

中国地球物理站网（重力）规划 （2020-2030年）

中国地震局
2020年4月

中国地球物理站网(重力)规划

目 录

引 言.....	1
第一章 现状分析.....	2
1.1 国内现状.....	3
1.1.1 站网架构与规模.....	3
1.1.2 站网产出与应用.....	5
1.2 国际发展趋势.....	6
第二章 需求分析.....	7
2.1 地震监测预报的需求.....	7
2.2 地球科学研究的需求.....	8
2.3 国防建设和社会经济高质量发展的需求.....	8
第三章 问题与不足.....	9
3.1 站网建设长远规划不足.....	9
3.2 观测系统标准化程度较低.....	9
3.3 绝对重力标定与控制缺失.....	9
3.4 缺乏有效的重力场源识别能力.....	10
3.5 新型观测技术应用不足.....	10
第四章 设计思路和目标.....	11
4.1 设计思路.....	11
4.1.1 需求导向, 分级设计.....	11
4.1.2 协同观测, 立体设计.....	11
4.1.3 规范配置, 标准设计.....	11

4.2 设计目标	12
第五章 站网设计	13
5.1 基准网	13
5.2 基本网	14
5.3 卫星重力观测	16
5.4 主要指标	16
5.4.1 覆盖度指标	17
5.4.2 精准度指标	17
5.4.3 时效性指标	18
第六章 规划实现路径	19



引言

为全面贯彻落实现任总书记关于提升自然灾害防治能力、防灾减灾救灾和科技创新的重要论述精神，贯彻实施《中华人民共和国防震减灾法》关于中国地震监测台网实行统一规划和分级、分类管理的要求，落实中国地震局党组《关于全面深化改革的指导意见》和《地震监测预报业务体制改革顶层设计方案》等改革部署，需要对标新时代防震减灾事业现代化要求和监测预报国际发展趋势，科学设计高精度、高时空分辨率、立体化的中国重力站网。

目前，我国已建成以流动重力测量为主的重力站网，获得了重力变化异常与地震震级之间的经验关系，开展了孕震机理探索研究，相关成果已在中强地震的中长期危险区预测和地球科学研究中发挥了重要作用。但在对标国际先进水平和自然灾害防治需求等方面，现有站网仍有较大不足。主要表现为：顶层设计滞后，缺乏统一科学的站网长远规划；绝对重力标定与控制能力不足，制约时变重力数据解算质量的提高，空间上无法满足大范围长期重力变化跟踪监测的需求；陆地重力观测系统标准化程度较低，绝对重力观测与台站连续重力观测协同不足，数据解算方法和融合产品加工开发明显不足；新型观测技术应用不足，卫星重力、海洋重力、航空重力、量子重力等技术尚未被应用于地震监测。

到 2030 年，通过充分利用现代重力观测技术，优化配置重力观测台站布局，建成立体化的中国重力站网，实现对我国大陆及周边重力时空变化背景场、活动地块及边界带重力变化过程、潜在地震风险源和经济发达地区的有效监测，获取较高时空分辨率的重力场信息。全面提升重力站网的标准化、信息化、现代化水平，为地震等自然灾害监测、预测、地球科学研究和其他社会应用提供高精度、高可靠性、高时空分辨率的重力数据产品。



第一章 现状分析

我国大陆地质构造复杂、边界动力多样，形成了以活动地块为主的构造格局。根据地震观测记录统计，我国超过 80% 的 7.0 级以上强震发生在活动地块边界带，6.0 级以上地震与 200 多条不同类型的活动断裂密切相关。我国大陆活动地块及强震分布情况如图 1.1 所示。

我国大陆活动地块及边界带变形差异明显，呈现西强东弱特征；与之对应，地震活动呈西密东疏特征。据统计，1900 年以来，我国 6.0 级以上地震主要发生在中西部以及华北、东南沿海等地区。

地震是地球内部物质运动的反映，而地球时变重力场包含丰富的地球系统物质分布与运移信息，两者之间存在一定的相关性。时变重力资料可以用来精确描述活动地块及其边界带的运动与变形特征，为地震预报和地震科学研究提供有效的数据资料。

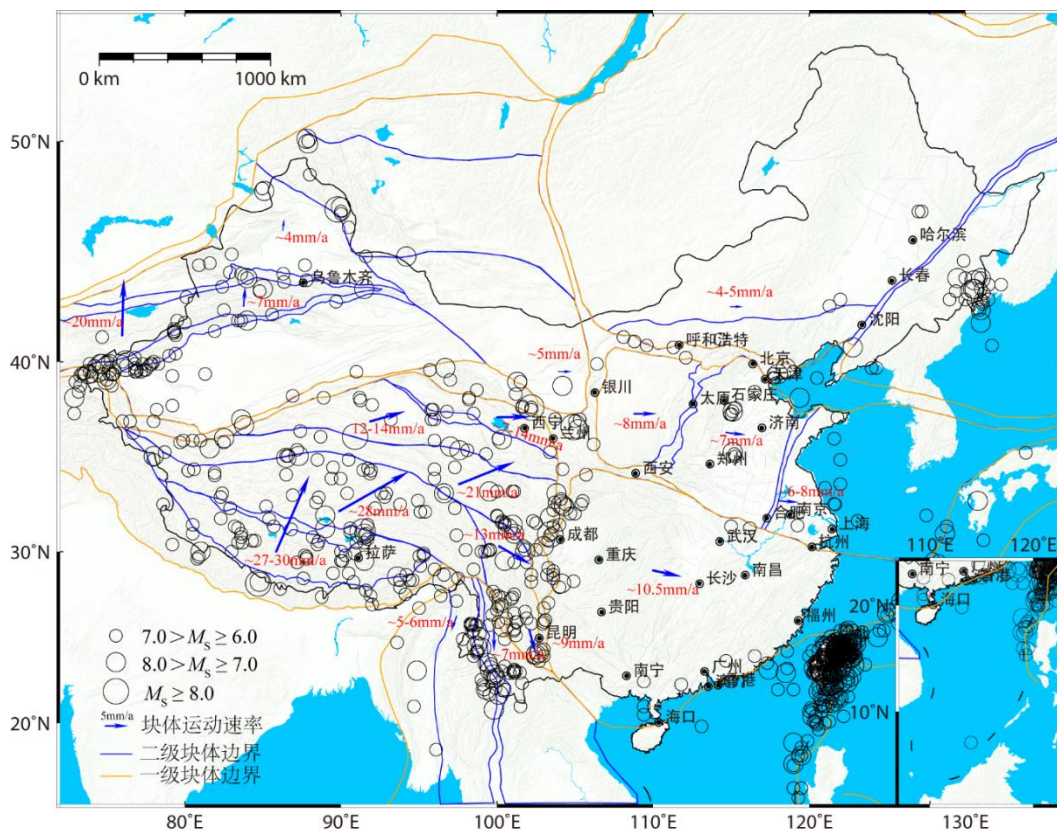


图 1.1 我国大陆活动地块及强震分布情况



1.1 国内现状

1.1.1 站网架构与规模

我国的重力站网主要包括基准网、基本网和区域网。

基准网由 4 个基准站组成。基本网由 76 个基本站组成。区域网由 101 个控制站和 2088 个联测站组成。

我国重力站网主要采用重力台站连续观测与重力测点定期复测两种观测方式：

重力台站连续观测：基准网和基本网在重力台站进行连续观测，获取时变重力信息，对构造边界带地震构造运动的动态监测，对南北地震带、新疆天山地区和华北地区等重点地区进行高精度重力变化监测，为强震中期分析预报与短期异常跟踪分析提供基础数据。4 个基准站采用精度优于 5 微伽的绝对重力仪和超导重力仪协同观测，获取高时间分辨率的重力数据，为全国地震重力观测提供统一基准，应用于地震监测、重力仪标定、比测等；76 个基本站实现微伽级连续重力观测，用于研究重力固体潮和潮汐参数特征，并通过有效的绝对控制，提高重力观测的时间分辨率。

重力测点定期复测：区域网对重力测点进行定期复测，获取重力测点之间的重力段差及复测间隔时间内的重力段差变化信息。采用绝对重力仪对分布在全国的 101 个重力控制站进行定期复测，获取高精度绝对重力值，为全国地震重力观测提供绝对重力控制；采用相对重力仪对 2088 个重力联测站进行联测，测得重力段差，从而构建重力场，并通过不同期次复测数据获取重力段差及重力场变化信息。

重力站网基本情况见表 1.1，空间分布如图 1.2 所示。



表 1.1 重力站网基本情况

类型	主要功能	观测站规模	观测仪器	观测精度
基准网	1.重力变化的高时间分辨率监测； 2.建立重力基准； 3.为强震中期分析预报与短期异常跟踪分析提供基础数据。	基准站 (4)	超导重力仪 绝对重力仪	绝对重力精度 优于 5 微伽； 相对重力精度 优于 0.1 微伽。
基本网	1.潮汐重力变化高时间分辨率监测； 2.为强震中期分析预报与短期异常跟踪分析提供基础数据。	基本站 (76)	相对重力仪	1 微伽
区域网	1.绝对重力变化监测； 2.为相对重力联测和仪器参数标定提供控制。	控制站 (101)	绝对重力仪	5~10 微伽
	1.我国大陆较高空间分辨率的重力场变化监测； 2.为强震中长期分析预报提供基础数据。	联测站 (2088)	相对重力仪	10~20 微伽

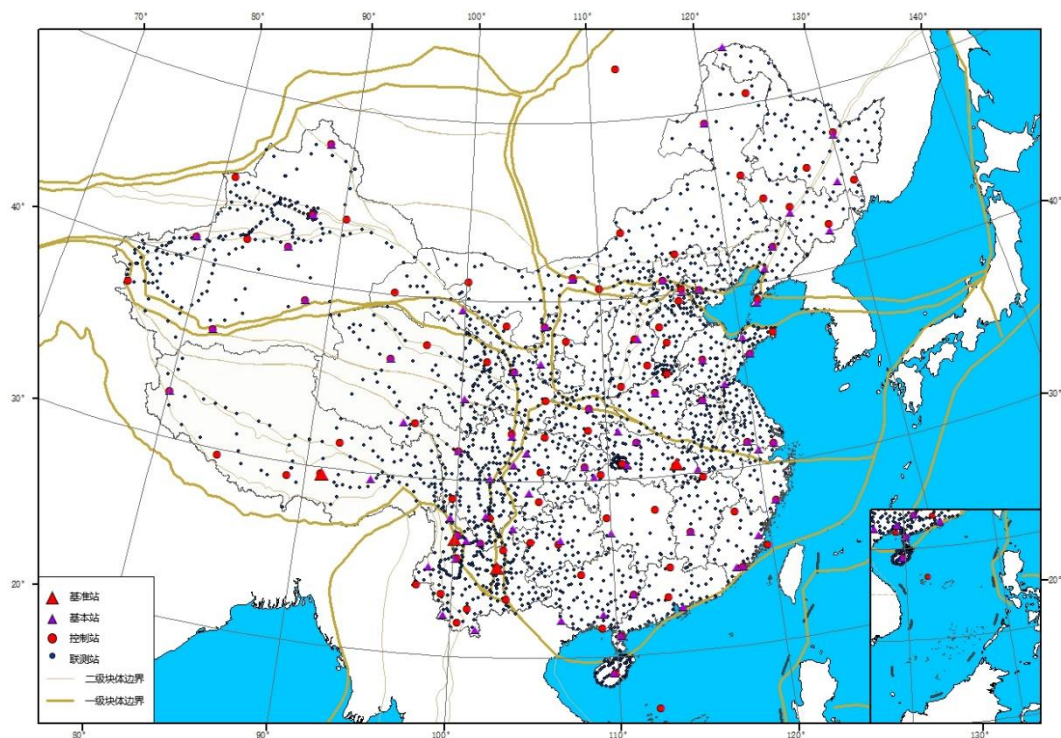


图 1.2 重力站网观测站分布情况

1.1.2 站网产出与应用

重力站网产出丰富的观测数据和产品，包括不同时空分辨率的观测站重力值、潮汐/非潮汐重力变化时间序列、潮汐/非潮汐重力场变化图、地壳内部密度变化图等，极大地促进了地震监测预报和地震基础科学研究的发展，主要包括：

(1) 绝对重力点值：观测精度优于 10 微伽，为相对重力联测和仪器标定提供起算基准，同时服务于基础测绘、资源勘探等；

(2) 重力变化时间序列：时间分辨率为 1 次/小时、精度为 1 微伽，服务于短期地震预报，并应用于地震激发地球自由震荡等研究；

(3) 重力场变化图：半年-年-长期尺度，80~150 千米空间分辨率，服务于中长期地震预报；

(4) 地壳内部密度变化：半年-年-长期尺度，80~150 千米空间分辨率，服务于中长期地震预报以及孕震机理研究等。



1.2 国际发展趋势

地球重力场观测数据主要用于地震、火山、气候变化、大洋环流等监测和科学研究。美国、欧盟先后发射了一系列测高卫星和重力卫星，大幅提高全球重力场模型精度。GRACE 卫星观测到了 2004 年苏门答腊 9.3 级、2010 年智利 8.8 级等地震同震重力变化，以及 2011 年东日本大地震震前重力梯度变化。在地面重力监测方面，主要由重力仪组成的长周期地震观测台网是全球地震学台网（GSN: Global Seismographic Network）的重要组成部分。国际大地测量和地球物理联合会（IUGG: The International Union of Geodesy and Geophysics）组织实施了全球地球动力学计划，在全球利用多个国家的 42 个超导重力观测站，应用于包括地震、构造运动、地球潮汐、近周日自由晃动、地球自转与极移等地球动力学研究领域。

在陆地重力观测仪器的技术发展方面，本世纪以来绝对重力仪器装备的成熟和工程化速度很快，如：美国的 FG5-X 型绝对重力仪，经过量产和国际上的多年工程实践，在室内环境可以实现可靠的 2 微伽精度绝对重力基准测量。另外，绝对重力连续观测方面，量子重力仪的发展非常迅速，法国 Muquans 公司 AQG 量子重力仪，已经可以提供商品化的样机，实现微伽级的绝对重力连续观测；此外，我国多家单位已实现以上类型的绝对重力设备的自主样机研制和实验，我国重力站网有望在将来实现自主仪器设备列装。



第二章 需求分析

为更好地发挥重力站网的作用，需要科学分析并明确未来重力站网的发展方向与目标，进一步优化设计重力站网，提高观测站网的覆盖度，提高数据产出的时效性和准确度，提高产品服务的精细度。

2.1 地震监测预报的需求

在强震孕育过程中，伴随有地壳形变、地球内部质量迁移等，在几十至上百千米范围内，会引起持续数月甚至数年的十微伽级重力场异常变化，高精度、高时空分辨率的重力观测资料能够有效服务于地震监测预报业务，而可靠的重力观测资料高度依赖于科学的站网设计。

(1) 监测我国大陆及周边岩石圈构造运动重力变化信息的需求

印度-欧亚板块的碰撞和太平洋板块俯冲是我国大陆地震活动的主要域外动力来源，其影响可覆盖我国大陆及周边数千千米范围，因此，需要在我国大陆建立分布较为均匀的综合重力站网，构建卫星重力观测系统，充分利用天基和地基观测资料，获取精度优于 5 微伽、覆盖我国大陆及周边地区的重力场动态变化模型，为整个地震重力监测系统提供统一基准。

(2) 监测活动地块及边界带构造运动的重力变化异常信息的需求

我国大陆破坏性强震主要发生在活动地块边界带，一般二级活动地块跨度达上千千米，为监测构造间相互作用产生的重力场变化异常信息，需获取我国大陆精度优于 10 微伽的重力场动态变化模型。

(3) 监测地震重点监视区和活动构造深部孕震区重力变化的需求

大地震的孕育和发生与活动构造的性质和状态变化密切相关，10 千米尺度浅范围的地壳介质视密度状态变化和可能流体物质运移，可在一定时空尺度内引起微伽级的重力变化。在地表近场源开展高精度的时变微重力全张量观测有助于发现强震孕育过程的物质运移信号，相比卫星重力、航空重力等方法具有不可替代的优势。

实现上述三方面的需求，获取可靠的微伽级时变重力信号，首先要考



虑的就是强化绝对重力基准控制，通过新一代的重力站网规划增强绝对重力基准的观测能力，在绝对重力基准数量、观测频度方面取得显著改善。

2.2 地球科学研究的需求

重力场是地球基本物理场之一，重力站网观测资料可为青藏高原隆升、块体构造运动等研究提供基础数据，为我国地球质心坐标系的建立、时空重力基准维持、极移变化等提供高精度、可靠的动态数据支持，为地球内部结构，如核幔、壳幔结构及圈层相互作用等深部动力学研究提供基础资料。此外，通过开展地球重力场监测、建模、应用等工作，积累相关理论、技术和方法，可应用于月球、火星等深空探测项目。

2.3 国防建设和社会经济高质量发展的需求

重力场观测数据可在基础测绘、资源勘探、国防建设等领域服务我国经济和社会发展。重力场数据可应用于确定大地水准面，建立三维的国家测绘基准，为国民经济建设提供空间信息保障；可应用于矿产资源探查，直接助力社会经济发展。同时，地球重力场是天然场，具有不可毁坏性，是导航领域的战略资源，在航天、航空、航海，以及水下导航等方面发挥不可替代的作用。

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/377015046043010043>