于连齐

制表时间：2017.10.21

通过分析确定主要原因为：

结构刚度不均匀

网架与主体结构没有整体分析

主要原因

八、制定对策

小组成员围绕选定的课题及设定的目标，通过原因分析，运用头脑风暴法，对主要原因制定如下对策：



对策表

序号	要因	对策	目标	措施	地点	时间	负责人
1	结构刚度不均匀	调整结构构件布置使结构刚度均匀	结构第二振型扭转系数小于0.05。结构位移比减小。	在结构合适位置适当增加剪力墙，以增大结构薄弱部分刚度。	所会议室	2017.10.31	于连齐 马竹青
2	网架与主体结构没有整体分析	网架与上部结构进行整体分析	通过增加网架刚度的影响，结构位移比小于1.2。	引进盈建科结构设计软件。采用盈建科软件对站房结构进行整体计算分析。	所会议室	2017.11.6	钟清华 宁业辉

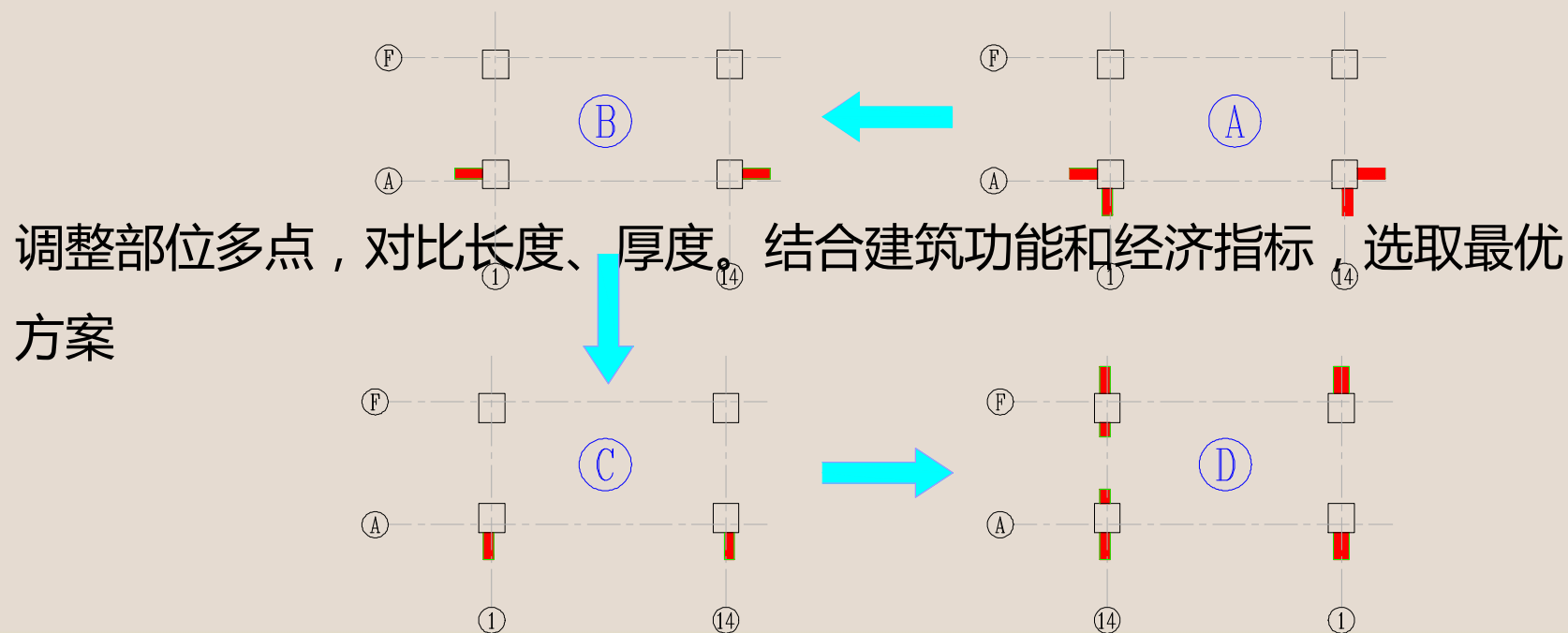
制表人：马竹青

时间：2017.11.9

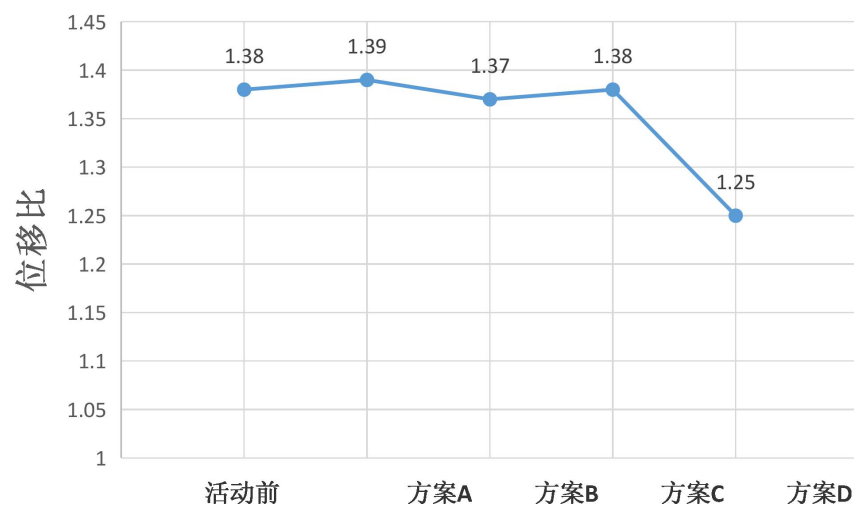
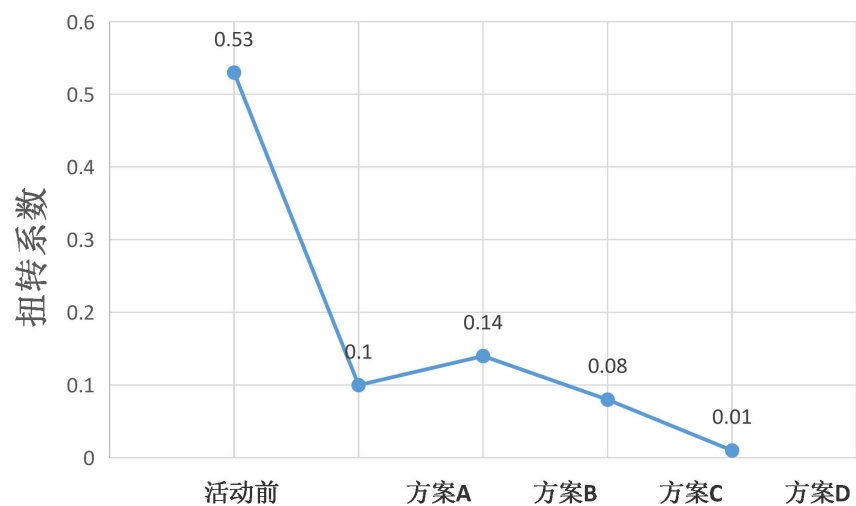
九、实施对策

实施一：调整结构构件使结构刚度均匀

【1】小组骨干成员对站房结构布置进行了分析，提出了4个加强X轴或Y轴的结构布置方案。



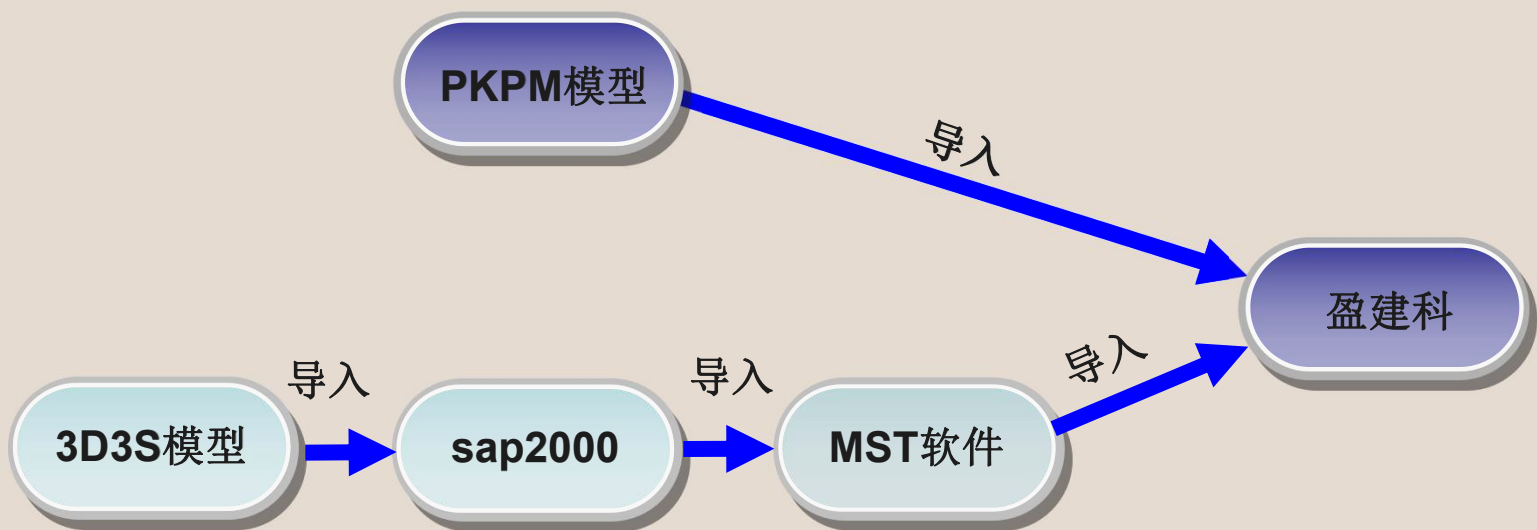
通过对4个方案的计算分析，第二振型扭转系数和结构整体位移比如下图：



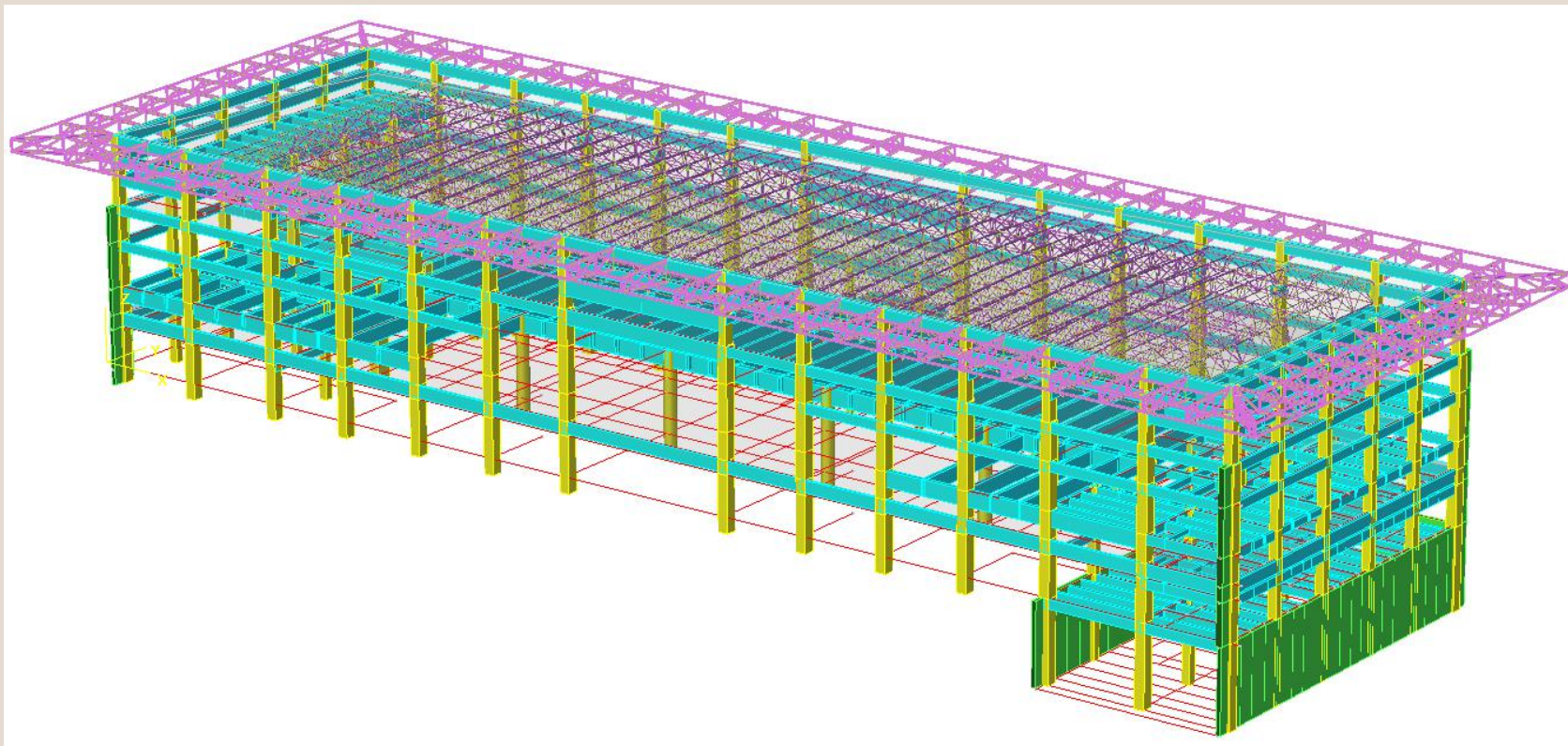
结论分析：小组通过方案对比，确定了结构扭转系数较大的根本原因为Y向刚度过小。**方案D**通过在四颗角柱的Y向增加剪力墙，将第二振型扭转系数由0.53降低至0.01，结构位移比由1.38降低至1.25。

实施二：网架与上部结构进行整体分析

通过调查铁三院及中联筑境等设计院均采用MST软件+盈建科软件进行计算。为提高建模效率，将前期已经调整完成的PKPM模型及3D3S模型导入盈建科软件，减少了建模时间。建模流程如下：



整体模型如下：



经过整体模型计算分析，结构位移比得到进一步改善。计算结果如下：

项目	对策一实施后	整体模型计算值
位移比	1.25	1.18



- 高密站站房结构抗震性能指标控制效果分析:

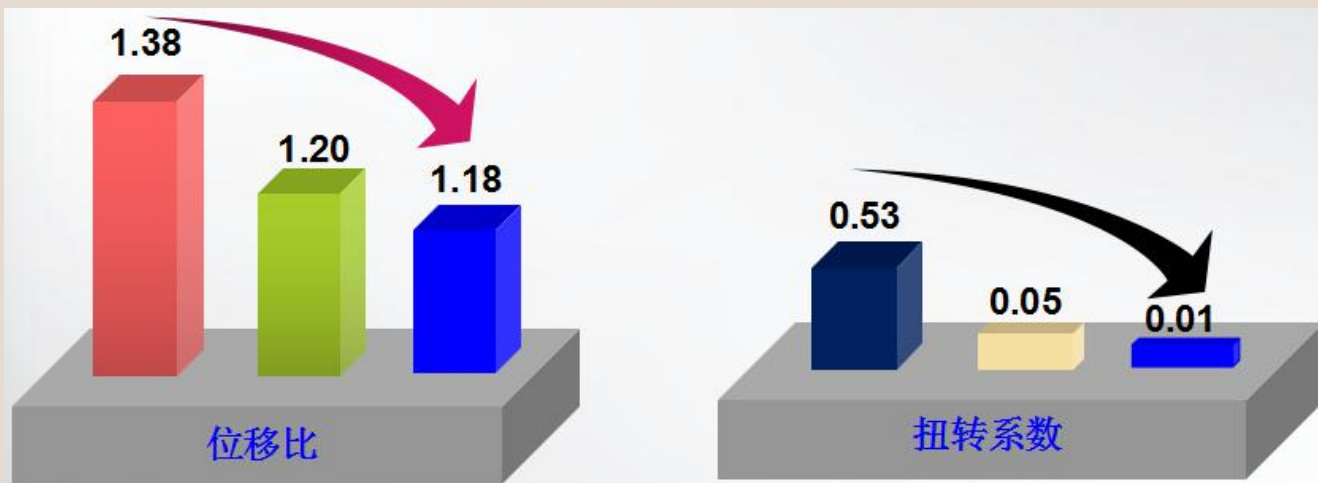
◆ 以上一、二实施后, 高密站站房结构扭转系数与位移比得到进一步优化:

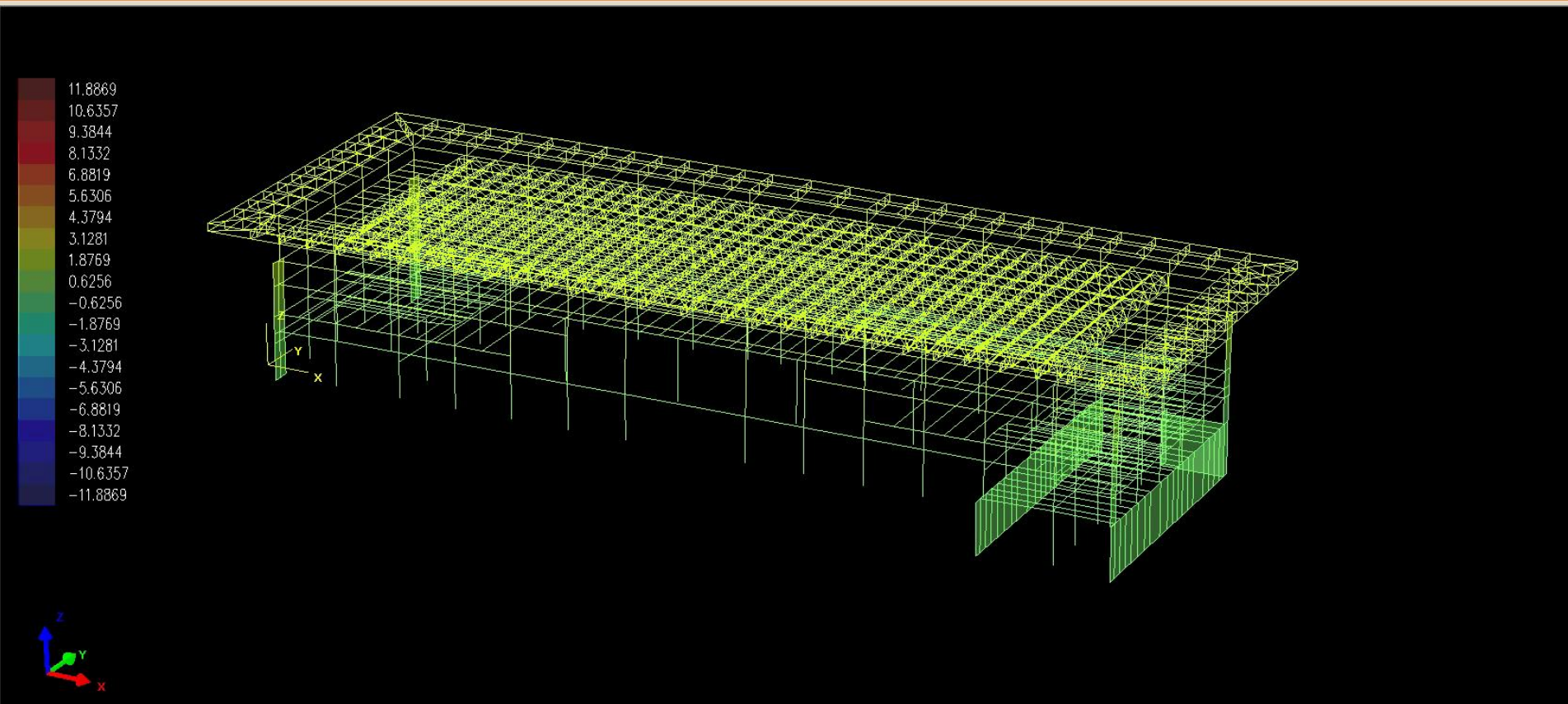
项目	目标值	实际值
扭转系数	0.05	0.01
位移比	1.20	1.18

十、效果检查

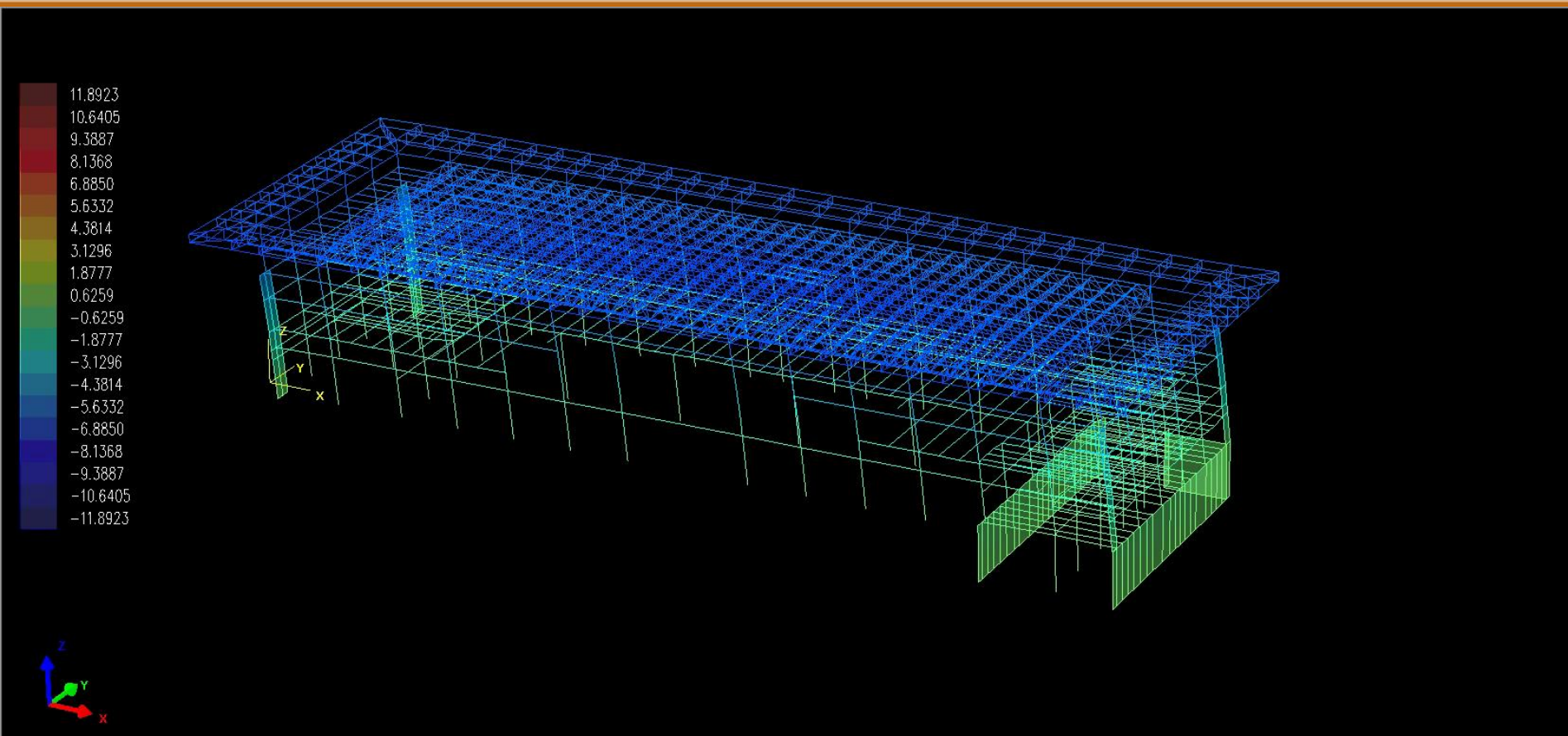
1.活动目标检查

对策实施以后，小组成员对本次活动的目标进行了检查，
见下图：





结构第一振型



结构第二振型

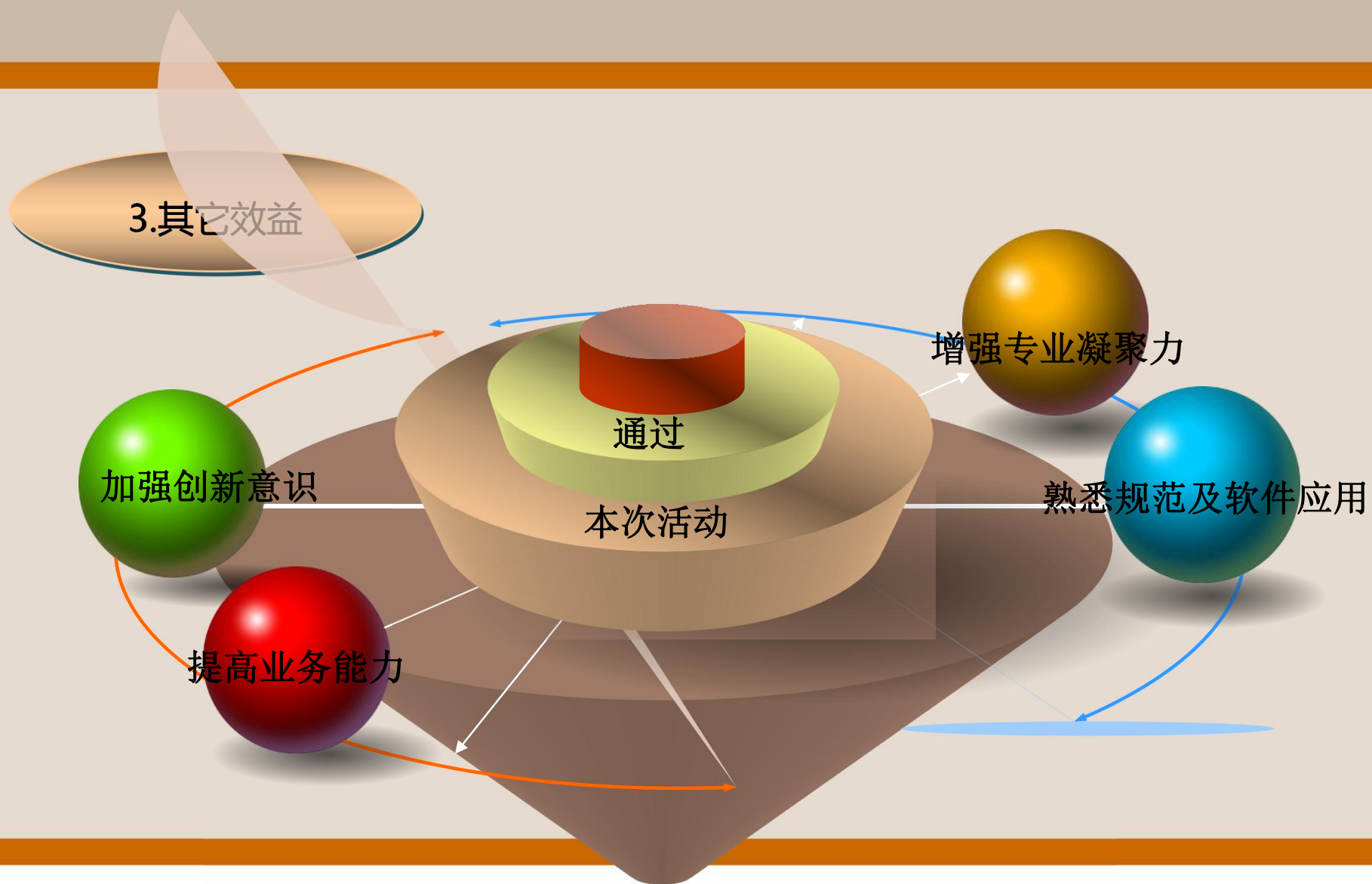
2.效益分析

我们通过对结构抗侧力构件进行合理布置，并采用盈建科软件进行整体建模分析，顺利完成了课题目标。活动的直接成果是高密站结构施工图在2017年12月结构方案得到咨询单位的认可，并产生了明显的经济、技术、社会效益。见下表：

项目	技术效益	经济效益	社会效益
内容	通过对结构方案优化及使用盈建科计算软件，使结构体系更加合理，结构抗震性能进一步得到提高，结构计算更加精确，对今后开展此类结构设计提供了指导和参考。	通过增加剪力墙调整刚度，框架柱配筋更加均匀，柱配筋率减少8%左右。钢筋用量综合减少10t，节约投资约5万元。	通过小组活动，达到了铁总要求，保证了高密站结构在超长及不规则等各种限制条件下的顺利实施。

制表人：于连齐

时间：2017.12.10

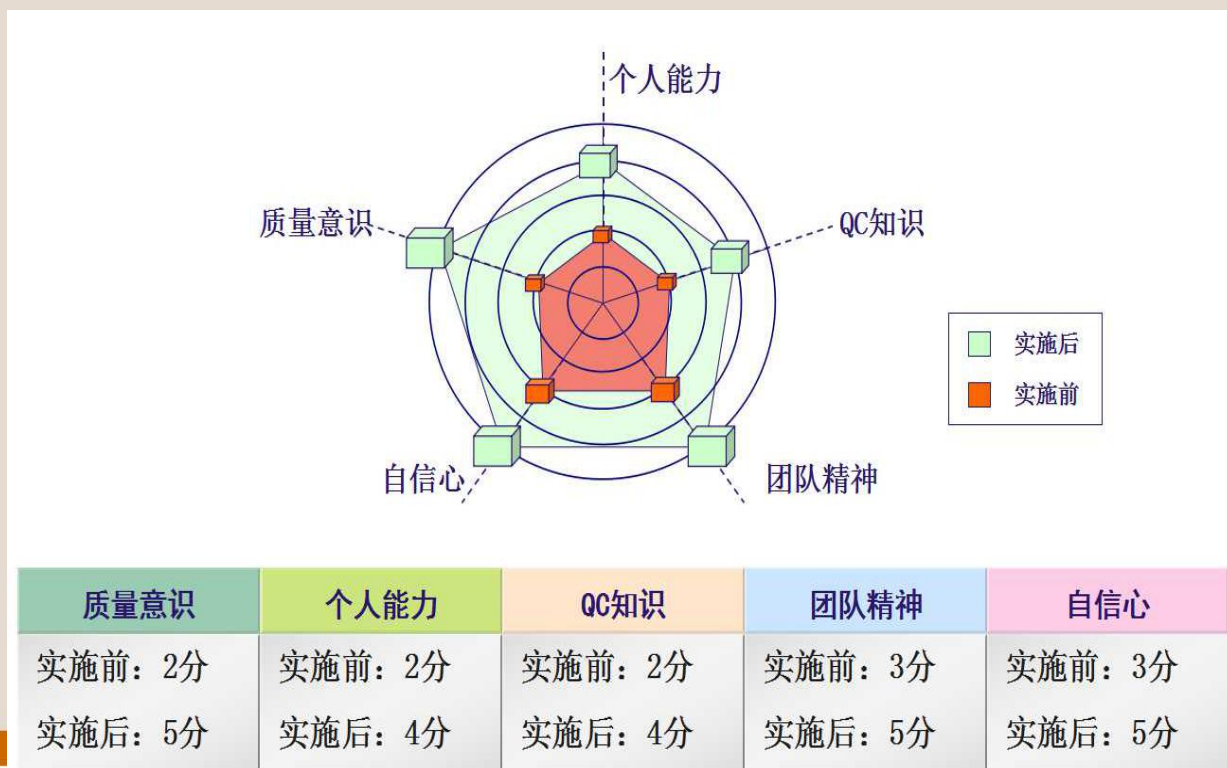


十一、巩固措施

序 号	巩 固 措 施
1	通过本次QC活动，小组成员将此次所学到的专业技术进行了总结，并与结构专业其它同志进行了交流，使本专业的整体设计水平有所提高。建筑分院正式引进了盈建科结构设计软件，为更加灵活的进行结构设计提供了新的工具。
2	站房结构刚度在结构计算中应引起足够的重视。结构抗震性能指标与结构刚度密切相关。 本次小组活动带来了网架与混凝土结构整体建模设计的新思路，网架对整体模型提供的刚度不可忽视。应尽可能真实的模拟网架网架屋盖与混凝土结构在抵抗地震作用下的协同作用。所内人员一致认为可以将高密站设计思路与方案推广到其他类似工程中去。

十二、总结与今后打算

通过本次QC活动，小组成员在完成了活动目标的同时，提高了质量意识和设计水平，增强企业的市场竞争力，取得了很好的无形效果，见自我评价雷达图：



自我评价雷达图

今后打算

再接再厉!

随着铁路站房平面布置的不断改进，导致站房结构普遍存在结构超长、楼板开洞、结构抽柱严重等问题。结构构件布置受限越来越严重，为实现大空间要求结构构件越来越少，结构整体抗震性能标在结构设计中越来越重要。**结构刚度只有均匀才能使结构性能发挥最大作用。**结构模型的准确性对结构抗震性能指标影响较大。因此，小组成员决心将本次活动的经验及思路应用到其他类似工程中，满足铁路不断发展的要求。

汇报结束

感谢各位专家、评委！