

佛经宇宙观的现代解读

第一部分节选

庄瑜文 著

版权登记号：粤作登字-2021-A-00001264

联系方式：3350538950@qq.com（仅限电子邮件）

前言

根据佛教早期经文《起世经》《起世因本经》及《佛说长阿含经》¹等古代文献的相关记载，大约在数千年²前的某一天，佛陀（释迦牟尼 [169]，公元前 623 年~公元前 544 年³，以下简称佛陀）和弟子们在古印度舍婆提城⁴的迦利罗窟⁵中聚会。众比丘（弟子们）在吃过饭后聚集在迦利罗堂（讲法堂）内，互相讨论一个由佛陀提出的，连当时见多识广的老长们都表示闻所未闻、在场者亦无一不觉得匪夷所思的观点。这是一个关于众生土地（世界）的问题，即：

今此世间。天地众生。所居国土。云何转合。云何转散。云何转散已而复还合。云何转合已而安住也。[224]

用现代的话来说就是，现今这个世间，众生所生活的大地（世界）是如何在旋转中合并，如何在旋转中散开，如何在旋转中散开结束后又重新（在旋转中）合并而最后安住。佛陀为了解释这个连众多长辈都觉得甚奇稀有的观点，首次提出了“三千大千世界”的概念，开启了佛经宇宙观的完整介绍。

本文力求抛开一切文学⁶、艺术、影视作品等所阐述的宗教神话形象，及各种民间神话传说，仅从现代科学的角度去解读数千年前佛经⁷所阐述的宇宙观。首先，我们假设数千年前的佛陀只具备当时当地普通人的天文地理知识，而在佛经描述的严谨推理中，我们却逐步推翻了这个假设。其次，佛经对很多对象的描述存在某种特殊的“一体多面”⁸性，即“处于相同（非相近）时空的同一事物存在多重形态表述”亦或者说从佛经的描述角度来看，“同时同地的同一事件存在不同的客观现实”在正确了解佛经描述的对象与现实对应物的“关联关系”以及在准确的度量单位换算之后，我们发现许多佛经描述的对象，其形态描述、空间方位数值描述、运动过程、物质组成构成等众多内容与现代科学观测及理论推测基本一致。最后，得益于现代科学的研究成果，我们惊讶地发现，佛陀所具备的认知水平远远地超出我们的想象，存在不可思议的时代超越性，让人叹为观止，感慨万千！

¹原始佛教基本经典 [173]。北传佛教四部阿含之一。因所集各经篇幅较长，故名。

²本文所使用的“数千年”泛指千年以上、万年以下的时间范围，也用于满足前述条件但是有争议的时间范围。

³另据汉译《善见毗婆沙律》“出律记”，推断为公元前 565 年至公元前 485 年。

⁴另一音译，舍婆提城。而《佛说长阿含经》的记载为舍卫国。

⁵另一音译，迦利罗石室。而《佛说长阿含经》的记载为祇树给孤独园俱利窟。

⁶譬如《西游记》[161]等小说。

⁷以《起世经》和《起世因本经》为主，《佛说长阿含经》《大方广佛华严经》和《正法念处经》为辅，同时兼顾其它相关佛经，譬如《首楞严经》和《地藏菩萨本愿经》等。

⁸此概念源自《起世经》等佛经典故中的“盲人摸象”故事，此处以大象譬喻万物的“一体多面”性。

最后，佛经浩如烟海，佛学博大精深，本文希望能起到抛砖引玉的作用，为理解佛经提供一种崭新的现代解读的研究思路。同时，本文的解读只涉及相关佛经的一小部分，还有诸多关于自然科学和人类历史文明的秘密和真相有待挖掘，希望广大有识之士能继续深入研究。读者如在文中发现纰漏，欢迎指正。

关键词：三千大千世界、盲人摸象、一体多面、关联关系、时代超越性、证据链

庄瑜文
2022年4月18日

本文所涉及的古籍经典

佛教小乘典籍：《起世经》《起世因本经》《佛说长阿含经》《正法念处经》《佛说顶生王因缘经》《琉璃王经》《阿毗达磨俱舍论》《阿毗达磨大毗婆沙论》《根本说一切有部百一羯磨》《佛说较量寿命经》《杂阿含经》《立世阿毗昙论》《中阿含经》《佛说陀罗尼集经》《佛说方等泥洹经》《善见毗婆沙律》《增壹阿含经》《佛说楼炭经》《佛说顶生王故事经》

佛教大乘典籍：《大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经》《大方广佛华严经》《大般涅槃经》《地藏菩萨本愿经》《妙法莲华经》《大乘入楞伽经》《解深密经》《金刚般若波罗蜜经》《楞伽阿跋多罗宝经》《大方广圆觉修多罗了义经》《佛说弥勒菩萨上生兜率天经》《弥勒下生经》《佛说弥勒成佛经》《佛说阿弥陀经》《佛说观无量寿佛经》《观无量寿佛经》《菩萨处胎经》《摄大乘论释》《瑜伽师地论》《成唯识论》

其它宗教典籍：《圣经·旧约·创世记》《圣经·旧约·出埃及记》《圣经·新约·启示录》《圣经·旧约·诗篇》《圣经·旧约·约伯记》《古兰经·第二章黄牛（巴格勒）》《薄伽梵歌》

其它典籍：《道德经》《周易》《庄子》《嘉泰普灯录》《韩非子》《菩提道次第广论》《御制〈金刚般若波罗蜜经〉集注》

重要声明

为什么可以对部分佛经进行基于现代科学观测的验证？

1. 如果我们认为佛陀是伟大的智者，那么他显然知道一般人（凡夫）存在观测局限性，也必然会站在一般人的角度并且以一般人的观测水平来描述事物，从而进行引导。这也表明佛经中的某些描述是基于地面的观测描述。否则，佛陀若总是选择一般人完全无法观测的事物进行描述，那么一切将毫无凭据，又何以取信于众？我们认为佛陀显然具备这种因势利导的教学能力。因此，佛经描述的事物必然有能被我们所观测的一面，而佛陀也必然以我们（凡夫）的角度来描述那一面。
2. 佛经《起世经卷第五·诸龙金翅鸟品第五》[229]以“盲人摸象”这一家喻户晓的著名典故来譬喻万物的“一体多面”性。而佛陀所描述的事物中，有很多事物的不同面可以被不同的盲人“触摸”。如果说一般人（凡夫）是盲人，则很多事物显然存在可以被“触摸”的“一面”，而这可以被“触摸”的一面恰好构成了可以进行科学观测验证的基石。很多人误以为佛经的“盲人摸象”典故表明盲人一无是处，而我们却看到盲人恰有一处。因此，佛经“盲人摸象”的典故就已经表明佛陀所描述的事物“可以摸”，但只能摸到“一面”。换言之，是佛经的著名典故表明“可以摸”（即进行科学观测验证）。此外，我们认为那些认为佛经描述的事物都是不可进行观测验证的观点，属于一种极端。而那些认为佛经描述的事物都是可以进行观测验证的观点，则属于另一种极端。对此，我们选择中道。换句话说，如果某经典的所有内容都可以用一般人的思维去理解或观测验证，则该经典不是佛经。又如果某经典的所有内容一般人都无法理解或无法观测验证，则该经典也不是佛经。
3. 在正确解读（理解）佛经的情况下，我们发现佛经中确实存在很多可以验证的内容。换句话说，并非所有的内容都是完全无法验证或极难验证。此外，可验证性（包括相关的逻辑推理）才能确保经文解读（理解）的正确性。
4. 我们在文中反复强调，经过科学观测验证的事物和佛经描述的对象存在“对应非等价”关系，即因“一体多面”性导致的不能完全等价（等同）关系，而这也是准确理解佛经及“盲人摸象”譬喻最极关键的地方。

综上所述，我们认为基于现代科学的观测验证对部分经文或经文关于某些事物描述的一部分必定有效。

本文所具有的特点

1. 本文不采取任何包括且不限于传说、传奇故事、未经主流科学界验证的实验结论，以及个别媒体采访事件等未经广泛证实的资料作为推理的依据。
2. 本文不采纳任何未经标准科学实验和观测验证的前沿科学理论⁹作为解读的理论依据及推理基础。相反，对现代主流权威的前沿科学概念，本文会引用其为辅助或补充说明，但一般不构成确定性结论。对非确定性（疑似）推论、猜想性观点以及文中提及但现代科学暂时无法验证的观点会明确标示出来。
3. 根据简单性原则 [155] (Principle of Simplicity¹⁰)，本文的解读力求不创建或少创建新颖的术语，但会对已有的佛学术语和佛经描述进行归纳、归类和总结。
4. 本文力求，一切推理分析所依据的材料，所引用的佛典经文和相关科学知识及论文都是公开可查询、可验证、可核实，并且绝大多数参考材料均为主流科学界公认或有全球影响力的国家级权威机构所确认。
5. 文中一切包括“关联关系”在内的逻辑推理，其依据的资料皆是网络公开资料，到成稿为止，都能在互联网上查询其相关具体内容。本文对一切相关资料力求给出具体且明确的信息来源¹¹，所有内容均可公开验证。
6. 本文的很多观点与传统观念不一样，也与很多网络流传的观点不一样。对任何一种佛学观点，本文仅关注其是否满足经文描述的逻辑一致性（能构成经文之间互相印证的证据链）以及是否存在符合现代科学观测的可验证性（这一点更重要！）。我们有大量的证据及相关的逻辑推理表明，某些流传已久的佛学常识和民间观点是长期以来以讹传讹的谬误，毫无经典依据也无任何可验证性。事实归事实，信仰归信仰，本文力求只讨论可验证的事实。
7. 注意！本文既不构成对佛经神话世界存在性的直接证明，也不构成对佛经神话世界存在性的否定，只是阐述该问题存在某种匪夷所思的复杂性，并且在文中逐步展示和分析这种复杂性。
8. 注意！因佛法修行（修证）与佛学研究纯属两个不同领域，本文也绝不构成对任何一位佛法修行者或其它宗教修行者修为能力的质疑或否定。
9. 本文采取逐步论证的方式进行现代解读，文中众多推理和结论都需要依赖前文的分析结果。希望读者能从头到尾阅读，并从描述的整体上、从它们的联系中¹²去理解全文的逻辑路线及环环相扣的“证据链”的形成过程。

⁹哪怕该理论世界闻名，譬如，弦理论 [125] 或高维空间等。

¹⁰又称奥卡姆剃刀定律 [110] (Occam's Razor, Ockham's Razor)，由 14 世纪英格兰的逻辑学家、圣方济各会修士奥卡姆的威廉 (William of Occam, 约 1285 年至 1349 年) 提出，即“如无必要，勿增实体” (Entities should not be multiplied unnecessarily)。

¹¹以中括号内含数字的形式标示，其详情均在文后数字相关的参考文献中。

¹²应避免支离破碎和断章取义式的阅读理解。孤立的看，有些结论似乎缺乏足够多的证据。但是，当将其放到上下文（整体）中时，会发现结论之间存在严谨的逻辑相关性，并能与其它（包括已验证的）结论构成“互相印证”关系。

作者态度与主张

1. 本文的诸多结论建立在现代科学的研究成果上，请读者尊重现代科学，包括各种生产技术及相关研究人员，不要做出任何非理性的反科学言论。此外，也请读者尊重一切爱国宗教人士。
2. 本文专注于传统古籍经典的科学研究，力求可公开验证的证据和以形成证据链为判定标准的逻辑推导，请大家理性看待各自不同的学术观点。
3. 请读者不要利用宗教典籍的学术研究或古籍研究的成果，进行任何形式的违法犯罪行为，或贬低甚至诋毁任何一种（正统合法）宗教¹³的行为，须知任何行为都会背负因果及承担相关法律责任。
4. 最后，我们旗帜鲜明地反对：
 - 宗教极端主义。
 - 一切形式的邪教组织。
 - 利用迷信进行的各种违法犯罪行为。
 - 歧视、侮辱信教公民或者不信教公民的行为。
 - 危害国家安全、损害国家利益和妨碍国家教育制度的行为。
 - 破坏民族团结、宗教间和睦相处以及信教公民与不信教公民和睦相处的行为。
 - 利用宗教阻挠社会正常管理秩序、损害社会公共利益和公民合法权益的行为。

¹³譬如（排名不分先后）：佛教、道教、天主教、基督教、伊斯兰教等等。

内容简介

本文通过现代科学的研究成果及相关证据，对佛教经典中关于宇宙及世界描述的相关经文进行全新的验证式解读，即传统古籍的现代科学研究。力求可公开验证的证据和以形成证据链为判定标准的逻辑推导，属于“有限”考证学¹⁴的佛学研究范畴。

首先，本文分四大部分，共二十四章，围绕众多尚未很好解决的佛学问题，提供了系统的符合逻辑一致性的可验证式解答：

1. 第一部分为《基础概述》共 10 章。我们根据佛经描述中部分对象的空间规模，从小到大依次论证了它们与我们所观测世界中众多事物之间的“对应非等价”（或“对应非等同”）关系。对数千年来佛经神话传说中若干个悬而未决的问题，给出了符合经文描述内在逻辑一致性（经文间可互相印证）且符合现代科学观测的可验证式解答，其中包括“须弥山”、“四大部洲”、“诸天宫殿”、“十八地狱”、“三千大千世界”等著名佛学术语所涉及的对象。我们的研究表明，这些对象绝非虚无缥缈，亦非纯粹的神话臆想。
2. 第二部分为《拓展分析》共 5 章。首先，我们详细论证了佛经关于“阎浮提洲”、“郁多罗究洲”的描述中，有很多事物与我们所熟知的历史（譬如古埃及）、人文（譬如法老）及自然景观等有着密切的关系。其次，我们论证了佛经关于世界“成住坏空”的描述中蕴含着一个关于太阳系形成的“三阶段星云学说”。再次，我们根据经文的描述对佛经神话事物进行必要的基于神话故事内在逻辑的推导，还原出它们包含地理位置、大小、时间等必要的属性，表明了神话故事内在逻辑的自洽性。我们的研究还表明，东西方宗教文化所阐述的神话形象存在部分相似性和一致性。从次，我们以大量的科学观测案例论证了佛经描述的神话事件与现实世界自然现象之间存在某种“对应非等价”关系。最后，我们关于佛经对人类和文明起源的分析表明，佛经的相关描述存在逻辑自洽性，并且与其它宗教经典（《圣经·旧约·创世记》[81]）的相关描述存在一定程度上的相似性¹⁵，即相关术语和时间逻辑上的近似一致。
3. 第三部分为《其它问题和争议》共 3 章。首先，我们对经文不同译本的部分矛盾问题做了分析，研究表明大藏经存在某种特殊的高智商破坏和干扰经文现象。其次，我们发现佛经的部分描述存在混淆失真的现象，并对部分数值进行勘误。最后，我们对各种包括经文来

¹⁴即在力所能及的范围内进行基于科学证据的解读。对超出科学范畴的讨论和观点，会明确标示出来。

¹⁵也存在不同，某些不同处也可以认为体现了万物的“一体多面”性。

源权威性、经文伪造、牵强附会的解读等众多极具争议的话题做出正面回应，并对我们的相关解读进行辩护。

4. 第四部分为《讨论》共6章。我们在这一部分将对佛经不可思议的超时代性内容的成因做出基于逐层递进论证¹⁶的正面回应。注意！因这一部分有很多观点均非现代科学所能涉及，亦难以被现代科学从最根本处所直接证明。故这部分内容做为一种对古籍的现代解读，仅供学术交流与探讨，列为“仁者见仁，智者见智”的“讨论”部分，特此声明。

其次，我们的工作是通过现代科学的研究成果进行验证式解读，这种验证式解读的结论满足以下几点要求：

- 被解读出的对象其部分形态描述和现代科学观测一致。
- 被解读出的对象其数值描述在换算之后与现代科学观测基本一致。
- 被解读出的对象其运动过程和运动步骤在统一变换之后与现代科学观测相符。
- 被解读出的对象可以互相印证，即佛经描述的众多对象，在空间方位上存在一致性，能互相印证对方的空间合理性，形成环环相扣的“印证链”。同时这些概念的某一面相关属性描述与现代科学观测一致，符合“一致性互相印证”的条件，一起构成佛经宇宙观的“证据链”乃至“证据网”。

再次，本文的解读对其它宗教经典中所描述的一小部分非寻常事件，以及自然界中某些没有得到很好的科学解释的奇异现象，提供了一定程度上的解释。

最后，我们必须反复强调的是，佛经对众多事物的描述存在“一体多面”性。在佛经中也同样存在大量类似《山海经》¹⁷ [121] 中的神话生物和神话故事。基于目前的能力，除了少数可以在现实世界中找到关联对象（“对应非等价”关系）之外，对于大多数神话生物及相关故事，我们难以给出任何有效的和直接的科学验证¹⁸。但是，对神话故事的佛学含义，我们于本文最后一部分《讨论》的相关章节给出了佛经的自身解释，同时也尝试作出有限的具备现代科学意义的解读。

注意：本文为节选，只展示第一部分的内容

¹⁶ 希望有兴趣的读者能按顺序逐章阅读。本回应也构成对佛经神话世界存在性所包含的匪夷所思复杂性的直面分析。

¹⁷ 中国先秦古籍。

¹⁸ 这些内容目前超出现代科学的认知体系，属于不可证实也不可证伪的命题。目前，这一部分内容暂时不具备“可证伪性” [93]，即现代科学体系对其无法判定（undecidable）。因此，无法纳入现阶段的科学研究范围。

目录

前言	i
重要声明	iii
内容简介	vi
第一部分 基础概述	1
第一章 大地的整体结构	2
1.1 地表外形	2
1.2 地下层级	5
1.3 小结	7
第二章 须弥山究竟在哪里?	8
2.1 天上极光	8
2.2 地球磁场	10
2.3 须弥山周围的八座山	11
2.4 大气热量分布	13
2.5 须弥山究竟是什么?	19
2.6 小结	20
第三章 四大部洲与大地中心的须弥山	21
3.1 四大部洲在哪里?	21
3.2 日月绕“须弥山半腹”旋转	24
3.3 太阳、月亮与大地的关系	26
3.4 须弥山下“诸神住处”及层级	30
3.5 小结	33
第四章 度量单位的换算	36
4.1 译本的单位混用现象	36

4.2	“里”的换算	36
4.3	“俱卢奢”的换算	38
4.4	“踰阇那”的换算	41
4.5	小结	42
第五章	须弥山上诸天宫殿（一）：欲界	43
5.1	八大行星	43
5.2	“夜摩天”与小行星带	46
5.3	“梵身诸天”世界	49
5.4	讨论与小结	51
第六章	须弥山上诸天宫殿（二）：欲界天外	53
6.1	“色界”与“无色界”	53
6.2	佛经的天体预测与验证	55
6.3	小结	60
第七章	大小轮圆（铁围）山究竟在哪里？	61
7.1	轮圆山（铁围山）	61
7.2	大轮圆山（大铁围山）	63
7.3	小结	64
第八章	无法逃逸的地狱	66
8.1	大小地狱的围绕分布结构	66
8.2	地狱的数量	67
8.3	经典“十八地狱”之“八大地狱”	68
8.4	经典“十八地狱”之“十大地狱”	72
8.5	小结	75
第九章	三千大千世界	76
9.1	“一千世界”的定义	76
9.2	“三千大千世界”的定义	77
9.3	“三千大千世界”的现代解读	78
9.4	“千世界”的“中间暗冥”	81
9.5	小结	83
第十章	全宇宙	84
10.1	不可思议的数量描述范围	84
10.2	全宇宙结构	87
10.3	佛刹世界	89
10.4	世间最大的是什么？	92

10.5 世间最小的是什么?	93
10.6 小结	95
附录	97
.1 那烂陀寺与王舍城地址	97
参考文献	97

第一部分

基础概述

第一章 大地的整体结构

在本章中，我们假设数千年前的佛陀只具备当时当地普通人的天文地理认知，即包括天圆地方，白天和黑夜是因为太阳绕着大地旋转产生（这虽不是真正的成因，但作为地面上的观测却是准确的经验描述）等，根据这些假设再结合佛经描述做严格的逻辑推导，以检验佛经的描述是否满足这些假设。

1.1 地表外形

为了更好地回答本文前言所提及的关于“众生所居国土”的问题，同时也为了更好地描述宇宙及其相关事物的变化过程，佛陀首先从大众容易理解的天体概念“日月”作为起点以及作为首个空间范围单位进行介绍。而“日月所行之处”就是一日月所行的范围。请看下面节选自《起世经一卷第一·阎浮洲品第一》的经文：

诸比丘。此大地厚四十八万由旬。边广无量。诸比丘。此之大地住于水上。水住风上。风依虚空。诸比丘。此大地下所有水聚。彼水聚厚六十万由旬。边广无量。彼水聚上所有风聚。彼风聚厚三十六万由旬。边广无量。诸比丘。其大海水最甚深处。深八万四千由旬。边广无量。诸比丘。其须弥山王。入海水中八万四千由旬。出海水上亦八万四千由旬。诸比丘。须弥山王。其底平正。下根连住大金轮上。[224]

在这一段里，佛陀从脚下的这片大地开始介绍与土地相关的世界。而“此大地厚四十八万由旬”的这句经文中，“此大地”就是指大众脚下的大地，因为整部《起世经》是佛陀在舍啰婆悉帝城迦利啰窟里回答众追随者的“今此世间。天地众生。所居国土”的问题。如果这个大地是与提问者无关的其他世界的大地（假设有的话），则显然是答非所问，不符合情理。而当时大众都在舍啰婆悉帝城迦利啰窟，也就是古印度的某个地方。而古印度在地球上，所以这个大地和我们知道的地球有关。在此，我们把太阳和月亮所能照耀到的范围称为“世界”（类似于太阳系），而与大地相关的范围（包括大海）称为“大地”（类似于地球）。注意！这里的定义与传统定义略有不同。显然，地球（大地）为佛经描述的一个重心。

如果我们认真整理这一段所出现的概念，会发现如下 9 种对象：1. 大地。2. 水。3. 风。4. 虚空。5. 水聚。6. 风聚。7. 大海。8. 须弥山王。9. 大金轮。

那么，这段经文描绘了一系列未知对象及它们在地理空间上的上下关系，我们在此处暂且不做过多解读。在佛经里，“须弥山王”是佛陀在《起世经》中介绍世界（或小世界）中各类地区事物的起始标定物，就像人们介绍某个城市需要从某个著名的地标开始一样，譬如我们可以从

这一段以东西南北方位来描述这 4 个地区在方位上的循环交互关系。为什么这么说呢？在一个水平面上，如果我们按照左西右东的方式对 4 个地区进行排列，则从经文可以知道，其从左到右的顺序依次是“弗、郁、瞿、阎”，刚好对应了经文“诸比丘。其阎浮提洲人所有西方。瞿陀尼洲人以为东方。其瞿陀尼洲人所有西方。郁多罗究留洲人以为东方。其郁多罗究留洲人所有西方。弗婆提洲人以为东方。”这一部分。但是，经文接来说“其弗婆提洲人所有西方。阎浮提洲人以为东方。”此时，循环方位关系产生了。而我们可以证明，在 2 维水平面上，无论你怎么去排布这 4 个地区的位置，你也无法在方位上产生循环关系。这个证明非常简单，我们可以考虑简单的情况，即只有 2 个地区，在 2 维水平面上是否可以产生方位上的循环关系分布。在一个水平面上，在只考虑东西方向的时候，一开始你可以把地区 A 放到任何一个地方，接下来地区 B 就只能放到 A 的左侧（A 的西方），或者右侧（A 的东方），但是无论放到哪一侧都无法产生循环东西两方的方位关系。同理，对于 4 个地区的情况也是类似的。因此，我们可以确定这 4 个地区不在同一个水平面上。所以，“小世界安立图”（图 1.1）把它们放到同一个水平面上是一个重大错误。

接着，佛陀说“南北二方。亦复如是。”思考一下，是什么样的空间结构可以导致东西连通和南北连通？我们在这里不假设佛陀的时空观结构，如果我们只考虑小于或者等于 3 个维度的空间结构¹，由于前面否定了 2 维空间的可能性，那么这 4 个地区也就只能分布在某个巨大的 3 维立体物的表面，因为只有这种情况才允许方位循环。

那么，这个巨大的 3 维立体物是立方体呢？还是球体？还是其他形状？佛陀没有明说。为了配合古人“天圆地方”（地平说）的观点，我们在这里假设是正立方体，基于上面分析的循环关系约束，不失一般性的，4 个地区分别分布在前后左右四个面上，我们也暂时不考虑南北循环关系。

同时，根据太阳绕着大地在天空转的观测经验和配合古人认为的“天圆地方”（地平说），我们假设太阳围绕着上面那个正立方体旋转，我们且看下一段节选自《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的经文：

复次诸比丘。若阎浮提洲日中。于弗婆提洲则日没。其瞿陀尼洲日出。郁多罗究留洲正夜半。若瞿陀尼洲日中。其阎浮提洲日没郁多罗究留洲日出。弗婆提洲夜半。若郁多罗究留洲日中。其瞿陀尼洲日没。弗婆提洲日出。阎浮提洲夜半。若弗婆提洲日中则郁多罗究留洲日没。阎浮提洲日出。瞿陀尼洲夜半。[231]

这一段以日出日落来描述这 4 个地区在时间上的循环交互关系。在这里我们要强调一个古今都熟知的日常观测经验，即，每一天，太阳从东面的地平线升起（日出），中午的时候跑到天空中间（头顶上方，但不一定是垂直上方），傍晚从西面的地平线落下（日落）。根据这个常识和我们前面所做的模型假设及这段经文的描述，我们看看究竟能得出怎么样的结论，请看图 1.2。

图 1.2 为鸟瞰图，即从正立方体的地球（前文已假设其为正立方体）的北极上空向南极方向看，中间的正方形表示地球，外面大圆表示太阳的运行轨道，即绕着赤道旋转，4 个地区分布在环绕赤道的 4 个面上。显然，当阎浮提洲日中时，即太阳运行到 A 点位置时，郁多罗究留洲确实正在半夜，但是瞿陀尼洲并没有如经文上所说处于日出状态，只有当太阳处于运行轨迹（大

¹事实上，在没有其他证据的情况下，我们应尽量遵循从古至今人们在日常生活和生产中所形成的，关于空间结构为 3 维的认知。

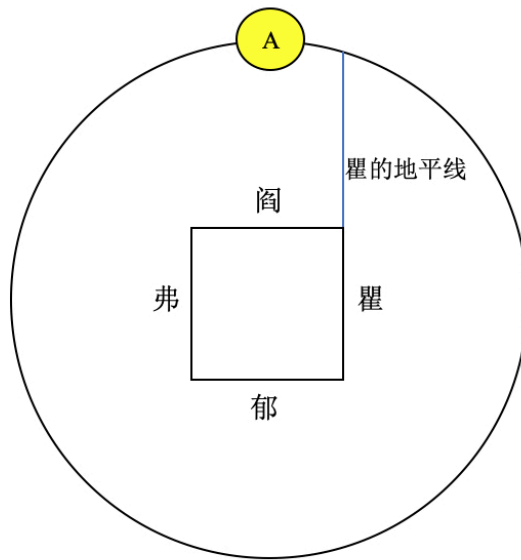


图 1.2: 假想的太阳轨道运行图

圆)和瞿陀尼洲的地平线交叉点的位置才是日出状态。而弗婆提洲早就日落超过 6 个小时,和经文的描述产生了矛盾。

我们再假设太阳的运行轨迹(图1.2中大圆)正好外切于正方形,即太阳运行时可以撞击地球的 4 个角,那么处在弗婆提洲正中间的人就会发现,中午的太阳明显比日出和日落的时候大很多,而事实上无论是古代还是现代并没有这种稳定的观测结果。综合以上两点,我们可以认为,即便太阳绕着地球转,地球也不可能是正立方体。能符合经文描述的 3 维物体,其形状只能是球体或者接近球体。

1.2 地下层级

有了这个结论之后,我们再返回到这一节一开头的那段没有解释完的经文:

诸比丘。此大地厚四十八万由旬。边广无量。诸比丘。此之大地住于水上。水住风上。风依虚空。诸比丘。此大地下所有水聚。彼水聚厚六十万由旬。边广无量。彼水聚下所有风聚。彼风聚厚三十六万由旬。边广无量。[224]

读了这一段,我们现在清楚了,这里所谓的上下关系,其实是地球土地内部的上下关系。而这一段关于地球内部的描述,其意思是“在固态聚合物(大地)下有液态聚合物(水聚),在液态聚合物下方有气态聚合物(风聚)。”古文的金木水火土是不能直接等价于日常生活中的金属、木头、液态水、明火和泥土,需要根据上下文去推测。

这一段经文提到“风依虚空”,我们在这里综合分析一下“风依虚空”的含义。首先,在这里没有像前面“此之大地住于水上”和“水住风上”那样表示“风住虚空上”,和前面的方位逻辑不一致。因此我们认为,“风”(即风聚)和“虚空”之间没有任何上下的方位关系。又根据前面分析可知,这一

段是地球内部情况的描述，这里的上下关系也就是地球的内（下）外（上）关系。因此，“风”（即风聚）和“虚空”之间没有内外关系。其次，此段经文对“大地”、“水聚”、“风聚”，都用“边广无量”来描述，而对“虚空”没有这种表述（在这里我们暂时不讨论为什么“边广”是“无量”，而不是某个具体的数值），同时也没有“虚空聚”或者“空聚”等概念，因此我们认为“虚空”和“大地”、“水聚”、“风聚”这三者之间并非同类。最后，地球内部压力巨大，根本就不可能产生无压强的真空（虚空），必须有填充物。综上所述，我们认为“风依虚空”的意思就是“风（聚）直接悬浮于虚空中”。又根据“此之大地住于水上。水住风上。风依虚空”可推知，经文间接表明地球直接悬浮于虚空中。

地球圈层名称			深度 (千米)	密度 (克/立方厘米)	物质状态	
一级分层	二级分层	传统分层				
外 球	地壳		0 - 33	2.6 - 2.9	固态物质	
	外 过 渡 层	外过渡层 (上)	上地幔	33 - 980	3.2 - 3.6	部分 熔融物质
		外过渡层 (下)	下地幔	980 - 2900	5.1 - 5.6	液态-固态物质
液态层	液态层	外地核	2900 - 4700	10.0 - 11.4	液态物质	
内 球	内过渡层	过渡层	4700 - 5100	12.3	液态-固态物质	
	地核	内地核	5100 - 6371	12.5	固态物质	

表 1.1: 固体地球结构表 [100]

至此，我们有理由相信佛经描述了地球内部情况，即结构从上到下由三个物质状态层次组成，分别是固态的土地，液态的聚合物及气态的聚合物。同时，根据“此大地厚四十八万由旬”、“彼水聚厚六十万由旬”和“彼风聚厚三十六万由旬”这三句经文，即可知这三层物质的厚度其和为 144 万由旬，比例为 4:5:3。再根据现代地理学中地球深度为 6371 千米的知识 [100]，我们可以换算出 1 由旬约为 $6371000 \div 1440000 \approx 4.42$ 米²。因此佛经所表述的地底固态层和液态层的分界面按比例在地下 2124 千米处，液态层和气态层的分界面按比例在地下 4778 千米处。从现代地理学 [100]（如表1.1所示）我们可以知道，地下深处 980 千米到 2900 千米为下地幔，其物质状态为固态到液态的过渡层，而根据佛经推算出来的第 1 个物质状态分界面 2124 千米正好处于这个范围大约中间的位置。又根据现代地理学 [100]（如表1.1所示），地下深度 4700 千米到 5100 千米为液态到固态的过渡层，也为地核中外地核和内地核的过渡层。而佛经推算出的第 2 个物质状态分界面，即 4778 千米也在这个范围内。

在这里，佛陀对于地球内部的物质圈层划分基本符合现代地理科学的一级分层，即“外球-液态层-内球”。同时，我们知道佛陀在这段经文描述中没有根据地震波的横纵波速度的测算来划分圈层 [100]，而是根据物质状态进行划分。这导致在具体分界面上略有不同，但也在现代科学认可的过渡层里。

在这里大家可以注意到一点，佛陀认为地球的内球是气态，而现代科学主流一般认为是固

²这个由旬换算是否合理？在后文，读者将看到更多的验证。

态，这是不同的观点。而实际情况是，地球内核因为无法直接探测，科学界对地球内核存在何种物质及物质形态都有不同的看法。譬如，《自然》于2022年2月9日刊发了中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压重点实验室研究员李和平、何宇与北京高压科学中心毛河光院士等关于地核物质状态的论文[10]。科研人员对多种铁合金的性质进行了计算模拟，其结果表明地核并非传统认知的固态³，很可能是由固态铁和流动的轻元素组成的超离子态[166] (Superionic)。

此外，根据现代物理学可知，等离子体[154] (plasma) 又叫做电浆，是由部分电子被剥夺后的原子及原子团被电离后产生的正负离子组成的离子化气体状物质。它广泛存在于宇宙中，常被视为是除去固、液、气外，物质存在的第四态。我们认为按照这个离子化气体状的定义，佛经中的“风聚”也可以是等离子体，而非一般的气态物质。因此，倘若地球的内核是具有固态物质密度的等离子体，则两者之间并不矛盾。那么，最终的结论究竟是什么，我们有待科学的进一步发展。

1.3 小结

结论 1.1 古人“天圆地方”(地平说)的假设与佛经描述之间存在矛盾。佛陀完全知道我们所在的土地分布在一个3维球状物体的上面，即地球是圆球体。

结论 1.2 佛陀对地球的内部结构、物质形态等有精准的认识，对地底物质形态的分层结构有准确的数值比例描述。

结论 1.3 佛陀对于地球内部的物质圈层划分基本符合现代地理科学的一级分层，即“外球-液态层-内球”⁴。同时，我们知道佛陀并没有根据地震波的横纵波速度的测算来划分圈层[100]，而是根据物质状态，即“某种直观的感知”作为划分依据。

结论 1.4 我们换算出1由旬约为4.42米⁵，而非通常认为的11.2千米[150]。

³目前可塑性固态假说占据上风。

⁴注意，佛经在此处并无阐述地球最外层的地壳，而是将其和大部分地幔结合在一起共同形成“大地”。此概念近似于现代地理学中地球圈一级分层中的“外球”[100]。

⁵后文采取4.42米作为由旬的近似换算数值，有时候我们也直接用6371千米对应144万由旬进行较为精准的换算（这将导致换算结果的数值有细微不同，但无本质差别）。此外，值得注意的是，如果这个换算是合理的（在后文将逐步验证），从逻辑上看，佛陀还知道地球半径的长度。但目前我们并不把“佛陀知道地球半径的长度”作为本章的结论，因为我们是根据已知地球半径换算出度量单位“由旬”的长度。

第二章 须弥山究竟在哪里？

本章将继续前章还没有完成的经文解读，尤其是上一章所提到的大地标“须弥山”的具体位置。我们不妨从“须弥山”周围相关的经文描述开始分析。

2.1 天上极光

诸比丘。其须弥山王。入海水中八万四千由旬。出海水上亦八万四千由旬。[224]

由《起世经卷第一·阎浮洲品第一》中的这一段经文可以知道，一个名叫“须弥山王”的巨大无比的地标，其下半部分深入海水 84000 由旬，上半部分出海水面也是 84000 由旬，由于地球半径约为 6371 千米，等于佛经描述的 144 万由旬（大地厚四十八万由旬 + 水聚厚六十万由旬 + 风聚厚三十六万由旬 = 144 万由旬），我们可以换算出“须弥山王”出海水面高为 $6371 \div 144 \times 8.4 = 371.64$ 千米，而入海面也是这个数值。众所周知，地球上最高的山是 8848.86 米的珠穆朗玛峰 [149]，其高约为 8.85 千米，远小于“须弥山王”出海面部分的 371.64 千米。由此可知，这个“须弥山王”不能等同于我们已知的在地球上的任何一座山。让我们继续解读《起世经卷第一·阎浮洲品第一》中有关“须弥山”的经文描述：

诸比丘。须弥山半。四万二千由旬中。有四大天王宫殿。诸比丘。须弥山上。有三十三诸天宫殿。[224]

由上段经文可知，“须弥山”半¹，即四万二千由旬（185.82 千米）以上就开始有“天人”居住的宫殿。我们在这里暂且把这些“四大天王宫殿”和“三十三诸天宫殿”当作是神话故事的描述手法。我们且看《起世因本经卷第七·三十三天品第八之二》关于“天人”的形态描述：

诸比丘。一切诸天有十种别法。何等为十。诸比丘。一诸天行时。来去无边。二诸天行时。来去无碍。三诸天行时。无有迟疾。四诸天行时。足无踪迹。五诸天身力。无患疲劳。六诸天之身有形无影。七一切诸天。无大小便。八一切诸天。无有湩唾。九诸天之身。清净微妙。无皮肉筋脉脂骨髓骨。十诸天之身。欲现长短青黄赤白大小粗细。随意悉能。并皆美妙。端严殊绝。令人爱乐。一切天身。有此十种不可思议。诸比丘。又诸天身。充实洪满。齿白方密。发青齐整。柔软润泽。身有光明。及有神力。腾虚飞逝。眼视无瞬。瓔珞自然。衣无垢膩。[220]

¹在这里，根据上下文，我们认为“须弥山”等价于“须弥山王”。

在这段经文中，佛陀对“四天王天”和“三十三天”的“天人”进行了详细的形态描述：

- 行动上来无影去无踪，没有障碍。
- 身有形状，但是没有影子，不是血肉之躯。
- 身体可以任意展现青黄红白等颜色，大小粗细都可以随意变化，让人看起来非常壮丽美妙。
- 身体充实宏大，牙齿白，头发为青色，并且柔软润泽，会发光，运行速度极快，可在虚空中快速飞行。

以上就是佛经关于“须弥山王”离地 185.82 千米上空的“四天王天”和“三十三天”的“天人”的描述。根据现代科学关于地球大气层的结构描述 [191] 可知，大气从大约 80 千米到 85 千米开始，一直到 800 千米，属于增温层 (Thermosphere)，亦称热成层、热气层、游离层。而热层的空气受太阳短波辐射而处于高度电离的状态，电离层便存在于在本层之中，极光 [140] 也是在热层顶部发生的 [191]。

在这里，从现代气象知识中我们注意到增温层 (Thermosphere) 独特的极光 [140] 现象。在综合对比，反复查证之后，从我们的视角来看，有理由认为佛陀所描述的“天人”与大气增温层中的极光 [140] 现象有着紧密联系（非等价关系）。即极光 [140] 现象为“天人”的某种人类可直接观测的形态，理由如下：

1. 佛经描述的“天人”，其活动的空间距离地面 185.82 千米及以上，这正是极光 [140] 发生的大气高度范围。
2. “天人”头发为青色，身体发光，可以显现青黄红白等颜色。而根据现代天文学对极光 [140] 的颜色描述为“绿色是极光 [140] 中最常见的颜色，在它的后方（上方）是粉红色，混合着浅绿色和红色，紧接着是纯红色、黄色（红色和绿色的混合），最后是纯蓝色。[202]”可知，佛经对“天人”的颜色描述基本符合现代天文学对极光的颜色描述，即青（绿）色为主，带有其他颜色。但是，在颜色的排布顺序上略有不同。现代天文学认为，从低空到高空，极光颜色的变化顺序大致为“绿红黄蓝”，而佛经描述的顺序是“青黄赤白”，即“绿黄红白”。对比这两种不同的颜色顺序可知，绿色都是第一位，而第二位和第三位的颜色恰恰相反，但是从众多极光 [140] 的拍摄照片来看（如图2.1所示），绿色和黄色有部分混合，而红色以上没有黄色，只有渐渐与深空中的深蓝色结合。因此，佛经所描述的顺序更符合观测结果。然而，值得注意的是，在图片的最上方我们既没有看到佛经所描述的颜色顺序最后一位的白色，也没有看到现代天文学所描述的颜色顺序最后一位的蓝色。但是，如果我们查看从卫星拍摄角度的极光 [140]，即从最上方向下看，极光 [140] 的青色之中有高亮的白色光点和白色光带分布，如图2.2所示。

因此，佛经对极光 [140] 颜色的描述和顺序是高度准确的。而经文“充实洪满。齿白方密。发青齐整。柔软润泽。”的形态描写更是字字千金，生动传神，是文学描写和科学严谨表述的高度统一，体现了佛经描写的严谨。



图 2.1: 从地面向上观测的极光 (图片选自网络, 彩图更佳)



图 2.2: 从大气层上方向下观测的极光 (图片选自网络, 彩图更佳)

2.2 地球磁场

前面我们提到“须弥山王”上有极光 [140]，而极光 [140] 又主要分布在地球的南北两极。至此，我们知道“须弥山王”这个大地标和地球的南北极必然有着巨大的关系。顺着这条线索，让我们继续看看《起世经卷第一·阎浮洲品第一》是如何详细描写“须弥山王”的。

诸比丘。须弥山王。其底平正。下根连住大金轮上。诸比丘。其须弥山王。于大海中。下狭上广。渐渐宽大。端直不曲。牢固大身。微妙最极。殊胜可观。四宝合成。所谓金银琉璃颇梨。生种种树。其树郁茂。出种种香。其香远熏。遍满诸山。[224]

根据前面的分析，我们知道“须弥山王”的入海面的部分为 371.64 千米 (8,4000 由旬)。这个深度的位置按照现代地理学 (如表1.1所示)，处于上地幔之间，软流层之下。而“须弥山王”的底部平正，下根连住“大金轮”上，这里我们认为“大金轮”为地球从 371.6 千米深度 (上地幔) 开

始的内部充满金属的球体。在这段经文里，我们难以知道这些宝，树和香究竟是指什么，但是从“出种种香。其香远熏。遍满诸山”，即从某些未知物质的空间形态中我们可以看出，与地球南北极高度相关的“须弥山王”能产生一种遍布全球的物质。结合前面的分析，我们大胆猜测这种“香”应该与“磁力线”相关。而“须弥山王”能产生磁场，其底部在地球深度 371.6 千米处（上地幔）的描述推论也意味着，磁场从地球内部就开始向上对外产生，同时地底（上地幔中）的“大金轮”可能与地球磁场的产生有关。

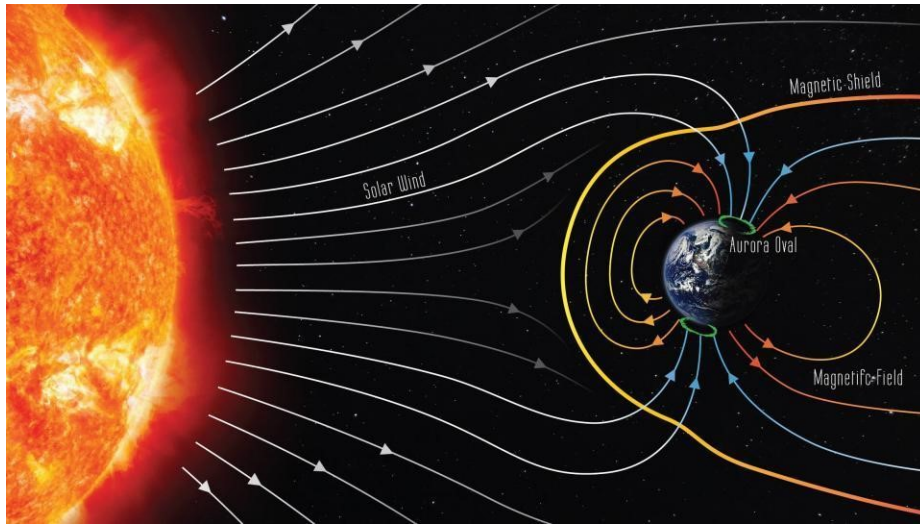


图 2.3: 地球磁场示意图: 太阳风 (Solar Wind)、磁场 (Magnetic-Field)、极光环带 (Aurora Oval)

此外，根据现代地理学对地球磁场的描述 [189]（如图2.3所示）可知，磁层既覆盖全球，也能够向太空延伸几万千米，这一点符合了佛经“其香远熏。遍满诸山”的描述。而地球磁场从地球内部到外面的分布形态也正好符合了经文“下狭上广。渐渐宽大”的描述。据此，我们可以认为“须弥山王”是与产生地球南北极磁场相关的地标。又因为目前南极的地磁线由内向外，北极的地磁线由外向内，从佛经描述“出种种香”及“香”关联于地磁线，我们认为“须弥山王”与南极的地磁场中心有关。最后，根据前面提到“须弥山王”不能等同于地球上已知的任意一座山，我们认为“须弥山王”处于地球南极磁极 [88] 的位置²，与南极地磁极存在“关联关系”。

2.3 须弥山周围的八座山

上一节我们提到，“须弥山王”并非地球上肉眼可见的山。同时，“须弥山”与南极的地磁场有着高度的关联性。那么，这个观点和佛经的其它相关描述一致吗？我们且看《起世经卷第一·阎浮洲品第一》对须弥山周围八座山的描述：

须弥山下。其次有山。名佉提罗迦。高四万二千由旬。上广亦然。其须弥山。佉提罗迦二山中间。广八万四千由旬。周匝无量。[224]

²南磁极 [88] 与地球的地理南极点 [87] 相近，因此“须弥山”与贯穿地球南北极地理极点的地球自转轴 [101] 相近。

次佉提罗迦外有山。名伊沙陀罗。高二万一千由旬。上广亦然。其佉提罗迦。伊沙陀罗二山中间。广四万二千由旬。周匝无量。[224]

次伊沙陀罗外有山。名游捷陀罗。高一万二千由旬。上广亦然。其伊沙陀罗。游捷陀罗二山中间。广二万一千由旬。周匝无量。[224]

次游捷陀罗外有山。名曰善见。高六千由旬。上广亦然。其游捷陀罗。去于善见。二山中间。广一万二千由旬。周匝无量。[224]

次善见外有山。名马半头。高三千由旬。上广亦然。其善见及马半头二山中间。广六千由旬。周匝无量。[224]

次马半头外有山。名尼民陀罗。高一千二百由旬。上广亦然。马半头。尼民陀罗。二山中间。广二千四百由旬。周匝无量。[224]

次尼民陀罗外有山。名毗那耶迦。高六百由旬。上广亦然。尼民陀罗。毗那耶迦。二山中间。广一千二百由旬。周匝无量。[224]

次毗那耶迦外有山。名斫迦罗 (隋言轮也)。高三百由旬。上广亦然。其毗那耶迦。及斫迦罗。二山中间。广六百由旬。周匝无量。[224]

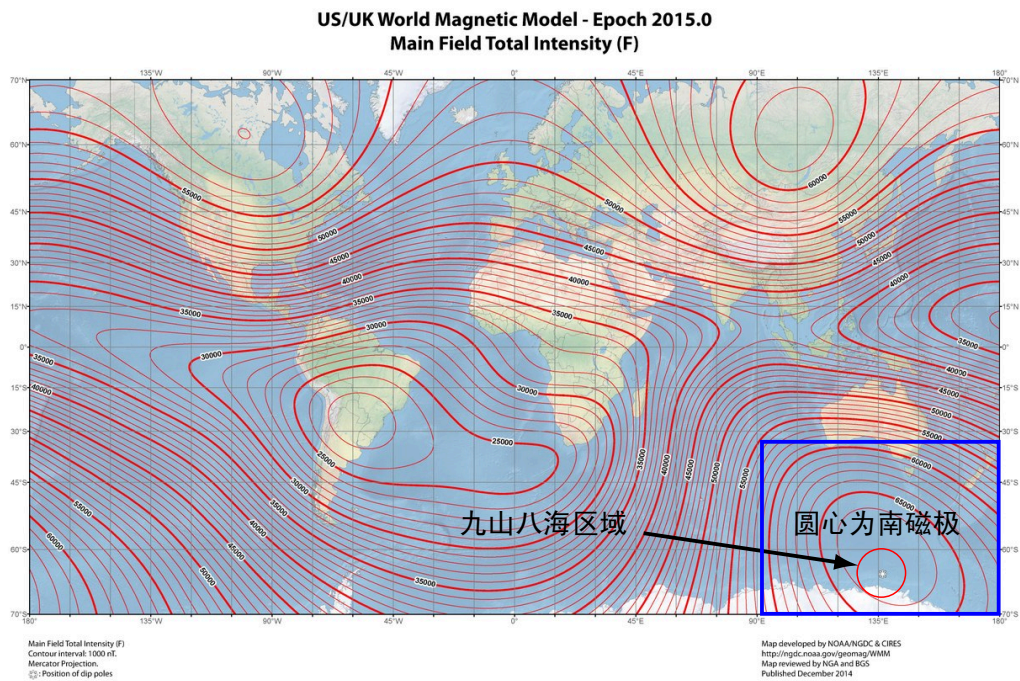


图 2.4: 世界磁场模型：地球磁场强度等高线图 [189]

佛经在这里描述了围绕须弥山的八座山，其高度从内到外依次降低，而内圈山和外圈山之间的广度（相互距离）基本逐倍减少。由于“须弥山王”是与南极磁极 [88] 中心相关，我们认为这

八座山与环绕南磁极 [88] 的磁场强度等高线高度相关，同样也不是通常意义上的山。而磁场等高线环绕磁极的这一物理特性与经文中八座山环绕“须弥山”的空间描述相类似，如图2.4右下角方框位置所示。

由图2.4右下角的众多环形等高线可知，越靠近地磁中心，其强度越大，表现出的等高线越高。而强度减弱的速度随着距离的增加而增加，体现了内层疏松，外层密集的特点。等高线的这两个特征与八座山的高度从内到外递减及两两广度依次递减的规律基本一致。因此，这不仅表明佛经的八座山与磁场强度等高线相关，也再一次证明，“须弥山”与南极磁场的磁极相关。

最后，传统佛学中“九山八海”[76] 的概念，即“须弥山王”及周围的八座山及山间大海，在我们的角度看来，共同构成了以南磁极 [88] 为中心，半径约为 $84000 + 42000 + 21000 + 12000 + 6000 + 2400 + 1200 + 600 = 169200$ 由旬，即约 $4.42 \times 169200 = 747.864$ 千米的圆形区域，如图2.4右下角方框内圆圈所示。

2.4 大气热量分布

到这里，是否还有更进一步的证据去验证上一节所阐述的观点呢？

2.4.1 水平分布

我们且看《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的经文描述：

有十种缘故生热恼。何等为十。诸比丘。须弥留山王外。其次有山。名佉提罗迦。高广正等。四万二千由旬。杂色可观。七宝成就。于其中间。日大宫殿所有光明。照于彼山触而生热。彼三摩耶。致有热恼。此第一缘故生热恼。复次诸比丘。佉提罗迦山外。其次有山名伊沙陀罗。高广正等。二万一千由旬。于其中间。日大宫殿所有光明。照触彼山。此是第二热恼。其次由乾陀山。高广一万二千由旬。是第三缘。其次善现山。高广六千由旬。是第四缘。其次马片头山。高广三千由旬。是第五缘。其次尼民陀罗山。高广一千二百由旬。是第六缘。其次毗那耶迦山。高广六百由旬。是第七缘。其次轮圆山。高广三百由旬。是第八缘。其次从此大地已上。虚空高万由旬。彼有夜叉诸宫殿辈。颇梨所成。是第九缘。其次四大洲中。并及八万小洲之中。自余大山。须弥留山王等。是第十缘。[231]

同样的内容，以下是《佛说长阿含经卷第二十二·世本缘品第十二》的相关描述：

“以何缘故日光炎热？有十因缘。何等为十？一者、须弥山外有佉陀罗山，高四万二千由旬，纵广四万二千由旬，其边无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为一缘日光炎热。二者、佉陀罗山表有伊沙陀山，高二万一千由旬，纵广二万一千由旬，周匝无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为二缘日光炎热。三者、伊沙陀山表有树提陀罗山，上高万二千由旬，纵广万二千由旬，周匝无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为三缘日光炎热。四者、去树提陀罗山表有山名善见，高六千由旬，纵广六千由旬，周匝无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为四缘日光炎热。五者、善

见山表为马祀山，高三千由旬，纵广三千由旬，周匝无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为五缘日光炎热。六者、去马祀山表有尼弥陀罗山，高千二百由旬，纵广千二百由旬，周匝无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为六缘日光炎热。七者、去尼弥陀罗山表有调伏山，高六百由旬，纵广六百由旬，周匝无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为七缘日光炎热。八者、调伏山表有金刚轮山，高三百由旬，纵广三百由旬，周匝无量，七宝所成，日光照山，触而生热，是为八缘日光炎热。复次，上万由旬有天宫殿，名为星宿，琉璃所成，日光照彼，触而生热，是为九缘日光炎热。复次，日宫殿光照于大地，触而生热，是为十缘日光炎热。” [62]

对比上面两段经文可知，佛陀在这里解答了为什么天气会炎热的问题，分别列举了 10 个原因，一一对应了 10 个不同的热力发源地，其中从第一到第八个原因（缘）和上一节所提及的“须弥山”及其周围的八座山相关。在上一节中我们认为“须弥山王”位于南极的地磁极，八座山与磁场强度等高线相关。而本节的这两段经文“照于彼山触而生热”及“日光照山，触而生热”又表明“须弥山”与周围的八座山会因为光照而产生热量。虽然我们无法用肉眼观测到“须弥山”与周围的八座山，但是按照佛经的相关描述及我们关于“须弥山王”及周围八座山的相关地理位置推测，地球南极磁场地区，从依提罗迦山的四万二千由旬 ($4.42 \times 42000 = 185.64$ 千米) 到轮圆山（斫迦罗山）三百由旬 ($4.42 \times 300 = 1.326$ 千米) 的高空，其局部温度应该比磁场以外的环境高。那么，基于佛经相关描述的推测符合现代气象学的观测结果吗？

首先，我们查询了相关的现代气象卫星的常年观测数据 [27]，如大气温度趋势图（图2.5）所示。这些图像显示了 1979 年 1 月至 2005 年 12 月期间一系列卫星仪器测量到的两层厚厚的大气，表现为对流层 [118] (Troposphere) 的中层 5 千米高空和平流层 [122] (Stratosphere) 的下层 18 千米高空的温度变化趋势 [17]。这些测量是由美国国家海洋和大气管理局 (National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA) 气象卫星上飞行的先进微波探测仪完成的，而仪器记录了大气中氧分子发出的微波能量。图中橙色和黄色在对流层 [118] (Troposphere) 图像（上图）中占主导地位，表明最靠近地球表面的空气在此期间变暖。平流层 [122] (Stratosphere) 图像（下图）以蓝色和绿色为主，表示温度下降。

从大气温度趋势图（图2.5）可知，位于南极磁极 [88] 位置的地区（澳大利亚下方，南极洲威尔克斯地 [113] 边缘），即图中两个方框对应的位置，明显存在一个局部高温区域。而这个区域恰好处于南极磁场区域，即“须弥山”及其周围的八座山的范围，也就是上一节图2.4右下角方框内圆形区域所在位置。又因为南磁极 [88] 的地理位置一直在缓慢并不断地变化，我们认为大气温度趋势图（图2.5）所表现的局部高温地区与上一节地球磁场强度等高线图（图2.4）中的南磁极 [88] 的地理位置是基本一致的。这也再一次印证了我们关于“须弥山王”及周围八座山的位置，即“九山八海”[76] 的相关判断。因此我们认为，基于佛经相关描述的推测符合现代气象学的观测结果。

现在问题来了，佛经认为该局部地区高温的成因为“日光照山，触而生热”那么，对于平流层 [122] (Stratosphere) 中出现的暖点（下图中方框区域所示），现代气象学又是如何解释的呢？首先，让我们看看美国国家航空航天局 NASA 的官方 [17] 回答。

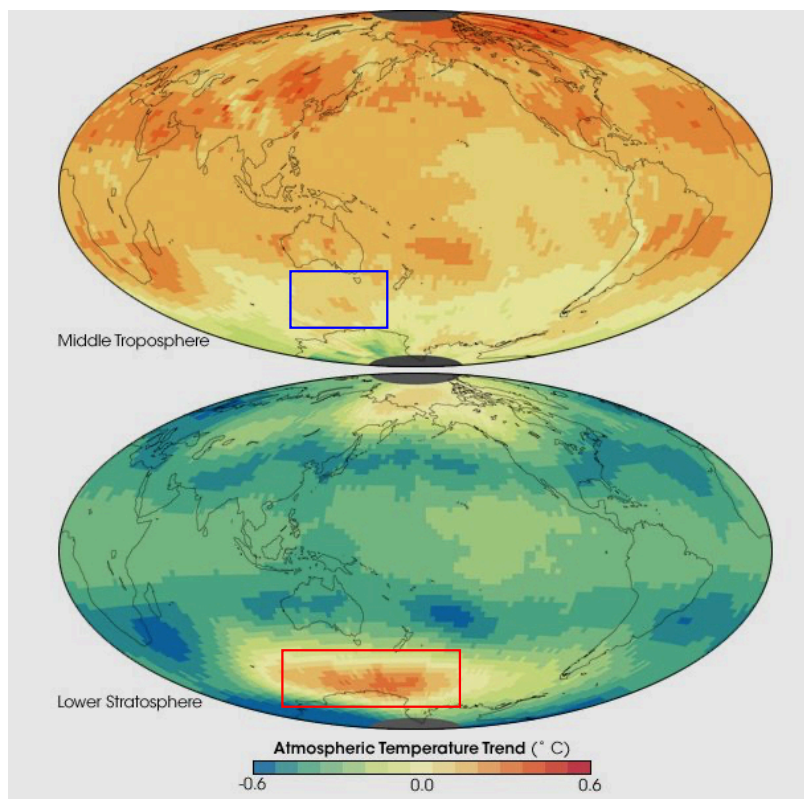


图 2.5: 1979 年 1 月至 2005 年 12 月期间大气温度趋势图 (热力分布图) [17]: 上图为对流层的中层 5 千米高空, 下图为平流层的下层 18 千米高空, 方框内为局部高温区域。图片来源: 美国国家航空航天局。NASA image created by Jesse Allen, using data provided courtesy of Remote Sensing Systems [21].

In the stratosphere, two warm spots over Antarctica and the Arctic appear to defy the overall cooling trend. One explanation for these warm spots is that polar stratospheric temperatures can fluctuate widely. The poles, especially the Arctic, experience periodic events known as sudden stratospheric warmings, during which the vortex of winds that circles the poles breaks down. When this happens, the stratosphere can warm several tens of degrees Celsius in a few days. Although these events are more common in the Arctic, a significant sudden stratospheric warming also occurred in the Antarctic stratosphere in 2002 and may help explain the apparent warming trend. Whether the localized warming trend is significant is still uncertain.

上面这段回答翻译成中文为:

在平流层中，南极洲和北极上空的两个温暖点似乎违背了整体变冷的趋势。对这些暖点的一种解释是，极地平流层的温度波动可以很大。两极，尤其是北极，在环绕极点的风涡瓦解期间，经历着周期性的平流层暴发性增温。当这种情况发生时，平流层会在几天内升温几十摄氏度。尽管这些事件在北极更常见，2002 年在南极平流层也发生了一次显著的突然变暖，这可能有助于解释明显的变暖趋势。然而这个局域增温趋势是否显著还不确定。

由此可知，NASA 的科学家对这些暖点的一种解释是，极地平流层 [122] (Stratosphere) 的温度波动很大，可能是两极之间存在的平流层暴发性增温 [123] (Sudden Stratospheric Warming, SSW) 现象所致。同时认为 2002 年在南极平流层发生的一次显著的突然变暖可能有助于解释这些暖点的存在，但是对南极的这次局部突然变暖是否能显著解释暖点的存在并不确定。换言之，美国国家航空航天局 (NASA) [156] 并无明确的官方解释。

其次，根据现代气象学，大气中的臭氧 [159] 能吸收太阳光中的紫外线并将其转换为热能加热大气，那么南磁极 [88] 附近的暖点是否为臭氧所致？我们认为需要考察一下上述南磁极 [88] 位置的温度分布和臭氧层 [159] 中的臭氧 [158] 分布之间是否存在相关性来解答这个问题，如图 2.6 所示。

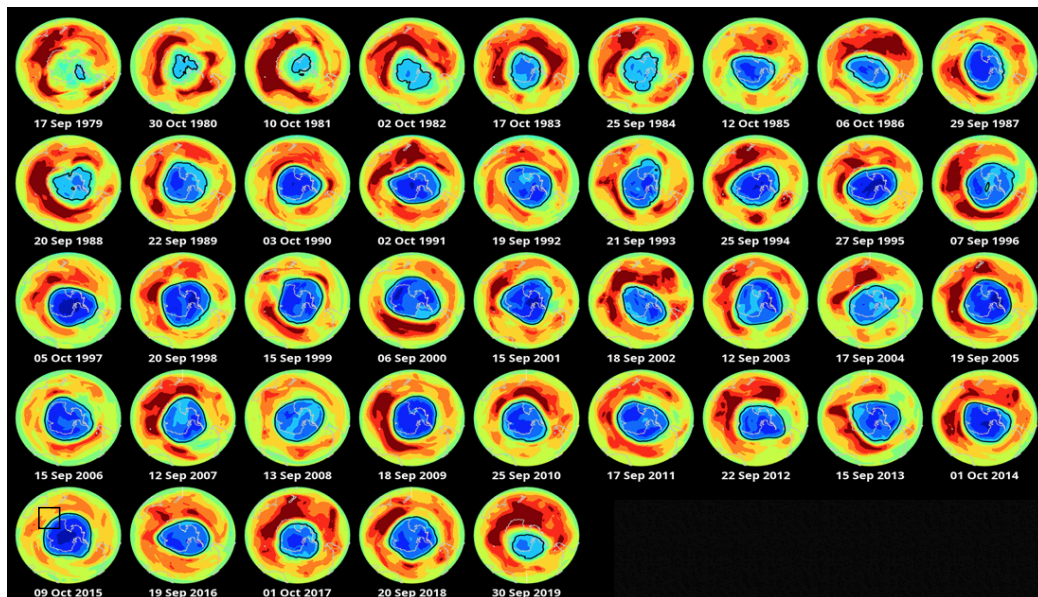


图 2.6: 1979 - 2019 年南半球最大臭氧空洞范围 [36] (Created 09 Dec 2019, Published 04 Feb 2020, Last modified 04 Feb 2020)

图 2.6 记录了 1979 - 2019 年南半球最大臭氧空洞范围 [36]，为哥白尼³对南极上空总臭氧柱的分析。图中蓝色表示最低的臭氧柱，黄色和红色表示较高的臭氧柱。臭氧柱通常用多布森单位⁴ (Dobson Units) 来测量。

³以前被称为 GMES (全球环境与安全监测)，是欧盟的地球观测计划。

⁴一个多布森单位 (DU) 是在 0 摄氏度的温度和 1 个大气压下产生 0.01 毫米厚的纯臭氧层所需要的臭氧分子数。300 多布森 (DU)

从图2.6中可以看出，南磁极 [88] 附近（图左下方 2015 年子图中方框位置所示）的臭氧分布不总是处于最高值，而实际上南极洲附近的臭氧分布每一天都在缓慢变化，南磁极 [88] 附近的臭氧分布时高时低。我们认为，臭氧分布从整体上能解释南极洲附近平流层 [122] (Stratosphere) 的相对高温天气，但是很难解释南磁极 [88] 附近平流层 [122] (Stratosphere) 的局部相对高温天气。综上所述，我们认为南磁极 [88] 附近所出现的暖点现象并没有得到现代气象学很好的解释，需要进一步的科研探索。

再次，让我们返回佛经对“须弥山”及其周围的八座山产生热量的描述。在前面的分析中，我们仅考察了 1979 年 1 月至 2005 年 12 月期间，对流层 [118] (Troposphere) 的中层离地 5 千米高空及平流层 [122] (Stratosphere) 的下层离地 18 千米高空的大气温度分布趋势。而实际上，根据佛经的描述，在上述位置，在排除其它干扰因素的情况下，从离地 1.326 千米到 185.64 千米的高空的每一个高度都能探测出类似的局部高温分布。我们猜测通过某种可观测超巨型物体的热力成像仪 [146] 可能可以检测出“须弥山”及其周围的八座山（图2.4右下角方框内圆形区域所在位置）的分布。因此，我们认为佛经的这段关于温度分布的描述完全符合逻辑实证主义 [167] 的主要代表、德裔美籍哲学家鲁道夫·卡尔纳普 [175] (Rudolf Carnap, 1891 年 5 月 18 日-1970 年 9 月 14 日) 所提出的可验证性原则 [94]，而上面的初步验证已经表明佛经的相关描述符合现代气象学观测。

至此，我们在这里提议对佛经描述的“须弥山”及其周围的八座山，即图2.4右下角方框内半径约 748 千米的圆形区域（图2.4中标示“九山八海”箭头所指位置）的大气环境进行详细的热量检测及模式分析，一则进一步检验佛经关于日光照射“须弥山”及其周围的八座山产生热量的描述是否符合现实情况；二则为前面提及的南极洲平流层 [122] (Stratosphere) 的暖点现象提供新的科学研究方向。

最后，最关键的问题来了，数千年前的佛陀又是如何知道南磁极 [88] 上空存在局部高温现象的呢？

2.4.2 垂直分布

这一节，让我们完成前面佛经关于日光炎热的第 9 个和第 10 个原因的解读。如下面《起世经卷第十·最胜品第十二之余》和《佛说长阿含经卷第二十二·世本缘品第十二》的描述：

其次从此大地已上。虚空高万由旬。彼有夜叉诸宫殿辈。颇梨所成。是第九缘。其次四大洲中。并及八万小洲之中。自余大山。须弥留山王等。是第十缘。[231]

复次，上万由旬有天宫殿，名为星宿，琉璃所成，日光照彼，触而生热，是为九缘日光炎热。复次，日宫殿光照于大地，触而生热，是为十缘日光炎热。” [62]

显然，在这里的第 10 个原因是太阳光照射到地球的陆地产生热量。而这一点符合日常生活常识，即陆地的比热容 [145] 比水小，所以在相同热量下，其温度提升快。我们着重关注这两段经文的第 9 点原因。根据经文可知，在高空大约万由旬的位置，即 $4.42 \times 10000 = 44.2$ 千米

当于 3 毫米的臭氧。

处⁵存在名为“星宿”的“夜叉诸宫殿”，这种东西由“颇梨”（音译）或者说“琉璃”（音译）所构成，当太阳照射到上面时会产生热量⁶。在这里，我们暂且不去深究“夜叉诸宫殿”究竟是什么，但是根据佛经的描述可以推测出，地球上空大约 44.2 千米处的大气层会出现局部高温区域，这和前面分析的道理一致。那么，这个推测符合现代气象学的观测结果吗？让我们看看现代气象学的相关知识，如图2.7所示。

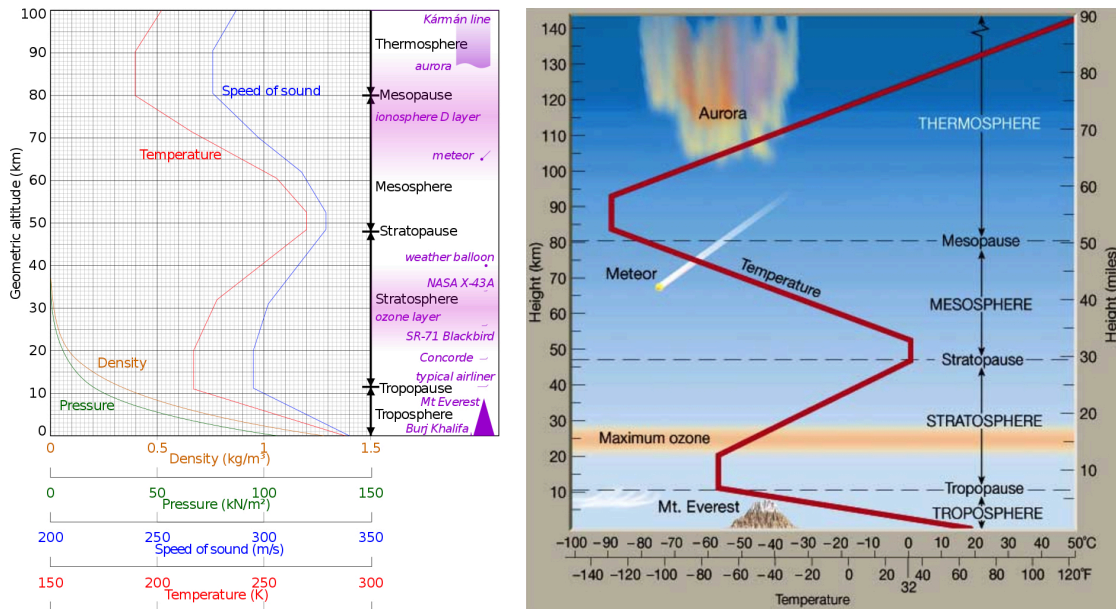


图 2.7: 左图为 1962 年美国标准大气几何高度与空气密度、气压、声速和温度与各种物体的近似高度比较图 [27]，右图为标准大气温度 (*Temperature*) 分布图。

图2.7中的两个子图均显示，在高度约为 48 千米处的大气层，其温度开始进入局部最大值，而这个高度也为大气平流层 [122] (Stratosphere) 与大气中间层 [75] (Mesosphere) 的分界面 (Stratopause) 的高度。我们认为前面分析的 44.2 千米的“夜叉诸宫殿”与这个分界面的高度虽然有着 $(48 - 44.2) \div 48 \approx 7.92\%$ 的数值误差。但是又因为地球不同纬度其分界面的高度有所不同，且佛经使用“上万由旬”等表近似数值的描述，我们认为这两者是基本一致的。同时，局部高温的这一现实情况也符合佛经描述的相关推测。最后，这也互相印证了前文第1.2节中我们关于 1 由旬约为 4.42 米的换算，再次表明换算的合理性。

接下来，我们分别对比一下现代主流科学界和佛经对大气平流层 [122] (Stratosphere) 与大气中间层 [75] (Mesosphere) 的分界面 (Stratopause)，即高空 48 千米处存在的局部高温现象 (温度高峰) 的解释。

首先，科学界的标准解释为因主浓度位于 20~25 千米高度的臭氧层 [159] 的加热作用所致，如图2.7中右图的“Maximum ozone”所示。在这个科学解释里，臭氧 [158] 吸收太阳光中的紫外线并将其转换为热能加热大气，并由于这种作用大气温度结构在高度约 50 千米左右有一个峰，地

⁵由前文第1.2节可知，1 由旬约为 4.42 米。

⁶这个原理和前文“日光照山，触而生热”是一致的。

球上空 15~50 千米存在着升温层。换言之，阳光照射到位于 20~25 千米高空的臭氧层 [159] 主体，然后产生热量，热量向四周扩散，最终在高空约 50 千米处形成局部最高温（温度高峰）。然而在这个解释里，我们注意到，被阳光直接照射的位于 20~25 千米高空的臭氧层 [159] 主体并没有形成局部最高温，反而在其上空约 50 千米高度形成了局部最高温，如图 2.7 中右图所示。

而反观佛经的解释却相当简单明了，即高空 44.2 千米（接近 48 千米）处存在“夜叉诸宫殿”（和“须弥山”及周围的八座山一样，可看作某种“未知物质”），阳光照射到上面产生热量，直接形成高空约 48 千米处的局部高温，如图 2.7 中右图所示。

那么，哪一种解释最为合理呢？我们认为佛经的解释中可能存在某种目前尚未探知的“未知物质”⁷，即经文“彼有夜叉诸宫殿。颇梨所成”，所以难以就此作出有效的判断。但仅以空间逻辑、热量的扩散规律和解释的简单性原则 [155]（Principle of Simplicity）这三者而言，我们认为佛经的解释更胜一筹。

最后，最关键的问题又来了，数千多年前的佛陀又是如何知道大气层上空约 44.2 千米（接近 48 千米）处存在局部高温现象的呢？

2.5 须弥山究竟是什么？

在前文，我们提到佛经描述了包括“须弥山”、“诸天天人”、“四大天王宫殿”、“九山八海”、“虚空夜叉宫殿”等事物，而这些事物在佛经里都有大量的神话细节描述。虽然我们可以根据一些线索推断出它们大概所处的空间位置与某些事物的关联关系，但是依然有很多对象无法被我们直接观测。如果佛经是对世界的真实描述，那么为什么它们尚未被现代科学仪器直接观测（也包含无法被肉眼所观测）到呢？

通过对佛经描述的众多“暂不可被现代科学仪器所观测”内容的分析后，我们意识到，为了能更好的理解佛经中所描述的“神话世界”及“神话生物”，必须接受一个最基本的假设，即世间万物存在“一体多面”。譬如，佛经中的“天人”，既有一种人格化的神话形象，也表现为我们所认知的极光。此外，这种“一体多面”并非由观测角度不同所导致。譬如，佛经中的“天人”，不管我们从哪种角度去观测，都是“极光”的形态。而“须弥山”不管从哪种角度去检测，均表现为磁场。

假设万物“一体多面”是成立的，则可以引申出另一个假设-“重叠世界”：即存在一个或多个空间上与我们所在世界重叠但难以探测的未知世界，譬如，“神话世界”。注意！目前我们这里所讨论的“重叠世界”假设暂时和物理学中的量子力学 [170] 中的平行宇宙 [124] 无关。只是一种直观意义上的概念，并未建立严谨的数理模型和科学实证方案，是为了帮助理解佛经而**暂时虚设的过渡性**概念。在本文的第四部分，我们将对这个问题重新讨论。我们建议读者顺次阅读全文，不要轻易跳过前面的章节。

根据万物“一体多面”可知，“重叠世界”并非与我们所处的现实世界毫无关联，也并非完全独立。“重叠世界”中的若干对象可以与某些自然现象（譬如，极光 [140]）相关联，同时也构成了同一事物的多重世界表述，即处于相同（非相近）时空的同一事物存在多重形态表述。因此，我们认为佛经对世界的描述存在独特的多重世界表述（Multiworld representations），即第一，存

⁷我们将佛经描述的“颇梨（天颇梨）”或者“琉璃（天青琉璃）”等被阳光照射能产生热量，但是尚未被现代科学所探知的物质称为“未知物质”。类似的概念还有“天金”、“天银”等合称“七宝”，即（天）金、（天）银、（天）青琉璃、（天）颇梨、赤真珠、车碾、马瑙等。

在难以探测的对象。第二，同一对象存在多重表述。

最后，根据上述“重叠世界”假设，位于南极洲附近，南磁极 [88] 处的“须弥山”，虽然在现实世界中无法被现代科学仪器所直接观测，但在由“未知物质”和“未知能量”构成的“重叠世界”里，很可能就是一座实实在在的但是和我们想象不同的山。而“须弥山”所飘出的“香”，在我们的现实世界中与磁场相关联。

2.6 小结

结论 2.1 无论是《起世经》还是《起世因本经》都认为地下存在大金轮，且须弥山的根连在大金轮上。此外，根据《佛说长阿含经》中关于须弥山的描述“下根连地，多固地分。[63]”和“其山下基纯有金沙 [63]”可知，须弥山的根底与金（或金属物质）相关。综上所述可知，须弥山的根底存在大金轮。此外，《首楞严经卷第四》的相关经文“故有金轮保持国土。[60]”则进一步阐述了金轮的作用。

结论 2.2 佛经中的“天人”与自然界的“极光 [140]”现象有着紧密的关联关系，“极光 [140]”现象或为“天人”的某种人类可直接观测的形态。此外，在佛经的其它相关描述中，“天人”又表现为一种非我们认知且尚未被现代科学所证实的生命形式。因此我们认为，“天人”和我们认识范围内的“极光 [140]”之间存在关联关系，但两者不能完全等同，它们之间的关系为对应非等价关系，我们也将这种特殊关系现象称为“一体多面”。

结论 2.3 “须弥山”并非地球上可肉眼直接观测到的山，其位置位于南极的地磁极位置，与南极磁场高度相关。此外，“须弥山”和我们认识范围内的“南磁极”[88] 之间存在关联关系，但两者不能完全等同，它们之间的关系为对应非等价关系（又称“一体多面”）。

结论 2.4 我们认为可以使用现代科学仪器-可观测超巨型物体的热力成像仪 [146] 在南磁极 [88] 上空进行温差数据收集，同时使用大数据 [104] 及模式识别 [144] 等方法对收集到数据进行热量的三维立体分布建模。在排除可能的干扰因素的情况下，在符合佛经描述的产热条件下，佛经关于日光照射“须弥山”及其周围的八座山产生热量的描述可以被现代科学所观测及验证，即该地区上空存在某种稳定模式的温差分布，并能与周围环境形成显著差异的这一命题可以被现代科学检验。

结论 2.5 佛陀不仅知道南极存在磁场，并且对磁极周围磁场强度的分布有准确认知。此外，佛陀对极光 [140] 的形态及发生在大气层中的高度有着惊人的包括细节在内的认知。

结论 2.6 佛陀对大气层中的温度分布有着惊人的准确认知，对接近大气平流层 [122](Stratosphere) 与大气中间层 [75] (Mesosphere) 的分界面 (Stratopause)，即接近高空 48 千米处存在局部高温分布有认知（佛经描述值为 44.2 千米，与 48 千米之间存在 7.92% 的数值误差）。

结论 2.7 “夜叉诸宫殿”和我们认识范围内的大气平流层 [122] (Stratosphere) 与大气中间层 [75] (Mesosphere) 的分界面 (Stratopause) 之间存在关联关系，但是不能完全等同。它们之间的关系为对应非等价关系（又称“一体多面”）。

第三章 四大部洲与大地中心的须弥山

在本章，我们延续前文第一章的相关定义，即把太阳和月亮所能照耀到的范围称为“世界”（类似于太阳系），而与大地相关的范围（包括大海）称为“大地”（类似于地球）。注意！这里的定义与传统定义略有不同。此外，“须弥山（王）”是佛陀在《起世经》中介绍世界（或小世界）中各类地区事物的起始标定物，为介绍的坐标中心。

3.1 四大部洲在哪里？

在这一节，我们将完成佛经描述的“四大部洲”与地球陆地的关联¹工作。

首先，前文谈到“须弥山”位于南极磁极 [88] 位置，当我们查看以南极为中心的方位等距投影地图（图3.1）时，从视觉角度来看，世界大陆可以分为 5 块，分别是：以非洲、欧洲、亚洲为一体的“亚欧非大陆”、“澳洲”、“南美洲”、“北美洲”以及“南极洲”。此外，因为佛经中“四大部洲”均处于“斫迦罗山”²外，即在南极洲范围外，所以南极洲与“四大部洲”没有关联。至此，我们认为“四大部洲”仅与“亚欧非大陆”、澳洲、南美洲和北美洲相关联。而我们又惊讶的发现这 4 块大陆又恰好近似处于南极洲的上下左右四个方位上，如图3.1所示。

其次，根据《起世经卷第一·阎浮洲品第一》的以下描述：

诸比丘。须弥山王南面有洲。名阎浮提。[224]

诸比丘。须弥山王北面有洲。名郁多罗究留。[224]

及“阎浮提”与古印度有关，同时古印度位于亚洲，因此我们认为“阎浮提洲”关联于“亚欧非大陆”。又根据“阎浮提洲”处于“须弥山王南面”，而“郁多罗究留洲”处于“须弥山王北面”，可知“郁多罗究留洲”关联于北美洲。

再次，根据下面两段《起世经卷第十·最胜品第十二之余》关于“时差关系”及“方位循环关系”的描述：

复次诸比丘。若阎浮提洲日中。于弗婆提洲则日没。其瞿陀尼洲日出。郁多罗究留洲正夜半。若瞿陀尼洲日中。其阎浮提洲日没郁多罗究留洲日出。弗婆提洲夜半。若郁多罗究留洲日中。其瞿陀尼洲日没。弗婆提洲日出。阎浮提洲夜半。若弗婆提洲日中则郁多罗究留洲日没。阎浮提洲日出。瞿陀尼洲夜半。[231]

¹注意，本节的“关联关系”即“非完全等价对应”。

²斫迦罗山，即“九山八海”最外层的轮圆山。

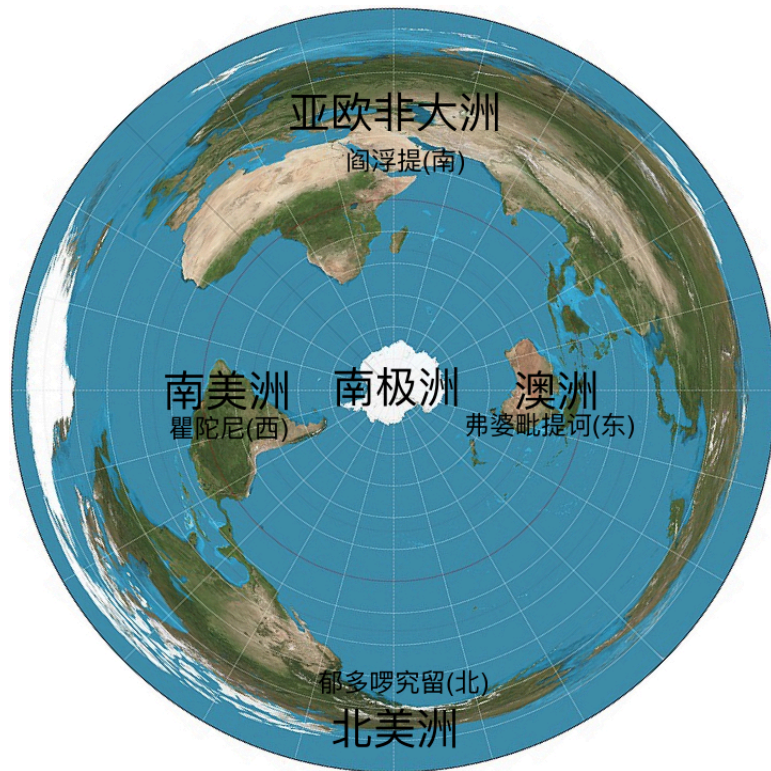


图 3.1: 方位等距投影地图 (南极点至北极点) [180]

诸比丘。其阎浮提洲人所有西方。瞿陀尼洲人以为东方。其瞿陀尼洲人所有西方。郁多罗究留洲人以为东方。其郁多罗究留洲人所有西方。弗婆提洲人以为东方。其弗婆提洲人所有西方。阎浮提洲人以为东方。南北二方。亦复如是。[231]

我们可以完全确定剩下的“弗婆毗提河洲”关联于澳洲，“瞿陀尼洲”关联于南美洲，而这也符合《起世经卷第一·阎浮洲品第一》中的描述：

诸比丘。须弥山王东面有洲。名弗婆毗提河。[224]

诸比丘。须弥山王西面有洲。名瞿陀尼。[224]

至此，我们完全将“四大部洲”与已知的 4 块大陆一一关联完毕，如图3.1所示。而这四大洲的地理位置也反向印证了“须弥山”处于南极洲附近，它们之间在空间方位逻辑上存在“互相印证”的关系，如表3.1所示。

在这里值得注意的是，佛经以“须弥山”所在的南磁极 [88] 作为描述世界的中心点，即坐标原点，而不是采取我们通常认为的地理南极点 [87]。而南磁极 [88] 位于地理南极的附近，它的位置一直在缓慢地变化着，如图3.2所示。

从次，前面关于四大部洲的关联工作是否还有其他经文描述可以验证呢？在《正法念处经卷第六十七》至《正法念处经卷第七十》这 4 卷连续的关于四大部洲山川、河流和海洋等对象的介绍里，分别按照顺序一一介绍了 13 个不同区域的对象，这 13 个区域分别是：阎浮提东方、阎

四大部洲	方位	关联大陆
阎浮提洲	须弥山南面	亚欧非大陆
郁多罗究留洲	须弥山北面	北美洲
弗婆毗提河洲	须弥山东面	澳洲
瞿陀尼洲	须弥山西面	南美洲

表 3.1: 四大部洲及大陆关联表

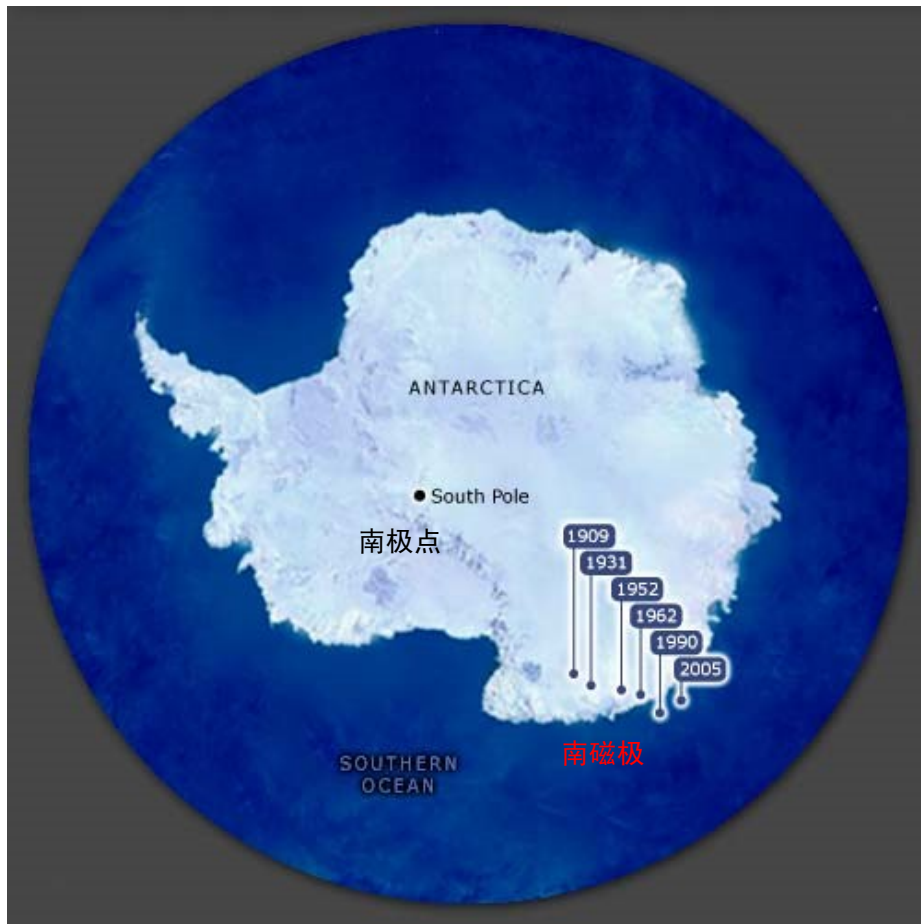


图 3.2: 南磁极地理位置变化图 (1909 年到 2005 年)

浮提南方、阎浮提西方、阎浮提北方国界、阎浮提北方、阎浮提及郁单越两洲中间、郁单越（“郁多罗究留洲”）、郁单越北、郁单越及瞿陀尼两洲中间、瞿陀尼、瞿陀尼及弗婆提两洲中间、弗婆提（“弗婆毗提河洲”）、阎浮提及弗婆提两洲中间。其中，涉及阎浮提洲的区域有 7 处，郁单越洲的有 4 处，瞿陀尼洲的有 3 处，弗婆提洲有 3 处。这与四大洲关联的大陆面积的大小顺序大致契合。

注意，佛经有时候也会用“阎浮提”指代地球，这和我们常用北京指代中国一样。譬如《大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经卷第二》的相关经文：

而阿那律见阎浮提，如观掌中庵摩罗果；[58]

最后，是否还存在其它经文可以对四大部洲的关联工作进行验证呢？限于本章篇幅，我们将在本文的第二部分进行进一步的验证。

3.2 日月绕“须弥山半腹”旋转

首先，请看《起世经卷第九·最胜品第十二》的相关经文：

诸比丘。尔时日天大胜宫殿。从于东出。绕须弥留山王半腹。于西而没西向没已。还从东出。尔时众生。见彼日天大宫殿已。各相告言。诸仁者辈。还是日天光明宫殿。再从东方出已。右绕须弥留山半腹西没。再三见已。各相谓言。诸仁者辈。此是彼天光明流行。是天光明流行世也。是故称言修梨耶修梨耶（修梨耶者隋言此彼是也）。故有如是名字出生。[227]

从经文“尔时众生。见彼日天大宫殿已。各相告言。”可以看出这段经文是以当时站在地面上众生³的观察角度来描述太阳的运行轨迹。从地面上看，太阳每一天从东方升起，从西方落下，也确实绕着地球（大地）转。因此，站在地面上叙述太阳围绕大地转的这一地面观测描述并不能成为佛经支持“地心说 [98]”的证据。事实上，即便是“须弥山”也并非佛经中“千世界”的中心，更不用说是宇宙的中心，这可以从《起世经卷第一·阎浮洲品第一》的经文看出：

诸比丘。千世界中。千月千日千须弥山王。[224]

从这段经文可以看出，“须弥山王”在千世界中既不唯一也没有任何特殊性，经文也从来都没有表明“须弥山王”处于千世界的中心。此外，由前文第3.1节的分析可知，地球上的“须弥山”也仅是大地（地球）的中心。因此，佛经并不支持地球（大地）作为宇宙中心的“地心说 [98]”。

其次，如果我们按照表面意义去理解，即认为地球是平面⁴，太阳是小型球体，绕着地球某座高山（须弥山）旋转，那么第一个问题就是，白天黑夜如何产生呢？按照“小世界安立图”（图1.1）的模型解释，假设这座须弥山是肉眼可见并且能遮挡阳光，当太阳绕到山后，阳光被遮挡，因此产生黑夜。那么，首先，地面上的人无论在何处都会发现太阳一直在天上旋转而不是从东方的地平线出，又从西方的地平线没。其次，人们还会发现在地面耸立着一座巨大无比的高山。但是上

³更准确的说是与南磁极 [88] 相关联的须弥山附近的众生。

⁴事实上，由前文第一章的分析可知，佛陀完全知道我们脚下的大地分布于一球体上。

述两种情况显然都不成立，这推翻了“小世界安立图”（图1.1）中“认为地球是平面，太阳是小型球体，绕着地球某座高山（须弥山）旋转”的这个假设。此外，“小世界安立图”（图1.1）中的模型及太阳的运转方式根本就无法解释太阳每一天从东方的地平线升起，又从西方的地平线沉没的这一个亘古不变的日常观察经验。因此，“小世界安立图”（图1.1）是古人在自身地平学说的影响下对佛经宇宙观的浅薄及歪曲的理解。

那么，如何理解经文中南磁极 [88] 附近的众生会看见太阳绕“须弥留山王半腹”旋转的描述？第一，由前文第2.2节分析可知，“须弥留山⁵”处于南磁极 [88] 位置，且靠近地球自转轴的一端-地理南极点 [87]，如图3.2所示。第二，根据《起世经卷第一·阎浮洲品第一》对须弥山的描述：

诸比丘。其须弥山王。入海水中八万四千由旬。出海水上亦八万四千由旬。诸比丘。

须弥山王。其底平正。下根连住大金轮上。[224]

可知，须弥山上半部出海平面，下半部入海平面，底部在地底。因此，“半腹”自然就是与海平面持平的部分，也可以近似看作是地平线。此外，对于处于南极附近的众生而言，他们观测到的太阳并不会于正午出现在头顶正上方，而是在距离地平线以上不高处运行。换言之，高纬度地区的太阳其高度角 [108] 较小。因此，从傍晚的时候，太阳于西面落入地平线，第二天早上再从东面的地平线出现的这种周期现象来看，太阳运动的整个周期过程就像围绕地平线上下转动一样。第三，因为南北磁极相连所在的线段与地球自转轴相近，经文表明太阳绕“须弥留山王半腹”旋转，也就是表明太阳近似绕地球自转轴旋转。从南极上空看来，由东到西的旋绕，就是逆时针旋转，也就是经文中的右绕。综上所述，南磁极 [88] 附近的居民每天白天都会看见太阳在离地平线不高的空中从东到西运动，而晚上也可以认为在另一半的地平线下自西向东运动，周而复始。而太阳像是围绕着以观测者所在区域为中心的大地旋转。

时间	方位及移动方向	高度（地平线以上）
0 点	太阳在正北方，向东北移动	最小
0-6 点	太阳在东北方，向东移动	增大
6 点	太阳在东方，向东南移动	增大
6-12 点	太阳在东南方，向南移动	增大
12 点	太阳到达正南方，向西南移动	最大
12-18 点	太阳在西南方，向西移动	减小
18 点	太阳在西方，向西北移动	减小
18-24 点	太阳在西北方，向北移动	减小
24 点	太阳回到正北方，向东北移动	最小

表 3.2: 北半球夏至日极昼时太阳运动轨迹表

最后，在南极圈 $66^{\circ}34'$ 以内存在极昼和极夜 [142] 等极圈内特有的自然现象。所谓极昼，就是太阳永不落，天空总是亮的，这种现象也叫白夜；所谓极夜，就是与极昼相反，太阳总不出来，

⁵此处亦为“须弥山”。

天空总是黑的。每年南、北两极，“极昼”、“极夜”交替出现。一年内大致连续六个月是白昼（称极昼），六个月是黑夜（称极夜）。昼夜交替出现的时间是随着纬度的升高而改变的，纬度越高，极昼和极夜的时间就越长。那么，在极地附近，当出现极昼时，太阳是如何运动的呢？我们以北半球夏至日为例，如表3.2所示，南极圈的极昼现象与此类似。

从表3.2中可知，当极昼发生时，生活在极圈的众生将发现太阳长时间围绕着自己所在地的上空旋转，如图3.3所示。因此，当南磁极 [88] 位于南极圈范围内的时候，当极昼发生时，认为太阳绕“须弥留山王”（与南磁极 [88] 关联的）旋转，是一个准确的基于南极附近地区的地面观测描述⁶！



图 3.3: 南极极昼现象（24 小时的 360° 环绕式全景图，即经文所描述的“日月绕须弥山半腹旋转”的地面描述。图中多个太阳由不同时段的拍摄合成所致。）

那么，当极夜发生的时候，情况又如何呢？在“南极夜”[141] 里，太阳始终不会升上地平线来，星星也一直在黑洞洞的天空闪烁。一个恒星月（约 27.3 日）中有半个月的时间，可以看见月亮或圆或缺的整天在天际四周旋转。另外半个月的时间，则连月亮也看不见。这种奇特的景象，持续将近半年的时间。对于这个现象，佛经《起世经卷第十·最胜品第十二之余》有如下的描述：

诸比丘。其日宫殿。六月行时。其月宫殿。十五日中还尔许行。[231]

即在半年时间内，月亮每个月会出现 15 天。因此，当南磁极 [88] 位于南极圈范围内的时候，当极夜发生时，认为月亮绕“须弥留山王”（与南磁极 [88] 关联）旋转，同样是一个准确的基于南极附近地区的地面观测描述！至此，我们不经感到疑惑，数千年前身处舍啰婆悉帝城迦利啰窟，也就是古印度某个地方的佛陀是如何知道且如此了解这种南、北极才拥有的神奇自然现象的呢？

3.3 太阳、月亮与大地的关系

3.3.1 南北回归线

复次于中有何因缘。其冬天时。夜长昼短。诸比丘。其日宫殿。过六月已。次向南行。日于一日。日行六俱卢舍。亦不差移。但于彼时。其日在于阎浮提洲最南边际。地形狭小。日过速疾。诸比丘。此因缘故。其冬分中。昼短夜长。[231]

⁶也请读者参考本文《重要声明》中《为什么可以对部分佛经进行基于现代科学观测的验证？》关于佛陀因势利导地进行教学的论述。

《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的这段经文回答了为什么冬天的时候，夜晚会比较长而白天会比较短的问题。佛陀表示，过了6月底，太阳（直射点）开始向南移动，每一天都以“六俱卢奢”的距离移动，分毫不差。到了冬天，太阳（直射点）就会到达“阎浮提洲”最南边际。根据上文分析可知，“阎浮提洲”最南边际就是亚欧非大陆的最南端，即非洲南部的南非、纳米比亚、博兹瓦纳等地区，如图3.4中南回归线 [85] 所示。

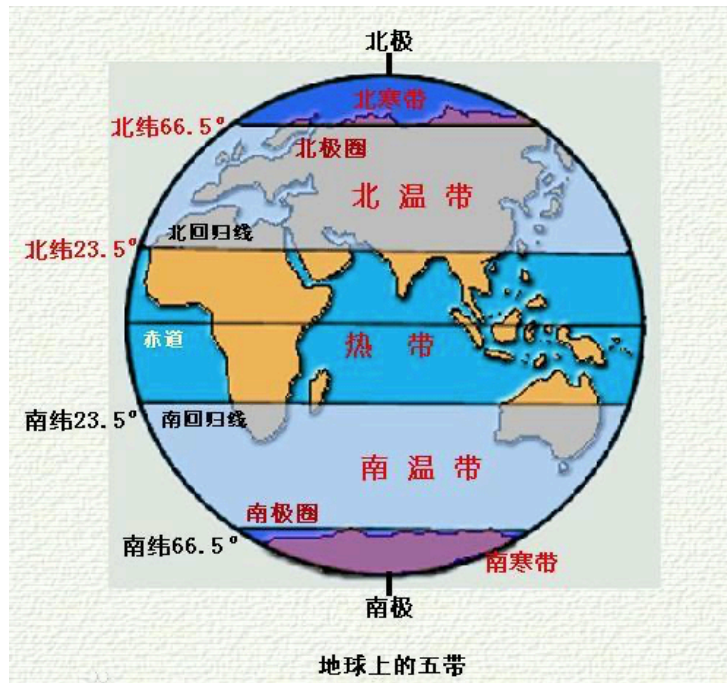


图 3.4: 地球上的五带 [83]

复次于中有何因缘。春夏昼长其夜短促。诸比丘。日天宫殿。过六月已。向北而行。一日中行六俱卢奢。亦不差移。乖异常道。但于彼时。正在阎浮处内而行。地宽行久。所以昼长。诸比丘。此因缘故。春夏昼长。其夜即短。 [231]

和上面南回归线 [85] 的道理类似，《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的这段经文介绍了北回归线 [82] 的概念。这里的“过六月已”应为“过十二月已”，这个很可能是在没有复印机的古代，经文传抄及流传过程中产生的错误⁷。经文表明，从12月份开始，太阳（直射点）开始向北移动，每一天都以“六俱卢奢”的距离移动，分毫不差，到了夏天，太阳（直射点）就会到达“阎浮提洲”内部地宽之处（对应经文“正在阎浮处内而行。地宽行久”），根据上文分析可知，“阎浮提洲”内部地宽之处就是亚欧非大陆北回归线 [82] 贯穿的位置。“阎浮提洲”（“亚非欧大陆”）内，自120°W起由西往东，北回归线 [82] 穿越的国家依次有西撒哈拉、毛里塔尼亚、马里、阿尔及利亚、利比亚、埃及；沙特阿拉伯、阿拉伯联合酋长国、阿曼、印度、孟加拉国、缅甸、中国，而这些国家所处的位置符合经文“正在阎浮处内而行。地宽行久”的描述，如图3.4中北回归线 [82] 所示。

⁷“过六月已”也有另一种理解，即“过了六个月（的南行）之后”。

这两段描述南北回归线 [84] 的经文再次印证了前文第3.1节中关于“阎浮提洲”与“亚非欧大陆”的关联关系，与前文的分析结论在逻辑上一致。

3.3.2 温热光明

诸比丘。其日天子。具足而有一千光明。五百光明傍照而行。五百光明向下而照。[231]

《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的这段经文表明，太阳光有一半能向下照射到地球，而另一半不能照射到地球（傍照）。从地球的地面上看，太阳在上空中，因此，佛经“光明向下而照”就是光明照向地球表面。这再次表明，佛陀以站在地面的角度进行观测描述。佛经如此表明是想告诉人们，太阳的另一面也在发光。根据太阳可以看作一个发光的球体而地球处于太阳的一侧可知，太阳对着地球的一面，恰好为另一个半球，其所发出的光为全体的 50%。

3.3.3 遥看似圆

其彼日天大宫殿中。有二种法。立其宫殿。四方如宅。遥看似圆。[231]

首先，我们认为日天大宫殿与太阳相关联，在一定程度上代指太阳。其次，古人站在地面受活动域所限，凭知觉判断大地载万物而“静止”，是无穷延展的方形。抬头观看星空，天空就像一个屋盖罩在头顶。因此，“四方如宅”刻画的就是“天圆地方”的意思，也表示四周都有“屋顶”。其次，当你远离地面，进入外太空再回头看地球的时候，你会发现大地其实分布在一个 3 维球体的表面，外形是圆的，这就是“遥看似圆”的含义。这个道理对地球成立，对太阳也成立。换言之，佛陀在某种程度上也暗示了当地人，虽然站在地面感觉天地“四方如宅”，其实是站在一个巨大的球体上⁸。而“二种法”就是指“四方如宅”和“遥看似圆”这两种在不同位置的观察角度。

最后，现在太阳看起来都是圆的，按照“遥看似圆”所阐述的逻辑可知，我们与太阳的距离遥远。

3.3.4 月相变化及月食成因

又何因缘。其月宫殿。渐渐而现。有三因缘。何等为三。一者偕方面出。二者有青身诸天。形服瓔珞一切悉青。常半月。中。隱覆其宮。以隱覆故。彼時月形。漸漸而現。三者從彼日天大宮殿中。別有六十光明出已。障彼月輪。以是義故。漸漸而現。[231]

《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的这段经文解释了月亮渐渐显现（月相变化 [135]）的原因。即第一，月亮处于地球与太阳之间，以没有受太阳照射的一面或部分出现，即偕方面出。第二，在前文第2.1节的分析中，极光 [140] 现象和“诸天天人”存在关联关系。又因为太阳系内大多数行星均有极光⁹ [140]，且地球上的极光 [140] 常为青色，我们认为这里的“青身诸天”代指地球。佛经第二点描述的是地球遮挡太阳光照射月亮是导致月亮逐渐显现的原因，这也是月食 [136] 的成因。第三，部分太阳光（“六十光明”）照射（障）到月亮，是其渐渐显现的原因，如图3.5所示。

⁸事实上，由前文第一章的分析可知，佛陀完全知道我们脚下的大地分布于一球体上。

⁹在后面的章节，我们会详细分析这一点。

佛经在此处没有直接使用照射，而使用“障”，潜在表明月亮会因为其它光源而产生不一样的反光。譬如，地球对太阳的反光可以作为月亮的另一个有别于太阳的微弱光源。关于这一点，我们会在后面再做分析。

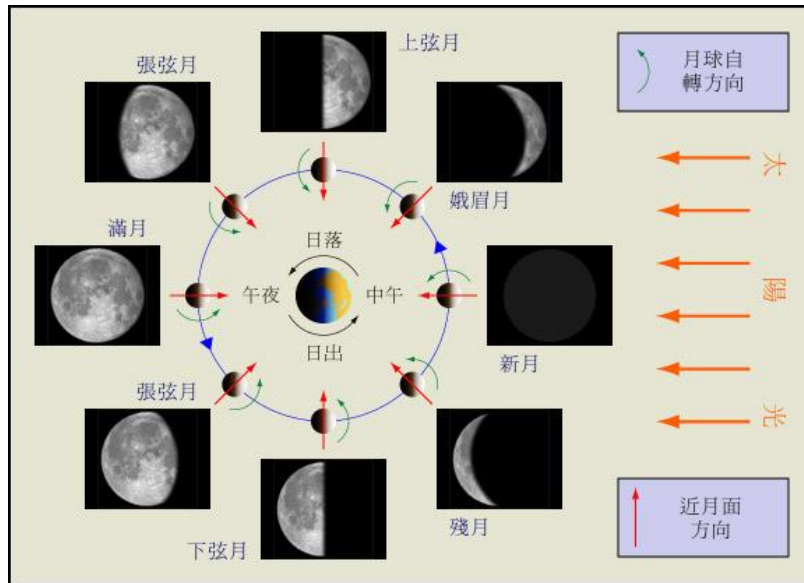


图 3.5: 月亮 [134]

复次于中何因缘故。其月宫殿。圆净满足。如是显现。诸比丘。此亦三缘。故使如是。一者彼时月大宫殿。正方面出。以是义故。圆满而现。复次彼青色天。衣服璎珞一切皆青。常半月中。隐月宫殿。而月宫殿。于逋沙他十五日时。圆满光明。照耀炽盛。譬如多有诸种油脂。中然大炬。彼等一切诸余灯明。悉皆翳覆。如是如是。月大宫殿。十五日时。每恒如是。复次日大宫殿。六十光明出已。障彼清净月轮。而月宫殿。于逋沙他十五日中。圆满具足。于一切处。皆舍翳障。彼时日光。不能覆蔽。[231]

《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的这段经文解释了月亮圆净满足的原因，此处的“逋沙他十五日”相当于图3.5中的“满月”期间。佛经在此处阐明了三个原因：第一，地球处于月亮与太阳之间，月亮受太阳照射的一面全面展现出来，即正方面出。第二，虽然地球有可能遮挡阳光从而隐蔽月亮，但当时月亮的反光全部照向地球，即处于没被遮挡的状态，因此月亮圆净满足。第三，部分太阳光（“六十光明”）照射到月亮，当月亮处于圆净满足状态时，阳光无法掩盖月亮上发出的一切光（包括太阳和其它光源共同产生的反光）。

那么，在这里，一种光掩盖另一种光是什么意思呢？佛经给出的解释是“譬如多有诸种油脂。中然大炬。彼等一切诸余灯明。悉皆翳覆。”，为了能直观的理解，我们换一个比方。譬如，点燃一根蜡烛，放在骄阳烈日下，则烛光会被猛烈的阳光所掩盖。前面第三点原因再一次表明，除了太阳作为月亮的直接光源之外，还有其它潜在的光源。

复次于中何因缘故。月大宫殿。于彼黑月第十五日。一切不现。诸比丘。其月宫殿。于彼黑月第十五日。近日宫殿行。彼由日光作覆翳故。一切不现。[231]

《起世经卷第十·最胜品第十二之余》的这段经文描述了月亮全部隐去不出现的原因，其中黑月第十五日即是指“新月”期间。经文表明此时的月亮离太阳最近，阳光将其掩盖，故不可见，如图3.5中“新月”所示。换言之，月亮上所发出的光弱于太阳直射地球的光，太阳光将微弱的月光掩盖，所以月亮不出现。此外，这一段经文也表明了，除了反射太阳光之外，月亮在平时也能反射其它光源而发出微弱的，连肉眼都几乎无法察觉的月光。那么，月亮除了太阳作为其直接光源和地球对太阳的反光作为其间接光源之外，还有其它潜在光源吗？我们且看下面一小节的分析。

3.3.5 凉冷光明

诸比丘。其月天子诸身分中。光明出已。即便照彼青琉璃辇。其辇光照月大宫殿。月宫殿光照四大洲。诸比丘。其月天子有五百光向下照行。有五百光傍照而行。故名月天子千光照也。亦复名为凉冷光明。[231]

在这里，佛经描述了一种月亮自身发出的“凉冷光明”。根据描述，这种冷光和太阳照射地球的方式一样，换句话说，整个月球都在对外均匀的发射这种“凉冷光明”。显然，这种“凉冷光明”是我们肉眼无法观察的，否则月亮将不会有“阴晴圆缺”（月相变化 [135]）的现象，地球也谈不上遮挡阳光使月亮部分或者全部隐蔽（月食）。此外，佛经表明这种月光由“月天子诸身分”发出，照射到“青琉璃辇”，其反光再照射到月亮（“月大宫殿”），最后再从月亮反射到地球。换言之，这种“凉冷光明”是由某种未知的光源“月天子诸身分”所产生的一系列反光¹⁰所致。那么，这种不可见光究竟是什么？根据前文第2.5节的“多重世界表述”¹¹，我们猜测这是一种由月亮对外发射的未知能量，但基于目前缺乏相关科学资料，我们无法给予验证，只能将其当作一种神话描述。

3.4 须弥山下“诸神住处”及层级

在《起世经卷第一·阎浮洲品第一》中有关于须弥山下“诸神住处”的描述：

其须弥山下有三级。诸神住处。其最下级。纵广六十由旬。...（此处省略）... 其中分级。纵广四十由旬。...（此处省略）... 其上分级。纵广二十由旬。...（此处省略）... 诸比丘。其下级中。有夜叉住。名曰钵手。其中级中。有诸夜叉。名曰持鬘。其上级中。有诸夜叉。名曰常醉。[224]

在这里，佛经描述了3个“诸神住处”，从低处到高处分别是“钵手夜叉住处”、“持鬘夜叉住处”和“常醉夜叉住处”。我们认为，佛经对很多对象的描述都以“须弥山”作为坐标的原点，从地面众生的观测角度进行介绍。因此，此处的“山下”并非指山脚下，更非指山脚以下的地底区域，而是泛指“须弥山”中间及以下的高度范围，即0~185.82千米左右的大气层区域。接下来，让我们看看《佛说顶生王因缘经卷第二》的相关经文描述：

又须弥山有四层级。其第一层傍出一万六千由旬四宝所成。有竖首天居止其中。去第二层高一万由旬。其第二层傍出八千由旬四宝所成。有持鬘天居止其中。去第三层高

¹⁰ 此处也解释了为什么前文会潜在表明太阳光会覆蔽月光。

¹¹ “重叠世界”假设。

一万由旬。其第三层傍出四千由旬四宝所成。有常僑天居止其中。去第四层高一万由旬。其第四层傍出二千由旬四宝所成。有四大王天居止其中。[68]

这一段经文提到须弥山的四个层级，从低处到高处分别是“坚首天”、“持鬘天”、“常僑天”和“四大王天”。根据佛经术语多为音译的缘故，对比前面《起世经》关于须弥山下三级诸神住处的描述，以及《正法念处经》的不同翻译名称¹²，我们将它们整理成表3.3。此外，根据《正法念处经卷第二十二·观天品第六之一》的经文“彼初天众。属四天王天。”[39]可知，“鬘持天”、“迦留波陀天”和“常恣意天”均归属“四天王天”。

类型	关联类型或另外译名
钵手夜叉住处	坚首天、迦留天、迦留足天、 迦留波陀天（此言象迹天）
持鬘夜叉住处	持鬘天、鬘持天
常醉夜叉住处	常僑天、常骄天、常恣意天
四大天王住处	三箜篌天 ¹³ 四大天王天（名曰行天 ¹⁴ ）、四大王天、四天王天

表 3.3: 类型关联和同类异名表

接下来，根据佛经关于 4 个层级由低到高的数值描述，以及前文第1.2节关于 1 由旬约为 4.42 米的换算，我们整理出表3.4。其中，“一万六千由旬”约 $16,000 \times 4.42 = 70.72$ 千米，“一万由旬”约 $10,000 \times 4.42 = 44.2$ 千米，“八千由旬”约 $8,000 \times 4.42 = 35.36$ 千米，“四千由旬”约 $4,000 \times 4.42 = 17.68$ 千米，“二千由旬”约 $2,000 \times 4.42 = 8.84$ 千米。表中的经文增量按照原经文数值（由旬）出现的顺序，从上到下依次排列。那么，表中关于各级的累计高度，其现实意义又是什么呢？

首先，根据现代气象学可知，60 千米以上的整个地球大气层都处于部分电离或完全电离的状态，作为地球大气的一个电离区域，属于地球大气的电离层 (Ionosphere) [99,152]。描述电离层最基本的参量是电子密度，通常按照电子密度随高度的变化来划分电离层的结构。随着高度的变化，电离层电子密度出现几个极大值区域（又称为层），依次分为 D 层、E 层和 F 层，其中 F 层还可分为 F1 层和 F2 层。

其次，根据现代气象学可知，D 层是电离层最低的一层。其区域范围有三种不同的测算结果，分别是离地球表面 50~90 公里 [99,152]、50~100 公里 [206] 和更准确的 48~90 公里 [31]。根据区域的范围，其区域中心又可分为 70 公里、75 公里和 69 公里。对比表3.4中“坚首天”所处的高度可知，无论是哪一种区域的中心高度，“坚首天”相关联的 70.72 公里都与之相近。

¹² 已故的国际著名东方学大师、语言学家、文学家、国学家、佛学家、史学家、教育家和社会活动家-季羨林 [114] 先生在其著作《季羨林全集：第十一卷-学术论著三【吐火罗文《弥勒会见记》译释】》[67] 第 30 页中曾表明，佛经中的人名和地名会因为翻译的时代和地点差异而产生不同，没有这样的差别，才是不可理解的。

¹³ 参考《正法念处经卷第二十四·观天品第六之三》的相关经文。

¹⁴ 参考《正法念处经卷第二十四·观天品第六之三》相关经文：“于彼天中。二护世天。一名提头赖吒。二名毗沙门。此诸天众。与二大天王。游四天下。”[40]

层级	经文描述	经文增量 (由旬)	换算增量 (千米)	增量累积高度 (千米)
坚首天	其第一层傍出一万六千由旬四宝所成。	16,000	70.72	70.72
持鬘天	去第二层高一万由旬。 其第二层傍出八千由旬四宝所成。	10,000 8,000	44.2 35.36	44.2 + 70.72 = 114.92 35.36 + 114.92 = 150.28
常僑天	去第三层高一万由旬。 其第三层傍出四千由旬四宝所成。	10,000 4,000	44.2 17.68	44.2 + 150.28 = 194.48 17.68 + 194.48 = 212.16
四大王天	去第四层高一万由旬。 其第四层傍出二千由旬四宝所成。	10,000 2,000	44.2 8.84	44.2 + 212.16 = 256.36 8.84 + 256.36 = 265.2

表 3.4: 须弥山四层级的高度 (单位: 千米或公里): 按照原经文数值 (由旬) 出现顺序, 从上到下依次排列。增量累积高度为表中换算增量数值从上到下依次累加。

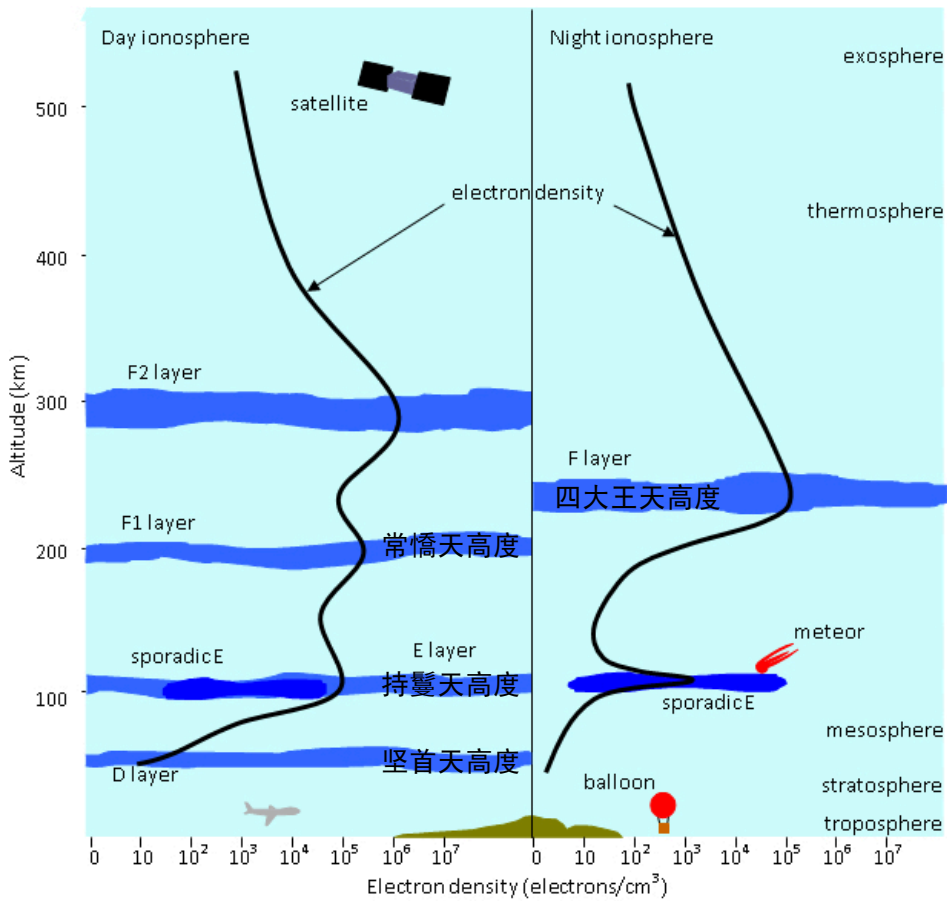


图 3.6: 电离层的昼夜结构。黑线表示白天和夜晚半球的电子密度。电子在这些区域内层层积聚。最高的电子密度通常出现在 F 区。图片来源: [4]

再次，根据现代气象学可知，E 层区域的范围也有多种描述，分别是处于高度为 90~130 公里的区域 [99, 152]、100~150 公里 [206] 和 90~150 公里 [31]。此外，E 层由正常 E 层和偶现 (Sporadic) E 层两部分构成。偶发 E 层较常见，是出现于 E 层区域的不均匀结构。厚度从几百米至一二千米，水平延伸一般为 0.1~10 千米。白天，峰值密度 NmE 及其相应高度 hmE 的典型值分别为 10 厘米和 115 公里 [152]。对比表 3.4 中“持鬘天”所处高度范围可知，偶现 (Sporadic) E 层最大电子密度所处的 115 公里高度和“持鬘天”的 114.92 公里高度相近。而 E 层的最高范围 130 公里或 150 公里均与“持鬘天”相关的 150.28 公里的高度范围一致。

从次，根据现代气象学可知，F 层区域在地面以上 150 公里至 500 公里以上 [31, 206]。夜间 F 层合并为一个层，白天分为 F1 和 F2 两个层。其中，F1 层处于高度 150~220 公里 (或 130~210 公里 [152]) 的区域，而 F2 层处于高度 220~800 公里 (或 210 公里以上 [152]) 的区域 [29]，如图 3.6 及图 3.7 所示。此外，F 层 (夜晚) 的局部最大电子密度所处的高度约为 250 千米，这和佛经描述的“四天王天”的 256.36 千米相近。而 F1 层的局部最大电子密度所处的高度约为 200 或 220 千米，这和佛经描述的“常憍天”相关的 194.48 千米和 212.16 千米相近。

综上所述，我们认为，佛经描述的 4 个层级所处的高度均和电离层中 D 层、E 层和 F 层 (可分为 F1 层和 F2 层) 的局部最大电子密度所处的高度相关联，并且多个高度值存在一致性。参考前文第 2.4.2 小节关于“虚空夜叉宫殿”所处的 44.2 千米高度也处于大气层温度变化的局部极大值区域¹⁵可知，佛经描述的这些对象所处的位置均和现代气象学所探测的某些大气物理指标 (气温或电子密度) 曲线的局部极大值所关联的高度相关。

最后，我们将佛经描述的 4 个层级，即“坚首天”、“持鬘天”、“常憍天”和“四大王天”的高度标识在电离层的电子密度变化图 3.6 中。从图中可以明显看出，佛经描述的这 4 个层级与电离层的电子密度的局部最大值存在高度相关关系。这不仅再一次印证了前文第 1.2 节关于 1 由旬换算的准确性，也让我们惊讶万分。数千多年前的佛陀又是如何知道大气电离层中的层级结构？以及那些关于层级高度和范围的极其精准的数值描述？当然并且显然的是，这绝非数千年前那个科学技术落后的时代可以知道的。

3.5 小结

结论 3.1 佛经描述的“四大部洲”从地图的视觉上看能很好的与“亚欧非大陆”、澳洲、南美洲和北美洲相关联，而这 4 块大陆又恰好处于南极洲的上下左右四个方位上，同时也符合了佛经的相关方位描述，如图 3.1 所示。

结论 3.2 佛陀对地球上的大陆结构及分布有充分的了解。此外，佛陀对地球的观测角度恰与世俗习惯相反，即当我们将地球仪的南极和北极颠倒调转之后就能得到佛陀对地球的观测角度。

结论 3.3 从方位等距投影地图 (图 3.1, 南极点至北极点)，即南极上空来看，“须弥山”所在的南磁极 [88] 确实为大地 (地球) 的中心。而南磁极 [88] 不仅是地球磁场的中心之一 (另一个

¹⁵也是大气平流层 [122] (Stratosphere) 和中间层 [75] (Mesosphere) 的分界面 (Stratopause)，见图 3.7 中左图 45 千米高度线和气温变化曲线图相交的绿点区域。注意，我们在前文第 2.4.2 小节中所引用的数值为 48 千米。若使用 45 千米作为标准，则“虚空夜叉宫殿”所处的 44.2 千米与之的数值误差为 $(45 - 44.2) \div 45 \approx 1.78\%$ ，而不是前文 2.4.2 小节中的 7.92%。

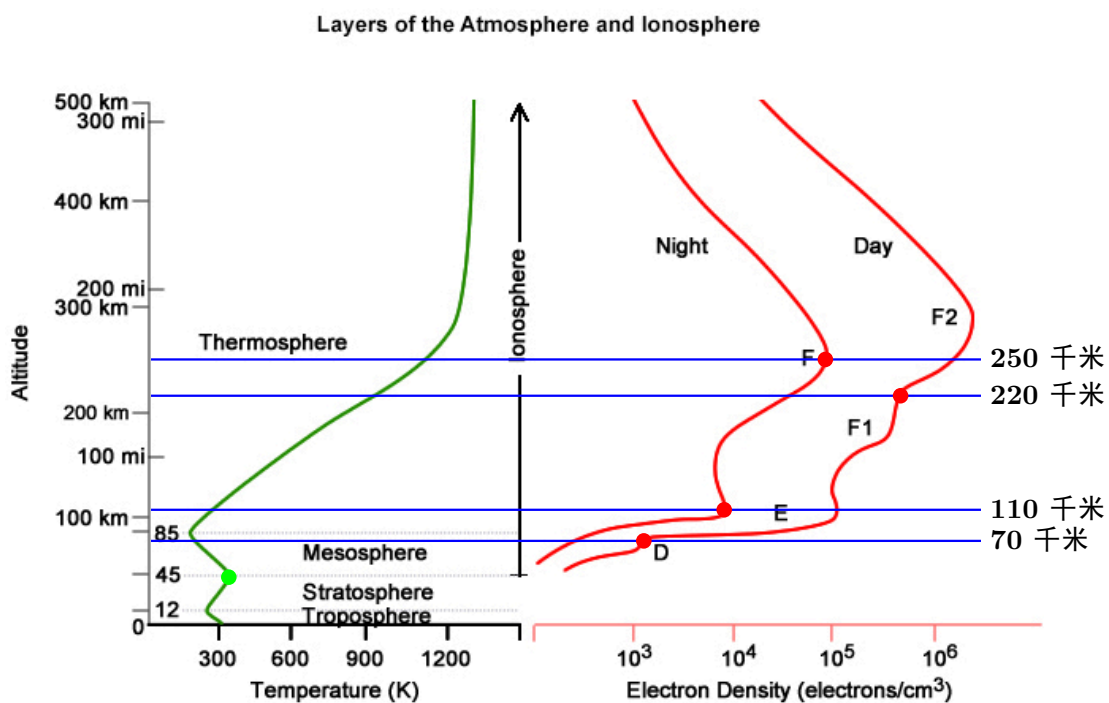


图 3.7: 左图: 大气层及温度变化图, 图中的绿点 (约 45 千米高度) 为气温变化的局部极大值。右图: 电离层及 (白天和黑夜) 电子密度变化图 [7], 图中红点为电离层各区域极值 (电子密度区域最大值)。

为北磁极)，也靠近地球自转轴相关的地理南极点 [87]，又因为整个地球上的一切均围绕自转轴旋转，南磁极 [88] 也确实极其近似地为全球的旋转中心。综上所述，认为“须弥山”为世界（全球）中心不仅与现代地理学一致，而且证据确凿，名正言顺，当之无愧！

结论 3.4 对于生活在南极洲附近的居民来说，太阳和月亮确实环绕地平线上下运动。而当出现极昼或者极夜现象的时候，在相当长的时间内，太阳或者月亮会在空中一直环绕旋转。因此，认为太阳和月亮绕“须弥山半腹”（与南磁极 [88] 关联的）旋转，是一个符合现代科学观测事实的地面观测描述！此外，站在地面上叙述太阳围绕大地转的这一地面观测描述并不能成为佛经支持“地心说 [98]”的证据。而众多分析表明，佛经并不支持大地（地球）作为宇宙中心的“地心说 [98]”。

结论 3.5 描述南北回归线 [84] 的经文再次印证了前文第3.1节中关于“阎浮提洲”与“亚非欧大陆”相关联的判断。一般人根据佛陀身处古印度，而佛经对“阎浮提洲”有“北广南狭 [224]”的外形描述及佛经对“阎浮提洲人”的种种描述与古代人相符，据此断定“阎浮提洲”为印度次大陆 [89]。此外，又根据佛经中“须弥山王南面有洲。名阎浮提。 [224]”推断“须弥山王”为世界的山界之王喜马拉雅山脉 [97]。而根据前文的分析可知，这些都是单从一两点描述而不是根据经文众多对象的内在描述逻辑作出的结论，是断章取义、以偏概全和片面歪曲的错误理解。

结论 3.6 佛陀对地球南北回归线 [84]、月相变化 [135]、月食 [136] 等成因都有准确的现代科学认知。

结论 3.7 “月大宫殿”及“日天大胜宫殿”（或“光明日大宫殿”，皆简称“日天宫殿”）¹⁶ 与我们认识范围内的月亮和太阳之间存在很好的关联关系，但是不能完全等同，它们之间的关系为对应非等价关系（又称“一体多面”）。

结论 3.8 佛陀对地球大气电离层 (Ionosphere) [99, 152] 的分层结构及相关高度范围具备众多极其精准的数值描述。这不仅再一次印证了前文第1.2节关于 1 由旬换算的准确性，也潜在的表明数千年前的佛陀知道地球的准确半径。

¹⁶ 补充：佛经描述的日月宫殿皆为“七宝”所构成，即（天）金、（天）银、（天青）琉璃、（天）颇梨、赤真珠、车磬、玛瑙等。

第四章 度量单位的换算

4.1 译本的单位混用现象

在前文第一章，我们换算出 1 由旬约为 4.42 米，并且在此后的章节中论证了这个换算的合理性。在本章，我们将对佛经的其它度量单位进行研究并完成其中一部分的换算工作。

首先，佛经的单位包括两种，一是度量单位 (measuring unit)，譬如，“由旬”、“俱卢奢”、“踰闍那”、“里”等。二是计数单位 (counting unit)，譬如，千、万、百万、千万、亿、百亿、千万亿等。在对佛经的数值进行描述换算的时候，我们需要同时考虑度量单位和计数单位是否正确。

其次，在近代人丁福保编写的《佛学大辞典》[70] 及佛学百科中，佛经单位“由旬¹”(Yojana) 被认为与“踰闍那”相同，而佛经翻译中也常有将两者混用的现象。譬如，在《起世经》的译本中，“踰闍那”出现了 146 次，而在具有相同内容的《起世因本经》中却一次都没有出现，全部都换成了“由旬”。此外，我们经过文本搜索发现 70 卷的《正法念处经》其使用的度量单位除了一处出现“拘睢”²外，其余均为“由旬”(共 511 处)。因此，我们认为佛经描述山海的经文存在众多度量单位混用现象，常以“由旬”取代其它度量单位。

然而，本章的研究将表明，这两者无论是发音 (音译) 还是实际的估算值都相差甚远，不能等同。强行等同只会造成一些夸张的表述，让人误以为佛经在描写奇幻的外星世界。

最后，根据度量单位几乎为音译的缘故，我们认为“踰闍那”、“踰缮那”、“踰膳那”这三者相同，“由旬”、“俞旬”、“由延”这三者相同，“俱卢奢”、“拘卢舍”、“俱嘘舍”、“拘卢奢”、“拘睢”这五者相同。

4.2 “里”的换算

我们发现部分佛经译文会出现度量单位“里”，譬如《正法念处经》的相关经文：

时阿修罗。欲破其军。于大海边。拔取大石。方四百里。或三百里。或二百里。或一百里。或一由旬。[41]

时婆罗门。以四千乘车。载众饮食。至大旷野。众人行路。欲施所须。见一佛塔。高二由旬。广五十里。[43]

¹古印度长度单位 [150]，佛学常用语，梵语 yojana 之音译，巴利语同。又作踰闍那、踰缮那、踰膳那、俞旬、由延。意译合、和合、限量、一程、驿等。梵语 yojana 乃‘附轭’之义，是由语根 yuj 而来的名词；即指公牛挂轭行走一日之旅程，大约七英里，即 11.2 公里 (千米)。

²见经文“见有大河。名瞿陀婆利。其水清静。广一拘睢。长二百由旬。[42]”。此外，此处的“拘睢”极有可能是“俱卢奢”。

在上面这两段经文中，“由旬”和“里”同时出现。由此可知，佛经在这里并没有使用“里”来换算³“由旬”。两者的共存意味着佛经中存在特有的度量单位“里”，其具体数值和我国古代的度量单位“里”无关。当然，是否佛经中所有的“里”都和古代的度量单位“里”无关，则需要具体问题具体分析。那么，这个“里”究竟有多长呢？

4.2.1 经文换算法及初步验证

根据西晋三藏法师竺法护译的《琉璃王经》的相关经文：

又大海水。深广之量。三百三十六万里。[218]

及《起世经一卷第一·阎浮洲品第一》的经文：

诸比丘。其大海水最甚深处。深八万四千由旬。边广无量。[224]

可知，“三百三十六万里”与“八万四千由旬”相等，即 1 由旬为 $336 \div 8.4 = 40$ 里。换言之，1 里为 $1 \div 40 = 0.025$ 由旬，约 $4.42 \div 40 = 0.1105$ 米。

因此，前面经文所描述的“四百里”为 $0.1105 \times 400 = 44.2$ 米、“三百里”为 $0.1105 \times 300 = 33.15$ 米、“二百里”为 $0.1105 \times 200 = 22.1$ 米、“一百里”为 $0.1105 \times 100 = 11.05$ 米，而“五十里”为 $0.1105 \times 50 = 5.525$ 米。由此可知，佛经的度量单位及数值描述在没有单位混用或其它干扰的情况下是严谨的。本节开头经文所描述的佛塔，即“见一佛塔。高二由旬。广五十里。[43]”，其高广比为 8:5。

4.2.2 “里”与“由旬”的混用

在本章前文中，我们曾分析过佛经度量单位的混用现象，特别是“由旬”与其它度量单位的混用现象。本小节将进一步探讨“由旬”和“里”的混用现象。以下是西晋三藏法师竺法护翻译的《琉璃王经》的相关经文：

释氏豪姓。又亦多集。众出而御之。族党骁勇。强盛善射。射四十里者。射二十里者。十里者。七里者。任其本德。御飞破初。箭不虚发。能析一发。以为七分。去有里数射尽中之。寻声应弦。曾无遗漏。于是交战。射琉璃王军。穿幡折幢。裂盖摧杠。截辘鞳。决铠带鞬。绝弓弩弦。不害象马牛畜之命。射珥臂指环钏瓔珞。而不中肌。剪除须发左右眉须发毛睫。亦不害体。琉璃怖骇。问臣下曰。敌去此几何。而箭所至伤毁若兹。答曰或四十里。二十里十里。近者七里。王闻加悸。不能自宁。[218]

这段经文描述了释迦族弓箭手的射程，并且表明释迦族的弓箭手“强盛善射”，令琉璃王深感恐惧（“王闻加悸。不能自宁。”）。按照本节关于“里”的换算可知，“四十里”约 $0.1105 \times 40 = 4.42$ 米，而“七里”约 $0.1105 \times 7 = 0.7735$ 米。这种距离作为古代弓箭的射程显然不符合常识。按照日常经验，一个三岁小孩用力抛掷手中的石块，其距离也不止 4.42 米。

如果我们将“里”换成“由旬”，则“四十由旬”约 $4.42 \times 40 = 176.8$ 米，而“七由旬”约 $4.42 \times 7 = 30.94$ 米。因古代弓箭的平均有效射程在 100 米左右，从 176.8 米到 30.94 米均属于古代弓箭正常合理的射程范围。此外，176.8 米的射程在古代确实属于善射。

³即无翻译的本地化 [137]。

4.3 “俱卢奢”的换算

我们这里分别采取“经文注释估算法”、“实地测量法”以及“天文估算法”进行“俱卢奢”的估算。

4.3.1 经文注释估算法

首先，根据《阿毗达磨俱舍论卷第十二·分别世品第三之五》的相关经文：

三节为一指。世所极成。是故于颂中不别分别。二十四指横布为肘。竖积四肘为弓。
谓寻。竖积五百弓为一俱卢舍。一俱卢舍许是从村至阿练若中间道量。[69]

可知，此处的 1 俱卢舍为 500 弓。根据前文的诸多分析可知，经文此处的“阎浮提人”即为我们熟知的人类。又根据佛经在描述“阎浮提人”的寿命时采取 100 岁⁴作为描述值，以及 2015 年世界百岁老人人口统计 [28] 中百岁老人所占比例为 6.2/100,000 可推知，佛陀使用某种极大覆盖值作为定值方式。延续这种定值方式，我们假设一个极高的 2 米为地球人类身高的极大覆盖值。因此 1 肘的长度约为 $2.0 \div 3.5 \approx 0.5714$ 米，1 弓约 2.286 米，而此处定义的 1 俱卢舍约为 $2.286 \times 500 = 1143$ 米。

其次，根据《起世经》对“俱卢奢”的长度定义有关的经文注释：

诸比丘。阎浮提人。身長三肘半。衣广中七肘。上下三肘半。[225]
一俱卢舍 (四肘名一弓千弓名一俱卢舍)。[232]

以及前面分析的 1 弓 (4 肘) 约 2.286 米。此处的 1,000 弓为 1 俱卢奢，因此 1 俱卢奢约为 $2.0 \div 3.5 \times 4 \times 1000 \approx 2286$ 米。通过对比可知，其值为前面《阿毗达磨俱舍论》相关注释所估算值的 2 倍。

那么，为什么会出现两种不同的情况呢？我们且看《阿毗达磨大毗婆沙论卷第一百三十六·大种蕴第五中具见纳息第三之三》的相关经文：

二十四指节成一肘。四肘为一弓。去村五百弓。名阿练若处。从此已去名边远处。则
五百弓成摩揭陀国一俱卢舍。成北方半俱卢舍。所以者何。摩揭陀国其地平正去村虽
近而不闻声。北方高下远犹声及。是故北方俱卢舍大。[37]

由上面的这段经文可知，500 弓的俱卢舍为摩揭陀国的度量单位，而北方俱卢舍大，为 1000 弓。显然，《起世经》的经文注释使用的是古印度北方的俱卢舍 (1000 弓)。至此，我们可以认为佛经存在 2 种“俱卢奢”，分别为 500 弓约 1143 米的“摩揭陀国俱卢奢”和 1000 弓约 2286 米的“北方俱卢奢”。那么，究竟哪一种更符合一般经文的定义呢？

⁴“阎浮提人。寿命百年。[225]”

4.3.2 实地测量法

根据《根本说一切有部百一羯磨卷第三·次明结界法》(唐三藏法师义净译)的相关注释:

然则那烂陀寺南向王舍城。有五俱卢舍。计其里数可一驿余耳。[47]

经文注释在这里提及那烂陀寺 [168] (Nalanda) 和王舍城 [148] (Rajgir) 之间的距离为 5 俱卢舍。根据现代考古学可知,那烂陀寺又作那兰陀寺、阿兰陀寺,意译为施无厌寺,全称那烂陀僧伽蓝。为古代中印度摩揭陀国首都王舍城北方之大寺院,其地即今拉查基尔 (Rajgir) 北方约十一公里处之巴达加欧 (Baragaon)。而王舍城 (Rajgir), 是印度次大陆的佛陀时代 (公元前 6-前 4 世纪) 十六大国之一的摩揭陀国早期的都城,也是佛祖释迦牟尼长期居住修行的地方,佛陀逝世后,在王舍城举行了第一次佛教结集,是佛教圣地之一。因此,根据两地相距约 11 公里以及经文注释的 5 俱卢舍可知,1 俱卢舍约为 $11000 \div 5 = 2200$ 米。

此外,根据 Google Earth 专业软件的测量,那烂陀寺 [168] (Nalanda⁵) 和王舍城 [148] (Rajgir⁶) 之间的距离为 12.05 千米 (详情见附录.1), 可知 1 俱卢舍约为 $12050 \div 5 = 2410$ 米。因两地之间的距离测量存在一定的定义模糊⁷和测量误差,我们认为 2200~2410 米都是合理的范围,而这个范围也包含了《起世经》注释法所得到的 2286 米 (“北方俱卢舍”)。

最后,我们将前面不同的测算结果整理成表 4.1。根据前面的分析可知,经文中的度量单位“俱卢奢”存在 500 弓的“摩揭陀国俱卢奢”和 1000 弓的“北方俱卢奢”,实地测量的结果则显然支持了 1000 弓的“北方俱卢奢”(也即《起世经》注释中的俱卢奢)。

测算方法	注释长度	实际估算值
《阿毗达磨俱舍论》注释	500 弓	1143 米
《起世经》注释	1000 弓	2286 米
实地测量	五俱卢舍为一驿余	2200~2410 米

表 4.1: “俱卢奢”换算表

综上所述,与“摩揭陀国俱卢奢”相比,我们认为“北方俱卢奢”更符合一般经文的定义。

4.3.3 天文测算法

我们且看《起世因本经》的相关描述:

日天宫殿。常行不息。六月北行。于一日中。渐移北向。六俱卢奢。未曾暂时离于日道。六月南行。亦一日中。渐移南向。六俱卢奢。不差日道。[222]

诸比丘。日天宫殿。六月已后。渐向南行。[222]

⁵那烂陀寺 (Nalanda) 遗址 [32] 地理坐标: 25° 8'12"N, 85° 26'38"E

⁶王舍城 (Rajgir) 遗址园区 [33] 地理坐标: 25° 1'48"N, 85° 25'12"E。

⁷究竟是从城市中心还是城门口开始测量,将导致若干千米的差距。

上面这两段经文描述了佛陀解释冬天夜长昼短，而夏天昼长夜短的问题。佛经的表述是，太阳（直射点）在 6 个月时间内会逐渐向北移动，看上去每日向北偏移 6 俱卢奢的距离，实则轨道不变。而向北移动 6 个月后，就会开始为时 6 个月的向南移动，每日向南偏移 6 俱卢奢，太阳（直射点）的运行轨道不变。这些描述相当于叙述了南北回归线 [84] 的定义。回归线是太阳每年在地球上直射来回移动的分界线。根据现代地理学，南、北回归线指的是地球上南、北纬 $23^{\circ}26'$ 的两条纬度圈。北纬 $23^{\circ}26'$ 称为北回归线 [82]，是阳光在地球上直射点的最北界线。南纬 $23^{\circ}26'$ 称为南回归线 [85]，是阳光在地球上直射点的最南界线。根据南北回归线 [84] 的夹角，即 $23^{\circ}26' \times 2 = 46.87^{\circ}$ ，和地球的半径 6371 千米，我们可以推算出南北回归线 [84] 的球面距离约为 $2\pi \times 6371 \times \frac{46.87}{360} = 5211.7$ 千米。太阳（直射点）6 个月（半年）走完，则每一天平均走 $5211.7 \div (365 \div 2) = 28.557$ 千米，也就是经文中的“六俱卢奢”。换言之，1 俱卢奢约为 4,759.5 米，即 4,760 米。

对比《起世经》相关注释定义所估算出的 2286 米，天文测算法所得出的“天文俱卢奢”约为“北方俱卢奢”的 $4759.5 \div 2286 \approx 2.082$ 倍。那么，这些估算可靠吗？

4.3.4 换算可靠性的初步验证

我们且看下面经文对云高度的描述：

诸比丘。世间有云。从地上升。在虚空中。或有至一俱卢奢住。或二或三俱卢奢住。乃至六七俱卢奢住。[230]

这一段佛经描述的是云层的高度，我们将不同测算方式得出的“摩揭陀国俱卢奢”、“北方俱卢奢”和“天文俱卢奢”以及它们相关的“一俱卢奢住”、“二或三俱卢奢”及“六七俱卢奢”所对应的高度整理成表 4.2。

高度 (俱卢奢)	摩揭陀国俱卢奢 (500 弓)	北方俱卢奢 (1000 弓)	天文俱卢奢
1	1143	2286	4760
2	2286	4572	9520
3	3429	6858	14280
6	6858	13716	28560
7	8001	16002	33320

表 4.2: 云高度表 (单位: 米)

根据现代气象学 [105]，地球上的云层一般出现在大气的对流层 [118] (Troposphere)，而对流层的高度因纬度而不同，在低纬度地区平均高度为 17~18 千米，在中纬度地区平均为 10~12 千米，在高纬度地区平均为 8~9 千米，并且夏季高于冬季。此外，贝母云 [163] (Nacreous cloud) 作为一种色彩绚丽、薄而纤细的罕见云彩，可在高纬度地区 20~30 千米高空出现。因此，对比

表4.2的相关数据,“摩揭陀国俱卢奢”所关联的数值偏低,而“北方俱卢奢”和“天文俱卢奢”所关联的数值均为地球上合理的范围。

综上可知,“俱卢奢”千米以上的换算数值和“由旬”的 4.42 米相去甚远,将“由旬”和“俱卢奢”混淆将导致数值描述错误。此外,我们认为,无论是“摩揭陀国俱卢奢”、“北方俱卢奢”还是“天文俱卢奢”都有存在的价值,它们极可能在佛经的翻译和传抄过程中被逐渐混淆在一起。

4.4 “踰阇那”的换算

4.4.1 经文注释估算法

《根本说一切有部百一羯磨卷第三·次明结界法》(唐三藏法师义净译)的相关描述:

言踰膳那者。既无正翻义。当东夏一驿可三十余里。旧云由旬者讹略。若准西国俗法。四俱卢舍为一踰膳那。计一俱卢舍可有八里。即是当其三十二里。若准内教。八俱卢舍为一踰膳那。一俱卢舍有五百弓。弓有一步数。准其步数才一里半余。将八倍之当十二里。此乃不充一驿。亲验当今西方踰膳那。可有一驿故。今皆作一驿翻之。庶无远滞。然则那烂陀寺南向王舍城。有五俱卢舍。计其里数可一驿余耳。[47]

这段经文注释阐述了以下观点:

- 东夏一驿有 30 多里,旧时将这个距离称为“由旬”是错误(讹)的。
- 以西国俗法为准,则 4 俱卢舍为 1 踰阇那,1 俱卢舍为 8 里。以内教为准,则 8 俱卢舍为 1 踰阇那。按照 1 俱卢舍为 500 弓的算法,1 俱卢舍仅 1 里半,8 俱卢舍才 12 里,与一驿(30 多里)相差甚远。
- 那烂陀寺南与王舍城之间有 5 俱卢舍,按照里数有一驿多(30 多里)。

根据前文的分析可知,那烂陀寺 [168] 和王舍城 [148] 之间的距离介于 11 千米和 12 千米之间,而近代人丁福保编写的《佛学大辞典》[70] 及佛学百科中,佛经单位“由旬”被认为是公牛挂轭行走一日之旅程,大约七英里,即 11.2 公里(千米),也在这个范围内。经文注释表明,将这个距离称为“由旬”是错误的。由此可知,将公牛挂轭行走一日之旅程的 11.2 千米称为“由旬”,是从古至今的错误,而唐三藏法师义净在经文注释中就明确指出这种错误。

此外,这段经文注释表明,以 500 弓为 1 俱卢舍,无论是 4 俱卢舍为“1 踰阇那”,还是 8 俱卢舍为“1 踰阇那”都不足一驿。我们认为,这从侧面反映出 1000 弓为 1 俱卢舍的“北方俱卢奢”的合理性。最后,我们如果以内教为准,按照 1000 弓为 1 俱卢舍、8 俱卢舍为 1 踰阇那,则“1 北方踰阇那”为 $2286 \times 8 = 18288$ 米,约 18.29 千米。如果以“天文俱卢奢”为准,则“1 天文踰阇那”为 $4760 \times 8 = 38,080$ 米,即 38.080 千米。

4.4.2 换算可靠性的初步验证

我们且看下段经文的注释:

若众生辈。离彼一百踰闍那住（踰闍那者隋数四十里也）。[232]

佛经的翻译注释认为 1“踰闍那”为隋朝的四十里，而古代的“里”究竟有多长呢？根据相关资料 [72] 可知，“里”起源于中国周代，当时一里为 18 引 = 1800 尺，战国、秦汉一里约 415.8 米，后世实际长度历代不同。商周时期约为 406.8 米（推算），秦汉时期约为 415.8 米（标准取值），隋代约为 531 米（推算），唐代约为 454 米（推算），清光绪 34 年约为 576 米，民国 1929 改为 500 米，与公制相对应。

而隋朝的 1 里为 531 米，因此 1“踰闍那”为 $531 \times 40 = 21240$ 米，即 21.24 千米。若以此处的数值为标准，则与上面“北方踰闍那”估算出的 18.29 千米存在 $(21.24 - 18.29) \div 21.24 \approx 13.89\%$ 的误差。反之，若我们以 18.29 千米为标准，则可以推算出隋代的 1 里约为 $18.29 \div 40 = 457.25$ 米。

因此，基于“北方俱卢奢”的“北方踰闍那”更符合一般经文的定义。

4.5 小结

结论 4.1 佛经翻译中存在度量单位混用的现象。譬如，“由旬”是最常见的和多个单位混合⁸使用的度量单位。因此，当出现“由旬”时，我们需要根据上下文来考虑是否为“踰闍那”，或其它度量单位，反之亦然。此外，需要特别注意将“踰闍那”误换成“由旬”的情况。

结论 4.2 佛经中出现的度量单位“里”，其中有一些，其具体数值和我国古代的度量单位“里”无关，更与现代的“一里”等于 500 米毫无关系。我们的分析表明 40 里为 1 由旬，即 1 里为 0.025 由旬，约 0.1105 米。此外，佛经（译本或传抄本）中，“里”与“由旬”之间存在单位混用现象，有一些“里”实则为“由旬”或其它度量单位。

结论 4.3 我们认为，“北方俱卢奢”为经文的标准“俱卢奢”。因此，在一般情况下，我们以“北方俱卢奢”为准，即“1 俱卢奢”约 2,286 米。此外，基于天文测算法得出的“天文俱卢奢”，即 4,760 米，也是经文单位混用现象下需要考虑的对象。在后文的分析中，我们将综合考虑这两种不同的“俱卢奢”。

结论 4.4 将公牛挂轭行走一日之旅程的 11.2 千米⁹称为“由旬”，是从古至今的错误，而唐三藏法师义净在经文注释中就明确指出这种错误。

结论 4.5 对于佛经的度量单位“踰闍那”，按照“内教法”及“北方俱卢奢”的定义，我们认为其值（北方踰闍那）约为 18,288 米。若按照“内教法”及“天文俱卢奢”，则为 38,080 米（天文踰闍那）。在后文的分析中，我们将综合考虑这两种不同的“踰闍那”。

结论 4.6 我们换算出的 1 弓约为 2.286 米，1 肘约为 0.5714 米。

⁸在梵文经文的多次传抄过程中，佛经度量单位“踰闍那”、“俱卢奢”、“里”都有可能和“由旬”互换且混用。

⁹约为那烂陀寺 [168] 和王舍城 [148] 之间的距离。

第五章 须弥山上诸天宫殿（一）：欲界

本章，我们继续就须弥山相关的经文进行解读。在前文第一章中，我们曾提到“须弥山（王）”是佛陀在《起世经》中，以地面的观测角度¹介绍世界（或小世界）中各类地区事物的起始标定物，为介绍的坐标中心。而在第2.1节中，我们曾经提到极光 [140] 与“天人”相关联。那么，在太阳系中，除了地球南北极上空存在极光 [140]，哪里还存在极光 [140] 呢？

5.1 八大行星

根据现代天文学观测 [140,202]，火星、木星、土星、天王星、海王星上均发现了极光 [140]。而我们知道佛经中除了“四大天王天宫殿”、“三十三天宫殿”还有众多不同的“诸天宫殿”，我们猜测这些“诸天宫殿”和太阳系的行星存在某种关联性。根据这条线索及推理思路，我们在佛经中找到相关的经文进行验证，请看下面经文：

诸比丘。须弥山半。四万二千由旬中。有四大天王宫殿。诸比丘。须弥山上。有三十三诸天宫殿。帝释所住。三十三天。向上一倍。有夜摩诸天宫殿住。其夜摩天。向上一倍。有兜率陀诸天宫殿住。其兜率天。向上一倍。有化乐诸天宫殿住。其化乐天。向上一倍。有他化自在诸天宫殿住。其他化自在天。向上一倍。有梵身诸天宫殿住。其他化上梵身天下。于其中间。有魔波旬诸宫殿住。[224]

“诸天宫殿”按照从下到上的关系依次为：“四大天王宫殿”、“三十三诸天”、“夜摩诸天”、“兜率陀诸天”、“化乐诸天”、“他化自在诸天”、“魔波旬诸宫殿”、“梵身诸天”。此外，从“三十三诸天”开始向上存在距离上的一倍增关系。

由之前的分析可知，“四大天王宫殿”在“须弥山王”半的高度，关联于地球 185.82 千米高空。根据佛经描述，其它“诸天”均在“须弥山”以上²。如果“四大天王宫殿”所在地关联于地球 185.82 千米高空，那么在以太阳为中心的太阳系里，从内圈向外圈依次排列的水星、金星、地球、火星、小行星带、木星、土星、天王星、海王星、冥王星等应该部分或者全部和“诸天”之间存在某种顺序上的一一关联关系。

根据上段佛经的描述，我们知道从“三十三诸天”开始，“夜摩诸天”、“兜率陀诸天”、“化乐诸天”、“他化自在诸天”和“梵身诸天”，按照顺序，两两之间的距离存在翻一倍增加的关系，同时“魔

¹请参考前文第3.2节的相关分析以及本文《重要声明》中《为什么可以对部分佛经进行基于现代科学观测的验证？》关于佛陀因势利导地进行教学的论述。

²这里的“须弥山上”即为“须弥山顶以上”的意思，即其它“诸天”均在 371.64 千米以上的太空里。

波旬诸宫殿”处于“他化自在诸天”和“梵身诸天”中间。这里解释一下“向上一倍”的意思，即，如果“三十三诸天”与“夜摩诸天”的间隔距离为 X ，则“夜摩诸天”与“兜率陀诸天”之间的间隔距离为 $2X$ 。

根据现代天文学 [80]，我们首先列举各天体和太阳之间的平均距离，即半长轴。由 1 天文单位 (AU ，即地球到太阳距离) = 149600000 千米 = 1.496×10^8 千米 (约 1.5 亿千米) 可知，木星与土星的间隔为 $4.378AU$ ，土星与天王星的间隔为 $9.647AU$ ，天王星与冥王星的间隔为 $20.311AU$ ，而海王星 (约 $30AU$) 恰好夹在天王星 (约 $20AU$) 和冥王星 (约 $40AU$) 正中间。木星、土星、天王星、冥王星两两之间的间隔顺次有一倍增的关系，而海王星又恰好在天王星和冥王星正中间，完全符合上面经文的描述：

其兜率天。向上一倍。有化乐诸天宫殿住。其化乐天。向上一倍。有他化自在诸天宫殿住。其他化自在天。向上一倍。有梵身诸天宫殿住。其他化上梵身天下。于其中间。有魔波旬诸宫殿住。[224]

从而“兜率陀诸天”关联于木星，“化乐诸天”关联于土星，“他化自在诸天”关联于天王星，“魔波旬诸宫殿”关联于海王星，“梵身诸天”关联于冥王星。同时，如前所述，“四大天王宫殿”关联于地球，那么剩下的“三十三诸天”和“夜摩诸天”就只好依次关联于火星和小行星带。根据现代天文学知识 [119]，小行星带并非一颗行星，而是由数以万计以上的小行星组成的呈现带状的小行星集合，如图5.1所示。

如果佛经描述的倍增关系是准确的，那么我们可以假设小行星带本身是（或包含）一颗假设行星，根据火星和木星的半长轴及佛经记载的倍增关系，我们可以算出该假设行星的半长轴为：

$$1.524 + \frac{5.204 - 1.524}{3} = 2.75AU$$

又根据小行星带核心半长轴的分布图，如图5.2所示，其范围的平均值就在 $\frac{2+3.5}{2} = 2.75AU$ ，完全符合了佛经倍增关系的推测结果。

我们把所有的相关数据列举在表5.1中。

天体	半长轴	近日点	远日点	远近日点差	关联诸天
地球	1.00	0.983	1.017	0.034	四大天王宫殿
火星	1.524	1.381	1.666	0.285	三十三诸天
小行星带	2.75	2	3.5	1.5	夜摩诸天
木星	5.204	4.95	5.458	0.508	兜率陀诸天
土星	9.582	9.048	10.116	1.068	化乐诸天
天王星	19.229	18.376	20.083	1.707	他化自在诸天
海王星	30.104	29.766	30.441	0.675	魔波旬诸宫殿
冥王星	39.54	29.656	49.319	19.663	梵身诸天

表 5.1: 行星 - 诸天 (须弥山上) 关联表 (单位: AU , 即地球到太阳的距离)

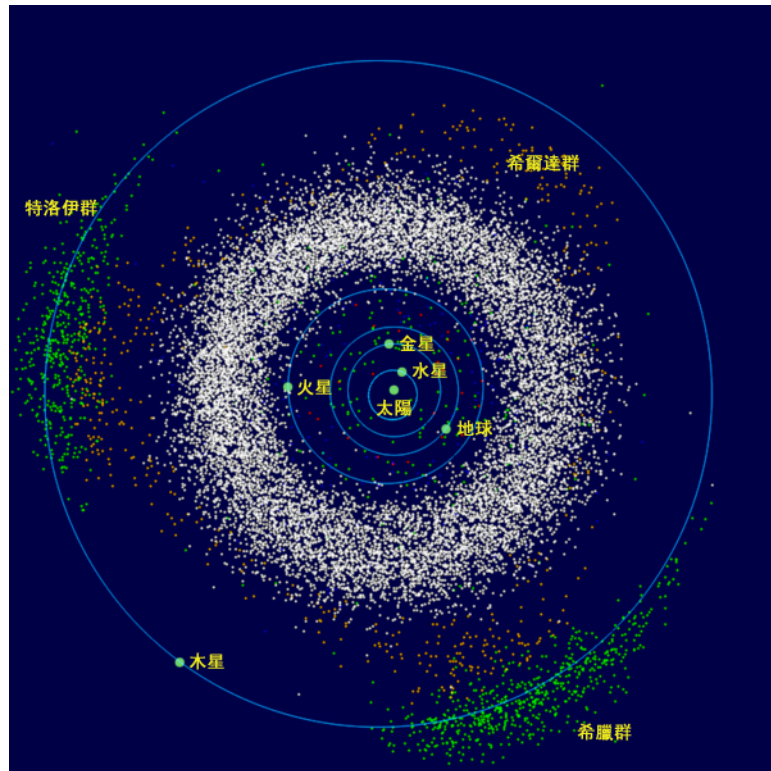


图 5.1: 主要的小行星带 (以白色显示) 位于火星和木星轨道之间。从天球北极观察 [183] (彩图更佳)。

由表5.2可知，火星、小行星带、木星、土星、天王星、冥王星³两两之间的间隔依次存在“向上一倍”关系，而这一点，佛经的描述与之相符。

表5.3中，由半长轴可知，海王星正好处于天王星和冥王星正中间，佛经描述与之符合：

其他化上梵身天下。于其中间。有魔波旬诸宫殿住。[224]

如果我们把“诸天”当作一种指代手法（关联关系），那么佛经描述的世界和我们已知的天文知识再一次高度契合，而且在距离倍增的关系上有着极其精准的描述。换言之，就目前分析而言，佛陀完全了解我们太阳系内部水星和金星除外的各行星的间隔距离及排布。同时，“须弥山上”对应地球公转轨道之外，天体的半长轴“越长”则代表“越上”。更重要的是数千年前的佛陀就知道天王星、海王星和冥王星的存在。而据我们的历史记录，天王星的发现日期是 1781 年 3 月 13 日，海王星的发现日期是 1846 年 9 月 23 日，冥王星的发现日期是 1930 年 2 月 18 日。佛陀是如何知道天王星，海王星和冥王星这些在地球上几乎无法用肉眼观测到的行星的呢？

此外，根据佛经记载，欲界“诸天”皆有“天人”居住，而欲界“天人”的某种外显形态，由我们之前的分析可以知道，关联于极光 [140] 现象。换言之，佛陀不仅认为地球有极光 [140]，而且根据佛经的描述可推测，火星、木星、土星、天王星、海王星都应该有极光 [140]。数千年前的佛陀又是如何知道这些行星上会有极光 [140] 的呢？再次，佛学里面把世界划分为“欲界”、“色界”和

³后文第5.3节有调整，“梵身诸天”关联于柯伊伯带 [203] (Kuiper Belt) 主盘（中心也约为 40AU），也包含了冥王星。

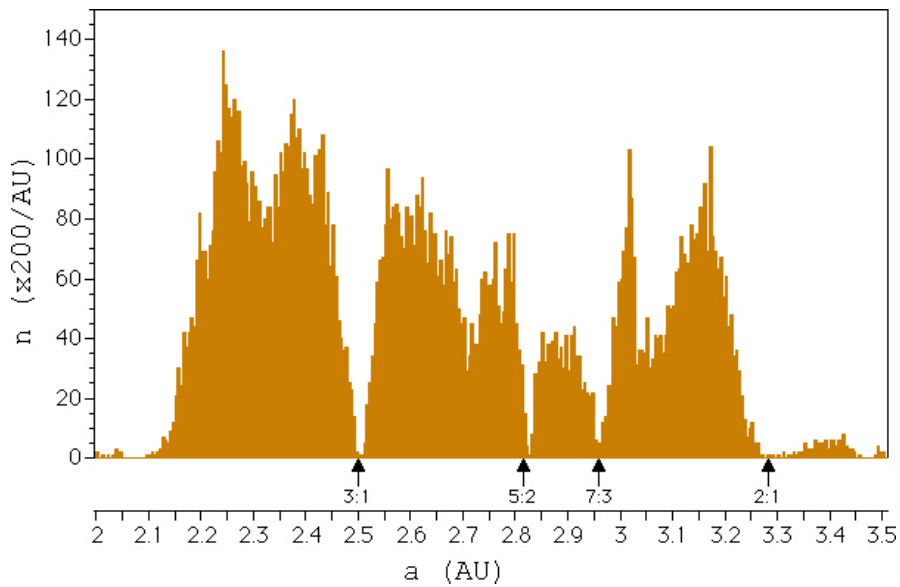


图 5.2: 小行星带核心的半长轴分布图, 深蓝色箭头是柯克伍德空隙, 是与木星轨道共振的不稳定带 [183]。

天体	半长轴	间隔	关联诸天
火星	1.524	NA	三十三诸天
小行星带	2.75	1.226	夜摩诸天
木星	5.204	2.454	兜率陀诸天
土星	9.582	4.378	化乐诸天
天王星	19.229	9.647	他化自在诸天
冥王星	39.54	20.311	梵身诸天

表 5.2: “向上一倍”关系表 (单位: AU, 即地球到太阳的距离)

“无色界”, “魔波旬”为欲界最大的天主, 而海王星 (关联于“魔波旬诸宫殿”) 又是太阳系八大行星最外的一颗行星。同时, 我们知道国际天文学联合会 (IAU) 2006 年的会议上将冥王星降格为矮行星, 冥王星被踢出太阳系行星行列 [80], “欲界”和现代天文学对太阳系的行星划分又刚好对应起来, 这难道又会是一种巧合吗?

5.2 “夜摩天”与小行星带

佛经是否存在其它经文对前面的“诸天”关联工作进行验证? 我们且看《正法念处经卷第三十六·观天品第六之十五 (夜摩天之初)》关于“夜摩天”的相关经文:

彼夜摩天。凡有几地。举高几许。何物为地。彼见闻知。彼一切地。有三十二高五千由旬。彼夜摩天。住于虚空。如虚空中所有云聚。为风所持。如此地根。下有水持。水

天体	半长轴	关联诸天
天王星	19.229	他化自在诸天
海王星	30.104	魔波旬诸宫殿
冥王星	39.54	梵身诸天

表 5.3: 魔波旬诸宫殿位置表（单位：AU，即地球到太阳的距离）

为风持。名阎婆风。持夜摩天。如持云聚。何等名为三十二地。一名势力。二名乘处游行。三名云处游行。...（此处省略第四到第三十的名称）... 三十一名上行。三十二名林光明。[38]

由前面的分析可知，“夜摩天”与小行星带相关联。经文表示，“夜摩天”住于虚空并且像“云聚”一般，且被名为“阎婆风”的力量所持（维持）。这段经文很形象的表明“夜摩天”由多地（32地）构成，整体外形如“虚空中云聚”。

我们如何理解经文的“彼一切地。有三十二 [38]”呢？现代天文学认为小行星带由数以万计⁴的小行星组成 [119]。除了最大的三颗平均直径超过 400 千米的小行星⁵，在主带中只有一颗矮行星——谷神星 [208]，直径大约 950 千米（平均半径为 475 千米）。2006 年，国际天文学联合会将谷神星重新定义为矮行星，谷神星曾被认为是太阳系已知最大的小行星 [162]。在红外线波段的巡天显示，直径在 1 千米以上的小行星数量在 700,000 至 1,700,000 颗之间，而且还可能更多 [23]。其余的小行星都不大，有些甚至只有尘埃那样大 [183]。

此外，小行星可以由小行星族 [120,196] 来划分。小行星族是一些有相似的轨道要素，例如半长轴、扁率、轨道倾角的小行星。当小行星的轨道元素被描绘出来时（传统上是轨道倾角与离心率或是轨道半长轴对应），一定数量的小行星在背景环境中有着相当一致的集中度，这些集中性就造成了小行星的家族。迄今为止，有 28 个小行星族被明确的辨认出来，包括曙神星族、司法星族、花神星族等 [196]，目前辨识工作还在继续。图5.3中左图显示了主带的小行星由不同的族群构成，而右图则显示了知名的小行星族及其集群结构。综上所述，小行星带的整体外观可看作由多块“云状”星群所组成，如图5.1点集所示。我们在这里大胆猜测，佛经所描述的“三十二地”与小行星族有关，而目前已被明确辨认出来的小行星族为 28 个。

又如何理解经文的“如此地根。下有水持。[38]”呢？根据现代天文学关于谷神星 [162,208] 的探索可知，谷神星（Ceres），是太阳系中最小的、也是唯一位于小行星带的矮行星。由意大利天文学家皮亚齐发现，并于 1801 年 1 月 1 日公布，其部分轨道参数如表5.4所示。

天体	半长轴	近日点	远日点	远近日点差	关联诸天
谷神星	2.7675	2.5577	2.9773	0.4196	夜摩诸天

表 5.4: 谷神星 - “夜摩诸天”关联表（单位：AU，即地球到太阳的距离）

⁴小行星的总数可能高达数百万颗或更多，这取决于如何界定小行星尺寸的下限。

⁵分别为智神星 [201]、健神星 [185] 和灶神星 [205]。

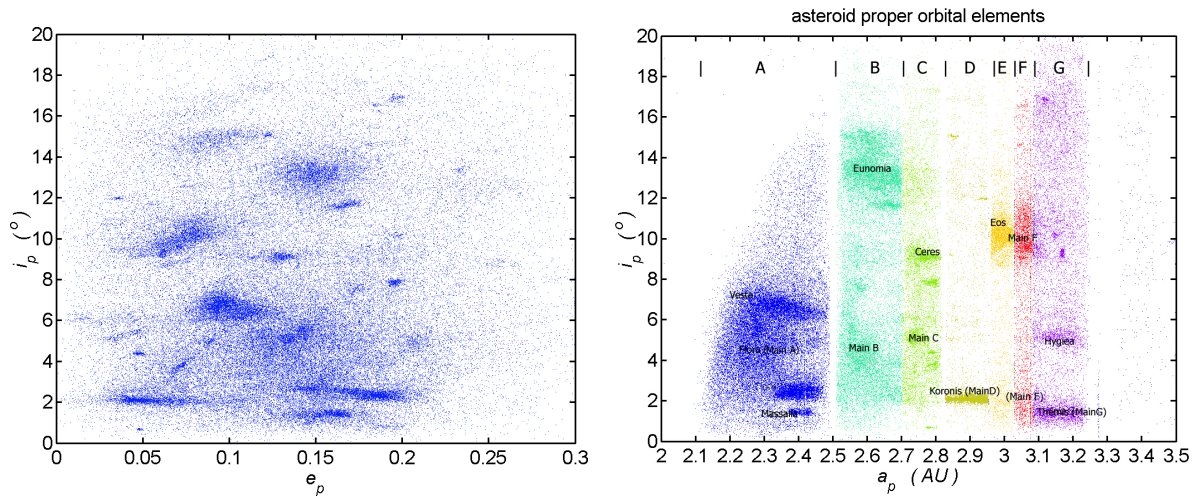


图 5.3: 左图描绘出已经编号的小行星轨道倾角 (i_p) 与离心率 (e_p) 显示出一些小行星的族群。[183]。右图为知名的小行星家族独特的倾角对应于轨道半长轴图, 可以看出小行星的家族成为明显的集群 [196]。

在表5.4中, 谷神星 [162,208] (Ceres) 的半长轴为 $2.7675AU$, 与我们前文关于小行星带本身是 (或包含) 一颗假设行星所推测的 $2.75AU$ 相近, 因此谷神星可以作为“夜摩诸天”的代表。

现代天文研究 [162] 表明谷神星很可能是一个分化型星球 [19], 具有岩石内核, 地幔层包含大量冰水物质, 现探测到星球表面有大量载水矿物质。谷神星的红外线光谱显示出水合的材料无所不在, 表明其内部存在大量的水, 初步推测水占谷神星体积的 40%。此外, 科学家推测在谷神星冰地幔之下可能留有液态水的内部海洋 [14]。2014 年 1 月, 赫歇尔空间天文台 (Herschel space observatory) 在谷神星的几个地区都检测到排放出的水蒸气 [6]。

长期以来科学家一直研究谷神星表面亮光区域形成的原因, 他们首先发现这些明亮的区域主要是由碳酸钠组成的沉积物, 碳酸钠是钠、碳和氧的化合物。它们很可能来自于渗透到地表并蒸发的液体, 留下了高度反射性的盐壳。但他们尚未确定的是这些液体来自哪里。通过美国国家航空航天局 (NASA) “黎明”号宇宙飞船 (NASA’s Dawn spacecraft) 向科学家们提供的关于矮行星谷神星的特殊特写照片 (任务接近尾声时收集到的数据), “黎明”号的科学家们得出结论 [216], 这些液体来自一个深储盐水, 或含盐丰富的水。又通过研究谷神星的重力, 科学家们对这颗矮行星的内部结构有了更多的了解, 并能够确定卤水储层约 25 英里 (40 千米) 深, 数百英里宽。而这一切恰好符合了“如此地根。下有水持。[38]”的佛经描述。

那么, 如何理解经文的下一句“水为风持。[38]”呢? 我们认为, 与前文第1.2节关于地球最内部为“风聚”类似, 这里的“水为风持”表明谷神星的最内核为气态物质结构。图5.4显示了目前科学家对谷神星内部可能结构的推测 [14]。我们认为, 与现代科学的推测结构相比, 佛经表明谷神星地表下面存在水层, 且最内核为气态物质结构。而经文“高五千由旬。[38]”则很可能表示谷神星 (Ceres) 的地表外壳的厚度约为 $4.42 \times 5000 = 22.1$ 千米。这些细节表明佛经的相关描述与众多现代科学对谷神星内部结构推测有相似点, 但也有不同点。相比之下, 除了岩石内核 (Silicate Core) 之外, 佛经的相关描述与图5.4中 C 子图的结构最为接近。真相究竟如何, 我们

且待科学的进一步探索。

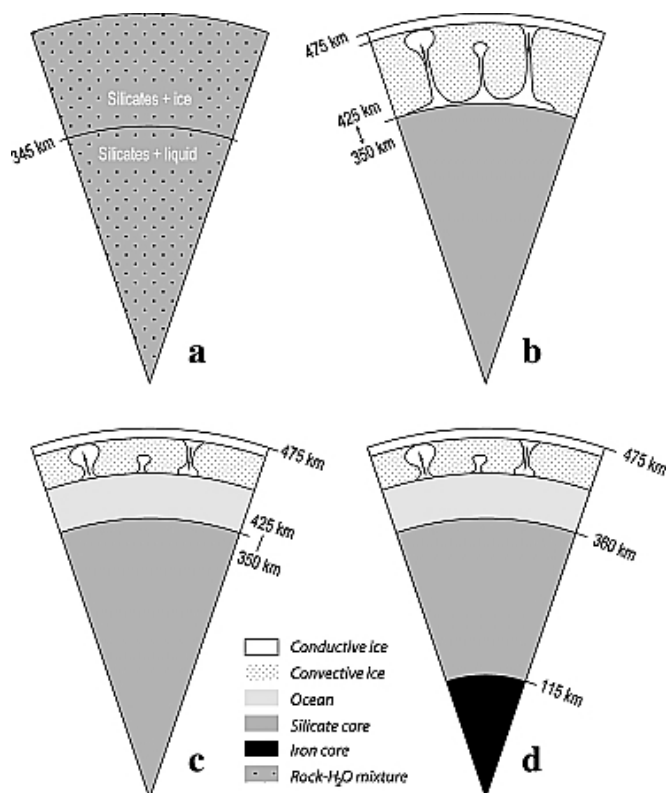


图 5.4: 谷神星 (*Ceres*) 内部可能的结构 [14]: (a) 由 H_2O 和高密度硅酸盐 (*high-density silicates*) 混合而成的均匀小行星。(b) 分层结构: 半径为 350 千米的高密度硅酸盐核或者半径为 425 千米的低密度 (*serpentine*) 核和外层冰层。(c) 与 (b) 相同, 但抗冻材料 (氨) 的存在保持了一个液体层 (*Ocean*)。(d) 谷神星完全分化模型与一个内部铁芯。

最后, 佛经将小行星带描述为“云聚”, 即多块 (32 地) 云状的星群所聚集而成的集合, 是非常形象和传神的写照, 印证了前文关于“夜摩天”与小行星带的关联工作。到了这里, 我们可以相信佛陀对我们所处的太阳系有着很多深刻的了解, 而这些了解都远远超出了那个时代人类的认知水平。

5.3 “梵身诸天”世界

在前文第 5.1 节关于太阳系行星和佛经“诸天”关联关系的分析中, “梵身诸天”关联于半长轴约为 $40AU$ 的冥王星, 但考虑到冥王星拥有和太阳系八大行星不同的更偏向扁椭圆的运行轨道, 在这一节我们重新考虑“梵身诸天”更为准确的关联天体。

根据现代天文学知识, 我们注意到美国国家航空航天局 (NASA) [156] 官方网站 [215] 对柯伊伯带 [203] (Kuiper Belt) 位置的描述:

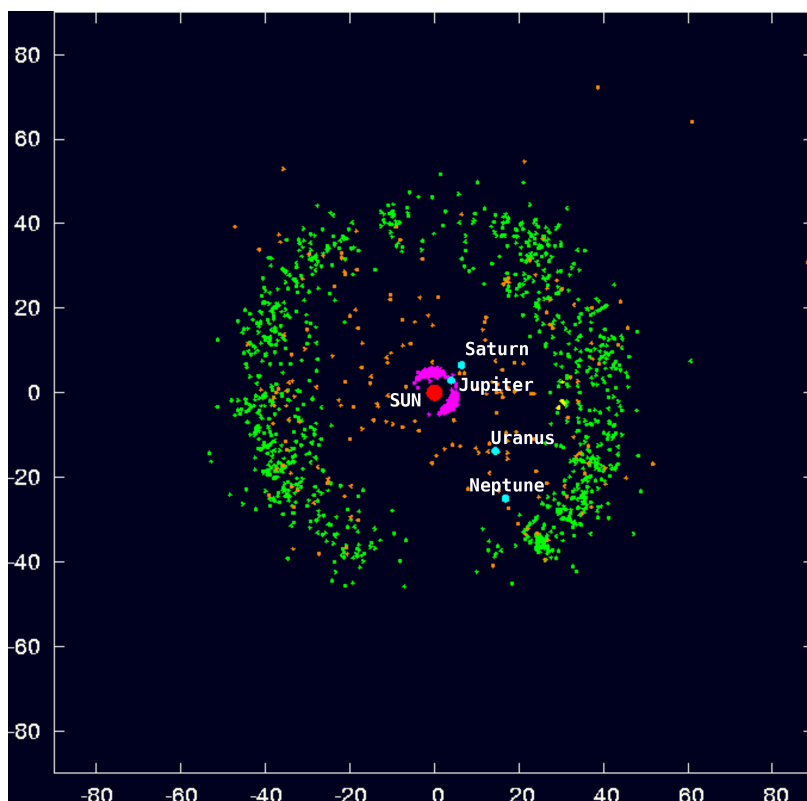


图 5.5: 柯伊伯带：主带天体为绿色，分散的天体为橙色 [203]（彩图更佳）

Where is the Kuiper Belt?

The inner edge of the Kuiper Belt begins at the orbit of Neptune, at about 30 AU from the Sun. (1 AU, or astronomical unit, is the distance from Earth to the Sun.) The inner, main region of the Kuiper belt ends to around 50 AU from the Sun. Overlapping the outer edge of the main part of the Kuiper Belt is a second region called the scattered disk, which continues outward to nearly 1,000 AU, with some bodies on orbits that go even farther beyond.

这一段的中文翻译如下：

柯伊伯带在哪里？

柯伊伯带的内缘开始于海王星的轨道，距离太阳约 30 个天文单位。（1 天文单位是地球到太阳的距离。）柯伊伯带的内部主要区域结束于离太阳大约 50 个天文单位的距离。在柯伊伯带主要部分的外缘重叠的是第二个被称为散射盘的区域，它继续向外延伸到近 1000 个天文单位，轨道上的一些天体甚至更远。

从这一段描述可知，柯伊伯带 [203] 的主盘 (main region) 从 30AU 开始（海王星轨道），一直延伸到 50AU，如图5.5所示，而散盘 (scattered disk) 则继续向外延伸至 1000AU。

基于冥王星是柯伊伯带中最大的天体及冥王星（运行轨道）的近日点约为 $30AU$ ，远日点约为 $50AU$ ，又恰好在柯伊伯带的主盘（ $30AU - 50AU$ ）内。我们认为“梵身诸天”更应该关联于柯伊伯带 [203] (Kuiper Belt) 主盘，而其主盘的中心也是 $40AU$ ，其值和冥王星的半长轴一样，如图5.6所示。

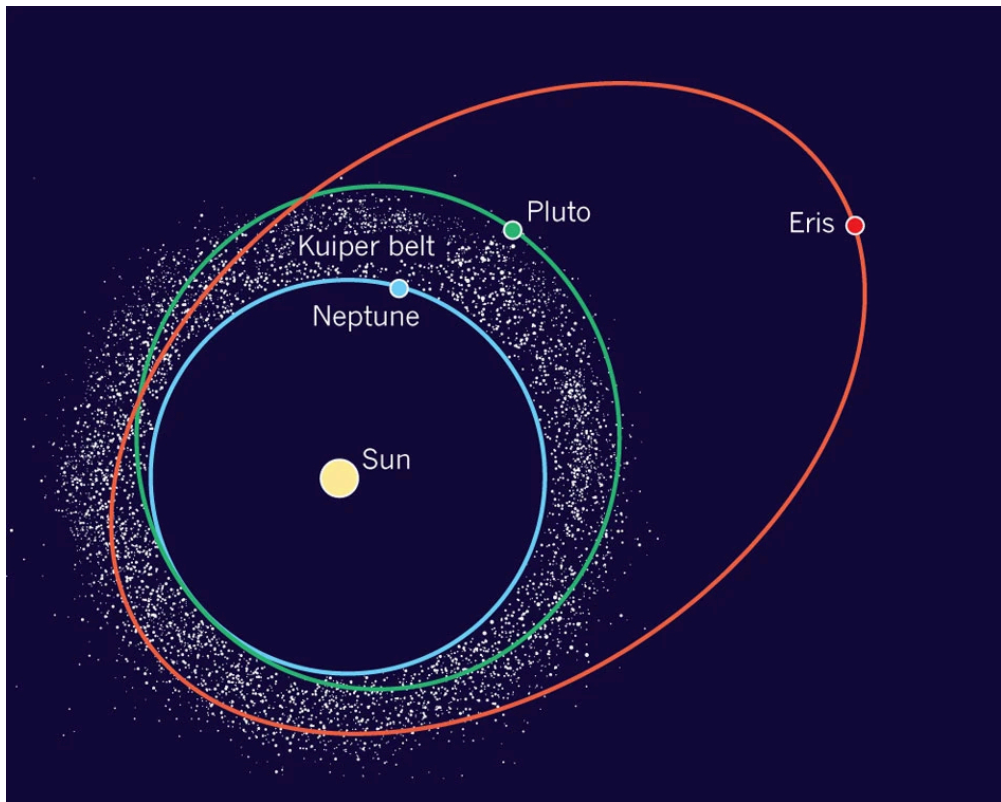


图 5.6: 绿色为冥王星 (Pluto) 轨道，蓝色为海王星 (Neptune) 轨道 [22]

5.4 讨论与小结

结论 5.1 佛陀完全了解我们太阳系内部各行星的间隔距离及排布⁶。佛经中关于“诸天宫殿”的包括数量、间隔距离、排布特性等描述与现代天文学一致，而对象间的内在空间关系又可以互相印证，符合“一致性互相印证”条件。

结论 5.2 佛经将由数以万计的小行星组成的小行星带 [119] 描述为“云聚”，是非常形象和传神的写照，如图5.1及图5.3所示。这也与本章部分“诸天”关联的分析结果构成“互相印证”的关系。此外，我们认为“夜摩诸天”同时与小行星带 [119] 和谷神星 [208] 相关联。

结论 5.3 “诸天宫殿”和我们认识范围内的各大行星之间存在关联关系，但是不能完全等同，它们之间的关系为对应非等价关系（又称“一体多面”）。

⁶因经文相关部分未提及“金星”与“水星”，故此两星除外。

结论 5.4 此外，某“诸天宫殿”与某行星关联，但是并不代表其它行星就必然不存在部分该“诸天宫殿”。譬如，“三十三天宫殿”与火星相关联，但是我们不能就此否定地球上就不存在“三十三天宫殿”。如果“诸天宫殿”是神话中“天人”的居所，则根据神话故事的逻辑我们不能排除“天人”会将居所扩展到其它星球上，就像我们在技术及成本允许的情况下也会考虑移民月球和火星。基于这种考虑，我们认为本文“诸天宫殿”的关联很可能属于“主体关联”，而非全体关联。

第六章 须弥山上诸天宫殿（二）：欲界天外

6.1 “色界”与“无色界”

在这一节，我们继续完成剩余的“诸天宫殿”的关联工作。请看《起世经卷第一·阎浮洲品第一》的下面这段经文：

倍梵身上。有光音天。倍光音上。有遍净天。倍遍净上。有广果天。倍广果上。有不粗天。广果天上不粗天下。其间别有诸天宫住。名为无想众生所居。倍不粗上。有不恼天。倍不恼上。有善见天。倍善见上。有善现天。倍善现上。则是阿迦尼吒诸天宫殿。诸比丘。阿迦尼吒上。更有诸天。名无边虚空处天。无边识处天。无所有处天。

非想非非想处天。此等尽名诸天住处。[224]

在这段佛经描述中，“梵身天”、“光音天”、“遍净天”、“广果天”、“不粗天”、“不恼天”、“善见天”、“善现天”、“阿迦尼吒天”，依次存在距离倍增关系，同时“无想天”在“广果天”、“不粗天”之间，而这 10 类“诸天”构成了佛学上的“色界”。在叙述距离间隔的倍增关系的时候，佛经没有沿用“向上一倍”的描述，而是单用“倍...上”的语法形式。这意味着，这 10 类“诸天”的间隔距离的倍增关系自成一个体系，在半长轴上可能并不延续前文第 5.1 节所阐述的数值，即存在某种数值跳跃。按照这种范围划分，根据现代天文学，我们认为这 10 类“诸天”应该关联于海王星外天体 (Trans-Neptunian object, TNO) [204]，如图 6.1 所示。

又根据前面的分析，与“梵身天”关联的是柯伊伯带 [203] 主盘。那么，剩下的 9 种“色界天”所关联的天体，其运行轨道不应在柯伊伯带主盘内，即其近日点必须大于 $50AU$ 。又根据距离倍增关系，其半长轴应该大于等于 $80AU$ （比冥王星的半长轴 $40AU$ 大两倍）。譬如，在图 5.6 中，作为矮行星 (dwarf planet) 的阋 (xì) 神星 (Eris)，其部分轨道处于柯伊伯带主盘，不符合我们的要求。虽然柯伊伯带附近及以外的行星非常多，但是根据美国国家航空航天局 (NASA) [156] 下属机构喷气推进实验室 (Jet Propulsion Laboratory, JPL) [11] 的数据搜索引擎及国际天文学联合会 The Minor Planet Center [61] 的数据搜索引擎显示，符合近日点大于 $50AU$ ，同时半长轴大于等于 $80AU$ 的天体目前¹发现 6 颗，如表 6.1 和表 6.2 所示。

两种资料来源所得的数据差别不大，其中天体 2012 VP113、Sedna (2003 VB12) 和 Leleākūhonua (2015 TG387) 这 3 者的半长轴呈现倍增关系，且被归类为“类塞德娜天体”[207]。在维基百科 [207] 中，它们的半长轴依次为 $261AU$ 、 $506AU$ 和 $1094AU$ ，也依旧大约呈现倍增关系。而天体 2013

¹注意，搜索引擎的数据会根据科研探索的发展而更新。本章内容基于 2022 年 2 月 13 号的查询结果。

天体	半长轴	近日点	远日点	关联诸天
2014 US277	99.73	54.755	144.71	??
2014 ST373 (疑似)	106	50.216	161.88	光音天
2012 VP113	269.2	80.438	458.02	遍净天
90377 Sedna (2003 VB12)	510.3	76.370	944.33	广果天
2013 SY99	824.9	50.081	1599.79	无想天
Leleākūhonua (2015 TG387)	1274	65.166	2483.41	不粗天

表 6.1: 行星 - 诸天关联表 2-1, 数据源: *Jet Propulsion Laboratory, JPL* (单位: *AU*, 即地球到太阳的距离; 数据更新时间: 2022 年 2 月 13 号)

天体	半长轴	近日点	远日点	关联诸天
2014 US277	99.73	54.76	144.71	??
2014 ST373 (疑似)	105.52	50.21	160.83	光音天
2012 VP113	269.28	80.44	458.11	遍净天
90377 Sedna (2003 VB12)	510.41	76.37	944.45	广果天
2013 SY99	693.86	50.02	1337.69	无想天
Leleākūhonua (2015 TG387)	1031.49	65.04	1997.93	不粗天

表 6.2: 行星 - 诸天关联表 2-2, 数据源: *The Minor Planet Center* (单位: *AU*, 即地球到太阳的距离; 数据更新时间: 2022 年 2 月 13 号)

天体	半长轴 (JPL)	半长轴 (MPC)	平均半长轴	关联诸天
2014 US277	99.73	99.73	99.73	??
2014 ST373 (疑似)	106	105.52	105.76	光音天
2012 VP113	269.2	269.28	269.24	遍净天
90377 Sedna (2003 VB12)	510.3	510.41	510.355	广果天
2013 SY99	824.9	693.86	759.38	无想天
Leleākūhonua (2015 TG387)	1274	1031.49	1152.745	不粗天

表 6.3: 行星 - 诸天关联表 (半长轴), 数据源: *Jet Propulsion Laboratory, JPL* 和 *The Minor Planet Center* (单位: *AU*, 即地球到太阳的距离; 数据更新时间: 2022 年 2 月 13 号)

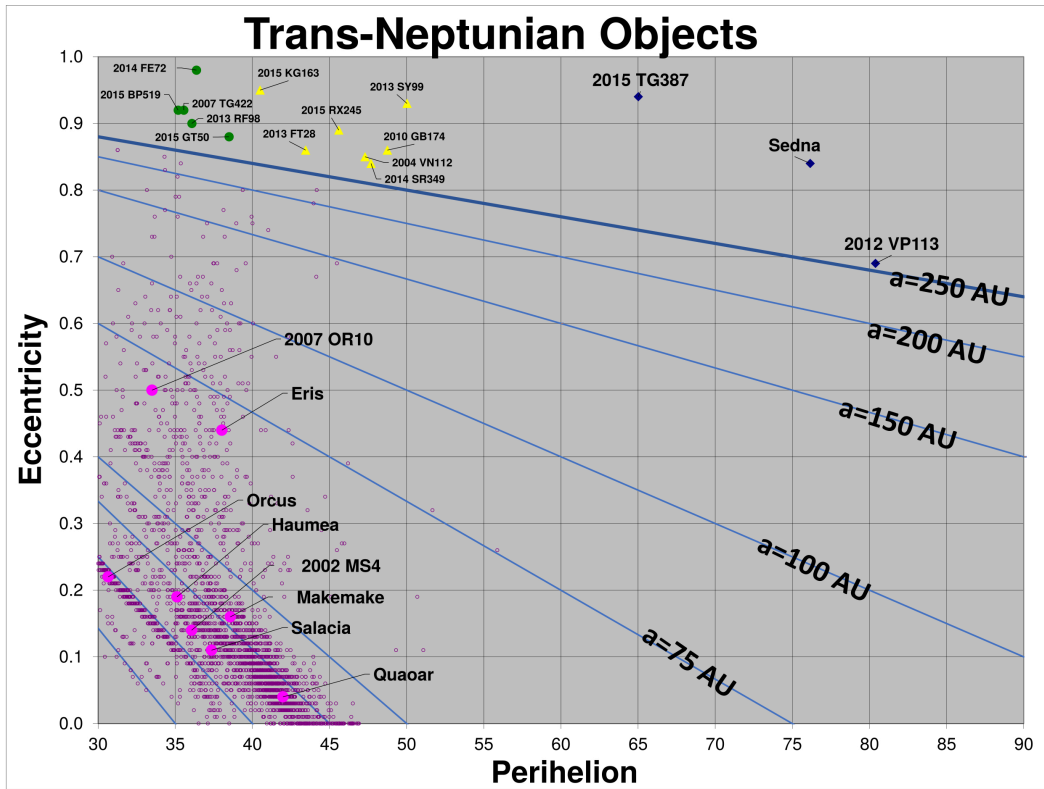


图 6.1: 海王星外天体 - 横坐标为近日点，斜线为半长轴，纵坐标为轨道离心率 [24]

SY99 又恰好在 Sedna (2003 VB12) 和 Leleākūhonua (2015 TG387) 之间，完全符合了经文的描述：

倍遍净上。有广果天。倍广果上。有不粗天。广果天上不粗天下。其间别有诸天宫住。名为无想众生所居。[224]

因此，我们将天体 2012 VP113 与“遍净天”相关联、天体 Sedna (2003 VB12) 与“广果天”相关联、天体 2013 SY99 与“无想天”相关联、天体 Leleākūhonua (2015 TG387) 与“不粗天”相关联，如表6.2及表6.3所示。

在这里，按照上述的关联关系和佛经描述的距离倍增关系，与“光音天”相关联的天体为 2014 ST373 [179]。其半长轴数值大约应在 $130AU$ 左右，然而其实际数值约为 $106AU$ ，误差为 18.5%。因此，我们将它列为疑似。最后，我们将两种数据源的半长轴数据共同整理成表6.3，并且计算出它们半长轴的平均值。

6.2 佛经的天体预测与验证

在这一小节，我们根据佛经关于“诸天”的距离倍增关系以及已知的对应关系和已知的天文事实，推算（拟合）出所有相关天体的具体半长轴并与已知的科学理论推导进行验证。

6.2.1 天体预测与初步验证

首先, 在前文中剩下的“不恼天”、“善见天”、“善现天”、“阿迦尼吒天”, 因为超出目前天文学的研究范围, 缺乏相关信息进行直接验证。我们根据已知的信息和佛经关于“诸天”距离倍增关系的描述整理成表6.4。

天体	关联诸天	平均半长轴	距离倍增关系	拟合值
2014 ST373 (疑似)	光音天	105.76	x	126.48
2012 VP113	遍净天	269.24	$2x$	252.96
Sedna (2003 VB12)	广果天	510.355	$4x$	505.92
2013 SY99	无想天	759.38	$6x$ (假设居正中)	758.88
Leleākūhonua (2015 TG387)	不粗天	1152.745	$8x$	1011.83
未知天体 1	不恼天	NA	$16x$	2023.87
未知天体 2	善见天	NA	$32x$	4047.34
未知天体 3	善现天	NA	$64x$	8094.67
未知天体 4	阿迦尼吒天	NA	$128x$	16189.35

表 6.4: 行星 - 诸天半长轴拟合表 (单位: AU, 即地球到太阳的距离)

在表6.4中, 我们假设“光音天”的距离为 x , 则根据佛经距离倍增关系的描述可知“遍净天”的距离为 $2x$ 、“广果天”为 $4x$ 、“不粗天”为 $8x$ 以此类推。此外, 因为佛经只表述了“广果天上不粗天下。其间别有诸天宫住。名为无想众生所居。”所以我们只知道“无想天”处于“广果天”和“不粗天”之间, 无法得知“无想天”距离的确切倍增关系。又因为“不粗天”所关联的天体 Leleākūhonua (2015 TG387) 其半长轴为 1085 ± 111 AU [26], 偏差范围较大。同时, 它们所关联的天体在两个数据库 (JPL [11] 和 MPC [61]) 中的数值差异相对于其它天体而言较大, 因此我们不将“无想天”和“不粗天”纳入数值拟合计算范围。

其次, 根据“光音天”、“遍净天”和“广果天”这三个“天”所对应天体的实际半长轴, 我们可以定义关于 x 的拟合损失函数 (loss function):

$$Loss(x) = (105.76 - x)^2 + (269.24 - 2x)^2 + (510.355 - 4x)^2 \quad (6.1)$$

对上式进行求导, 可得:

$$\frac{dL}{dx} = 2 \times [(x - 105.76) + (2x - 269.24) + (4x - 510.355)] \quad (6.2)$$

令上式 (导数) 为 0 可得 $7x - 779.595 = 0$ 。因上述损失函数为二次函数 (quadratic function), 只有一个极值且为最小值, 我们可以求的 x 的最小值, 即 $x \approx 126.48$ 。将其带入表6.4中的距离倍增关系里, 可得所有拟合值 (预测值)。

至此, 根据“光音天”、“遍净天”和“广果天”这三个“天”所关联天体的现代天文观测数据 (半长轴) 和佛经关于“诸天”距离倍增关系的描述, 我们有以下的推测:

推测 6.1 排在“广果天”之后顺次出现的“无想天”、“不粗天”、“不恼天”、“善见天”、“善现天”、“阿迦尼吒天”，这 6 个“诸天”关联天体的半长轴，依次大约为 $759AU$ 、 $1,012AU$ 、 $2,024AU$ 、 $4,047AU$ 、 $8,095AU$ 和 $16,189AU$ 。

在假设“无想天”处于“广果天”和“不粗天”正中间的情况下，“无想天”和“不粗天”半长轴的推测值（拟合值） $758.88AU$ 、 $1011.83AU$ 和实际观测值 $759.38AU$ 、 $1152.745AU$ 的误差分别是 $(759.38 - 758.88) \div 759.38 \approx 0.07\%$ 和 $(1152.745 - 1011.83) \div 1152.745 \approx 12.22\%$ 。换言之，在仅仅依赖前三个“天”的实际半长轴以及佛经对各“天”距离倍增关系的描述便可以拟合出其余各“天”的推测值。而不参与推测计算（拟合）仅作为验证数据的“无想天”和“不粗天”，其推测值与实际观测值的误差仅为 0.07% 和 12.22% ，这在很大程度上证明了佛经对相关天体的距离存在倍增关系的准确性。

最后，佛经还预示我们在未来可以找到另外 4 个未知天体²，即“不恼天”、“善见天”、“善现天”和“阿迦尼吒天”，它们的半长轴依次为 $2,024AU$ 、 $4,047AU$ 、 $8,095AU$ 和 $16,189AU$ 。

6.2.2 天体预测的进一步验证

接下来我们需要考虑的问题是，关于这 4 个未知天体的预测符合现代天文学数据的理论推导吗？下面，让我们看看现代科学家或科研人员对天体 Sedna (2003 VB12 塞德娜) 的起源及轨道构成中一系列推测天体（未知）对塞德娜施加影响的推导结论。

首先，包括戈麦斯 (Rodney Gomes) 及帕特克·莱卡维卡 (Patrik Lykawka) 在内的许多天文学家，经由几种不同的模式来描述海王星外天体假说。一种假设认为赛德娜的轨道受到一颗位于内奥尔特云的未知行星所扰动。最近的 (2006 年 [8]) 电脑模拟显示赛德娜可能受到一颗位于 $2,000$ 天文单位（或更近）的天体（质量与海王星相当）扰动，或一颗木星质量的天体（距离 $5,000$ 天文单位），甚至是一颗位于 $1,000$ 天文单位，质量类似地球的天体 [195]。换言之，根据赛德娜 (Sedna; 小行星 90377; 临时编号 2003 VB12) 2006 年的轨道模拟研究，预测了 $1,000AU$ 、 $2,000AU$ 和 $5,000AU$ 可能存在扰动赛德娜的天体。而 2015 年 10 月 3 日发现 [26] 的天体 Leleākūhonua (2015 TG387) 证实了上述 (2006 年) 关于 $1,000AU$ 处存在天体的预测。而我们关于“不恼天”的拟合值 $2,024AU$ 与上述科学家预测值中的 $2,000AU$ 相近。

其次，约翰·马泰塞 (John J. Matese) 及丹尼尔·怀特米尔 (Daniel P. Whitmire) 这两位长期支持遥远太阳伴星存在的学者认为一颗位于 $7,850$ 天文单位，质量为木星 5 倍的天体可以导致赛德娜目前的公转轨道 [13,195]。而我们关于“善现天”的拟合值 $8,095AU$ 与上述科研人员的预测值 $7,850AU$ 相近。

再次，根据佛学对“色界天”的定义-“阿迦尼吒天”为“色界”的究竟之处，以及前面分析的“魔波旬诸宫殿”（关联于海王星）为“欲界”的究竟天，其外紧接着柯伊伯带 [203] 的这个现象（即“欲界”与“色界”之间存在分隔带），我们有以下推测：

推测 6.2 处于 $16,189AU$ 以上的“阿迦尼吒天”，也应该靠近某种巨大的分隔带。换言之，“色界诸天”与“无色界诸天”之间也应存在分隔带。

²我们猜测它们可能为“类塞德娜天体”[207]。

根据现代天文学可知，在距离太阳约 2 万个天文单位的地方，正好存在一种名为奥尔特云 [192] (Oort cloud) 的球体云团。而奥尔特云 [111] 可分为：一个半径为 2,000~20,000 天文单位 (0.03~0.32 光年) 的环形内层云团和一个半径为 20,000~50,000 天文单位 (0.32~0.79 光年) 的球形外层云团。而这个环形内层云团又恰好可以作为“阿迦尼吒天”之外的分割带，符合了我们上面的推测，如图6.2所示。

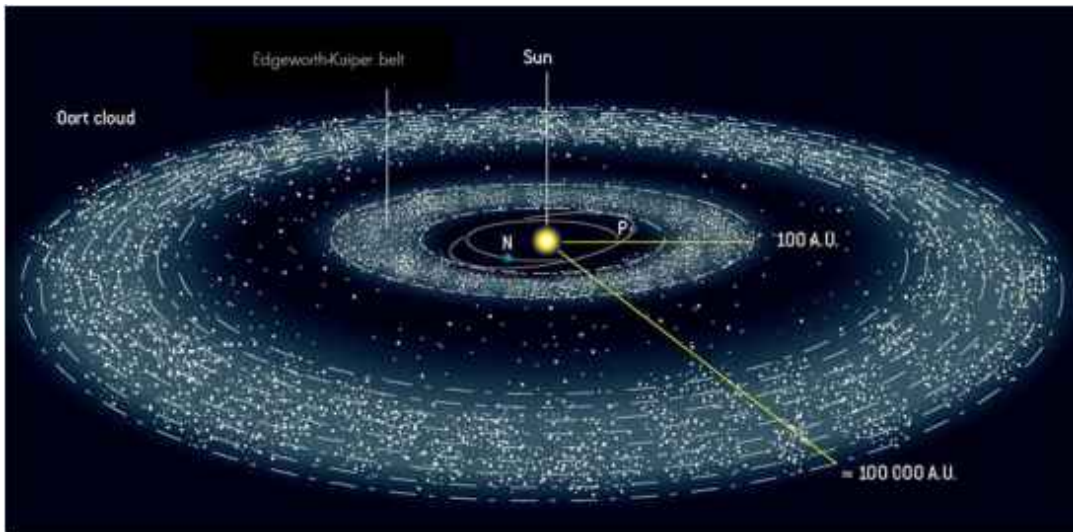


图 6.2: 外圈为奥尔特环形内层云，内圈为柯伊伯带（非线性比例）[1]

那么，佛经认为距离太阳约 16,189AU 左右的地方存在名为“阿迦尼吒天”的行星，这个观点符合现代天文学观测数据的推测吗？事实上，有科学家根据天文数据推测在奥尔特云内有一颗气态巨行星，名为堤喀（英语：Tyche）[190]。路易斯安那大学拉斐特分校的天文学家约翰·马泰塞和丹尼尔·惠特迈尔曾多次发表声明表示 [20,35]，基于长周期彗星运行轨道的不规则性，他们发现了该假想天体存在的证据。他们推测这颗假设行星的轨道大约在海王星轨道位置的 500 倍之处，亦即离太阳有约 15,000 天文单位远，将近四分之一光年。据估计，奥尔特云的边界应在 50,000 天文单位外，因此该天体依然位于奥尔特云内，其轨道周期约为 180 万年。而我们关于“阿迦尼吒天”的拟合值 16,189AU 与上述科学家的预测值 15,000AU 相近。根据上面科学家对这颗假设行星的理论推测及佛经相关描述和推测，我们认为这颗假想天体就是佛经明确描述及我们分析的其半长轴约为 16,189 天文单位的“阿迦尼吒天”，其位置和周遭环境和现代科学家的推测基本一致。

最后，根据经文的描述：

诸比丘。阿迦尼吒上。更有诸天。名无边虚空处天。无边识处天。无所有处天。非想非非想处天。此等尽名诸天住处。[224]

在这里，“无边虚空处天”、“无边识处天”、“无所有处天”、“非想非非想处天”，这 4 类“诸天”构成了佛学上的“无色界”，佛经在这里并没有阐述它们之间的距离间隔关系。但是，根据前面的推理，我们有理由认为这 4 类“无色界诸天”关联的天体处于奥尔特云的半径为 20,000~50,000 天

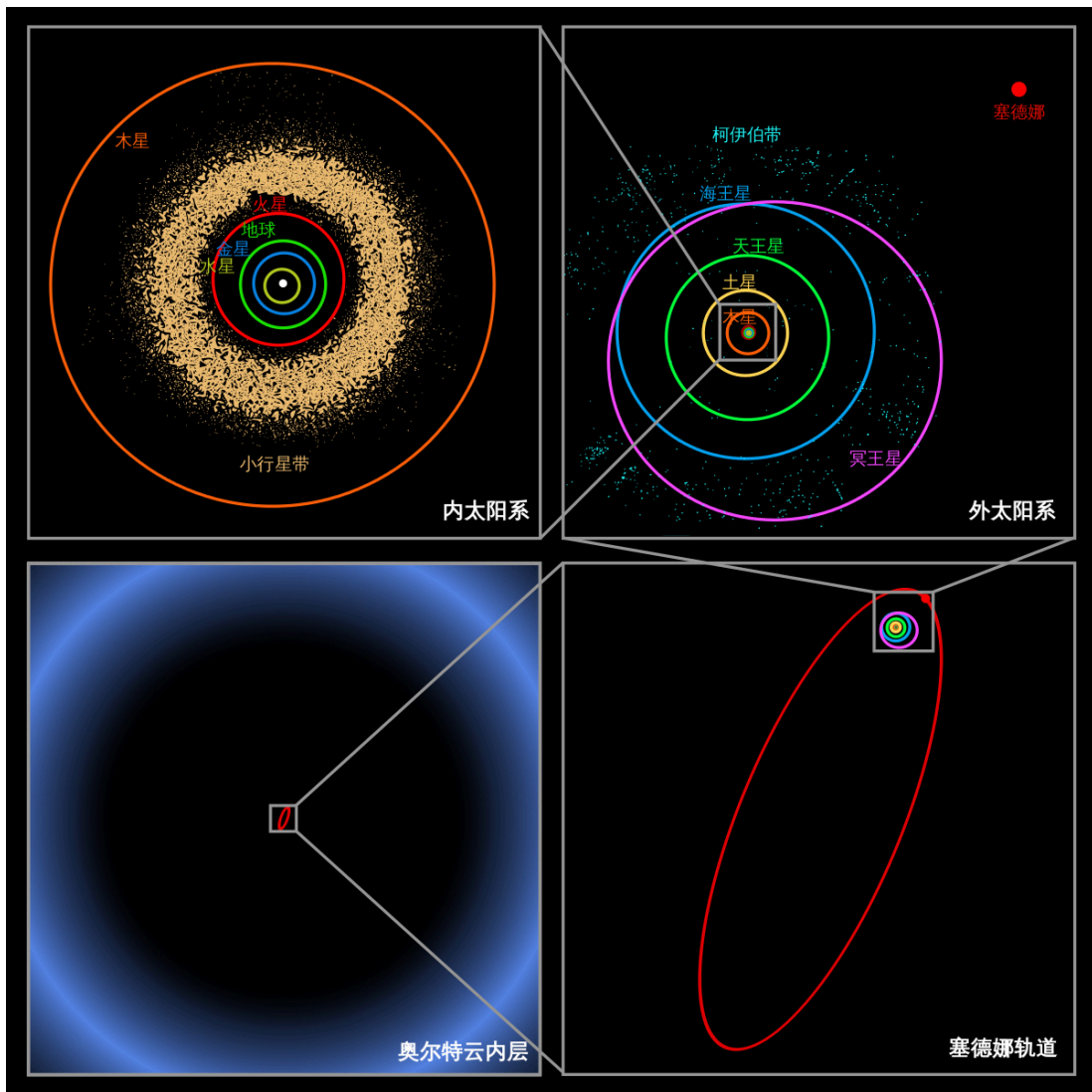


图 6.3: “诸天”关联天体所处环境结构图（顺序为左上，右上，右下和左下）

文单位（0.32~0.79 光年）的球形外层云团中，而这个球形外层云团外围延伸区域最远可以达到 10 万天文单位（约 2 光年）左右 [192]。

至此，佛经《起世经》关于“诸天”的现代解读到此结束。佛陀预言的“不恼天”、“善见天”、“善现天”、“阿迦尼吒天”，这 4 类“诸天”虽然尚未被现代天文学所观测到，但是其半长轴的预测值基本和现代天文学的假设性理论预测相符。同时，由前面的分析可知，佛经关于“四大天王天”到“不粗天”等 13 类“诸天”，都有具体的关联天体，其方位数值，间隔距离，所处环境等与现代天文学基本一致（如图 6.3 所示）。暂且抛开神话故事等文学叙述手法，我们不禁感慨万千，数千年前的佛陀又是如何知道如此具体且规模宏大的天文事实的呢？须知这些内容早已远超古代天文科学的探索水平，甚至远超现代天文科学的探索水平。

6.3 小结

结论 6.1 佛陀完全了解我们太阳系外部各行星的间隔距离及排布。

结论 6.2 “诸天宫殿”和我们认识范围内的各大行星之间存在关联关系，但是基于佛经还存在一些尚未被现代科学验证的关于“诸天宫殿”的描述，我们认为它们之间不能完全等同，为对应非等价关系（又称“一体多面”）。

结论 6.3 如果未来果真在佛经描述所推测出的位置及相关环境中发现了佛经所述的 8 颗行星，我们在这里提议，可以用佛经相关的“诸天”名称，即“不恼”、“善见”、“善现”、“阿迦尼吒”、“无边虚空处”、“无边识处”、“无所有处”、“非想非非想处”对这些行星进行命名，就像西方常用神话故事的名字对八大行星进行命名一样，譬如海王星为罗马神话中的海神尼普顿（*Neptune*）。

第七章 大小轮圆（铁围）山究竟在哪里？

在前文第5.1节和第6.1节中，我们分析到佛经的“诸天”和太阳系内的众多行星均有高度精准的关联关系，同时佛经还提及了8颗尚未发现的行星及它们的大概位置和周围环境，而最外层的行星已经处于太阳系最外围的奥尔特云 [192] 中。在这一章，顺着由内而外顺次扩展的思路，我们看看佛经对奥尔特云 [192] 及外面的世界是否存在描述。

7.1 轮圆山（铁围山）

诸比丘。其四大洲及八万小洲。诸余大山。及须弥山王等外。别有一山。名为轮圆（前代旧译云铁围山）。高六百八十万由旬。纵广亦有六百八十万由旬。弥密牢固。金刚所成。难可破坏。诸比丘。此轮圆外更有一重大轮圆山。由旬高广正等如前。其两山间。极大黑闇。无有光明。日月如是。有大威神大力大德。不能照彼使见光明。 [228]

诸比丘。彼世界中。最大极吹僧伽多风。若来到此四洲界中。尔时此界四方大洲。并及八万四千小洲。余诸大山。及须弥留山王。擎举高一俱嚧舍。地分散破坏。略说如前。乃至七千踰阇那。地既擎举已。尘散破坏。诸比丘。但以得彼内轮圆山大轮圆山二山障碍。以障碍故不来于此。诸比丘。彼内轮圆大轮圆山。二山威德。有如是力。能大利益。为此四洲四世界中诸众生等。作依业故。 [232]

复次阿那毗罗大风吹彼水沫。过四大洲八万小洲须弥山王并余一切大山之外。周匝安置。名曰大轮围山。高广正等六百八十万亿由旬。牢固真实。金刚所成。难可破坏。 [221]

这三段经文，前两段选自《起世经》，而后一段选自《起世因本经》。都描述了两座大山，分别是轮围山（前代旧译云铁围山）和大轮围山。这两座大山远在“四大洲”、“须弥山王”等（地球）之外，两山之间无有光明。同时，在功能上，两座大山挡住了外界对太阳系的干扰和破坏，保护了四洲及四世界（地球）的诸众生（的生命）。

在这里，我们注意到“高六百八十万由旬”和“高广正等六百八十万亿由旬”这两个相差1亿倍的矛盾描述。我们根据前文第1.2节分析的1由旬约为4.42米，换算出680万由旬约为30085.28千米。而这个距离太小且远小于水星到太阳的57,910,000千米的距离，显然在太阳的照射范围之内，并不符合经文“无有光明”的描述。因此，我们认为正确的描述应该是“高广正等六百八十

万亿由旬”即扩大 1 亿倍之后的结果¹。那么，这山高约 3×10^{12} 千米，合约 $20110.766 AU^2$ 。根据现代天文学 [192]，在距离太阳系约 2 万个天文单位的地方，如前文所提，正好有一种名为奥尔特云（Oort cloud）的球体云团，将整个太阳系包裹在球心的位置，如图7.1所示。

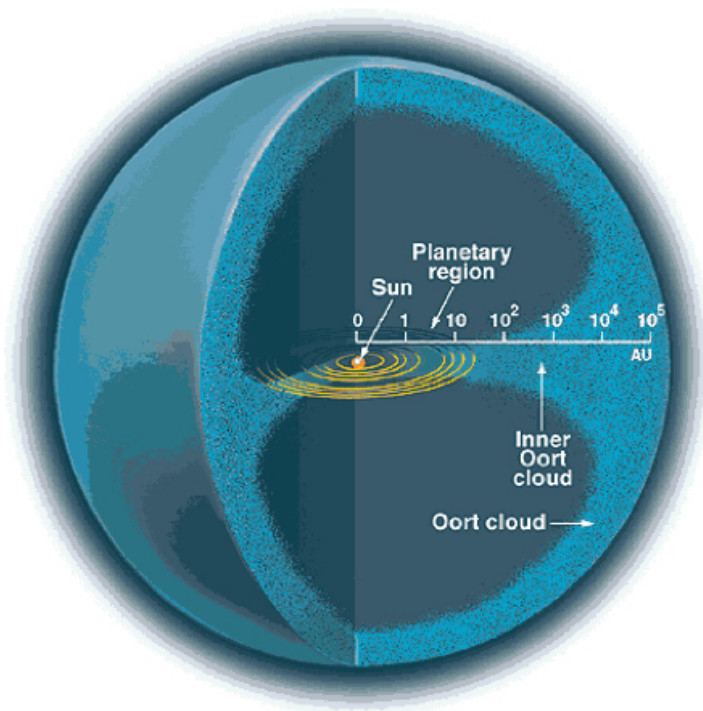


图 7.1: 奥尔特云（Oort cloud）将太阳系包裹在球心并“保护”

奥尔特云 [111] 可分为：一个半径为 20,000~50,000 天文单位（0.32~0.79 光年）的球形外层云团，和一个半径为 2,000~20,000 天文单位（0.03~0.32 光年）的环形内层云团。而由佛经推算出的 20110.766 AU 则恰好在环形内层和球形外层中间，同时这个距离也是荷兰天文学家扬·奥尔特推论 [192] 的，在 2 万天文单位处存在一个各向分布均匀的球形云团，作为多数长周期彗星的发源地的距离。

因此我们推测，佛经描述的轮圆山实际上是指具有双层结构的奥尔特云（Oort cloud），而它的部分天文学描述和意义也和佛经描述基本一致，太阳光确实无法穿透奥尔特云。这个例子再一次表明，佛经对数值大小的描述存在严谨性和内在的逻辑，佛经描述的世界，有很多对象，其方位数值在准确的换算之后能和我们已知的天文学知识高度契合。同时我们认为，《起世经》部分经文的数值描述中少了必要的数量单位“亿”，这很可能是在没有复印机的古代，经文传抄过程中所产生的疏误。

至此，我们可以了解到，佛经中描述的山并非指一般意义上的山，它可能和前文第2.5节分析的“须弥山”一样，在未知的“重叠世界”³中是一座与我们的想象不一样的实实在在的山。从奥尔

¹我们认为这个可能是古代经文传抄过程中所产生的计数单位缺失现象。

²1AU 为 1 天文单位，为 1 个地日距离，即 149597870 千米。

³尚未被主流科学界证实的假设，请参考前文第2.5节。

特云（Oort cloud）距离地球表面 2 万个天文单位及其为环绕包裹地球的球体云团可知，佛经将其描述为轮圆山，形象传神，是文学描写和科学严谨表述的高度统一，体现了佛经用词的严谨。

最后，佛经认为，在这个轮圆山外，还有一重大轮圆山。根据“轮圆”的这个定语 [115] 描述，我们推测这个大铁围山也是某种球形云团，在更外围将奥尔特云包裹。那么这个重大轮圆山究竟是什么？它又在哪儿呢？

7.2 大轮圆山（大铁围山）

在上一节，我们通过佛经关于“轮圆山”（前代旧译云铁围山）的数值方位和形态功能描述，分析出“轮圆山”是指具有双层结构的奥尔特云（Oort cloud）。同时我们知道，佛经提及，在此山之外围，还有一重大轮圆山。那么这个大轮圆山又是什么？又在哪儿？我们且看佛经《起世经》的相关介绍：

诸比丘。其四大洲及八万小洲。诸余大山。及须弥山王等外。别有一山。名为轮圆（前代旧译云铁围山）。高六百八十万由旬。纵广亦有六百八十万由旬。弥密牢固。金刚所成。难可破坏。诸比丘。此轮圆外更有一重大轮圆山。由旬高广正等如前。其两山间。极大黑闇。无有光明。日月如是。有大威神大力大德。不能照彼使见光明。诸比丘。彼两山间。有八大地狱。[228]

那么，在这里，我们再一次声明，这里的数值描述“六百八十万由旬”为一种经文传抄过程中所产生的疏误，其正确值应为“六百八十万亿由旬”，即 20110.766 天文单位。原因在前文有详细的解释，这里不再赘述。由此段经文“其两山间。极大黑闇。无有光明”可知，两山之间存在极其巨大的黑闇，而这个黑闇的最大特点是日月之光都不能将其照亮。经文紧接着就表明，两山之间有 8 个大地狱，即经文“诸比丘。彼两山间。有八大地狱”。

因此，弄清楚奥尔特云外的“黑闇”和“地狱”究竟是指什么天体，成为明白大轮圆山究竟是什么及其方位的关键。我们翻查多部佛经，发现《杂阿含经》的相关描述有助于我们理解：

尔时，世尊告诸比丘：“如日游行，照诸世界，乃至千日、千月，照千世界、千须弥山、千弗婆提、千阎浮提、千拘耶尼、千郁单越、千四天王、千三十三天、千炎魔天、千兜率天、千化乐天、千他化自在天、千梵天，是名小千世界。此千世界，中间暗冥，日月光照，有大德力，而彼不见。其有众生，生彼中者，不见自身分。” [44]

尔时，世尊告诸比丘：“有大暗地狱，彼诸众生生彼中者，不见自身分。” [44]

由上面两段可知，“小千世界”就是指由成千上万个类似太阳系构成的世界。因此，我们有理由相信这个“小千世界”就是指星系⁴ [172]，在此处也就是指我们的银河系 [132]，如图 7.2 所示。

第一段经文中“此千世界，中间暗冥，日月光照，有大德力，而彼不见。其有众生，生彼中者，不见自身分。”表示，在“小千世界”中间有一个叫“暗冥”的天体，日月之光都不能使其看见，而在该天体上的众生看不见自己的身体。同时第二段佛经又表示，在大暗地狱的众生看不见自

⁴注意！我们在后文将再次详细论证这个观点。



图 7.2: 欧洲南方天文台拍摄的 360 度全景的银河系图（由照片马赛克合成）。银河系的中心在视野的中心，银河的北方朝上。[211]

己的身体。结合上面两段的描述，我们认为“暗冥”就是“大暗地狱”，也是前面提及的“黑闇”，而这个日月之光都不能使其看见的“大暗地狱”就位于我们银河系中间。

那么，这个“大暗地狱”究竟是什么？现代天文学表明，在银河系的中心区域（银河系中间）存在着一个巨大的黑洞 [132]Sagittarius A* [181]。而黑洞 [176] 就是时空曲率大到光都无法逃脱的天体，其特性，位置等信息完全符合了佛经关于“大暗地狱”的众多描述特征。因此，我们认为佛经在此处所描述的“地狱”其实关联于我们银河系中的黑洞 [176]。

最后，我们回到前面的那个问题，大轮圆山又是什么呢？根据我们大轮圆山和小轮圆山之间存在地狱关联于黑洞 [176] 而银河系中存在黑洞的这两点，我们认为大轮圆山与包裹银河系的球状银晕 [171] (Galactic halo) 相关联，即在银河系主体（圆盘体）外围由稀薄的星际物质和某些类型的少量恒星所组成的球状区域。其大体成球状，范围很大，超过银河系扁平主体的 50 倍以上 [171]，如图 7.3 所示。

对比佛经对大小轮圆山的描述及其分别关联的球形奥尔特云和球状银晕，再根据它们的空间位置、银河系中心存在巨大黑洞等天文事实，我们发现佛经的描述可谓分毫不差。无论是大小轮圆山还是地狱，其部分外观形态、天文特性、空间方位结构等都与现代天文观测结果一致，让人叹为观止。

7.3 小结

结论 7.1 佛陀完全知道太阳系外围存在奥尔特云 [111] (*Oort cloud*)。同时，对其与地球之间的天文距离有着非常精准的数值描述（定量），对其形态作用（定性）等有着非常准确的符合现代天文学的认知。

结论 7.2 佛陀完全知道银河系中存在众多黑洞 [176]、银河系中间存在一个巨大黑洞 [181]

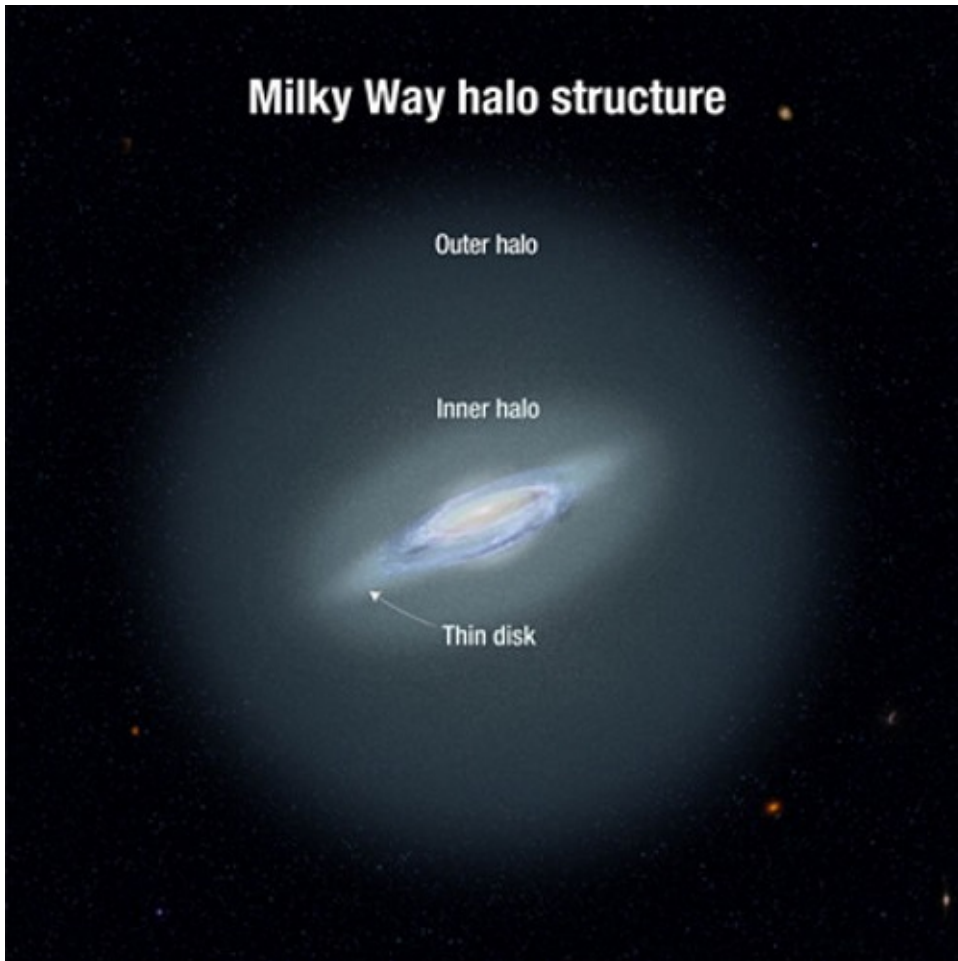


图 7.3: 外围包裹银河系的球状银晕 (*Galactic halo*), 分为内银晕 (*Inner halo*) 和外银晕 (*Outer halo*)。

及银河系外围存在球状银晕 [171] (*Galactic halo*)。同时这些对象在佛经描述的空间关系上能够互相印证, 更重要的是与现实宇宙中的空间关系一致, 符合“一致性互相印证”的条件, 并且与前面章节介绍的内容互相呼应, 一起构成佛经宇宙观的“证据链”。

结论 7.3 我们认为佛经是人类历史上最早的描述太阳系外围存在奥尔特云 [111] (*Oort cloud*)、银河系中间存在一个巨大黑洞 (*Sagittarius A** [181]) 及银河系外围存在球状银晕 [171] (*Galactic halo*) 的公开可查证的古代文献。

结论 7.4 当佛经单独出现“万”作为某数值的最后一位计数单位时, 我们要考虑是否少了一个“亿”。类似的, 当佛经出现“万亿”时, 我们要考虑是否多了一个“亿”。在没有复印机的古代, 经文传抄过程中所产生的疏误在所难免。

第八章 无法逃逸的地狱

在第七章，我们提到佛经描述了大小轮圆山之间的“地狱”-关联于黑洞 [176]，也表明银河系中心存在“大暗地狱”。那么，地狱是否真的与黑洞相关联呢？在这一章，我们进一步验证佛经对“地狱”的众多描述是否符合现代天文学对“黑洞”的观测事实¹及理论推导。

8.1 大小地狱的围绕分布结构

首先，让我们看看《起世经》的相关描述：

诸比丘。彼两山间。有八大地狱。[228]

诸比丘。彼八大地狱。各各复有十六小地狱。周匝围绕而为眷属。是十六狱。悉皆纵广五百由旬。[228]

以上两段经文的意思是，我们的银河系中存在 8 个大黑洞。在这些大黑洞中，每一个周围都分布着 16 个大小一样的小黑洞，并且这些小黑洞作为附属围绕在大黑洞周围。那么，这个描述符合现代天文学观测和相关的理论推导吗？根据 2018 年 4 月 5 号，国际著名的科学杂志《自然》刊登的一篇由美国哥伦比亚大学的天体物理学研究小组所发布的论文 [3] 可知，在银河系的中间，即超大质量黑洞 Sagittarius A* 的附近存在 12 个低质量（恒星质量）双星配对黑洞，并且这些小黑洞围绕着它旋转，如图8.1所示。

很明显，佛经描述的黑洞之间大带小的围绕结构被现代科学所证实。而这里的差异在于，现代科学发现的是 12 个小黑洞，而不是佛经所说的 16 个，问题出在哪里呢？实际上，尽管黑洞存在种种“神奇”特性，但因为其本身不发光且吸光，无法通过望远镜直接观测，确认黑洞存在的最好方式无非是：

- 寻找大量质量聚集在小空间内的直接或者间接证据 [176]。
- 或是当双星中的一方为黑洞时，来自另一方星球的气团不断流入黑洞，骤然激起的高温，这时 X 射线闪光等会发亮，此时可以间接发现黑洞的存在 [18]。

而在银河系中，目前科学家只找到 60（five dozen）个黑洞 [9]（不包含上述的小黑洞）。换言之，黑洞的科学探测工作是艰难的。因此，我们认为如果说还有 4 个小黑洞没有被发现，也是合理的。

¹黑洞本身无法被直接观测，但是科学家可以通过观测黑洞对周边天体的影响来研究黑洞的性质。

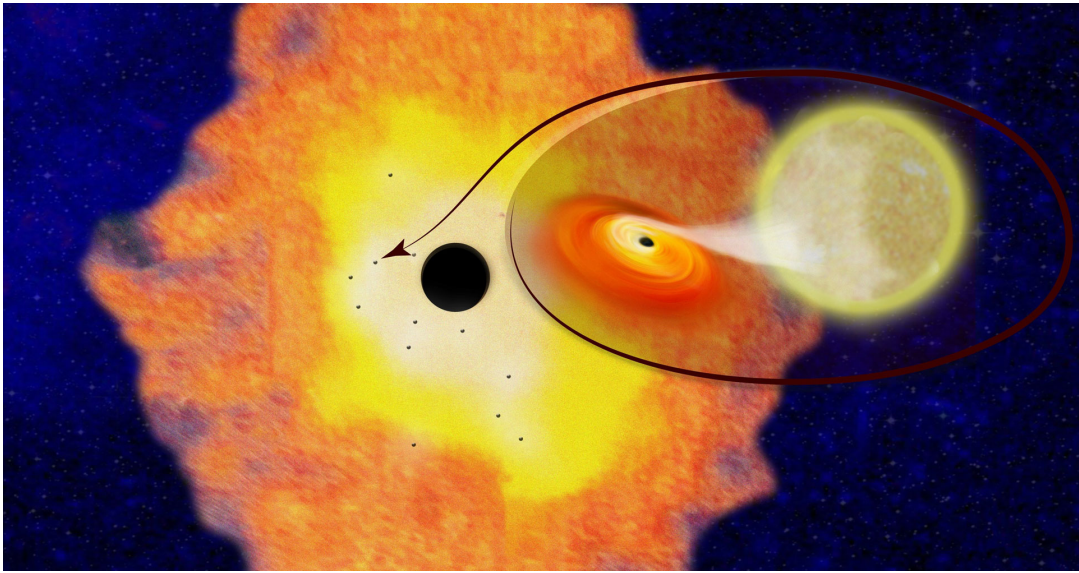


图 8.1: 哥伦比亚大学的天体物理学家发现了 12 个低质量双星配对黑洞，它们围绕着银河系中心 *Sgr A** (大黑洞) 旋转。它们的存在表明，在距离银河系中心仅 3 光年的距离内，可能有大约 1 万个黑洞。Credit: 哥伦比亚大学

8.2 地狱的数量

那么《起世经》一共描述了多少地狱呢？请看下面这段经文：

汝诸比丘。今应当知。彼之世界于两中间。别更复有十地狱住。[232]

所以，综合前面的内容，整部《起世经》中的大地狱先有 8 座，小地狱为 $8 \times 16 = 128$ 座，另外还有 10 座孤立的大地狱，总共 18 座大地狱，而大小地狱一共 146 座，合称“十八地狱”。那么，在佛经描述的整个宇宙中，难道只有“十八地狱”，即 146 个黑洞吗？

我们且看大乘 [102] 佛经《地藏菩萨本愿经》对地狱的描述：

地藏白言：“圣母，诸有地狱，在大铁围山之内。其大地狱，有一十八所。次有五百，名号各别。次有千百，名字亦别。” [49]

在这一段中，“地藏菩萨”认为大铁围山（银晕 - (Galactic halo)）之内，即银河系之内，除了十八大地狱外，还有 500 座中地狱及千百座小地狱，这些地狱（关联于黑洞）名字各异。

地藏答言：“仁者，我今承佛威神，及大士之力，略说地狱名号，及罪报、恶报之事。仁者，阎浮提东方有山，号曰铁围，其山黑邃，无日月光。有大地狱，号极无间。又有地狱，名大阿鼻。复有地狱，名曰四角。复有地狱，名曰飞刀。复有地狱，名曰火箭。复有地狱，名曰夹山。复有地狱，名曰通枪。复有地狱，名曰铁车。复有地狱，名曰铁床。复有地狱，名曰铁牛。复有地狱，名曰铁衣。复有地狱，名曰千刃。复有地狱，名曰铁驴。复有地狱，名曰烊铜。复有地狱，名曰抱柱。复有地狱，名曰流火。复有

地狱，名曰耕舌。复有地狱，名曰剝首。复有地狱，名曰烧脚。复有地狱，名曰啖眼。复有地狱，名曰铁丸。复有地狱，名曰诤论。复有地狱，名曰铁鉢。复有地狱，名曰多瞋。” [48]

这一段中，“地藏菩萨”列举了“阎浮提”所在的世界，即银河系中的 24 座大地狱。其中包括“无间地狱”（一般规模的“阿鼻地狱”）和“大阿鼻地狱”这两座佛教最著名的地狱。

地藏白言：“仁者，铁围之内，有如是等地狱，其数无限。更有叫唤地狱、拔舌地狱、粪尿地狱、铜锁地狱、火象地狱、火狗地狱、火马地狱、火牛地狱、火山地狱、火石地狱、火床地狱、火梁地狱、火鹰地狱、锯牙地狱、剥皮地狱、饮血地狱、烧手地狱、烧脚地狱、倒刺地狱、火屋地狱、铁屋地狱、火狼地狱，如是等地狱。其中各各复有诸小地狱，或一或二，或三或四，乃至百千，其中名号，各各不同。” [48]

而这一段中，“地藏菩萨”又列举了 22 座类似的地狱，这些地狱的眷属小地狱的数量，从 1 个到百千个不等，并明确表明“有如是等地狱，其数无限。”值得注意的是，佛经所说的“无限”实为一个数值巨大的有限数，并不能等同于现代数学的无限大。根据现代科学理论推测，银河系中有超过 1 亿颗恒星黑洞 [210]。因此，大乘 [102] 佛经《地藏菩萨本愿经》对地狱的数量描述和现代科学对黑洞数量的理论推测是相符的。

此外，根据现代科学分类，黑洞按它们的质量一般分为恒星级质量黑洞（Stellar mass black holes，简称“sMBHs”）、中等质量黑洞（Intermediate mass black holes，简称“IMBHs”）和超大质量黑洞（Supermassive black holes，简称“SMBHs”）三类 [74]，虽然也有理论提出微型黑洞 [198]，又称作量子黑洞（quantum mechanical black holes），但是目前并没有在现实中发现这类黑洞。而《地藏菩萨本愿经》也存在类似的对地狱的“大、中、小”分类。因此，我们认为佛经对“地狱”在大小规模上的分类和现代科学对黑洞在大小规模上的分类存在某种程度上的一致性。

那么，为什么《起世经》只提到“十八地狱”？我们认为，就像太阳系有众多行星，佛陀在介绍“诸天”时选择了最有结构特性的典型进行介绍一样，由于地狱（关联于黑洞）数量过多，佛陀以某种特定的方式对地狱进行分类，以各类中选择典型的方式进行介绍。因此，《起世经》只提到（没有明确表明只有）“十八地狱”并不代表只有“十八地狱”。下面，我们将重点解读这经典的“十八地狱”。

8.3 经典“十八地狱”之“八大地狱”

首先，让我们看看《起世经》和《大般涅槃经》对八大地狱的描述。

《起世经》对八大地狱的描述为：

诸比丘。彼两山间。有八大地狱。何等为八。所谓活大地狱。黑（绳）大地狱。众合大地狱。叫唤大地狱。大叫唤地狱。热恼大地狱。大热恼地狱。阿毗脂大地狱。 [228]

北凉天竺三藏县无讖翻译的《大般涅槃经》对八大地狱的描述为：

是诸光明皆悉遍至阿鼻地狱、想地狱、黑绳地狱、众合地狱、叫唤地狱、大叫唤地狱、焦热地狱、大焦热地狱。 [46]

在这里，通过上下文对比，我们认为两部佛经对八大地狱的描述是高度统一的。几乎所有的地狱都存在一般规模和大规模两种形式，譬如，叫唤地狱和大叫唤地狱、热恼大地狱和大热恼地狱等。此外，我们认为《起世经》的活大地狱即为《大般涅槃经》的想地狱。

8.3.1 阿毗脂大地狱

接下来，就让我们看看《起世经》对阿毗脂大地狱的描述：

复次诸比丘。彼阿毗脂大地狱中。诸众生辈。生者有者化者住者。以恶不善业果报故。从于东方有大火聚。忽尔出生。炽然赫色。极大猛焰。一向洞赫。如是次第。南方西方及北方等。诸方各各皆有极大火聚出生。炽然光焰。悉皆猛赫。彼等于中。以此四方四大火聚之所围绕。渐渐逼近。共相和合。令诸众生受诸痛苦。乃至受彼大严切苦。[226]

复次诸比丘。彼阿毗脂大地狱中。诸众生辈。生者有者乃至住者。以恶不善业果报故。从于东壁光炎出已。直射西壁。到已而住。从于西壁光焰出已。直射东壁。到已而住。从于南壁光焰出已。直射北壁。从于北壁光焰出已。直射南壁。从下向上。自上射下。纵横交接。上下冲射。热光赫焰。腾沸相激。彼等于中以此六种大猛火聚。掷诸众生。以着其中。乃至受于极严切苦。[232]

众所周知，佛经中的“地狱”皆是以极其严酷的刑法惩罚罪人的地方，如果“地狱”关联于黑洞，那么“地狱众生”则显然关联于被黑洞吸收的宇宙物质。如果说地狱内部的情形关联于黑洞内部的情形，那么这两段佛经就描述了黑洞内部及周围的情况，即：

1. 东南西北四周各方存在极高温的猛烈大火聚（火焰聚合物），并且环绕在“众生”周围，同时向内部逐渐逼近合围。
2. 黑洞内部东南西北四周存在某种高温光焰墙壁，“众生”（被黑洞吞噬的物质）会在内部东西南北方向纵横交错的被喷射到高温光焰墙壁上。
3. 此外还存在从下向上及从上向下的双向冲射情况，而“众生”（被黑洞吞噬的物质）在这个过程中被掷（抛）射。即对应经文“从下向上。自上射下。纵横交接。上下冲射。热光赫焰。腾沸相激。”的描述。

结合现代天文学对黑洞的形态描述，我们认为此段佛经描述与黑洞吸积盘（accretion disk）[96]的结构形态和动力学规律基本一致，如图8.2所示。

根据现代天文学，吸积盘（accretion disc 或 accretion disk）[188]是一种由弥散物质组成的、围绕中心体转动的结构。在中心天体引力的作用下，其周围的气体会落向中心天体。当物质沿螺旋线落向黑洞时，强大的引力场使得物质摩擦并被加热（极高温）至辐射出 X 射线。这些盘状物经常于临近中心体的地方产生超高速喷流 [177]，喷流是天体附近喷射出的定向、狭长、高速高能物质流，被称为“宇宙火柱”。当周围的天体物质落入黑洞时会喷射出火焰般的喷流，即产生佛经所描述的上下冲射的天文奇观，如图8.2所示。此外，如果质量吸积率接近或超出爱丁顿吸积率时，吸积的气体在光学上变得太厚，无法在局部辐射所有耗散的能量。此时，辐射被束缚

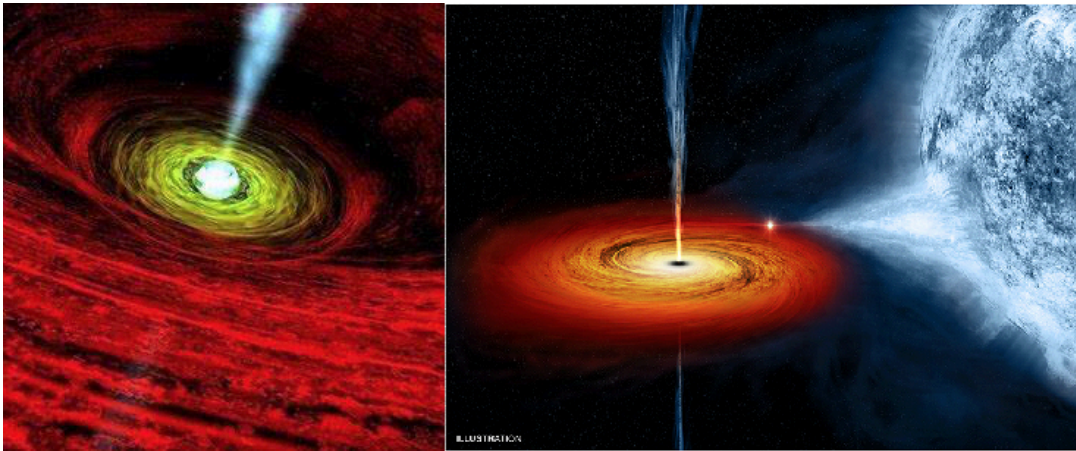


图 8.2: *Cygnus X-1* 黑洞吸积盘 (accretion disk), 艺术家的假想图。Credit: NASA/CXC/M. Weiss

住, 并随着吸积流向内对流 [12], 也就形成了东西南北方向纵横交错的被喷射到高温光焰墙壁上的情况。

如何确定佛经描述的上下冲射的天文奇观是黑洞喷流呢? 我们且看下面这段经文:

复次诸比丘。又于彼处世界中间。有诸风吹地狱。烧煮众生身肉脂髓。臭秽燄 [火 * 孛] 气响种种不净。诸比丘。彼风若来到此四洲世界中时。尔时四洲世界之中。所有众生乃至住者。彼等皆盲无复眼目。以其气恶臭处猛故。[232]

第一, 这一段经文再一次确认了银河系 (小千世界) 中间存在巨大的黑洞 (关联于地狱), 与前一章中《杂阿含经》的相关描述“此千世界, 中间暗冥 [44]”一致。第二, 这段经文描述地狱众生被烧煮之后, 其臭气外溢, 当宇宙中的风把臭气吹到其它地方的时候, 该地方的众生会眼盲。换句话说, 黑洞喷射强烈的伽马射线辐射 (Gamma Ray Burs [79]), 而这些伽马射线辐射 (臭气) 具备破坏性, 会让人眼瞎。黑洞喷射伽马射线 [177] 及伽马辐射具有强烈破坏性 [79] 等均被现代科学所证实。

在前文第2.2节中, 我们曾提及“须弥山出的种种香”与地球磁场的地磁线相关联, 而此处经文中“地狱众生臭气”则显然与黑洞喷射强烈的伽马射线辐射 (Gamma Ray Burs [79]) 相关联。因此, 对比佛经的描述, 暂且抛去神话、拟人和比喻等修辞手法, 数千年前的佛陀对黑洞高度精准的认知水平可谓令现代人都叹为观止。

最后, 我们还有一个问题没有验证解读, 那就是上面第二点中所提及的处于地狱 (关联于黑洞) 内部的“高温光焰墙壁”。这种地狱火墙 (高温光焰墙壁) 存在吗? 若存在的话, 它究竟是什么?

8.3.2 大地狱高温光焰墙壁 - 黑洞火墙悖论

在上一小节, 我们提到, 佛陀认为地狱 (关联于黑洞) 内部存在“高温光焰墙壁”, 而这种黑洞火墙 (black hole firewall) 是否存在是我们这一小节的主要话题。事实上, 我们翻查了关于黑洞的现代科学资料, 发现“黑洞火墙悖论”[178] 与此高度相关。

黑洞火墙的概念于 2012 年由四位物理学家提出：阿赫麦德·阿姆黑利 (Ahmed Almheiri)、唐纳德·马若夫 (Donald Marolf)、约瑟夫·波尔钦斯基 (Joseph Polchinski)、詹姆斯·苏利 (James Sully) [2]，以其姓氏字首又称 AMPS 火墙。美国加州理工学院的理论物理学家约翰·普瑞斯基尔 (John Preskill) [178] 说，“黑洞火墙悖论”[214] 其实并不复杂，科研人员设计了一个思想实验——如果一个倒霉的宇航员不幸落入黑洞会发生什么。关于这个问题，科学家得出了两个相互矛盾的结果：

- 按照广义相对论，会在黑洞的“奇点”被粉碎，落入黑洞无限致密核心，并且任何事物都不能从黑洞中逃逸。
- 按照量子理论，会遭遇高能量的量子密集地聚在一起形成的“火墙”，任何东西一触即焦，而能量和信息可以从黑洞中逃逸。

“黑洞火墙”的结果令人震惊，因为尽管“火墙”服从了量子规律，但是它却违反了爱因斯坦的广义相对论——无论他们是落入黑洞或是漂浮在空旷的星际空间中，自由落体的人应该感受到在宇宙任意处都同等的物理规律。这些正好体现了广义相对论与量子理论的直接冲突，也引出了人们关于“黑洞火墙悖论”的思考。

已故英国剑桥大学著名物理学家，现代最伟大的物理学家斯蒂芬·威廉·霍金 [129] 在接受《自然》杂志社记者采访时说：“在经典广义相对论的引力理论中，任何事物都不能从黑洞中逃逸，然而量子理论却能使能量和信息从黑洞中逃逸。”一些物理学家承认，对该现象的合理解释，需要一个能够完美合并引力与其他基本自然力的理论。但是，近一个世纪以来，物理学家始终没有发现这样的理论。霍金认为，“正确的处理方法仍然是一个谜”。[178]

目前学界对“火墙”概念仍有争议 [15]，并未全然接受这样的方案。2016 年科学家从 LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) 的观测中发现一些可能为火墙存在的证据 [16]，或其他违反广义相对论的现象存在的可能证据。如果证实了黑洞回音的存在，它将成为火墙或模糊球 (fuzzball) 存在的有力证据，并证实经典广义相对论在事件视界附近失效²。

因此，我们认为以目前科学的发展水平而言，还难以通过现代科学理论直接验证佛经提及的关于地狱（黑洞）内部存在“高温光焰墙壁”的观点。

8.3.3 阿鼻地狱

首先是《起世经》关于阿毗脂地狱受苦无有间断的描述：

复次诸比丘。更何因缘。彼阿毗脂大地狱者。称阿毗脂大地狱也。诸比丘。其阿毗脂大地狱中。于一切时。无有须臾得暂受乐乃至如一弹指顷时。是故称彼大地狱者。为阿毗脂也。[232]

然后，我们看看大乘 [102] 佛经《大般涅槃经》对阿鼻地狱的描述：

“大王，汝今已造阿鼻地狱极重之业，以是业缘必受不疑。大王，阿者言无，鼻者名间，间无暂乐故名无间。大王，假使一人独堕是狱，其身长大八万由延，遍满其中间

²注意，倘若该可能证据成立，也并非全盘推翻广义相对论，只是表明广义相对论在某些罕见的极端环境中失效。

无空处。其身周匝受种种苦。设有多人，身亦遍满不相妨碍。大王，寒地狱中暂遇热风以之为乐，热地狱中暂遇寒风亦名为乐，活地狱中设命终已若闻活声即便还活，阿鼻地狱都无此事。大王，阿鼻地狱四方有门，一一门外各有猛火，东西南北交过通彻八万由延。周匝铁墙铁网弥覆，其地亦铁，上火彻下，下火彻上。”[46]

在这里，我们认为这一段关于阿鼻地狱内部情况的描述和前面《起世经》关于阿毗脂大地狱的描述是一致的，这验证了《起世经》的阿毗脂大地狱即为《大般涅槃经》的阿鼻地狱。其次，因为佛经单位常为音译的缘故，这段出现的度量单位“由延”即为“由旬”。根据我们前面的换算公式，80000 由旬约为 353.6 千米，第二段经文中“假使一人独堕是狱，其身长大八万由延，遍满其中间无空处。”表明黑洞中的空间高度歪曲，里面的物质存在被拉长拉大的面条效应 [212]。最后，最需要注意的是，这段经文表明，从受刑者的视角来看，无论堕入这个地狱的众生的数量是多少，都将遍满其中间，并且没有空处。每一个众生，其身周匝都会受种种苦，并没有因为有其它众生处于某一个众生周围而为其挡灾。在这个过程中，受刑者似乎身处一个狭小的束身空间，受四方上下高烈烈火所烘烤。换言之，这里描述了一种非常奇特的空间结构，根据现代科学的理论推导，在黑洞中存在事件视界（event horizon，一种时空的曲隔界线）[176]，而任何东西或任何人一旦进入事件视界，就会很快地到达无限致密的区域（经文“遍满其中间无空处”）和时间的终点。因此，我们认为佛经对“地狱”（关联于黑洞）的这个表述存在科学理论依据。

8.4 经典“十八地狱”之“十大地狱”

在经典的“十八地狱”中，除了上面提及的“八大地狱”，还有另外“十大地狱”。

首先是《起世经》的描述：

彼之世界于两中间。别更复有十地狱住。何等为十。所谓頞浮陀地狱。泥罗浮陀地狱（。）阿浮地狱。呼呼婆地狱。阿吒吒地狱。搔捷提迦地狱。优钵罗地狱。波头摩地狱。奔荼利地狱。究牟陀地狱。[232]

其次是《起世因本经》的描述：

何等为十。所谓頞浮陀地狱。泥罗浮陀地狱。阿呼地狱。呼呼婆地狱。阿吒吒地狱。搔捷提迦地狱。优钵罗地狱。波头摩地狱。奔荼梨地狱。拘牟陀地狱。[223]

最后是《立世阿毗昙论卷第一·地动品第一》的描述：

如是佛世尊说。比丘。有大地狱。名曰黑闇。各各世界外边悉有皆无覆盖。此中众生自举其手。眼不能见。虽复日月具大威神。所有光明。不照彼色。佛说。如是黑闇地狱。住在何处。两两世界铁轮外边。名曰界外。是寒地狱。一名頞浮陀。二名涅浮陀。三名阿波波。四名阿吒吒。五名嚧吼吼。六名郁波缕。七名拘物头。八名苏健陀固。九名分陀利固。十名波头摩。[219]

在这里《起世经》和《起世因本经》的描述是一致的。与前面的“八大地狱”对比，我们认为，这里的列举的“十大地狱”，其最大的特点是没有眷属小地狱，为孤立地狱，即与孤立黑洞相关联。

因此，我们认为佛经《起世经》和《起世因本经》在这里以地狱是否孤立进行划分。由前文分析可知，地狱（关联于黑洞）数目无限，根据现代科学理论推测，银河系也不只存在 146 个黑洞。因此，这里再一次强调，经典的“十八地狱”是佛陀选取了其中的典型进行介绍，而并非表明宇宙间只有“十八地狱”。

8.4.1 波头摩地狱

在这里，我们选取一座孤立的地狱进行解读：

诸比丘。其波头摩地狱处所。若众生辈。离彼一百踰闍那住（踰闍那者隋数四十里也）。为彼狱火光焰所烧。若离五十踰闍那住。诸众生辈。皆盲无眼。离二十五踰闍那住。诸众生辈。身之血肉自然破散。[232]

根据前文第4.4节对“踰闍那”的换算可知，“踰闍那”分为两种，分别是 18,288 米的“北方踰闍那”和 38,080 米的“天文踰闍那”。因此，经文提及的 100“踰闍那”为 1828.8 千米或 3808 千米，50“踰闍那”为 914.4 千米或 1904 千米，而 25“踰闍那”为 457.2 千米或 952 千米。显然，这里谈论了在 3 个不同距离下的不同影响：

1. 在 100 踰闍那处（1828.8 千米或 3808 千米）被光焰所烧，我们认为这个是“波头摩”黑洞吸积盘 [96] 的半径，黑洞吸积盘内的物质因为摩擦产生高温高热。
2. 在 50 踰闍那（914.4 千米或 1904 千米）众生皆盲无眼，我们认为这个是“波头摩”黑洞的史瓦西半径（Schwarzschild radius）[187]，该值的含义是，如果特定质量的物质被压缩到该半径值之内，将没有任何已知类型的力可以阻止该物质自身的重力将自己压缩成一个引力奇点（Gravitational singularity）[197]，任何东西，甚至光，都无法从事件视界（史瓦西半径内）向外逃逸。在那范围内，空间高度扭曲，所有光线的方向都指向黑洞内部，对于处在这个范围内的“众生”而言，他看到的四周都是黑洞内部，故”“诸众生辈。皆盲无眼”。
3. 在 25 踰闍那（457.2 千米或 952 千米）众生身之血肉自然破散，需要注意的是，这里阐述的是“自然破散”，而非“烧焦”，虽然前面提及 100 踰闍那处会被光焰所烧。在这里，我们认为 25 踰闍那处于“波头摩”黑洞内部，其内部物质将被不断增强的潮汐力拉长而撕裂，一般称为面条化或面条效应 [212]。这里描述的是面条化到一定程度时产生的“自然破散”现象。

由上面第 2 点可知，“波头摩”黑洞的史瓦西半径为 914.4 千米或 1904 千米，大致满足现代天文学关于中等质量黑洞（Intermediate-mass black hole）[182] 的定义，如表 8.1 所示。这个例子再次说明，佛经的数值及其度量单位存在高度严谨性及内在逻辑。

8.4.2 “波头摩地狱尽”需要的时间

首先，“波头摩地狱尽”需要的时间即为“波头摩”黑洞蒸发所需要的时间。因为黑洞的大小由事件视界的距离或是史瓦西半径来决定，与质量 M 成正比。根据以下公式 [213]：

$$r_s = \frac{2Gm}{c^2} \approx 2.95 \times \frac{m}{M_\odot} km \quad (8.1)$$

类型	概略质量	概略半径
超大质量黑洞	10^5 – 10^{10} 太阳质量	0.001 –400 天文单位
中等质量黑洞	1000 个太阳质量	1000 千米级别 (地球半径)
恒星黑洞	10 个太阳质量	30 千米
微型黑洞	最大至月球质量	最大至 0.1 毫米

表 8.1: 黑洞分类 [213]

其中, r_s 是史瓦西半径; M_\odot 是太阳的质量; m 代表天体质量; G 代表万有引力常数, 即 $6.67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2$; c^2 代表光速的平方值, 即 $(299,792,458 \text{ m/s})^2 = 8.98755 \times 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2$ 。

及前文的分析可知, “波头摩”黑洞的质量约为太阳质量的 $914.4 \div 2.95 \approx 310$ 倍或 $1904 \div 2.95 \approx 645.4$ 倍。其次, 根据霍金辐射 (Hawking radiation) [30] 理论中黑洞完全蒸发掉所花费的时间公式:

$$t_{ev} \approx 2.1 \times 10^{67} \times \left(\frac{m}{M_\odot}\right)^3 \text{ years} \quad (8.2)$$

可知, 此“波头摩地狱尽” (黑洞蒸发) 所需要花费的时间约为 6.256×10^{74} 年或 5.646×10^{75} 年。

最后, 根据宇宙大爆炸理论 (The Big Bang Theory) [106], 我们的宇宙诞生于 138.2 亿年前, 即 1.382×10^{10} 年, 远远小于“波头摩地狱尽”所需要的时间。

8.4.3 十六眷属小地狱

《起世经》关于十六小地狱的介绍:

诸比丘。此八大地狱。各各复有十六小地狱。周匝围绕。而为眷属。是十六狱。悉皆纵广五百由旬。何等十六。所谓黑云沙地狱。粪尿泥地狱。五叉地狱。饥饿地狱。焦渴地狱。脓血地狱。一铜釜地狱。多铜釜地狱。铁碓地狱。函量地狱。鸡地狱。灰河地狱。斫截地狱。剑叶地狱。狐狼地狱。寒冰地狱。[228]

佛经这里表明十六个小地狱, 悉皆纵广五百由旬, 由 1 由旬为 4.42 米可知, 其史瓦西半径 [187] 为 $4.42 \times 500 = 2.210$ 千米。又根据公式 8.1 可知, 其质量约为太阳质量的 0.749 倍, 大致属于恒星黑洞类型, 即小型黑洞。因此, 佛经在这里描述的小地狱与现代天文学对小型黑洞的定义在某种程度上一致。

《起世经》中的地狱, 有非常多类似西方神话中关于地狱所描述的事物, 有些甚至几乎一样。譬如: 狱卒 (守狱者)、黑紫色的地狱恶犬、粪尿热泥、无数密密麻麻的小铁虫、地狱烈火、灰河 (类似西方神话中的冥河)、铁嘴黑鸟、狐狼、刀林、融赤铜汁、铁钳和热铁丸等各种刑具、酷热及酷寒环境等。

值得注意的是, 《起世经》表明, 在十六眷属小地狱中, 当某罪人从小地狱受罪结束出来后, 还会依次进入下一个有着不同惩罚内容的小地狱, 顺次接受折磨, 最后由寒冰地狱出来。譬如下面经文所描述:

诸比丘。彼等众生。经历无量久远长道。从黑云沙地狱中出。出已复走。求屋求宅求救求覆求归依处。作是念已。又复入于粪屎热泥小地狱中。[228]

诸比丘。彼等地狱诸众生辈。有时多时长道久远。从粪屎泥小地狱出。出已奔走。求室求宅求护求洲及归依处。即入五叉小地狱中。[228]

这些描述似乎喻示众多临近的小黑洞之间存在某种空间隧道³。对于这些以地狱众生（被黑洞吞噬的物质）视角描述的内容，我们认为以某种形式存在于黑洞内部。但是，由于黑洞存在事件视界 [213]，从理论上讲任何人都难以知道里面发生了什么。所以，我们无法找到它们的关联物，只能暂且将它们视为一种神话故事叙述。

正因为此，我们认为这属于佛经描述特有的“一体多面”现象，也符合前文第2.5节所提及的“重叠世界”假设。

8.5 小结

结论 8.1 我们认为佛经很可能是人类历史上最早的论述银河系中存在黑洞，并且对黑洞有着详细描述的可公开查证的古代文献。

结论 8.2 佛陀对黑洞大小的分类与现代天体物理学相似，对黑洞的史瓦西半径及内部存在空间歪曲等均有现代科学水平的认知。

结论 8.3 本章内容与第七章构成互相印证关系，佛经关于黑洞的部分描述与现代天文学一致，符合“一致性互相印证”的条件，与前面章节介绍的内容互相呼应，一起构成佛经宇宙观的“证据链”。

结论 8.4 佛陀对与黑洞 [176] 关联的“地狱”的描述中，除了一部分可以被现代科学前沿理论验证外，其余大部分远超目前科学水平，我们难以进行现代科学验证。

结论 8.5 佛经描述的“地狱”和我们认识范围内的黑洞 [176] 之间存在很好的关联关系，但是由于佛经关于“黑洞”的众多描述中还有很多尚未被现代科学所证实，譬如黑洞中存在受罪的另类形式的生命（暂归为神话故事）。因此，基于目前的认知水平，我们认为我们所认识的黑洞不能和佛经描述的“地狱”完全等同⁴，它们之间的关系为对应非等价关系（又称“一体多面”）。

³事实上，爱因斯坦就曾经提出类似的时空洞（Wormhole）[160] 的观点。这个概念又称为爱因斯坦-罗森桥，也译作蛀孔，是宇宙中可能存在的连接两个不同时空的狭窄隧道。

⁴注意！通过后文更多的经文解读可知，佛经也描写了很多与黑洞无关的“地狱”。

第九章 三千大千世界

在这一章，我们将介绍著名的佛学宇宙概念“三千大千世界”，我们且看下面的经文：

今此世间。天地众生。所居国土。云何转合。云何转散。云何转散已而复还合。云何转合已而安住也。[224]

用现代的话来说就是，现今这个世间，众生所生活的大地是如何在旋转中合并、旋转中散开、旋转中散开后又重新（在旋转中）合并而最后安住。佛陀为了解释上面这个连众多长老辈都觉得甚奇希有并且不可思议的问题，首次提出了“三千大千世界”的概念。下面我们就这个概念及相关问题进行完整的解读。

9.1 “一千世界”的定义

诸比丘。如一日月所行之处。照四天下。尔所四天下世界。有千日月。诸比丘。此则名为一千世界。诸比丘。千世界中。千月千日千须弥山王。四千小洲四大洲。四千小海四大海。四千龙种姓四大龙种姓。四千金翅鸟种姓四大金翅鸟种姓。四千恶道处种姓四大恶道处种姓。四千小王四大王。七千种种大树。八千种种大山。十千种种大泥犁。千阎摩罗王。千阎浮洲。千瞿陀尼。千弗婆提。千郁多罗究留。千四天王天。千三十三天。千夜摩天。千兜率陀天。千化乐天。千他化自在天。千诸摩罗天。千梵世天。[224]

佛陀在这里以大家熟知的“一日月”（即太阳和月亮）为基础，定义了“一日月”的范围，即一日月所运行的能照耀四天下的范围。这个“四天下”，我们认为是东南西北四个方位的天下，也就是当时人们居住的“四天下世界”，即地球，进一步的也可以代指太阳系¹。接下来，“一千世界”由众多“四天下世界”所组成，在其中有千日月，即“一千世界”由众多类似太阳系的恒星系统组成。

根据上面经文的描述，我们可以反向推导出一世界平均包含的内容：一月一日、一须弥山王、四小洲四大洲、四小海四大海、四龙种姓四大龙种姓、四金翅鸟种姓四大金翅鸟种姓、四恶道处种姓四大恶道处种姓、四小王四大王、七种种大树、八种种大山、十种种大泥犁、一阎摩罗王、一阎浮洲、一瞿陀尼、一弗婆提、一郁多罗究留、四天王天、一三十三天、一夜摩天、一兜率陀天、一化乐天、一他化自在天、一诸摩罗天、一梵世天等。

¹正如我们常用北京来代指中国。

在这里需要注意的是，我们认为并不是所有的世界都会包含上述内容。因为经文在此处的“千”并非一个严格的计数单位，用“千”更多的是比喻很多²。

9.2 “三千大千世界”的定义

诸比丘。如此小千世界。犹如周罗。名千世界。诸比丘。尔所周罗一千世界。是名第二中千世界。诸比丘。如一第二中千世界。尔所中千一千世界。是名三千大千世界。诸比丘。此三千大千世界。一时转合。一时转合已而还复散。一时转散已而复还合。一时转合已而安住。如是世界周匝转烧。名为败坏。周匝转合。名为成就。周匝转住。名为安立。是为无畏一佛刹土众生所居。[224]

以下为逐句翻译，括号内为补充说明。

1. 诸比丘。如此小千世界。犹如周罗。名千世界。【共 17 字】

译文：各位出家僧，这种小千世界（即上文有千日月的一千世界），看起来就像头发绕卷起来盘在头上的周罗一样（呈旋涡状），叫做千世界。

评注：能有数量巨大的太阳（恒星），整体又呈现出螺旋状的天体，我们有理由认为就是现代天文学里宇宙基本的构成单位-星系 [132]。经文此处定义千世界为核心概念，下文皆是围绕星系概念展开描述。

2. 诸比丘。尔所周罗一千世界。是名第二中千世界。【共 19 字】

译文：各位出家僧，把很多个小千世界盘旋起来就是中千世界。

评注：“中千世界”是指把银河系或者河外星系等星系旋转盘附在一起而构成的星系团 [130]，这里的周罗为动词。

3. 诸比丘。如一第二中千世界。尔所中千一千世界。是名三千大千世界。【共 27 字】

译文：各位出家僧，就像中千世界所构成那样，数以千计的中千世界构成了三千大千世界。

评注：“三千大千世界”类似于由星系团聚合而成的超星系团 [165]。此处没像前一句那样表明是盘旋而成，而是说由各星系团集合构成，体现一种描述的严谨。

4. 诸比丘。此三千大千世界。一时转合。一时转合已而还复散。一时转散已而复还合。一时转合已而安住。【共 40 字】

译文：各位出家僧，这个三千大千世界中，旋转与合并会同时发生，旋转聚合一起之后还会以旋转的方式散开，旋散之后还会旋转聚合回来，既而旋转合并后便很稳定的安住不再分离。

评注：经文此处描绘“三千大千世界”中一个让人迷惑的天文现象，根据此段经文所体现的一系列描述性的交互动词，以及上文把“千世界”作为基本核心描述对象的事实，我们认为这段是描述两个天体的交互过程。即两个天体会旋转着合并，合并后会分开，等分开后又会再次合并，然后就安住不再分开。再根据“千世界”的定义及上面的分析，我们有理由相信此处经文所描述的现象正好就是两星系经过几十乃至上百亿年的碰撞合成过程 [131]。而

²佛经也并非缺乏描述巨大数值的计数单位，譬如，“万亿”等。

这几句经文恰恰回答了众长老辈觉得甚是稀奇的问题，即“今此世间。天地众生。所居国土。云何转合。云何转散。云何转散已而复还合。云何转合已而安住也。”，是全品经文的核心。最重要的是，此处的描写与前面关于“三千大千世界”的定义构成“互相印证”

5. 如是世界周匝转烧。名为败坏。周匝转合。名为成就。周匝转住。名为安立。【共 28 字】
 译文：如果这种世界其内部一切（周匝）都在旋转中烧毁，就叫败坏。如果都在旋转中合并，就叫成就。如果都在稳定旋转，就叫安立。
 评注：根据上文把“千世界”作为基本核心描述对象，我们认为这里描述的是星系运行变化的三种状态：第一，星系灭亡，即在旋转中烧毁（败坏）。第二，两星系通过碰撞合成新的星系（成就）。第三，星系内部处于稳定的旋转状态（安立）。
6. 是为无畏一佛刹土众生所居。【共 12 字】
 译文：这就是无畏佛刹土众生所居住的地方。
 评注：无畏刹土即是指娑婆世界，在后面的经文中，佛陀还特意解释了为什么叫无畏佛刹。

9.3 “三千大千世界”的现代解读

“千世界”不是指一千³个世界，是名叫“千世界”的宇宙构成对象，也就是现代宇宙基本构成单位：星系。佛陀把星系作为最基本的描述对象，宇宙由小千，中千，大千层层嵌套构成，即星系 [132]、星系团 [130]，超星系团 [165] 逐层集合构成。这一点与现代天文学研究宇宙的基本构成单位及分类法基本一致。

9.3.1 星系

星系 (Galaxias, 即“小千世界”) 本身在旋转 (犹如周罗, 周罗者隋言髻也外国人顶上结少许长发为髻)。譬如, 银河系, 如图9.1所示。

9.3.2 星系团

由众多星系聚合的星系团 (Cluster, 即“中千世界”) [130] 本身也在旋转, 即内部有很多星系围绕着某些东西在旋转。

首先, 根据现代天文学可知, 星系团 [200] (Galaxy clusters、Cluster of galaxies) 是由星系组成的自引力束缚体系, 通常尺度在数百万秒差距或数百万光年, 包含了数百到数千个星系。而包含了少量星系的星系集团叫做星系群。

其次, 星系团按形态大致可分为规则星系团和不规则星系团两类。规则星系团以拥有 1,000 个以上被确认星系的后发座星系团 (阿贝尔 1656) [95] 为代表, 大致具有球对称的外形, 所以又可以叫球状星系团。不规则星系团, 又称疏散星系团。它们结构松散, 没有一定的形状, 也没

³经文在此处的“千”并非一个严格的计数单位, 译文用“千”更多是引申指“极多”。譬如我国战国时期 (公元前 475 年—公元前 221 年) 典籍《韩非子·难势》[174] 的描述: “且夫治千而乱一, 与治一而乱千也, 是犹乘骥驎而分驰也, 相去亦远矣。”



图 9.1: 状如周罗的小千世界 - 星系

有明显的中央星系集中区，例如室女星系团 [116] (Virgo cluster) 是位于室女座 (Virgo) 的一个不规则星系团 (cluster of galaxies)，由 2500 多个星系 (Galaxy) 组成。

最后，现代科学研究表明 [25]，某些星系团存在旋转现象。科研人员 Hrant M. Tovmassian 通过一种基于星系团图像上速度高低的成员星系分布的星系团旋转检测方法发现，在研究的 65 个星团中，有 17 个是旋转的。该研究关于星系团存在高旋转率的结论，支持了星系团是由巨大的原始气体云形成，并保留了原始气体云的旋转的观点。除非它们与其他星系团和星系群合并，从而阻止了旋转。

9.3.3 超星系团

超星系团 (Supercluster，即“三千大千世界”，也就是一佛刹的组成单位) 由星系团构成，在这里佛经没有再用“周罗”一词，即没有强调其本身存在旋转结构，否则会用“尔所周罗一中千世界”，而不是原文的“尔所中千一千世界”。

根据现代天文学可知 [165]，超星系团是在宇宙的大尺度结构中，比星系团和星系群更大的结构。可观测宇宙中的超星系团约有 1,000 万个。譬如，室女座超星系团 [194] (英语: Virgo

Supercluster, 简称 Virgo SC) 或本超星系团 (Local Supercluster, 简称 LSC 或 LS) 就是个不规则的超星系团, 包含银河系和仙女座星系所属的本星系群在内, 至少有 100 个星系团与星系群聚集在直径 33 百万秒差距 (1 亿 1 千万光年) 的空间内, 是在可观测宇宙中数以百万计的超星系团中的一个。图9.2为室女座超星系团。

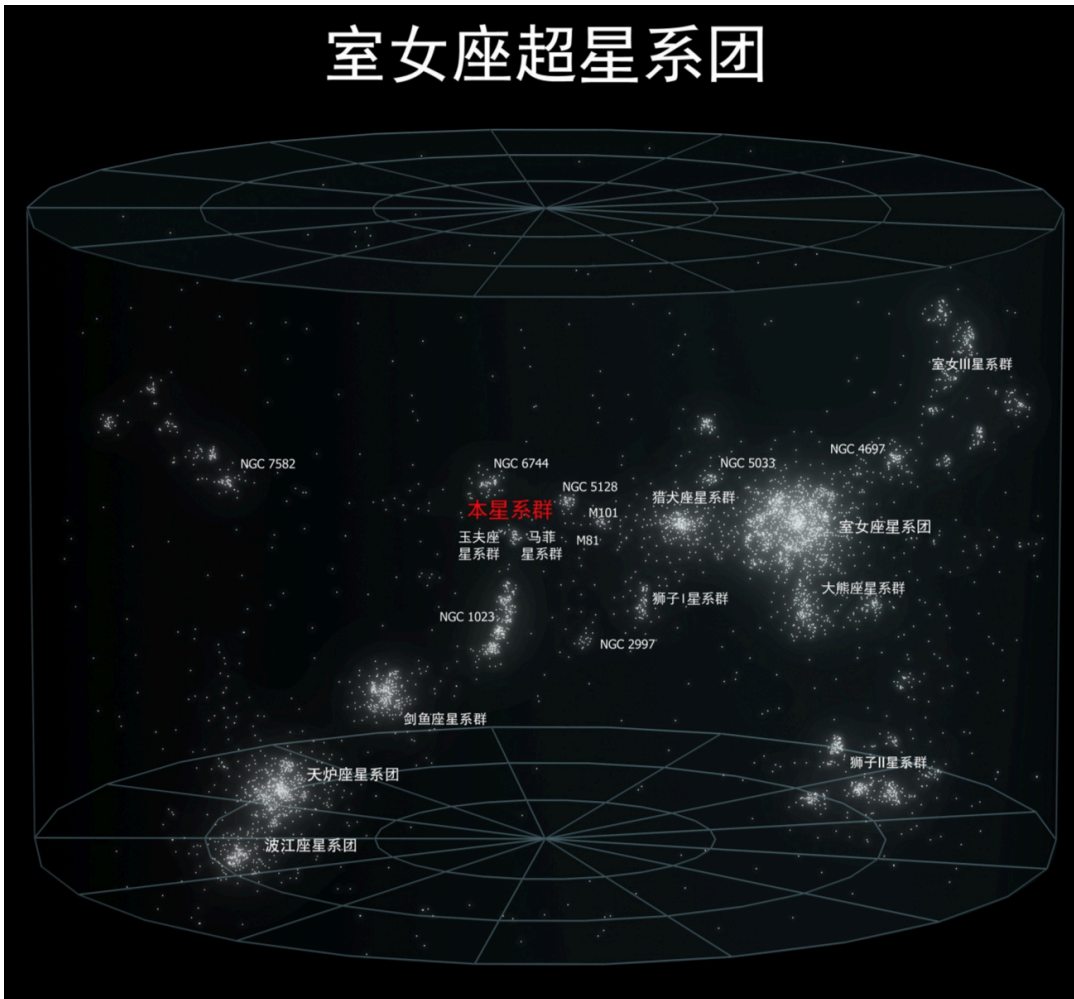


图 9.2: 室女座超星系团

9.3.4 星系碰撞过程

两个星系之间存在某种动态交互过程 (Galactic Collision, 星系碰撞) [131]。这一点由“转合”二字体现。并且佛经明确表示这种动态交互按照先后顺序有三种情况, 首先, 旋转合并后会各自分开, 其次, 分开后会再旋转合并, 最后, 旋转合并后不再分开, 如图9.3所示。

星系在碰撞过程中会有 3 种结果: 第一, 星系灭亡, 即在旋转中烧毁。第二, 两星系内部通过碰撞合成新的星系。第三, 星系内部处于稳定的旋转状态。

譬如, 仙女星系 [78] (Andromeda Galaxy; M31; NGC 224) 和银河系同处于本星系群, 直径

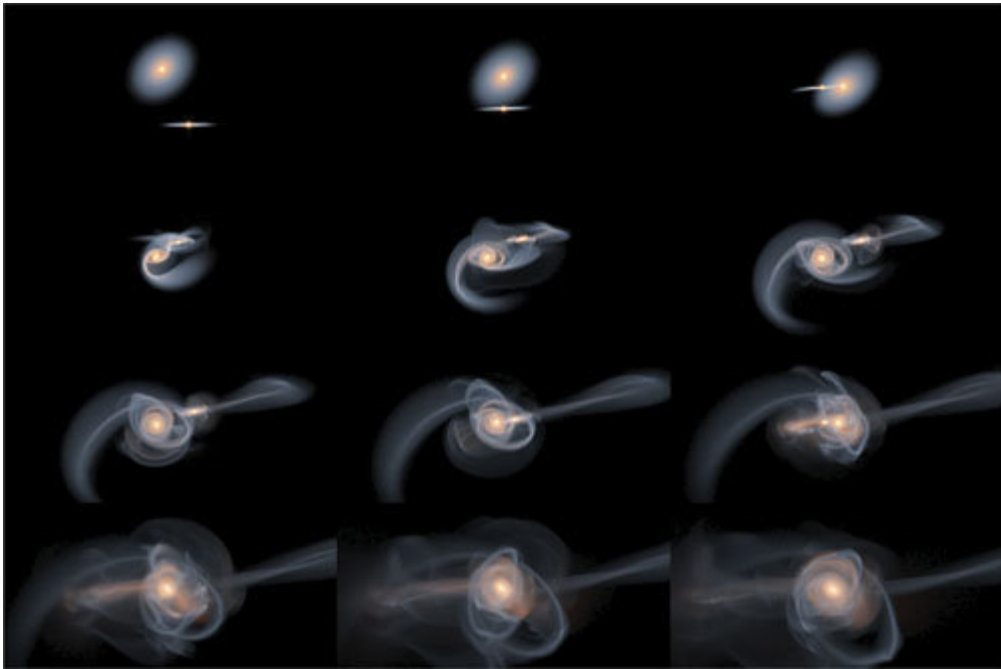


图 9.3: 两星系碰撞过程的模拟图 [5] (顺序: 从左到右, 从上到下) 与经文“此三千大千世界。一时转合。一时转合已而还复散。一时转散已而复还合。一时转合已而安住。[224]”的描述一致。

至少是银河系的 1.6 倍。仙女星系是本星系群中最大的星系, 正以每秒 300 公里的速度朝向银河系运动。科学家预言, 在 45 亿年之后, 仙女座星系将会和银河系相互碰撞, 其中的超大质量黑洞将会融为一体, 融合成一个全新的星系 [77]。

9.4 “千世界”的“中间暗冥”

除了星系碰撞过程的描述可以印证“三千大千世界”的“小千”、“中千”和“大千”分别和现代天文学的天体划分“星系”、“星系团”和“超星系团”存在一一关联关系之外, 还有哪些经文描述及相关的科学观测可以印证这一点?

首先, 我们且看《杂阿含经卷第十六·杂因诵第三品之四》对“小千世界”的相关描述:

尔时, 世尊告诸比丘: “如日游行, 照诸世界, 乃至千日、千月, 照千世界、千须弥山、千弗婆提、千阎浮提、千拘耶尼、千郁单越、千四天王、千三十三天、千炎魔天、千兜率天、千化乐天、千他化自在天、千梵天, 是名小千世界。此千世界, 中间暗冥, 日月光照, 有大德力, 而彼不见。其有众生, 生彼中者, 不见自身分。” [44]

尔时, 世尊告诸比丘: “有大暗地狱, 彼诸众生生彼中者, 不见自身分。” [44]

以上经文表明, “小千世界”中间存在“暗冥”。由前文第七章的分析可知, “暗冥”是指“大暗地狱”, 与现代物理学的黑洞 [176] 相关联。黑洞 [176] 就是时空曲率大到光都无法逃脱的天体, 其特性完全符合了佛经关于“大暗地狱”的特征描述。

因“小千世界”与星系相关联，我们所在的银河系就是一星系。现代天文学表明 [181]，在银河系的中心区域（银河系中间）存在着一个巨大的黑洞 [132]Sagittarius A*。这个天文事实与佛经关于“小千世界”中间存在“暗冥”的描述相一致。除了银河系，与银河系的外观十分相像的仙女星系 [78] (Andromeda Galaxy;M31;NGC 224)，其核心也是一个黑洞（“暗冥”）。1991 年，Tod R. Lauer 使用哈伯太空望远镜上的 WFPC 拍到了仙女座星系内核的影像。有两个相距 1.5 秒差距的核心，较亮的核被标示为 P1，位置偏离了星系的中心；稍暗的标示为 P2，位置在星系真正的中心上，被认为是拥有 $10^8 M_{\odot}$ 的黑洞⁴。事实上，许多星系的核心，都是充满了相当狂野的、剧烈变动的区域，并且经常都以有超大质量黑洞存在其中来解释 [184]。而这些天文事实与佛经的相关描述一致。

其次，是佛经对“中千世界”的相关描述：

尔时，世尊告诸比丘：“从小千世界数满至千，是名中千世界。于是中千世界，中间暗冥，如前所说。” [44]

以上经文表明，“中千世界”中间存在“暗冥”。换言之，“星系团”中间存在黑洞。那么，佛经的这种描述与现代天文学观测相符吗？因“中千世界”与星系团相关联，我们以前面提及的室女座星系团 (Virgo Cluster) 为例。根据现代天文学可知 [116, 193]，一个名为 M87 (NGC4486) 的超巨型椭圆星系位于室女星系团中心，其中心区域 $12^{\circ} \times 10^{\circ}$ 的椭圆型天区内，有几百个成员星系。而 M87 (NGC4486) 星系的中心是一个超大质量黑洞 (SMBH)，北京时间 2019 年 4 月 10 日晚 9 时许，包括中国在内，全球多地天文学家同步公布了黑洞“真容”。该黑洞距离地球 5500 万光年，质量约为太阳的 65 亿倍 [71]。因此，对于室女座星系团 (Virgo Cluster) 而言，其中心存在黑洞的这一天文事实又一次与佛经的相关描述相一致。

那么，关于银河系所在的星系群又如何呢？根据现代天文学，本星系群 [138] (Local Group of Galaxies)，是指银河系和相邻仙女星系、麦哲伦星云等 50 个星系组成了一个规模较小的集团，包括银河系在内的一群星系。本星系群又属于范围更大的室女座超星系团。此外，本星系群 (Local Group of Galaxies) 是一个典型的疏散星系团，没有明显的向中心聚集的趋势。成员星系约 50 个。银河系和仙女星系是本星系群成员星系中最大的两个，它们大体上位于本星系群的中心。又因为银河系和仙女星系的中心存在黑洞，我们可以认为本星系群的中心也存在黑洞。至此，对于银河系所在的本星系群，其中心存在黑洞的这一天文事实再一次与佛经的相关描述相一致。

最后，是佛经对“大千世界”的相关描述：

尔时，世尊告诸比丘：“从中千世界数满至千，是名三千大千世界。世界中间暗冥之处，日月游行，普照世界，而彼不见。” [44]

以上经文表明，“大千世界”中间存在“暗冥”。换言之，“超星系团”中间存在黑洞。那么，佛经的这种描述与现代天文学观测相符吗？因“大千世界”与超星系团相关联，我们以前面提及的室女座超星系团 [194]⁵ (英语: Virgo Supercluster, 简称 Virgo SC) 为例。

⁴ M_{\odot} 为太阳的质量。

⁵ 又名本超星系团 (Local Supercluster, 简称 LSC 或 LS)。

根据室女座超星系团（本超星系团）的星系分布 [34,194] 可知，其星系的数量密度随着离室女座星系团中心距离的平方而下降，这表明这个星系团不是随机分布的，绝大多数发光星系（小于绝对星等 -13）集中在少量的云（星系团）中。而室女座星系团处于室女座超星系团（本超星系团）的中心。根据前面关于室女座星系团（Virgo Cluster）中心存在黑洞可知，室女座超星系团（本超星系团）的中心也存在黑洞，即前面提及的 M87（NGC4486）星系中心的超大质量黑洞（SMBH）。这一天文事实又再一次与佛经的相关描述一致。

综上所述，佛经关于我们所处的“小千世界”、“中千世界”和“大千世界”存在“暗冥”的描述与现代天文学事实相符。

9.5 小结

结论 9.1 佛陀“三千大千世界”的概念中包含星系、星系团、超星系团和星系碰撞等 4 种现代天文学概念。我们认为佛经是人类历史上最早的系统描述上述概念且公开可查证的古代文献，也是最早提出并详细描述了星系碰撞 [131] 的动态交互过程的古代文献。

结论 9.2 特别需要强调的是佛陀对星系碰撞的描述是为了回答当时众比丘提出的“今此世间。天地众生。所居国土。云何转合。云何转散。云何转散已而复还合。云何转合已而安住也。”的问题。而这个转合、转散、再转合而最终安住的三个步骤就是星系碰撞的标准过程，与现代天文学观测一致。

结论 9.3 佛经关于“小千世界”、“中千世界”和“大千世界”的定义，星系碰撞过程的描述以及“千世界中间暗冥”的描述均与现代天文学观测一致。它们互相印证，又与前面章节介绍的内容互相呼应⁶，符合“一致性互相印证”的条件，一起构成佛经宇宙观的“证据链”，乃至“证据网”。

⁶譬如在前文第7.2节中，我们就曾指出“小千世界”为星系 [132]，而“此千世界”指我们所在的银河系 [172]，本章再次印证了这个说法。

第十章 全宇宙

10.1 不可思议的数量描述范围

10.1.1 十进制

这一小节我们简单介绍佛经中的十进制表示法，请看经文《阿毗达磨俱舍论卷第十二·分别世品第三之五》的相关定义：

有一无余数始为一。一十为十。十十为百。十百为千。十千为万。十万为洛叉。十洛叉为度洛叉。十度洛叉为俱胝。十俱胝为末陀。...（此处省略剩余的 43 个十进制数）
... [69]

我们将其整理成表10.1。

序号	单位	数值	序号	单位	数值	序号	单位	数值
1	一	1	2	十	10	3	百	100
4	千	10 ³	5	万	10 ⁴	6	洛叉（十万）	10 ⁵
7	度洛叉（百万）	10 ⁶	8	俱胝（千万）	10 ⁷	9	末陀（亿）	10 ⁸

表 10.1: 十进制

10.1.2 123 个天文计数单位-菩萨算法

《大方广佛华严经》中佛陀曾详细解释所使用的关于超大数量的计数单位，即“菩萨算法”，如下经文所示：

佛言：“善男子，一百洛叉为一俱胝，俱胝俱胝为一阿庾多，阿庾多阿庾多为一那由他，...（此处省略 100 个计数单位名称）...，至至为一阿僧祇，阿僧祇阿僧祇为一阿僧祇转，阿僧祇转阿僧祇转为一无量，无量无量为一无量转，无量转无量转为一无边，无边无边为一无边转，无边转无边转为一无等，无等无等为一无等转，无等转无等转为一不可数，不可数不可数为一不可数转，不可数转不可数转为一不可称，不可称不可称为一不可称转，不可称转不可称转为一不可思，不可思不可思为一不可思转，不可思转不可思转为一不可量，不可量不可量为不可量转，不可量转不可量转为一不

可说，不可说不可说为一不可说转，不可说转不可说转为一不可说不可说，此又不可说不可说为一不可说不可说转。” [55]

“善男子，我亦能知菩萨算法。所谓：一百洛叉为一俱胝，俱胝俱胝为一阿庾多，阿庾多阿庾多为一那由他，那由他那由他为一频婆罗，频婆罗频婆罗为一矜羯罗；广说乃至，优钵罗优钵罗为一波头摩，波头摩波头摩为一僧祇，僧祇僧祇为一趣，趣趣为一喻，喻喻为一无数，无数无数为一无数转，无数转无数转为一无量，...（此处省略 16 个计数单位名称）...，此又不可说不可说为一不可说不可说转。” [52]

“善男子，我以此菩萨算法，算无量由旬广大沙聚，悉知其内颗粒多少；亦能算知十方所有一切世界种种差别次第安住，南西北方、四维上下亦复如是；亦能算知十方所有一切世界广狭大小及以名字，其中所有一切劫名、一切佛名、一切法名、一切众生名、一切业名、一切菩萨名、一切谛名，皆悉了知。” [52]

从“俱胝”、“阿庾多”一直到“不可说不可说转”，一共出现 123 种计数单位。假设我们用 N_i 来表示第 i 个计数单位的数量，用 n 来表示“一百洛叉”的数量，则：

$$N_i = n^{2^{i-1}} \quad (10.1)$$

即 n 的 2 的 $i-1$ 次方次方。又因为一个洛叉是十万，也就是 10^5 ，“一百洛叉”为一千万，即 $n = 10^7$ ，由此可得：

$$N_i = 10^{7 \cdot 2^{i-1}} = 10^{7 \times 2^{i-1}} \quad (10.2)$$

譬如，“阿僧祇”为 $N_{104} = 10^{7 \times 2^{103}} = 10^{7.099 \times 10^{31}}$ ，“不可说”为 $N_{120} = 10^{7 \times 2^{119}} = 10^{4.6523 \times 10^{36}}$ ，“不可说不可说转”为 $N_{123} = 10^{7 \times 2^{122}} = 10^{3.722 \times 10^{37}}$ 。因为数值过大，我们采取对数计数法 [117] 进行表示，常见单位的对数值如表 10.2 所示。

10.1.3 “恒河沙”计数单位

那么，经文中常出现的“恒河沙数”又是多少呢？我们在这里估算一下印度境内的恒河有多少粒沙子。已知恒河的流域面积为 1,080,000 平方千米 [199]，假设河底积沙深度为 h 千米，同时一粒沙子的体积为 s 立方毫米（1 毫米等于 10^{-5} 千米），则恒河沙数 N_{Ganga} 为：

$$N_{Ganga} = \frac{1080000 \times h}{s \times (10^{-5})^3} = \frac{1.08 \times 10^6}{10^{-15}} \times \frac{h}{s} = 1.08 \times 10^{21} \times \frac{h}{s} \quad (10.3)$$

如果一粒沙的体积 s 大约为 0.0368 立方毫米，而河底积沙深度为 h 千米，则恒河沙的数量约为：

$$N_{Ganga} = 1.08 \times 10^{21} \times \frac{h}{s} \approx 1.08 \times 10^{21} \times 27.174 \times h = 2.935 \times 10^{22} \times h \quad (10.4)$$

譬如，当 $h = 0.01$ 千米时， $N_{Ganga} = 2.935 \times 10^{20}$ 。当 $h = 0.1$ 千米时， $N_{Ganga} = 2.935 \times 10^{21}$ 。因此，“恒河沙”是介于“阿庾多”和“那由他”之间的数，其对数（以 10 为底）在 21 左右，大于 14 而小于 28，介于两者中间。

¹佛经中“无量”在大多数情况下仅仅表示数量极大，需根据上下文进行判别。

序号	单位	对数	序号	单位	对数
1	俱胝 (俱致)	7	2	阿庾多	14
3	那由他	28	4	频婆罗	56
5	矜羯罗	112	6	阿伽罗	224
7	最胜	448	8	摩婆罗	896
9	阿婆罗	1792	10	多婆罗	3584
11	界分	7168	26	称量	234881024
27	一持	469762048	28	异路	939524096
29	颠倒	1879048192	30	三末耶 (三摩耶)	3758096384
33	伺察	3.006×10^{10}	34	周广	6.013×10^{10}
35	高出	1.203×10^{11}	36	最妙	2.405×10^{11}
39	一动	1.924×10^{12}	49	调伏	1.970×10^{15}
50	离僇慢	3.941×10^{15}	51	不动	7.881×10^{15}
52	极量	1.576×10^{16}	94	演说	6.932×10^{28}
95	无尽	1.386×10^{29}	96	出生	2.773×10^{29}
97	无我	5.546×10^{29}	99	青莲华 (优钵罗)	2.218×10^{30}
100	钵 (波) 头摩	4.437×10^{30}	102	趣	1.775×10^{31}
103	至 (喻)	3.549×10^{31}	104	阿僧祇 (无数)	7.099×10^{31}
106	无量 ¹	2.840×10^{32}	108	无边	1.136×10^{33}
112	不可数	1.817×10^{34}	114	不可称	7.269×10^{34}
116	不可思	2.908×10^{35}	118	不可量	1.163×10^{36}
120	不可说	4.652×10^{36}	121	不可说转	9.305×10^{36}
122	不可说不可说	1.861×10^{37}	123	不可说不可说转	3.722×10^{37}

表 10.2: 常见单位对数 (10 为底) 表 - 转”菩萨 (计数) 算法”至现代对数表示法。譬如,“阿僧祇”为 $N_{104} = 10^{7.099 \times 10^{31}}$, 这个数展开来表示大约为 1 后面跟随 7.099×10^{31} 个零。对比 1 亿为 1 后面跟随 8 个零, 即 100000000 可知,“阿僧祇”所表示的数值大的不敢且无法想象!

10.1.4 “微尘数”计数法

在《大方广佛华严经》中，有大量以“微尘数”作为计数单位的算法，包括“国土微尘数”、“阎浮提微尘数”、“须弥山微尘数”、“四天下微尘数”、“小千世界微尘数”、“中千世界微尘数”、“大千世界微尘数”、“三千大千世界微尘数”、“佛世界微尘数”、“佛刹微尘数”、“世界海微尘数”等，譬如以下描述：

见于东方一佛、二佛、十佛、百佛、千佛、百千佛、亿佛、百亿佛、千亿佛、百千亿佛、那由他亿佛、百那由他亿佛、千那由他亿佛、百千那由他亿佛，乃至见无数、无量、无边、无等、不可数、不可称、不可思、不可量、不可说、不可说不可说佛，乃至见阎浮提微尘数佛、四天下微尘数佛、千世界微尘数佛、二千世界微尘数佛、三千世界微尘数佛、佛刹微尘数佛，乃至不可说不可说佛刹微尘数佛；[51]

如一世界中，如是百世界、千世界、百千世界、亿世界、百亿世界、千亿世界、百千亿世界、百千亿那由他世界、阎浮提微尘数世界、一四天下微尘数世界、小千国土微尘数世界、中千国土微尘数世界、三千大千国土微尘数世界，乃至不可说不可说佛刹微尘数世界 [52]

由这两段可知，“阎浮提微尘数”<“四天下微尘数”<“小千国土微尘数”<“中千国土微尘数”<“三千大千国土微尘数”<“佛刹微尘数”<“不可说不可说佛刹微尘数”。即按照国土或者天体所包含的微尘数的多少来表述数量，这是有别于“菩萨算法”的另一种数量表示方式。如果说“菩萨算法”是一种具有精准的数学定义的细粒度（fine grain）计数法，那么，“微尘数算法”则是一种大粗粒度（coarse grain）的计数法，适用于被描述的对像，存在数量上大范围跨度的情况，两者互为补充。

10.2 全宇宙结构

10.2.1 超大尺度天体组织结构

以下内容选自唐于阗国三藏沙门实叉难陀翻译的《大方广佛华严经华藏世界品》[50]：

尔时，普贤菩萨复告大众言：“诸佛子，此十不可说佛刹微尘数香水海，在华藏庄严世界海中，如天帝网分布而住。”[50]

尔时，普贤菩萨复告大众言：“诸佛子，此中有何等世界住？我今当说。诸佛子，此十不可说佛刹微尘数香水海中，有十不可说佛刹微尘数世界种安住；一一世界种，复有十不可说佛刹微尘数世界。”[50]

相对于“三千大千世界”的从小到大、从下到上的介绍顺序，佛经在这里从大到小、从上到下介绍了“世界海”、“香水海”、“世界种”及“世界”等概念。其中，“世界海”包含“香水海”，“香水海”中存在“世界种”，“世界种”包含“世界”。佛经在这里喻示，除了包含“世界”的“世界种”之外，还有“香水海”和“世界海”等更大尺度的天体组织结构。同时，“香水海”和“世界种”未必存在一一对应关系，但是两者数量的对数级相同，均为“十不可说佛刹微尘数”。

10.2.2 形态各异的“世界种”

“诸佛子，彼一切世界种，或有作须弥山形，或作江河形，或作回转形，或作漩流形，或作轮辘形，或作坛墀形，或作树林形，或作楼阁形，或作山幢形，或作普方形，或作胎藏形，或作莲华形，或作佉勒迦形，或作众生身形，或作云形，或作诸佛相好形，或作圆满光明形，或作种种珠网形，或作一切门阙形，或作诸庄严具形。如是等若广说者，有世界海微尘数。” [50]

“诸佛子，此遍照十方炽然宝光明世界种，有如是等不可说佛刹微尘数广大世界，各各所依住，各各形状，各各体性，各各方面，各各趣入，各各庄严，各各分齐，各各行列，各各无差别，各各力加持，周匝围绕，所谓：十佛刹微尘数回转形世界、十佛刹微尘数江河形世界、十佛刹微尘数漩流形世界、十佛刹微尘数轮辘形世界、十佛刹微尘数坛墀形世界、十佛刹微尘数树林形世界、十佛刹微尘数楼观形世界、十佛刹微尘数尸罗幢形世界、十佛刹微尘数普方形世界、十佛刹微尘数胎藏形世界、十佛刹微尘数莲华形世界、十佛刹微尘数佉勒迦形世界、十佛刹微尘数种种众生形世界、十佛刹微尘数佛相形世界、十佛刹微尘数圆光形世界、十佛刹微尘数云形世界、十佛刹微尘数网形世界、十佛刹微尘数门阙形世界，如是等有不可说佛刹微尘数。此一一世界，各有十佛刹微尘数广大世界周匝围绕。此诸世界，一一复有如上所说微尘数世界而为眷属。如是所说一切世界，皆在此无边妙华光香水海及围绕此海香水河中。” [50]

根据“世界种”包含“世界”的这一定义，我们认为这里的“世界种”是包含各种大小、形态不一的“三千大千世界”的天体组织结构。虽然超星系团的大小各异，尺度可以差距甚大，但是，佛经对“世界种”的描述和现代天文科学对超星系团的形态描述却能很好的符合，现以“珠网形”举一例，如图10.1所示。此外，图10.2中拉尼亚凯亚超星系团 [128]（英语：Laniakea Supercluster，简称 LaniakeaSC）所展示的外形，疑似“树林形”的“世界种”。我们认为，佛经关于“世界种”的外形描述与宇宙物理学中的纤维状结构（子类型：超星系团复合体，星系长城和星系板）相关联。大尺度纤维状结构 [103] 是宇宙已知的最大结构，一个典型的纤维状结构的长度是 70 至 150 百万秒差距²，这些纤维状结构厚实、线状排列，组成了宇宙中空洞的边界。纤维状结构由星系构成，其中的一些星系又因为和其他众多星系组合的特别紧密而形成了超星系团。

佛陀在上文曾表明有十不可说佛刹微尘数世界种，其数量无法想象的巨大，远远超出现代天文学可观测宇宙 [186] 的范围，以至于我们没有足够的现代天文学资料进行验证。在这里，由前文分析可知，“十不可说佛刹微尘数”是远大于“不可说”的量，其对数（以 10 为底）大于 4.652×10^{36} ，而我们已知的可观测宇宙的原子个数，估计在 10^{78} 到 10^{82} 之间，其对数（以 10 为底）为 78 到 82 之间，远远小于佛经描述的对数为 4.652×10^{36} 的“世界种”数，更远小于佛经描述的世界数。

那么，佛经描述的全宇宙究竟有多大呢？现代科学认为最小的物理长度为 1 普朗克常数 [133]，它大致等于 1.6×10^{-35} 米，而最大的已知物质为可观测宇宙 [186]，其大小约为 1800 亿光年，即约为 1.7×10^{27} 米，两者之间跨越了 62 个级数（以 10 为底）。而佛经描述的全宇宙，

²秒差距（英文 Parsec，缩写 pc）[153] 是天文学上的一种长度单位。1 秒差距等于 3.2615637771418798291 光年，或 206264.806245480309553 天文单位，或 30.856775814671915808 万亿千米。在测量遥远星系时，秒差距单位太小，常用千秒差距（kpc）和百万秒差距为单位。

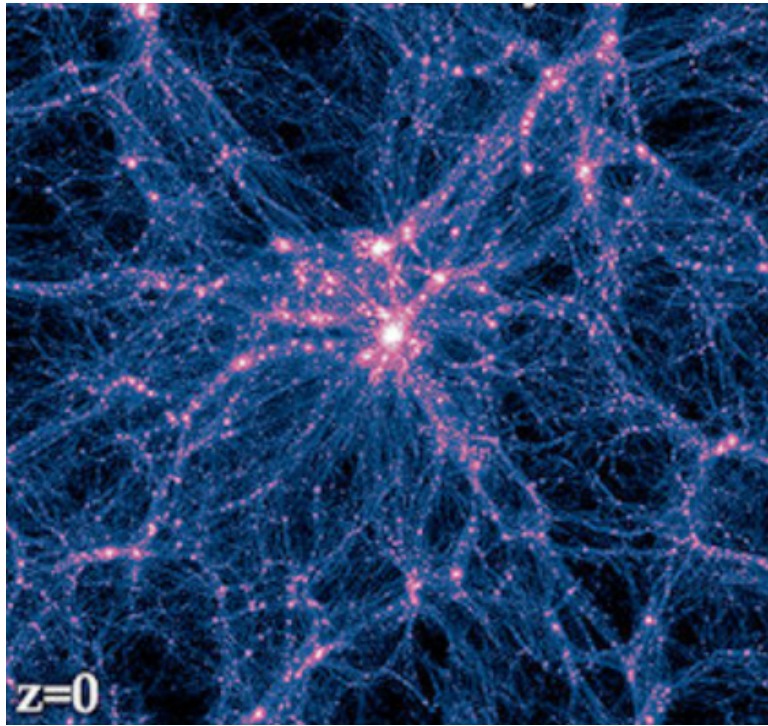


图 10.1: *The Virgo Supercluster* (珠网形的佛刹，即超星系团)

其规模跨越了最少 4.652×10^{36} 个级数（以 10 为底），即在我们已知的宇宙规模上，最少增大 $10^{4.652 \times 10^{36}}$ 倍，才能相对接近佛经描述的全宇宙规模，这是让人无法想象并且难以置信的大！

10.3 佛刹世界

相对于“三千大千世界”、“世界海”、“香水海”、“世界种”等物理天体组织结构，我们认为“佛刹世界”（即“佛土”，譬如：娑婆世界）为不同的佛陀教化众生的“行政区域”划分。

10.3.1 分布结构

由前文第9.2节分析可知，“佛刹”为包含“三千大千世界”的组织形式，而“三千大千世界”关联于超星系团。《大方广佛华严经华藏世界品》对众多“佛刹世界”（譬如：娑婆世界）的方位、分布结构、物质构成、形态特点等都做了一一描述，譬如以下节选的经文描述：

“诸佛子，此最中央香水海，名无边妙华光，以现一切菩萨形摩尼王幢为底；出大莲花，名一切香摩尼王庄严，有世界种而住其上，名普照十方炽然宝光明，以一切庄严具为体，有不可说佛刹微尘数世界于中布列。[50]

其最下方有世界，名最胜光遍照，以一切金刚庄严光耀轮为际，依众宝摩尼华而住；其状犹如摩尼宝形，一切宝华庄严云弥覆其上，佛刹微尘数世界周匝围绕，种种安住，

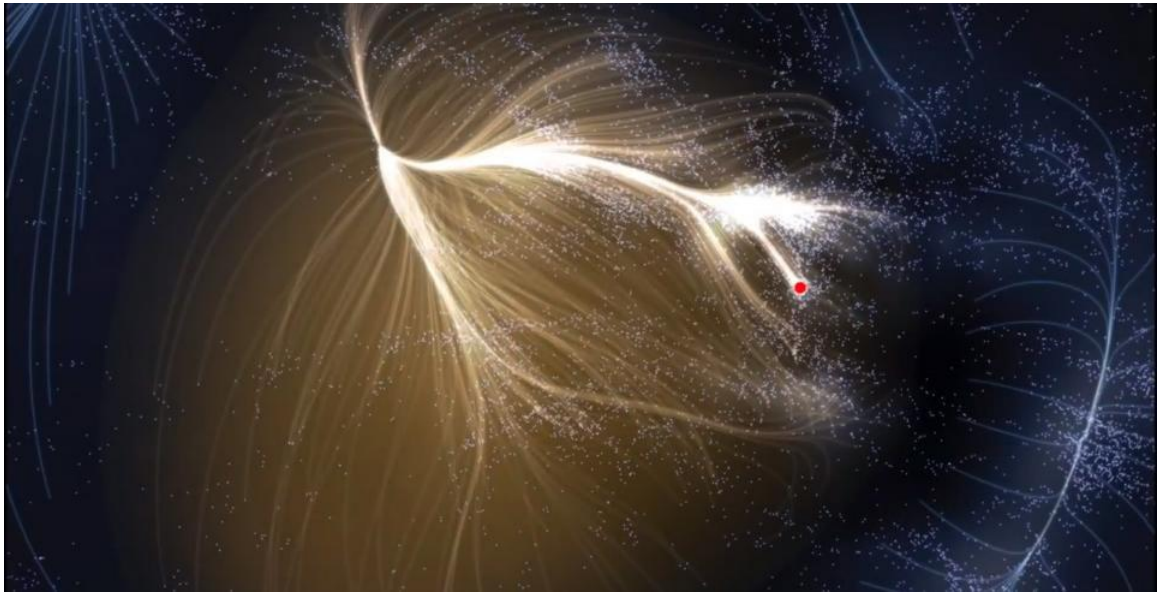


图 10.2: 在室女座星系团（银河系附近的大型白色集合）的外围，包含银河系（图中红点）的 Laniakea 超星系团。Image credit: Tully, R. B., Courtois, H., Hoffman, Y & Pomarède, D. *Nature* 513, 71-73 (2014)

种种庄严，佛号净眼离垢灯。此上过佛刹微尘数世界，有世界名种种香莲华妙庄严，以一切庄严具为际，依宝莲华网而住；其状犹如师子之座，一切宝色珠帐云弥覆其上，二佛刹微尘数世界周匝围绕，佛号师子光胜照。...（此处省略 3 到 12 佛刹围绕的介绍）... 此上过佛刹微尘数世界，至此世界名娑婆，以金刚庄严为际，依种种色风轮所持莲华网住；状如虚空，以普圆满天宫殿庄严虚空云而覆其上，十三佛刹微尘数世界周匝围绕，其佛即是毗卢遮那如来世尊。...（此处省略 14 到 19 佛刹围绕的介绍）... 此上过佛刹微尘数世界，有世界名妙宝焰，以普光明日月宝为际，依一切诸天形摩尼王海住；其状犹如宝庄严具，以一切宝衣幢云及摩尼灯藏网而覆其上，二十佛刹微尘数世界周匝围绕，纯一清净，佛号福德相光明。” [50]

在这里，每个“佛土”由数量不等的“佛刹微尘数世界”组成，譬如“娑婆世界”由十三佛刹微尘数世界组成。

10.3.2 一“佛刹世界”（佛土）能包含多少三千大千世界？

由上一章可知，三千大千世界（超星系团）只是一佛刹的组成单位，那么一佛土能包含多少三千大千世界？请看《妙法莲华经》中描述的一个例子：

其佛以恒河沙等三千大千世界为一佛土，七宝为地，地平如掌，无有山陵、溪涧、沟壑，七宝台观充满其中。 [65]

根据这一段经文描述可知，一佛土能包含“恒河沙”(2.935×10^{23}) 数量级别的三千大千世界。

注意，这里是表明能包含，并非是平均包含。根据三千大千世界关联于超星系团，而科学家估算可观测宇宙中大约有一千万（10 million, 10^7 ）超星系团 [209]，因此，我们认为佛经在此处所描述的一佛土，其范围也远远超过目前人类已知的可观测宇宙，如图10.3所示。

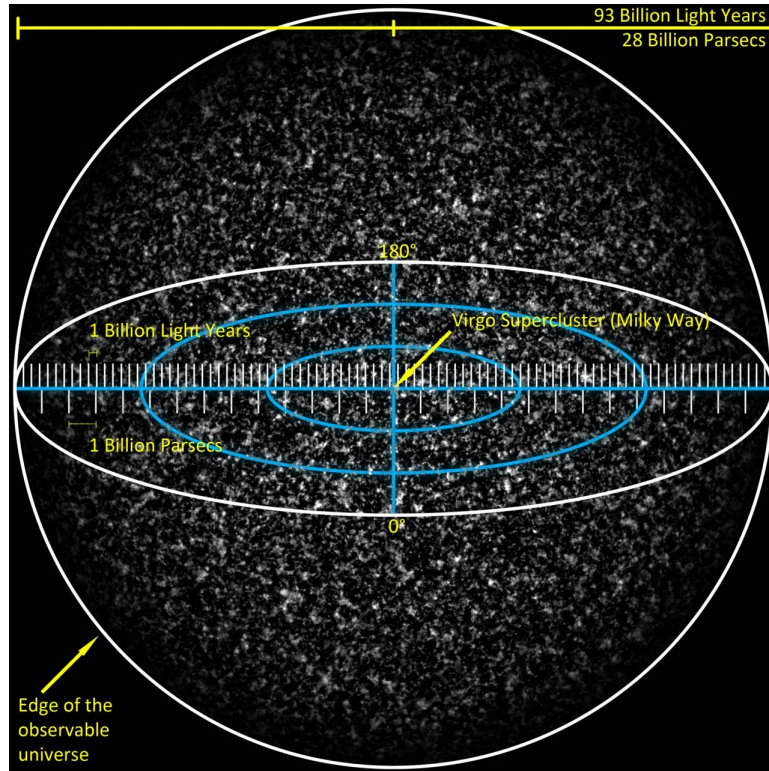


图 10.3: 由超星系团构成的可观测宇宙

10.3.3 佛刹世界（佛土）最少有多少？

在这一节，我们根据《大方广佛华严经》的描述给出佛刹世界数量的下界（lower bound）：

尔时，心王菩萨摩诃萨于众会中告诸菩萨言：“佛子，此娑婆世界释迦牟尼佛刹一劫，于极乐世界阿弥陀佛刹为一日一夜；极乐世界一劫，于袈裟幢世界金刚坚佛刹为一日一夜；袈裟幢世界一劫，于不退转音声轮世界善胜光明莲华开敷佛刹为一日一夜；不退转音声轮世界一劫，于离垢世界法幢佛刹为一日一夜；离垢世界一劫，于善灯世界狮子佛刹为一日一夜；善灯世界一劫，于妙光明世界光明藏佛刹为一日一夜；妙光明世界一劫，于难超过世界法光明莲华开敷佛刹为一日一夜；难超过世界一劫，于庄严慧世界一切神通光明佛刹为一日一夜；庄严慧世界一劫，于镜光明世界月智佛刹为一日一夜。佛子，如是次第，乃至过百万阿僧祇世界，最后世界一劫，于胜莲华世界贤胜佛刹为一日一夜，普贤菩萨及诸同行大菩萨等充满其中。” [54]

从这一段经文可知，从“娑婆世界释迦牟尼佛刹”、“极乐世界阿弥陀佛刹”到“胜莲华世界贤胜佛刹”，一共出现了百万阿僧祇世界。又根据前面“菩萨算法”中“阿僧祇”的数量定义为 $N_{104} =$

$10^{7 \times 2^{103}} = 10^{7.099 \times 10^{31}}$ ，可知佛刹世界数量的下界 N_{lower} 为：

$$N_{lower} = 10^6 \times 10^{7 \times 2^{103}} = 10^{6+7 \times 2^{103}} \approx 10^{7.099 \times 10^{31}} \quad (10.5)$$

假设一佛刹世界只与一超星系团 [209] 关联，那么这个下界数值也远远大于现代天文学对超星系团的一千万 (10^7) [209] 的数量估算。此外，这一段也表明，“娑婆世界释迦牟尼佛刹”与“极乐世界阿弥陀佛刹”之间存在时间上的近邻关系。

诸佛子，如娑婆世界，如是东方百千亿无数无量，无边无等，不可数、不可称、不可思、不可量、不可说，尽法界、虚空界、诸世界中，如来名号，种种不同；南、西、北方，四维、上、下，亦复如是。[53]

根据这一段可知，佛土的数量可以达到“不可说”数量级，即 $N_{120} = 10^{4.6523 \times 10^{36}}$ ，大于上面提及的下界 N_{lower} 。因此，佛经的数量描述有其内在的逻辑一致性。

10.3.4 西方极乐世界有多远？

根据《佛说观无量寿佛经》可知，佛陀认为极乐世界在西方，且并不遥远：

尔时，世尊告韦提希：“汝今知不？阿弥陀佛去此不远。汝当系念，谛观彼国净业成者。我今为汝广说众譬，亦令未来世一切凡夫欲修净业者，得生西方极乐国土。”[45]

而根据《佛说阿弥陀经》的描述：

尔时，佛告长老舍利弗：“从是西方过十万亿佛土，有世界名曰极乐，其土有佛，号阿弥陀，今现在说法。舍利弗，彼土何故名为极乐？其国众生无有众苦，但受诸乐，故名极乐。”[66]

可以知道从西方过十万亿佛土就是极乐世界，相比于佛土数目的“不可说”数量级 ($10^{4.6523 \times 10^{36}}$)，十万亿 (10^{13}) 并不多。因此，佛陀认为西方极乐世界并不遥远的这一说法存在描述对象上的内在逻辑一致性。同时，由前文提及的“娑婆世界释迦牟尼佛刹”与“极乐世界阿弥陀佛刹”之间存在的时间上的近邻关系也呼应了这种逻辑一致性（自洽性）。

最后，虽然西方极乐世界与我们所在的娑婆世界都为佛经描述的真实存在的物理世界，即某个在宇宙中包含众多超星系团的天体组织结构，但是由于其距离超过现代天文学的可观测范围，我们无法直接验证。

10.4 世间最大的是什么？

根据《首楞严经》的记载，世间最大的并非上面所说的“全宇宙”，而是：

佛告阿难及诸大众：“汝等当知有漏世界十二类生，本觉妙明，觉圆心体，与十方佛无二无别。由汝妄想，迷理为咎，痴爱发生；生发遍迷，故有空性；化迷不息，有世界生。则此十方微尘国土非无漏者，皆是迷顽妄想安立。当知虚空生汝心内，犹如片云点太清里，况诸世界在虚空耶！”[57]

佛陀认为“世界”（即上面所说的全宇宙）小于“虚空”（因全宇宙在虚空里），但“虚空”却小于“汝心”，犹如片云点太清³里，因此“汝心”最大。而明成祖朱棣 [139]（永乐大帝）晚年亲自为《御制〈金刚般若波罗蜜经〉集注》作的序中，也有类似的说明：

夫一心之源，本自清净，心随境转，妄念即生。如大（太）虚起云，辄成障翳；如实镜蒙尘，随韬光彩。由此逐缘而坠幻，安能返妄以归真？惟如来以无上正等正觉，发慈悲至愿，阅凡世之沉迷，念众生之冥昧，为说此经，大开方便，俾解粘而释缚，咸涤垢以离尘。出生死途、登菩提岸，转痴迷为智慧，去昏暗即光明。是经之功德广矣、大矣。

在这里，佛陀所阐述的“汝心”为何物？“汝心痴迷，化迷不息，有世界生”的究竟含义是什么？如果我们按照字面含义理解，则佛陀在这里表明“世界因我们的妄想而生”，对一般人而言，这听起来难道不是一个极其荒唐可笑的观点吗？事实上，佛经《妙法莲华经》表示这种观点要让人相信并且能够做到真正意义上的理解是极其困难的：

如来智慧难信难解。[64]

最后，我们引用道家学派创始人老子 [157]《道德经》第四十一章《上士闻道，勤而行之》中的一段话作为本节的结语：

上士闻道勤而行之。中士闻道若存若亡。下士闻道大笑之。不笑不足以为道。故建言有之。明道若昧。进道若退。夷道若类。上德若谷。大白若辱。广德若不足。建德若偷。质真若渝。大方无隅。大器晚成。大音希声。大象无形。道隐无名。夫唯道善贷且成。[217]

下士闻道大笑之。不笑不足以为道。

10.5 世间最小的是什么？

佛经是否对微观物质有所阐述？在佛经《大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经卷第五》，即《楞严经》中有如下的经文：

我即心开，见身微尘与造世界所有微尘，等无差别，微尘自性不相触摩，乃至刀兵亦无所触。[59]

这段经文是“持地菩萨”的见解，即人身体的微观构成物与世界其他（宏观）物质的微观构成物并没有区别。这些微观构成物本身并不互相接触，乃至用刀剑等兵器相砍，它们的微观构成物之间也并没有互相接触。

³我们认为这里的太清 [107] 为道教术语，是佛经本地化翻译 [137] 的一个例子。佛经翻译在“最高究竟处”的描述中采取道教术语，这足以说明，在翻译者眼中，于“最高究竟处”，佛道意境相通。

根据现代物理学 [147] 可知，所有可以用肉眼看到的物体都是由原子组成，而原子是由互相作用的次原子粒子所组成，其中包括由质子 [164] 和中子 [73] 组成的原子核，以及许多电子组成的电子云 [151]。因此，单从原子的层面来说，认为一切物质均由无差别的原子构成，是古代朴素原子论。但是和古希腊伟大的唯物主义哲学家德谟克利特（约公元前 460 年～公元前 370 年）[127] 提出的原子唯物论 [92] 不同的是，经文表明这些微观构成物“微尘”之间并不能互相接触，而原子唯物论 [92] 认为原子可以互相碰撞而结合在一起，从而构成了世界及其中事物。

那么，在这个微观物质（原子层面上）是否可以互相触摸的问题上，哪一种观点更符合现代物理学呢？实际上，根据现代物理学 [90] 可知，原子之间存在斥力，当原子或分子靠得太近时，它们以很大的斥力相互排斥。原子间存在间隔，只有在极高的温度和压力下才能让核外电子摆脱原子核的束缚，让两个原子核能够互相吸引而碰撞到一起，发生原子核互相聚合作用，生成新的质量更重的原子核，而这个过程称为核聚变 [143] (nuclear fusion)。显然，在普通条件下，原子间并不会互相碰撞。较之古希腊的原子唯物论 [92]，佛经的观点更符合现代科学理论。

那么，佛经中的“微尘”究竟有多大呢？是不是和现代物理学的原子 [90] 对应呢？我们且看《阿毗达磨俱舍论卷第十二·分别世品第三之五》的相关经文介绍：

论曰。极微为初。指节为后。应知后后皆七倍增。谓七极微为一微量。积微至七为一金尘。积七金尘为水尘量。水尘积至七为一兔毛尘。积七兔毛尘为羊毛尘量。积羊毛尘七为一牛毛尘。积七牛毛尘为隙游尘量。隙尘七为虻。七虻为一虱。七虱为穞麦。七麦为指节。三节为一指。[69]

根据上面这段经文，我们整理出它们之间的次序表，如表10.3所示。假设一个指节的长度约为

序号	单位	序号	单位
1	极微	2	微（尘）量
3	金尘（量）	4	水尘量
5	兔毛尘（量）	6	羊毛尘量
7	牛毛尘（量）	8	隙游尘量
9	虻	10	虱
11	穞麦	12	指节

表 10.3: 微观长度次序表（7 倍增关系）

3.33 厘米⁴，即约 0.0333 米。根据表10.3中次序及长度的 7 倍增关系⁵，“一微尘量”约为 $0.0333 \times 7^{(2-12)} \approx 1.18 \times 10^{-10}$ 米。根据现代物理学 [91]，如果将原子假设成一个球体的话，标准原子的直径大约为 10^{-10} 米。因此，从数量级上来看，佛经的“一微尘”与标准原子的直径一致。由此可知，佛经中的“微尘”相当于现代物理学的原子 [90]。而这个结论与前文关于“微尘”（原子）之间不会碰撞的观点互相印证，也与现代物理学一致。

⁴一般而言，一根手指有三节，而人手指中中指最长，一个成年人一般在 8 至 12 厘米。

⁵根据经文“三节为一指”及人的手指基本由三节在同一维度上的组成（拇指除外）可知，这里的数量累积关系是 1 维长度上的叠加，而不是 3 维体积上的堆积。

其次，古希腊的原子唯物论 [92] 认为原子是组成物质的最小单位，不可再分，那么佛经中的“微尘”可以再分吗？根据《楞严经》的相关经文：

“汝观地性，粗为大地，细为微尘，至邻虚尘，析彼极微色边际相，七分所成，更析邻虚，即实空性。阿难，若此邻虚析成虚空，当知虚空出生色相。汝今问言，由和合故，出生世间诸变化相。汝且观此一邻虚尘，用几虚空和合而有？不应邻虚合成邻虚。又邻虚尘析入空者，用几色相合成虚空？若色合时，合色非空；若空合时，合空非色——色犹可析，空云何合？” [56]

可知，佛经认为“微尘”还可以再分解为“极微”，“极微”可以再分解为“邻虚尘”。根据现代物理学可知，原子的质量主要集中在原子核上，对原子的分解其实就是对原子核的分解。而原子核由质子 [164] 和中子 [73] 组成，因此，我们认为“极微”疑似对应了现代物理学中的质子和中子。又因为“极微”可以再分解为“邻虚尘”，而质子和中子均由夸克 [109] 组成。因此，我们认为“邻虚尘”疑似对应了现代物理学的夸克。至此，《首楞严经》认为再去分解“邻虚尘”就成为“实空性”。注意，根据上下文可知，这里的“实空性”并非指“虚空”。

虽然理论物理学界提出“弦理论”[125]，认为“弦”是最小的物质单位，夸克由“弦”的振动产生。但是，“弦理论”[125] 尚未被现代科学实验所验证，依旧是科学假说。从目前主流科学界的共识来看，夸克是最小的物质单位，不能被继续分解⁶。而《楞严经》表明如果继续分解“邻虚尘”（夸克）就成为“实空性”⁷，也在一定程度上支持了这一点。

因此，我们认为佛经并没有表明物质可以无限分解。此外，佛经既不支持色相（物质）可以不断分解成虚空，也不支持虚空可以合成色相（物质）。换言之，虚空就是虚空，物质就是物质，它们之间无法通过分解和聚合来互相转换。

最后，既然佛经的微观物质观如此接近现代物理学，那么在佛经的观点中，物质的本质是什么？《楞严经》中有如下的经文描述：

汝元不知如来藏中，性色真空，性空真色，清净本然，周遍法界，随众生心应所知量，循业发现！世间无知，惑为因缘及自然性，皆是识心分别计度，但有言说，都无实义。[56]

因为这里涉及佛学中的一个本体术语“如来藏”[112]，超出了第一部分的范围，我们将在本文的第四部分做部分解读。此外，我们建议有兴趣的读者可以自行阅读由唐中天竺沙门般刺蜜帝翻译的《大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经》，即佛教的了义经《首楞严经》⁸。

10.6 小结

结论 10.1 不能认为佛经描述的数字都是虚数，实际上，佛经所表示的数字绝大多数都有严格的定义，譬如本章第10.1.2小节的“菩萨算法”。我们认为当无法给出精确值时，佛经会给出相应的范围描述值，譬如数量级或者类似对数级的描述。又当数值极其巨大或者范围变动过大，数

⁶由于一种叫“夸克禁闭”的现象 [109]，夸克不能够直接被观测到，或是被分离出来，只能够在强子内部找到。基于这个原因，我们对夸克的所知大都是间接的来自对强子 [126] 的观测。

⁷此处为“实空性”，而不是“实空尘”。这就表明已经不属于之前的物质状态，无法被称之为粒子。

⁸此外，我们在这里推荐大家阅读佛法大修证者、已故国学大师南怀瑾 [86] 老先生的著作《楞严大义今释》以及《如何修证佛法》。

量级描述失去准确意义时，佛经会尽可能采取相近的算数譬喻或虚指描述。当然，经文在传抄和翻译的过程中，其数值部分容易出现错漏（原因各式各样），产生让人无法理解的夸张描述。因此，当佛经出现数值描述时，我们需要具体问题具体分析。首先确定是否存在错漏，然后再根据上下文确定其描述的对象（某些对象未必和我们已知的世界有直接的关联）及描述范围（某些对象可能超出我们的认知范围），最后确定其是否为虚指。

结论 10.2 《大方广佛华严经华藏世界品》描述了“世界种”、“香水海”和“世界海”等大尺度的天体组织结构。其中，根据“世界种”包含“世界”的这一定义，我们认为“世界种”是包含各种大小、形态不一的“三千大千世界”的天体组织结构，并且其部分外观形态描述与现代天文学的观测及理论推测一致。对于“香水海”和“世界海”，由于其规模远超现代天文学的观测范围，我们无法给予任何有效的验证。

结论 10.3 佛经对全宇宙的描述表明，整个宇宙的规模远远超出现代天文学对宇宙的认知。是一个极其难以让人相信并且匪夷所思的规模，即在我们已知的宇宙规模上，最少增大 $10^{4.652 \times 10^{36}}$ 倍⁹，才能相对接近佛经描述的全宇宙规模。

结论 10.4 佛经《首楞严经》的翻译在“最高究竟处”的描述中采取道教术语，譬如“太清”[107]，是一种本地化翻译 [137] 的表现。这足以说明，在翻译者眼中，于“最高究竟处”（汝心），佛道意境相通。否则，佛经翻译者不会在此处借用道教的术语进行譬喻，即片云喻虚空，太清喻汝心。

结论 10.5 佛经中的“微尘”相当于现代物理学中的“原子”，“微尘”的大小约为 1.18×10^{-10} 米，与现代物理学中“标准原子”直径的数量级 10^{-10} 米一致，而佛经的“微尘数”则对应于原子的数目。

结论 10.6 《首楞严经》认为“微尘”在一般条件下并不能互相接触，乃至两物体猛烈碰撞，其“微尘”之间也不互相接触，这与古希腊的原子唯物论 [92] 中认为物质由“原子”互相碰撞而结合在一起，从而构成了世界及其中事物的观点不同。由现代物理学 [90] 可知，原子之间存在斥力，当原子或分子靠得太近时，它们以很大的斥力相互排斥。因此，佛经关于“微尘”之间在一般条件下不互相接触的观点与上述现代物理学的观点一致。

结论 10.7 我们认为《首楞严经》中的“极微”疑似对应了现代物理学中的质子 [164] 或中子 [73]，而“邻虚尘”疑似对应了现代物理学的夸克 [109]。

结论 10.8 《首楞严经》并没有表明物质可以无限分解。此外，《首楞严经》既不支持色相（物质）可以不断分解成虚空（空间），也不支持虚空（空间）可以合成色相（物质）。

⁹我们无法给出精准的倍数估算，只能给出一个松弛的下界估计（lower bound）。

附录

.1 那烂陀寺与王舍城地址



图 4: 那烂陀寺 [32, 168] (Nalanda) 和王舍城 [33, 148] (Rajgir) 之间约 12.05 千米。



图 5: 那烂陀寺 [32, 168], 地理坐标: $25^{\circ} 8' 12'' N, 85^{\circ} 26' 38'' E$ 。



图 6: 王舍城 [33, 148], 地理坐标: $25^{\circ} 1' 48'' N, 85^{\circ} 25' 12'' E$ 。

参考文献

- [1] A great variety of giant planets may exist within extrasolar planetary systems. <https://www.fossilhunters.xyz/inhabited-worlds/a-great-variety-of-giant-planets-may-exist-within-extrasolar-planetary-systems.html>.
- [2] Ahmed Almheiri, Donald Marolf, Joseph Polchinski, and James Sully. Black holes: complementarity or firewalls? *Journal of High Energy Physics*, 2, 2013-02-11.
- [3] Charles, J, Hailey, Kaya, Mori, Franz, E, Bauer, Michael, and E and. A density cusp of quiescent x-ray binaries in the central parsec of the galaxy. *Nature*, (556(7699)):70–73, 2018.
- [4] Bureau of Meteorology (ABN 92 637 533 532) Commonwealth of Australia 2021. Introduction to hf radio propagation. <https://www.sws.bom.gov.au/Educational/5/2/2>.
- [5] J. Dubinski. Visualizing astrophysical n-body systems. *New Journal of Physics*, 10(12):976–976, 2008.
- [6] Production editor: Dr. Tony Phillips | Credit: Science@NASA. Water detected on dwarf planet ceres. https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/22jan_ceres/.
- [7] University Corporation for Atmospheric Research. Radio wave propagation. http://kejian1.cmatc.cn/vod/comet/oceans/radio_waves/print.php.htm.
- [8] R. S. Gomes, J. J. Matese, and J. J. Lissauer. A distant planetary-mass solar companion may have produced distant detached objects. *Icarus*, 184(2):589–601, 2006.
- [9] Jessica Guenzel. New study suggests tens of thousands of black holes exist in milky way’s center. <https://news.columbia.edu/news/new-study-suggests-tens-thousands-black-holes-exist-milky-ways-center>.
- [10] Yu He, Shichuan Sun, Duck Young Kim, Bo Gyu Jang, Heping Li, and Ho kwang Mao. Superionic iron alloys and their seismic velocities in earth’s inner core. *Nature*, 2022.

- [11] JPL. Jpl small-body database search engine. https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi.
- [12] J. I. Katz. X-rays from spherical accretion onto degenerate dwarfs. *Astrophysical Journal*, 215(1):265–275, 1977.
- [13] J. J. Matese, D. P. Whitmire, and J. J. Lissauer. A widebinary solar companion as a possible origin of sedna-like objects. *Earth Moon & Planets*, 97(3-4):459–470, 2005.
- [14] T. B. Mccord and C. Sotin. Ceres: Evolution and current state. *Journal of Geophysical Research Planets*, 110, 2005.
- [15] Zeeya Merali. Astrophysics: Fire in the hole! <https://www.nature.com/news/astrophysics-fire-in-the-hole-1.12726>.
- [16] Zeeya Merali. Ligo black hole echoes hint at general-relativity breakdown. *Nature*, 2016.
- [17] NASA. Atmospheric temperature trends, 1979-2005. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/7839/atmospheric-temperature-trends-1979-2005>.
- [18] NASA. Science mission directorate. <https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/black-holes>.
- [19] P., C., Thomas, J., Wm., Parker, L., A., McFadden, and C. Differentiation of the asteroid ceres as revealed by its shape. *Nature*, 437(7056), 2005.
- [20] By Rodgers and Paul. Up telescope! search begins for giant new planet. *Experimental Parasitology*, 40(1):1–4, 1976.
- [21] RSS. Remote sensing systems. <http://www.remss.com/>.
- [22] S. Alan Stern. Pluto is again a harbinger. *Nature*, (468):775–776, 2010.
- [23] Edward F. Tedesco and François-Xavier Desert. The [ITAL]infrared space observatory[/ITAL] deep asteroid search. *The Astronomical Journal*, 123(4):2070–2082, apr 2002.
- [24] Tomruen. Own work, cc by-sa 4.0. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=75019257>.
- [25] H. M. Tovmassian. The rotation of galaxy clusters. *Astrophysics*, 58(3):328–337, 2015.
- [26] Wikipedia. 541132 leleākūhonua.
- [27] Wikipedia. Atmospheric temperature.
- [28] Wikipedia. Centenarian.
- [29] Wikipedia. F region.

- [30] Wikipedia. Hawking radiation.
- [31] Wikipedia. Ionosphere.
- [32] Wikipedia. Nalanda.
- [33] Wikipedia. Rajgir.
- [34] Wikipedia. Virgo supercluster.
- [35] Natalie Wolchover. Astronomers doubt giant planet 'tyche' exists in our solar system. *Space.com*, 2011-02-15.
- [36] www.eea.europa.eu. Maximum ozone hole extent over the southern hemisphere, from 1979 to 2019. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/maximum-ozone-hole-area-in-7>.
- [37] 五百大阿罗汉等造唐三藏法师玄奘译. 阿毗达磨大毗婆沙论卷第一百三十六, 大种蕴第五中具见纳息第三之三. 乾隆大藏经.
- [38] 元魏婆罗门瞿昙般若流支译. 正法念处经卷第三十六, 观天品第六之十五 (夜摩天之初). 乾隆大藏经.
- [39] 元魏婆罗门瞿昙般若流支译. 正法念处经卷第二十二, 观天品第六之一. 乾隆大藏经.
- [40] 元魏婆罗门瞿昙般若流支译. 正法念处经卷第二十四, 观天品第六之三. 乾隆大藏经.
- [41] 元魏婆罗门瞿昙般若流支译. 正法念处经卷第二十, 畜生品第五之三. 乾隆大藏经.
- [42] 元魏婆罗门瞿昙般若流支译. 正法念处经卷第六十八, 身念处品第七之五. 乾隆大藏经.
- [43] 元魏婆罗门瞿昙般若流支译. 正法念处经卷第十八, 畜生品第五之一. 乾隆大藏经.
- [44] 刘宋天竺三藏求那跋陀罗译. 杂阿含经卷第十六, 杂因诵第三品之四. 乾隆大藏经.
- [45] 刘宋西域三藏法师昙良耶舍译. 佛说观无量寿佛经. 乾隆大藏经.
- [46] 北凉天竺三藏昙无讖奉诏译. 大般涅槃经卷第十一, 现病品第六. 乾隆大藏经.
- [47] 唐三藏法师义净奉制译. 根本说一切有部百一羯磨卷第三, 次明结界法. 乾隆大藏经.
- [48] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 地藏菩萨本愿经卷上, 地狱名号品第五. 乾隆大藏经.
- [49] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 地藏菩萨本愿经卷上, 观众生业缘品第三. 乾隆大藏经.
- [50] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 大方广佛华严经卷第八, 华藏世界品第五之一. 乾隆大藏经.
- [51] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 大方广佛华严经卷第六十二, 入法界品第三十九之三. 乾隆大藏经.

- [52] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 大方广佛华严经卷第六十五, 入法界品第三十九之六. 乾隆大藏经.
- [53] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 大方广佛华严经卷第十二, 如来名号品第七. 乾隆大藏经.
- [54] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 大方广佛华严经卷第四十五, 寿量品第三十一. 乾隆大藏经.
- [55] 唐于阗国三藏沙门实叉难陀译. 大方广佛华严经卷第四十五, 阿僧祇品第三十. 乾隆大藏经.
- [56] 唐天竺沙门般刺蜜帝译. 大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经卷第三. 乾隆大藏经.
- [57] 唐天竺沙门般刺蜜帝译. 大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经卷第九. 乾隆大藏经.
- [58] 唐天竺沙门般刺蜜帝译. 大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经卷第二. 乾隆大藏经.
- [59] 唐天竺沙门般刺蜜帝译. 大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经卷第五. 乾隆大藏经.
- [60] 唐天竺沙门般刺蜜帝译. 大佛顶如来密因修证了义诸菩萨万行首楞严经卷第四. 乾隆大藏经.
- [61] 国际天文学联合会. The minor planet center search engine. https://minorplanetcenter.net/db_search.
- [62] 姚秦三藏法师佛陀耶舍共竺佛念译. 佛说长阿含经卷第二十二, 世本缘品第十二. 乾隆大藏经.
- [63] 姚秦三藏法师佛陀耶舍共竺佛念译. 佛说长阿含经卷第十八, 第四分世记经第十一, 阎浮提州品第一. 乾隆大藏经.
- [64] 姚秦三藏法师鸠摩罗什奉诏译. 妙法莲华经卷第三, 化城喻品第七. 乾隆大藏经.
- [65] 姚秦三藏法师鸠摩罗什奉诏译. 妙法莲华经卷第四, 五百弟子受记品第八. 乾隆大藏经.
- [66] 姚秦三藏法师鸠摩罗什译. 佛说阿弥陀经. 乾隆大藏经.
- [67] 季羨林. 季羨林全集: 第十一卷-学术论著三【吐火罗文《弥勒会见记》译释】. 外语教学与研究出版社, 2009.
- [68] 宋西天三藏朝散大夫传法大师施护奉诏译. 佛说顶生王因缘经卷第二. 乾隆大藏经.
- [69] 尊者世亲造唐三藏法师玄奘奉诏译. 阿毗达磨俱舍论卷第十二, 分别世品第三之五. 乾隆大藏经.

- [70] 日本真宗大谷派学僧织田得能. 佛学大辞典, page 3351. 中国书店出版社, 2011.
- [71] 百度百科. M87 (m87 星系) .
- [72] 百度百科. 一里.
- [73] 百度百科. 中子 (物理名词) .
- [74] 百度百科. 中等质量黑洞.
- [75] 百度百科. 中间层.
- [76] 百度百科. 九山八海.
- [77] 百度百科. 仙女座星系-银河系的碰撞.
- [78] 百度百科. 仙女星系.
- [79] 百度百科. 伽马射线暴.
- [80] 百度百科. 八大行星.
- [81] 百度百科. 创世纪 (《圣经》中的篇章) .
- [82] 百度百科. 北回归线 (太阳直射点在地球上最北的界线) .
- [83] 百度百科. 南北回归线.
- [84] 百度百科. 南北回归线.
- [85] 百度百科. 南回归线 (太阳每年在地球上直射来回移动的分界线) .
- [86] 百度百科. 南怀瑾.
- [87] 百度百科. 南极极点.
- [88] 百度百科. 南磁极.
- [89] 百度百科. 印度次大陆.
- [90] 百度百科. 原子 (物理概念) .
- [91] 百度百科. 原子半径.
- [92] 百度百科. 原子唯物论.
- [93] 百度百科. 可证伪性.
- [94] 百度百科. 可验证性原则.
- [95] 百度百科. 后发星系团.

- [96] 百度百科. 吸积盘.
- [97] 百度百科. 喜马拉雅山脉.
- [98] 百度百科. 地心说.
- [99] 百度百科. 地球电离层.
- [100] 百度百科. 地球的内部结构.
- [101] 百度百科. 地轴（地球自转轴）.
- [102] 百度百科. 大乘（佛教派别）.
- [103] 百度百科. 大尺度纤维状结构.
- [104] 百度百科. 大数据（it 行业术语）.
- [105] 百度百科. 大气层.
- [106] 百度百科. 大爆炸宇宙论.
- [107] 百度百科. 太清（道教术语）.
- [108] 百度百科. 太阳高度角.
- [109] 百度百科. 夸克（物理名词）.
- [110] 百度百科. 奥卡姆剃刀原理.
- [111] 百度百科. 奥尔特云.
- [112] 百度百科. 如来藏.
- [113] 百度百科. 威尔克斯地.
- [114] 百度百科. 季羨林.
- [115] 百度百科. 定语（汉语定语）.
- [116] 百度百科. 室女星系团.
- [117] 百度百科. 对数公式.
- [118] 百度百科. 对流层.
- [119] 百度百科. 小行星带.
- [120] 百度百科. 小行星族.
- [121] 百度百科. 山海经（中国先秦古籍）.

- [122] 百度百科. 平流层.
- [123] 百度百科. 平流层爆发性增温.
- [124] 百度百科. 平行宇宙（天文学术语）.
- [125] 百度百科. 弦理论（理论物理的一个分支学科）.
- [126] 百度百科. 强子.
- [127] 百度百科. 德谟克利特.
- [128] 百度百科. 拉尼亚凯亚超星系团.
- [129] 百度百科. 斯蒂芬·威廉·霍金.
- [130] 百度百科. 星系团.
- [131] 百度百科. 星系碰撞（天文现象）.
- [132] 百度百科. 星系（天体系统）.
- [133] 百度百科. 普朗克长度.
- [134] 百度百科. 月球（天体名称）.
- [135] 百度百科. 月相变化.
- [136] 百度百科. 月食（天文现象）.
- [137] 百度百科. 本地化翻译.
- [138] 百度百科. 本星系群.
- [139] 百度百科. 朱棣.
- [140] 百度百科. 极光（自然现象）.
- [141] 百度百科. 极夜.
- [142] 百度百科. 极昼极夜.
- [143] 百度百科. 核聚变.
- [144] 百度百科. 模式识别（计算机技术）.
- [145] 百度百科. 比热容.
- [146] 百度百科. 热像仪.
- [147] 百度百科. 物质（物理学名词）.

- [148] 百度百科. 王舍城.
- [149] 百度百科. 珠穆朗玛峰（世界最高峰（8848.86 米））.
- [150] 百度百科. 由旬.
- [151] 百度百科. 电子云.
- [152] 百度百科. 电离层.
- [153] 百度百科. 秒差距.
- [154] 百度百科. 等离子体.
- [155] 百度百科. 简单性原则.
- [156] 百度百科. 美国国家航空航天局（national aeronautics and space administration）.
- [157] 百度百科. 老子（道家学派创始人）.
- [158] 百度百科. 臭氧.
- [159] 百度百科. 臭氧层.
- [160] 百度百科. 虫洞（连结两个遥远时空的多维空间隧道）.
- [161] 百度百科. 西游记（中国古典四大名著之一）.
- [162] 百度百科. 谷神星（天文天体）.
- [163] 百度百科. 贝母云.
- [164] 百度百科. 质子（亚原子粒子）.
- [165] 百度百科. 超星系团.
- [166] 百度百科. 超离子态.
- [167] 百度百科. 逻辑实证主义.
- [168] 百度百科. 那烂陀寺.
- [169] 百度百科. 释迦牟尼（佛教创始人）.
- [170] 百度百科. 量子力学（物理学理论）.
- [171] 百度百科. 银晕.
- [172] 百度百科. 银河系.
- [173] 百度百科. 长阿含经.

- [174] 百度百科. 韩非子 (法家经典著作) .
- [175] 百度百科. 鲁道夫·卡尔纳普.
- [176] 百度百科. 黑洞 (时空曲率大到光都无法逃脱的天体) .
- [177] 百度百科. 黑洞喷流.
- [178] 百度百科. 黑洞火墙悖论.
- [179] 维基百科. 2014 st373.
- [180] 维基百科. Azimuthal equidistant projection.
- [181] 维基百科. Sagittarius a*.
- [182] 维基百科. 中等质量黑洞.
- [183] 维基百科. 主小行星带.
- [184] 维基百科. 仙女座星系.
- [185] 维基百科. 健神星.
- [186] 维基百科. 可观测宇宙.
- [187] 维基百科. 史瓦西半径.
- [188] 维基百科. 吸积盘.
- [189] 维基百科. 地磁场.
- [190] 维基百科. 堤喀 (假想行星).
- [191] 维基百科. 大气层.
- [192] 维基百科. 奥尔特云.
- [193] 维基百科. 室女座星系团.
- [194] 维基百科. 室女超星系团.
- [195] 维基百科. 小行星 90377.
- [196] 维基百科. 小行星族.
- [197] 维基百科. 引力奇点.
- [198] 维基百科. 微型黑洞.
- [199] 维基百科. 恒河.

- [200] 维基百科. 星系团.
- [201] 维基百科. 智神星.
- [202] 维基百科. 极光.
- [203] 维基百科. 柯伊伯带.
- [204] 维基百科. 海王星外天体.
- [205] 维基百科. 灶神星.
- [206] 维基百科. 电离层.
- [207] 维基百科. 类塞德娜天体.
- [208] 维基百科. 谷神星.
- [209] 维基百科. 超星系团.
- [210] 维基百科. 银河.
- [211] 维基百科. 银河系.
- [212] 维基百科. 面条化.
- [213] 维基百科. 黑洞.
- [214] 维基百科. 黑洞火墙.
- [215] 美国国家航空航天局 (NASA) 官方网站. Kuiper belt. <https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/kuiper-belt/overview/>.
- [216] 美国国家航空航天局 (NASA) 官方网站. Mystery solved: Bright areas on ceres come from salty water below. <https://www.nasa.gov/feature/jpl/mystery-solved-bright-areas-on-ceres-come-from-salty-water-below>.
- [217] 老子. 第四十一章.
- [218] 西晋三藏法师竺法护译. 琉璃王经. 乾隆大藏经.
- [219] 陈天竺三藏真谛译. 立世阿毗昙论卷第一, 地动品第一. 乾隆大藏经.
- [220] 隋三藏法师达磨笈多等译. 起世因本经卷第七, 三十三天品第八之二. 乾隆大藏经.
- [221] 隋三藏法师达磨笈多等译. 起世因本经卷第九, 世住品第十一. 乾隆大藏经.
- [222] 隋三藏法师达磨笈多等译. 起世因本经卷第十, 最胜品第十二之二. 乾隆大藏经.
- [223] 隋三藏法师达磨笈多等译. 起世因本经卷第四, 地狱品第四之三. 乾隆大藏经.

- [224] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第一, 阎浮洲品第一. 乾隆大藏经.
- [225] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第七, 三十三天品第八之二. 乾隆大藏经.
- [226] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第三, 地狱品第四之二. 乾隆大藏经.
- [227] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第九, 最胜品第十二. 乾隆大藏经.
- [228] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第二, 地狱品第四之一. 乾隆大藏经.
- [229] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第五, 诸龙金翅鸟品第五. 乾隆大藏经.
- [230] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第八, 三十三天品第八之三. 乾隆大藏经.
- [231] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第十, 最胜品第十二之余. 乾隆大藏经.
- [232] 隋三藏法师阇那崛多等译. 起世经卷第四, 地狱品第四之三. 乾隆大藏经.