

初中生科学天赋鉴别框架的建构

祝初垚

贵州大学经济学院, 贵阳 550000, 贵州, 中国

摘要: 科学天赋存在于科学领域的智力学业能力与天赋个体的心理社会特征的交叉处。然而, 出于鉴别目的, 科学天赋的具体特征迄今尚未得到充分研究。本研究旨在填补这一研究空白: 建构一个科学天赋框架, 并识别出一组独特的科学天赋特征。研究采用质性的扎根德尔菲法 (Grounded Delphi Method, GDM), 来自不同学校类型、地理位置与社会经济背景的初中科学教师和天赋教育教师, 以及科学教育研究者和天赋 / 天赋教育研究者处, 收集他们对科学天赋的认知。研究由此形成了一个用于鉴别科学天赋的框架及其特征集合, 以帮助教育者识别具有科学天赋的学生并为之提供更好的支持。所提出的框架可作为教育者与研究者在初中阶段鉴别科学天赋学生的指南。

关键词: 科学天赋; 初中; 扎根德尔菲法 (GDM)

Development of a Framework for Identifying Science Giftedness in Middle School Students

ChuYao Zhu

School of Economics, Guizhou University, Guiyang 550000, Guizhou, China

Abstract: Science giftedness exists at the intersection of intellectual academic ability in science and psychosocial characteristics of gifted individuals (Feist, 2013). However, the specific characteristics of science giftedness have not been fully investigated for identification purposes. This study seeks to fill this research gap by developing a framework for science giftedness and by identifying a distinct set of characteristics of science giftedness. Perceptions of science giftedness were gathered from middle school science and gifted teachers from a variety of school types, locations, and socioeconomic settings, as well as science education and giftedness/gifted education researchers using a qualitative Grounded Delphi Method (GDM). As a result, a framework and set of characteristics for identifying science giftedness were developed to help educators recognize and better support science gifted students. This proposed framework serves as a guide for educators and researchers in identifying gifted science students during the middle school years.

Keywords: Science giftedness; Middle school; Grounded Delphi Method (GDM)

一、引言

具有卓越或超前科学能力的学生, 应当获得高级的、加速的科学学习机会[1], 以便在培育与引导之下达到

那种“与卓著和创造性天才同义的伟大”水平[2]。费斯特（Feist）指出，科学天赋存在于科学领域的智力学业能力与天赋个体的心理社会特征的交叉处[2]。在天赋研究中，科学天赋只是断断续续地受到关注；尽管科学早已分化为物理科学、自然科学与心理 / 社会科学等专门领域，但在科学天赋的鉴别中，所有科学领域往往仍被视作一个笼统的智力域。当前的科学天赋鉴别主要依据学业成绩和 / 或标准化测验中的数学表现[3]。虽然关于天赋的研究在一般领域已有大量积累[4-5]，但专门针对科学这一天赋领域的研究却相当缺乏。迄今尚未见到能够清晰界定科学天赋、或勾勒并描述科学天赋者特征的研究。

因此，本研究试图建构一个科学天赋的框架，并给出一组用于鉴别儿童科学天赋的特征。本研究的目的是形成可用于 K-12 情境的科学天赋描述性特征，帮助研究者与实践者识别出表现出科学天赋的学生。尤为重要是界定初中生的科学天赋，使这些学生能够获得更丰富、更聚焦、更有意图的科学学习经历，从而在该学科中培育其能力、才干与创造力。关注具有科学天赋的初中生是必要的：唯有如此，才能遏止最优秀、最聪慧的科学人才在科学导向职业追求上的下滑，满足其教育需求与目标。识别这些特征可以帮助教育者或研究者尽早发现科学天赋学生，并为其提供鼓励与机会，使之投入高级科学学习与科学探究。本研究由以下研究问题引导：

（1）初中学龄学生的科学特征与天赋特征如何构成一个科学天赋框架？

（2）科学教育专家、天赋教育专家、天赋 / 天赋研究者与科学教育研究者，认可哪些标准可作为科学天赋的决定性特征？

二、文献综述

天赋教育领域最常见的批评之一，是天赋缺乏一个共识性的定义[6]。此外，课堂教师需要接触到天赋概念务实的一面，才能更好地理解如何与天赋儿童一起工作[6]。本节概述天赋的若干定义与模型，以建立对这一概念更清晰的理解。

（一）天赋的定义与模型

天赋的定义与服务于天赋学生的项目一样五花八门，其中智力天赋始终是天赋定义中最主导的成分。美国联邦层面的天赋定义含糊而开放，把界定天赋、鉴别天赋学生与设计天赋教育项目的权力留给了各州[7]。苏博特尼克（Subotnik）等人提出了一个较为综合的天赋定义，可用以塑造研究者与教育者之间关于天赋的讨论[8]。他们把天赋界定为：在某一才能域的高端所表现出的卓越表现或产出——即便与该领域中功能水平已经很高的个体相比亦然。他们还强调，天赋是一个发展过程，心理社会因素在其中扮演关键角色。这一定义虽然综合，却仍留下一个问题：它如何有助于天赋研究，尤其是在把个体鉴别为天赋者、并确定用以鉴别天赋（特别是特定领域天赋）的标准时？

天赋的鉴别方法大体可归入九类：智力测验、成就测验、学业成就、教师推荐、家长推荐、辅导员推荐、委员会推荐、课外活动，以及其他补充证据来源[6]。其中智商与智力能力仍居鉴别特征之首，一些天赋项目甚至仍仅凭智商鉴别天赋个体[6-8]。天赋模型或有助于澄清关于鉴别方式与鉴别领域的部分疑问，其中大量模型可归入才能发展范式[8-9]。下文介绍数个模型，兼及其定义面向与天赋成分。

坦南鲍姆（Tannenbaum）的模型认为，才能是在整个童年期中发展起来的，而已发展成熟的才能只存在于成人身上[8]。该模型在童年期鉴别天赋，从而标示出一个儿童在某一活动领域成为知名才俊的潜力——前提是若干相互依赖的成分，连同鼓励与勤勉，共同促成其在成年期达到卓越水平。

由斯滕伯格（Robert J. Sternberg）领衔的研究团队提出的“智慧—智力—创造力综合”（WICS）模型，同样把能力或天赋描述为从童年到成年的进程。WICS 把天赋界定为在与同伴相比具有卓越性的同时不断发展专

长。该模型的基本主张是：要达到专长水平，个体必须具备内在动机、智力、创造力与实践智力，并且能够进入特定领域的知识以及“掌握”这些知识的人际圈[8]。

伦祖利（Renzulli）的“丰富化三合”模型主张，才能发展在那些认知能力、创造能力与任务承诺均处于中上水平前 15% - 20% 的个体身上，自童年开始、贯穿青少年期，以序列方式展开[8]。该模型中的序列发展始于多领域发展，继而进入所聚焦兴趣领域的具体的、更高层次的教学，最终达到能够为成年期社会贡献奠基的创造与产出水平。

另一个才能发展模型是加涅（Gagné）的天赋与才能区分模型。该模型与坦南鲍姆的模型价值取向相近[8]，但其天赋转化是按序列进行的：由天生的禀赋转化为特定领域的高水平精熟或专长，并最终达到卓著与伟大的水平。该模型在才能发展的基座上纳入智力、创造、社会与知觉等多种胜任力，而把禀赋置于顶端。在这一模型中，天赋个体处在具有相同兴趣的同龄同伴的前 10%，同时该模型也承认环境与机遇对发展过程的影响，并纳入了动机与坚持这两项心理社会特质。上述各模型都触及了天赋的某些面向，但并非全都回应了具有科学天赋的学生的需求。

（二）天赋的理论框架

由于天赋具有多重面向与多种定义，加之研究者、教育者及天赋教育其他参与者各自的思维定式不同，天赋可能被聚焦于天生智力或后天发展的智力、多元智能、多潜能、领域特异性，抑或对成功或卓著的驱动力。天赋的判定，其分歧之多不亚于参与天赋个体鉴别与教育的研究者与机构之数。“先天与后天”之争——即人天生具有某些自然能力，还是能力在时间中被发展成为天赋领域——或许是天赋问题上争议最大的一点。本研究把科学天赋视为科学这一特定领域中的天生能力，是一个区别于才能的独立构念。“天赋是可与构成才能之基础的后天胜任力相区分的自然能力”这一观念，正是天赋与才能区分模型（DMGT）所主张的。本节将阐述 DMGT 框架，以及把科学作为一个天赋领域的运用。

（三）天赋与才能区分模型

天赋与才能区分模型（DMGT）在天赋与才能之间划出了明确界限。DMGT 把个体认定为在某一天赋领域拥有并运用自然能力、且处于“相关参照群体的前 10%”的人。该理论主张，禀赋是一种源自生物学与遗传起点的潜能，并给出如下具体定义：

天赋指的是：在至少一个能力域中，拥有并运用以生物学为根基、以非正式方式发展起来的卓越自然能力或性向（称为禀赋），其程度足以使个体至少处于同龄同伴的前 10%。

这一天赋定义所指的是未经训练、在某一或某些领域中自发表达出来的能力；与之相对，才能指的是在至少一个单一领域内、经系统发展的能力与知识所形成的表现或卓越精熟。被认定为天赋的个体被视为高于平均且“非常态”的。按照 DMGT，天赋植根于遗传的、天生的能力，这些能力落入智力、创造、社会与身体四个域之一，并可发展为学业、技术、科学与技术、艺术、社会服务、商业、商业运营、游戏或体育等多种才能领域。

（四）作为天生能力的科学天赋

一般天赋通常通过一般能力或智力测验来判定，所用工具如认知能力测验（CogAT）、HOPE 量表或纳格里非言语能力测验（NNAT）[6]。这些工具能够鉴别认知天赋，却不含专门指向科学的题目或成分，无法鉴别科学天赋所特有的技能、内容能力或智力。把个体鉴别为在科学方面具有天赋，往往依据的是标准化测验数学部分的高能力表现、一般智力、课堂成绩，或上述成分的某种组合[10-14]。若不能把个体鉴别为在特定智力领域具有卓越的、天生的能力，与这些个体共事者便可能缺乏必要的洞察，无从判断在何处、以何种方式为其

提供支持——在科学领域尤其如此。

（五）科学的特征与技能

正如伯林与怀特（Berlin & White）所指出的，扎实的科学知识基础对科学与工程领域的成功至关重要。这一基础在《新一代科学教育标准》（NGSS）等国家科学标准中得到了勾画。NGSS 的组成部分之一是“科学与工程实践”（SEP），它为全体美国科学课学生设定了技能基线。探究超出 SEP 预期胜任力的技能延伸，有助于识别科学天赋学生的特征。虽然在科学实验室情境中观察到的特征能够为认知技能提供有价值的线索，但也必须考虑 NGSS 未明确提及的其他能力，例如想象力与创造力。想象力与创造力是识别科学天赋时常被考虑的两项特征。创造力被视为一种发散性过程，也是一种产出独特而合乎逻辑的解决方案的能力。创造性思考者还能够借助心理表象与并不必然线性的联想来建构模型[15-16]。高创造性者具有某些应当在科学天赋鉴别中加以考虑的心理社会能力：他们往往对新经验更为开放，也偏好问题解决中的某种复杂度；除非线性思维外，创造性个体往往乐于沉浸在新奇与某种模糊感之中；他们的想法往往具有原创性，并且常常能够把解释展开到极为精细的层面。

（六）科学天赋

在天赋的讨论中，科学被视为智力的一个组成部分。因此，科学天赋可以被看作拥有高级的智力能力。然而，科学天赋的鉴别不应局限于智力（尤其是智商或数学能力）这一类指标。科学天赋需要有属于自己的一套构念来鉴别具有科学天赋的学生，其中还须包含对潜能证据与表现证据的双重重视。

已有一些为科学天赋建立构念的尝试，但由于构念认知上的分歧、构念难以支撑实证研究，以及研究的可操作性问题，迄今仍未达成共识。在梳理科学天赋文献时可以发现，多数研究是从精神分析视角展开的，而多数天赋科学项目则强调技术性知识与技能。科学正变得越来越专门化，要在该领域达到卓著并对社会作出贡献，需要相当的经验与准备。正因科学的复杂性与日益加剧的专门化，关于科学天赋的意见不仅需要来自天赋研究者，也需要来自科学教育者与科学专业人士，以及天赋教育者。科学天赋在研究中鲜有讨论，被用来判定科学天赋的各项特征彼此高度割裂。有必要确定科学天赋的因素与特征，据以形成一个科学天赋框架，作为鉴别具有科学天赋学生的工具，从而为这些学生提供更好的教学与丰富化机会。

三、研究方法

本研究的目标是探究科学天赋的特征，据以形成科学天赋的框架与描述。研究采用扎根德尔菲法（GDM）建构科学天赋框架及其相应特征。GDM 融合了德尔菲法与扎根理论这两种研究方法的关键特征。

（一）扎根德尔菲法（GDM）

把扎根理论（GT）与德尔菲法结合起来，可以增强数据收集与分析，从而强化运用 GDM 的研究所建构的理论。借助扎根理论的数据分析流程，范畴以及范畴之间的关系得以对理论作出关键贡献，补足了德尔菲法所收集的数据。在扎根理论研究中，数据分析与编码通常是一个连续过程；而在 GDM 流程中，开放式编码、主轴编码与选择性编码在各阶段之间有更清晰的划分。本探索性研究所采用的 GDM 遵循派维林塔（Päivärinta）等人提出的四个阶段：1）数据收集；2）概念发现；3）概念优先排序；4）理论建构。以下为四个阶段的简要说明。

1）GDM 数据收集阶段：组建专家小组是本阶段的关键环节，它为研究的信度与效度奠定基础。专家小组通过一份初始问卷组建，用以收集小组成员的人口学信息、观点、资料与反馈。这批初始数据是后续各轮数据收集的基础，概念在各轮之间被发现并被排定优先次序。

2) GDM 概念发现阶段：正如扎根理论的数据分析过程一样，GDM 具备德尔菲法单独使用时往往不具备的更深层次分析，从而使概念发现成为可能。研究者从专家陈述中识别出观念、主题与意涵，将其组织并汇编成陈述句，作为第二轮与第三轮数据收集的基础。

3) GDM 概念优先排序阶段：第二轮问卷被分发给小组成员，以验证第一轮回答主轴编码的结果。在此环节，小组成员被要求为其在问卷中的作答提供理由，以帮助验证回答与结论。随后进行选择编码，由研究的核心范畴发展出最终理论，并通过最后一轮问卷加以验证，以判定专家小组对各范畴与观念是否达成共识。

4) GDM 理论建构阶段：本阶段运用经最后一轮问卷验证的选择性编码结果。研究者仍在所收集的数据中识别各种关系，为与研究问题相关的扎根理论奠定基础。在本阶段，研究者结合各编码层次分析小组成员的回答，以确定最重要的议题及其背后的理据。

(二) 研究过程

图 1 概览了本科学天赋研究中所实施的 GDM 过程。GDM 的一个重要面向是每一轮数据收集用以验证观念与概念的各个环节。后续各轮数据收集均以前一轮的结果为依据，编码则在两轮之间进行。

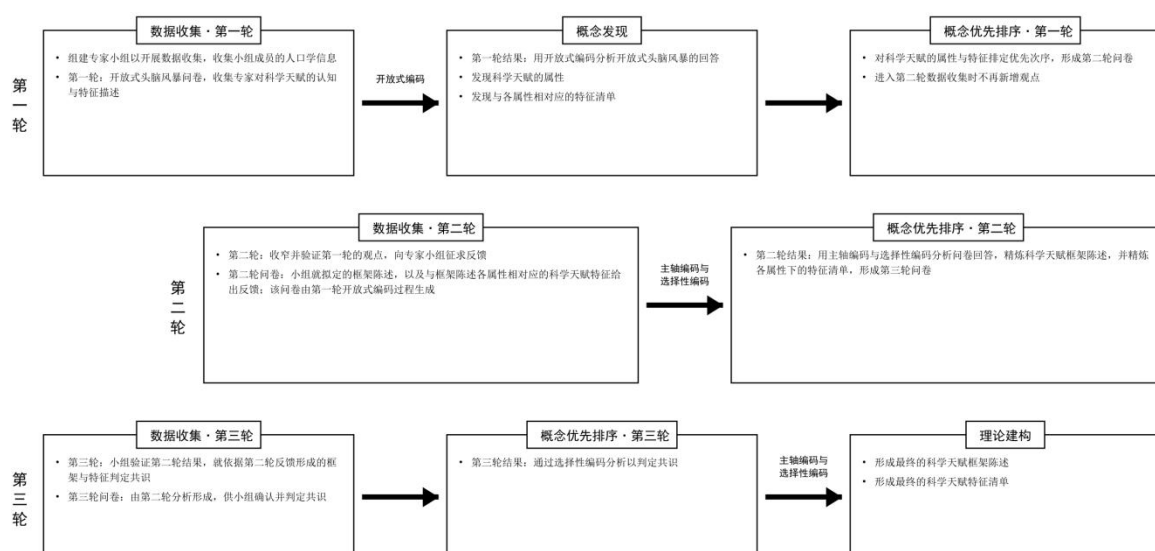


Figure 1 GDM Phases in Exploratory Study of Science Giftedness

图 1 科学天赋探索性研究中的 GDM 各阶段

(三) 专家评审小组的组成

GDM 流程的关键在于组建一个专家评审小组，以就科学天赋的看法达成共识。《知识资源提名工作表》(KRNW) 建议依据相关学科或技能来遴选参与者，涵盖学者、实践者与相关机构，专家小组规模目标为 10 - 18 人。本研究有目的地遴选专家小组成员，要求其至少在以下领域之一中活跃：初中科学教师、初中天赋教育教师、科学教育研究者、天赋 / 天赋教育研究者。招募渠道包括专业教育机构的讨论区、天赋与才能协会的留言板、全国性科学教师协会与教师专业学习社交媒体平台，以及一个全国性科学教学协会的邮件列表。第一轮问卷有多重目的：确定愿意加入专家小组的个体、收集人口学信息以了解小组成员的专业教育背景或研究者身份，并通过头脑风暴式的问题了解这些专家对科学天赋的认知。

(四) 小组成员信息

共有 36 人完成了第一轮初始问卷并同意参与各轮数据收集。入选的小组成员为：研究者 5 人、兼任初中

教师与研究者者 2 人、初中教师 29 人（其中初中科学教师 18 人、初中天赋教育教师 2 人、同时任教初中科学与初中天赋课程者 9 人）。其中 17 位教师任教于公立学校，4 位任教于磁石学校、特色学校或特许学校，10 位任教于私立学校、教会学校或独立学校；其学校所处的地理位置与社会经济背景各不相同。

本科学天赋研究的数据收集恰逢新冠肺炎病例上升期，这在研究推进过程中加剧了样本流失——这在德尔菲类研究中并不罕见。由于研究的目标是最终的框架与科学天赋特征须由四个专家子群体共同贡献而形成共识，研究者判定达成共识所需的人数为：有 8 - 10 位小组成员认可最终框架与特征即视为达成共识。为达成共识，每一轮问卷链接均发送给全部 36 位同意参与研究的小组成员。

（五）数据收集阶段

GDM 的数据收集通过德尔菲法的流程实现，因而并非一次性完成。数据收集为异步进行，贯穿本研究 GDM 流程的其余各阶段。每一轮数据收集均使用一份在 Qualtrics 上编制的问卷，问卷链接发送给全体同意参与研究的小组成员。第一轮数据收集包括收集小组成员的人口学信息，以及探索性的、头脑风暴式的开放式问题。这些问题旨在了解每位小组成员对“科学是否为一个天赋领域”的认知、其心目中初中学龄学生科学天赋的关键特征，并简要说明其认知与特征判断的理由。回答在四周内持续收集，直至达到饱和点，即小组成员的回答已足够相似、呈现一致或反复出现的模式。第二轮数据收集属于概念发现阶段的一部分，其目的是收窄并验证第一轮问卷所收集的观念与概念。第二轮问卷的数据分析延伸进入概念优先排序阶段，为第三轮问卷与数据收集提供基础，用以验证第二轮数据的回答与分析。第三轮数据收集即对第二轮问卷结果的验证，并由此导向最终的理论建构。

（六）概念发现阶段

GDM 的概念发现阶段是把第一轮问卷中关于科学天赋的全部回答加以汇编。概念发现只发生在 GDM 的第一轮，因为在首轮数据收集之后不再新增观念。第一轮问题的措辞使研究者得以了解小组成员是否把科学视为一个天赋领域，以及初中学龄学生科学天赋的决定性特征。第一轮问卷的回答依据扎根理论的开放式编码原则加以分析，这类原则具有归纳性质，使小组成员的回答在 GDM 的这一阶段得以在更深层次上被识别、命名与归类，并成为第二轮问卷的基础。

认为科学是一个天赋领域的小组成员被要求说明理由。研究者在阅读这些回答时，浮现出的模式表明存在“额外认知”与认知两类能力，提示科学是一般智力测验范畴之外的一个天赋领域。小组成员关于额外认知的回答呈现出非言语的、行为性的面向，这些面向可以在非课程性或非课堂性的互动中被观察到。非言语面向所指向的，是一种通常并不被视为课堂课程或标准之组成部分的、面向科学的心态或思维方式。额外认知的行为特征之所以被如此识别，是因为它们与一般天赋鉴别相关联。从这些量表中提炼出的、可观察且可测量的行为——如创造力、好奇心、善于观察与高度兴趣——被用作科学天赋行为编码的起点。对小组成员所提供特征进行归类的开放式编码过程，是发现科学天赋相关概念的第一步，并为概念优先排序奠定基础；后者又是第二轮与第三轮问卷及数据收集的基础，因为每一轮的数据都被用来验证前一轮小组成员的回答。

（七）概念优先排序阶段

第一轮的开放式编码带来了科学天赋四项独特属性的概念发现。这些属性的确定，导向了以下依据小组成员回答形成的初始框架陈述：

具备科学天赋的初中生表现出以下属性的独特组合：对科学的态度；体现科学方面天生能力的行为；实践科学技能的高级能力；以及对科学内容与概念的深度理解与应用。

对科学天赋概念进行优先排序的下一步，是依据小组成员的回答为每一项科学天赋属性列出特征清单。这

些特征依据图 2 所概括的属性描述项，被归入四个属性类别。

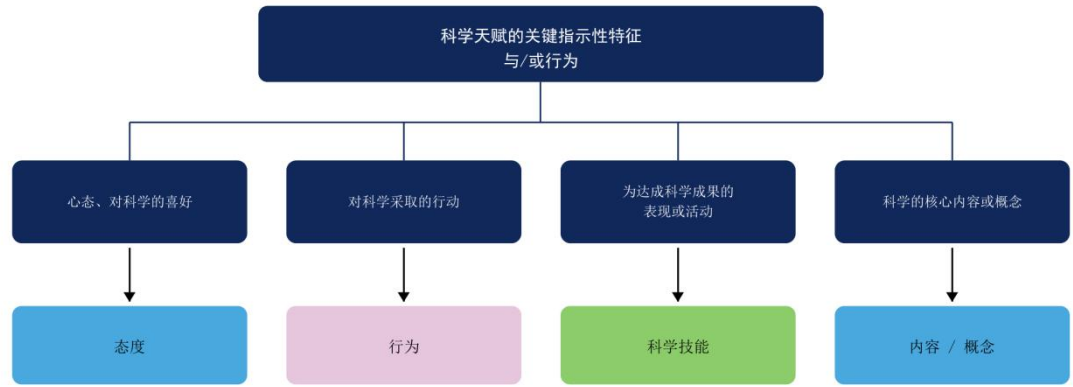


Figure 2 Code Descriptors for Science Giftedness Attributes

图 2 科学天赋各属性的编码描述项

第一轮中被判定为指向“态度”的回答，经由“非言语的、天生的心态（思维方式）或对科学的喜好”这一描述项加以筛选。例如，“自信”与“对科学高度好奇”被归入“态度”，而“对科学高度享受”与“高度的提问能力”被归入“行为”。相似的特征回答被合并，全部回答按字母顺序汇编，用于第二轮问卷中对科学天赋“态度”特征的优先排序。

那些指向在课堂情境中为达成科学成果而进行的表现或活动的回答，被识别为“技能”特征（例如理解因果关系、独立设计科学实验）。最后一组关于科学天赋的回答与科学的核心内容与概念相契合，其根源可在 NGSS 的学科核心概念或跨学科概念中找到（例如超越年级水平地轻松把握概念、建立深刻而有趣的联系），但前提是学生对这些特征的表现须高于其同伴的水平。第一轮数据分析的结果确立了第二轮问卷，该问卷旨在对科学天赋框架陈述与特征的各个方面排定优先次序。

第二轮问卷提出了一个基于已形成属性的框架陈述，并列出了与框架中每一属性相关联的宽泛特征清单。第二轮问卷请小组成员就框架陈述给出反馈，对应纳入和 / 或须加以精炼的成分排定优先次序，以形成一个清晰的科学天赋陈述。科学天赋的特征清单被归入各属性类别，并按字母顺序排列。小组成员被要求在每一属性中选出一份不排名次的“前十”特征清单，以最恰当地描述一名科学天赋学生；并就每一属性整体说明其选择这些特征的理由。第二轮问卷的回答采用主轴编码加以分析，产生了最终的科学天赋框架陈述，以及每一属性下的重点特征清单，供小组成员在第三轮亦即最后一轮问卷中加以验证。

在第三轮问卷中，小组成员被要求表明其是否认同科学天赋框架陈述与初中学龄学生科学天赋特征的最终修订版。该陈述与特征是通过主轴编码这一更深入的过程形成的，以更好地理解数据范畴之间的关系；同时也通过选择性编码，形成最终的科学天赋框架陈述，以及与框架属性相契合的科学天赋范畴及其特征。

（八）理论建构阶段

本研究的目标是就科学天赋的最终框架与特征达成共识。共识通常被视为在第三轮或最后一轮中达到 70% 的一致率；本研究达成了这一标准：第三轮中 7 位小组成员有 6 位（85.7%）认同最终框架陈述，7 位（100%）全部认同第三轮问卷中提交确认的各项特征。共识达成后，“科学天赋框架陈述”与“科学天赋特征”即实现了本研究的目——建构一个科学天赋框架，并给出初中学龄学生科学天赋的属性与特征清单。

（九）数据的效度验证

效度是质性研究中的重要考量。专家小组成员的遴选过程本身提供了一层效度保障：参与小组的标准经过

审慎确定，并使用人口学问卷取得每位参与研究者的必要背景，以“在识别专家之前先对其加以归类”。效度也来自小组成员在第二轮与第三轮问卷中查看其他成员汇总回答的机会。

GDM 的数据收集过程同样确立了效度。由于本研究具有探索性质，小组成员的专业水准为研究问题的回答提供了一定程度的可信性。GDM 中的德尔菲法成分是一种通过成员检核实现的数据验证形式：小组成员既以问卷作答的形式提供关于科学天赋的数据，又审阅每一轮经分析与编码的数据以达成共识，从而降低研究者可能造成的干扰。在首轮之后的各轮数据收集中，小组成员还需为其回答提供理由。通过对数据作出评估并给出理由，科学天赋的最终定义与特征集合是经由小组成员的共识形成的，这为研究的验证过程提供了又一环节。

质性研究中的效度指的是研究所使用的工具、流程与数据是否恰当，因此研究过程的完整性与细致程度本身即构成对本研究的效度支撑。研究者还建立了一条审计轨迹，记录问题集编制过程的理据，以提升研究的可信度与可感的严谨性。

四、研究结果

在完成第一轮问卷的 36 人中，有 33 人表示科学是一个天赋领域。值得注意的回答包括：a) 具有科学天赋者在科学方面的能力高于同伴——“比同伴快得多地把握科学概念（小组成员 18）”；b) 比同伴更为超前——“学生表现出天生的能力，以至于在理解科学领域方面显示出明显的才能（小组成员 13）”；c) 具有更高层次的认知能力，如提问、理解与高级思维技能——“科学是一门天赋学生常常能够广泛探索、并在开展发现式学习时提出高级问题的学科（小组成员 32）”。

对第一轮回答完成编码后，浮现出的关键范畴为：对科学的态度、行为、技能，以及内容 / 概念（见图 2）。在第一轮中，小组成员被要求以头脑风暴方式提出初中学龄学生科学天赋的关键指示性特征和 / 或行为。这些指标包括：科学方面的敏锐思考者、创造力、好奇心、对科学的高度兴趣、高智力、好探究、天生的科学家、深度理解的能力、批判性思维技能、建立多样而独特的联系等等。

对第一轮结果的主轴编码带来了小组成员回答更深入的理解，使科学天赋的初步框架陈述与特征得以形成。第二轮问卷请小组成员就框架陈述表达认同或不认同，并指出该陈述所需的任何精炼之处。小组成员建议在框架陈述中纳入创造力、创新与问题解决。其中一条评论尤其印证了该科学天赋框架陈述有助于洞察天赋科学学生：它“使天赋学生能够在许多不同侧面被识别出来，我完全认同。我认为它很好地抓住了天赋科学学生的能力，应当被普遍用于天赋科学学生”。

小组成员匿名提出的建议与反馈被收集起来，采用选择性编码加以分析，以确定最终陈述的精炼方向，用于第三轮问卷，如图 3 所示。

在第二轮中，科学天赋的各项特征被提交给小组成员，请其为每一关键范畴（此后称为科学天赋的属性）选出前十项特征。各属性领域中的回答按选择该描述项的小组成员人数由高到低排序。原始计数随后被换算为选择某一描述项的小组成员百分比，以便筛选出获得 50% 及以上选择率的回答，纳入第三轮问卷，用以确认各属性下的科学天赋特征。

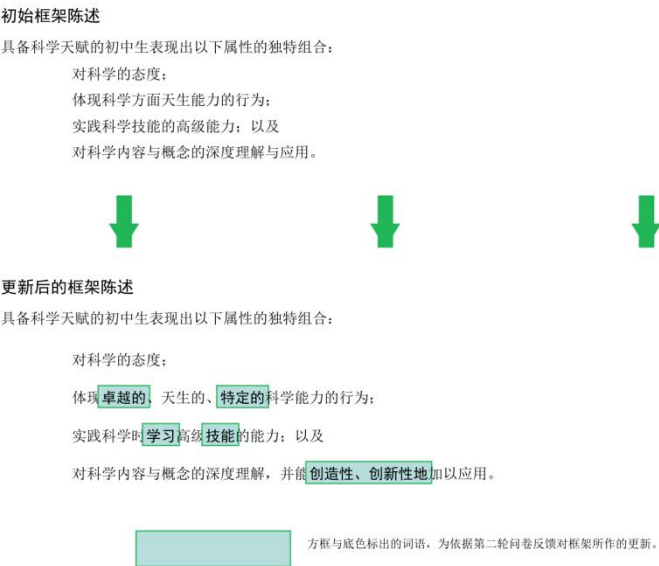


Figure 3 Changes from Initial Framework Statement to Updated Framework Statement for Round 3 Verification

图 3 由初始框架陈述到供第三轮验证的更新后框架陈述的变化

（一）态度特征

表 1 所列的重点态度特征，凸显了科学天赋学生好探究、好奇且富有动机的天生秉性。

态度描述项	选择该描述项的小组成员比例 / % (n=10)
对科学高度好奇探究	80
善于提问的心态	80
对科学高度投入的动机	80
对科学有高度好奇心	70
对科学相关主题充满热情	60
有创造性的问题解决者	60
抽象思维者	60
意志坚定	50
对科学观念作复杂思考	50

Table 1 Round 2 Attitude Characteristics Results

表 1 第二轮态度特征结果

小组成员的选择理由集中于态度的非言语、额外认知面向，例如“对某一主题或领域的心理倾向……反映一个人对科学的感受”，以及对科学的热情与天生的、好提问的好奇心。

（二）行为特征

小组成员所选的行为特征，聚焦于个体如何回应其对科学的热情与兴趣，如表 2 所示。其选择理由集中于科学天赋学生出于对科学的热情与好奇，为探求科学的整体图景而进行的思考与提问。

Table 2 Round 2 Behavior Characteristics Results

表 2 第二轮行为特征结果

行为描述项	选择该描述项的小组成员比例 / % (n=10)
从错误中学习	80
对自然作出更高层次的观察	70
考虑细节如何契合整体图景	70
以高于 / 优于同伴的水平运用知识	60
广泛提问	60
在要求之外自主开展探究	50
发散性思维	50
从多个侧面看待科学	50

（三）技能特征

清单上的各项技能均属认知性质，聚焦于以超越同伴的高级水平回答科学问题的表现与实践。这些技能明确关联到具有科学天赋的初中学龄学生通过行动、思考与提问从事科学的能力。尽管技能属性下可供选择的特征最多，但获得 50% 及以上小组成员认可的技能特征数量却少于其他任何属性。

小组成员一致认为，所选技能的复杂度高于一般科学课堂的水平。有人提到，天赋科学学生“往往天生对科学感兴趣，而这种兴趣又催生出强大的科学加工技能”。高级水平的问题解决使科学天赋学生“比其他人更经常地”运用这些被选中的技能。一位参与者特别提到，他所选择的技能指向的是“一位志在其领域中创新的高效科学家必须采取的做法”。

从回答中可以观察到一个有趣的现象：尽管已有关于数学天赋个体日后从事科学相关职业的追踪研究，但只有一位小组成员提到数学能力是科学天赋的指标——“天赋的特征与鉴别往往依据性向与成就领域……一名学生在数学上表现出性向乃至成就，并不保证其在科学上取得成功（小组成员 1）”。表 3 呈现了第二轮的技能特征结果。

Table 3 Round 2 Skills Characteristics Results

表 3 第二轮技能特征结果

技能描述项	选择该描述项的小组成员比例 / % (n=10)
以高于同伴的水平识别模式与细节	70
科学中的高阶思维技能	60
提出有趣且可检验的问题	50
高级的问题解决技能	50
轻松地在更高层次理解内容	50
在科学提问的脉络中建立多样而独特的联系	50

（四）内容 / 概念特征

内容 / 概念特征（表 4）体现的是跨多个科学领域运用科学知识，以理解事物如何运作、并探索科学的新领域或更深入地探索既有领域。小组成员就特定特征入选给出的理由包括：学生“对概念的兴趣与对概念的运用”，这种兴趣与运用可以带来科学天赋学生学习上的强度，使他们能够“把点连成线……轻而易举地看出概

念之间如何契合”。

Table 4 Round 2 Content/Concepts Characteristics Results

表 4 第二轮内容 / 概念特征结果

内容 / 概念描述项	选择该描述项的小组成员比例 / % (n=10)
跨多个科学概念运用理解与关联	90
在不同情境中运用概念	80
运用科学知识 with 资源，为复杂问题提出创造性方案	60
渴望理解事物如何运作	60
解读科学相关图形，并解释其所表征的概念与信息	60
理解科学的过程与思维方式	50
渴望探究与探索科学概念	50
把概念迁移到新的、新颖情境的高级能力	50
看到科学概念的整体图景	50

五、讨论与结论

尽管科学常被视为一种领域特异性能力，但关于科学天赋及其特征与鉴别的实证研究仍然有限。虽然筛查性测评被广泛用于鉴别天赋学生，但其中与科学相关的题目寥寥无几。因此，“科学天赋框架与特征”的建构，为与初中学龄学生共事的教育者提供了一件工具，而其构成成分正来自教育者本身的意见。

这项扎根德尔菲法研究形成了一个具有质性根基的框架陈述，以及一组关于初中学龄学生科学天赋的描述性特征。小组成员的回答为科学天赋框架陈述的形成提供了基础。“对科学的态度”体现在那些聚焦于心态、对科学的认知行为或行动倾向、或对科学之喜好的回答中。“行为”类回答体现出科学方面卓越的、天生的、特定的能力，表现为对科学采取的行动；态度与行为之间存在天然的关联，因为态度往往影响行为。

由于这项探索性研究是在 NGSS 的语境下进行的，“技能”与“内容 / 概念”的编码均以 NGSS 中的观念为依据。“实践科学时学习高级技能的能力”体现在那些依据 NGSS 的表现期望 (PE) 与科学与工程实践 (SEP) 作出的回答中，聚焦于主要在课堂或正式教育环境中被观察到的科学表现技能。最后，“内容与概念”依据的是学科核心概念 (DCI) 与跨学科概念 (CC)，二者关注的都是 NGSS 中的科学内容。

“科学天赋框架陈述”与特征，与加涅的天赋与才能区分模型 (DMGT) 相契合：在该模型中，个体的天赋源自某一领域中的自然能力，这些自然能力包含可发展为胜任力 (亦即才能) 的智力域。这一结果也与费斯特的论断相契合：“兼具原创性与新颖成就”的伟大，可以通过培育个体天生的、与科学相关的认知能力而在科学中达成[2]。在本研究过程中，小组成员就其为何认为科学是一个天赋领域给出了理据。导向科学天赋四项属性的第一轮回答，反复提到具有科学天赋的初中学龄学生所拥有的自然的、天生的能力。

小组成员的回答讨论了体现科学才能的自然能力。其中一条回答谈到一名在学业的言语领域颇为吃力、却天生倾向于思考并解决复杂问题的学生，而这正是天赋科学学生能力的表征。小组成员的总体认知是：科学天赋学生天生具备在科学上出类拔萃的能力与性向，其水平远超同龄与同年级的同伴。正是这种出类拔萃的能力或潜能，被加涅称为使某一特定领域 (此处即科学) 的才能得以更轻松、更快速发展的“原初要素”。因此，按照 DMGT 框架，具有科学天赋的个体能够比同龄同伴更早地发展其科学能力、知识与技能。

初中学龄是鉴别的黄金期，因为此时学生的认知能力开始走向成熟，使科学天赋的鉴别更为可靠。识别出这些科学天赋个体，可以为在课堂情境中与其共事的教师提供重要洞察，引导他们把学生的自然能力培育为才能。

所提出的“科学天赋框架与特征”提供了一种整体性的取径，可在初中情境中以长期观察的方式加以运用，而无需依赖智商测验、标准化成就测验或以成绩为基础的鉴别。运用该框架与特征鉴别初中学龄的科学天赋学生，为其提供高级课程安排创造了机会，也便于追踪其进展，以判定其在各类科学领域中的职业追求、卓越成就与领导地位。被鉴别为科学天赋，可以为天赋初中科学学生带来丰富化或拓展性学习机会，也可引导初中科学教师实施丰富化与拓展性学习安排，使具有科学天赋的学生得以在这一天赋领域中越过基础标准继续进步。这种与初中学龄学生的互动，可以在初中之后的若干年内产生持久而显著的影响，其中包括对科学类职业的选择。

德尔菲法的各类变体虽然具备匿名性、反馈机会以及跨广阔地域组织多元专家小组的能力，但本研究仍存在若干局限。在第一轮问卷中，37 位小组成员中有 31 位是初中科学教师或天赋教育教师，这可能使数据偏向教育者的认知。小组成员最初在参与协议中同意完成全部三轮问卷；然而数据收集横跨 2021 年春季的三个月，正值新冠疫情期间，教学与工作压力的加剧很可能加剧了成员流失。尽管专家小组的分布并不均衡，但所提出的框架与特征的建构目标始终是：为初中教师提供一件有用的工具，用以鉴别表现出科学天赋的学生。

未来研究应着力把该框架与特征提炼为一件观察性鉴别工具，并在初中（6—8 年级）科学课堂中进行实地检验。这将有助于验证框架中的各项特征，并评估其在真实情境中的可用性。此外，追踪早期鉴别及后续丰富化机会所产生的影响，有助于判定学生是否会追求科学相关职业并在该领域取得卓越成就，一如 SMPY 系列研究所做的那样，但需特别强调用于鉴别的科学天赋特征。

参考文献

- [1] 李政涛. 教师数字化素养培育体系建构. 教师教育研究, 2020, 33(04): 18-25.
- [2] 郝文武. 县域义务教育优质均衡发展机制. 陕西师范大学学报 (哲学社会科学版), 2021, 50(03): 112-120.
- [3] 黄达人. 高职院校高质量发展核心抓手. 中国高等教育, 2024(15): 45-47.
- [4] 桑新民. 线上线下混合式教学长效运行机制. 现代远程教育研究, 2023, 34(04): 12-21.
- [5] 文东茅. 家庭教育协同育人体系建设. 北京师范大学学报 (社会科学版), 2021(05): 56-63.
- [6] 方晓义. 青少年心理健康教育干预体系构建. 心理发展与教育, 2023, 37(04): 497-505.
- [7] 陆根书. 大学生创新创业教育生态构建. 西安交通大学学报 (社会科学版), 2021, 41(04): 121-128.
- [8] 程介明. 国际化视野下本土课程文化建构. 比较教育研究, 2024, 43(06): 3-11.
- [9] 马晓燕. 特殊教育融合教学实施路径. 中国特殊教育, 2021(08): 17-23.
- [10] 陈向明. 质性研究方法在教育科研中的运用. 教育学术月刊, 2021(07): 3-10.
- [11] Sternberg R J. Direct measurement of scientific giftedness. Roeper Review, 2018, 40(2): 78-85.
- [12] Dai D Y, Swanson J A, Cheng H. State of research on giftedness and gifted education: A survey of empirical studies published during 1998-2010. Gifted Child Quarterly, 2011, 55(2): 126-138.
- [13] 杨小微. 校本课程开发的误区与修正策略. 中小学管理, 2021(09): 28-31.
- [14] 张少刚. 职业教育1+X证书制度落地路径. 职业技术教育, 2021, 42(20): 22-27.
- [15] VanTassel-Baska J. Planning Science Programs for High Ability Learners (ED425567). ERIC, 1998.

- [16] Feist G. Scientific talent: Nature shaped by nurture // Kaufman S B. The Complexity of Greatness: Beyond Talent or Practice. Oxford: Oxford University Press, 2013: 257-273.